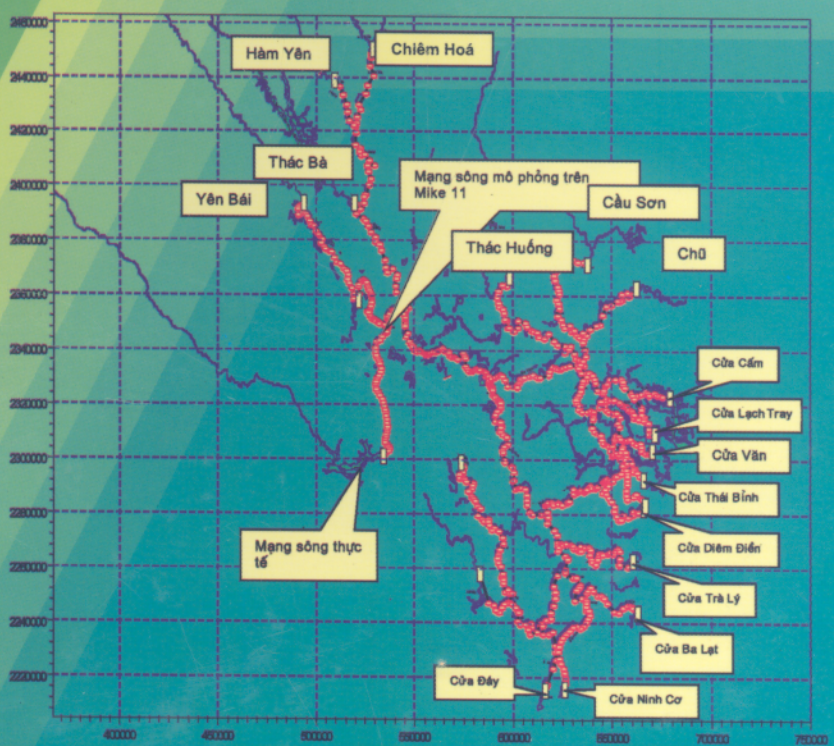
GS. TS. HÀ VĂN KHỐI (Chủ biên)
PGS. TS. LÊ ĐÌNH THÀNH - TS. NGÔ LÊ LONG

Giáo trình

Quy hoạch và phân tích HỆ THỐNG TÀI NGUYÊN NƯỚC

DỰ ÁN TĂNG CƯỜNG NĂNG LỰC ĐÀO TẠO
CHO TRƯỜNG ĐẠI HỌC THUỶ LỢI
CỦA CHÍNH PHỦ ĐAN MẠCH - DANIDA

WRU/SCB



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

TRƯỜNG ĐẠI HỌC THUỶ LỢI

GS.TS HÀ VĂN KHỐI (Chủ biên)
PGS.TS LÊ ĐÌNH THÀNH – TS NGÔ LÊ LONG

Giáo trình
QUY HOẠCH VÀ PHÂN TÍCH HỆ THỐNG TÀI NGUYÊN NƯỚC

(Dự án Tăng cường Năng lực Đào tạo
cho Trường Đại học Thuỷ lợi của Chính phủ Đan Mạch – DANIDA)

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC

Bản quyền thuộc HEVOBCO – Nhà xuất bản Giáo dục

Không được sao chép, tái bản từng phần hay toàn bộ quyển sách này, bằng bất kỳ phương thức sao chép nào, cơ học hay điện tử, khi chưa được sự cho phép bằng văn bản của HEVOBCO – Nhà xuất bản Giáo dục
HEVOBCO – Nhà xuất bản Giáo dục – 25 hàn Thuyên, Hà Nội, Việt Nam.

900 – 2007/CXB/3 – 2000/GD

Mã số : 7K733M7 – DAI

LỜI NÓI ĐẦU

Môn học Quy hoạch và Quản lý Tài nguyên nước được giảng lần đầu tiên ở nước ta vào năm 1993 – 1994 cho lớp cao học khoá I của Trường Đại học Thuỷ lợi. Đây là một môn học mới, có liên quan đến nhiều lĩnh vực khác nhau của kỹ thuật tài nguyên nước.

Để nâng cao chất lượng giảng dạy môn học, Giáo trình ***Quy hoạch và Phân tích hệ thống Tài nguyên nước*** *được biên soạn trong khuôn khổ Chương trình Hỗ trợ Ngành Nước, DANIDA, Tiểu hợp phần Hỗ trợ nâng cao Năng lực đào tạo cho Trường Đại học Thuỷ lợi do Chính phủ Đan mạch tài trợ. Giáo trình nhằm phục vụ giảng dạy môn học Quy hoạch Tài nguyên nước chương trình cao học và cũng có thể sử dụng làm tài liệu tham khảo cho các nghiên cứu sinh thuộc lĩnh vực thủy văn, kỹ thuật tài nguyên nước và phát triển tài nguyên nước.*

Mục tiêu của Giáo trình là giới thiệu những khái niệm cơ bản về quy hoạch, quản lý và áp dụng các phương pháp phân tích kinh tế kỹ thuật, phương pháp phân tích hệ thống trong quy hoạch và quản lý tài nguyên nước. Nội dung của Giáo trình được trình bày theo hướng tiếp cận những phương pháp nghiên cứu hiện đại trên thế giới về quy hoạch và quản lý tài nguyên nước. Ngoài những nguyên lý chung về phương pháp nghiên cứu lý thuyết, Giáo trình sẽ trình bày các bài toán về quy hoạch hệ thống hồ chứa lợi dụng tổng hợp, quy hoạch phòng lũ, các bài toán về quản lý khai thác hệ thống tài nguyên nước, quản lý chất lượng nước. Giáo trình gồm 9 chương:

Chương I. *Hệ thống tài nguyên nước.*

Chương II. *Quy hoạch tài nguyên nước*

Chương III. *Phân tích kinh tế và tài chính*

Chương IV. *Số liệu và mô hình mô phỏng hệ thống*

Chương V. *Phương pháp tối ưu hóa ứng dụng trong phân tích hệ thống Tà nguyên nước.*

Chương VI. *Tính toán điều tiết dòng chảy cho hệ thống hồ chứa lợi dụng tổng hợp*

Chương VII. *Áp dụng kỹ thuật phân tích hệ thống trong quy hoạch và phân tích hệ thống tài nguyên nước*

Chương VIII. *Các vấn đề quan tâm về môi trường, tổ chức xã hội*

Chương IX. *Lý thuyết quyết định*

Giáo trình do GS.TS Hà Văn Khối chủ biên, đồng thời biên soạn các chương từ I ÷ VII và tham gia viết Chương IX. PGS.TS Lê Đình Thành biên soạn Chương VIII, TS Ngô Lê Long biên soạn Chương IX và tham gia viết Chương IV.

Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Thuỷ lợi, Dự án DANIDA đã hỗ trợ và tạo điều kiện cho chúng tôi hoàn thành tài liệu này. Chúng tôi cũng xin chân thành cảm ơn các đồng nghiệp đã đóng góp ý kiến và những nhận xét cho bản thảo.

Giáo trình này lần đầu tiên được biên soạn ở Việt Nam chắc chắn còn có những hạn chế nhất định. Rất mong người đọc đóng góp nhiều ý kiến để giáo trình có chất lượng cao hơn trong những lần xuất bản sau.

GS.TS HÀ VĂN KHỐI

Mục lục

LỜI NÓI ĐẦU 3

Chương I
HỆ THỐNG TÀI NGUYÊN NƯỚC

1.1. Nội dung và các nguyên lý về hệ thống 11
1.1.1. Hệ thống và các đặc trưng của hệ thống 11
1.1.2. Phân loại hệ thống 14
1.1.3. Các bài toán cơ bản về hệ thống và hệ thống chỉ tiêu đánh giá 17
1.1.4. Phương pháp phân tích hệ thống 18
1.1.5. Hệ thống phương pháp luận trong phân tích hệ thống 25
1.2. Hệ thống tài nguyên nước 28
1.2.1. Tài nguyên nước 28
1.2.2. Khái niệm về hệ thống tài nguyên nước 33
1.2.3. Các hệ thống thành phần của hệ thống tài nguyên nước 34
1.3. Sự tiếp cận hệ thống và các giai đoạn phân tích hệ thống 38
1.3.1. Hình thành bài toán quy hoạch và xác định mục tiêu khai thác hệ thống 38
1.3.2. Thu thập tài liệu 39
1.3.3. Xây dựng hệ thống chỉ tiêu đánh giá quy hoạch 41
1.3.4. Thiết lập hệ thống phương án 41
1.3.5. Đánh giá phương án 41
1.3.6. Chọn phương án tốt nhất 42
1.3.7. Thực hiện dự án quy hoạch 42
1.4. Thiết lập hàm mục tiêu 42
1.4.1. Tổng hợp các mục tiêu khai thác hệ thống 42
1.4.2. Phân cấp trong phân tích hệ thống 43
1.5. Sự thuận lợi và những hạn chế về tiếp cận hệ thống 45
1.6. Tổng quan về hệ thống tài nguyên nước ở Việt Nam 46
1.6.1. Đặc điểm chung về tài nguyên nước của Việt Nam 46
1.6.2. Những nét chính về phát triển tài nguyên nước trong tương lai 50
1.6.3. Những thách thức trong lĩnh vực quản lý tài nguyên nước 52

Chương II
QUY HOẠCH TÀI NGUYÊN NƯỚC

2.1. Quy hoạch tổng hợp tài nguyên nước 54
2.1.1. Nguyên lý chung 54

2.1.2. Các vấn đề đặt ra trong quy hoạch tổng hợp tài nguyên nước 54
2.1.3. Đặc điểm của hệ thống tài nguyên nước 60
2.2. Nguyên tắc và các thể thức 61
2.2.1. Chương trình quốc gia về phát triển tài nguyên nước 61
2.2.2. Quy hoạch lưu vực sông 62
2.2.3. Quy hoạch cấp địa phương 63
2.2.4. Quy hoạch vùng 64
2.2.5. Quy hoạch chuyên dùng 64
2.2.6. Quy hoạch cấp quốc tế 64
2.3. Phân giai đoạn trong quy hoạch tài nguyên nước 64
2.3.1. Thu thập và xử lý dữ liệu 69
2.3.2. Đánh giá tài nguyên nước và các yêu cầu về nước 69
2.3.3. Thiết lập hàm mục tiêu và ràng buộc 71
2.3.4. Dự thảo dự án và lập quy hoạch sơ bộ 73
2.3.5. Thiết lập và sàng lọc các phương án 73
2.3.6. Bổ sung và nghiên cứu chi tiết các phương án chọn 74
2.3.7. Đánh giá và hoàn thiện phương án quy hoạch 74
2.3.8. Lập kế hoạch hoạt động của dự án 74
2.3.9. Liên kết thực hiện 75
2.4. Cơ cấu tổ chức 75
2.4.1. Các chuyên gia 76
2.4.2. Các cấp ra quyết định 76
2.4.3. Sự phối hợp giữa các tổ chức 77
2.4.4. Nâng cao năng lực 77
2.5. Sự tham gia của cộng đồng trong quá trình quy hoạch 78
2.5.1. Sự cần thiết về sự tham gia của cộng đồng 78
2.5.2. Những lợi ích do sự tham gia của cộng đồng mang lại 79
2.5.3. Những yếu tố đóng góp của các bên 80
2.5.4. Các hoạt động trong quá trình tham gia của cộng đồng 80
2.6. Các yếu tố bất định trong quy hoạch tài nguyên nước 81

Chương III
PHÂN TÍCH KINH TẾ VÀ TÀI CHÍNH

3.1. Kinh tế kỹ thuật và phân tích kinh tế 84
3.1.1. Nguyên lý chung về kinh tế kỹ thuật 84
3.1.2. Hệ số chiết khấu 87
3.1.3. Phương pháp tính chiết khấu 89
3.1.4. Phân tích kinh tế đa phương án 91
3.1.5. Tính hiệu quả và hợp lý trong phân tích kinh tế 91
3.2. Phân tích lợi ích – chi phí 94
3.2.1. Phân tích chi phí đối với các dự án quy hoạch nguồn nước 94
3.2.2. Phân tích lợi ích đối với các dự án quy hoạch nguồn nước 94

3.3. Ví dụ điển hình 95
3.3.1. Giới thiệu dự án 95
3.3.2. Đánh giá hiệu quả kinh tế 97
3.4. Định giá nước và chi phí nước và những khó khăn 104

Chương IV
SỐ LIỆU VÀ MÔ HÌNH MÔ PHỎNG HỆ THỐNG

4.1. Số liệu và phân tích số liệu 105
4.1.1. Số liệu tài nguyên nước 105
4.1.2. Phương pháp quan trắc số liệu 106
4.1.3. Nguồn số liệu 107
4.1.4. Chỉnh lý số liệu (data validation) 107
4.1.5. Thu thập và xử lý số liệu 108
4.1.6. Hệ thống thông tin tài nguyên nước 127
4.1.7. Các kỹ thuật mới trong việc thu thập và mô hình hoá hệ thống 128
4.2. Mô hình dòng chảy sông ngòi 134
4.2.1. Các dạng mô hình dòng chảy sông ngòi 134
4.2.2. Khái niệm về mô hình mô phỏng, sự lựa chọn và sử dụng mô hình 134
4.2.3. Các mô hình hệ thống nước mặt 142
4.3. Mô hình lưu vực sông (Mô hình hệ thống) 173
4.3.1. Khái niệm 173
4.3.2. Mô hình MIKE BASIN 175
4.3.3. Mô hình HEC – HMS 178
4.3.4. Mô hình HEC – ResSim 179
4.3.5. Mô hình MIKE 11 182
4.3.6. Mô hình MIKE SHE 195

Chương V
PHƯƠNG PHÁP TỐI ƯU HÓA ỨNG DỤNG TRONG PHÂN TÍCH HỆ THỐNG TÀI NGUYÊN NƯỚC

5.1. Phân loại tổng quát các mô hình tối ưu 197
5.2. Quy hoạch tuyến tính (QHTT) 199
5.2.1. Khái niệm 199
5.2.2. Hai dạng cơ bản của quy hoạch tuyến tính 200
5.2.3. Định lý cơ bản và các định nghĩa về quy hoạch tuyến tính 201
5.2.4. Giải bài toán quy hoạch tuyến tính bằng phương pháp đồ thị 204
5.2.5. Phương pháp đơn hình 207
5.3. Quy hoạch phi tuyến 224
5.3.1. Nhân tử Lagrange 224
5.3.2. Nguyên lý Kuhn – Tucke 226
5.3.3. Phân loại bài toán quy hoạch phi tuyến 227

5.3.4. Quy hoạch phi tuyến không ràng buộc 228
5.3.5. Giải bài toán tối ưu phi tuyến không ràng buộc bằng phương pháp sử dụng đạo hàm 230
5.3.6. Giải bài toán tối ưu phi tuyến không ràng buộc bằng phương pháp không dùng đạo hàm 235
5.3.7. Bài toán tối ưu có ràng buộc 246
5.4. Quy hoạch động 249
5.4.1. Khái niệm và nguyên lý 249
5.4.2. Phương pháp quy hoạch động với bài toán phân bổ tài nguyên 250
5.4.3. Phương pháp quy hoạch động tìm quỹ đạo hoặc trạng thái tối ưu 259
5.5. Tối ưu đa mục tiêu 265
5.5.1. Khái niệm 265
5.5.2. Phương pháp giải bài toán tối ưu đa mục tiêu 266

Chương VI

TÍNH TOÁN ĐIỀU TIẾT DÒNG CHẢY HỆ THỐNG HỒ CHỨA LỢI DỤNG TỔNG HỢP

6.1. Vai trò của hệ thống hồ chứa trong cân bằng nước hệ thống và nhiệm vụ tính toán điều tiết hồ chứa 275
6.2. Hệ thống hồ chứa và phân loại 278
6.2.1. Phân loại theo cấu trúc hệ thống 278
6.2.2. Phân loại theo chức năng, nhiệm vụ thiết kế hồ chứa 280
6.2.3. Phân loại theo chu kỳ điều tiết 280
6.3. Đặc điểm của bài toán điều tiết dòng chảy hệ thống hồ chứa 280
6.3.1. Tồn tại mối quan hệ về mặt thủy văn, thuỷ lực và thuỷ lợi 280
6.3.2. Sự không đồng nhất về hình thức điều tiết 281
6.3.3. Sự không đồng nhất về tần suất bảo đảm cấp nước và chống lũ 282
6.3.4. Đa mục tiêu trong khai thác nguồn nước 282
6.4. Tần suất đảm bảo cấp nước 282
6.5. Phương pháp tính toán dòng chảy 284
6.6. Nguyên lý tính toán điều tiết dòng chảy 285
6.7. Tính toán điều tiết dòng chảy cho hệ thống hồ chứa cấp nước 288
6.7.1. Đặc điểm của hệ thống hồ chứa cấp nước 288
6.7.2. Tính toán điều tiết cấp nước đối với hồ chứa độc lập 288
6.7.3. Tính toán điều tiết cấp nước cho hệ thống hồ không có quan hệ thuỷ lợi 299
6.7.4. Tính toán điều tiết cấp nước đối với hệ thống hồ chứa có quan hệ thuỷ lợi .. 302
6.8. Tính toán điều tiết cho hệ thống hồ chứa bậc thang phát điện 310
6.8.1. Tính chất và phạm vi của bài toán 310
6.8.2. Nguyên lý chung 311
6.8.3. Tính toán điều tiết cho hệ thống hồ chứa bậc thang phát điện với công suất cố định cho trước 311

6.8.4. Xác định công suất đảm bảo của hệ thống hồ chứa bậc thang với mực nước dâng bình thường và độ sâu công tác cho trước 317
6.9. Tính toán điều tiết lũ cho hệ thống hồ chứa 321
6.9.1. Một số khái niệm cơ bản 321
6.9.2. Tính toán điều tiết lũ đối với hồ chứa không có nhiệm vụ phòng lũ cho hạ du ... 322
6.9.3. Tính toán điều tiết lũ đối với hồ chứa có nhiệm vụ phòng lũ hạ du 326

Chương VII
ÁP DỤNG KỸ THUẬT PHÂN TÍCH HỆ THỐNG TRONG QUY HOẠCH VÀ PHÂN TÍCH HỆ THỐNG TÀI NGUYÊN NƯỚC

7.1. Phân tích mục tiêu 328
7.2. Quá trình phân tích hệ thống và lựa chọn phương án quy hoạch 329
7.2.1. Sử dụng mô hình mô phỏng xác lập mục tiêu, phương thức khai thác 330
7.2.2. Sử dụng mô hình mô hình mô phỏng tìm lời giải hợp lý 332
7.3. Tối ưu hóa hệ thống tài nguyên nước 338
7.3.1. Bài toán quy hoạch tối ưu tổng quát 338
7.3.2. Bài toán quy hoạch tối ưu 339
7.3.3. Bài toán phân phối nước tối ưu 340
7.3.4. Tối ưu hoá trong quản lý vận hành hệ thống 341
7.3.5. Tối ưu hoá đối với bài toán phát triển hệ thống 344
7.3.6. Xung đột về lợi ich trong hệ thống sông 352
7.3.7. Mô hình tối ưu trong phân phối nước 352

Chương VIII
CÁC VẤN ĐỀ QUAN TÂM VỀ MÔI TRƯỜNG, TỔ CHỨC VÀ XÃ HỘI

8.1. Môi trường và sự quan tâm của xã hội về môi trường 359
8.1.1. Tổng quan về đánh giá môi trường 359
8.1.2. Các khó khăn thách thức trong đánh giá môi trường 366
8.1.3. Các phương pháp luận về đánh giá môi trường 367
8.1.4. Đánh giá tác động xã hội 378
8.1.5. Đánh giá môi trường chiến lược 381
8.1.6 Tích hợp các vấn đề môi trường trong quy hoạch tài nguyên nước 389
8.1.7. Luật môi trường và các quy định ở Việt Nam 391
8.1.8. Giới thiệu tóm tắt RIAM – một công cụ đánh giá tác động môi trường 391

Chương IX
LÝ THUYẾT QUYẾT ĐỊNH

9.1. Khái niệm 395
9.2. Tối ưu đa mục tiêu 395
9.2.1 Các giải pháp không ưu tiên hay Pareto 396
9.2.2. Phân loại các phương pháp tối ưu đa mục tiêu 398

9.2.3. Phương pháp ràng buộc 399
9.2.4. Phương pháp trọng số 400
9.2.5. Phương pháp quy hoạch mục tiêu (Goal programming) 401
9.2.6. Phương pháp thỏa hiệp theo thứ tự ưu tiên (SWT) 403
9.2.7. Các thuật toán tiến hóa (heuristics): Thuật toán Gen 404
9.3. Ra quyết định theo phân tích độ tin cậy 415
9.3.1. Phương pháp mô phỏng ngẫu nhiên 415
9.3.2. Hệ chuyên gia 421
9.4. Hệ thống hỗ trợ ra quyết định 423
9.4.1. Khái niệm về hệ thống hỗ trợ ra quyết định (DSS) 423
9.4.2. Các thành phần của hệ thống hỗ trợ ra quyết định 425
9.4.3. Hệ thống hỗ trợ ra quyết định trong quy hoạch và quản lý tài nguyên nước . 426

TÀI LIỆU THAM KHẢO 429

Chương I
HỆ THỐNG TÀI NGUYÊN NƯỚC

1.1. Nội dung và các nguyên lý về hệ thống

1.1.1. Hệ thống và các đặc trưng của hệ thống

1. Định nghĩa

Hệ thống là một tập hợp các phần tử được sắp xếp theo một trật tự nào đó, có mối tác động tương tác lẫn nhau tạo thành một tập hợp đầy đủ.

Khái niệm về tập hợp đầy đủ được hiểu theo hai nghĩa sau đây:

– *Một là*, khi nghiên cứu một hệ thống, các phần tử của nó được xem xét trong mối quan hệ tương tác với các phần tử khác trong hệ thống và quan hệ của nó với môi trường mà nó hoạt động.

– *Hai là*, các tính chất của tổng thể không trùng với các tính chất của cá thể. Điều đó có nghĩa là không thể suy từ tổng thể ra các tính chất của cá thể và ngược lại.

Ngay trong định nghĩa về hệ thống đã bao hàm một quan điểm hiện đại – Đó là quan điểm tổng thể hay còn gọi là "quan điểm hệ thống". Cần nhấn mạnh rằng, không nên quan niệm một hệ thống lớn là phép cộng đơn giản của các hệ thống con với nhau. Vì rằng, các hệ thống con khi kết hợp với nhau tạo thành một hệ thống lớn sẽ phát sinh những tính chất mới mà từng hệ thống con không có. Xem xét những kết hợp đó sẽ phát hiện những tính "trồi" có lợi hoặc có hại trong khai thác hệ thống đó. Do đó phát hiện tính trồi của hệ thống là rất cần thiết để quyết định những tác động hiệu quả nhất trong thiết kế và điều khiển hệ thống.

Lấy ví dụ đơn giản, khi thiết kế hệ thống tiêu úng tự chảy, khả năng tiêu tự chảy của hệ thống phụ thuộc vào khả năng gặp gỡ của vô số các tổ hợp giữa mưa và mực nước ngoài sông. Nếu ta chọn một mô hình trạng thái mà mưa trong đồng và mực nước ngoài sông có cùng tần suất thiết kế, thì khi đó tần suất thiết kế đảm bảo tiêu sẽ nhỏ hơn nhiều so với tiêu chuẩn thiết kế. Thông số công tác của trạm bơm tiêu có thể sẽ thiên lớn, trong quản lý sau này sẽ xảy ra tình trạng là thời gian sử dụng công suất của trạm bơm rất nhỏ, gây lãng phí. Nếu có xem xét mối quan hệ tương tác giữa mưa đồng và mực nước sông, thì các thông số công tác của trạm bơm sẽ khác hẳn và hợp lý hơn.

Nói tóm lại, cần phải có quan điểm hệ thống trong phân tích và nghiên cứu các hệ thống phức tạp, là sự phân tích hệ thống trong mối quan hệ tương tác giữa các thành phần cấu thành hệ thống.

2. Các đặc trưng của hệ thống

a) Cấu trúc hệ thống

Cấu trúc của hệ thống là sự sắp xếp các phần tử trong hệ thống theo một trật tự nào đó cùng với các tác động tương tác giữa chúng. Cấu trúc của hệ thống được mô tả tuỳ thuộc vào mục đích nghiên cứu của hệ thống. Một hệ thống thực, nhưng mục đích nghiên cứu khác nhau sẽ có sự mô tả cấu trúc khác nhau. Mỗi thành phần tham gia vào cấu trúc của hệ thống được đặc trưng bởi tham số nào đó gọi là tham số cấu trúc. Như vậy, nói đến cấu trúc có nghĩa là đã kể đến những tham số đặc trưng cho cấu trúc và mối quan hệ qua lại giữa các thành phần của cấu trúc ấy.

b) Thông tin vào, ra của hệ thống

Có thể định nghĩa như sau:

– Thông tin vào của hệ thống là tập hợp tất cả các" tác động" vào hệ thống để nhận được các thông tin ra của hệ thống.

Thông tin ra của hệ thống là tập hợp tất cả những đặc trưng mà người nghiên cứu quan tâm khi có tác động tương ứng ở đầu vào.

Như vậy lựa chọn thông tin vào, ra cũng phụ thuộc vào mục tiêu nghiên cứu. Nói tóm lại cái gì cần quan tâm ta coi đó là thông tin ra, còn cái gì làm thay đổi thông tin ra được coi là thông tin vào của hệ thống.

Các thông tin vào và ra được đặc trưng bởi một đại lượng nào đó có thể coi là các biến và và gọi là biến vào, biến ra. Nếu các đại lượng này là các đại lượng phụ thuộc vào thời gian gọi là các quá trình vào, ra hoặc là các hàm vào, ra của hệ thống.

Các biến vào của hệ thống bao gồm cả các biến điều khiển được và các biến không điều khiển được. Ví dụ khi vận hành một trạm bơm tiêu, quá trình mưa, bốc hơi là các biến vào không điều khiển được, lưu lượng bơm qua trạm bơm tiêu là biến vào điều khiển được. Biến ra của hệ thống có thể là quá trình năng lượng tiêu hao cho trạm bơm tiêu là hàm của các biến vào, cũng có thể là sự biến đổi mực nước trong khu tiêu.

c) Trạng thái của hệ thống và biến của trạng thái

Trạng thái của hệ thống là một đặc trưng quan trọng của bài toán điều khiển hệ thống. Với tác động từ bên ngoài hệ thống sẽ "chuyển động" theo một quỹ đạo biến đổi theo thời gian. Quỹ đạo chuyển động của hệ thống tại thời điểm bất kỳ phụ thuộc vào trạng thái của nó ở thời điểm trước đó và những tác động từ bên ngoài ở chính thời điểm đó. Hệ thống mà trạng thái của nó ở một thời điểm nào đó không những phụ thuộc vào tác động từ ngoài ở chính thời điểm đó, mà còn phụ thuộc vào trạng thái của nó ở những thời điểm trước đó gọi là hệ thống có nhớ. Đối với hệ thống có nhớ người ta đưa vào một loại biến đặc trưng cho trạng thái của nó, gọi là biến trạng thái. Biến trạng thái là một hàm của thời gian.

Trong trường hợp mà trạng thái của hệ thống chỉ phụ thuộc vào tác động bên ngoài ở chính thời điểm đó, gọi là hệ thống không có nhớ, thì việc mô tả thêm biến trạng thái là không bắt buộc.

Sự mô tả hệ thống trình bày trên đây cần được hiểu theo ý nghĩa toán học của nó, tức là sự mô tả biến vào, biến ra của hệ thống có thể không trùng với "cái vào", "cái ra"

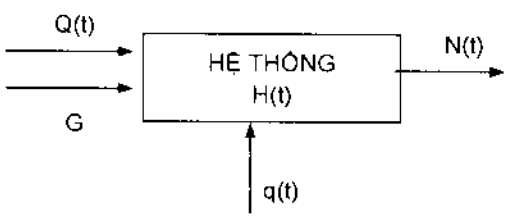
của hệ thống thực. Như vậy cùng một hệ thống thực nhưng mục đích nghiên cứu khác nhau thì sự mô tả hệ thống, bao gồm các biến ra và biến trạng thái cũng khác nhau. Ta có thể minh hoạ điều đó bằng ví dụ sau đây:

Giả sử ta xem xét điều khiển một kho nước phát điện trong thời đoạn từ t_o đến T theo hai cách đặt vấn đề như sau:

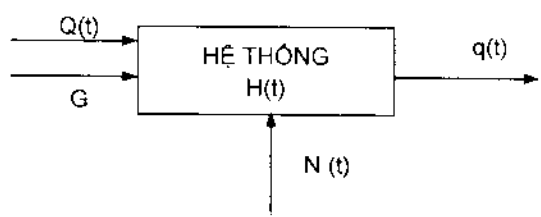
1) Cần tìm quá trình xả q(t) sao cho tổng công suất trong thời gian vận hành là lớn nhất.

2) Cho trước phụ tải N(t) cần phân phối phụ tải cho các tổ máy (có đặc trưng công tác khác nhau) sao cho tổng lưu lượng trong thời gian vận hành là nhỏ nhất.

Gọi Q(t) là quá trình nước đến hồ chứa, H(t) là mực nước trong hồ (biến trạng thái); G là tập hợp các ràng buộc của điều khiển. Theo cách đặt vấn đề thứ nhất, ta quan tâm đến công suất ở đầu ra nên nó được chọn là biến ra. Các biến vào sẽ tác động đến quá trình ra N(t) là q(t), Q(t), G – các biến vào, và H(t) là biến trạng thái. Theo cách đặt vấn đề thứ hai thì biến ra lại là q(t) còn các biến vào là Q(t), N(t), G. Trên hình 1.1 và hình 1.2 là sơ đồ hai cách mô tả trên đây.



Hình 1.1



Hình 1.2

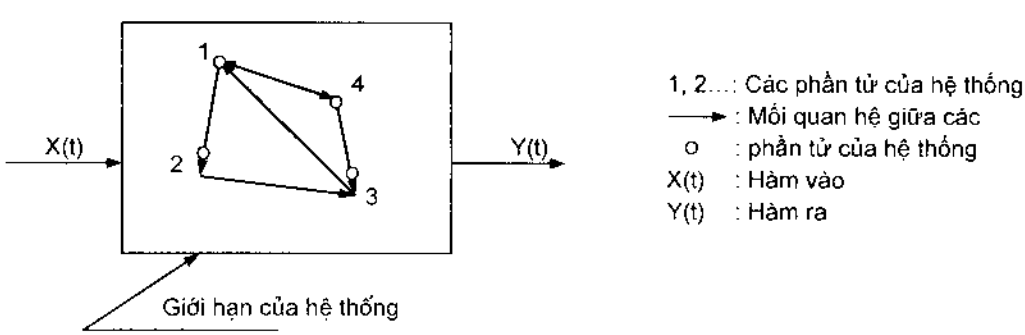
Rõ ràng là hai hệ thống đều được mô tả bằng 5 biến như nhau, nhưng mục đích nghiên cứu khác nhau thì tính chất và trật tự các biến số trong hệ thống hoàn toàn khác nhau.

Khi mô tả hệ thống, điều quan trọng nhất của người làm hệ thống là phải xác định được đâu là biến vào, biến ra và đặc trưng nào là biến trạng thái. Ngoài ra, cũng phải mô phỏng được quá trình trao đổi thông tin giữa các thành phần trong hệ thống, quan hệ giữa biến vào, biến ra và biến trạng thái.

Chẳng hạn, trên hình 1.1 cần thiết lập quan hệ:

$$N(t) = f(Q(t), q(t), H(t), G, t).$$

Muốn làm được điều đó, cần phải xác định được cấu trúc hệ thống, giới hạn của nó (biên) và môi trường mà nó hoạt động (hình 1.3).



***Hình 1.3.* Mô tả tổng quát về hệ thống**

1.1.2. Phân loại hệ thống

Phụ thuộc vào đặc điểm của hệ thống, mục đích nghiên cứu mà có cách phân loại khác nhau. Dưới đây là một số loại hệ thống đặc trưng:

1.1.2.1. Hệ thống với mô hình vào – ra (Hộp đen)

Loại này không cho biết cấu trúc bên trong của hệ thống mà chỉ cho biết quan hệ tương tác giữa biến vào và biến ra. Hệ thống loại này có tên là " hộp đen".

Đối với hệ thống hình 1.4 biến vào và biến ra có thể là hàm của thời gian. Cách mô tả này thuộc loại hệ thống không có nhớ, tức là kết quả ở đầu ra tại một thời điểm chỉ phụ thuộc vào tác động tại đầu vào ở chính thời điểm đó.

Hình 1.4. Hệ thống loại hộp đen

1.1.2.2. Hệ thống có mô tả cấu trúc bên trong (Hộp trắng)

Khác với loại hộp đen các hệ thống loại hộp trắng có thêm các biến trạng thái. Việc đưa vào không gian biến trạng thái giúp ta phân tích được "quỹ đạo chuyển động" của hệ thống hoặc đoán biết được xu hướng phát triển của hệ thống trong tương lai. Do đó người nghiên cứu định hướng được các tác động vào hệ thống để đạt được mục tiêu mong muốn.

Cấu trúc bên trong của hệ thống còn phải được mô tả bằng các biến gọi là thông số cấu trúc, vì rằng các thông số này sẽ quyết định sự truyền thông tin từ đầu vào đến sự thay đổi trạng thái và các phản ứng ở đầu ra. Các loại hệ thống mô tả trên các hình 1.1, 1.2 thuộc loại hộp trắng.

Một hệ thống mà mối quan hệ giữa biến vào, biến ra và biến trạng thái được mô tả một cách chặt chẽ bằng các biểu thức toán học gọi là hệ có "cấu trúc chặt", ngược lại là hệ thống "phi cấu trúc", loại hệ thống có đặc tính trung gian gọi là hệ thống có "cấu trúc yếu".

1.1.2.3. Hệ tĩnh và hệ động

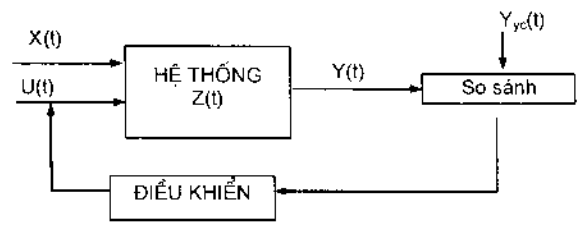
Hệ tĩnh là hệ mà các không gian biến của hệ thống không phải là hàm của thời gian. Hệ động là hệ có chứa biến trạng thái và các biến vào, biến ra đều là hàm của thời gian. Hệ tĩnh là trường hợp riêng của hệ động khi các hàm thời gian được lấy bình quân trong một khoảng thời gian nào đó.

1.1.2.4. Hệ có điều khiển và hệ không có điều khiển

Hệ thống không có điều khiển là hệ mà các thông tin vào không chứa các biến điều khiển, ngược lại là hệ có điều khiển. Nói chung, biến điều khiển và biến trạng thái là các biến độc lập nhau, nhưng trong một số trường hợp, biến trạng thái cũng chính là biến

điều khiển. Chẳng hạn khi điều khiển hệ thống kho nước, nếu chọn mực nước trong kho là biến điều khiển, khi đó lưu lượng ra khỏi hồ chứa là biến ra, công suất phát điện của nhà máy thủy điện cũng là biến ra.

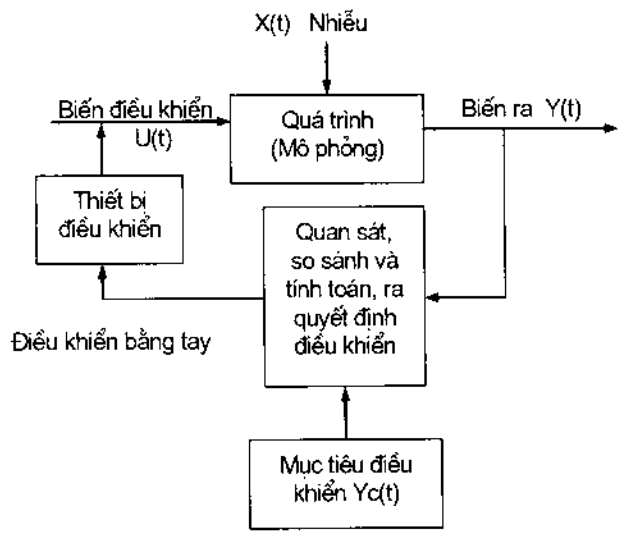
Các biến ra trong trường hợp này phụ thuộc vào mực nước hồ ở cuối thời đoạn trước và quyết định mực nước hồ ở cuối thời đoạn đang điều khiển. Trong trường hợp này mô tả hệ thống có thể trình bày như trên hình 1.5. Các biến ra trong trường hợp này phụ thuộc vào mực nước hồ ở cuối thời đoạn trước và quyết định mực nước hồ ở cuối thời đoạn đang điều khiển.



***Hình 1.5.* Hệ thống có điều khiển**

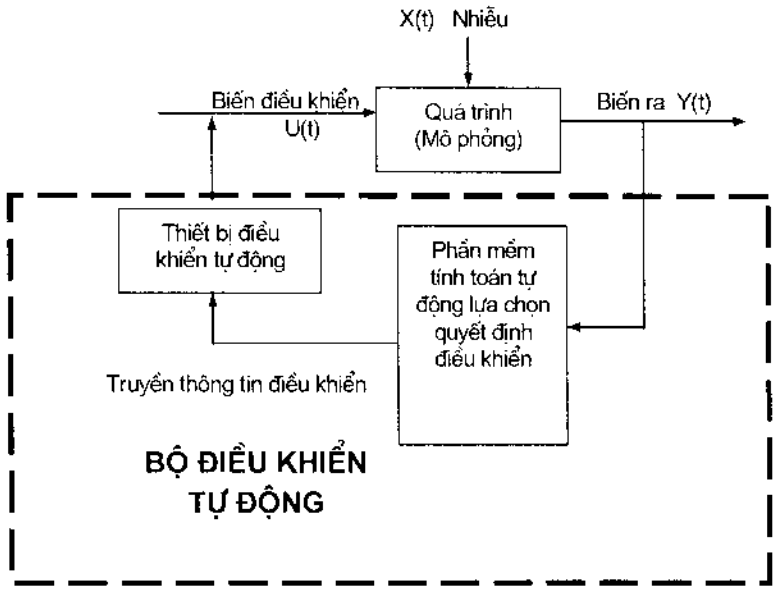
Đối với các hệ thống điều khiển có mối liên hệ ngược, có thể chia ra làm 2 loại:

• Hệ thống điều khiển bán tự động (hình 1.6) là hệ thống mà khi xử lý thông tin và điều khiển được thực hiện trực tiếp bởi người điều khiển. Người điều khiển trực tiếp quan sát phản ứng của hệ thống (có thể có sự tham gia của máy tính điện tử). Sau khi phân tích, so sánh người điều khiển trực tiếp ra quyết định và điều hành hệ thống điều khiển.



***Hình 1.6.* Quá trình điều khiển bán tự động**

• Một hệ thống mà quá trình điều khiển hoàn toàn được tự động hoá được gọi là điều khiển tự động. Trong trường hợp này người điều khiển chỉ can thiệp vào qúa trình điều khiển ở khâu lập chương trình điều khiển. Quá trình điều khiển được thực hiện tự động không có sự can thiệp của con người. Trình tự thực hiện quá trình điều khiển này được mô tả trên hình 1.7. Theo sơ đồ này, các thông tin về trạng thái của hệ thống, quỹ đạo chuyển động v.v. được chuyển về bộ điều khiển. Tại đó, bộ điều khiển tự động xử lý thông tin, ra quyết định điều khiển và truyền thông tin điều khiển về thiết bị điều khiển. Nhận được tín hiệu từ bộ điều khiển, thiết bị điều khiển tự động làm việc và điều khiển đối tượng về mục tiêu.



Hình 1.7. **Quá trình điều khiển tự động [29]**

1.1.2.5. Hệ tất định và hệ ngẫu nhiên

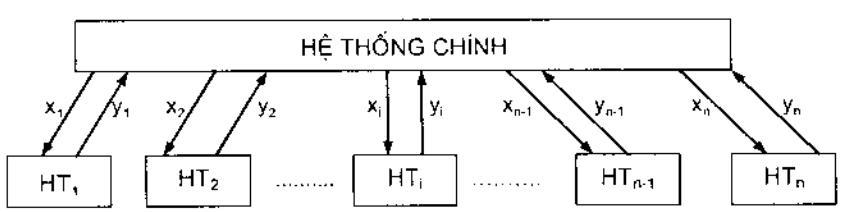
Hệ tất định là hệ mà các biến vào, biến ra, các ràng buộc và mối quan hệ giữa các phần tử trong hệ thống là những hàm tất định. Khi một trong những biến trên là hàm ngẫu nhiên ta gọi là hệ ngẫu nhiên.

Các biến vào hệ thống (các biến không điều khiển được) là ngẫu nhiên ta gọi là "nhiễu". Các hệ thống nguồn nước đều là hệ ngẫu nhiên.

Cần phân biệt khái niệm tất định và ngẫu nhiên trong mô tả hệ thống với khái niệm mô tả toán học như mô hình tất định, mô hình ngẫu nhiên. Một hệ thống ngẫu nhiên có thể mô tả bằng mô hình tất định hoặc mô hình ngẫu nhiên.

1.1.2.6. Hệ thống trong đó bao gồm các hệ thống con

Một hệ thống có thể phân thành các hệ thống con. Sự phân chia hệ thống lớn thành các hệ con tuỳ thuộc vào kích cỡ, đặc thù của hệ thống và các phương pháp phân tích được áp dụng đối với hệ thống đó.



Hình 1.8. **Hệ thống phân chia theo cấu trúc độc lập**

Hệ thống lớn được phân chia thành các hệ thống con độc lập với nhau. Đối với loại cấu trúc này, giữa các hệ thống con không có sự trao đổi thông tin. Các thông tin trong hệ

thống chỉ trao đổi theo phương đứng, tức là các hệ thống con cấp dưới chỉ trao đổi thông tin với hệ thống cấp trên nó (xem hình 1.8). Trên hình 1.8 các ký hiệu được giải thích như sau: $x_1, x_2,..., x_i,... x_{n-1}, x_n$ là các chỉ tiêu hoạt động đối với các hệ thống con $HT_1, HT_2,..., HT_n$; $y_1, y_2,..., y_n$ là các phản ứng của hệ thống con tương ứng với các chỉ tiêu hoạt động $x_1, x_2,..., x_i,... x_{n-1}, x_n$.

1.1.3. Các bài toán cơ bản về hệ thống và hệ thống chỉ tiêu đánh giá

1.1.3.1. Các bài toán cơ bản về hệ thống

Trong thực tế, khi nghiên cứu hệ thống, thường phải giải quyết ba bài toán cơ bản sau:

– Thiết kế hệ thống theo hệ thống chỉ tiêu nào đó: chỉ tiêu kỹ thuật, kinh tế...

– Điều khiển hệ thống để đạt được yêu cầu khai thác đã xác định.

– Phát triển hệ thống, là chiến lược phát triển của hệ thống trong tương lai.

Trong bài toán thiết kế hệ thống thường đã xem xét các phương án điều khiển khi hệ thống được thiết lập. Trong một số trường hợp (trong đó có hệ thống tài nguyên nước), điều khiển hệ thống ở giai đoạn thiết kế thường mới được nghiên cứu sơ bộ trên cơ sở xem xét một số phương án điều khiển. Bài toán phát triển hệ thống là bài toán bắt buộc phải giải quyết khi việc hình thành hệ thống trong tương lai kéo dài trong nhiều năm.

1.1.3.2. Hệ thống chỉ tiêu đánh giá

Khi phân tích hệ thống trong thiết kế, điều khiển hoặc phát triển hệ thống, cần phải xác định mục tiêu của nó. Mục tiêu đối với hệ thống chưa được xác định thì không thể nói là "bài toán" được. Mục tiêu khai thác hệ thống được mô tả và lượng hoá bằng một hoặc hệ thống chỉ tiêu nào đó phản ánh được mục tiêu nghiên cứu hoặc khai thác hệ thống. Hệ thống chỉ tiêu đó gọi là *hệ thống chỉ tiêu đánh giá.* Hệ thống chỉ tiêu đánh giá được lượng hoá theo những dạng rất khác nhau, có thể khái quát một số dạng cơ bản như sau:

+ Hệ thống chỉ tiêu đánh giá được mô tả bằng một hoặc một số hữu hạn các đẳng thức hoặc bất đẳng thức. Các biểu thức đó được viết đối với hàm ra của hệ thống Y(t). Dạng tổng quát của loại hệ thống chỉ tiêu này được viết như sau:

$$F_j(Y) \le b_j \quad \text{với} \quad j = \overline{1,m} \tag{1.1}$$

Trong đó F là hàm biểu diễn qua hàm ra của hệ thống Y(t). Biểu thức (1.1) được viết một cách tổng quát, tương ứng với dấu "≤" có thể được thay bằng dấu " = " hoặc bằng dấu "≥".

Trong đó m là số chỉ tiêu trong hệ thống chỉ tiêu đánh giá. Các hàm $F_j(Y)$ trong trường hợp này được coi là các dạng ràng buộc về mục tiêu.

• Hệ thống chỉ tiêu đánh giá là một hoặc một số hữu hạn các hàm số mà nó cần được đưa về cực trị, có dạng:

$$F_j(Y) \rightarrow \max (\min) \text{ với } j = 1, \text{ hoặc với } j = \overline{1, m} \quad (1.2)$$

Các hàm $F_j(Y)$ trong trường hợp này được gọi là hàm mục tiêu.

• Hệ thống chỉ tiêu đánh giá có dạng hỗn hợp, tức là một số chỉ tiêu đánh giá được mô tả bằng các hàm mục tiêu dạng (1.2), số còn lại được mô tả như một ràng buộc của hệ thống về mục tiêu, có dạng sau:

$$F_1(Y) \rightarrow \max (\min)$$

$$F_j(Y) \leq S_j \text{ với } j = \overline{1,m} \quad (1.3)$$

Trong trường hợp số chỉ tiêu trong hệ thống chỉ tiêu đánh giá, được mô tả theo (1.2) hoặc (1.3) có j = 1, thì đó là bài toán một mục tiêu duy nhất. Khi j > 1, bài toán được gọi là đa mục tiêu.

Ví dụ: Hồ chứa Hòa Bình được thiết kế với ba mục tiêu chính là phát điện, phòng lũ, cấp nước hạ du với mực nước dâng bình thường đã ấn định là 115 m. Mục tiêu của bài toán đặt ra như sau: cần xác định độ sâu công tác có lợi nhất của hồ chứa với điều kiện, đảm bảo nhiệm vụ phòng lũ có tần suất 0,8% cho hạ du với mực nước khống chế tại Hà Nội là 13,40 m; để đảm bảo cấp nước cho hạ du cần xả xuống hạ du lưu lượng tối thiểu bằng 600 m^3/s khi dòng chảy đến hồ tương ứng với năm có tần suất nước đến 95%. Ta mô tả các chỉ tiêu đánh giá với ba mục tiêu như sau:

Mục tiêu phát điện:

$$N_{đb}(h_{ct}) \rightarrow \max \quad (1.4a)$$

Mục tiêu phòng lũ theo tần suất chống lũ hạ du P = 0,8%:

$$Z_{HN} \leq 13,40 \text{ m} \quad (1.4b)$$

Mục tiêu cấp nước:

$$Q_{min}(t) \geq 600 \text{ } m^3/s \quad (1.4c)$$

Với ràng buộc: $H_c \leq Z \leq 115$ m (1.4d)

Trong đó: $N_{đb}(h_{ct})$ là công suất đảm bảo cần được tối ưu theo độ sâu công tác h_{ct}; Z_{HN} là mực nước Hà Nội; $Q_{min}(t)$ là lưu lượng tối thiểu cần xả xuống hạ du để đảm bảo yêu cầu cấp nước; Z là mực nước hồ; H_c là mực nước chết. Các biểu thức (1.4a) đến (1.4c) là hàm mục tiêu, (1.4d) là ràng buộc kỹ thuật.

Hệ thống chỉ tiêu đánh giá có dạng các hàm (1.2) và (1.3) là tiêu chuẩn đánh giá chất lượng của hệ thống với các mục tiêu đã đặt ra, bởi vậy được gọi là các hàm chất lượng, đã được trình bày trong nhiều tài liệu.

1.1.4. Phương pháp phân tích hệ thống

Sau chiến tranh thế giới lần thứ hai, do yêu cầu của thực tế sản xuất, các nhà khoa học phải xem xét các phương pháp toán học nhằm tìm kiếm lời giải tối ưu khi thiết kế và điều khiển các hệ thống phức tạp. Hai môn học mới ra đời (vào những năm 50 của thế kỷ

trước), đó là Vận trù học và Lý thuyết điều khiển. Hai môn học này có một mục tiêu chung là nghiên cứu các chiến lược tối ưu khi điều khiển và thiết kế các hệ thống phức tạp. Tuy nhiên, vận trù học hướng nhiều hơn vào các bài toán tĩnh, tức là các bài toán không chứa các biến phụ thuộc vào thời gian, hoặc có thì cũng đưa về bài toán tĩnh bằng cách đưa về các sơ đồ nhiều giai đoạn. Trong khi đó lý thuyết điều khiển lại bắt đầu từ các bài toán điều khiển trong đó có chứa các biến phụ thuộc thời gian. Các phương pháp tối ưu hoá cũng vì đó mà phát triển rất mạnh đặc biệt là các phương pháp số trong tính toán tối ưu.

Trong quá trình phát triển, hai loại lý thuyết này đã hoà hợp với nhau. Nhiều bài toán vận trù học có thể trình bày và mô tả theo ngôn ngữ của lý thuyết điều khiển, và ngược lại các bài toán điều khiển có thể trình bày theo dạng một bài toán vận trù học. Do đó một số nhà nghiên cứu quan niệm vận trù học là một bộ phận của lý thuyết điều khiển, số khác thì có quan điểm ngược lại.

Lý thuyết điều khiển và vận trù học đã là công cụ rất hiệu quả cho các nhà nghiên cứu khi giải quyết các bài toán thiết kế và điều khiển các hệ thống kĩ thuật. Tuy nhiên, hai môn học này cũng chỉ dừng lại ở bài toán có quy mô không lớn. Trong thực tế thường gặp những hệ thống lớn và cấu trúc phức tạp, đặc biệt là những hệ thống có chứa nhiều yếu tố bất định. Một số hệ thống có cấu trúc yếu, không cho phép mô tả bằng ngôn ngữ toán học một cách chặt chẽ. Trong những trường hợp như vậy, vận trù học và lý thuyết điều khiển không cho lời giải mong muốn. Những loại hệ thống như vậy đòi hỏi một phương pháp phân tích khoa học, cần cân nhắc nhiều mặt và kết hợp phương pháp hình thức và phi hình thức. Điều đó đòi hỏi một sự phát triển mới của toán học và do đó ra đời một môn khoa học mới – Lý thuyết phân tích hệ thống. Lý thuyết phân tích hệ thống thực ra chỉ là giai đoạn phát triển mới của vận trù học và lý thuyết điều khiển [14].

Quy hoạch và quản lý hệ thống tài nguyên nước hiện nay được coi như một ngành khoa học quan trọng, thu hút sự quan tâm lớn của các nhà khoa học thủy lợi, toán học và môi trường. Trong những năm gần đây, số các công trình khoa học liên quan đến lĩnh vực này trên thế giới tăng lên một cách đáng kể. Các nghiên cứu thuộc lĩnh vực quy hoạch và quản lý hệ thống tài nguyên nước ở nước ta chưa được nghiên cứu nhiều. Bởi vậy, nó được coi trọng hàng đầu trong nghiên cứu ứng dụng hiện nay.

Vấn đề quy hoạch và quản lý tài nguyên nước là một vấn đề phức tạp. Khi mà mức độ khai thác của con người đối với hệ thống tài nguyên nước còn ở mức thấp, thì việc ra quyết định trong các phương án quy hoạch, điều hành hệ thống có thể chỉ cần đến những phương pháp truyền thống. Người ra quyết định chỉ cần dựa trên một số hữu hạn những nghiên cứu cụ thể hoặc thực hiện một số phương án tính toán không phức tạp để ra quyết định. Nhưng đến khi sự khai thác và can thiệp của con người vào hệ thống tài nguyên nước tăng lên, thì các bài toán hệ thống trở nên rất phức tạp. Người làm quyết định phải giải quyết một bài toán có dung lượng lớn các thông tin. Trong hệ thống tồn tại nhiều mối quan hệ cần phải giải quyết, nhiều mục tiêu khai thác cần phải đề cập đến.

Trong trường hợp như vậy, những phương pháp truyền thống tỏ ra không còn có hiệu quả nữa. Điều đó đòi hỏi phải có những phương pháp phân tích hiện đại, với sự xử lý thông tin nhanh giúp người làm quyết định có nhiều cơ hội lựa chọn các quyết định hợp

lý. Mô hình toán học cùng với sự pháp triển của công cụ tính toán nhanh đã giúp ích cho làm thay đổi về chất trong các nghiên cứu về hệ thống tài nguyên nước. Đó là phương pháp phân tích hệ thống.

Trong những năm gần đây, lý thuyết phân tích hệ thống đã được áp dụng trong các bài toán quy hoạch, thiết kế và điều khiển hệ thống tài nguyên nước. Mặc dù sự áp dụng lý thuyết phân tích hệ thống đối với các hệ thống tài nguyên nước mới chỉ bắt đầu vào những năm 70, nhưng đã tạo ra sự thay đổi về chất trong nghiên cứu, quy hoạch, quản lý hệ thống thuỷ lợi và tiến một bước khá xa so với những phương pháp truyền thống được áp dụng trước đây. Hiện nay, thuyết phân tích hệ thống đã được ứng dụng rộng rãi trong quy hoạch tài nguyên nước ở nhiều quốc gia. Tuy nhiên, ở nước ta công việc này mới chỉ bắt đầu trong những năm gần đây. Trong thực tế hiện nay, nhiều bài toán quy hoạch, điều khiển chưa có được những giải pháp hợp lý. Có nhiều nguyên nhân, nhưng nguyên nhân chủ yếu là chưa có quan điểm hệ thống khi xem xét các vấn đề trên đây. Mặt khác, thuyết phân tích hệ thống chưa được áp dụng như một phương pháp cần thiết trong phân tích các chiến lược quy hoạch và điều khiển hệ thống tài nguyên nước.

Hiện nay, các tài liệu khoa học trên thế giới liên quan đến lĩnh vực quy hoạch và khai thác tài nguyên nước thường được trình bày theo quan điểm hệ thống với sự ứng dụng thuyết phân tích hệ thống. Bởi vậy, tiếp cận thuyết phân tích hệ thống không chỉ còn là vấn đề nhận thức mà là một yêu cầu cấp thiết đối với người làm công tác quy hoạch và điều khiển hệ thống thuỷ lợi.

Ứng dụng lý thuyết phân tích hệ thống trong quy hoạch và quản lý tài nguyên nước có những khó khăn nhất định, đòi hỏi những người nghiên cứu hệ thống phải có kiến thức liên ngành và có kinh nghiệm. Có thể nói lý thuyết hệ thống là công cụ toán học tối cần thiết để phân tích hệ thống khi lập các kế hoạch khai thác, điều khiển và quản lý tài nguyên nước.

Các phương pháp tiếp cận với bài toán quy hoạch và quản lý nguồn nước ứng dụng lý thuyết phân tích hệ thống rất đa dạng, trong đó mô hình mô phỏng được coi là công cụ chính trong quá trình phân tích và tiếp cận hệ thống. Đây là bước đi đầu tiên trong phân tích và thiết kế hệ thống nguồn nước. Các mô hình tối ưu hoá được ứng dụng rộng rãi và được coi là một công cụ phân tích hệ thống. Nguyên lý tiếp cận từng bước được coi là một nguyên tắc trong quá trình phân tích hệ thống đối với các hệ thống bất định, trong đó có hệ thống nguồn nước.

Khi phân tích hệ thống nguồn nước cần làm rõ những vấn đề chính sau đây:

- Hiệu quả kinh tế của phương án quy hoạch;
- Hiệu quả phát triển kinh tế xã hội của quy hoạch;
- Tác động đến môi trường;
- Sự đảm bảo về nhu cầu nước sinh thái;
- Sự đảm bảo về phát triển bền vững.

1.1.4.1. Vận trù học là gì?

Có thể phát biểu một cách tổng quát như là một định nghĩa về vận trù học như sau:

Vận trù học là một môn khoa học mà nhiệm vụ cơ bản của nó là tìm kiếm lời giải tối ưu khi thiết kế một hệ thống phức tạp. Các thông số cấu trúc của hệ thống tìm được trong quá trình tối ưu hoá gọi là các thông số tối ưu thiết kế của hệ thống.

Giả sử cần xác định các thông số cấu trúc của hệ thống với sự đòi hỏi tối ưu theo một tiêu chuẩn nào đấy, tức là tìm cực trị một hàm mục tiêu nào đó, có dạng:

$$F(x_1, x_2,..., x_i,..., x_n) \rightarrow \min (\max)) \quad (1.5)$$

với các ràng buộc:

$$\begin{aligned} &g_1(x_1, x_2,..., x_n) \le b_1 \\ &g_2(x_1, x_2,..., x_n) \le b_2 \\ &... \\ &g_j(x_1, x_2,..., x_n) \le b_j \\ &... \\ &g_m(x_1, x_2,..., x_n) \le b_m \end{aligned} \quad (1.6)$$

Trong đó $b_1, b_2,..., b_j,..., b_m$ là những giá trị đã biết.

Giả sử X là véctơ hàng n chiều của các biến thông số cấu trúc.

$$X = (x_1, x_2,..., x_n) \quad (1.7)$$

khi đó hệ (1.5), (1.6) có thể viết lại dưới dạng gọn hơn:

$$F(X) \rightarrow \min (\max) \quad (1.8)$$

với $$g_j(X) \le b_j, \quad j = \overline{1,m} \quad (1.9)$$

Nghiệm tối ưu của bài toán sẽ là:

$$X^* = (x_1^*, x_2^*,..., x_i^*,..., x_n^*) \quad (1.10)$$

Nếu hệ (1.5), (1.6) hoặc (1.8), (1.9) thoả mãn, ta có nghiệm tối ưu của bài toán.

Các biểu thức toán học (1.5), (1.6) hoặc (1.8), (1.9) gọi là mô hình tối ưu. Các phương pháp toán học đối với bài toán tối ưu (1.8), (1.9) hoặc (1.5), (1.6) gọi là các phương pháp tối ưu hoá. Trong thực tế, các phương pháp tối ưu hoá có tên gọi là "quy hoạch toán học". Chẳng hạn quy hoạch tuyến tính được áp dụng đối với các mô hình tối ưu dạng tuyến tính, quy hoạch phi tuyến được áp dụng đối với các bài toán phi tuyến.

Cần phân biệt rõ các khái niệm "bài toán tối ưu" và " phương pháp tối ưu". Khi xác định chiến lược tối ưu một hệ thống bằng cách xác lập các mô hình tối ưu dạng tổng quát (1.8) và (1.9) gọi là bài toán tối ưu, các phương pháp giải các bài toán dạng trên gọi là các phương pháp tối ưu.

Vận trù học có nhiệm vụ cơ bản là tìm kiếm giải pháp tối ưu khi thiết kế hoặc xác lập một chiến lược khai thác hệ thống trên cơ sở thiết lập các mô hình tối ưu và phương pháp giải các bài toán tối ưu hoá.

Như vậy bài toán vận trù học bao gồm những nội dung sau:

(1) Xác định mục tiêu khai thác hệ thống, thiết lập cấu trúc của hệ thống và lựa chọn hệ thống chỉ tiêu đánh giá.

(2) Xây dựng mô hình toán hệ thống theo các chỉ tiêu đánh giá của mục tiêu khai thác hệ thống.

(3) Giải bài toán tối ưu đã thiết lập.

(4) Quyết định nghiệm của bài toán.

Trên đây là sự mô tả một cách tổng quát bài toán vận trù học. Trong thực tế các mẫu bài toán có thể khác nhau, nhưng nói chung có thể đưa về dạng tổng quát trên đây.

1.1.4.2. Khái niệm về lý thuyết điều khiển

Lý thuyết điều khiển được nghiên cứu bắt đầu từ các đối tượng mà chuyển động của nó được mô tả bằng phương trình vi phân thường. Bởi vậy, để có khái niệm về bài toán điều khiển hãy bắt đầu từ ví dụ đối với lớp bài thuộc loại này.

Giả sử một đối tượng chuyển động theo quy luật được mô tả bằng phương trình có dạng:

$$\frac{dS}{dt} = f(x, s, u, t) \tag{1.11}$$

Trong đó x = x(t) là tác động từ bên ngoài (nhiễu) không điều khiển được, s = s(t) là biến trạng thái của hệ thống; u = u(t) là biến điều khiển được viết dưới dạng đầy đủ:

$$u = u(x(t), s(t), t) \tag{1.12}$$

Cũng có thể biến điều khiển u(t) chỉ phụ thuộc vào một hoặc hai biến số của (1.12), chẳng hạn:

$$u = u(x(t), t);\ u = u(s(t), t) \text{ hoặc } u = u(t);\ u = u(s(t));\ u = u(x(t)). \tag{1.13}$$

Phương trình (1.11) mô tả sự thay đổi trạng thái của đối tượng điều khiển nên còn gọi là *phương trình trạng thái.*

Nhiệm vụ của bài toán điều khiển là xác định chiến lược điều khiển, tức là tìm kiếm điều khiển u(t) để đối tượng điều khiển đạt mục tiêu mong muốn của người điều khiển. Mục tiêu điều khiển được lượng hoá bằng một hàm số có chứa biến điều khiển u(t), biến trạng thái s(t) và nhiễu x(t), được gọi là hàm mục tiêu. Như vậy, để đạt được mục tiêu mong muốn, cần phải tìm cực trị hàm mục tiêu.

Giả sử cần điều khiển đối tượng nào đó, mà quy luật chuyển động của nó được mô tả theo (1.11) từ trạng thái ban đầu $S_o = S(t_o)$ đến trạng thái $S_T = S(T)$, sao cho đạt cực trị một phiếm hàm nào đấy có dạng:

$$J = \int_o^T F(x, u, s, t)dt \rightarrow \max (\min) \tag{1.14}$$

Với biểu thức ràng buộc là $G(x,u,s,t) \leq b$; b là hằng số cho trước.

Trong đó J gọi là hàm mục tiêu, hoặc còn gọi là hàm chất lượng, có ý nghĩa khác nhau tuỳ thuộc vào lớp bài toán được nghiên cứu.

Nghiệm của bài toán điều khiển tối ưu là véctơ điều khiển tối ưu:

$$U^* = U^*(t) \tag{1.15}$$

Tương ứng với điều khiển tối ưu U^* là quỹ đạo tối ưu S^*:

$$S^* = S^*(t) \tag{1.16}$$

Như vậy, nhiệm vụ của bài toán điều khiển là tìm điều khiển U^* và quỹ đạo điều khiển S^* để đưa đối tượng đạt được mục tiêu điều khiển đã đặt ra.

Ta lấy một ví dụ minh hoạ với một hồ chứa làm nhiệm vụ phát điện. Bài toán được đặt ra như sau: Giả sử dung tích ban đầu của hồ chứa tại thời điểm t_0 là V_0 tương ứng với mực nước ban đầu là H_0. Tìm quá trình lưu lượng qua tuabin $q_{tb}(t)$ sao cho tổng công suất của trạm thuỷ điện trong khoảng thời gian T từ t_0 đến t_n ($T = t_n - t_0$) là lớn nhất.

Phương trình trạng thái biểu thị sự thay đổi dung tích hồ chứa chính là phương trình cân bằng nước:

$$\frac{dV}{dt} = (Q(t) - q_r(t))dt \tag{1.17}$$

Với: $q_{ra}(t) = q_{tb}(t) + q_{xả}(t) + q_{tt}(t)$

Hàm mục tiêu có dạng:

$$J = \int_{t_o}^{t_n} N(t)dt = \int_{t_o}^{t_n} 8,5 q_{tb}(t) H(t)dt \rightarrow \max \tag{1.18}$$

Với ràng buộc: $q_{min} \le q_{tb}(t) \le q_{max}$

Trong đó:

Q(t), $q_{tt}(t)$ là lưu lượng đến hồ và lưu lượng tổn thất, là các đại lượng ngẫu nhiên (nhiễu ngẫu nhiên).

$q_{tb}(t)$ là biến điều khiển – Điều khiển của hệ thống tại thời điểm t

H(t) là chênh lệch cột nước thượng – hạ lưu; $q_{xả}(t)$ là lưu lượng xả thừa tại thời điểm t; N(t) là công suất của trạm thuỷ điện tại thời điểm t.

V = V(t) là dung tích hồ tại thời điểm t đóng vai trò biến trạng thái.

q_{min} là lưu lượng nhỏ nhất cần xả xuống hạ du để đảm bảo yêu cầu cấp nước cho hạ du.

q_{max} là lưu lượng lớn nhất xả qua nhà máy thủy điện.

Giải bài toán tối ưu trên sẽ tìm được điều khiển tối ưu là quá trình lưu lượng qua tuabin $q^*_{tb} = q^*_{tb}(t)$, sự biến đổi dung tích hồ tương ứng $V^* = V^*_t(t)$ là quỹ đạo tối ưu hoặc còn gọi là trạng thái tối ưu.

1.1.4.3. Những hạn chế của vận trù học và lý thuyết điều khiển – Sự ra đời của lý thuyết phân tích hệ thống

Như đã trình bày ở trên, lý thuyết điều khiển và vận trù học là các phương pháp rất hiệu lực khi thiết lập chiến lược tối ưu trong thiết kế và điều khiển các hệ thống kỹ thuật và kinh tế. Tuy nhiên không phải trường hợp nào cũng có hiệu lực bởi lẽ nó có những hạn chế sau đây:

1. Vận trù học và lý thuyết điều khiển đòi hỏi sự mô tả chặt chẽ các quá trình xảy ra trong hệ thống bằng các hàm toán học. Do vậy nó chỉ thích hợp đối với những hệ thống có cấu trúc chặt, tức là các hệ thống mà các mối quan hệ trong nó được mô tả một cách tường minh bằng các hàm toán học.

2. Đối với những hệ thống lớn và phức tạp mặc dù có thể thiết lập được các mô hình tối ưu, nhưng các phương pháp tối ưu hiện có không có hiệu lực khi giải các mô hình tối ưu này. Do hạn chế về phương pháp tối ưu hoá, trong một số trường hợp người ta thiết lập các mô hình giản hoá dẫn đến sự không chính xác của lời giải hợp lý.

3. Với những hệ thống có nhiều yếu tố bất định, đặc biệt là bất định về mục tiêu, không thể thiết lập được các mô hình tối ưu và mô hình điều khiển vì thiếu thông tin. Trong trường hợp đó, mục tiêu và dạng của bài toán tối ưu (hoặc điều khiển) sẽ được hình thành nhờ kỹ thuật phân tích trong quá trình thiết lập bài toán.

4. Cuối cùng cần nhấn mạnh thêm là, vận trù học và lý thuyết điều khiển thường đòi hỏi một sự mô tả toán học chặt chẽ và chính xác các quá trình của hệ thống. Những hệ thống có cấu trúc yếu trong đó có hệ thống thuỷ lợi, điều này không phải lúc nào cũng thực hiện được. Những hệ thống như vậy sẽ là đối tượng nghiên cứu của lý thuyết phân tích hệ thống.

Do những hạn chế của vận trù học và lý thuyết điều khiển mà một môn học mới ra đời – Lý thuyết Phân tích Hệ thống. Lý thuyết phân tích hệ thống kế thừa toàn bộ phương pháp toán học có trong vận trù học và lý thuyết điều khiển. Các mục tiêu của lý thuyết phân tích hệ thống cũng là mục tiêu nghiên cứu của bài toán vận trù và bài toán điều khiển – đó là chiến lược tìm kiếm lời giải hợp lý cho hệ thống khi thiết kế và điều khiển nó.

Sự phát triển của lý thuyết phân tích hệ thống là ở chỗ nó bổ sung thêm hệ thống phương pháp luận và phương pháp phân tích, bao gồm:

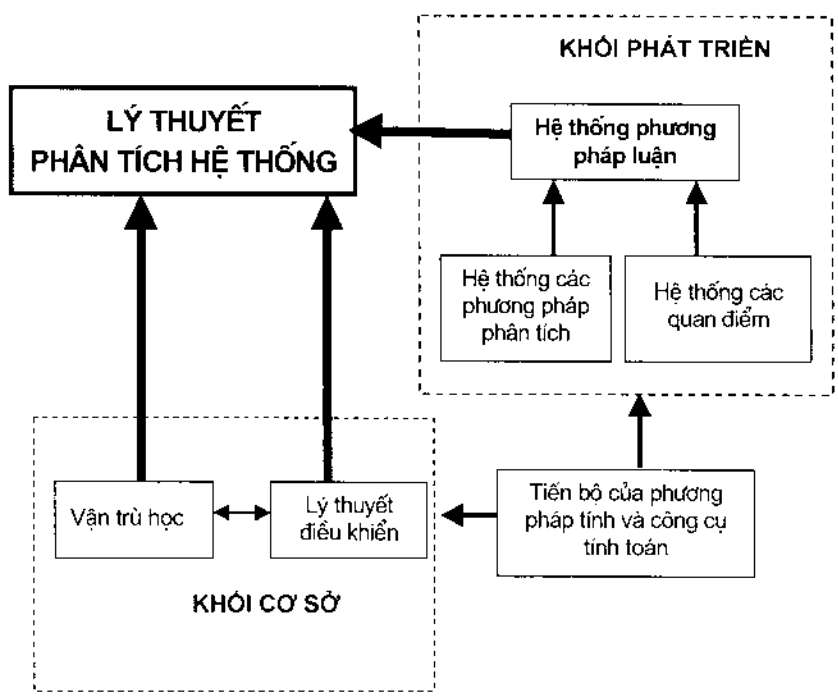
1. Hệ thống các quan điểm
2. Hệ thống các phương pháp phân tích
3. Hoàn thiện các phương pháp tối ưu hoá
4. Nguyên lý về tiếp cận hệ thống.

Sự bổ sung về mặt lý thuyết của lý thuyết phân tích hệ thống nhằm hoàn thiện khả năng lựa chọn lời giải hợp lý đối với các hệ thống phức tạp. Rõ ràng, lý thuyết phân tích hệ thống chỉ là giai đoạn phát triển của lý thuyết vận trù và điều khiển. Như vậy vận trù học và lý thuyết điều khiển là một bộ phận cơ bản của lý thuyết phân tích hệ thống. Do đó có thể phát biểu định nghĩa về lý thuyết phân tích hệ thống như sau:

Lý thuyết phân tích hệ thống là một môn khoa học được phát triển trên cơ sở vận trù học và lý thuyết điều khiển bằng cách đưa vào hệ thống các quan điểm và phương pháp phân tích hiện đại, nhằm hoàn thiện khả năng lựa chọn lời giải tối ưu đối với các hệ thống phức tạp.

Sự hình thành lý thuyết phân tích hệ thống có liên quan chặt chẽ với những tiến bộ về phương pháp tính và công cụ tính toán hiện đại, đặc biệt là khả năng mô phỏng trên máy tính điện tử.

Một đặc thù quan trọng của lý thuyết phân tích hệ thống là, trong khi vận trù học và lý thuyết điều khiển coi trọng việc sử dụng phương pháp tối ưu hóa để tìm lời giải tối ưu cho hệ thống thì lý thuyết phân tích hệ thống lại sử dụng rất hiệu quả phương pháp mô phỏng trong qúa trình tìm kiếm lời giải hợp lý cho bài toán đã đặt ra. Với những phân tích trên, có thể khái quát hoá sự hình thành lý thuyết phân tích hệ thống như là sự phát triển của vận trù học và lý thuyết điều khiển (hình 1.9).



***Hình 1.9.* Sơ đồ tổng quát mô tả sự hình thành lý thuyết phân tích hệ thống [29], [30]**

1.1.5. Hệ thống phương pháp luận trong phân tích hệ thống

Như đã trình bày ở trên, mục đích phân tích hệ thống là xác định lời giải tối ưu hoặc hợp lý khi thiết kế và điều khiển hệ thống. Phân tích hệ thống bao gồm hệ thống các quan điểm, các nguyên lý và các kỹ thuật phân tích hệ thống. Kỹ thuật phân tích hệ thống rất đa dạng bao gồm cả các phương pháp hình thức và các phương pháp phi hình thức. Dưới đây, sẽ trình bày hệ thống phương pháp luận của lý thuyết phân tích hệ thống.

1.1.5.1. Phương pháp tối ưu hoá

Trong lý thuyết phân tích hệ thống, phương pháp tối ưu hoá và phương pháp mô phỏng là hai phương pháp toán học được sử dụng song song trong quá trình tìm lời giải tối ưu khi thiết kế và điều khiển hệ thống.

Phương pháp tối ưu là phương pháp cho lời giải tối ưu, còn phương pháp mô phỏng không cho lời giải tối ưu mà chỉ cho lời giải gần tối ưu, và do đó được coi là lời giải hợp lý. Phương pháp tối ưu hoá là phương pháp xác định lời giải của hệ thống theo mục tiêu khai thác hệ thống bằng cách lượng hoá chúng thành các hàm mục tiêu.

1.1.5.2. Phương pháp mô phỏng trong phân tích hệ thống

Việc sử dụng mô hình tối ưu có ưu điểm là tìm được nghiệm tốt nhất của phương án quy hoạch. Tuy nhiên, trong thực tế nó có những hạn chế nhất định, đó là:

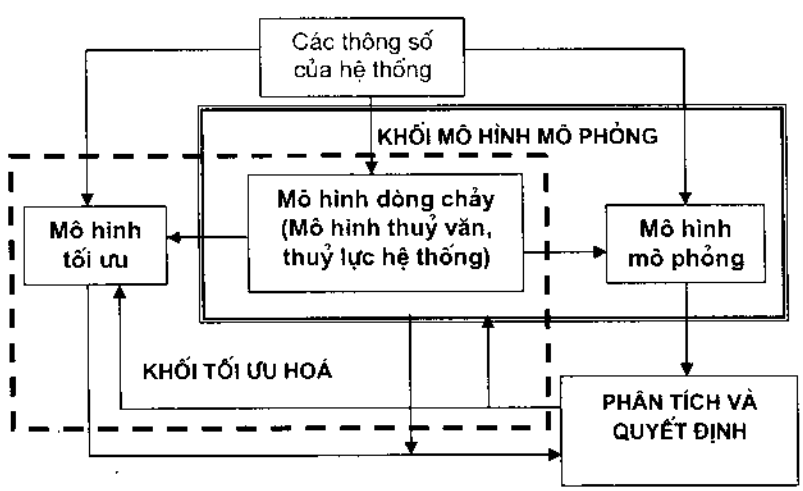
– Không phải bài toán nào quy hoạch cũng có thể mô tả bằng một mô hình tối ưu

– Trong nhiều trường hợp bài toán tối ưu không thể giải được do những hạn chế của phương pháp toán học

– Có thể nghiệm của bài toán tối ưu tìm được chỉ là nghiệm tối ưu cục bộ và do đó có thể bỏ sót các phương án tốt hơn.

Do những hạn chế của phương pháp tối ưu hoá, người ta sử dụng phương pháp mô phỏng để phân tích lựa chọn lời giải của bài toán.

Phương pháp mô phỏng là phương pháp sử dụng mô hình mô phỏng để phân tích hiệu quả của từng phương án quy hoạch, từ đó tìm ra phương án có lợi nhất. Như vậy, phương án mô phỏng chỉ tìm phương án gần tối ưu. Để tìm phương án tốt nhất bằng phương pháp mô phỏng cần thiết lập các kịch bản về phương án quy hoạch và do đó có thể cũng bỏ sót các phương án tốt hơn do không tạo ra được một không gian đầy đủ các phương án.



Hình 1.10. **Sơ đồ kết hợp phương pháp mô phỏng và phương pháp tối ưu hoá [15], [16]**

Sự khác biệt của hai phương pháp này là ở chỗ:

– Phương pháp mô phỏng không không giải bài toán tối ưu mà chỉ tìm các giá trị tốt nhất chấp nhận được đối với hàm mục tiêu.

– Vì phương pháp tối ưu có những hạn chế về phương pháp nhận nghiệm, bởi vậy có thể có sự giản hoá trong mô phỏng đối với các quá trình của hệ thống, trong khi đó các mô phỏng đó được mô tả chi tiết hơn trong phương pháp mô phỏng hệ thống.

Trong thực tế người ta thương kết hợp hai phương pháp này (phương pháp tối ưu hoá và phương pháp mô phỏng) để hạn chế ưu nhược điểm của từng phương pháp (xem sơ đồ trên hình 1.10).

1.1.5.3. Hệ thống các quan điểm và nguyên lý tiếp cận hệ thống

1. Hệ thống các quan điểm

(1) Lý thuyết phân tích hệ thống coi trọng tính tổng thể, đây chính là quan điểm hệ thống, thể hiện tính biện chứng trong nghiên cứu hệ thống. Xuất phát từ quan điểm hệ thống, khi nghiên cứu một hệ thống cần xem xét các quy luật của hệ thống trong mối quan hệ tương tác giữa các thành phần cấu thành hệ thống và quan hệ của hệ thống với môi trường tác động lên nó. Quan điểm đó phải được lượng hoá bằng các mô hình toán học mô tả các quá trình của hệ thống. Động thái và xu thế phát triển của hệ thống được xác định nhờ các mô hình mô phỏng, và qua đó có thể phát hiện các tác động hợp lý lên hệ thống. Sự phân tích hệ thống trong mối quan hệ tương tác giữa các quá trình trong hệ thống sẽ phát hiện tính "trồi", thường không nhận biết được nếu chỉ phân tích các quá trình riêng rẽ của hệ thống [14], [26].

(2) Lý thuyết phân tích hệ thống thừa nhận tính bất định của hệ thống, bao gồm bất định về mục tiêu, bất định về sự trao đổi thông tin trong hệ thống, sự hiểu biết không đầy đủ của người nghiên cứu về hệ thống và bất định thường do sự tác động ngẫu nhiên từ bên ngoài.

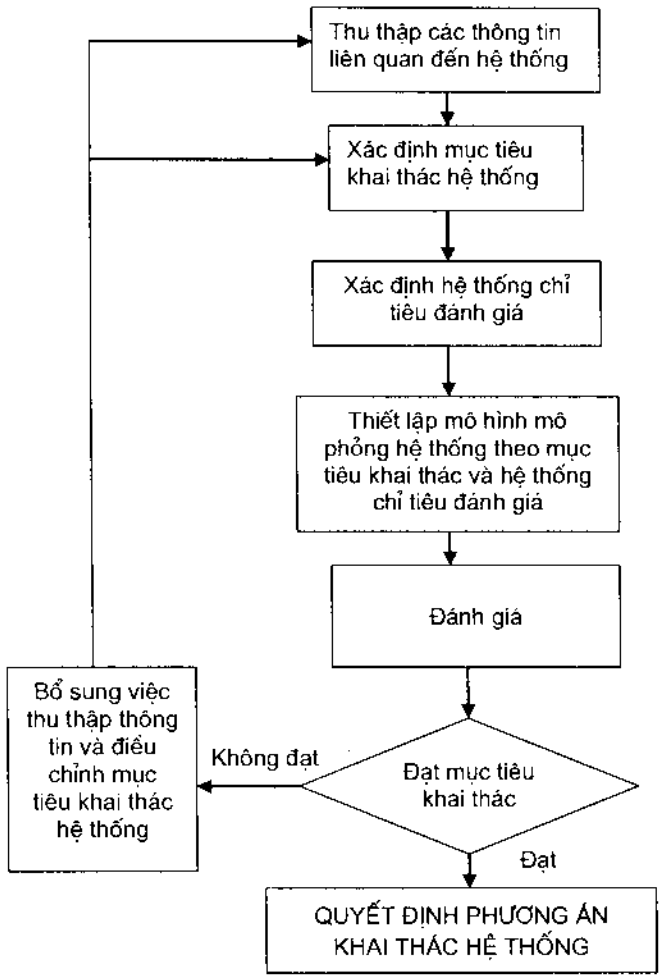
(3) Với các hệ thống lớn, thường tồn tại nhiều mối quan hệ phức tạp liên quan đến nhiều lĩnh vực khác nhau. Bởi vậy, lý thuyết phân tích hệ thống tôn trọng và thừa nhận tính liên ngành. Khi nghiên cứu các hệ thống phức tạp như vậy, cần thiết có sự tham gia của nhiều ngành khoa học. Trong quá trình xác nhận nghiệm phải xem xét đến quyền lợi của những đối tượng khác nhau và quan hệ qua lại giữa chúng trong hệ thống. Nếu các quyết định chỉ vì những quyền lợi cục bộ thì trong quá trình phát triển của hệ thống, các quy luật được thiết lập đối với hệ thống sẽ bị phá vỡ.

(4) Trên cơ sở thừa nhận tính bất định, lý thuyết phân tích hệ thống chú trọng đến sự kết hợp giữa phương pháp hình thức và phương pháp phi hình thức, kết hợp giữa phân tích toán học và kinh nghiệm và tôn trọng vai trò của tập thể trong nghiên cứu.

2. Nguyên lý tiếp cận hệ thống

Đối với những hệ thống phức tạp do sự tồn tại các yếu tố bất định trong hệ thống, người nghiên cứu không thể ngay một lúc phát hiện hết được những tính chất của hệ thống, cũng không thể dự báo ngay được xu thế phát triển của hệ thống. Do đó, các mục tiêu khai thác hệ thống cũng chỉ hình thành rõ nét sau khi thử phản ứng của hệ thống

bằng các kỹ thuật phân tích hợp lý. Mô hình mô phỏng đóng vai trò đặc biệt quan trọng trong quá trình tiếp cận hệ thống.



Hình 1.11. **Sơ đồ tổng quát quá trình tiếp cận hệ thống bằng mô hình mô phỏng**

Trên hình 1.11 trình bày sơ đồ tổng quát của quá trình tiếp cận hệ thống bằng cách sử dụng mô hình mô phỏng. Quá trình tiếp cận hệ thống theo sơ đồ này là quá trình tìm lời giải của hệ thống trên cơ sở liên tiếp làm rõ mục tiêu của khai thác hệ thống, và xem xét sự cần thiết bổ sung thông tin về hệ thống.

Nguyên lý tiếp cận từng bước trong phân tích các hệ thống phức tạp được coi như là một nguyên tắc đối với người nghiên cứu hệ thống.

1.2. Hệ thống tài nguyên nước

1.2.1. Tài nguyên nước

Nước là yếu tố quyết định đến sự tồn tại và phát triển môi trường sống. Nước là một loại tài nguyên thiên nhiên quý giá, là động lực chủ yếu chi phối mọi hoạt động dân sinh

kinh tế của con người. Nước được sử dụng rộng rãi trong sản xuất nông nghiệp, thủy điện, giao thông vận tải, chăn nuôi, thuỷ sản v.v. Bởi vậy, tài nguyên nước có giá trị kinh tế và được coi là một loại hàng hoá. Nước là loại tài nguyên có thể tái tạo được và cần phải sử dụng một cách hợp lý để duy trì khả năng tái tạo của nó.

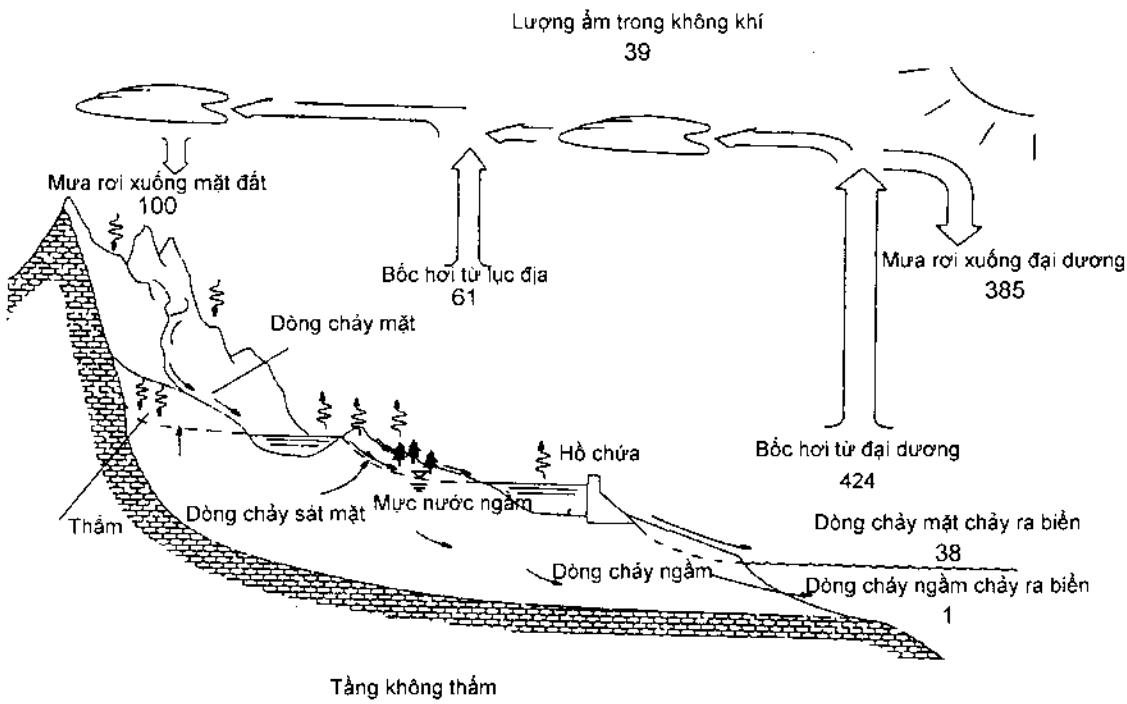
Trên hành tinh chúng ta nước tồn tại dưới những dạng khác nhau. Nước trên trái đất, ngoài đại dương, còn ở các sông suối, hồ ao, các hồ chứa nhân tạo, nước ngầm, trong không khí, băng tuyết và các dạng liên kết khác. Theo V...I. Verônatske, khối lượng nước trên trái đất vào khoảng 1,46 tỷ km^3, trong đó nước trong đại dương chiếm khoảng 1,37 tỷ km^3.

Bảng 1.1. **Ước lượng tài nguyên nước trên trái đất [10]**

Hạng mục	*Diện tích (10^6 km^2)*	*Thể tích (km^3)*	*Phần trăm của tổng lượng nước*	*Phần trăm của nước ngọt*
1. Đại dương	*361,3*	*1.338.000.000*	*96,5*	
2. Nước ngầm				
– Nước ngọt	134,8	10.530.000	0,76	30,1
– Nước nhiễm mặn	134,8	12.870.000	0,93	
– Lượng ẩm trong đất	82,0	15.500	0,0012	0,05
3. Băng tuyết				
– Băng ở các cực	16,0	24.023.500	1.7	68,6
– Các loại băng tuyết khác	0,3	340.600	0,025	1,0
4. Hồ, đầm				
– Nước ngọt	1,2	91.000	0,007	0,26
– Nhiễm mặn	0,8	85.400	0,006	
– Đầm lầy	2,7	11.470	0,0008	0,03
5. Sông ngòi	148,8	2.120	0,0002	0,006
5. Nước sinh học	510,0	1.120	0,0001	0,003
6. Nước trong khí quyển	510,0	12.900	0,001	0,04
Tổng cộng	510,0	1.385.984.610	100	
Trong đó nước ngọt	148,8	35.029.210	2,5	100

Sự phân bố nước trên hành tinh chúng ta theo số liệu ước tính của UNESCO năm 1978 như trong bảng 1.1. Tổng lượng nước trên trái đất vào khoảng 1.385.984.610 km^3 trong đó nước trong đại dương vào khoảng 1.338.000.000 km^3 chiếm khoảng 96,5%. Nước ngọt trên trái đất chiếm tỷ lệ rất nhỏ chỉ vào khoảng 2,5%. Nước ngọt phân bố ở

nước ngầm, nước mặt, dạng băng tuyết và các dạng khác, trọng đó lượng nước ở dạng băng tuyết chiếm tỷ lệ cao nhất (xấp xỉ 70%), nước ngọt ở các tầng ngầm dưới đất chiếm tỷ lệ vào khoảng 30,1%, trong khi đó nước trong hệ thống sông suối chỉ chiếm khoảng 0,006% tổng lượng nước ngọt trên trái đất, một tỷ lệ rất nhỏ. Hệ thống tuần hoàn nước có thể mô tả như trên hình 1.12. Nước trên trái đất tồn tại trong một khoảng không gian gọi là thuỷ quyển. Nước vận động trong thuỷ quyển qua những con đường vô cùng phức tạp cấu tạo thành *tuần hoàn nước, còn gọi là chu trình thuỷ văn.*



***Hình 1.12.* Vòng tuần hoàn nước và cân bằng nước toàn cầu với 100 đơn vị mưa trên lục địa [10]**

Ghi chú: Tương ứng với 100 đơn vị mưa trên lục địa có 38 đơn vị theo dòng chảy mặt ra biển; 1 đơn vị chảy ngầm ra biển; 61 đơn vị bốc hơi từ lục địa; tương ứng có 385 đơn vị mưa xuống đại dương và 424 đơn vị bốc hơi từ đại dương.

Nước bốc hơi từ các đại dương và lục địa trở thành một bộ phận của khí quyển. Hơi nước được vận chuyển vào bầu không khí, bốc lên cao cho đến khi chúng ngưng kết và rơi trở lại mặt đất hoặc mặt biển. Lượng nước rơi xuống mặt đất một phần bị giữ lại bởi cây cối, chảy tràn trên mặt đất thành dòng chảy trên sườn dốc; thấm xuống đất, chảy trong đất thành dòng chảy sát mặt đất; và chảy vào các dòng sông thành dòng chảy mặt. Phần lớn lượng nước bị giữ lại bởi thảm phủ thực vật và dòng chảy mặt sẽ quay trở lại bầu khí quyển qua con đường bốc hơi và bốc thoát hơi. Lượng nước ngấm trong đất có thể thấm sâu hơn xuống những lớp đất bên dưới để cấp nước cho các tầng nước ngầm và sau đó xuất lộ thành các dòng suối hoặc chảy dần vào sông ngòi thành dòng chảy mặt và cuối cùng đổ ra biển hoặc bốc hơi vào khí quyển.Có thể coi quá trình tuần hoàn nước là một hệ thống thuỷ văn, thực chất là quá trình chuyển từ mưa sang dòng chảy với các

thành phần là nước rơi, bốc hơi, dòng chảy và các pha khác nhau của chu trình. Các thành phần này có thể được tập hợp thành các hệ thống con của chu trình lớn.

Chu trình vòng tuần hoàn toàn cầu được mô tả trên hình 1.12. Từ sơ đồ tuần hoàn nước hình 1.12 có nhận xét như sau:

– Tương ứng với 100 đơn vị mưa trên lục địa có 38 đơn vị chảy dòng chảy mặt ra biển; 1 đơn vị chảy ngầm ra biển; 61 đơn vị bốc hơi từ lục địa. Rõ ràng lượng bốc hơi từ mặt đất là rất lớn so với lượng nước mặt và lượng nước ngầm chảy ra biển.

– Trên đại dương, tương ứng với 385 đơn vị mưa xuống đại dương có 424 đơn vị bốc hơi từ đại dương.

Sự phân bố theo không gian rất không đều. Trên trái đất có vùng có lượng mưa khá phong phú, nhưng lại có những vùng khô hạn. Các vùng nhiều mưa (lượng mưa > 2000 mm trong năm) trên thế giới phân bố như sau:

– Châu Âu: vùng núi Anpơ, Côcazơ, Nauy;

– Châu Á: Việt Nam (trừ một số vùng như Châu thổ Cửu Long, Cao Bằng, Lạng Sơn...), Inđônêxia, Philippin, Nhật bản, Malaixia, Campuchia v.v.)

Một trong những đặc thù quan trọng nữa là: Nguồn nước có trữ lượng hàng năm không vượt qua một giới hạn nào đó và không phụ thuộc vào mong muốn của con người.

Nước thường phân bố không đều theo không gian và thời gian, dẫn đến sự không phù hợp giữa tài nguyên nước và yêu cầu sử dụng của con người.

Tài nguyên nước được đánh giá bởi ba đặc trưng quan trọng: lượng, chất lượng và động thái của nó:

– Lượng nước: Tổng lượng nước sinh ra trong một khoảng thời gian một năm hoặc một thời kỳ nào đó trong năm. Nó biểu thị mức độ phong phú của tài nguyên nước trên một vùng lãnh thổ.

– Chất lượng nước: bao gồm các đặc trưng về hàm lượng của các chất hoà tan và không hoà tan trong nước (có lợi hoặc có hại theo tiêu chuẩn sử dụng của đối tượng sử dụng nước).

– Động thái của nước được đánh giá bởi sự thay đổi của các đặc trưng dòng chảy theo thời gian, sự trao đổi nước giữa các khu vực chứa nước, sự vận chuyển và quy luật chuyển động của nước trong sông, sự chuyển động của nước ngầm, các quá trình trao đổi chất hoà tan, truyền mặn v.v.

Gleick (1997) và Shiklomanov (1998) đã cho bảng thống kê về sự gia tăng sử dụng nước trên trái đất từ đầu thế kỷ 20 đến năm 1995 và dự báo mức sử dụng nước của những năm đầu của thế kỷ 21 (bảng 1.2), theo đó cho thấy tốc độ gia tăng nhanh chóng mức sử dụng trong những năm tới. Hệ số sử dụng nước bằng tổng lượng nước yêu cầu trên tổng lượng nước được giữ lại cho biết hiệu quả sử dụng nước. Theo thống kê trong bảng 1.2 và hình 1.13 dễ dàng nhận thấy, việc sử dụng hiệu quả tài nguyên nước càng ngày càng cao, cũng tức là lượng nước tổn thất do dùng nước càng ngày càng thấp,

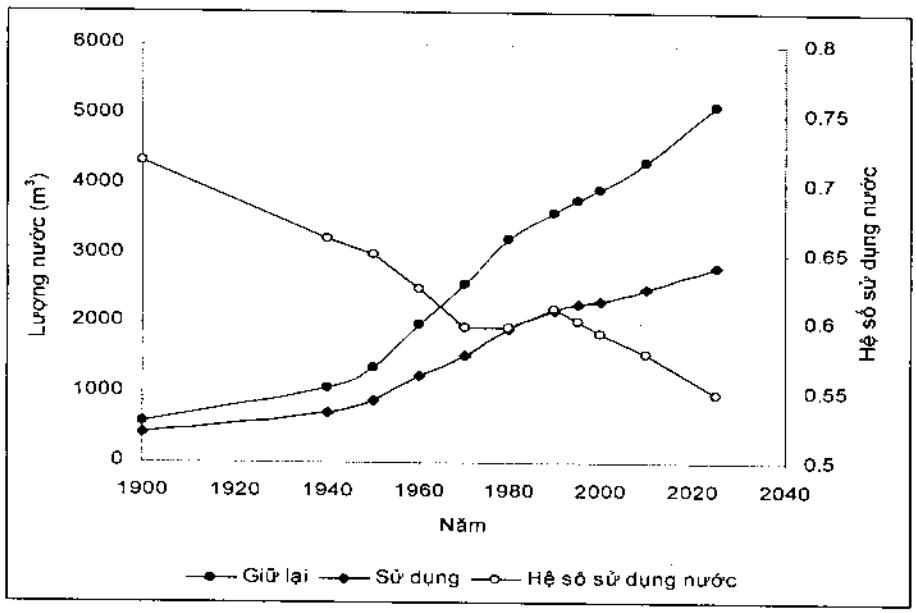
nếu vào những năm đầu thế kỷ 20 hệ số sử dụng nước là 0,72 thì đến cuối thế kỷ này chỉ còn 0,6.

Nguồn nước trên thế giới là rất lớn, nhưng nước ngọt mới là yêu cầu cơ bản cho hoạt động dân sinh kinh tế của con người. Nước ngọt trên thế giới ở dạng khai thác được có trữ lượng không lớn, chiếm khoảng trên dưới 1% tổng lượng nước có trên trái đất. Khi sự phát triển dân sinh kinh tế còn ở mức thấp, nước chỉ được coi là môi trường cần thiết cho sự sống của con người.

Nước là nhu cầu không thể thiếu, quyết định sự tồn tại của sự sống và là động lực chủ yếu của sự phát triển lịch sử loài người. Bằng các biện pháp thủy lợi con người đã làm thay đổi trạng thái tự nhiên của nguồn nước nhằm thoả mãn các yêu cầu về nước ngày càng tăng của của xã hội. Các biện pháp thủy lợi cũng đa dạng, bao gồm: hồ chứa, đập dâng nước, hệ thống đê, hệ thống các trạm bơm và cống tưới tiêu, cống ngăn mặn v.v. Các biện pháp thủy lợi ngày càng phát triển sẽ làm thay đổi mạnh mẽ chế độ tự nhiên của dòng chảy sông ngòi.

Bảng 1.2. **Thống kê các lượng nước được giữ lại và sử dụng từ năm 1990 đến năm 2025 [1], [2]**

Vùng lãnh thổ	*Lượng nước giữ lại để sử dụng/Lượng nước sử dụng (tỷ m^3)*										
	Số liệu thống kê lịch sử (theo năm)								*Dự báo (theo năm)*		
	1990	*1940*	*1950*	*1960*	*1970*	*1980*	*1990*	*1995*	*2000*	*2010*	*2025*
Châu Âu	37.5	71	93.8	185	294	445	491	511	534	578	619
	17.6	29.8	38.4	53.9	81.8	158	183	187	191	202	217
Bắc Mỹ	70	221	286	410	555	677	652	685	705	744	786
	29.2	83.8	104	138	181	221	221	238	243	255	269
Châu Phi	41	49	56	86	116	168	199	215	230	270	331
	34	39	44	66	88	129	151	160	169	190	216
Châu Á	414	689	860	1222	1499	1784	2067	2157	2245	2483	3104
	322	528	654	932	1116	1324	1529	1565	1603	1721	1971
Nam Mỹ	15.2	27.7	59.4	68.5	85.2	111	152	166	180	213	257
	11.3	20.6	41.7	44.4	57.8	71	91.4	97.7	104	112	122
Châu Đại dương	1.6	6.8	10.3	17.4	23.3	29.4	28.5	30.5	32.6	35.6	39.6
	0.6	3.4	5.1	9.0	11.9	14.6	16.4	17.6	18.9	21	23.1
Tổng cộng	579	1065	1366	1989	2573	3214	3590	3765	3927	4324	5137
	415	704	887	1243	1536	1918	2192	2265	2329	2501	2818
Hệ số sử dụng	0.72	0.66	0.65	0.62	0.6	0.6	0.61	0.6	0.59	0.58	0.55



Hình 1.13. **Biểu đồ thay đổi của các lượng nước được giữ lại, sử dụng theo thời gian và hệ số sử dụng nước theo số liệu bảng 1.2**

Trong quá trình phát triển của xã hội loài người, do nhu cầu nước về nước ngày càng tăng nên càng ngày càng có sự mất cân đối giữa nhu cầu dùng nước và nguồn nước. Dưới tác động các hoạt động kinh tế xã hội của con người, tài nguyên nước ngày càng có nguy cơ bị suy thoái và cạn kiệt, và nước đã trở thành một loại tài nguyên quý cần được bảo vệ và quản lý. Các luật nước ra đời và cùng với nó ở mỗi quốc gia đều có một tổ chức để quản lý nghiêm ngặt loại tài nguyên này.

1.2.2. Khái niệm về hệ thống tài nguyên nước

Quá trình khai thác tài nguyên nước đã hình thành hệ thống các công trình thuỷ lợi. Những công trình thuỷ lợi được xây dựng đã làm thay đổi đáng kể những đặc điểm tự nhiên của hệ thống tài nguyên nước. Mức độ khai thác tài nguyên nước càng lớn thì sự thay đổi thuộc tính tài nguyên nước càng lớn và chính nó lại ảnh hưởng đến quá trình khai thác sử dụng nước của con người. Chính vì vậy, khi lập các quy hoạch khai thác tài nguyên nước cần xem xét sự tác động qua lại giữa tài nguyên nước, phương thức khai thác và các biện pháp công trình. Theo quan điểm hệ thống người ta định nghĩa hệ thống tài nguyên nước như sau:

"Hệ thống tài nguyên nước là một hệ thống phức tạp bao gồm nguồn nước, các công trình khai thác tài nguyên nước, các yêu cầu về nước cùng với mối quan hệ tương tác giữa chúng và sự tác động của của môi trường lên nó".

Theo định nghĩa trên đây, hệ thống tài nguyên nước bao gồm:

– *Nguồn nước, được đánh giá bởi các đặc trưng sau:* Lượng và phân bố của nó theo không gian và thời gian; chất lượng nước; động thái của nước và chất lượng nước.

– *Hệ thống các công trình thủy lợi*: Bao gồm các công trình đầu mối các công trình chuyển nước v.v, được cấu trúc tuỳ thuộc vào mục đích khai thác tài nguyên nước.

– *Các yêu cầu về nước*: Bao gồm các hộ dùng nước, yêu cầu phòng chống lũ lụt, yêu cầu về bảo vệ hoặc cải tạo môi trường cùng các yêu cầu dùng nước khác.

Tác động của môi trường là những tác động về hoạt động dân sinh kinh tế, hoạt động của con người (không kể các tác động về khai thác tài nguyên nước theo quy hoạch). Những tác động đó bao gồm ảnh hưởng của các biện pháp canh tác làm thay đổi mặt đệm và lòng dẫn, sự tác động không có ý thức vào hệ thống các công trình thủy lợi v.v.

Khi nói đến hệ thống thủy lợi phải kể đến tổ hợp các tác động tương tác giữa những thành phần cấu thành hệ thống. Cấu trúc và các thông số cơ bản của hệ thống công trình thủy lợi phụ thuộc vào tính chất của tài nguyên nước và nhu cầu khai thác, nhưng chính nó lại làm thay đổi những tính chất và động thái tài nguyên nước và hậu quả là làm thay đổi cả môi trường sinh thái tự nhiên của hệ thống. Bởi vậy, khi lập các kế hoạch sử dụng, khai thác tài nguyên nước phải xem xét trong mối tác động tương tác giữa chúng. Mối quan hệ của các thành phần cấu thành hệ thống tài nguyên nước trình bày trên sơ đồ hình 1.14.

1.2.3. Các hệ thống thành phần của hệ thống tài nguyên nước

Trong thực tế, người ta có thể coi hệ thống tài nguyên nước là tập hợp bởi các hệ thống thành phần theo thuộc tính sử dụng và khai thác tài nguyên nước bao gồm hệ thống nước mặt, hệ thống nước ngầm, hệ thống phân phối nước, hệ thống kiểm soát lũ v.v. Cách tiếp cận này là nhằm nghiên cứu sâu hơn các thuộc tính khi lập các quy hoạch và quản lý tài nguyên nước. Các hệ thống thành phần phải được nghiên cứu trong mối tương tác giữa chúng và tác dộng của môi trường lên chúng. Dưới đây sẽ trình bày tóm tắt một số hệ thống thành phần chính cấu thành hệ thống tài nguyên nước.

1.2.3.1. Hệ thống tài nguyên nước mặt

Hệ thống tài nguyên nước mặt bao gồm nguồn nước ở trạng thái tự nhiên và nguồn nước đã được tái tạo (hồ chứa, nước thải được xử lý) cùng với hệ thống công trình khai thác nước mặt (hồ chứa, đập dâng, cống điều tiết, đập ngăn sông, các công trình tưới, tiêu v.v.

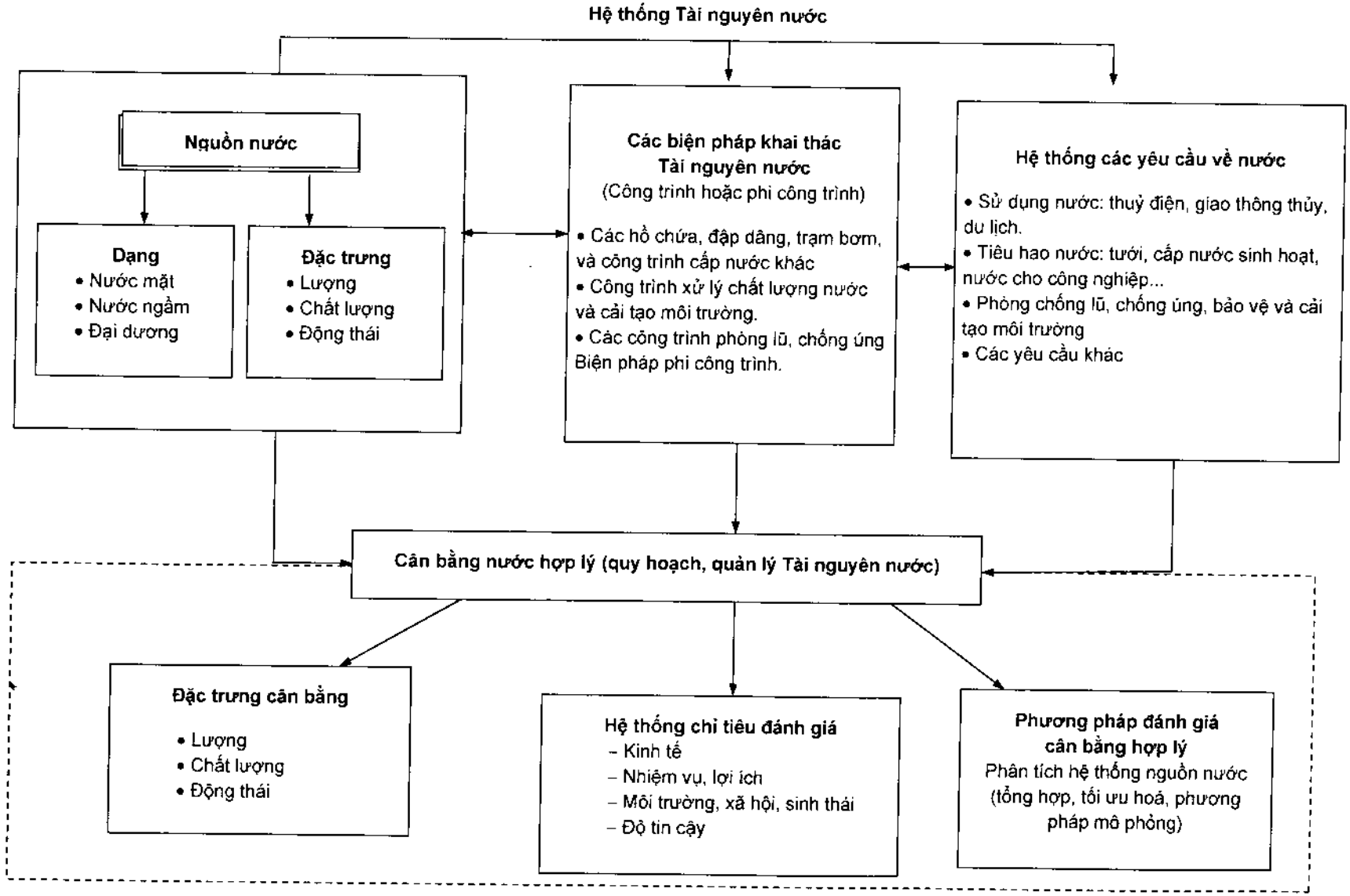
– *Sông suối tự nhiên*: Là nguồn nước do mưa, tuyết hoặc băng tan và bao gồm cả nguồn nước do nước dưới đất cung cấp cho hệ thống sông suối và nước đã dùng được trả lại sông thiên nhiên.

– *Hồ chứa tự nhiên:* Là những hồ có lượng nước tích lại ổn định trong nhiều năm, nước của hồ tự nhiên được cung cấp bởi nguồn nước mặt và nước ngầm.

– *Các mạch nước ngầm:* Là do nước ngầm bổ sung từ các mạch nước ngầm tự nhiên hoặc do con người khai thác mà có.

– *Nước vùng nhiễm mặn:* Là nước vùng cửa sông có độ mặn nhỏ hơn 0,1%.

– *Các hồ nước nhân tạo:* Là các hồ chứa do con người tạo ra với các mục đích khai thác khác nhau.



Hình 1.14. **Hệ thống Tài nguyên nước và thiết lập hệ thống cân bằng hợp lý trong quy hoạch và quản lý Tài nguyên nước**

Hồ chứa nhân tạo được xây dựng nhằm khống chế sự thay đổi dòng chảy theo thời gian và phân bố lại nguồn nước tự nhiên theo không gian, là một tác nhân quan trọng làm thay đổi quy luật tự nhiên của nguồn nước. Sự biến đổi tự nhiên của dòng chảy sông ngòi bị thay đổi, tuy nhiên sự thay đổi hàng năm của dòng chảy có tính quy luật tương đối ổn định do sự vận hành có mục đích các hồ chứa nước nhân tạo. Do vậy, các hồ chứa tạo ra một trạng thái cân bằng mới thay thế cho cân bằng tự nhiên vốn có của nguồn nước.

Hệ thống nước mặt đặc biệt quan trọng đối với sự sinh tồn của loài người và hệ thống sinh thái trên lục địa của hành tinh. Quy hoạch và quản lý hệ thống nước mặt là xác định các phương thức sử dụng hợp lý tài nguyên nước mặt và các phương thức quản lý nước mặt.

1.2.3.2. Hệ thống nước ngầm

Hệ thống nước ngầm bao gồm vùng trữ nước ngầm có thể khai thác được và hệ thống công trình khai thác nước ngầm. Nước ngầm được khai thác chủ yếu phục vụ sinh hoạt cả ở thành phố và vùng nông thôn. Nước ngầm được phân bố ở các tầng địa chất khác nhau, trong đó nước ngầm tầng sâu có chất lượng nước tốt là đối tượng khai thác sử dụng.

Quy hoạch khai thác nước ngầm là xác định quy mô và cấu trúc hợp lý của các công trình khai thác, đảm bảo tối ưu vốn đầu tư, nhưng không làm suy thoái nguồn nước ngầm và đảm bảo sự hồi phục của nó.

1.2.1.3. Hệ thống cấp thoát nước và xử lý nước thải đô thị

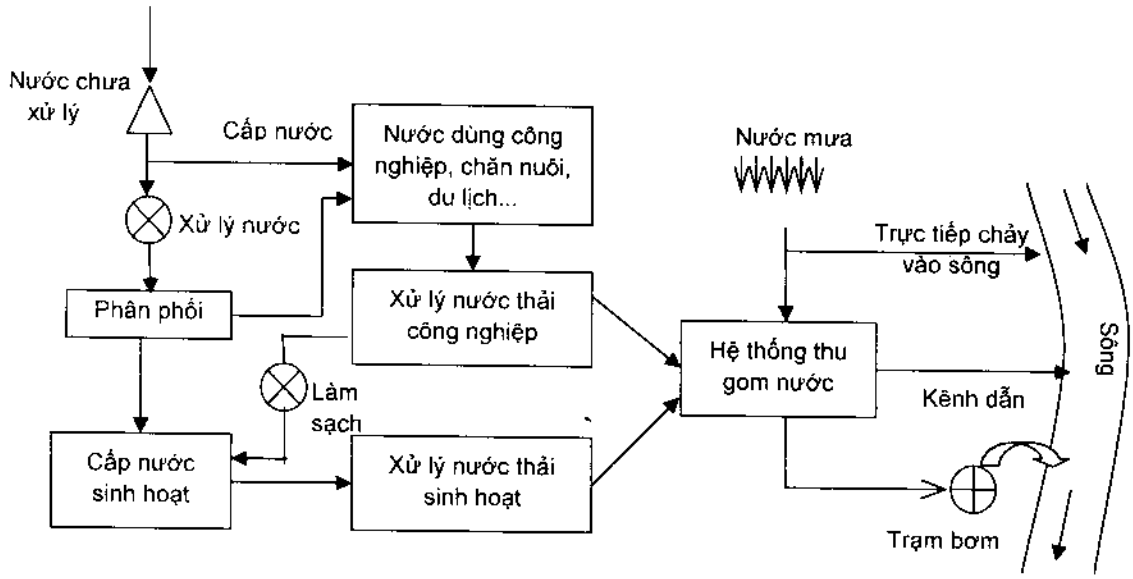
Hệ thống loại này bao gồm công trình trữ nước, hệ thống công trình phân phối nước, làm sạch nước, thu gom nước và xử lý nước sau khi sử dụng cùng với hệ thống tiêu thoát nước đô thị. Trong một số tài liệu hệ thống này được phân chia thành các hệ thống con như sau:

- Hệ thống phân phối nước
- Hệ thống xử lý nước thải
- Hệ thống thu gom nước
- Hệ thống xử lý nước sau sử dụng

Tuy nhiên, cách phân chia này có vẻ không thỏa đáng và chỉ phù hợp cho việc thiết kế các hệ thống riêng rẽ. Thực ra, khi quy hoạch hệ thống cấp thoát nước cho đô thị thì tất cả các hệ thống trên chỉ là thành phần của hệ thống hỗn hợp được thiết kế chung như trình bày trên hình 1.15, được gọi là hệ thống cấp thoát nước và xử lý nước thải đô thị.

1.2.3.4. Hệ thống kiểm soát lũ

Hệ thống kiểm soát lũ bao gồm hệ thống các công trình phòng lũ, hệ thống thu thập thông tin và hệ thống thông tin liên lạc.



***Hình 1.15.* Sơ đồ hệ thống cấp nước, xử lý nước và tiêu thoát nước đô thị**

Hệ thống công trình phòng lũ

Hệ thống đê. Hệ thống đê có nhiệm vụ ngăn lũ không chảy vào vùng phòng lũ theo tiêu chuẩn thiết kế quy định. Hệ thống đê bao gồm đê sông, đê biển và hệ thống đê bao.

Hệ thống hồ chứa phòng lũ. Nếu điều kiện địa hình cho phép xây dựng hồ chứa thì biện pháp xây dựng các hồ chứa phòng lũ là biện pháp hiệu quả nhất về mặt phòng lũ. Hồ chứa xây dựng trên thượng nguồn có khả năng giảm mực nước vùng hạ du trên một vùng rộng lớn nên kinh phí đắp đê và chi phí hàng năm cho việc chống lũ vùng hạ du sẽ giảm đáng kể.

Hệ thống công trình phân lũ. Phân lũ là biện pháp chuyển nước lũ sang một lưu vực khác nhằm giảm nhẹ thiệt hại cho vùng phòng lũ. Các công trình phân lũ đảm bảo an toàn cho vùng phòng lũ nhưng có thể gây thiệt hại cho một vùng khác có yêu cầu phòng lũ thấp hơn. Trên hệ thống sông Hồng, sông Đáy có công trình phân lũ Vân Cốc và bản thân sông Đáy là hệ thống công trình phân lũ đảm bảo an toàn cho Hà Nội khi xảy ra lũ lớn vượt thiết kế.

Các khu chậm lũ. Chậm lũ là biện pháp đưa một phần lượng nước lũ vào các khu chứa nước tạm thời (khu chậm lũ) để giảm mực nước lũ vùng hạ du, khi lũ xuống nước từ các khu chậm lũ lại chảy ra sông. Các khu chậm lũ có tác dụng điều tiết làm giảm mực nước vùng phòng lũ. Cũng tương tự như biện pháp phân lũ, biện pháp này có thể gây thiệt hại cho một số vùng có yêu cầu phòng lũ thấp hơn.

Các hành lang thoát lũ. Lòng sông được nạo vét và mở rộng hoặc làm mới nhằm tăng khả năng thoát lũ nhanh. Biện pháp này trong một số trường hợp có hiệu quả thấp do hiện tượng bồi lắng phát triển nhanh hoặc có thể khiến lòng sông bị diễn biến phức tạp gây hậu quả xấu hơn.

Các biện pháp công trình hỗn hợp có thể cùng được áp dụng khi lập quy hoạch phòng lũ.

Hệ thống thu thập thông tin là hệ thống các trạm đo mưa, đo lưu lượng hoặc mực nước trên hệ thống sông phục vụ cho công tác dự báo, cảnh báo và điều hành hệ thống công trình phòng lũ.

Hệ thống thông tin được thiết lập nhằm trao đổi thông tin của hệ thống, liên kết giữa hệ thống đo đạc, trung tâm điều hành và hệ thống cảnh báo dự báo lũ.

1.2.3.5. Hệ thống tưới tiêu

Hệ thống tưới và hệ thống tiêu là hai loại hệ thống đặc trưng ở nước ta. Hệ thống tưới bao gồm công trình đầu mối, công trình dẫn nước (các kênh dẫn) và khu tưới. Công trình đầu mối có thể là hồ chứa, đập dâng nước, trạm bơm hoặc cống lấy nước tự chảy từ sông tự nhiên vào đồng. Tùy theo đặc điểm của hệ thống mà xác định giới hạn của hệ thống tưới. Ví dụ, các hệ thống tưới của Đồng bằng sông Hồng trước đây được quy hoạch và thiết kế theo phương thức lấy nước trực tiếp từ sông chính của Đồng bằng sông Hồng, khi đó mỗi hệ thống tưới chỉ bao gồm công trình lấy nước từ sông chính và các công trình nội đồng, các hệ thống này được coi là độc lập nhau. Tuy nhiên, sau khi các hồ chứa thượng nguồn được xây dựng (hồ Hòa Bình, hồ Thác Bà, hồ Tuyên Quang, hồ Sơn La) thì khi đó hệ thống tưới phải bao gồm cả các hồ chứa thượng nguồn và tất cả các hệ thống tưới được xây dựng riêng rẽ ở vùng đồng bằng.

Hệ thống tiêu cũng bao gồm công trình đầu mối, hệ thống kênh tiêu và các khu tiêu. Công trình đầu mối có thể là trạm bơm tiêu, cống tiêu tự chảy. Cũng tùy theo đặc điểm của hệ thống mà xác định giới hạn của hệ thống tiêu.

Trong thực tế có rất nhiều hệ thống có dạng tưới tiêu kết hợp và được gọi là hệ thống tưới – tiêu. Trong một số trường hợp hệ thống tiêu còn có nhiệm vụ thoát lũ và được gọi là hệ thống tiêu thoát lũ.

1.3. Sự tiếp cận hệ thống và các giai đoạn phân tích hệ thống

1.3.1. Hình thành bài toán quy hoạch và xác định mục tiêu khai thác hệ thống

Quy hoạch nguồn nước được thiết lập theo các giai đoạn khác nhau, ở giai đoạn tiếp theo các nghiên cứu sẽ chi tiết hơn giai đoạn trước.

Tùy thuộc đặc điểm của hệ thống và yêu cầu sử dụng nước cần thiết phải hoạch định chiến lược khai thác tài nguyên nước, và nghiên cứu các phương pháp khai thác khả thi và hợp lý. Trên cơ sở đó hình thành các mục tiêu khai thác hệ thống và thiết lập hệ thống chỉ tiêu đánh giá hệ thống.

Những nội dung cần phải làm rõ khi hình thành bài toán quy hoạch và xác định mục tiêu khai thác hệ thống bao gồm:

– Phân tích và xác định chiến lược phát triển hệ thống, bao gồm cả chiến lược phát triển hệ thống công trình và chiến lược sử dụng nguồn nước trong tương lai. Trong đó cần chú ý đến khả năng huy động vốn trong suốt thời kỳ quy hoạch. Phân tích hiệu ích kinh tế của quá trình phát triển hệ thống để lựa chọn chiến lược tối ưu.

– Phân tích một cách đầy đủ các mục tiêu khác: vấn đề xã hội, chính trị, văn hoá v.v.

– Phân tích tính khả thi của các phương án công trình, bao gồm các vấn đề kinh tế và kỹ thuật.

– Lượng hóa các mục tiêu khai thác bằng các hàm mục tiêu

– Hoạch định kế hoạch thực hiện các nghiên cứu về dự án quy hoạch, bao gồm cả các vấn đề về kỹ thuật, tài chính, hệ thống chính sách quản lý tài nguyên nước và các vấn đề liên quan đến chiến lược phát triển chung của quốc gia

1.3.2. Thu thập tài liệu

Đây là nội dung rất quan trọng nhằm đánh giá được tiềm năng, tính chất của nguồn nước. Trên cơ sở đó để hoạch định chiến lược khai thác nguồn nước và hệ thống chính sách quản lý nguồn nước, đảm bảo sự phát triển bền vững của một vùng hoặc lưu vực sông. Các tài liệu cần thu thập bao gồm tài liệu về tài nguyên nước và các nhu cầu về nước.

1. Tài liệu khí tượng thủy văn

Tài liệu khí tượng thuỷ văn cần thiết cho phân tích đặc điểm tài nguyên nước và định hướng khai thác và sử dụng tài nguyên nước.

Đối với mỗi loại tài liệu, cần phân tích những đặc điểm, tính chất của nó ảnh hưởng đến quy hoạch sử dụng nước và phương thức khai thác thích hợp. Những tài liệu khí tượng thuỷ văn có thể liệt kê theo các mục dưới đây.

a) Tình hình địa lý, chế độ khí tượng thuỷ văn

Trong phần này nêu rõ tình hình lưu vực sông ngòi, đặc điểm về nguồn nước, các chế độ khí hậu: gió, nhiệt độ, mưa bốc hơi v.v. và những đặc điểm của nó khi quy hoạch, thiết kế hệ thống.

b) Dòng chảy sông ngòi

Trong phần này, cần phân tích chế độ dòng chảy và các đặc trưng thuỷ văn thiết kế, đó là:

– Chế độ dòng chảy năm và các đặc trưng thiết kế về lượng và phân phối dòng chảy hàng năm.

– Chế độ lũ và các tính toán lũ.

– Dòng chảy bùn cát.

– Bốc hơi và các đặc trưng thiết kế về bốc hơi.

– Các tài liệu về chất lượng nước v.v.

2. Đánh giá tài nguyên nước

– Đánh giá trữ lượng nước mặt, nước ngầm, trong đó trữ lượng nước mặt được đánh giá theo các đặc trưng dòng chảy sông ngòi, đặc điểm nguồn nước và cân bằng nước.

– Đánh giá khả năng khai thác nước mặt và nước ngầm

– Đánh giá chất lượng nước.

– Dự báo sự thay đổi nguồn nước mặt và nước ngầm trong tương lai.

– Hiện trạng về khai thác tài nguyên nước và hệ thống công trình, hệ thống dùng nước.

– Tính toán cân bằng nước hệ thống và lưu vực theo hiện trạng.

3. Tài liệu yêu cầu về nước

– Nhu cầu nước cho nông nghiệp

– Nhu cầu nước cho phát triển công nghiệp

– Nhu cầu nước sinh hoạt

– Yêu cầu về chất lượng nước

– Yêu cầu phòng lũ, tiêu úng và giảm nhẹ thiên tai do lũ lụt gây ra

– Trữ năng của hệ thống sông và khả năng khai thác thủy năng

– Yêu cầu nước cho giao thông thuỷ, giải trí, du lịch

– Những yêu cầu liên quan đến cải tạo môi trường và dòng chảy sinh thái

4. Tài liệu dân sinh kinh tế

Các tài liệu về dân sinh kinh tế sẽ được sử dụng trong khi phân tích các yêu cầu về cấp nước, bảo vệ môi trường, phòng chống ngập lụt cho vùng thuộc hạ lưu công trình và cũng là cơ sở để phân tích kinh tế khi thiết kế hồ chứa. Các loại tài liệu cơ bản về dân sinh kinh tế bao gồm:

– Dân cư và phân bố dân cư ở hạ lưu và thượng lưu hồ, phân bố các vùng dân sinh theo độ cao.

– Các tài nguyên thiên nhiên: rừng, khoáng sản, các tài nguyên khác nằm trong vùng ảnh hưởng của hồ khi bị ngập lụt ở thượng lưu hồ.

– Các yêu cầu về nước bao gồm yêu cầu cấp nước, thuỷ năng, giao thông thuỷ, phòng lũ v.v.

– Các hoạt động kinh tế ở vùng bị ảnh hưởng khi xây dựng hồ chứa, các yêu cầu về bảo vệ môi trường, các vấn đề chính trị, xã hội và dân tộc.

– Đánh giá ảnh hưởng của phát triển dân sinh kinh tế đến chất lượng nước.

Mức độ chi tiết của các loại tài liệu này tuỳ thuộc vào tính chất và đặc điểm của bài toán quy hoạch hệ thống tài nguyên nước.

1.3.3. Xây dựng hệ thống chỉ tiêu đánh giá quy hoạch

Như đã trình bày ở trên, nhiệm vụ của quy hoạch nguồn nước là xác định một cân bằng hợp lý trong quy hoạch, thiết kế, điều khiển và quản lý nguồn nước. Một cân bằng được gọi là hợp lý theo quan điểm hiện đại, phải đạt được các tiêu chuẩn chính sau đây:

1) Phải đáp ứng tối đa các yêu cầu về nước trong vùng nghiên cứu và tuân thủ nguyên tắc lợi dụng tổng hợp tài nguyên nước.

2) Đảm bảo sự cân bằng phát triển bền vững của vùng hoặc lưu vực sông.

3) Phải đạt được tính hiệu quả cao của các biện pháp khai thác và tính khả thi của các dự án quy hoạch. Nó phụ thuộc vào các điều kiện kỹ thuật và khả năng huy động vốn của nhà nước, tức là phụ thuộc vào trình độ phát triển kinh tế của quốc gia.

4) Đạt được tính mềm dẻo của dự án, tức là sự thích ứng của quy hoạch đối với những điều chỉnh về mục tiêu khai thác và sử dụng nước trong tương lai.

5) Có độ tin cậy cao, tức là xác suất của sự sai khác giữa những thay đổi trong tương lai so với quy hoạch ban đầu là nhỏ nhất.

Khi lập các quy hoạch về khai thác tài nguyên nước cần phải lượng hóa các mục tiêu trên bằng các hàm mục tiêu và các biểu thức ràng buộc.

1.3.4. Thiết lập hệ thống phương án

Thiết lập hệ thống các phương án là một khâu quan trọng trong quá trình tiếp cận nghiệm tốt nhất của dự án quy hoạch. Việc thiết lập các phương án dựa trên cơ sở hệ thống chỉ tiêu đánh giá đã trình bày trên đây và phải được xem xét theo những khía cạnh khác nhau về nguồn nước, yêu cầu sử dụng nước, đặc điểm điều kiện địa hình, khả năng đầu tư phát triển v.v. Các phương án được thiết lập là các phương án có thể, là tổ hợp của các điều kiện sau đây:

– Tổ hợp các phương án sử dụng nước và khai thác tài nguyên nước, bao gồm cả các yêu cầu về phòng lũ, tiêu úng và cải tạo môi trường.

– Các phương án có thể của hệ thống công trình và phi công trình.

– Điều kiện kinh tế và khả năng đầu tư vốn cho quy hoạch.

– Hệ thống các chính sách kèm theo khi các phương án được thực hiện.

Khi thiết lập hệ thống các phương án phải rà soát tất cả các tổ hợp có thể có trên đây. Bởi vậy, tập phương án được chọn là tập các phương án có thể của quy hoạch hệ thống.

1.3.5. Đánh giá phương án

Các phương án có thể được lựa chọn cần được lựa chọn, đánh giá để xác định các phương án chấp nhận được. Việc đánh giá lựa chọn các phương án chấp nhận được của bài toán quy hoạch được thực hiện theo hai cách: Phân tích định tính để loại các phương án không khả thi; Sử dụng mô hình mô phỏng để đánh giá khả năng đạt được của phương án theo hệ thống chỉ tiêu đánh giá hệ thống.

Việc sử dụng mô hình mô phỏng để đánh giá phương án thực hiện theo các bước sau:

1. Xác lập tập các phương án có thể theo các tổ hợp khác nhau về phương án sử dụng nước và các phương án công trình.

2. Mô phỏng hệ thống bằng mô hình mô phỏng.

3. Sử dụng mô hình mô phỏng đánh giá phản ứng của hệ thống theo các phương án có thể để xác định các phương án chấp nhận được. Các phương án chấp nhận được là các phương án thoả mãn các điều kiện kỹ thuật, các điều kiện ràng buộc về môi trường và các điều kiện ràng buộc khác đối với hệ thống.

1.3.6. Chọn phương án tốt nhất

Phương án tối ưu (hoặc phương án tốt nhất) là phương án chọn xác định trong số các phương án chấp nhận được.

Như đã trình ở trên, khi phân tích lựa chọn phương án quy hoạch thường ứng dụng hai phương pháp rất đặc trưng của lý thuyết phân tích hệ thống, đó là: phương pháp tối ưu hoá và phương pháp mô phỏng.

Phương pháp mô phỏng là phương pháp so sánh trực tiếp các phương án chấp nhận để tìm phương án tốt nhất và thoả mãn các điều kiện kỹ thuật và các ràng buộc của hệ thống. Hình 1.11 để mô tả các bước tiếp cận phương án quy hoạch bằng cách phân tích kết quả tính toán đánh giá bằng mô hình mô phỏng.

Phương pháp tối ưu hoá tìm phương án tối ưu bằng cách lập và giải bài toán tối ưu đối với bài toán đang xem xét. Trong thực tế phải sử dụng cùng một lúc cả hai phương án để chọn phương án tốt nhất của bài toán quy hoạch. Quá trình chọn phương án tốt nhất (hoặc tối ưu) được thực hiện theo trình tự mô tả trên hình (1.16).

1.3.7. Thực hiện dự án quy hoạch

Thực hiện dự án là khâu cuối cùng của dự án quy hoạch bao gồm các nội dung như sau:

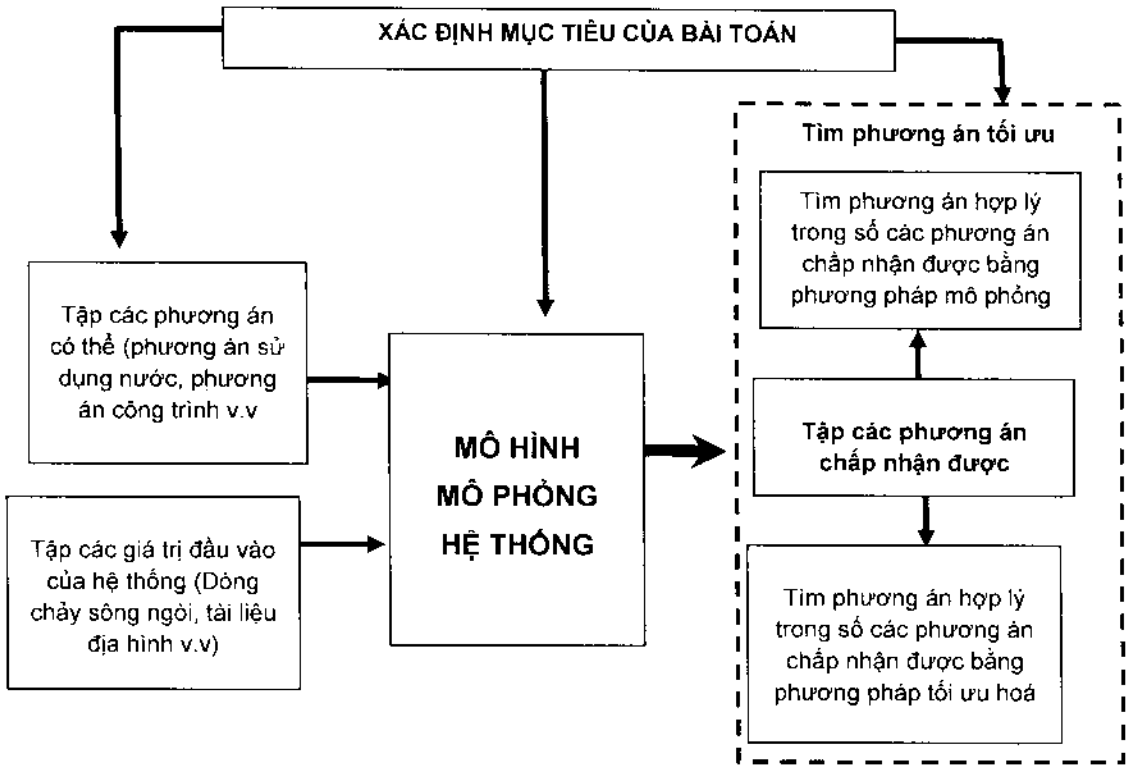
– Phân tích tài chính dự án, phân tích tác động đến xã hội của vùng dự án (vấn đề di dân tái định cư, vấn đề văn hóa v.v).

– Lập kế hoạch thực hiện dự án. Thành lập tổ chức quản lý và triển khai dự án.

1.4. Thiết lập hàm mục tiêu

1.4.1. Tổng hợp các mục tiêu khai thác hệ thống

Khi lập các dự án quy hoạch thường liên quan đến những mục tiêu khai thác khác nhau và đó chính cũng là nguyên tắc lợi dụng tổng hợp tài nguyên nước. Bởi vậy, cần thiết phải tiến hành các nghiên cứu riêng rẽ theo một hoặc nhóm một số mục tiêu. Trên cơ sở đó hình thành bài toán đa mục tiêu và làm rõ những mục tiêu cụ thể và phương pháp tiếp cận với bài toán đặt ra.



Hình 1.16. **Sơ đồ mô tả quá trình lựa chọn phương án quy hoạch hoặc quản lý hệ thống**

Ví dụ, khi lập dự án xây dựng hệ thống các công trình hồ chứa trên sông Hồng cần xem xét các mục tiêu chính như sau:

– Khai thác thủy năng;

– Phòng lũ cho hạ du;

– Cấp nước cho Đồng bằng sông Hồng và phát triển giao thông thủy;

Đây là ba mục tiêu chính của dự án. Ngoài ra còn cần phải phân tích đánh giá những tác động của dự án đến môi trường từ đó đưa ra những ràng buộc của bài toán quy hoạch hệ thống.

Trong trường hợp này, để có một hướng tiếp cận hợp lý khi đặt các mục tiêu khai thác hệ thống cần tiến hành các nghiên cứu sơ bộ về phát triển thủy năng, quy hoạch phòng chống lũ Đồng bằng sông Hồng và quy hoạch cấp nước vùng đồng bằng v.v. Sau đó tổng hợp các nghiên cứu riêng rẽ trên đây để có một định hướng hợp lý cho việc định mục tiêu cho bài toán quy hoạch hệ thống.

1.4.2. Phân cấp trong phân tích hệ thống

Phân cấp hệ thống là một nguyên lý rất hiệu quả khi phân tích các hệ thống nguồn nước.

Đối với các hệ thống lớn và phức tạp, sự áp dụng các phương pháp tối ưu hoá trong thiết kế và điều khiển gặp khó khăn. Trong một số trường hợp cần áp dụng các phương

pháp nhằm đưa các bài toán phức tạp về các bài toán đơn giản có thể giải được bằng các phương pháp tối ưu hoá hiện hành. Phương pháp tương đối đặc trưng và có hiệu quả có thể kể đến là phương pháp phân cấp hệ thống.

Người ta phân chia thành các hệ thống con sao cho chúng tương đối độc lập với nhau, tức là sự trao đổi thông tin giữa các hệ thống con là ít hoặc không có, hoặc nếu có thì cũng ít ảnh hưởng đến kết quả tính toán. Hệ thống được phân chia ra thành từng cấp, theo cấu trúc giống như sự phân cấp trong quản lý hành chính, tức là cấp trung ương giao cho các cấp dưới nó (các hệ thống con) các chỉ tiêu hoạt động, và các hệ thống con phải tuân thủ sự điều hành của cấp trên thông qua các "chỉ tiêu hoạt động" do cấp trên định cho nó. Các hệ thống con ở cấp dưới lại có thể phân chia thành các cấp dưới nó nữa có cơ cấu hoạt động cũng theo nguyên tắc "đẳng cấp" này. Theo cách phân cấp trên đây, các cấp chỉ trao đổi thông tin theo phương thẳng đứng, tức là cấp dưới chỉ trao đổi thông tin với cấp trên nó. Sự trao đổi ngang cấp là không có và nếu có cũng phải chuyển qua sự kiểm soát của cấp trên.

Trên hình 1.17 mô tả hệ thống phân cấp hai mức, tức là chỉ có cấp trung ương và cấp dưới nó.

Trung tâm Po sẽ cho các cấp dưới các chỉ tiêu hoạt động là $x_1, x_2,...,x_i,...,... x_n$. Các cấp dưới thứ i nhận được chỉ tiêu xi sẽ chuyển lên cấp trên một phản hồi yi mà cấp trên quan tâm sao cho tối ưu một chiến lược nào đó của chính họ. Véctơ phản hồi có dạng sau:

$$Y = (y_1, y_2, y_3,..., y_n)$$

Khi nhận được chỉ tiêu hoạt động từ cấp trên, đến lượt các hệ thống con sẽ phải tìm ra một giải pháp tối ưu cho mình. Chẳng hạn chiến lược tối ưu của cấp dưới thứ i là làm max một hàm mục tiêu nào đó có dạng:

$$f_i(x_i, y_i, z_i) \rightarrow \max \quad i = \overline{1,n} \tag{1.19}$$

Trong đó: Z_i – véctơ thông số công tác của cấp thứ i.

$$Z_i = (z_{i1}, z_{i2},... z_{ij},... z_{imi}) \tag{1.20}$$

Như vậy với n hệ thống con sẽ có n hàm mục tiêu được tối ưu:

$$f_1(x_1,y_1,z_1), f_2(x_2,y_2,z_2),..., f_n(x_n,y_n,z_n) \tag{1.21}$$

Khi cấp trung tâm cho cấp dưới các chỉ tiêu hoạt động nó sẽ quan tâm đến phản hồi từ cấp dưới nó để làm tối ưu một hàm mục tiêu nào đó. Giả sử cấp trên chỉ cần quan tâm đến y_i, ta có hàm mục tiêu của trung tâm là:

$$F(x_{i1}, x_{i2},..., x_{in}; y_n, y_{i1}, y_{i2},..., y_{in}) \rightarrow \max \tag{1.22}$$

Nếu quyền lợi của các cấp dưới cũng là quyền lợi của cấp trung tâm thì phản hồi mà trung tâm cần quan tâm từ cấp dưới không phải là yi mà là các giá trị tối ưu của cấp dưới nó. Khi đó ta có:

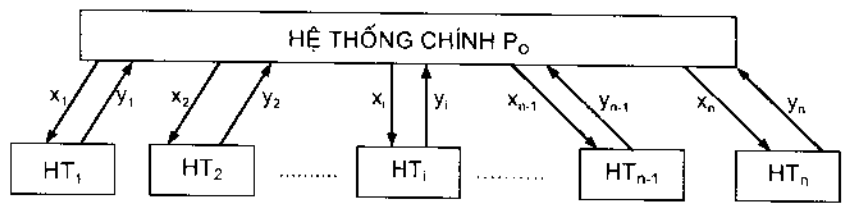
$$F\left[\bar{f}_1(x_1), \bar{f}_2(x_2),\ldots,\bar{f}_n(x_n)\right] \rightarrow \max \quad (1.23)$$

Trong đó (1.23) có thể có dạng:

$$F=\sum_{1}^{n}\bar{f}(x_i) \quad (1.24)$$

Ở đây:

$$\bar{f}_i(x_i)=\max f_i(x_i,y_i,z_i) \quad (1.25)$$



***Hình 1.17.* Hệ thống phân cấp hai mức**

Rõ ràng bằng cách phân cấp ta đã biến một bài toán tối ưu cỡ lớn về n + 1 bài toán tối ưu cỡ nhỏ có thông số ít hơn. Với cách tiếp cận này đã làm giảm đáng kể những khó khăn khi giải các bài toán tối ưu.

Trên đây là hệ phân cấp hai mức, trên thực tế tồn tại cách phân cấp đa mức.

1.5. Sự thuận lợi và những hạn chế về tiếp cận hệ thống

Hệ thống tài nguyên nước có những đặc điểm chính được trình bày dưới đây.

(1) Hệ thống tài nguyên nước là một hệ thống phức tạp, tồn tại một số lượng các tham số và các mối quan hệ giữa chúng. Hệ thống tài nguyên nước bị tác động mạnh mẽ bởi yếu tố môi trường.

(2) Hệ thống nguồn nước là hệ bất định, có nhiều yếu tố bất tố bất định bởi vậy rất khó phân tích các thuộc tính của nó trong quá trình tiếp cận.

(3) Hệ thống thủy lợi là hệ thống có cấu trúc yếu, bởi vì:

– Các mối quan hệ trong hệ thống rất khó thể hiện bằng các biểu thức toán học, thậm chí không thể hiện được.

– Khó kiểm soát được các tác động của môi trường, đặc biệt là các tác động của con người.

Phương pháp tối ưu hóa và phương pháp mô phỏng là hai công cụ được sử dụng để phân tích tính hiệu quả dự án quy hoạch. Mỗi phương pháp đều có ưu nhược điểm nhất định, chúng hỗ trợ nhau trong quá trình phân tích ra quyết định. Tuy nhiên, những đặc điểm trên của hệ thống tài nguyên nước chính là những khó khăn khi thực hiện công cụ phân tích hệ thống đối với hệ thống tài nguyên nước.

1.6. Tổng quan về hệ thống tài nguyên nước ở Việt Nam

1.6.1. Đặc điểm chung về tài nguyên nước của Việt Nam

Nước ta là một trong những nước có tài nguyên nước phong phú trên thế giới, cũng là nước có trữ lượng nước dồi dào ở khu vực Châu Á.

Việt Nam có 16 lưu vực sông có diện tích lưu vực lớn hơn 2.000 km^2, trong đó có 10 lưu vực có diện tích lớn hơn 10.000 km^2, đó là các sông: Hồng–Thái bình, Bằng Giang – Kỳ Cùng, Mã, Cả, Thu Bồn, Ba, Đồng Nai, Cửu Long, Srepok, Sê San (xem bảng 1.3). Theo thống kê ở bảng 1.3 chỉ có hai sông lớn là sông Thu bồn và sông Ba có toàn bộ diện tích tập trung nước nằm trọn vẹn trên lãnh thổ Việt Nam. Hầu hết các sông có cửa sông đổ ra bờ biển thuộc lãnh thổ Việt Nam (trừ sông Bằng Giang – Kỳ Cùng, sông Sê San và sông Srepok).

Bảng 1.3. **Thống kê diện tích lưu vực 10 sông lớn ở Việt Nam [40]**

TT	*Lưu vực sông*	*Diện tích tổng cộng (km^2)*	*Phần diện tích lưu vực ở Việt Nam*	
			Diện tích (km^2)	*Tỷ lệ %*
1	Bằng Giang – Kỳ Cùng	12.880	11.200	87
2	Sông Hồng – Thái Bình	169.000	86.660	51
3	Sông Mã	28.490	17.810	63
4	Sông Cả	27.200	17.730	65
5	Sông Thu Bồn	10.496	10.496	100
6	Sông Ba	13.900	13.900	100
7	Sông Đồng Nai	42.655	36.261	85
8	Sông Cửu Long	795.000	72.000	9
9	Sông Srêpok	–	39.000	–
10	Sông Sê San	–	18.200	–

Địa hình núi non và khí hậu nhiệt đới gió mùa tác động sâu sắc tới lượng và phân phối lượng nước trong năm. Tài nguyên nước của Việt Nam có những đặc điểm chính như sau:

1) Phân bố không đều theo không gian và thời gian. Trên lãnh thổ có những vùng nước rất phong phú: lượng mưa trung bình năm trên 2000 mm, cá biệt có nơi mưa trung bình năm trên 3800 mm. Nhưng cũng có vùng mưa rất nhỏ: lượng mưa hàng năm đạt dưới 1500mm, đặc biệt chỉ đạt xấp xỉ 800mm (vùng Phan Rang). Lượng dòng chảy hàng năm chủ yếu tập trung vào khoảng 3 tháng mùa lũ, chiếm 80% tổng lượng dòng chảy hàng năm, mùa kiệt kéo dài gây khó khăn cho cấp nước.

2) Nước ta có tổng diện tích là 331.000 km^2 thì có đến 75% diện tích là đồi núi và tập trung chủ yếu ở miền Bắc, Tây Nguyên và khu vực miền Trung; còn lại là đồng bằng phù sa và châu thổ, chủ yếu là các đồng bằng sông Hồng và sông Cửu Long.

3) Địa hình miềm núi tạo ra tiềm năng đáng kể về thuỷ điện và dữ trữ nước. Tuy nhiên cũng là nguyên nhân gây lũ, lũ quét và xói mòn đất.

4) Lũ, úng là hiện tượng xảy ra thường xuyên gây thiệt hại lớn cho nền kinh tế quốc dân.

5) Vùng đồng bằng ven biển, hiện tượng nhiễm mặn cũng gây khó khăn cho sản xuất nông nghiệp và cấp nước cho nông thôn.

1.6.1.1. Tài nguyên nước mặt

1. Đặc điểm nguồn nước

Việt Nam là một trong những nước có hệ thống sông ngòi chăng chịt là một trạng thái thuận lợi để cung cấp tài nguyên nước mặt. Tổng lượng nước bình quân hàng năm chảy trên các sông suối Việt Nam (kể cả từ ngoài lãnh thổ chảy vào) là 879 tỷ m^3, trong đó 75% lượng nước này thuộc lưu vực sông Hồng và sông Mê Công. So với các nước láng giềng, lượng nước có để dùng trên đầu người (bằng lượng nước chảy hàng năm của một nước chia cho dân số) ở nước ta thuộc loại cao trong khu vực.

Việt Nam hầu như nằm ở cuối hạ lưu các sông lớn: sông Hồng, sông Mê Công, sông Mã, sông Cả, sông Đồng nai. Sông Mê Công có 90% diện tích lưu vực nằm ở nước ngoài và cũng 90% lượng nước sông Mê Công chảy vào Việt Nam từ nước ngoài; Sông Hồng có gần 50% diện tích lưu vực nằm ở nước ngoài và 30% lượng nước hàng năm bắt nguồn từ Trung Quốc. Do đó, khả năng có nước, đặc biệt là mùa khô, khi các nước thượng nguồn gia tăng sử dụng tài nguyên nước là điều nằm ngoài tầm kiểm soát của Việt Nam.

Việt Nam là một trong những nước nằm trong vùng nhiệt đới chịu tác động mạnh mẽ của bão và các hình thế thời tiết gây mưa lớn. Vì vậy, tình trạng lũ lụt là mối đe doạ thường xuyên đối với các vùng dân cư nằm ở hạ lưu các sông lớn. Đồng bằng Bắc Bộ và đồng bằng sông Cửu Long là hai vùng đông dân nhất Việt Nam nằm ở vùng cửa sông của hai sông lớn là sông Hồng và sông Mê Công. Hàng năm, lũ của hai sông luôn đe doạ cuộc sống của hàng triệu người vùng châu thổ hai sông này. Lũ quét cũng là mối hiểm hoạ đối với các vùng dân cư thuộc các tỉnh miền núi.

Lũ lụt ở Việt Nam có những đặc điểm chính như sau:

1. Việt Nam là một trong những nước nằm trong vùng nhiệt đới chịu tác động mạnh mẽ của bão và các hình thế thời tiết gây mưa lớn.

2. Hầu hết các sông lớn đều có cửa sông nằm trong lãnh thổ Việt Nam. Thuỷ triều và sự diễn biến phức tạp ở vùng cửa sông làm tăng tính nghiêm trọng của lũ lụt.

3. Đa số các sông suối có độ dốc lớn, lũ tập trung nhanh gây khó khăn cho công tác phòng tránh lũ.

4. Hầu hết khu vực dân cư đều nằm ở vùng trũng thường xuyên bị úng lụt và bị lũ đe doạ.

5. Lũ quét thường xuyên xảy ra gây thảm hoạ cho các khu dân cư thuộc trung du và miền núi

Do đặc điểm địa hình, đặc điểm sông ngòi và sự hình thành lũ của các vùng khác nhau nên công tác quy hoạch phòng chống lũ của các vùng cũng có những đặc thù khác nhau.

Lũ lụt hàng năm xảy ra là hiểm hoạ đối với các vùng Đồng bằng sông Hồng, sông Cửu Long và hạ du các sông suối miền Trung. Có đến 70% số dân nằm trong vùng thường xuyên bị đe doạ bởi lũ lụt. Bởi vậy, phòng chống lũ là một trong những vấn đề được nhà nước quan tâm đặc biệt.

Do đặc điểm khí hậu nên sự phân bố dòng chảy trong năm rất không đều. Tổng lượng dòng chảy trong 3 đến 5 tháng mùa lũ chiếm khoảng từ 70% đến 80% lượng dòng chảy trong năm. Trong khi đó trong suốt 7 đến 9 tháng mùa kiệt tỷ lệ này chỉ vào khoảng 20% đến 30%. Đặc điểm này rất bất lợi

Tình trạng ô nhiễm nước mặt trong những năm gần đây gia tăng theo nhịp điệu phát triển công nghiệp. Tình trạng ô nhiễm tài nguyên nước mặt rõ ràng nhất ở các khu đô thị như Hà Nội, Thành phố Hồ Chí Minh. Tốc độ phát triển kinh tế cao là nguy cơ làm xấu đi chất lượng tài nguyên nước trên các sông suối.

Hiện tượng xâm nhập mặn vùng ven biển là vấn đề chính cần phải giải quyết đối với vùng đồng bằng ven biển, đặc biệt là đồng bằng sông Cửu Long.

2. Quá trình phát triển hệ thống tài nguyên nước

Việc lập các quy hoạch tài nguyên nước ở nước ta đã bắt đầu từ những năm 60 của thế kỷ trước. Những quy hoạch có quy mô lớn khai thác tài nguyên nước sông Hồng, các quy hoạch phòng lũ, tiêu úng và cấp nước đã được thực hiện với một số lượng lớn. Những dự án quy hoạch được thực hiện từ năm 1960 đến nay đã làm thay đổi căn bản hệ thống tài nguyên nước ở nước ta và mang lại hiệu quả cao cho phát triển nông nghiệp, thủy năng và phòng lũ. Nhà nước đã chú ý đầu tư cho phát triển thủy lợi với quy mô lớn, tạo ra một hệ thống công trình thủy lợi đa dạng và rộng khắp trên toàn lãnh thổ. Có thể tóm tắt các biện pháp thủy lợi chủ yếu như sau:

(1) Nâng cấp, tu bổ và phát triển hệ thống đê điều đã có, nhằm nâng cao hiệu quả chống lũ cho vùng đồng bằng châu thổ Bắc Bộ và các tỉnh thuộc khu vực miền Trung.

(2) Xây dựng các hồ chứa, trong đó có cả các hồ chứa lớn, các hồ chứa vừa và nhỏ. Các hồ chứa lớn thường có nhiệm vụ điều tiết nước phát điện kết hợp phòng lũ và cấp nước. Các hồ chứa nhỏ thường chỉ có nhiệm vụ cấp nước cho nông nghiệp. Khai thác thủy năng từ các hồ chứa chiếm tỷ trọng lớn trong hệ thống năng lượng Việt Nam (xem bảng 1.4). Theo thống kê của Cục Thủy lợi Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn năm 1998, ở nước ta hiện nay có hơn 60 hồ chứa có dung tích trên 10 triệu m^3. Tổng dung tích chứa trong các hồ phục vụ tưới là 5,2 tỷ m^3. Ngoài ra còn có các hệ thống thủy nông lấy nước trực tiếp từ những sông lớn như hệ thống Bắc Hưng Hải, Sông Chu, Cầu Sơn v.v.

(3) Xây dựng các trạm bơm tưới, tiêu hoặc tưới – tiêu kết hợp, các cống lấy nước tưới tiêu ở vùng đồng bằng. Đồng thời xây dựng các hệ thống cống ngăn mặn ở vùng cửa sông.

(4) Phát triển thuỷ năng hiện đang chiếm tỷ trọng lớn trong hệ thống năng lượng của Việt Nam, tính đến năm 2005 tổng công suất lắp máy của các nhà máy điện ở Việt Nam là 11.286 MW trong đó thuỷ điện là 4.198 MW, chiếm 36,5%, nhiệt điện chiếm 40%, tỷ trọng này còn giữ trong nhiều năm nữa. Theo quy hoạch đến năm 2020 tổng công suất lắp máy của tất cả các nguồn điện cần đạt 62.465 MW, gấp gần 6 lần công suất lắp máy năm 2005, mới có thể đáp ứng yêu cầu về điện của nước ta. Theo đánh giá của ngành điện tiềm năng kinh tế – kỹ thuật của thuỷ điện vào khoảng 18.000 ~ 20.000 MW, gấp khoảng 5 lần công suất lắp máy đã khai thác đến năm 2005.

Với mức độ khai thác tài nguyên nước như hiện nay đã có dấu hiệu về sự suy thoái tài nguyên nước trên các lưu vực sông ở nước ta. Bởi vậy, vấn đề quy hoạch sử dụng hợp lý tài nguyên nước đã đến lúc phải xem xét một cách nghiêm túc.

Quy hoạch khai thác tài nguyên nước cần được xem xét theo quan điểm hệ thống với sự tiếp cận với những phương pháp hiện đại khi lập các quy hoạch phát triển tài nguyên nước.

1.6.1.2. Tài nguyên nước ngầm

Trữ lượng nước ngầm ở Việt Nam khá phong phú. Tuy nhiên, do có lượng nước mặt khá phong phú nên nước ngầm chưa được khai thác nhiều. Lượng nước ngầm được khai thác chiếm tỷ lệ vào khoảng 2% trữ lượng nước ngầm và chiếm khoảng 14% tổng lượng nước ngầm có thể khai thác được. Việc khai thác nước ngầm chủ yếu tại các thành phố lớn như Hà Nội và Thành phố Hồ Chí Minh. Tại đây, nước ngầm được khai thác cung cấp 30% nhu cầu nước ở thành phố.

Nói chung, chất lượng nước ngầm rất tốt. Tuy nhiên, do ô nhiễm tài nguyên nước mặt và tình trạng khai thác không hợp lý có thể làm xấu đi chất lượng tài nguyên nước ngầm trong tương lai.

Bảng 1.4. **Các công trình đã xây dựng đến năm 2005**
(N_{LM} là công suất lắp máy, đơn vị tính MW)

Công trình	*Lưu vực*	N_{LM}	*Công trình*	*Lưu vực*	N_{LM}
1. Hoà Bình	S. Đà	1920	6. Đa Nhim	S. Đồng Nai	160
2. Thác Bà	S. Chảy	108	7. Trị An	S. Đồng Nai	400
3. Vĩnh Sơn 1	S. Côn	66	8. Yaly	S. Srêpôk	720
4. Thác Mơ	S. Bé	150	9. Hàm Thuận – Đa Mi	S. Đồng Nai	475
5. Sông Hinh	S. Ba	70	10. Tuyên Quang (Na Hang)	S. Gâm	342

Bảng 1.5. **Các công trình thuỷ điện chính đang xây dựng hoặc đã có kế hoạch phát triển**
(N_{LM} là công suất lắp máy, đơn vị tính MW)

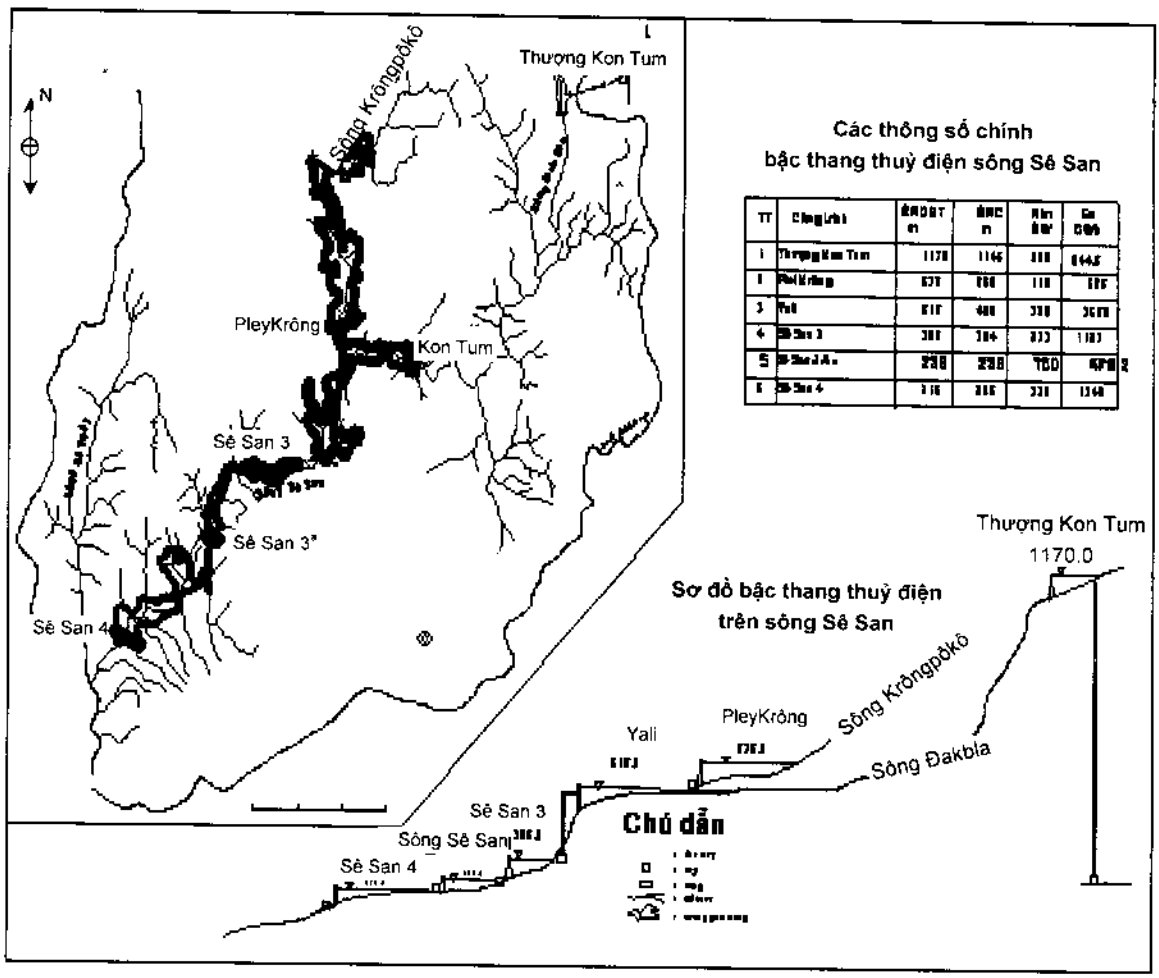
Công trình	*Lưu vực*	N_{LM}	*Dự kiến đưa vào vận hành*
1. Đại Ninh		300	Đang xây dựng, đưa vào vận hành năm 2008
2. Sê San 3	S. Sê San	273	Đang xây dựng, đưa vào vận hành năm 2006
3. Sê San 3[a]	S. Sê San	100	Đang xây dựng, đưa vào vận hành năm 2006
4. Cửa Đạt	S. Chu	97	Đang xây dựng, đưa vào vận hành năm 2009
5. Khe Bố	S. Cả	96	Đang xây dựng, đưa vào vận hành năm 2008
6. Bản Vẽ	S. Cả	320	Đang xây dựng, đưa vào vận hành năm 2008
7. Sông Ba Hạ	S. Ba	220	Đang xây dựng, đưa vào vận hành năm 2008
8. Buôn Kuôp – Chư PôngKrông	S. Srêpôk	280	Đang xây dựng, đưa vào vận hành năm 2008
9. Sơn La (Pa vinh)	S. Đà	2400	Đang xây dựng, đưa vào vận hành năm 2012
10. Bản Chát	Nậm Mu (S. Đà)	200	Dự kiến đưa vào vận hành năm 2011 – 2012
11. Huổi Quảng	Nậm Mu (S. Đà)	560	Dự kiến đưa vào vận hành năm 2011 – 2012
12. Rào Quán	S. Rào Quán	64	
13. A Vương 1	A Vương (Vu Gia – Thu Bồn)	210	Đang xây dựng, đưa vào vận hành năm 2008
14. Kanak – A khê	S. Ba	173	Dự kiến đưa vào vận hành năm 2010
15. PleyKrông	S. Sê San	100	Đang xây dựng, đưa vào vận hành năm 2008
16. Sê San 4	S. Sê San	330	Dự kiến đưa vào vận hành năm 2010
17. Đak Drinh	S. Trà Khúc	100	Dự kiến đưa vào vận hành năm 2010
18. Srêpôk 3	S. Srêpôk	195	Dự kiến đưa vào vận hành năm 2009

1.6.2. Những nét chính về phát triển tài nguyên nước trong tương lai

1.6.2.1. Nhu cầu cấp nước

Hiện nay, nước được sử dụng chủ yếu cho phát triển nông nghiệp.Trong tương lai khi công nghiệp phát triển mạnh thì nhu cầu cấp nước nước cho công nghiệp sẽ chiếm tỷ trọng lớn. Thêm vào đó tình trạng ô nhiễm tài nguyên nước do sử dụng nước sẽ có thể rất nghiêm trọng nếu không có biện pháp quản lý hiệu quả.

Nước sử dụng cho nông thôn hiện nay có chất lượng thấp cả về lượng và chất lượng. Vì vậy, nước sạch cho nông thôn cũng cần đề cập đến trong các quy hoạch trong tương lai. Vùng nông thôn đồng bằng sông Cửu Long và các vùng núi cao là những đối tượng cần được xem xét ưu tiên trong chiến lược phát triển tài nguyên nước sạch cho nông thôn.



Hình 1.18. **Hệ thống hồ chứa phát điện trên sông Sê San**

1.6.2.2. Phát triển năng lượng

Hiện nay, các nhà máy thủy điện Hoà Bình, Thác Bà, Đa Nhim, Trị An, Yaly, Thác Mơ... đã được xây dựng. Các hồ chứa phát điện ở Tuyên Quang, Sơn La, Sê San (hình 1.18), Khe Bố, Bản Vẽ... đang được xây dựng và một loạt các nhà máy thủy điện khác sẽ được xây dựng trong vòng 15 năm tới. Hiện trạng quy hoạch phát triển thủy điện (năm 2007) được thống kê trong bảng 1.5.

1.6.2.3. Phòng chống lũ lụt

Nước ta nằm trong vùng nhiệt đới gió mùa, thường xuyên có bão xảy ra. Địa hình đồi núi lại rất phức tạp nên lũ lụt xảy ra thường xuyên và gây thiệt hại lớn. Bởi vậy, các biện pháp phòng chống lũ lụt được nhà nước rất quan tâm.

Vùng đồng bằng Bắc Bộ đã hình thành hệ thống đê điều rất đồ sộ. Tuy nhiên, lũ lụt vẫn là hiểm hoạ đối với vùng đồng bằng đông dân này. Hiện này, các hồ chứa Hoà Bình, Thác Bà đã góp phần giảm thiệt hại do lũ gây ra. Tuy nhiên, hiện mới có khả năng khống chế trận lũ 125 năm xuất hiện một lần. Trong chiến lược phòng chống lũ lụt sông Hồng –

Thái Bình, các biện pháp hồ chứa, trong đó có các hồ chứa Sơn La, Lai Châu, Tuyên Quang sẽ tiếp tục được xây dựng và đảm nhiệm chống lũ với trận lũ 500 năm xuất hiện một lần. Các biện pháp nạo vét chỉnh trị lòng sông cũng được đề cập trong chiến lược phòng lũ hạ du.

Đối với vùng đồng bằng sông Cửu Long, những biện pháp giảm thiểu thiệt hại do lũ gây ra đã được nghiên cứu và áp dụng trong những năm gần đây, đó là biện pháp chuyển nước sang biển Tây. Quy hoạch hệ thống đê bao cũng được nghiên cứu. Tuy nhiên, chiến lược chung đối với vùng này là chung sống với lũ và khai thác các nguồn lợi từ lũ.

Đối với các lưu vực sông miền Trung, lũ thường có cường độ lớn và xảy ra rất ác liệt. Các biện pháp hồ chứa đã được áp dụng để giảm thiểu thiệt hại. Tuy nhiên, về lâu dài thì những biện pháp này cũng không cho hiệu quả cao vì khả năng xây dựng các hồ chứa lớn là rất ít.

1.6.3. Những thách thức trong lĩnh vực quản lý tài nguyên nước

Việt Nam hiện nay về căn bản vẫn là nước chưa phát triển, tuy nhiên, tăng trưởng kinh tế trong những năm gần đây cho thấy mục tiêu đến năm 2020 trở thành nước công nghiệp là có cơ sở. Cùng với sự phát triển mạnh về kinh tế và sức ép về tăng dân số thì mức độ sử dụng nước ngày càng nhiều hơn. Tình trạng khan hiếm nước đã bắt đầu xuất hiện và tình trạng suy thoái nguồn nước chỉ là tương lai gần. Mức độ ô nhiễm nguồn nước ngày càng tăng không chỉ ở khu vực thành thị mà cả ở vùng nông thôn.

Có thể tóm tắt những thách thức trong lĩnh vực quản lý khai thác tài nguyên nước như sau.

1. Do những tác động xấu gây ra bởi các hoạt động kinh tế của con người dẫn đến sự thay đổi khí hậu toàn cầu, những hiện tượng bất thường về thời tiết cùng với sự suy thoái của yếu tố mặt đệm nên tình trạng hạn hán, lũ lụt ngày càng khốc liệt hơn đặc biệt là các tỉnh miền núi và khu vực miền trung Việt Nam.

2. Tình trạng suy thoái tài nguyên nước là không thể tránh khỏi do sự gia tăng của những tác động xấu đến tài nguyên nước. Tình hình ô nhiễm nguồn nước có nguy cơ ngày càng cao ảnh hưởng xấu đến môi trường sinh thái.

3. Mâu thuẫn giữa các ngành dùng nước ngày càng ngày càng cao, đặc biệt là ở vùng đồng bằng Bắc Bộ và đồng bằng sông Cửu Long.

4. Tình trạng sử dụng và khai thác không hợp lý tài nguyên nước có thể gia tăng nếu không có sự kiểm soát tốt của Nhà nước trong lĩnh vực này.

Những tồn tại trong công tác lập quy hoạch tài nguyên nước và công tác quản lý tài nguyên nước hiện nay cần được khắc phục, đó là:

– Đa số các quy hoạch mới ở mức độ thiết lập bài toán thiết kế hệ thống. Vấn đề chiến lược đầu tư chưa được đề cập một cách đầy đủ.

– Các phương pháp phân tích hệ thống đã được ứng dụng, tuy nhiên còn bị hạn chế.

– Quản lý tài nguyên nước đã được đề cập đến trong công tác quy hoạch phát triển tài nguyên nước. Tuy nhiên, hiện chưa có các mô hình hiệu quả được sử dụng trong công tác quản lý. Hệ thống chính sách trong quản lý tài nguyên nước chậm đưa vào thực tế sản xuất.

– Những quy hoạch chiến lược cho những vùng quan trọng như đồng bằng sông Cửu Long, Tây Nguyên, Đồng bằng Bắc Bộ và các quy hoạch phòng chống lũ vẫn còn là những vấn đề tiếp tục nghiên cứu và hoàn chỉnh.

Trong tương lai Việt Nam phải tăng cường hơn nữa công tác quản lý tài nguyên nước đặc biệt là quản lý lưu vực sông. Những quy hoạch lớn thuộc Đồng bằng sông Hồng, đồng bằng sông Cửu Long, vùng ven biển miền Trung và Tây Nguyên vẫn cần tiếp tục được nghiên cứu.

Chương II
QUY HOẠCH TÀI NGUYÊN NƯỚC

2.1. Quy hoạch tổng hợp tài nguyên nước

2.1.1. Nguyên lý chung

Quy hoạch tài nguyên nước là sự hoạch định chiến lược sử dụng nước một cách hợp lý của một quốc gia, trên một vùng lãnh thổ hoặc một lưu vực sông, bao gồm chiến lược đầu tư phát triển tài nguyên nước và phương thức quản lý tài nguyên nước nhằm đáp ứng các yêu cầu về nước và đảm bảo sự phát triển bền vững. Quy hoạch và quản lý tài nguyên nước là lĩnh vực khoa học khá phức tạp. Trong thời đại hiện nay, việc khai thác tài nguyên nước không những phải đảm bảo sự đầu tư có hiệu quả mà còn phải đảm bảo sự phát triển bền vững. tài nguyên nước trên hành tinh càng ngày càng cạn kiệt so với sự phát triển dân số và mức độ yêu cầu ngày càng cao của các ngành dùng nước cả về số lượng và chất lượng. Chính vì vậy trong các quy hoạch khai thác tài nguyên nước thường tồn tại các mâu thuẫn: mâu thuẫn giữa các ngành dùng nước, mẫu thuẫn giữa khai thác và bảo vệ môi trường, mâu thuẫn giữa sử dụng nước với sự đảm bảo phát triển bền vững. Nếu trước đây, theo quan điểm truyền thống, khai thác tài nguyên nước phải đảm bảo tối ưu về mặt đầu tư, thì ngày này vấn đề phân tích kinh tế chỉ là một loại tiêu chuẩn đánh giá dự án quy hoạch. Khi phải đảm bảo sự phát triển bền vững trong quá trình phát triển tài nguyên nước thì vấn đề đặt ra không phải chỉ là tìm phương án đầu tư tối ưu mà cần phải tìm phương án hợp lý nhất, là phương án có hiệu quả kinh tế cao và thoả mãn các yêu cầu phát triển bền vững.

Nhiệm vụ của các quy hoạch và quản lý tài nguyên nước là sự thiết lập một cân bằng hợp lý với hệ thống các tiêu chuẩn đã được quy định bởi các mục đích khai thác tài nguyên nước. Một quy hoạch hệ thống tài nguyên nước được gọi là hợp lý nếu thoả mãn yêu cầu khai thác tài nguyên nước của "hệ thống chỉ tiêu đánh giá" đã được đề cập ở Chương I.

Lợi dụng tổng hợp là nguyên tắc cao nhất của việc hoạch định các phương án quy hoạch khai thác tài nguyên nước. Nhưng cũng vì vậy, có thể tồn tại những mâu thuẫn giữa những ngành dùng nước, hoặc là mâu thuẫn giữa khai thác và bảo vệ môi trường.

2.1.2. Các vấn đề đặt ra trong quy hoạch tổng hợp tài nguyên nước

2.1.2.1. Nhu cầu nước dùng và nhu cầu nước sinh thái

Khai thác nguồn nước có thể theo những mục đích khác nhau: cấp nước tưới, cấp nước cho công nghiệp, cấp nước cho sinh hoạt, phát điện, giao thông thủy, du lịch, cải

tạo môi trường, phòng chống lũ lụt, tiêu úng, lấn biển v.v., có thể gọi chung là *các yêu cầu về nước*. Yêu cầu về nước rất đa dạng và có thể chia thành các nhóm như sau.

1. Yêu cầu cấp nước

Bao gồm các dạng sau

– Cấp nước tưới;

– Cấp nước sinh hoạt;

– Cấp nước phục vụ công nghiệp.

Các hộ dùng nước loại này tiêu hao một lượng nước khá lớn và hầu như không hoàn lại hoặc hoàn lại rất ít cho hệ thống tài nguyên nước nên thường gọi là các hộ tiêu hao nước.

2. Yêu cầu sử dụng nước

Bao gồm các dạng sau:

– Khai thác thuỷ năng;

– Giao thông thuỷ;

– Phát triển du lịch;

– Nuôi trồng thuỷ sản.

Các hộ dùng nước loại này không tiêu hao hoặc tiêu hao rất ít lượng nước mà nó được sử dụng nên thường gọi là các hộ sử dụng nước.

3. Yêu cầu về cải tạo và bảo vệ môi trường

Bao gồm các dạng sau:

– Phòng chống lũ lụt và tiêu thoát nước;

– Xử lý nước thải và chống ô nhiễm nguồn nước;

– Cải tạo môi trường sinh thái;

– Chỉnh trị sông và bảo vệ bờ.

4. Nhu cầu nước sinh thái

Theo quan điểm phát triển bền vững, khai thác nguồn nước phải đảm bảo không làm cạn kiệt, suy thoái nguồn nước và đảm bảo cân bằng sinh thái. Những biện pháp khai thác nguồn nước nhằm mục đích phát triển kinh tế xã hội và phục vụ đời sống của con người có thể làm thay đổi đáng kể nguồn nước cả về lượng, chất lượng và động thái của nó dẫn đến sự thay đổi cân bằng nước trên lưu vực sông. Sự thay đổi cân bằng nước tự nhiên có thể có lợi hoặc có hại cho môi trường sinh thái. Bởi vậy, phát triển nguồn nước phải hướng tới sự thay đổi có lợi về cân bằng sinh thái của lưu vực sông. Nhu cầu nước sinh thái được coi là một trong những tiêu chí đánh giá các dự án phát triển nguồn nước.

Nhu cầu nước sinh thái được xác định trên cơ sở phân tích theo các mục đích sau:

– Đảm bảo cân bằng sinh thái tự nhiên khi thực hiện các dự án quy hoạch phát triển tài nguyên nước.

– Tái tạo một phần sinh thái do tác động xấu của việc sử dụng nước của con người.

– Cải tạo hoặc tạo ra một môi trường sinh thái mới có lợi cho con người.

Việc xác định yêu cầu nước sinh thái thường rất khó khăn và phụ thuộc vào điều kiện cụ thể của bài toán quy hoạch mà đặt ra các mục tiêu đặt ra trên đây.

Hiện nay, trên thế giới người ta nói nhiều đến khái niệm "ngưỡng khai thác". Ở Việt Nam, vấn đề ngưỡng khai thác cũng đã được đề cập đến trong những năm gần đây, tuy nhiên chưa có một chuẩn mực cho những quy định về ngưỡng khai thác. Đối với lưu vực sông có mức độ khai thác lớn ở thượng lưu cần quy định lưu lượng tối thiểu cần xả xuống hạ du trong thời kỳ mùa kiệt. Hiện nay, ở nước ta thường chọn lưu lượng này tương ứng với một tần suất quy định nào đó trong thời kỳ kiệt, tần suất này hiện nay thường lấy bằng 90%. Rõ ràng cách xác định này chưa hoàn toàn phù hợp với mục đích xác định nhu cầu nước sinh thái đã đề cập trên đây.

Theo quan điểm hiện đại, mục đích khai thác tài nguyên nước không chỉ vì mục tiêu tăng trưởng kinh tế mà cần hướng tới sự đảm bảo chất lượng môi trường sống đối với con người. Bởi vậy, nhu cầu nước cho sinh thái được ưu tiên hàng đầu trong các quy hoạch và quản lý nguồn nước.

2.1.2.2. Yêu cầu phát triển bền vững tài nguyên nước

1. Khái niệm về phát triển bền vững

Phát triển bền vững là một khái niệm mới về sự phát triển xuất hiện trong vài thập kỷ gần đây khi mà mâu thuẫn giữa môi trường và phát triển đã trở thành sâu sắc ở nhiều nước trên thế giới.

Phát triển là quy luật lịch sử tất yếu của xã hội loài người. Thế kỷ 20 là thế kỷ phát triển vũ bão của khoa học kỹ thuật và kinh tế, cũng là thế kỷ bùng nổ dân số trên toàn cầu. Tốc độ phát triển kinh tế và sự bùng nổ về dân số khiến cho nhiều tài nguyên thiên nhiên bị sử dụng quá mức đang tiến tới nguy cơ bị cạn kiệt, ô nhiễm môi trường gia tăng, đe doạ sự phát triển lâu bền của nhân loại. Từ đó, vấn đề đang được quan tâm là phát triển như thế nào để con người của thế hệ hôm nay cũng như trong tương lai có được cuộc sống hạnh phúc cả về vật chất và tinh thần, đó chính là Phát triển bền vững. Nói một cách khác, Phát triển bền vững là sự phát triển nhằm đáp ứng nhu cầu của thế hệ hôm nay mà không làm tổn hại đến khả năng đáp ứng nhu cầu của các thế hệ tương lai.

Khái niệm về phát triển bền vững đã bắt đầu được đề cập đến từ những năm 70 của thế kỷ 20 và đã được Hội đồng Thế giới về Môi trường và Phát triển (WCED) trình bày như là một định nghĩa trong cuốn *Tương lai của chúng ta*: "Sự phát triển nhằm đáp ứng nhu cầu của thế hệ ngày nay mà không làm tổn hại đến khả năng đáp ứng nhu cầu của các thế hệ tương lai".

Những yếu tố đảm bảo cho sự phát triển bền vững bao gồm:

– Bền vững về mặt môi trường

– Bền vững về kinh tế tài chính

– Bền vững về xã hội

– Bền vững về thể chế chính sách

– Bền vững về năng lực và trí tuệ

Sự phát triển bền vững về kinh tế – xã hội được đánh giá bằng 4 chỉ tiêu chính, đó là:

(1) Về kinh tế, trong xã hội bền vững, việc đầu tư phát triển phải đem lại lợi nhuận và tăng tổng sản phẩm quốc gia.

(2) Về tài nguyên thiên nhiên, là loại tài nguyên không thể hoặc khó tái tạo, vì vậy cần phải sử dụng trong phạm vi khôi phục được về số lượng và chất lượng hoặc sử dụng một cách tiết kiệm và bổ sung thường xuyên bằng con đường tự nhiên hoặc nhân tạo.

(3) Về chất lượng môi trường, môi trường không khí, nước, đất và cảnh quan liên quan đến sức khoẻ, tiện nghi, yêu cầu thẩm mỹ, tâm lý của con người nhìn chung không bị các hoạt động của con người làm ô nhiễm. Các nguồn phế thải phải được xử lý, tái chế kịp thời.

(4) Về văn hoá – xã hội, xã hội bền vững phải là xã hội trong đó phát triển kinh tế phải đi đôi với công bằng xã hội, giáo dục, đào tạo, y tế; phúc lợi xã hội phải được chăm lo, các giá trị văn hoá và đạo đức của dân tộc và cộng đồng phải được bảo vệ và phát huy.

Một trong 4 điều kiện trên bị vi phạm thì sự phát triển của xã hội sẽ có nguy cơ mất bền vững.

Tháng 6 năm 1992 hội nghị thượng đỉnh về môi trường và phát triển lần đầu tiên được tổ chức tại Rio de Janeiro (Brasin). Hội nghị đã nhất trí lấy phát triển bền vững làm mục tiêu của toàn nhân loại để tiến vào thế kỷ 21. Hội nghị đã có thoả thuận về bốn văn kiện quan trọng: Tuyên ngôn các Nguyên tắc, Tuyên bố Rio de Janeiro và Chương trình Hành động, Lịch trình thế kỷ 21, Công ước khung về Biến đổi khí hậu và Đa dạng sinh học".

2. Phát triển bền vững tài nguyên nước

Phát triển nguồn nước là bài toán hoạch định chiến lược đầu tư phát triển, bao gồm cả vấn đề đầu tư phát triển hệ thống công trình và vấn đề sử dụng nguồn nước một cách hợp lý, nhằm đảm bảo sự phát triển bền vững trong tương lai.

Luật Tài nguyên Nước của Việt Nam đã xác định chiến lược phát triển nguồn nước như sau: "Phát triển tài nguyên nước là biện pháp nhằm nâng cao khả năng khai thác, sử dụng bền vững tài nguyên nước và nâng cao giá trị của tài nguyên nước" (Luật Tài nguyên Nước – trang 5, mục 3, điều 7).

Một trong những điều kiện đảm bảo sự phát triển bền vững là sự sử dụng hợp lý và tiết kiệm nguồn tài nguyên thiên nhiên. Nước cũng là một loại tài nguyên quý giá đang có nguy cơ bị cạn kiệt và suy thoái do sự khai thác không hợp lý và tác động xấu của các

hoạt động kinh tế của con người. Bởi vậy, phát triển bền vững tài nguyên nước là vấn đề được đặt ra một cách cấp bách đối với tất cả các quốc gia trên thế giới.

Phát triển bền vững nguồn nước là sự phát triển nhằm đáp ứng nhu cầu về nước của thế hệ ngày nay mà không làm tổn hại đến khả năng đáp ứng nhu cầu nước của các thế hệ tương lai.

Phát triển bền vững tài nguyên nước được coi là một nguyên tắc trong khai thác sử dụng cũng như quản lý nguồn nước. Để đảm bảo phát triển bền vững tài nguyên nước, khi lập các quy hoạch phát triển nguồn nước và quản lý tài nguyên nước phải tuân thủ những nguyên tắc sau đây:

(1) Nguồn nước phải được khai thác sử dụng một cách hợp lý, vừa phải đảm bảo tối đa các yêu cầu về nước đồng thời không được vượt qúa một giới hạn nào đó được gọi là ngưỡng khai thác để nguồn nước có đủ khả năng hồi phục hay tái tạo theo chu trình thuỷ văn vốn có trong tự nhiên.

(2) Nguồn nước phải được bảo vệ, đảm bảo không bị cạn kiệt và chất lượng nước không bị suy thoái. Cần có biện pháp kiểm soát và hạn chế ô nhiễm nước, không thể để cho tình trạng ô nhiễm nước trở thành trầm trọng làm giảm lượng nước sạch của con người.

(3) Cần có những biện pháp công trình hoặc phi công trình để phục hồi và tái tạo nguồn nước. Biện pháp bảo vệ rừng và tái tạo rừng là một trong những biện pháp tích cực để bảo vệ nguồn nước.

(4) Mỗi quốc gia cần thiết lập khung thể chế quản lý nguồn nước một cách hiệu quả nhất. Các chương trình về nước cấp quốc gia cần được thực hiện ở mỗi quốc gia.

(5) Quản lý nguồn nước phải đảm bảo tính cộng đồng và tính công bằng. Phải có sự tham gia của cộng đồng và các thành phần có liên quan đến sử dụng nước.

2.1.2.3. Những nội dung cơ bản của quy hoạch và quản lý tài nguyên nước

Quy hoạch và quản lý tài nguyên nước gồm ba nội dung chính, đó là quy hoạch, phát triển, và quản lý hệ thống tài nguyên nước.

1. Quy hoạch hệ thống tài nguyên nước

Quy hoạch tài nguyên nước là sự thiết lập cấu trúc của hệ thống tài nguyên nước bao gồm hệ thống công trình và hệ thống các yêu cầu về nước. Trong lĩnh vực tài nguyên nước công việc này được gọi là quy hoạch hệ thống.

Khi lập các quy hoạch hệ thống, từ yêu cầu khai thác tài nguyên nước người làm quy hoạch phải xác định những loại công trình nào sẽ được xây dựng? Quy mô xây dựng ra sao? Yêu cầu cấp nước nào cần được xem xét và khả năng đáp ứng đến đâu? Cấu trúc nào của hệ thống được coi là khả thi và tối ưu nhất.

Nhiệm vụ của quy hoạch hệ thống là xác định cấu trúc hợp lý về các giải pháp công trình và phương thức sử dụng nước khi lập các quy hoạch khai thác tài nguyên nước. Chẳng hạn ta cần lập quy hoạch đối với một hệ thống tiêu úng. Về biện pháp công trình

cần thiết xem xét công trình đầu mối nào sẽ được xây dựng (cống tiêu hoặc công trình tiêu động lực), vị trí xây dựng và quy mô các loại công trình đó, xác định cấu trúc của hệ thống các trục kênh tiêu, sự phân vùng các khu tiêu. Về yêu cầu tiêu cần xem xét mức độ tiêu cho từng vùng tiêu trong hệ thống như thế nào là hợp lý.

Nói tóm lại, quy hoạch hệ thống tài nguyên nước là xác định một cấu trúc hợp lý về biện pháp công trình và phương thức khai thác sử dụng nước. Bởi vậy, quy hoạch hệ thống còn có tên gọi là "thiết kế hệ thống". Cần phân biệt cụm từ "thiết kế hệ thống" và "thiết kế công trình": "thiết kế hệ thống" là xác định cấu trúc của hệ thống trong khi lập quy hoạch tài nguyên nước còn "thiết kế công trình" là công tác thiết kế đối với một công trình cụ thể nào đó trong hệ thống.

2. Phát triển hệ thống tài nguyên nước

Phát triển tài nguyên nước là bài toán hoạch định chiến lược đầu tư phát triển bao gồm cả vấn đề đầu tư hệ thống công trình và vấn đề sử dụng tài nguyên nước một cách hợp lý nhằm đảm bảo sự phát triển bền vững trong tương lai.

Lập quy hoạch phát triển tài nguyên nước bao gồm những nội dung như sau:

– Dự báo yêu cầu về nước trong tương lai, bao gồm yêu cầu sử dụng nước, phòng chống lũ và bảo vệ môi trường.

– Đánh giá cân bằng nước trong tương lai, bao gồm cân bằng tự nhiên và cân bằng với quy hoạch hệ thống công trình đã xác định.

– Xây dựng quy hoạch về sử dụng nước và khai thác tài nguyên nước trong tương lai.

– Dự báo sự thay đổi về môi trường, sự suy thoái tài nguyên nước do các hoạt động dân sinh kinh tế và tác động do các biện pháp khai thác tài nguyên nước gây nên.

– Hoạch định các biện pháp cần thiết trong quản lý tài nguyên nước, hệ thống chính sách và thể chế nhằm đảm bảo sự phát triển bền vững.

– Lập chiến lược tối ưu trong đầu tư phát triển tài nguyên nước.

3. Quản lý tài nguyên nước

Quản lý tài nguyên nước gồm hai nội dung: Quản lý khai thác hệ thống và quản lý tài nguyên nước.

• *Quản lý, khai thác hệ thống* được hiểu là công tác quản lý khai thác hệ thống công trình thủy lợi sau khi được xây dựng theo nhiệm vụ quy hoạch và thiết kế hệ thống. Bởi vậy, quản lý và khai thác hệ thống là sự thiết lập các phương thức quản lý, khai thác hệ thống công trình thủy lợi bao gồm: xây dựng chương trình điều hành, điều khiển hệ thống công trình, phân phối nước trong hệ thống và các biện pháp sử dụng tiết kiệm nước trong hệ thống. Mục tiêu của công tác quản lý khai thác hệ thống là xác định phương thức tối ưu nhất trong quá trình khai thác hệ thống tài nguyên nước. Quản lý khai thác hệ thống công trình thủy lợi chỉ là một nội dung của quản lý tài nguyên nước

• *Quản lý tài nguyên nước* là sự xác định phương thức quản lý tài nguyên nước trên một vùng, một lãnh thổ hoặc một hệ thống sông một cách hiệu quả và đảm bảo yêu cầu

phát triển bền vững cho vùng và lưu vực sông. Quản lý tài nguyên nước là phương thức kiểm soát các hoạt động khai thác tài nguyên nước và những hoạt động dân sinh kinh tế có tác động tích cực và tiêu cực đến cân bằng sinh thái và tính bền vững của tài nguyên nước trên một vùng lãnh thổ hoặc lưu vực sông. Phương thức quản lý các hoạt động khai thác tài nguyên nước và các hoạt động dân sinh kinh tế trên một lưu vực sông gọi là quản lý lưu vực sông.

Công cụ quản lý tài nguyên nước bao gồm:

– Hoạch định hệ thống luật, chính sách và thể chế nhằm quản lý tốt nhất tài nguyên nước trên một lãnh thổ hoặc trên một lưu vực sông. Hệ thống luật bao gồm Luật Tài nguyên Nước và các quy định dưới luật do Nhà nước ban hành, hệ thống các chính sách nhằm khuyến khích cộng đồng tham gia vào quá trình bảo vệ nguồn nước. Các thể chế được xây dựng tuỳ thuộc vào đặc điểm cụ thể của vùng có nguồn nước cần bảo vệ. Đối với các sông lớn chảy qua lãnh thổ của nhiều quốc gia cần thiết lập các tổ chức liên quốc gia để phối hợp hành động.

– Thiết lập hệ thống tổ chức quản lý tài nguyên nước: Hệ thống quản lý Nhà nước về tài nguyên nước, các tổ chức quản lý tài nguyên nước theo lưu vực sông, các hội đồng về nước v.v.

– Thiết lập hệ thống kỹ thuật trợ giúp công tác quản lý nguồn nước, bao gồm hệ thống quan trắc khí tượng thủy văn, hệ thống xử lý thông tin, các mô hình toán và các phần mềm quản lý dữ liệu, các mô hình và phần mềm quản lý nguồn nước. Đây được coi là công cụ quan trọng để kiểm soát những ảnh hưởng có lợi và có hại đến nguồn nước và sinh thái do các hoạt động dân sinh kinh tế gây ra, từ đó xác định hoạch định các phương thức khai thác hợp lý tài nguyên nước và các biện pháp cần thiết để bảo vệ và nâng cao chất lượng của nguồn nước.

2.1.3. Đặc điểm của hệ thống tài nguyên nước

Nghiên cứu hệ thống tài nguyên nước cần chú ý những đặc điển chính của nó, có thể hệ thống lại như sau.

(1) Hệ thống tài nguyên nước là một hệ thống phức tạp, tồn tại một số lượng các tham số và các mối quan hệ giữa chúng. Hệ thống tài nguyên nước bị tác động mạnh mẽ bởi yếu tố môi trường.

(2) Quy hoạch hệ thống tài nguyên nước là bài toán đa mục tiêu và đa chức năng, trong đó các mục tiêu khai thác hệ thống có thể mâu thuẫn nhau. Tính đa mục tiêu còn thể hiện bởi những quyết định khác nhau của những tổ chức liên quan đến quản lý và khai thác các nguồn lợi từ tài nguyên nước.

(3) Các dự án quy hoạch tài nguyên nước có thể tác động mạnh mẽ đến môi trường, đến quá trình phát triển kinh tế và đến các vấn đề xã hội, văn hóa của một vùng rộng lớn. Bởi vậy, những vấn đề này cần được đề cập trong quá trình lập quy hoạch và ra quyết định.

(4) Hệ thống tài nguyên nước là hệ bất định, có nhiều yếu tố bất định, bao gồm:

+ Các biến vào, biến ra và biến trạng thái là những biến ngẫu nhiên. Quy luật ngẫu nhiên của các biến đó sẽ ảnh hưởng đến chất lượng của các dự án quy hoạch và quản lý hệ thống tài nguyên nước.

+ Các thông tin về hệ thống là không đầy đủ, hoặc có thì cũng rất khó có thể phân tích được hết các thuộc tính của hệ thống khi lập các quy hoạch khai thác. Các thông tin đó bao gồm:

– Các tài liệu đo đạc về khí tượng thủy văn.

– Các tài liệu về yêu cầu nước trong tương lai.

– Các thông tin về ảnh hưởng tác động của môi trường.

+ Sự hiểu biết không đầy đủ của người nghiên cứu về hệ thống, bao gồm các quy luật vật lý của tài nguyên nước, các " tiềm năng" của hệ thống và các ảnh hưởng của biện pháp công trình đến sự thay đổi trạng thái của hệ thống tài nguyên nước v.v.

+ Bất định về mục tiêu, thể hiện ở các khía cạnh sau:

– Mục tiêu khai thác có thể chưa được đặt ra một cách rõ ràng ngay từ đầu, và nó chỉ được hình thành trong quá trình tiếp cận hệ thống.

– Đa mục tiêu trong khai thác và quản lý tài nguyên nước.

– Hệ thống tài nguyên nước là hệ thống luôn luôn ở trạng thái cân bằng tạm thời. Những biến đổi về khí hậu, mặt đệm và các tác động đột biến của con người làm hệ thống tài nguyên nước thay đổi từ trạng thái cân bằng này sang trạng thái cân bằng khác. Do đó những thông tin hiện tại về hệ thống có thể không phản ánh hết những quy luật của nó trong tương lai.

(5) Hệ thống thuỷ lợi là hệ thống có cấu trúc yếu, bởi vì:

+ Các mối quan hệ trong hệ thống rất khó thể hiện bằng các biểu thức toán học, thậm chí không thể hiện được.

+ Khó kiểm soát được các tác động của môi trường, đặc biệt là các tác động của con người.

Với những đặc điểm trên của hệ thống tài nguyên nước, nó đã trở thành một đối tượng nghiên cứu của lý thuyết phân tích hệ thống.

2.2. Nguyên tắc và các thể thức

2.2.1. Chương trình quốc gia về phát triển tài nguyên nước

Chương trình quốc gia về phát triển tài nguyên nước xác lập hệ thống chính sách và chương trình về nước trên toàn quốc nhằm khai thác hiệu quả và hợp lý tài nguyên nước của một quốc gia.

Hệ thống chính sách và các chương trình quốc gia về nước bao gồm các quyền cam kết về nước, kiểm tra chất lượng nước, bảo vệ phân phối nước và tổng hợp thông tin từ các quy hoạch lưu vực sông. Chương trình quốc gia về phát triển tài nguyên nước cũng

nêu các điều kiện hiện tại, những hoạt động cần làm và những biện pháp dự kiến để hướng dẫn các hoạt động có ảnh hưởng đến phạm vi toàn quốc trong tương lai. Quan trọng hơn, chương trình quốc gia về phát triển nguồn nước phải đảm bảo được những hoạt động cấp Chính phủ nhằm thống nhất các kế hoạch và chương trình liên quan đến nước của tất cả các cơ quan chính phủ, kể cả phát triển đô thị, công nghiệp, tưới tiêu, thuỷ điện, mỏ và các phát triển tư nhân.

Cơ sở của việc lập chương trình quốc gia về phát triển tài nguyên nước là các mục tiêu quốc gia có liên quan đến sử dụng khai thác tài nguyên nước, bao gồm:

- Xoá đói giảm nghèo;
- Tăng trưởng kinh tế;
- Phát triển khu vực;
- Duy trì môi trường lành mạnh;
- Các yêu cầu về an ninh quốc gia...

Với các mục tiêu kế hoạch chung của quốc gia, các mục tiêu về sử dụng tài nguyên nước cấp quốc gia thường bao gồm các vấn đề sau:

- Tối ưu hoá những lợi ích đa mục tiêu từ tài nguyên nước, đất đai và các tài nguyên thiên nhiên khác.
- Tối ưu hoá sản xuất điện năng trong khuôn khổ những hạn chế khác.
- Phòng chống lũ lụt.
- Cung cấp nước thích đáng cho dân sinh và công nghiệp.
- Duy trì chất lượng nước theo các tiêu chuẩn chất lượng đã xác lập.
- Duy trì môi trường bền vững theo những hướng dẫn đã đặt ra.
- Phát triển giao thông thuỷ và duy trì phát triển thủy sản.
- Đảm bảo khả năng bền vững tài chính của các dự án và chương trình.

2.2.2. Quy hoạch lưu vực sông

Quy hoạch nguồn nước cấp lưu vực vạch ra chính sách và chương trình về nước trên một lưu vực sông nhằm khai thác hiệu quả và hợp lý tài nguyên nước trên lưu vực.

Mục đích của quy hoạch lưu vực là đưa ra hướng dẫn để đảm bảo sử dụng có hiệu quả nguồn nước trên lưu vực nhằm đáp ứng tốt nhất các mục tiêu và mục đích quốc gia và vùng lãnh thổ. Quy hoạch lưu vực vì thế phải bao gồm một tài liệu xác định, lựa chọn và kế hoạch thực hiện các dự án, quy chế và cam kết về nước. Quy hoạch này tổng hợp tất cả các dữ liệu thích hợp hiện có lập thành văn bản tất cả các dự án đang tồn tại, các quy định và cam kết về nước, đưa ra các phương án tổ chức quản lý tài nguyên nước phù hợp với các mục tiêu và mục đích đã đề ra. Các điều kiện sử dụng nước và các phương án được lập theo thời hạn: hiện tại, 10 năm, 25 năm và 50 năm. Do những dữ liệu thu thập được ngày càng tăng cùng với sự thay đổi về mục tiêu nên quy hoạch lưu vực phải được thay đổi và cập nhật thường kỳ.

Quy hoạch lưu vực sẽ là văn bản chính thức hướng dẫn mọi hoạt động quy hoạch của Chính phủ và khu vực tư nhân của tất cả các ngành có thể sử dụng hay tác động đến các nguồn nước của lưu vực.

Phạm vi của quy hoạch lưu vực sẽ đề cập đến mọi dạng tài nguyên nước trong lưu vực và sử dụng tài nguyên nước trong cũng như ngoài phạm vi lưu vực. Khi lập các quy hoạch lưu vực cần xem xét trong mối quan hệ sự liên đối với các lưu vực khác.

Các mục tiêu và mục đích mà phát triển tài nguyên nước lưu vực thường hướng tới bao gồm:

(1) Quản lý các tài nguyên nước theo cách nhằm đảm bảo tối đa hoá các lợi ích kinh tế xã hội và môi trường trong sạch đã được nêu trong các mục tiêu quốc gia.

(2) Hoàn thành hoặc tiến hành các dự án và chương trình phù hợp với luật pháp và quy định quốc gia cũng như các lịch trình đặt ra nhằm đáp ứng các nhu cầu phụ thuộc vào nước.

Hệ thống chính sách ảnh hưởng đến quy hoạch tài nguyên nước lưu vực sông có thể bao gồm:

– Các quy định pháp luật về nước, thiết kế công trình và quản lý tài nguyên nước;

– Quy định về thứ tự ưu tiên đối với các đối tượng dùng nước;

– Các chính sách đảm bảo bền vững về môi trường;

– Quy định các loại phí hay ưu đãi có liên quan đến các dịch vụ về nước: cấp nước, tưới, tiêu, phòng lũ..., ở mức đủ để đáp ứng mọi chi phí hoạt động quản lý khai thác tài nguyên nước;

– Các quy định liên quan đến lựa chọn và vận hành các công trình phù hợp với các thoả thuận và cam kết pháp lý của lưu vực sông, các cam kết trong khuôn khổ cấp quốc gia và quốc tế;

– Quy định đảm bảo sự công bằng giữa các đối tượng sử dụng nước.

Quy hoạch lưu vực và chương trình về nước cấp quốc gia bổ sung cho nhau, có sự phụ thuộc hai chiều lẫn nhau. Những chi tiết về tài nguyên nước và tiềm năng phát triển của quy hoạch lưu vực sẽ cung cấp cơ sở cho chương trình về nước cấp quốc gia. Trong khi đó, các quyết định điều chỉnh về chính sách, kinh tế và công trình xuất phát từ chiến lược quốc gia về phát triển nguồn nước phải được phản ánh trong quy hoạch lưu vực.

2.2.3. Quy hoạch cấp địa phương

Quy hoạch cấp địa phương là loại quy hoạch do các cấp địa phương quản lý (cấp tỉnh hoặc cấp huyện). Loại quy hoạch này thường không lớn và chỉ đáp ứng yêu cầu khai thác tài nguyên nước tại địa phương đó. Quy hoạch cấp địa phương có thể là một phần của quy hoạch vùng hoặc quy hoạch lưu vực sông được chi tiết hóa. Khi lập các quy hoạch loại này phải được cơ quan chính quyền trên một cấp phê duyệt hoặc thỏa thuận.

2.2.4. Quy hoạch vùng

Quy hoạch vùng là các quy hoạch chi tiết cụ thể cho một vùng thuộc một lưu vực sông hoặc một phần lãnh thổ nằm trong quy hoạch liên lưu vực.

Quy hoạch vùng do trung ương quản lý và được lập trên cơ sở quy hoạch cấp quốc gia hoặc quy hoạch lưu vực sông.

Quy hoạch vùng thường được tiến hành riêng rẽ và chính nó sẽ là cơ sở cho việc lập quy hoạch lưu vực và xây dựng các chương trình phát triển nguồn nước cấp quốc gia. Mặt khác, khi các quy hoạch lưu vực và chương trình phát triển nguồn nước cấp quốc gia đã được xác lập thì những quy hoạch vùng phải được thực hiện trong khuôn khổ của quy hoạch lưu vực và quy hoach quốc gia đó.

2.2.5. Quy hoạch chuyên dùng

Quy hoạch chuyên dùng là quy hoạch chi tiết cho một đối tượng khai thác nguồn nước nào đó: quy hoạch phòng lũ, quy hoạch khai thác thuỷ năng, quy hoạch cấp nước tưới, tiêu... Trong thực tế một quy hoạch thường được lập theo nguyên tắc lợi dụng tổng hợp và được gọi là quy hoạch đa mục tiêu.

Quy hoạch chuyên dùng cũng là cơ sở cho việc lập quy hoạch lưu vực và xây dựng các chương trình phát triển nguồn nước cấp quốc gia. Khi các quy hoạch lưu vực và chương trình phát triển nguồn nước cấp quốc gia đã được xác lập thì những các quy hoạch chuyên dùng phải được thực hiện trong khuôn khổ của quy hoạch lưu vực và quy hoạch quốc gia đó.

2.2.6. Quy hoạch cấp quốc tế

Quy hoạch cấp quốc tế được thực hiện trong trường hợp lưu vực sông thuộc lãnh thổ của nhiều quốc gia hoặc trong trường hợp các quốc gia không có chung lưu vực sông nhưng có nhu cầu chia sẻ nguồn nước với nhau.

Các quốc gia có thể có cùng lợi ích khai thác tài nguyên nước của một lưu vực sông, cũng có thể các lợi ích quốc gia về khai thác tài nguyên nước có những xung đột. Trong nhiều trường hợp, sự khai thác tài nguyên nước của quốc gia này có thể gây tổn hại cho các quốc gia khác. Bởi vậy, đối với các lưu vực liên quốc gia cần thiết phải lập quy hoạch và tổ chức quản lý tài nguyên nước liên quốc gia.

Quy hoạch cấp quốc tế được thực hiện trên cơ sở thỏa thuận và những cam kết quốc tế giữa những nước có liên quan, được đảm bảo bởi các hiệp định hoặc hiệp ước giữa các nước thành viên và phải tuân thủ những nguyên tắc và thông lệ quốc tế.

2.3. Phân giai đoạn trong quy hoạch tài nguyên nước

Việc phân chia các giai đoạn quy hoạch tài nguyên nước được kiến nghị theo những cách khác nhau tùy thuộc vào thể chế quản lý của mỗi quốc gia, tuy nhiên những nội

dung tổng thể của nó không có những khác biệt đáng kể. Grigg (1985) [1] đưa ra một sơ đồ tổng hợp về các nội dung lập quy hoạch trong đó kết hợp việc lựa chọn phương án, mô phỏng hệ thống, đánh giá tác động đến môi trường và xã hội với nhau (hình 2.1).

Sơ đồ hình 2.1 là rất tổng quát và có thể coi như một phương pháp tiếp cận khi lập quy hoạch hệ thống, tuy nhiên sự phân giai đoạn lập quy hoạch lại không rõ ràng. Tổ chức Liên Hợp Quốc (1970) đưa ra một sơ đồ 4 giai đoạn. Tương tự như vậy, năm 1989 Simonovic đề nghị sơ đồ lập quy hoạch gồm 4 giai đoạn:

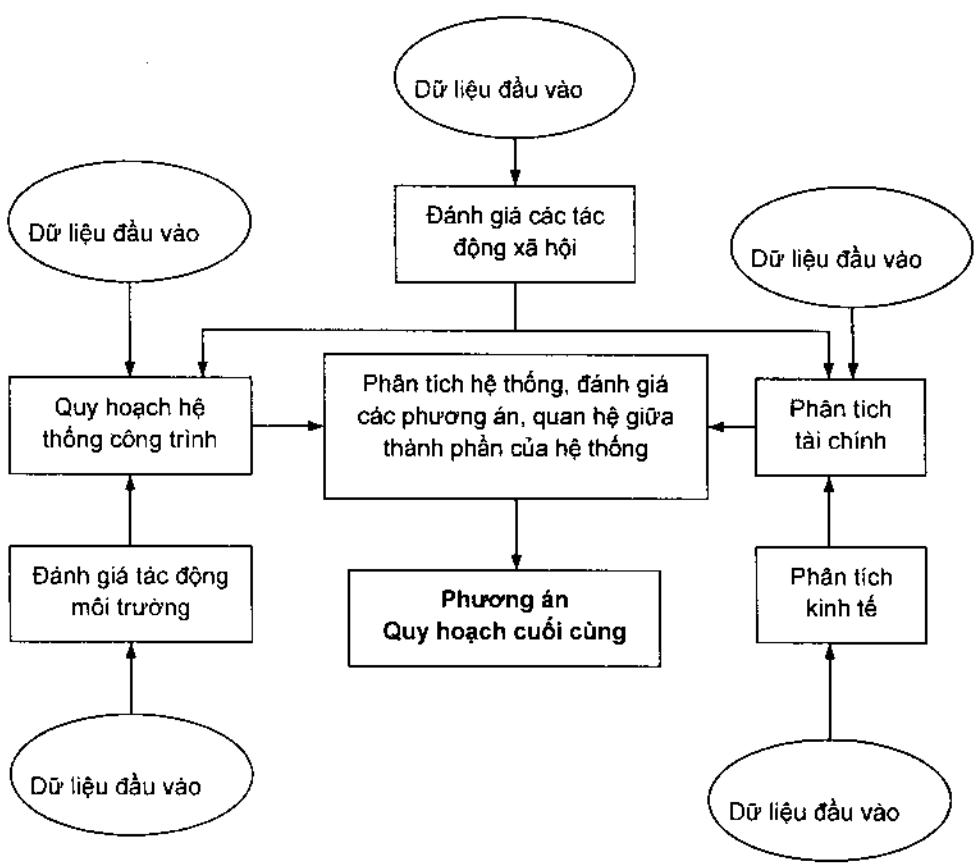
(1) Kiểm kê đánh giá, dự báo và phân tích tài nguyên nước;

(2) Kiểm kê đánh giá, dự báo và phân tích yêu cầu về nước;

(3) Thiết lập các phương án quy hoạch, mô phỏng hệ thống, tính toán cân bằng nước và kiểm tra khả năng đáp ứng yêu cầu về nước của hệ thống theo các phương án quy hoạch;

(4) Phân loại, so sánh các phương án quy hoạch để chọn phương án cuối cùng.

Haimes (1987) đưa ra một sơ đồ phân giai đoạn gồm ba pha: 1) Quy hoạch; 2) Thực hiện hoặc thiết kế; 3) Vận hành [2].



Hình 2.1. **Sơ đồ lựa chọn phương án quy hoạch trong quá trình lập dự án Theo Grigg (1985) [1]**

Pha đầu tiên (quy hoạch) lại được chia thành 5 giai đoạn như sau (xem hình 2.2):

– *Giai đoạn 1.* Khởi thảo và hình thành bài toán quy hoạch: Trên cơ sở phân tích mục tiêu của dự án và đặc điểm hệ thống sơ bộ lập bài toán quy hoạch hệ thống.

– *Giai đoạn 2.* Thu thập, phân tích và tổng hợp các dữ liệu: Các dữ liệu được thu thập và phân tích dựa trên cơ sở bài toán quy hoạch được hình thành ở giai đoạn 1.

– *Giai đoạn 3.* Thiết lập và lựa chọn tập các phương án có thể: Các phương án có thể được lựa chọn trên cơ sở phân tích và tổ hợp các yêu cầu về nước, điều kiện kỹ thuật của hệ thống về xây dựng công trình và các ràng buộc của hệ thống với đặc điểm tài nguyên nước trên lưu vực. Giai đoạn 3 cũng là kết thúc giai đoạn nghiên cứu tiền khả thi.

– *Giai đoạn 4.* Phát triển kết quả được xác định ở giai đoạn 3 để lựa chọn tập phương án cuối cùng và cũng là kết thúc giai đoạn lập báo cáo khả thi.

– *Giai đoạn 5.* Thực hiện dự án và vận hành.

Giai đoạn 5 ở sơ đồ trên không thuộc nội dung của bài toán quy hoạch, việc đưa thêm giai đoạn 5 vào sơ đồ chỉ để làm rõ trình tự tiếp theo sau khi dự án được phê duyệt

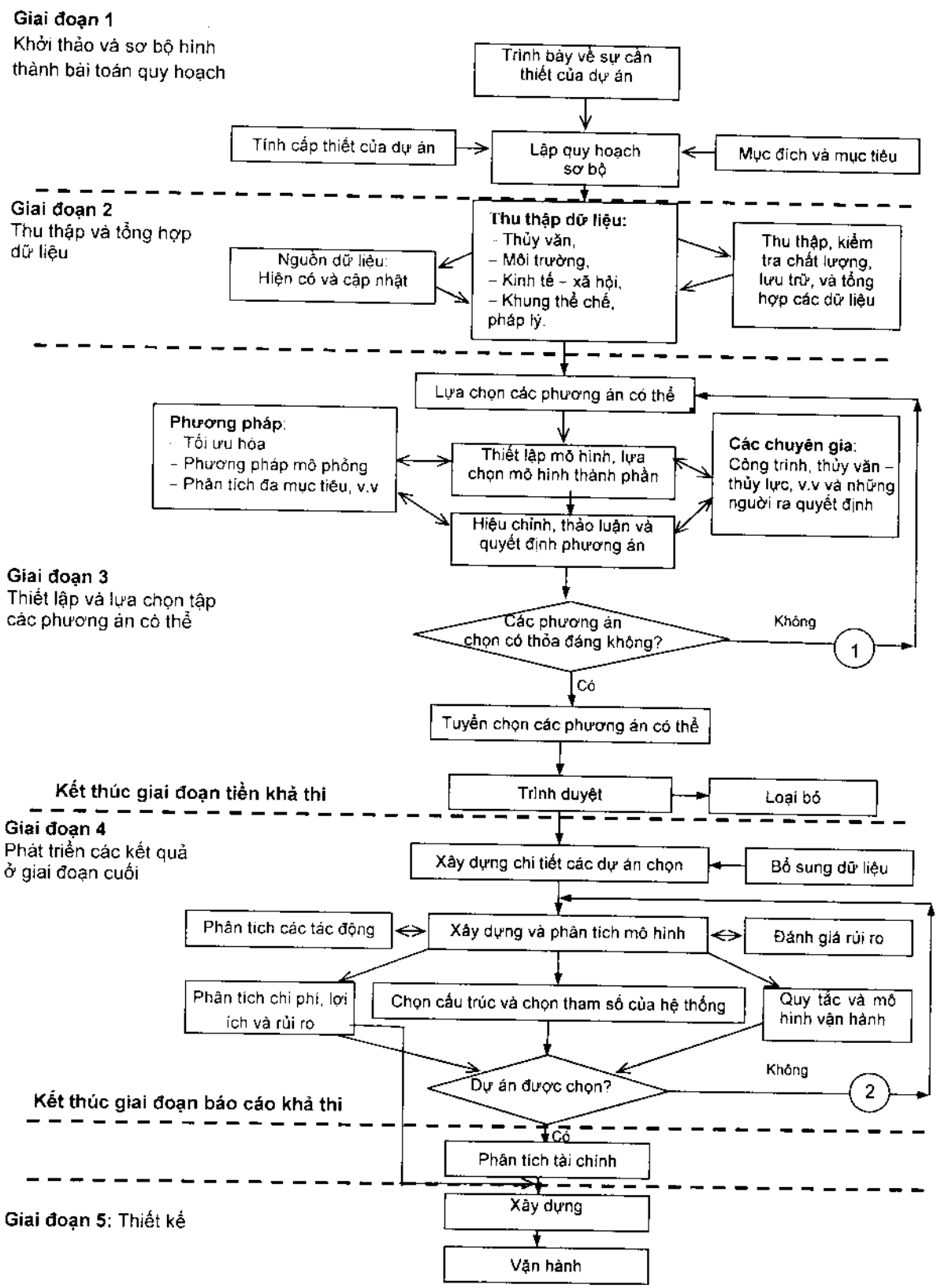
Nội dung công việc của từng giai đoạn và mối quan hệ tương tác giữa các nội dung đã được thể hiện trên hình 2.2 và được giải thích kỹ ở những mục tiếp theo. Khi phân tích các nội dung công việc thể hiện trên hình 2.2 cần chú ý mối quan hệ một chiều (→) và hai chiều (↔) của sơ đồ.

Sơ đồ 5 giai đoạn trên đây thực ra chỉ là trình tự những công việc cần thực hiện và quan hệ giữa các hạng mục công việc khi lập các quy hoạch tài nguyên nước. Trong thực tế, tùy theo mức độ cần làm rõ về nhiệm vụ quy hoạch và đặc điểm của bài toán mà cách chia giai đoạn có khác nhau nhưng những nội dung tổng thể của nó không có những khác biệt đáng kể.

Chẳng hạn, quy hoạch lưu vực và quy hoạch cấp quốc gia về phát triển nguồn nước được xây dựng theo nhiều giai đoạn khác nhau nhằm hoàn chỉnh các quy hoạch được lập. Tuy nhiên, quy hoạch lưu vực và chương trình phát triển nguồn nước cấp quốc gia thường được thực hiện theo hai giai đoạn: giai đoạn thứ nhất là quy hoạch khung; giai đoạn thứ hai là quy hoạch chi tiết. Việc thực hiện theo hai giai đoạn sẽ giảm được thời gian và kinh phí thực hiện quy hoạch chi tiết khi mà phương án quy hoạch tổng thể chưa được làm rõ.

Dưới đây là một cách chia giai đoạn theo hướng dẫn của UNDP [40] khi lập quy hoạch lưu vực và quy hoạch cấp quốc gia. Quá trình lập quy hoạch được chia làm hai giai đoạn: Quy hoạch khung (giai đoạn 1) và quy hoạch chi tiết (giai đoạn 2).

Theo nội dung của hai giai đoạn có thể hiểu "quy hoạch khung" có các nội dung của 3 giai đoạn đầu của sơ đồ hình 2.2, còn "quy hoạch chi tiết" có nội dung của giai đoạn 4 của sơ đồ hình 2.2.



Hình 2.2. Phân chia các giai đoạn trong quá trình lập quy hoạch Tài nguyên nước [2]

1. Nội dung quy hoạch khung và quy hoạch chi tiết khi lập quy hoạch lưu vực sông

a) Nội dung quy hoạch khung

Quy hoạch khung có thể coi là bước quy hoạch sơ bộ tài nguyên nước trên lưu vực sông, bao gồm các nội dung chính như sau:

– Tài liệu về các mục tiêu cụ thể lưu vực trong khuôn khổ quốc gia.

– Tiến hành đánh giá tài nguyên nước.

– Ước tính nhu cầu nước hiện nay và trong tương lai.

– Chuẩn bị cân bằng nước và những nhu cầu nước trong tương lai

– Tóm tắt sự phát triển hiện tại, sự phát triển dự kiến trong tương lai, từ đó vạch ra các lựa chọn cho quy hoạch.

b) Nội dung quy hoạch chi tiết

– Đánh giá tài nguyên nước phục vụ cho quy hoạch chi tiết.

– Nâng cấp ước tính nhu cầu nước (hiện tại và tương lai) đã thực hiện ở giai đoạn 1.

– Tiến hành mô phỏng hệ thống tài nguyên nước, tính toán cân bằng nước hiện tại và theo nhu cầu nước trong tương lai.

– Hình thành các phương án quy hoạch và chương trình lựa chọn phát triển, quản lý và bảo vệ môi trường tài nguyên nước và những lựa chọn về các khuyến nghị có lợi.

2. Nội dung quy hoạch khung và quy hoạch chi tiết khi lập quy hoạch cấp quốc gia

a) Quy hoạch khung phát triển tài nguyên nước cấp quốc gia

Quy hoạch khung phát triển tài nguyên nước cấp quốc gia bao gồm các nội dung sau:

– Kiểm tra và nâng cấp về mục đích và chính sách về nước của quốc gia.

– Tóm tắt và tổng hợp quy hoạch lưu vực để thấy nhu cầu trong tương lai và những khu vực có sự thiếu hụt tiềm năng. Từ đó có phương hướng điều chỉnh đối với các quy hoạch lưu vực.

– Xác định ưu tiên hàng đầu phát triển trong tương lai và các yêu cầu trong quy hoạch.

– Đánh giá Luật Tài nguyên Nước, quy định, quy tắc hoạt động và thiết lập thể chế.

– Xây dựng tài liệu về chương trình nước cấp quốc gia và đề ra các khuyến nghị.

b) Đối với chương trình phát triển nguồn nước cấp quốc gia

– Kiểm tra và nâng cấp phạm vi, mục đích và chính sách quy hoạch nguồn nước quốc gia.

– Tóm tắt và thống nhất quy hoạch lưu vực vào quy hoạch quốc gia, thể hiện những nhu cầu trong tương lai, xác định quyền, tiềm năng liên lưu vực và tiềm năng phát triển.

– Chuẩn bị ưu tiên hàng đầu cho phát triển và vạch các phương án cụ thể.

– Đánh giá lại Luật Tài nguyên Nước, quy định, quy tắc hoạt động quyền sử dụng nước và thiết lập thể chế

– Tập hợp các tài liệu nói trên vào báo cáo quy hoạch tài nguyên nước quốc gia và đưa ra những khuyến nghị.

Như vậy, nội dung của hai giai đoạn quy hoạch chi tiết không khác nhiều so với giai đoạn quy hoạch khung, nhưng mức độ chi tiết cao hơn giai đoạn đầu.

2.3.1. Thu thập và xử lý dữ liệu

Thu thập và xử lý dữ liệu tương ứng với giai đoạn 2 của sơ đồ hình 2.2. Các dữ liệu cần thu thập phải đáp ứng yêu cầu của bài toán quy hoạch đặt ra ở giai đoạn 1.

Các dữ liệu cần thu thập bao gồm: Số liệu quan trắc thủy văn, môi trường, các số liệu về phát triển dân sinh kinh tế – xã hội vùng dự án, các tài liệu về khung thể chế, pháp lý có liên quan. Yêu cầu về số liệu và các tài liệu cần thu thập đã được đề cập ở Chương I.

Các dữ liệu được thu thập cần được xử lý với các nội dung như sau:

– Thuyết minh rõ ràng nguồn dữ liệu đã có và các tài liệu cần được cập nhật trong quá trình lập dự án.

– Kiểm tra chất lượng các dữ liệu: phân tích tính hợp lý của dữ liệu, thống kê những dữ liệu cần bổ sung và phân loại các dữ liệu theo các mức tin cậy khác nhau (sử dụng được, tham khảo, dùng được nhưng cần được chỉnh lý v.v)

– Tiến hành tổng hợp và lưu trữ số liệu và các tài liệu có liên quan. Cần xây dựng ngân hàng dữ liệu và sử dụng các phần mềm để lưu trữ các dữ liệu được thu thập.

2.3.2. Đánh giá tài nguyên nước và các yêu cầu về nước

2.3.2.1. Đánh giá tài nguyên nước

Đánh giá tài nguyên nước là một nội dung rất quan trọng, là cơ sở cho việc tính toán cân bằng nước khi lập các quy hoạch tài nguyên nước.

Nội dung đánh giá tài nguyên nước bao gồm:

(1) Đánh giá trữ lượng nước mặt, nước ngầm và phân bố theo không gian và thời gian.

(2) Phân loại các dạng tài nguyên nước mặt và nước ngầm.

(3) Phân tích đặc điểm nguồn nước và tài nguyên nước trên lưu vực sông: Đặc điểm dòng chảy năm, sự thay đổi dòng chảy trong nhiều năm, đặc điểm sự hình thành dòng chảy lũ, dòng chảy bùn cát, dòng chảy kiệt v.v.

(4) Phân tích chất lượng nước mặt và nước ngầm.

(5) Lập các bản đồ về tài nguyên nước: bản đồ lượng mưa năm, bản đồ phân khu hoặc bản đồ đẳng trị môdun dòng chảy năm, bản đồ xói mòn đất, bản đồ phân bố dòng chảy mùa kiệt, bản đồ các hồ chứa nước (tự nhiên và nhân tạo) v.v.

(6) Dự báo tài nguyên nước trong tương lai: Làm rõ sự thay đổi quy luật tự nhiên của nguồn nước, sự suy thoái tài nguyên nước về chất lượng và số lượng.

2.3.2.2. Xác định các yêu cầu về nước

Các yêu cầu về nước cần được xác định theo các nội dung đã trình bày trong Chương I, bao gồm: Nhu cầu nước cho nông nghiệp; nhu cầu nước cho phát triển công nghiệp; yêu cầu phòng lũ, tiêu úng và giảm nhẹ thiên tai do lũ lụt gây ra; yêu cầu phát triển thủy điện; yêu cầu nước cho giao thông thuỷ, giải trí, du lịch; yêu cầu liên quan đến cải tạo môi trường và dòng chảy sinh thái.

Các yêu cầu về nước được xác định trong tương lai theo thời gian quy hoạch 20 năm, 25 năm hoặc 50 năm tùy thuộc vào nhiệm vụ quy hoạch.

Tính toán cân bằng nước hệ thống, cần xác định nhu cầu dùng nước, nhất là nước cho sản xuất nông nghiệp, lượng nước này chiếm đến trên 70% tổng nhu cầu nước.

Nhu cầu nước tưới được xác định cho từng nút cấp nước tưới theo các phương pháp tính toán cân bằng nước vùng tưới. Có thể sử dụng các phần mềm đã có, chẳng hạn phần mềm CROPWAT do tổ chức FAO hướng dẫn.

Mô hình CROPWAT (version 5.7) do Vụ Phát triển Đất và Nước thuộc Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp của Liên Hợp Quốc (FAO) xây dựng từ năm 1991 tại Roma – Italia, để tính nhu cầu tưới, chế độ tưới và kế hoạch tưới tại mặt ruộng cho các loại cây trồng trong các điều kiện khác nhau. Chương trình CROPWAT đã được ứng dụng phổ biến tại nhiều nơi trên thế giới không chỉ là một chương trình tiến bộ, đầy đủ về nội dung mà còn rất tiện lợi và dễ sử dụng.

Nhu cầu tưới tại mặt ruộng (IRReq), được xác định bằng hiệu số giữa nhu cầu nước của cây trồng và lượng mưa hiệu quả. Nhu cầu nước của cây lúa nước khác với của các cây trồng cạn. Nhu cầu nước của cây trồng cạn chỉ là lượng nước cần để bù vào tổn thất do bốc thoát hơi nước (ETcrop). Trong khi đó, nhu cầu nước của cây lúa nước không chỉ là lượng nước cần để bù tổn thất do bốc thoát hơi nước của cây lúa mà còn thêm lượng nước cần để bù tổn thất do thấm trong ruộng đã ngập nước và lượng nước rất quan trọng cần để làm đất và ươm mạ trước khi cấy lúa. Chính vì thế số liệu đầu vào cũng như các chương trình con tính toán nhu cầu tưới cho lúa nước sẽ khác với cho các cây trồng cạn.

Việc tính toán nhu cầu dùng nước cho cây trồng dựa vào yếu tố căn bản là ETo. ETo được định nghĩa là "lượng bốc hơi mặt ruộng chuẩn", tức là lượng bốc hơi mặt ruộng cho một diện tích trồng cỏ rộng lớn mà tại đó, cỏ có chiều cao 8 đến 15 cm, mọc tốt, phủ kín hết mặt đất và luôn luôn đủ nước.

Tuy nhiên chương trình này có một số hạn chế sau đây:

– Không đề cập đến các ràng buộc về công trình (như quy định về số ngày tưới, số ngày nghỉ...);

– Không sử dụng công thức tưới tăng sản;

– Không đưa ra giản đồ hệ số tưới, điều này rất cần cho quản lý công trình;

– Chỉ xác định nhu cầu nước tại mặt ruộng, chưa chuyển lên đầu hệ thống.

Nhu cầu phát triển thủy điện được xác định trên cơ sở các quy hoạch phát triển năng lượng quốc gia, phụ thuộc vào trữ năng lý thuyết của hệ thống sông và khả năng khai thác thủy năng của chúng.

Nhu cầu nước cho công nghiệp được xác định theo định mức tiêu hao nước của các hộ dùng nước công nghiệp. Lượng nước dùng cho phát triển công nghiệp được xác định dựa trên cơ sở quy hoạch phát triển công nghiệp trong tương lai. Nhu cầu nước cho sinh hoạt được tính theo chuẩn dùng nước (tính theo đầu người) và dự báo phát triển dân số vùng dự án trong tương lai.

Yêu cầu phòng lũ cho hạ du được quy định bởi mực nước cần khống chế và tần suất phòng lũ tại vùng phòng lũ.

Các yêu cầu về nước của các hộ dùng nước được tổng hợp trong biểu đồ dùng nước tổng hợp cho từng nút cấp nước trên hệ thống.

2.3.3. Thiết lập hàm mục tiêu và ràng buộc

Thiết lập mô hình mô phỏng và mô hình tối ưu là nội dung quan trọng của giai đoạn 3. Mô hình toán là công cụ quan trọng trong quá trình phân tích hệ thống khi xây dựng các phương án quy hoạch và quản lý tài nguyên nước. Bởi vậy, việc thiết lập các mô hình toán cho hệ thống tài nguyên nước là không thể thiếu được trong quy hoạch và quản lý tài nguyên nước. Các mô hình toán cần được thiết lập bao gồm:

(1) Xây dựng các mô hình mô phỏng hệ thống tuỳ thuộc vào các mục tiêu khai thác và hệ thống các chỉ tiêu đánh giá.

(2) Xây dựng các mô hình cân bằng nước hệ thống, bao gồm các mô hình về lượng và chất lượng, nhằm trợ giúp cho công tác quản lý tài nguyên nước.

(3) Các mô hình tối ưu hoá được thiết lập để sử dụng trong đánh giá hiệu quả các phương án quy hoạch.

Thiết lập và lựa chọn mô hình mô phỏng là khâu quyết định chất lượng của bài toán quy hoạch. Mô hình mô phỏng bao gồm sự mô phỏng các quá trình vật lý của hệ thống và mô hình hoạt động của hệ thống. Các mô hình mô phỏng quá trình vật lý của hệ thống tài nguyên nước rất đa dạng, các mô phỏng cần được thiết có thể bao gồm:

– Mô hình tính toán dòng chảy sông ngòi, bao gồm mô hình tất định và các mô hình ngẫu nhiên.

– Mô hình tính toán nước ngầm.

– Mô hình xác định các nhu cầu về nước, đặc biệt là tính nhu cầu nước cho nông nghiệp.

– Mô hình chuyển tải nước trên hệ thống sông và kênh.

– Mô hình tính toán điều tiết nước trong hệ thống hồ chứa.

– Mô hình tính toán tiêu úng.

– Mô hình tính toán nhiễm mặn và truyền chất

– Các mô hình tính toán chuyển tải phù sa, diễn biến lòng dẫn và cửa sông v.v.

Những mô hình trên là những mô hình thành phần mô tả một quá trình riêng rẽ. Khi phân tích hệ thống tài nguyên nước có thể trực tiếp sử dụng các mô hình trên, cũng có

thể phải xây dựng các mô hình mô phỏng, là sự liên kết các mô hình trên theo mục tiêu của bài toán đặt ra đối với hệ thống được nghiên cứu.

Mô hình tối ưu hóa bao gồm hàm mục tiêu được thiết lập trên cơ sở liên kết các mục tiêu khai thác hệ thống và các ràng buộc của hệ thống.

Mục tiêu và hàm mục tiêu

Cần phân biệt khái niệm "mục tiêu " và "hàm mục tiêu".

Mục tiêu khai thác hệ thống có thể được lượng hoá bằng một đại lượng nào đó. Cũng có thể không được lượng hoá. Đại lượng dùng để lượng hoá mục tiêu có thể nhận các giá trị khác nhau, do đó có thể gọi là "mức" của mục tiêu đề ra. Chẳng hạn một hồ chứa nước được thiết kế để tưới thì "tưới" là mục tiêu khai thác còn diện tích cần tưới hoặc quá trình, lượng nước yêu cầu tưới là mức đạt mục tiêu.

Hàm mục tiêu là tiêu chuẩn đánh giá chất lượng đạt được mục tiêu đề ra với mức đã định, cho nên trong nhiều tài liệu còn gọi là hàm tiêu chuẩn hoặc hàm chất lượng. Như đã trình bày trong Chương I, hàm mục tiêu có thể là một hàm số mà nó cần được làm cực trị, hàm mục tiêu cũng có thể được viết dưới dạng một bất đẳng thức (như là biểu thức ràng buộc của bài toán tối ưu)

Ràng buộc của hệ thống

Ràng buộc là các biểu thức mô tả giới hạn hoạt động của hệ thống, các giới hạn đó bao gồm các điều kiện kỹ thuật, các yêu cầu khai thác của hệ thống, cân bằng nước hệ thống v.v.

Ví dụ: Cần điều khiển một hồ chứa phát điện với mục tiêu đặt ra là tổng điện năng của nhà máy trong thời kỳ vận hành là lớn nhất. Tức là:

$$J = \int_0^T E(t)dt \rightarrow \max \qquad (2.1)$$

Trong đó: E(t) là năng lượng điện nhận được tại thời điểm t.

Điều kiện (2.1) cần thoả mãn với các ràng buộc sau:

– Mực nước trong hồ chứa không được vượt quá mực nước dâng bình thường H_{tb} và không nhỏ hơn mực nước chết H_o, đây là ràng buộc về kỹ thuật:

$$H_o \le Z(t) \le H_{bt} \qquad (2.2)$$

– Lưu lượng tháo qua một tổ máy không vượt quá giới hạn max, min của nó (ràng buộc kỹ thuật):

$$q_{min} \le q(t) \le q_{max} \qquad (2.3)$$

– Lưu lượng tháo xuống hạ lưu không được nhỏ hơn một lưu lượng cho phép để đảm bảo tưới cho vùng hạ lưu và thoả mãn yêu cầu giao thông thủy (ràng buộc do yêu cầu khai thác hệ thống:

$$q_x(t) \ge q_{cp} \qquad (2.4)$$

2.3.4. Dự thảo dự án và lập quy hoạch sơ bộ

Đây chính là giai đoạn đầu tiên của quá trình lập dự án. Dự thảo dự án quy hoạch được soạn thảo trên cơ sở phân tích các yêu cầu và mục tiêu khai thác hệ thống, tính cấp bách và sự cần thiết phải lập dự án quy hoạch. Dự thảo dự án quy hoạch cần làm rõ những vấn đề sau:

- Sự cần thiết phải lập dự án.
- Mục đích xây dựng dự án và các mục tiêu cần đạt được.
- Các dữ liệu cần thiết để lập dự án.
- Kế hoạch thực hiện, ước tính vốn đầu tư.

Quy hoạch sơ bộ dự án quy hoạch gồm các nội dung sau:

(1) Hoạch định chiến lược khai thác tài nguyên nước, trên cơ sở đó hình thành các mục tiêu khai thác hệ thống và thiết lập hệ thống chỉ tiêu đánh giá hệ thống.

(2) Thiết lập các phương án về biện pháp công trình cụ thể, phân tích tính khả thi của các phương án công trình, bao gồm các vấn đề kinh tế và kỹ thuật.

(3) Sơ bộ lựa chọn các phương án có thể về biện pháp công trình và thiết kế hệ thống theo các phương án quy hoạch.

(4) Sơ bộ phân tích hiệu ích kinh tế của dự án, phân tích khả năng huy động vốn trong suốt thời kỳ quy hoạch.

(5) Phân tích một cách đầy đủ các mục tiêu khác: vấn đề xã hội chính trị, văn hoá v.v.

(6) Trình bày các nội dung công việc cần phải tiến hành ở các giai đoạn sau.

2.3.5. Thiết lập và sàng lọc các phương án

Đây là nội dung cần thực hiện ở giai đoạn 3 (hình 2.2). Việc sàng lọc các phương án được thực hiện theo trình tự các bước đã trình bày ở mục 1.3.4 và 1.3.5 và thể hiện ở hình (1.16) của Chương I, có thể tóm tắt lại và thể hiện theo sơ đồ hình 2.2 như sau:

(1) Thiết lập hệ thống các phương án có thể, là các phương án được chọn trên cơ sở xem xét theo những khía cạnh khác nhau về nguồn nước, yêu cầu sử dụng nước, đặc điểm điều kiện địa hình, khả năng đầu tư phát triển v.v (xem Chương I).

(2) Các phương án có thể cần được lựa chọn, đánh giá để xác định các phương án chấp nhận được. Việc đánh giá lựa chọn ra các phương án chấp nhận được của bài toán quy hoạch được thực hiện theo các bước sau:

- Phân tích định tính để loại bỏ các phương án không khả thi.
- Sử dụng mô hình mô phỏng để đánh giá khả năng đạt được của phương án theo hệ thống chỉ tiêu đánh giá hệ thống, từ đó loại bỏ các phương án không chấp nhận được (không khả thi).

– Sử dụng các công cụ tối ưu hóa, phân tích đa mục tiêu v.v để loại những phương án tồi ra khỏi các phương án có thể.

(3) Các phương án được sàng lọc theo chu trình lặp ① (hình 2.2) với sự tham gia của các chuyên gia và người ra quyết định.

Tập các phương án tốt nhất trong số các phương án có thể được thống kê để trình duyệt, và kết thúc giai đoạn 3 của quá trình lập quy hoạch.

2.3.6. Bổ sung và nghiên cứu chi tiết các phương án chọn

Đây là nội dung công việc trước khi chọn phương án cuối cùng. Các phương án được tuyển chọn từ các phương án có thể thực hiện ở giai đoạn 3 sẽ được nghiên cứu chi tiết hơn ở giai đoạn 4. Các dữ liệu được bổ sung thêm, các tham số và cấu trúc của hệ thống và mô hình mô phỏng hệ thống cũng được nghiên cứu chi tiết hơn. Sau những nghiên cứu bổ sung sẽ phân loại được các phương án chọn để nghiên cứu kỹ hơn.

2.3.7. Đánh giá và hoàn thiện phương án quy hoạch

Đây là nội dung của giai đoạn 4 được tiến hành theo chu trình lặp ② của sơ đồ hình 2.2. Nội dung cần thực hiện của chu trình này bao gồm:

– Xây dựng và phân tích mô hình hệ thống một cách chi tiết hơn so với giai đoạn trước.

– Lựa chọn cấu trúc và tham số hệ thống đối với các phương án chọn.

– Phân tích chi phí – lợi ích, phân tích tác động của dự án (đến môi trường và sinh thái), đánh giá rủi ro của dự án.

– Xác định quy tắc và mô hình vận hành hệ thống.

– Quyết định phương án cuối cùng.

– Phân tích tài chính đối với phương án cuối cùng.

2.3.8. Lập kế hoạch hoạt động của dự án

Lập kế hoạch thực hiện dự án là sự thuyết minh tổng quát về những nội dung công việc trọng yếu cần phải thực hiện trong các giai đoạn khác nhau của dự án. Do vậy, việc lập kế hoạch thực hiện dự án phải đáp ứng những mục đích sau đây trong quá trình triển khai dự án:

(1) Kiến nghị được cơ chế về phương án triển khai dự án một cách hiệu quả nhất.

(2) Giúp người làm quy hoạch dễ dàng hiểu và có thể kết nối các tiểu hệ thống cần được thực hiện trong dự án (hồ chứa, công trình trên sông, hệ thống khai thác nước ngầm) và lường được những khó khăn và thuận lợi khi tiến hành dự án.

(3) Làm căn cứ để cơ quan chức năng quản lý dự án khởi thảo các hợp đồng với các đối tác, chẳng hạn như các công ty khai thác thủy năng hoặc các công ty cấp nước.

(4) Chỉ ra những khiếm khuyết về các dữ liệu chủ yếu nếu có. Nếu thấy cần thiết phải bổ sung chương trình thu thập dữ liệu bổ sung, tiến hành từ đầu những dữ liệu cần thiết cho dự án.

(5) Giúp phát hiện sớm những xung đột giữa cơ quan chức năng quản lý dự án và đơn vị thực hiện dự án để có phương sách giải quyết xung đột.

(6) Kiến nghị những khóa huấn luyện ngắn hạn cho những người quản lý và vận hành dự án.

(7) Những khuyến cáo về thể thức phân bổ vốn của dự án.

2.3.9. Liên kết thực hiện

Các dữ liệu cần thu thập bao gồm: số liệu quan trắc thủy văn, môi trường, các số liệu về phát triển hệ thống.

2.4. Cơ cấu tổ chức

Một cơ cấu tổ chức hành chính phải được thành lập để bảo đảm một cách tốt nhất cho hoạt động và điều chỉnh quy hoạch và sự linh hoạt cần thiết trong quá trình hoạt động. Sự thành lập một cơ quan chức năng với quyền điều khiển đủ mạnh và một hệ thống nhân viên được đào tạo tốt là yêu cầu quan trọng. Các nước chú trọng phát triển hệ thống quản lý tài nguyên với thời gian và kinh nghiệm có thể thu được những nguồn lợi lớn. Các tổ chức liên quan đến quản lý tài nguyên nước thông thường thuộc về chính quyền liên bang, nhà nước, cơ quan địa phương. Ngoài ra còn có các tổ chức của các cơ quan chức năng, các tổ chức cá nhân (về nước, sức khỏe người dân và năng lượng), các tổ chức phi chính phủ và người sử dụng.

Tổ chức chịu trách nhiệm đưa ra các kế hoạch thường là một cơ quan hay một nhóm các tổ chức. Trong trường hợp cơ quan chức năng nhà nước về tài nguyên nước đã được thành lập, có khả năng, cơ quan đó sẽ chịu trách nhiệm lãnh đạo và chuẩn bị thực thi kế hoạch. Ở đó sẽ có các tổ chức địa phương cho các phần nhỏ của toàn dự án.

Để đảm bảo tính hiệu quả của toàn bộ kế hoạch và đánh giá đúng các dự án, sự kết hợp các tổ chức được coi là biện pháp tốt. Bởi vì một số cơ quan chính phủ ở nhiều nước phát triển thường tập trung vào một nhiệm vụ trong nhiều năm. Một trong số đó, thông thường là cơ quan cao nhất, sẽ được giao phó quyền lãnh đạo và chịu trách nhiệm; tốt nhất là các cơ quan về tài nguyên nước hoặc tưới tiêu. Có thể có một tổ chức chính phủ được ủy nhiệm một cách rõ ràng để kiểm tra kĩ thuật và phê duyệt dự án trước khi nó trở thành dự án quốc gia. Đôi khi, một số các tổ chức khác nhau cùng xem xét dự án đó ở những góc độ khác nhau, như các tổ chức về tài nguyên nước, môi trường, ô nhiễm,.... Sự tham gia của các chuyên gia từ các viện nghiên cứu vào quá trình dự án là yêu cầu thường xuyên; sự nghiên cứu dự án về một khía cạnh quan trọng nào đó có thể sẽ được tài trợ.

2.4.1. Các chuyên gia

Sự liên quan tới nhiều lĩnh vực của tài nguyên nước đòi hỏi phải có sự tham gia của nhiều lĩnh vực khoa học tương tác lẫn nhau trong mỗi giai đoạn. Sự tham gia của các chuyên gia ở nhiều lĩnh vực là cần thiết để đảm bảo một kết quả tốt nhất.

Các nhóm chuyên gia liên quan đến việc đề xướng và chuẩn bị bước đầu cho dự án bao gồm các nhà phân tích hệ thống. Họ cần có quan hệ tương tác với các nhóm khác, những người có sự hiểu biết về nguồn nước địa phương và về công nghiệp, tưới tiêu, tiềm năng phát triển thủy điện, nguồn lợi rừng,...Điều chủ yếu là các nhà phân tích hệ thống và các chuyên gia luật pháp cần hiểu về mục đích của dự án. Điều đó đặc biệt quan trọng khi các chuyên gia luật pháp xác định các ràng buộc về pháp lý của các chuyên gia phân tích hệ thống. Tham khảo các chuyên gia về các lĩnh vực khác như luật sư, nhà sinh vật (người bảo vệ các loài thú quý hiếm), các nhà khảo cổ,... cũng đặc biệt quan trọng để chắc chắn rằng vấn đề đã được giải quyết là thích hợp.

Những hiểu biết và sự quan sát theo dõi về dự án có ảnh hưởng lớn đến việc sự chọn lựa các chuyên gia. Bởi các dự án về nước thường liên quan đến đời sống xã hội và kinh tế nên các nhà tư vấn cần am hiểu khía cạnh này để không áp đặt những điều trái ngược.

2.4.2. Các cấp ra quyết định

Các dự án về tài nguyên nước thường rất lớn và cần một số tiền rất lớn được đầu tư từ xã hội. Việc cấp vốn cho nó phụ thuộc vào sự cần thiết của các khu vực kinh tế khác. Bởi vậy, việc quyết định được xem xét từ các cấp dưới và kết thúc ở cấp Chính phủ. Các thảm họa thiên nhiên như lũ lụt hay hạn hán thường tạo sức ép cho việc đề xướng, xây dựng, thông qua và thực thi các dự án về tài nguyên nước.

Cơ sở để đưa ra quyết định đối với các dự án về tài nguyên nước là các báo cáo tư liệu, trong đó phát thảo mục tiêu của dự án và đánh giá hiệu quả của nó về mặt kinh tế xã hội. Hậu quả xấu về kinh tế và các tác động tiêu cực cũng được xem xét. Các dự án càng lớn và càng chuyên sâu về sử dụng tài nguyên nước thì quá trình khảo sát khi lập dự án càng rộng hơn. Bởi vậy, cần thành lập một hệ thống các mức quy hoạch tài nguyên nước, bắt đầu từ mức mà các dự án có thể được xem xét ở cấp quốc gia. Các dự án quốc gia sẽ tạo ra các dự án nhỏ hơn, bao quát các yếu tố ở các khu vực nhỏ hơn.

Cơ cấu phân cấp quy hoạch tốt nhất là phương thức phân chia quy hoạch thành các mức khác nhau. Các quốc gia có cơ cấu phân cấp khác nhau nhưng nói chung thường có ba mức gắn với các cấp chính quyền như sau [2]:

(1) Mức A có nhiệm vụ khảo sát và nghiên cứu chung, thời gian có thể từ 30 đến 50 năm. Mục đích là xác định các vấn đề hiện tại và có một tổng quan về vấn đề cần nghiên cứu. Giới hạn địa lý của nghiên cứu thường rất lớn, có thể liên quan đến các thỏa thuận quốc tế về phân chia các sông chạy qua hai hay nhiều quốc gia. Những thỏa thuận này đã đạt được dựa trên nền tảng sự phát triển tài nguyên nước cũng như dựa trên chiến

lược của các quốc gia. Sự quyết định của quốc gia hay quốc tế có thể gây ra những tác động rất lớn khi họ đưa vào chiến lược phát triển.

(2) Mức B là mức nghiên cứu cho các khu vực nhỏ hơn. Mức này là sự tiếp tục của mức A, khi mà các vấn đề đã được xác định, thời gian thực hiện có thể là 15 năm. Mục đích chính của mức này là xét mức ưu tiên cho sự phát triển lâu dài của đất nước. Quyết định của mức này mang tính chính trị và có liên quan các vấn đề kĩ thuật ở một mức độ nào đó, thông thường là tài chính và và những quyết định về mặt xã hội. Thông thường, cấp này sẽ quyết định có tiếp tục thực hiện dự án hay không.

(3) Mức C là mức thực thi dự án, là cấp mà một dự án xác định được thiết kế và phát triển. Nói chung, mức C là sự tiếp tục của mức B bởi vì các dự án xác định ở mức B sẽ được thực thi ở mức C. Mức này mang tính khu vực; kết quả của nó kết hợp chặt chẽ với quy hoạch tài nguyên nước tại khu vực và xác định dự án về tài nguyên nước cho tất cả các nội dung, yêu cầu khác nhau đối với phát triển của khu vực. Mục tiêu nghiên cứu là thiết lập mức ưu tiên và những khuyến cáo về sử dụng tài nguyên nước đối với tất cả các hộ dùng nước.

2.4.3. Sự phối hợp giữa các tổ chức

Mặc dù sự hợp tác giữa các tổ chức trong suốt quá trình thực hiện dự án là rất quan trọng nhưng không phải tất cả các tổ chức và cá nhân có liên quan đến sử nước và bảo vệ tài nguyên nước đều nhận thấy sự cần thiết phải hợp tác. Có thể sẽ có những tổ chức hoặc cá nhân không đồng ý hoặc không thích hợp tác. Thông thường, nếu không có sự xác định rõ ràng về sự hợp tác của tổ chức, cá nhân có liên quan thì việc sử dụng nước hoặc quy hoạch tài nguyên nước sẽ không hiệu quả. Nhà nước cần có những quy định về nghĩa vụ hợp tác đối với những tổ chức, cá nhân có liên quan đến sử dụng nước. Một điều quan trọng là, một quy hoạch về tài nguyên nước sẽ không mang lại hiệu quả và có thể bị "chết" bởi các hoạt động của các dự án khác. Mặc dù điều này có vẻ đơn giản và logic nhưng có thể có những phức tạp. Sự liên kết và hợp tác thường xuyên là cách tốt nhất để tránh lãng phí và tiết kiệm trong quá trình lập các dự án khai thác tài nguyên nước.

Cần tăng cường sự hợp tác, cùng nhau để giải quyết những vấn đề có liên quan và trao đổi cán bộ trong quá trình hợp tác. Cùng với sự phát triển của công nghệ thông tin, hiện nay việc trao đổi thông tin và tài liệu đã dễ dàng hơn nhiều. Mặc dù việc thiết lập một cơ cấu thích hợp về mặt tổ chức hợp tác là rất quan trọng, nhưng sự hợp tác thực tế phụ thuộc nhiều vào con người, nếu không có sự tập trung cao độ của con người, sẽ không tạo ra những hoạt động có hiệu quả.

2.4.4. Nâng cao năng lực

Đây không phải là một phần của quy hoạch nhưng nó có liên quan và rất quan trọng đối với sự phát triển toàn diện. Sự thiếu thốn nhân lực đã được đào tạo sẽ ảnh hưởng lớn đến các quá trình áp dụng công nghệ cao, đặc biệt là ở các nước đang phát triển. Sự thiếu thốn về nhân lực có thể giải quyết bằng các giải pháp khác nhau. Giải pháp trực tiếp

là một số tiền sẽ được sử dụng để đào tạo một số nhân viên và những kĩ thuật viên, là những người sẽ tham gia phân tích hệ thống trong quy hoạch tài nguyên nước. Những người này cũng có nhiệm vụ phổ biến những kiến thức này đến các cấp dưới. Giải pháp thứ hai, và cũng là giải pháp lâu dài, là đề xướng các khóa học chuyên sâu tại các trường đại học khu vực để đào tạo cán bộ trong lĩnh vực này.

Hệ thống mục tiêu giáo dục cho các kĩ sư, người lập kế hoạch, các nhà quản lý tài nguyên nước đã được Dyck đề nghị năm 1990. Nhiều khóa học dựa trên ý tưởng của tác giả đã được thực hiện ở nhiều khu vực trên thế giới.

2.5. Sự tham gia của cộng đồng trong quá trình quy hoạch

2.5.1. Sự cần thiết về sự tham gia của cộng đồng

Qua hàng loạt các dự án phát triển, người ta nhận thấy rằng việc xác định sơ sài về tác động của cộng đồng địa phương cùng với sự đánh giá không đúng mức về sự tham gia của xã hội là nguyên nhân không thành công của các dự án. Biện pháp quan trọng là cần phân tích trước một cách kĩ lưỡng các điều kiện xã hội cũng như văn hóa cộng đồng, tham khảo ý kiến người dân trong suốt quá trình xây dựng dự án, thực thi dự án một cách "mở". Hơn nữa, những người cư trú ở địa phương với những hiểu biết về khu vực mình đang sống có thể sẽ cung cấp được các đầu vào tốt hơn so với người lập kế hoạch từ nơi khác tới. Mặt khác, người dân địa phương có thể không nhận thức đúng về ý tưởng trừ khi họ hiểu quá trình tư duy tạo nên ý tưởng đó. Bởi vậy, việc có một cơ cấu để mỗi người đều có quyền truy nhập, phân tích thông tin, thiết lập sự ưu tiên và phát triển dự án là cần thiết. Liên Hợp Quốc (UN,1997) đã nhấn mạnh sự tham gia của cộng đồng vào các dự án về tài nguyên nước.

Sự tham gia của cộng đồng là một quá trình trong đó cái nhìn của tất cả các bộ phận của cộng đồng có tác động đến quá trình ra quyết định. Ở đây, thuật ngữ "cộng đồng" chỉ một người hay một nhóm người quan tâm tới dự án. Sự tham gia của cộng đồng ở đây chỉ sự tham gia của những nhóm người đó đối với quá trình ra quyết định hoặc cố gắng tác động tới quyết định đó. Sự tham gia của cộng đồng là rất cần thiết vì chính phủ, các cơ quan chức năng và các chuyên gia về tài nguyên nước không có những hiểu biết đầy đủ về những gì mà người dân địa phương muốn và những gì là tốt nhất cho họ. Một điều quan trọng của sự phát hiện này là sự tham gia của xã hội không nên bị giới hạn bởi việc có những cái nhìn khác nhau. Nên để dự án tác động vào người dân và để người dân tham gia vào những quyết định làm thay đổi cuộc sống và môi trường sống của họ. Đồng thời, cần nhận thức rằng sự xem xét quan điểm của xã hội không gây ra những trở ngại không đúng đối với quá trình ra quyết định. Khi làm việc với sự tham gia của cộng đồng, người lập quy hoạch nên có nhận thức về: (a) Sự tham gia rộng rãi của cộng đồng; (b) Có kế hoạch một cách đầy đủ cho sự tham gia của cộng đồng và (c) Sự tham gia đó sẽ được tổ chức như thế nào.

Có thể phân thành 4 loại: cơ quan chính phủ, những tổ chức bị tác động trực tiếp, các tổ chức bị tác động gián tiếp, và các tổ chức khác (bao gồm các tổ chức phi chính phủ).

Mục đích chính của sự tham gia của cộng đồng là tạo nên sự đối thoại với dự án nhằm làm cho việc ra quyết định chính xác. Một điều quan trọng là sự phát triển nên dựa trên quá trình chia sẻ hiểu biết lẫn nhau giữa người lập quy hoạch và cộng đồng. Tuy nhiên, không có một nguyên tắc nào dành cho sự tham gia của cộng đồng trong quá trình ra quyết định. Mặc dù lý thuyết về sự tham gia của xã hội có thể áp dụng với mọi quốc gia và với mọi dự án nhưng thể hiện của nó có thể khác nhau.

Sự tham gia của cộng đồng có thể làm tiêu tốn thời gian và chi phí ban đầu nhưng lợi ích lâu dài sẽ lớn hơn. Tuy nhiên, đó là một quá trình mềm mỏng, lặp đi lặp lại và nên diễn ra trong suốt quá trình thực hiện dự án. Sự tham gia của cộng đồng vào quá trình lập quy hoạch, vào quá trình nghiên cứu tác động môi trường, càng lâu càng tốt. Quá trình này tốt nhất là bắt đầu sớm, tốt hơn hết là ngay từ khi mới hình thành dự án. Khi đó, các nhà đầu tư sẽ chấp nhận sự tham gia của cộng đồng một cách tự nhiên hơn.

2.5.2. Những lợi ích do sự tham gia của cộng đồng mang lại

1. Đối với việc ra quyết định

– Sự tham gia của cộng đồng làm giảm nguy cơ thất bại của dự án nhờ tăng cường chất lượng việc lập hoạch và ra quyết định.

– Sự tham gia của cộng đồng giúp nâng cao khả năng giải quyết sự cố.

– Giúp nâng cao nhận thức về đối tác đối với người dân địa phương. Do đó khắc phục được sự cản trở của địa phương và tạo ra môi trường làm việc tốt.

– Làm giảm đáng kể xung đột giữa các cá nhân, và các tổ chức.

– Giúp nâng cao hiệu quả hoạt động của dự án nhờ sử dụng kiến thức kĩ thuật từ cộng đồng.

– Những người dân càng nghèo, tài nguyên càng hiếm thì sự tham gia của người dân càng quan trọng vì sự tồn tại và cuộc sống của họ phụ thuộc vào đó.

Đặc biệt, nguồn lợi mà sự tham gia của cộng đồng mang lại cho những nhà đầu tư, gồm chính phủ, chuyên viên, và những người chịu tác động.

2. Đối với chính phủ

– Tăng cường sự tín nhiệm, tính hợp pháp và hình ảnh tốt đẹp thông qua quá trình ra quyết định một cách hiệu quả, đặc biệt là đối với những quyết định gây tranh cãi.

– Tăng cường sự hợp tác giữa các ban ngành chính phủ thông dựa trên sự cần thiết của quá trình tham gia.

– Sự tận tâm của những nhà đầu tư trong quá trình ra quyết định sẽ ở mức cao.

– Giảm những đe dọa về những sự đối đầu gay gắt và nhờ đó, giảm thiểu chi phí và thời gian thực hiện dự án.

– Nâng cao nhận thức và trách nhiệm của cộng đồng về dự án.

3. Đối với các cơ quan tài chính

– Hiện thực hóa sự cần thiết và sự tham gia tích cực của người dân địa phương.

– Cơ sở dữ liệu tốt hơn ngay từ khi lập quy hoạch.

– Nâng cao kĩ thuật trong thiết kế, nhờ đó giảm chi phí dự án.

4. Đối với những người bị tác động

– Tăng cường sự hiểu biết về dự án cũng như các tác động đối với cuộc sống của họ.

– Dự án sẽ phù hợp hơn với nhu cầu của họ.

– Khả năng thành công của dự án cao hơn nhờ đó nâng cao chuẩn mức sống của người dân.

– Cơ hội để người dân địa phương đưa tiếng nói của mình đến các cấp lãnh đạo.

– Mục tiêu đạt lợi ích tốt hơn.

– Tăng cường mức độ giải trình của chính phủ và của chuyên viên đối với người dân địa phương.

2.5.3. Những yếu tố đóng góp của các bên

Những yếu tố tham gia của các bên bao gồm:

1. Tất cả các yêu cầu về sử dụng nước của các hộ dùng nước cần được xem xét trong quá trình lập dự án.

2. Những yêu cầu và nguyện vọng về bảo vệ môi trường và sinh thái do có thể có những tác động xấu gây nên trong quá trình khai thác tài nguyên nước.

3. Nguyện vọng của người dân tại các vùng dân cư nằm trong vùng tái định cư do ảnh hưởng xây dựng các công trình thủy lợi.

2.5.4. Các hoạt động trong quá trình tham gia của cộng đồng

Sự tham gia bao gồm một số các hoạt động mà trong đó mỗi hoạt động sẽ là điều kiện tiên quyết và quyết định cho hoạt động kế tiếp. Sự xem xét tiền quy hoạch là cần thiết và những người tham gia phải thực hiện cẩn thận để đạt được tất cả các bước. Chẳng hạn, một việc gì đó sẽ không thể có sự tham gia nếu không có sự tham khảo, sự tham khảo lại không thể thực hiện nếu không có sự truyền bá thông tin một cách phổ biến. Goodman (1984) [4] phân loại những sự tham gia khác nhau của cộng đồng và kĩ thuật giáo dục thành 5 loại, bao gồm: những cuộc họp các nhóm lớn, các cuộc gặp mặt các nhóm nhỏ, sự tiếp xúc với tổ chức, phương tiện truyền thông đại chúng và sự tương tác trong cộng đồng. Ông đã phân tích 23 hình thức hoạt động tham gia và đưa ra những thuận lợi và khó khăn của từng loại. Vài hoạt động chính về sự tham gia của cộng đồng được liệt kê dưới đây

1. Thu thập thông tin. Đó là sự phân tích có hệ thống các vấn đề xã hội, văn hóa, điều kiện kinh tế, về những nhóm người bị nhà đầu tư tác động trực tiếp (như người nông dân và đồng bào dân tộc thiểu số). Dữ liệu được lấy từ những đợt khảo sát, những bản câu hỏi, chuyến viếng thăm hoặc những cuộc thăm dò ý kiến. Những dữ liệu đó được phân tích để rút ra những vấn đề cốt yếu, những cá nhân và tổ chức quan trọng và mức độ quan tâm của họ

2. Phổ biến thông tin. Đó là quá trình cung cấp thông tin về dự án cho các nhà đầu tư. Một số các công cụ có thể được sử dụng, tùy thuộc vào điều kiện, mức độ hiểu biết, cơ sở hạ tầng và thái độ của người dân địa phương (điện tử, phương tiện in ấn, sự trưng bầy, hội thảo và thuyết trình). Cộng đồng nên được cung cấp thông tin một cách thường xuyên, cả khi hoạt động và khi ngừng hoạt động. Để mở rộng quy mô, thông tin nên được cung cấp dưới dạng ngôn ngữ địa phương và không kèm theo nhiều thuật ngữ chuyên ngành. Rõ ràng là những nhà đầu tư chỉ có thể tham gia khi họ được cung cấp đủ thông tin.

2.6. Các yếu tố bất định trong quy hoạch tài nguyên nước

Nghiên cứu về hệ thống tài nguyên nước cần chú ý những đặc điển chính của nó, có thể hệ thống lại như sau.

(1) Hệ thống tài nguyên nước là một hệ thống phức tạp, tồn tại một số lượng các tham số và các mối quan hệ giữa chủng. Hệ thống tài nguyên nước bị tác động mạnh mẽ bởi yếu tố môi trường.

(2) Hệ thống tài nguyên nước là hệ bất định, có nhiều yếu tố bất tố bất định, bao gồm:

+ Các biến vào, biến ra và biến trạng thái là những biến ngẫu nhiên. Quy luật ngẫu nhiên của các biến đó sẽ ảnh hưởng đến chất lượng của các thiết kế, quy hoạch và điều khiển hệ thống tài nguyên nước.

+ Các thông tin về hệ thống là không đầy đủ, hoặc có thì cũng rất khó có thể phân tích được hết các thuộc tính của hệ thống khi lập các quy hoạch khai thác. Các thông tin đó bao gồm:

– Các tài liệu đo đạc về khí tượng thủy văn.

– Các tài liệu về yêu cầu nước trong tương lai.

– Các thông tin về ảnh hưởng tác động của môi trường v.v.

(3) Sự hiểu biết không đầy đủ của người nghiên cứu về hệ thống, bao gồm các quy luật vật lý của tài nguyên nước, các " tiềm năng" của hệ thống và các ảnh hưởng của các biện pháp công trình đến sự thay đổi trạng thái của hệ thống tài nguyên nước v.v.

(4) Bất định về mục tiêu, thể hiện ở các mặt:

+ Mục tiêu khai thác có thể chưa được đặt ra một cách rõ ràng ngay từ đầu, và nó chỉ được hình thành trong quá trình tiếp cận hệ thống.

+ Đa mục tiêu trong khai thác và điều khiển.

+ Hệ thống tài nguyên nước là hệ thống luôn luôn ở trạng thái cân bằng tạm thời. Những biến đổi về khí hậu, mặt đệm và các tác động đột biến bởi con người làm hệ thống tài nguyên nước thay đổi từ trạng thái cân bằng này sang trạng thái cân bằng khác. Do đó những thông tin hiện tại về hệ thống không phản ánh những quy luật của tương lai.

(5) Hệ thống thủy lợi là hệ thống có cấu trúc yếu, bởi vì:

+ Các mối quan hệ trong hệ thống rất khó thể hiện bằng các biểu thức toán học, thậm chí không thể hiện được.

+ Khó kiểm soát được các tác động của môi trường, đặc biệt là các tác động của con người.

Với những đặc điểm trên của hệ thống tài nguyên nước, nó trở thành một đối tượng nghiên cứu của lý thuyết phân tích hệ thống. Mặt khác sự chính xác của việc ra quyết định bị hạn chế, bởi vậy khi lập các dự án quy hoạch phải tiến hành đánh giá độ tin cậy cũng như mức độ rủi ro của dự án.

Chương III
PHÂN TÍCH KINH TẾ VÀ TÀI CHÍNH

Phân tích kinh tế dự án nhằm mục đích tránh sự đầu tư không hiệu quả và lãng phí vào các dự án. Đây là điều đặc biệt quan trọng trong những trường hợp mà tiền vốn để tài trợ cho dự án đang bị thiếu hoặc phải vay của nước ngoài. Phân tích kinh tế là một trong những chỉ tiêu quan trọng trong quá trình lập và quyết định thực thi dự án. Phân tích kinh tế trong quy hoạch nguồn nước đã được đề cập đến trong nhiều tài liệu về quy hoạch nguồn nước [4], [7], [8].

Nhiệm vụ của phân tích kinh tế là đánh giá hiệu quả của việc khai thác sử dụng nguồn nước và hiệu quả của việc đầu tư phát triển nguồn nước. Trên cơ sở đó có quyết sách hợp lý cho chiến lược phát triển nguồn nước.

Nội dung cơ bản của phân tích kinh tế trong phát triển nguồn nước bao gồm:

– Phân tích xác định giá trị của nước đối với các ngành sử dụng tổng hợp nguồn nước.

– Phân tích chi phí và lợi ích đối với các quy hoạch phát triển nguồn nước.

– Đánh giá hiệu quả kinh tế của các dự án đầu tư phát triển nguồn nước.

– Hạch toán kinh tế trong quá trình quản lý khai thác tổng hợp nguồn nước, trên cơ sở định giá nước một cách hợp lý.

– Hoạch định các chính sách kinh tế trong quản lý nguồn nước.

Một dự án quy hoạch được coi là khả thi nếu thỏa mãn những điều kiện sau đây:

(1) Về điều kiện kỹ thuật

(2) Về kinh tế: Nếu các phân tích về mặt kinh tế đảm bảo các chỉ tiêu kinh tế sẽ được phân tích ở các mục sau.

(3) Về mặt tài chính: Trước tiên khi phân tích tài chính cho thấy các chỉ tiêu NPV, IRR... đạt các các giá trị cho phép. Tính khả thi về mặt tài chính còn được xem xét về khả năng huy động vốn (của Nhà nước, hoặc nhà đầu tư).

(4) Về mặt chính trị và xã hội.

(5) Về môi trường và sinh thái.

Trong chương này chủ yếu liên quan đến phân tích kinh tế và phân tích tài chính.

3.1. Kinh tế kỹ thuật và phân tích kinh tế

3.1.1. Nguyên lý chung về kinh tế kỹ thuật

3.1.1.1. Khái niệm về phân tích tài chính và phân tích kinh tế

1. Phân tích tài chính

Sự phân tích hiệu quả đầu tư của dự án theo quan điểm tài chính, gọi là phân tích về mặt tài chính. Sự phân tích về mặt tài chính sẽ xem xét, đánh giá chi phí và lợi ích mà một đơn vị hoặc một người sẽ nhận được và thanh toán trong quan hệ thị trường.

Phân tích tài chính đơn giản chỉ là sự phân tích lợi ích giữa người đầu tư và người sử dụng trong mối quan hệ về mặt tài chính. Người đầu tư (có thể là một công ty hoặc chính phủ) sẽ chỉ quan tâm đến lợi ích mang lại cho họ khi đầu tư vào dự án, nhưng ai là người trả tiền cho họ và lợi ích họ thu được là bao nhiêu.

Ví dụ một công ty (hoặc nhà nước) đầu tư xây dựng một nhà máy thuỷ điện. Nhà đầu tư cần phải đánh giá được lợi ích mà họ nhận được khi đầu tư vào dự án. Lợi ích mang lại cho nhà đầu tư là số tiền thu được từ bán điện trong thời gian khai thác công trình sau khi đã trừ đi các khoản chi phí (xây dựng công trình, quản lý, thuế tài nguyên nước, các lại thuế khác, đền bù...). Nhà đầu tư cần phân tích làm rõ hai khía cạnh sau:

– Lợi ích mang lại cho công ty và khả năng thu hồi vốn khi đầu tư vào dự án này.

– Khả năng chi trả vốn vay nếu công ty phải vay vốn theo hạn định của ngân hàng hoặc vay vốn nước ngoài với mức lãi suất đã ấn định trước.

Thông qua phân tích tài chính, nếu sự đầu tư mang lại lợi ích không lớn hoặc nhà đầu tư không có khả năng chi trả vốn vay theo hạn định thì dự án có thể không được đầu tư xây dựng.

2. Phân tích kinh tế

Sự phân tích hiệu quả đầu tư của dự án theo quan điểm kinh tế gọi là phân tích về mặt kinh tế. Phân tích về mặt kinh tế sẽ xem xét một dự án quy hoạch ở một góc độ rộng lớn hơn. Nó giúp ước đoán những lợi ích và chi phí đối với toàn bộ nền kinh tế quốc dân.

Cũng lấy ví dụ một công ty (hoặc nhà nước) đầu tư xây dựng một nhà máy thuỷ điện. Theo quan điểm kinh tế Nhà nước cần phải đánh giá được lợi ích mang lại cho nền kinh tế quốc dân khi đầu tư vào dự án. Lợi ích mang lại không phải chỉ là tiền thu được từ bán điện mà còn bao gồm các lợi ích kinh tế khác: tạo điều kiện phát triển các lĩnh vực kinh tế khác, tạo công việc làm, v.v. Như vậy, lợi ích kinh tế mang lại được xem xét trong sự phát triển chung của nền kinh tế quốc dân. Nhà đầu tư chỉ được hưởng lợi ích do bán điện mà có, lợi ích này có thể là không lớn nhưng lợi ích mang lại cho nền kinh tế quốc dân có thể là rất lớn.

Như vậy, để xem xét tính khả thi của một dự án, ngoài phân tích về mặt kỹ thuật cần thông qua phân tích tài chính, phân tích kinh tế để quyết định xem dự án có cần được

đầu tư hay không. Tất nhiên khi phân tích dự án cần xem xét ảnh hưởng của nó đến các vấn đề xã hội, môi trường, chính trị, quân sự v.v.

3.1.1.2. Khái niệm về chi phí và lợi ích

1. Theo quan điểm tài chính

Theo quan điểm tài chính, bất cứ những gì làm giảm lợi nhuận ròng của một công ty hoặc một cá nhân nào đó được gọi là chi phí, những gì làm tăng thu nhập của công ty hoặc một cá nhân gọi là lợi ích.

2. Theo quan điểm kinh tế

Theo quan điểm kinh tế, bất cứ những gì làm giảm thu nhập nền kinh tế quốc dân gọi là chi phí, những gì làm tăng thu nhập nền kinh tế quốc dân gọi là lợi ích.

Chẳng hạn, việc sử dụng xi măng cho việc lát kênh dẫn nước của công trình thuỷ lợi làm giảm khả năng sản xuất của những lĩnh vực dịch vụ khác, cuối cùng làm giảm thu nhập quốc dân. Bởi vậy, việc sử dụng xi măng trong dự án trên là chi phí đối với nền kinh tế quốc dân.

Nhưng việc sử dụng xi măng cho việc lát kênh cũng làm tăng sản xuất lúa gạo dẫn tới kết quả làm tăng khối lượng hàng hoá và dịch vụ xã hội, thu nhập kinh tế quốc dân tăng lên. Vậy việc sử dụng xi măng để lát kênh sẽ mang lại lợi ích.

Nhiệm vụ của việc phân tích kinh tế là phải đánh giá được xem liệu những lợi ích của dự án có lớn hơn chi phí bỏ ra hay không.

3. Ví dụ: Giả sử có dự án xây dựng một hồ chứa cấp nước tưới cho nông nghiệp.

Theo quan điểm tài chính các chi phí bao gồm:

– Vốn đầu tư xây dựng công trình

– Các chi phí vận hành sửa chữa

– Tiền giải phóng mặt bằng và đền bù

– Các loại thuế

Lợi ích mang lại là tiền thu được từ việc bán nước, tiền thu được từ việc khai thác du lịch, nuôi thuỷ sản tại lòng hồ.

Theo quan điểm kinh tế các chi phí có thể bao gồm:

– Vốn đầu tư xây dựng công trình

– Các chi phí vận hành sửa chữa

– Tiền giải phóng mặt bằng và đền bù

– Thiệt hại kinh tế do mất khả năng sản xuất ở phần diện tích đất dành cho làm công trình và phần diện tích dành cho giải phóng mặt bằng.

Lợi ích mang lại bao gồm:

– Sản lượng lúa gạo tăng lên do có công trình cấp nước tưới và làm tăng thu nhập quốc dân.

– Làm tăng thu nhập quốc dân từ việc xuất khẩu lúa gạo.

– Lợi ích từ khai thác lòng hồ do nuôi trồng thuỷ sản và du lịch

– Làm tăng sản phẩm cho xã hội do sự thay đổi tập quán canh tác và thay đổi ngành nghề sản xuất của khu vực di dân.

– Lợi ích mang lại do giảm sức lao động cho người trồng lúa ở vùng được cấp nước. Người nông dân sẽ có cơ hội làm những nghề phụ khác làm tăng sản phẩm xã hội.

– Làm tăng sức sản xuất của các lĩnh vực có liên quan: sản xuất xi măng, sắt thép, công nghiệp chế biến...

– Ngoài ra còn có những lợi ích không tính được bằng tiền. Đó là các vấn đề về cải thiện điều kiện môi trường, lợi ích xã hội khác mang lại.

Nói chung, việc phân tích chi phí và lợi ích theo quan điểm kinh tế là rất phức tạp và khó khăn hơn nhiều so với việc phân tích tài chính.

3.1.1.3. Giá trị và giá cả

Giá trị của một lượng hàng hoá nào đó chính là lượng sản phẩm tăng thêm khi sử dụng lượng hàng hoá đó.

Ví dụ: giá trị của một bao phân bón chính là lượng thóc gạo tăng thêm sau khi sử dụng thêm một bao phân bón. Giá trị (tính bằng tiền) của một bao phân bón chính là số tiền thu được từ lượng thóc gạo tăng thêm khi bán chúng với một giá nào đó.

Nếu giá của bao phân bón bán cao hơn giá trị của nó thì sẽ có ít người sử dụng loại phân bón đó. Nếu giá của bao phân bón thấp hơn giá trị của nó sẽ có nhiều người mua hơn.

Trong quá trình sản xuất nếu vốn đầu tư sản xuất một bao phân bón cao hơn giá trị của nó thì việc đầu tư sản xuất loại phân bón đó sẽ không có lợi. Một cách tương tự, nếu vốn đầu tư cho một dự án thuỷ lợi cao hơn giá trị của nó (là sự tăng thêm của sản phẩm xã hội sau khi có dự án đó) thì việc đầu tư sẽ không có lợi về mặt kinh tế.

Vấn đề cần quan tâm là việc định giá cho sản phẩm tạo ra của một dự án như thế nào. Chẳng hạn đối với dự án thuỷ lợi cần thiết phải định được giá nước sau khi dự án hoàn thành. Nếu giá nước quá cao và lớn hơn giá trị của nó thì người nông dân sẽ không sử dụng nước từ dự án. Ngược lại, nếu giá nước thấp sẽ có nhiều người sử dụng nước nhưng có thể việc đầu tư sẽ bị lỗ do suất đầu tư cao. Bởi vậy, việc định giá nước theo quan điểm kinh tế là một vấn đề phức tạp và phải được xem xét từ các khía cạnh:

– của người đầu tư vào dự án thuỷ lợi,

– của người nông dân,

– của chiến lược phát triển kinh tế của nhà nước.

Một giá nước được gọi là tối ưu nếu nó làm tăng thu nhập quốc dân nhưng vẫn có thể không có lãi đối với người đầu tư vào dự án thuỷ lợi. Khi đó nhà nước sẽ có biện pháp trợ giá cho người nông dân hoặc bù lỗ cho người đầu tư vào dự án.

Trong phân tích kinh tế dự án thường sử dụng hai loại giá: giá thị trường và giá kinh tế.

Giá thị trường là một sự ước tính tương đối tuỳ thuộc vào quy luật giá cả của thị trường. Đối với một loại hàng hoá nào đó nếu có nhiều người sẵn sàng mua thì nó có thể có giá cao, ngược lại sẽ có giá thấp.

Sự phân tích về mặt tài chính thường sử dụng giá thị trường. Sự phân tích về mặt kinh tế thường phải sử dụng giá kinh tế được chọn sao cho có lợi cho sự phát triển chung của nền kinh tế và mang lại những lợi ích về mặt xã hội và môi trường.

3.1.2. Hệ số chiết khấu

3.1.2.1. Giá trị thời gian của đồng tiền

Nếu chúng ta cho một người khác vay tiền sử dụng, chúng ta có quyền hy vọng sẽ nhận được khoản tiền lãi trong tương lai. Lý do là, nếu một người nào cho người khác vay tiền thì người đó đã bỏ qua cơ hội sử dụng khoản tiền đó vào mục đích riêng của mình. Bởi vậy, người cho vay tiền có quyền được nhận bồi thường cho sự hy sinh đó. Đó chính là tiền lãi.

Khoản tiền lãi đó phải được trả, cho dù nền kinh tế có chịu lạm phát hay không. Nếu có lạm phát thì lãi suất sẽ được tính thêm sao cho người cho vay sau khi nhận lại số tiền của mình vẫn phải có sức mua bằng với sức mua tại thời điểm cho vay.

Ví dụ, tại thời điểm cuối năm 2000, nếu chúng ta cho một người nào đó vay một số tiền 1000.000 đồng với lãi suất 10%/năm thì sau 5 năm (vào cuối năm 2005), người vay phải trả cho chúng ta một khoản tiền là 1.610.510 đồng. Số tiền phải trả sau 5 năm được tính theo phép tính luỹ tiến, gọi là phép tính đa hợp (xem bảng 3.1). Gọi lãi suất là r (trong ví dụ này r = 10% = 0.1), S_0 là số tiền ban đầu, số tiền dư nợ của người vay ở cuối mỗi năm sẽ là:

Cuối năm thứ nhất: $S_1 = S_0(1 + r)$

Cuối năm thứ hai: $S_2 = S_0(1 + r)(1 + r) = S_0(1 + r)^2$

Cuối năm thứ ba: $S_3 = S_0(1 + r)^2(1 + r) = S_0(1 + r)^3$

Cuối năm thứ tư: $S_4 = S_0(1 + r)^3(1 + r) = S_0(1 + r)^4$

Cuối năm thứ năm: $S_5 = S_0(1 + r)^4(1 + r) = S_0(1 + r)^5$

Như vậy, đến cuối năm thứ năm người vay phải trả một số tiền là: $S_5 = S_0(1 + r)^5$.

Một cách tổng quát, nếu người vay số tiền ban đầu là S_0 thì sau n năm người đó phải trả một số tiền tổng cộng là $S_5 = S_0(1 + r)^n$.

***Bảng 3.1.* Phép tính đa hợp**

TT	*Năm*	*Số lượng đầu năm (đồng)*	*Hệ số = 1 + lãi suất*	*Số lượng cuối năm (đồng)*
t_0				1.000.000
t_1	2001	1.000.000	1.1	1.100.000
t_2	2002	1.100.000	1.1	1.210.000
t_3	2003	1.210.000	1.1	1.331.000
t_4	2004	1.331.000	1.1	1.464.100
t_5	2005	1.464.100	1.1	1.610.510

Số tiền mà người cho vay nhận được sau 5 năm là 1.610.510 đồng thực chất chỉ bằng 1.000.000 đồng tại thời điểm cuối năm 2000. Việc tính toán chuyển giá trị đồng tiền tại thời điểm bất kỳ về thời điểm ban đầu được gọi là phép tính chiết khấu (xem tính toán ở bảng 3.2).

Giả sử S_5 là số tiền nhận được ở cuối năm thứ 5, khi đó giá trị đồng tiền ở đầu mỗi năm tương ứng là:

Đầu năm thứ năm (cuối năm thứ 4): $S_4 = S_5/(1 + r)$

Đầu năm thứ tư (cuối năm thứ 3): $S_3 = S_5/(1 + r)^2$

Đầu năm thứ ba (cuối năm thứ 2): $S_2 = S_5/(1 + r)^3$

Đầu năm thứ hai (cuối năm thứ 1): $S_1 = S_5/(1 + r)^4$

Đầu năm thứ nhất (thời điểm ban đầu): $S_0 = S_5/(1 + r)^5$

***Bảng 3.2.* Phép tính chiết khấu**

TT	*Năm*	*Số lượng cuối năm (đồng)*	*Hệ số*	*Số lượng đầu năm (đồng)*
t_5	2005	1610510	1.1	1464100
t_4	2004	1464100	1.1	1331000
t_3	2003	1331000	1.1	1210000
t_2	2002	1210000	1.1	1100000
t_1	2001	1100000	1.1	1000000

Như vậy, số tiền người cho vay nhận được ở cuối năm thứ 5 (sau 5 năm) là S_5 thực chất chỉ là S_0 khi tính quy đổi về thời điểm ban đầu, và tất nhiên người vay chỉ được nhận số tiền là S_0 và sau 5 năm phải trả số tiền là S_5.

Trong trường hợp tổng quát, nếu số năm cho vay theo hạn định là n năm thì số tiền người cho vay nhận được là S_n và tương đương với giá trị S_0 tại thời điểm ban đầu xác định theo công thức:

$$S_0 = \frac{S_n}{(1+r)^n} \quad (3.1)$$

Rõ ràng, giá trị của đồng tiền không phải là giá trị bất biến theo thời gian. Bởi vậy, để so sánh giá trị của đồng tiền chúng ta cần thực hiện phép tính quy đổi giá trị đồng tiền về thời điểm hiện tại.

Phép tính quy đổi giá trị đồng tiền ở thời điểm bất kỳ về thời điểm hiện tại gọi là phép tính chiết khấu.

3.1.2.2. Hệ số chiết khấu

Giá trị r trong các phép tính đa hợp và phép tính chiết khấu là số thập phân. Trong quan hệ tài chính, trong giao dịch vay tiền hoặc gửi tiền r được gọi là hệ số lãi suất.

Trong lĩnh vực đầu tư phát triển thường phải thực hiện các phép tính chiết khấu nên r gọi là hệ số chiết khấu hay còn gọi là hệ số khấu hao. Trong tài liệu này sử dụng ngôn từ "hệ số chiết khấu".

Trong đầu tư phát triển người ta sử dụng hệ số chiết khấu để đưa giá trị của những chi phí và lợi ích trong tương lai về giá trị tại thời điểm hiện tại để phân tích các phương án đầu tư.

Hệ số chiết khấu phản ánh mức thu hồi vốn tối thiểu có thể chấp nhận được đối với một dự án.

Đối với bản phân tích tài chính hệ số chiết khấu thường liên quan đến hoạt động tài chính của công ty hoặc Nhà nước, có quan đến quan hệ vốn vay tại ngân hàng hoặc vốn vay của nước ngoài. Hệ số chiết khấu không thể nhỏ hơn hệ số lãi suất vay từ ngân hàng.

Đối với bản phân tích kinh tế hệ số chiết khấu phải phản ảnh được số lượng tiền tệ lưu động sẵn có của nền kinh tế quốc dân được huy động tối đa. Hệ số chiết khấu theo quan điểm kinh tế do Nhà nước quy định tuỳ thuộc vào trình độ phát triển và chiến lược đầu tư phát triển của nền kinh tế quốc dân.

Trong nhiều trường hợp người ta gợi ý sử dụng "hệ số chiết khấu ưu đãi thời gian xã hội", gọi tắt là hệ số ưu đãi. Cơ sở của lập luận này là ở chỗ người ta cho rằng xã hội có chiều dài thời gian dài hơn nhiều so với từng cá nhân con người hoặc công ty. Nói một cách khác là vì xã hội tương lai và các thế hệ mai sau. Vì vậy, hệ số ưu đãi thời gian xã hội là một hệ số thấp hơn. Tất nhiên, điều này còn tuỳ thuộc vào mức thu nhập quốc dân của mỗi nước và khả năng dư thừa vốn lưu động của nền kinh tế quốc dân.

3.1.3. Phương pháp tính chiết khấu

Nếu ta gọi C_t là chi phí tại thời điểm t của thời gian quy hoạch (trong tương lai); gọi B_t là lợi ích mang lại của dự án tại thời điểm t trong tương lai. Ta có giá trị của chi phí và lợi

ích tính quy đổi về thời điểm hiện tại t_0 (thời điểm thực hiện quy hoạch hoặc dự án) tương ứng là C và B:

$$C = \frac{C_t}{(1+r)^{t-t_0}} \qquad B = \frac{B_t}{(1+r)^{t-t_0}} \tag{3.2}$$

Nếu chọn thời điểm hiện tại bằng "0" thì công thức (3.2) được viết lại theo dạng (3.3) như sau:

$$C = \frac{c_t}{(1+r)^t} \qquad B = \frac{b_t}{(1+r)^t} \tag{3.3}$$

Nếu thời gian quy hoạch là T năm, thời gian thường lấy bằng tuổi thọ của dự án quy hoạch, tức là thời gian hoạt động của dự án sau khi được xây dựng, khi đó chi phí và lợi ích tổng cộng tính quy đổi về thời điểm hiện tại sẽ là:

$$C = \sum_{t=1}^{T} \frac{C_t}{(1+r)^t} \qquad B = \sum_{t=1}^{T} \frac{B_t}{(1+r)^t} \tag{3.4}$$

Giả sử có một dự án thuỷ lợi với thời gian quy hoạch T năm. Chi phí cho dự án gồm 2 phần: chi phí xây dựng công trình được thực hiện trong 2 năm đầu với mức 4 tỷ đồng (năm thứ nhất) và 2 tỷ đồng (năm thứ hai); chi phí quản lý và khai thác hàng năm là 150 triệu đồng kể từ năm thứ 3 trở đi.

Lợi ích khai thác từ dự án bắt đầu từ năm thứ 3 trở đi với số tiền thu được hàng năm thống kê trong cột (4) bảng 3.3. Áp dụng công thức (3.4) có thể tính được tổng chi phí và lợi ích 10 năm đầu tiên tính quy đổi về thời điểm hiện tại (ở đầu năm thứ nhất) thể hiện trong bảng 3.3.

***Bảng 3.3.* Giá trị chi phí và lợi ích dự án tính quy đổi về thời điểm hiện tại**

Thời gian, t	*Chi phí hàng năm, C_t (10^6 đồng)*	*Chi phí quy đổi về thời điểm hiện tại, C (10^6 đồng)*	*Lợi ích hàng năm, B_t (10^6 đồng)*	*Lợi ích quy đổi về thời điểm hiện tại, B (10^6 đồng)*
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	4.000	3.636.364	0	0.000
2	2.000	1.652.893	0	0.000
3	150	112.697	200	150.263
4	150	102.452	500	375.657
5	150	93.138	1.000	620.921
6	150	84.671	2.000	1.128.948
7	150	76.974	2.000	1.026.316
8	150	69.976	2.000	933.015
9	150	63.615	2.000	848.195
10	150	57.831	2.000	771.087
Tổng cộng	7.200.000	C = 5.950.611	11.700.000	B = 5.854.402

Trong bảng 3.3: cột (2) là chi phí hàng năm tại thời điểm t; cột (3) là chi phí hàng năm được tính quy đổi về thời điểm hiện tại; cột (4) là lợi ích thu được hàng năm tại thời điểm t; cột (5) là lợi ích hàng năm được tính quy đổi về thời điểm hiện tại.

Theo bảng 3.3 tổng số tiền chi phí hàng năm của 10 năm đầu tiên là 7.200.000 đồng, nhưng khi tính quy đổi về thời điểm hiện tại sẽ là **5.950.611** đồng. Cộng lợi ích từng năm sẽ là 11.700.000 đồng nhưng khi tính quy đổi về thời điểm hiện tại thì giá trị của nó chỉ tương đương với số tiền là **5.854.402** đồng. Dễ ràng thấy rằng, công trình càng nhanh đưa vào khai thác càng mang lại lợi ích cao và càng nhanh hoàn vốn.

3.1.4. Phân tích kinh tế đa phương án

Một dự án quy hoạch tài nguyên nước luôn có nhiều phương án lựa chọn khác nhau. Về mặt phân tích kinh tế cần thiết phải đánh giá hiệu quả kinh tế cho từng phương án. Từ đó, trên cơ sở phân tích so sánh hiệu quả kinh tế các phương án để chọn phương án tối ưu.

Việc đánh giá hiệu quả kinh tế các phương án quy hoạch được xem xét theo nhiều khía cạnh khác nhau, đó là:

– Tối ưu về vốn đầu tư cho quy hoạch.

– Thời gian hoàn vốn.

– Lợi ích mang lại từ dự án.

Để so sánh tính hiệu quả kinh tế của dự án phải sử dụng các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật được trình bày ở các mục dưới đây.

3.1.5. Tính hiệu quả và hợp lý trong phân tích kinh tế

Đánh giá phương án chấp nhận được về mặt hiệu quả đầu tư được thực hiện thông qua các chỉ tiêu kinh tế được trình bày dưới đây.

3.1.5.1. Giá trị thu nhập ròng tại thời điểm hiện tại NPV (Net Presnt Value)

Giá trị thu nhập ròng tính theo thời điểm hiện tại là giá trị tính quy đổi về thời điểm hiện tại của một dự án, sau khi tất cả chi phí và lợi ích của dự án đã được khấu hao với cùng một tỷ số chọn sẵn. Giá trị thu nhập ròng của dự án trong thời gian quy hoạch tính theo thời điểm hiện tại được xác định theo công thức (3.5):

$$NPV = B - C = \sum_{t=1}^{T} \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t} \qquad (3.5)$$

Trong đó:

B_t: ròng tiền thu nhập năm thứ t (đồng)

C_t: chi phí năm thứ t.

T: tuổi thọ công trình hoặc thời gian quy hoạch

r: hệ số chiết khấu (hệ số khấu hao).

Nếu giá trị thu nhập ròng của một dự án là NPV ≥ 0 phương án được coi là chấp nhận được vì vốn đầu tư có thể thu hồi được trong thời gian quy hoạch T. Trong trường hợp ngược lại NPV < 0, phương án quy hoạch không chấp nhận được về mặt kinh tế. Dự án có NPV càng lớn thị hiệu quả đầu tư càng cao.

3.1.5.2. Chỉ tiêu tỷ số lợi ích và chi phí B/C

Tỷ số giữa lợi ích B và chi phí C tính theo thời điểm hiện tại là một chỉ tiêu phản ánh hiệu quả đầu tư. Có thể thấy ngay là, tỷ số B/C phải lớn hơn 1 thì mới có khả năng thu hồi vốn đầu tư trong thời gian quy hoạch bằng tuổi thọ của dự án T.

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^{T} \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^{T} \frac{C_t}{(1+r)^t}} \tag{3.6}$$

Khi giá trị B/C > 1 thì phương án được coi là chấp nhận được. Tỷ số này càng lớn, khả năng thu hồi vốn càng nhanh và hiệu quả đầu tư càng lớn.

3.1.5.3. Chỉ số nội hoàn IRR (Internal Rate of Return)

Chỉ số nội hoàn IRR là một chỉ tiêu quan trọng thể hiện tốc độ thu hồi vốn của một dự án trong thời gian quy hoạch.

Chỉ số nội hoàn IRR chính là hệ số khấu hao làm cho giá trị thu nhập ròng trong thời gian quy hoạch T bằng "0", tức là:

$$NPV = B - C = 0 \tag{3.7}$$

Trong đó B và C là lợi ích và chi phí đã được tính quy đổi về thời điểm hiện tại. Công thức 3.7 vì thế có thể viết dưới dạng (3.8) như sau:

$$NPV = B - C = \sum_{t=1}^{T} \frac{(B_t - C_t)}{(1+IRR)^t} = 0 \tag{3.8}$$

Như vậy, IRR cũng chính là mức lãi suất tối đa mà dự án có thể trả hoà vốn trong thời gian quy hoạch T.

Phương án quy hoạch được gọi là chấp nhận được về mặt kinh tế nếu giá trị IRR lớn hơn một giá trị cho phép nào đó:

$IRR \geq i_{cp}$, trong đó i_{cp} là là hệ số khấu hao cho phép.

Hệ số khấu hao cho phép i_{cp} theo quan điểm kinh tế do nhà nước quy định để đảm bảo sự phát triển cân đối của nền kinh tế quốc dân, theo quan điểm tài chính hệ số này không được vượt hệ số lãi suất vay vốn để thực hiện dự án.

Xét theo quan điểm tài chính, nếu một chủ đầu tư nào đó (một công ty, một tư nhân hoặc nhà nước) phải vay vốn với lãi suất i nào đó sẽ có 3 trường hợp xảy ra:

– Nếu IRR = i thì chủ đầu tư hoà vốn khi kết thúc dự án

– Nếu IRR < i thì chủ đầu tư bị lỗ

– Nếu IRR > i thì chủ đầu tư sẽ có lãi

Xét theo quan điểm kinh tế, việc phân tích kinh tế dự án có hai trường hợp sau:

– Nếu IRR ≥ i_{cp} thì việc đầu tư vào dự án không gây sự mất cân đối cho nền kinh tế quốc dân

– Nếu IRR < i_{cp} thì dự án cần phải xem xét kỹ lưỡng và cần phân tích thêm các lợi ích xã hội và môi trường và các lợi ích khác của quốc gia để quyết định.

Để xác định giá trị IRR cần thực hiện các phép tính đúng dần. Các bước tính toán như sau:

Bước 1. Giả định trị số IRR

Bước 2. Tính giá trị B, C và NPV theo công thức dạng (3.5) với hệ số khấu hao bằng IRR:

Bước 3. Kiểm tra điều kiện NPV = 0:

– Nếu $|NPV| \leq \varepsilon$ với ε là số dương khá nhỏ cho trước, thì giá trị IRR chính là giá trị cần tìm.

– Nếu $|NPV| > \varepsilon$ với ε là số dương khá nhỏ cho trước, thì giá trị IRR chưa phải là giá trị cần tìm, cần giả định lại giá trị IRR và tiến hành tính toán lại từ bước 2

Nếu giá trị IRR > giá trị cho phép i_{cp} thì phương án quy hoạch chấp nhận được. Giá trị IRR càng lớn thì thời gian thu hồi vốn càng nhanh và hiệu quả đầu tư của dự án càng lớn.

3.1.5.4. Thời gian hoàn vốn tuyệt đối

$$T_h = T_{xd} + \frac{K_0}{D} \tag{3.9}$$

Trong đó: Hiệu ích bình quân hàng năm:

$$D = \frac{\sum_{t=1}^{T}(B_t - C_{vht})}{T - t_{kt}} \tag{3.10}$$

t_{kt}: năm bắt đầu khai thác

B_t: lợi ích năm thứ t

C_{vht}: chi phí vận hành năm thứ t.

K_0: vốn đầu tư ban đầu

T_{xd}: thời gian xây dựng công trình

$T_h \leq$ giá trị cho phép.

3.2. Phân tích lợi ích – chi phí

Phân tích chi phí và lợi ích đối với các dự án quy hoạch nguồn nước là công việc khá phức tạp do khó xác định các giá trị về lợi ích và chi phí của các hạng mục cần tính toán. Phân tích chi phí – lợi ích cũng bao gồm phân tích kinh tế và phân ích tài chính. Trong mục này trình bày một số nội dung chính khi phân tích chi phí và lợi ích theo quan điểm kinh tế.

3.2.1. Phân tích chi phí đối với các dự án quy hoạch nguồn nước

Chi phí được tính đối với dự án quy hoạch nguồn nước rất da dạng, có khi lượng hoá được cũng có khi chỉ ước tính hoặc không lượng hoá được. Những hạng mục khó lượng hoá liên quan đến các vấn đề về xã hội hoặc môi trường. Những chi phí được tính tuỳ thuộc vào dự án cụ thể thường bao gồm những hạng mục chính như sau:

– Vốn đầu tư cho hệ thống công trình và các biện pháp phi công trình. Biện pháp phi công trình có thể là biện pháp phát triển rừng phòng hộ, bố trí lại các khu dân cư, các biện pháp cảnh báo và dự báo v.v.

– Các chi phí vận hành sửa chữa hệ thống công trình

– Tiền giải phóng mặt bằng và đền bù khi thực hiện các dự án

– Thiệt hại kinh tế do mất khả năng sản xuất ở phần diện tích đất dành cho làm công trình và phần diện tích dành cho giải phóng mặt bằng

– Các chi phí nhằm chống ô nhiễm môi trường do dự án gây ra

– Thiệt hại do tác động xấu đến môi trường và các hoạt động kinh tế khác khi thực hiện các dự án quy hoạch (do ảnh hưởng xâm nhập mặn, thiệt hại đối với nghề cá, sự thay đổi cơ chế cây trồng v.v)

3.2.2. Phân tích lợi ích đối với các dự án quy hoạch nguồn nước

Cũng tương tự như việc phân tích chi phí, việc phân tích lợi ích cũng rất phức tạp và rất đa dạng. Dưới đây trình bày cách phân tích lợi ích dự án đối với một số nội dung chính khi lập các dự án quy hoạch phát triển nguồn nước.

1. Lợi ích cấp nước tưới và tiêu úng

– Sản lượng lúa gạo tăng lên do có công trình cấp nước tưới và làm tăng thu nhập quốc dân.

– Làm tăng thu nhập quốc dân từ việc xuất khẩu lúa gạo.

– Làm tăng sản phẩm cho xã hội do sự thay đổi tập quán canh tác và thay đổi ngành nghề sản xuất của khu vực di dân.

– Lợi ích mang lại do giảm sức lao động cho người trồng lúa ở vùng được cấp nước. Người nông dân sẽ có cơ hội làm những nghề phụ khác làm tăng sản phẩm xã hội.

– Làm tăng sức sản xuất của các lĩnh vực có liên quan: sản xuất xi măng, sắt thép, công nghiệp chế biến...,.

– Ngoài ra còn có những lợi ích không tính được bằng tiền. Đó là các vấn đề về cải thiện điều kiện môi trường, lợi ích xã hội khác mang lại.

2. Lợi ích phát triển thuỷ năng

– Lợi ích do mang lại do cung cấp điện cho các ngành kinh tế mang lại: tăng năng suất lao động, tăng trưởng các ngành kinh tế, tăng cơ hội việc làm góp phần tăng thu nhập của nền kinh tế quốc dân.

– Làm giảm giá thành điện năng do phát triển thuỷ năng và giảm ngoại tệ do nhập khẩu điện, năng lượng.

– Làm thay đổi chế độ dòng chảy vùng hạ du có lợi cho sản xuất nông nghiệp, giao thông thuỷ v.v.

3. Phát triển vận tải thuỷ

– Tăng khả năng vận chuyển lưu thông hàng hoá trên thị trường

– Làm giảm giá thành vận chuyển hàng hoá

– Tạo nhiều công ăn việc làm cho xã hội

4. Hiệu quả phòng lũ

– Làm giảm thiệt hại do lũ lụt gây ra

– Ổn định kinh tế vùng lũ, tạo điều kiện phát triển kinh tế vùng lũ

– Giảm thiệt hại do cải tạo môi trường vùng lũ

– Cải thiện đời sống nhân dân vùng ngập lũ

– Cải thiện môi trường văn hoá xã hội vùng lũ.

Trên đây là những nội dung chính khi phân tích lợi ích của dự án quy hoạch. Ngoài ra các lợi ích khác như phát triển du lịch, nuôi tròng thuỷ sản, cải tạo môi trường, thay đổi có lợi về môi trường sinh thái và các lợi ích khác cũng cần được phân tích tuỳ thuộc vào từng dự án cụ thể.

3.3. Ví dụ điển hình

Lấy dự án nạo vét sông Ninh Cơ làm ví dụ về phân tích kinh tế dự án. Dự án do Công ty Tư vấn và Chuyển giao công nghệ Trường Đại học Thuỷ lợi thực hiện năm 2000-2001 [42].

3.3.1. Giới thiệu dự án

Sông Ninh Cơ nhận nước sông Hồng từ cửa Mom Rô, chảy theo hướng đông bắc – tây nam đổ ra biển tại cửa Lạch Giang. Tổng chiều dài sông là 52 km. Kênh Quần Liêu có

độ dài trên 2 km, nối sông Đáy với sông Ninh Cơ ở vị trí cách cửa sông 28 km. Kênh Quần Liêu nhận nước từ sông Đáy chảy vào sông Ninh Cơ và là trục giao thông thuỷ quan trọng trong vùng. Sông Ninh Cơ là nguồn nước duy nhất cung cấp cho các vùng tưới thuộc các huyện Hải Hậu, Nam Ninh, Xuân Trường. Tổng diện tích vùng tưới của các huyện lấy nước từ sông Ninh Cơ thống kê trong bảng 3.4. Trong những năm gần đây do hiện tượng bồi lấp ở cửa sông và các đoạn cục bộ lượng nước chuyển vào sông Ninh Cơ giảm, gây ra hiện tượng nhiễm mặn sâu vào đất liền làm giảm khả năng cấp nước hệ thống [27].

Bảng 3.4. **Diện tích tưới và tiêu theo đơn vị hành chính năm 2001**

TT	*Đơn vị hành chính*	*Diện tích tưới (ha)*	*Diện tích tiêu (ha)*
1	Huyện Xuân Trường	4.737	
2	Huyện Hải Hậu	15.551	15.315
3	Nam Ninh	8.927,5	18.343,5
4	Huyện Nghĩa Hưng		15425.0
	Tổng cộng	30176	50083.5

Bảng 3.5. **Diện tích hạn hàng năm trong vùng tưới**

	Diện tích tưới (ha)	*Tưới chủ động (ha)*	*Hạn theo mùa vụ (ha)*	*Hạn thường xuyên (ha)*
Xuân Trường	4.737,0	1.950	1.200	1.587,0
Hải Hậu	15.551,0	5.123	5.000	4.728,0
Nam Ninh	8.927,5	3.000	3.000	1.927,5
Tổng cộng	30.215,5	11.073	9.200	8.242,5

Tình trạng hạn làm giảm năng suất lúa chủ yếu là vụ Đông Xuân. Theo đánh giá của địa phương năng suất lúa bị giảm thấp từ 10% đến 30%, cụ thể như sau:

– Diện tích hạn thường xuyên do thiếu nguồn nước là 8.242,5 ha giảm năng suất đến 30%. Phần diện tích này chiếm 27,3% tổng diện tích tưới.

– Diện tích hạn theo mùa vụ là 9.200 ha, giảm năng suất 10% (xem bảng 3.5).

Để khắc phục tình trạng thiếu nước đã lập dự án nạo vét với phạm vi nạo và biện pháp công trình như sau:

– Nạo vét đoạn cửa vào Mom Rô từ cửa vào sông Hồng qua cống Hành Thiện, trên chiều dài 2838,7m. Làm kè bảo vệ bờ tả nhằm đẩy dòng chảy về phía bờ lồi (bờ hữu).

– Nạo vét toàn bộ bãi giữa trước Cống Múc với chiều dài là 1048m đảm bảo cho dòng chảy xuôi thuận.

– Gia cố sửa chữa kè Đền Ông, bờ hữu Lạch Sâu, để giữ sự ổn định của lòng chính.

Khối lượng xây lắp chính chủ yếu là khối lượng nạo vét hai đoạn sông tại Mom Rô và đoạn từ Cống Kẹo đến Cống Múc 2. Tổng hợp khối lượng xây lắp được tổng hợp trong bảng 3.6.

3.3.2. Đánh giá hiệu quả kinh tế

1. Cơ sở đánh giá

Đánh giá hiệu quả kinh tế được tiến hành trên cơ sở các giả định sau:

– Tuổi thọ kinh tế của dự án: Tính theo giả định thời gian tồn tại dự án bằng thời gian bồi lại của lòng dẫn: T = 20 năm

– Thời gian thi công trong vòng 1 năm

– Giá đầu vào, đầu ra theo mặt bằng giá ở Nam Định quý IV/2001.

Dự kiến khả năng phát huy hiệu quả của dự án: Năm thứ nhất đạt 60% hiệu quả hàng năm; các năm còn lại đạt 100% hiệu quả.

2. Chi phí của dự án (C)

Tổng chi phí bao gồm: Tổng vốn đầu tư ban đầu (K); Chi phí quản lý vận hành (C_{QLVH}).

a) Vốn đầu tư ban đầu (K)

Dự kiến vốn đầu tư xây dựng được phân bổ trong 1 năm (xem bảng 3.7): Tổng vốn là: 41,003,078,393 đồng

b) Chi phí vận hành (C_{QLVH})

Tổng chi phí vận hành bao gồm chi phí lương, chi phí năng lượng điện v.v. Theo tiêu chuẩn 14TCN 113.1997 trong giai đoạn nghiên cứu khả thi chi phí này lấy bằng 3% tổng vốn đầu tư xây dựng công trình.

3. Đánh giá lợi ích của dự án (B)

Hiện nay, theo thống kê của Sở Nông nghiệp & PTNT Tỉnh Nam Định, vùng dự án thường xảy ra thiếu nước vụ Đông Xuân do nguồn nước bị nhiễm mặn. Diện tích bị thiếu nước chủ yếu thuộc huyện Hải Hậu và một phần của Xuân Trường. Tình trạng thiếu nước chủ yếu là lúa Đông Xuân. Tổng diện tích thường bị thiếu nước do thiếu nguồn 8.245 ha. Năng suất bị giảm từ 10% đến 30%. Do vậy trong tính toán đã chọn như sau:

– Diện tích bị thiếu nước F = 8.245 ha.

– Năng suất lúa khi đủ nước lấy bằng năng suất lúa tại Hải Hậu năm 1999 là 6.560 kg/ha.

– Năng suất lúa khi bị thiếu nước giảm bình quân 15% so với mức trên.

– Lợi ích dự án chỉ lấy bằng lợi ích tăng lên hàng năm cho phần diện tích bị thiếu nước (8.245 ha) khi được cấp đủ nước.

4. Xác định các chỉ tiêu hiệu quả của dự án

Giá trị thu nhập ròng tại thời điểm hiện tại (NPV):

$$NPV = \sum_{t=1}^{T} \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t}$$

Trong đó:

B_t: dòng tiền thu nhập năm thứ t (đồng)

Ct: chi phí năm thứ t.

T: tuổi thọ công trình. Trong dự án chọn bằng 20 năm.

r: hệ số chiết khấu.

Tiêu chuẩn đánh giá là: NPV > 0.

Theo kết quả tính toán có:

Với T = 20 năm, NPV = 70.889.714.480 đồng.

Chỉ tiêu tỷ số lợi ích và chi phí:

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^{T} \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^{T} \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

Kết quả cho giá trị B/C > 1, cụ thể là:

Với T = 20 năm B/C = 2,59.

Chỉ số nội hoàn kinh tế (IRR) được tính theo công thức:

$$NPV = B - C = \sum_{t=1}^{T} \frac{(B_t - C_t)}{(1+IRR)^t} = 0$$

Theo tiêu chuẩn đánh giá IRR > [r]

Theo kết quả tính toán có IRR = 29,5%.

Thời gian hoàn vốn:

$$T_h = T_{xd} + \frac{K_0}{D}$$

Trong đó:

Hiệu ích bình quân hàng năm: $D = \frac{\sum_{t=1}^{T}(B_t - C_{vht})}{T - t_{kt}}$

t_{kt}: năm bắt đầu khai thác

B_t: hiệu ích năm thứ t

C_{vht}: chi phí vận hành năm thứ t.

K: vốn đầu tư ban đầu.

Theo kết quả tính, cho T_h = 5,0 năm.

Tỷ số giá trị thu nhập ròng và vốn đầu tư ban đầu: Với T = 20 năm thì NPV/K = 1,73.

Kết quả tính toán lợi ích sau khi có dự án trình bày ở bảng 3.10; kết quả tính thu nhập ròng và giá trị IRR xem bảng 3.8 và 3.9.

5. Nhận xét

Các chỉ tiêu kinh tế theo tính toán đều đạt hiệu quả kinh tế.

NPV > 0; IRR > 10%; B/C = > 1; T_h = 5 năm; NPV/K > 0,1.

Với các chỉ tiêu kinh tế như trên cho thấy hiệu quả đầu tư của dự án tương đối cao.

6. Các số liệu đầu vào sử dụng trong ví dụ

Tổng hợp vốn đầu tư: Các hạng mục vốn được thống kê trong bảng 3.7.

Tổng vốn đầu tư xây dựng là 41.003.078.393 đồng.

Trong đó: 1. Xây lắp: 28,831,372,430 đồng

2. Chi khác: 8,317,069,519 đồng

3. Dự phòng: 3,854,636,445 đồng

Tổng hợp: – Diện tích hạn giảm từ 10% đến 30% năng suất là 8242 ha, lấy trung bình giảm 15% năng suất; Năng suất lúa vụ Đông Xuân lấy theo tài liệu thống kê của Hải Hậu năm 1999: 6.560 kg/ha

Thu nhập tăng sau dự án trên 8242 ha bị hạn là:

8242 x 1.749.434 = 14.418.839.973 đồng

Bảng 3.6. **Tổng hợp khối lượng xây lắp chính**

TT	Loại công tác	Đơn vị	Nạo vét		Các kè bảo vệ bờ		Tổng cộng
			Mom Rô	Mức 2	Đền Ông	Mom Rô	
1	Đất đào	m^3	1,335,583.0	408,540.0	9,890.4	5,998.7	1,760,012.1
2	Đá xây M100	m^3			501.0	278.0	779.0
3	Đá lát khan vữa M75	m^3			886.0	1,683.5	2,570.5
4	Vải địa kỹ thuật	$100m^2$			46.8	60.8	108.5
5	Đá rối	m^3				1,118.3	1,118.3
6	Rọ đá 0.5x1x2	rọ			1,692.0		1,692.0
7	Rọ đá 1x1x2	Rọ			1,274.0		1,274.0
8	Rồng đá f = 60, l = 10m	rồng			259.0	602.8	861.8
9	Dăm sỏi	m^3			458.0	349.0	806.0
10	Đắp đê quai	m^3			955.5		955.5
11	Đắp đất					110.7	110.7

Bảng 3.7. Tổng hợp vốn đầu tư

TT	Hạng mục	Giá trị DT trước thuế	Thuế VAT	Giá trị sau thuế
A	**Xây lắp**	27,458,449,933	1,372,922,497	28,831,372,430
B	**Nạo vét sông**			25,780,083,492
1	Nạo vét sông các đoạn sông	16,624,549,079	831,227,454	17,455,776,532
2	Kinh phí phụt gầm cầu, cống	1,503,054,765	75,152,738	1,578,207,504
3	Đào và vận chuyển đất	6,424,856,625	321,242,831	6,746,099,456
4	Kè Đền Ông	*1,659,609,677*	*82,980,484*	*1,742,590,161*
5	Kè Mom Rô	*1,246,379,788*	*62,318,989*	*1,308,698,777*
C	**Chi phí khác**	7,583,699,563	758,369,956	8,317,069,519
	Giai đoạn chuẩn bị đầu tư	*416,583,035*	*41,658,303*	*458,241,338*
1	Khảo sát + lập BCNCKT	409,090,909	40,909,091	450,000,000
2	Thẩm định BCNCKT	7,492,125	749,213	8,241,338
	Giai đoạn thực hiện đầu tư	*6,787,386,252*	*678,738,625*	*7,442,315,353*
1	Chi phí khảo sát	454,545,455	45,454,545	500,000,000
2	Thiết kế phí (tỷ lệ % xây lắp)	642,619,000	64,261,900	706,880,901
3	Thẩm định TKKT	16,209,575	1,620,957	17,830,532
4	Thẩm định tổng dự toán	14,597,170	1,459,717	16,056,887
5	Lập hồ sơ mời thầu XL	29,065,644	2,906,564	31,972,208
6	Giám sát kỹ thuật XD	171,161,599	17,116,160	188,277,759
7	Chi phí quản lý dự án XL	400,514,951	40,051,495	440,566,446
8	Thí nghiệm mô hình	476,190,476	47,619,048	500,000,000
9	Rà phá bom mìn	1,818,181,818	181,818,182	2,000,000,000
10	Đánh giá tác động môi trường	63,636,364	6,363,636	70,000,000
11	Đền bù giải phóng mặt bằng	2,700,664,200	270,066,420	2,970,730,620
	Giai đoạn kết thúc xây dựng	*379,730,276*	*37,973,028*	*416,512,828*
1	Kiểm tra chất lượng CT	54,916,900	5,491,690	60,408,590
2	Khởi công, bàn giao CT	18,181,818	1,818,182	20,000,000
3	Thẩm định & quyết toán	23,809,524	2,380,952	25,000,000
4	Chi phí bảo hiểm CT	282,822,034	28,282,203	311,104,238
D	**Cộng dự toán (A + B)**	35,042,149,496	2,131,292,453	37,148,441,949
E	**Dự phòng**	3,504,214,950	350,421,495	3,854,636,445
	Tổng dự toán	38,546,364,445	2,481,713,948	41,003,078,393

Bảng 3.8. **Tính toán giá trị thu nhập ròng NPV và B/C (đơn vị tính: đồng)**

TT	*Năm*	*Chi phí QLVH*	*Tổng chi phí hàng năm (đồng)*	*Tổng lợi ích hàng năm (đồng)*	*Lợi ích quy đổi r = 10%*	*Chi phí quy đổi r = 10%*
1	2003		41,003,078,393	8,651,303,984	7,864,821,803	37,275,525,812
2	2004	1,230,092,352	1,230,092,352	4,418,839,973	11,916,396,672	1,016,605,249
3	2005	1,230,092,352	1,230,092,352	4,418,839,973	10,833,087,884	924,186,590
4	2006	1,230,092,352	1,230,092,352	14,418,839,973	9,848,261,712	840,169,628
5	2007	1,230,092,352	1,230,092,352	14,418,839,973	8,952,965,193	763,790,571
6	2008	1,230,092,352	1,230,092,352	14,418,839,973	8,139,059,266	694,355,064
7	2009	1,230,092,352	1,230,092,352	14,418,839,973	7,399,144,788	631,231,877
8	2010	1,230,092,352	1,230,092,352	14,418,839,973	6,726,495,261	573,847,161
9	2011	1,230,092,352	1,230,092,352	14,418,839,973	6,114,995,692	521,679,237
10	2012	1,230,092,352	1,230,092,352	14,418,839,973	5,559,086,993	474,253,852
11	2013	1,230,092,352	1,230,092,352	14,418,839,973	5,053,715,448	431,139,865
12	2014	1,230,092,352	1,230,092,352	14,418,839,973	4,594,286,771	391,945,332
13	2015	1,230,092,352	1,230,092,352	14,418,839,973	4,176,624,337	356,313,938
14	2016	1,230,092,352	1,230,092,352	14,418,839,973	3,796,931,216	323,921,762
15	2017	1,230,092,352	1,230,092,352	14,418,839,973	3,451,755,651	294,474,329
16	2018	1,230,092,352	1,230,092,352	14,418,839,973	3,137,959,682	267,703,936
17	2019	1,230,170,923	1,230,170,923	14,418,839,973	2,852,690,620	243,382,759
18	2020	1,230,170,923	1,230,170,923	14,418,839,973	2,593,355,109	221,257,054
19	2021	1,230,170,923	1,230,170,923	14,418,839,973	2,357,595,554	201,142,776
20	2022	1,230,170,923	1,230,170,923	14,418,839,973	2,143,268,685	182,857,069
Tổng cộng:		23,372,068,972	64,375,147,365	282,609,263,471	117,512,498,340	46,629,783,859

NPV = 70,882,714,480

B/C = 2,52

NPV/K = 1,73

Bảng 3.9. Tính toán giá trị IRR

Năm thứ	*Chi phí vận hành*	*Tổng vốn đầu tư (đồng)*	*Lợi ích hàng năm (đồng)*	*Chi phí hàng năm quy đổi IRR = 0.295 % (đồng)*	*Lợi ích hàng năm quy đổi IRR = 0.295% (đồng)*
1		41,003,078,393		41,003,078,393	
2	1,230,092,352	1,230,092,352	8,651,303,984	733,496,729	6,680,543,617
3	1,230,092,352	1,230,092,352	14,418,839,973	566,406,740	8,597,868,233
4	1,230,092,352	1,230,092,352	14,418,839,973	437,379,722	6,639,280,489
5	1,230,092,352	1,230,092,352	14,418,839,973	337,744,959	5,126,857,520
6	1,230,092,352	1,230,092,352	14,418,839,973	260,806,918	3,958,963,336
7	1,230,092,352	1,230,092,352	14,418,839,973	201,395,304	3,057,114,545
8	1,230,092,352	1,230,092,352	14,418,839,973	155,517,609	2,360,706,213
9	1,230,092,352	1,230,092,352	14,418,839,973	120,090,818	1,822,939,160
10	1,230,092,352	1,230,092,352	14,418,839,973	92,734,222	1,407,675,027
11	1,230,092,352	1,230,092,352	14,418,839,973	71,609,438	1,087,007,743
12	1,230,092,352	1,230,092,352	14,418,839,973	55,296,863	839,388,219
13	1,230,092,352	1,230,092,352	14,418,839,973	42,700,281	648,176,231
14	1,230,092,352	1,230,092,352	14,418,839,973	32,973,190	500,522,186
15	1,230,092,352	1,230,092,352	14,418,839,973	25,461,923	386,503,618
16	1,230,092,352	1,230,092,352	14,418,839,973	19,661,716	298,458,393
17	1,230,170,923	1,230,170,923	14,418,839,973	15,183,762	230,469,801
18	1,230,170,923	1,230,170,923	14,418,839,973	11,724,913	177,968,958
19	1,230,170,923	1,230,170,923	14,418,839,973	9,053,987	137,427,767
20	1,230,170,923	1,230,170,923	14,418,839,973	6,991,496	106,121,828
	23,372,068,971		**268,190,423,498**	**44,199,308,984**	**44,063,992,883**

Kết quả tính thử dần cho IRR = 29,5%

Bảng 3.10. **Tính toán giá trị thu nhập thuần tuý của 1 ha lúa vụ đông xuân và lợi ích mang lại trước và sau dự án**

Hạng mục	*Đơn giá (đồng)*	*Đơn vị*	*Số lượng*	*Giá trị (đồng)*
I. THU NHẬP THUẦN TUÝ TRƯỚC KHI CÓ DỰ ÁN				
1. Sản lượng thóc trên 1 ha 85%	1,800	kg	6,426	11,566,769
2. Tổng chi phí				10,350,700.0
a) Chi phí lao động		công	265	5,300,000
b) Chi phí đầu vào				3,583,500.0
Giống	7,500	kg	85	637,500
Phân chuồng	200,000	tấn	8.4	1,680,000
Đạm	2,500	kg	168	420,000
Lân	1,200	kg	280	336,000
Kali	2,500	kg	84	210,000
Thuốc trừ sâu	60,000	kg	5	300,000
c) Thuê máy				560000.0
d) Thuỷ lợi phí				403200
e) Thuế nông nghiệp				504,000.0
3. Giá trị thu nhập thuần tuý				1,216,069.4
II. THU NHẬP THUẦN TUÝ SAU KHI CÓ DỰ ÁN				
1. Sản lượng thóc trên 1 ha (100%)	1,800	kg	7,560	13,607,964.0
2. Tổng chi phí				10,642,460.0
a) Chi phí lao động	20,000	công	265	*5,300,000*
b) Chi phí đầu vào				*3,583,500.0*
Giống	7,500	kg	85	637,500
Phân chuồng	200,000	tấn	8.4	1,680,000
Đạm	2,500	kg	168	420,000
Lân	1,200	kg	280	336,000
Kali	2,500	kg	84	210,000
Thuốc trừ sâu	60,000	kg	5	300,000
c) Thuê máy				524,160
d) Thuỷ lợi phí				655,200
e) Thuế nông nghiệp				579,600.0
3. Giá trị thu nhập thuần tuý				2,965,504.0
Lợi ích thực của 1 ha lúa sau khi có dự án:				*1,749,434.60*

3.4. Định giá nước và chi phí nước và những khó khăn

Nước là loại hàng hoá đặc biệt và rất khó định giá. Theo quy luật giá trị thì giá trị của 1 m^3 nước là lượng sản phẩm tăng thêm khi sử dụng lượng nước đó. Tuy nhiên, không phải lúc nào giá trị của nước cũng được đánh giá như vậy. Chẳng hạn nước sử dụng cho cải tạo môi trường, đảm bảo yêu cầu sinh thái thì không thể tính được bằng tiền hoặc sản phẩm mà nó tạo ra. Vì vậy, việc định giá nước là một công việc rất khó khăn, nó không chỉ phụ thuộc vào nhà sản xuất hoặc nhu cầu của người sử dụng mà mang tính xã hội cao và cần có sự can thiệp của Nhà nước.

Vấn đề cần quan tâm là việc định giá nước như thế nào cho một dự án phát triển nguồn nước. Giá nước quá cao và lớn hơn giá trị của nó thì người nông dân sẽ không sử dụng nước từ dự án. Ngược lại nếu giá nước thấp sẽ có nhiều người sử dụng nước nhưng có thể việc đầu tư sẽ bị lỗ do suất đầu tư cao. Bởi vậy, việc định giá nước theo quan điểm kinh tế là một vấn đề phức tạp và phải được xem xét từ các khía cạnh: của người đầu tư vào dự án thuỷ lợi; của người nông dân; chiến lược phát triển kinh tế của Nhà nước; vấn đề xã hội và sinh thái.

Một giá nước được gọi là tối ưu nếu nó làm tăng thu nhập quốc dân, nhưng có thể lại không có lợi đối với người đầu tư vào dự án thuỷ lợi. Khi đó nhà nước sẽ có biện pháp trợ giá cho người nông dân hoặc bù lỗ cho người đầu tư vào dự án.

Nói tóm lại, việc định giá nước không chỉ dựa trên qua điểm tài chính, quan điểm kinh tế mà còn phải chú ý đến cả khía cạnh xã hội môi trường và sinh thái. Do vậy, Nhà nước cần có sự can thiệp nhất định trong quá trình định giá nước đối với các dự án phát triển nguồn nước.

Chương IV

SỐ LIỆU VÀ MÔ HÌNH MÔ PHỎNG HỆ THỐNG

4.1. Số liệu và phân tích số liệu

Số liệu là cơ sở quan trọng cho việc phân tích tài nguyên nước. Các số liệu cần sử dụng cho phân tích tài nguyên nước là: khí tượng thuỷ văn, địa mạo, nông nghiệp, thổ nhưỡng... Trong đó việc thu thập số liệu quan trắc các đặc trưng khí tượng và thủy văn là điều kiện tiên quyết khi lập các quy hoạch sử dụng nguồn nước và thiết kế công trình thủy lợi. Mức độ quan trắc và chất lượng tài liệu sẽ quyết định chất lượng của các phương án quy hoạch và độ tin cậy khi lựa chọn quy mô kích thước các công trình trong công tác thiết kế.

4.1.1. Số liệu tài nguyên nước

Số liệu tài nguyên nước có thể được phân chia thành số liệu theo thời gian, không gian và số liệu biểu đạt mối quan hệ. Các số liệu theo thời gian (chuỗi số liệu) bao gồm chuỗi số liệu khí tượng thủy văn, chất lượng nước như: lượng mưa, nhiệt độ, độ ẩm, bức xạ, bốc hơi, bùn cát, số giờ nắng, tốc độ gió... được quan trắc định kỳ tại các trạm đo. Trong đó chu kỳ quan trắc có thể là cố định hay biến thiên. Các số liệu theo không gian bao gồm bản đồ địa hình lưu vực sông, mạng lưới sông suối, bản đồ đất...Các số liệu biểu đạt mối quan hệ bao gồm các mối quan hệ toán học giữa các đại lượng khác nhau, ví dụ như quan hệ giữa lưu lượng và mực nước trong sông, quan hệ giữa mưa và dòng chảy...

1. Số liệu theo thời gian

Hầu hết các yếu tố khí tượng thuỷ văn hay chất lượng nước đều có giá trị biến thiên theo thời gian. Các số liệu theo chuỗi thời gian bao gồm tất cả các kết quả đo đạc mà tại một thời điểm quan trắc có liên quan đến chúng. Các yếu tố quan trắc có thể là giá trị tức thời (như mực nước sông), giá trị luỹ tích (như tổng lượng mưa ngày), giá trị trung bình (như lưu lượng trung bình ngày), hay là giá trị thống kê trong một chu kỳ thời gian nào đó (như lưu lượng lớn nhất trung bình năm). Sự phân biệt giữa các loại số liệu là yếu tố hết sức quan trọng trong việc xử lý số liệu tiếp theo.

Tuỳ thuộc theo tần suất quan trắc mà chuỗi số liệu có thể được phân ra như sau:

– Chuỗi số liệu theo thời gian là những giá trị đo đạc tại những thời điểm có khoảng lặp thời gian đều nhau (hàng giờ, hàng ngày). Nó có thể là các giá trị tức thời, luỹ tích hay trung bình.

– Chuỗi số liệu có tính chất chu kỳ là những giá trị đo đạc tại những thời điểm có khoảng lặp không đều, nhưng chuỗi những điểm không đều ấy lại lặp lại đều nhau. Ví dụ như ta quan trắc mực nước sông vào lúc 7 giờ và 19 giờ hàng ngày.

– Chuỗi số liệu theo thời gian không đều được đo đạc khi có những sự kiện đặc biệt xảy ra.

2. Số liệu theo không gian

Các số liệu theo không gian bao gồm các số liệu về lưu vực (như đặc điểm tự nhiên, hình thái lưu vực), các số liệu mạng lưới sông (như mặt cắt ngang, dọc, độ dốc đáy...) và các số liệu ao, hồ, hồ chứa (như cao trình, diện tích, dung tích hồ).

3. Các số liệu quan hệ

Loại số liệu này bao gồm các quan hệ tương quan giữa các yếu tố. Các yếu tố này có thể là chuỗi số liệu theo thời gian, nhưng mối quan hệ giữa chúng được đề cập ở đây. Chúng có thể được mô tả bằng công thức toán học, bảng biểu hay đồ thị. Quan hệ giữa lưu lượng và mực nước tại một trạm đo nào đó là một ví dụ điển hình về loại số liệu này. Một điểm cần lưu ý là các quan hệ này có thể thay đổi theo theo thời gian.

Quan hệ toán học giữa hai hay nhiều yếu tố được thiết lập cho nhiều mục tiêu, như chỉnh biên số liệu, kéo dài chuỗi số liệu thực đo... Các thông số của các quan hệ cùng với phạm vi biến đổi của các yếu tố, thống kê sai số, và độ dài chuỗi số liệu sẽ được sử dụng khi xây dựng mối quan hệ đó.

4.1.2. Phương pháp quan trắc số liệu

Có rất nhiều trang thiết bị để thu thập số liệu cho việc nghiên cứu tài nguyên nước.

4.1.2.1. Các thiết bị đo đạc

Đây là cách phổ biến nhất trong việc quan trắc các giá trị khí tượng thuỷ văn như lượng mưa, lưu lượng ... Các trạm đo được thành lập và xây dựng với các trang thiết bị dựa trên cơ sở các yếu tố cần quan trắc. Người quan trắc phải đến điểm đo để ghi lại các giá trị đo đạc sau đó truyền các số liệu này đến nơi sử dụng. Ngày nay, với những phương tiện hiện đại trong thông tin liên lạc, các số liệu yêu cầu đo đạc từ các trạm đo có thể dễ dàng phổ biến rộng rãi trong vùng từ một trung tâm truyền tin. Các trạm thuỷ văn tự động có thể quan trắc nhiều yếu tố khí tượng thuỷ văn, lưu trữ và truyền tin chúng. Các thiết bị này có thể được thiết lập truyền tin theo các khoảng thời gian cố định được lựa chọn hay vào bất kỳ thời gian nào thu nhận được số liệu. Chi tiết về mạng lưới đo, thiết bị, phương pháp của trạm quan trắc một số yếu tố quan trọng sẽ được trình bày ở các phần tiếp theo.

4.1.2.2. Viễn thám

Đối với phương pháp này các số liệu về một đối tượng được thu thập không cần phải quan trắc một cách trực tiếp. Phương pháp này có thể cung cấp các số liệu không gian như đặc điểm địa hình, địa vật, các rađa thời tiết được sử dụng cho quan trắc mưa sẽ được trình bày ở các mục sau.

4.1.2.3. Phóng xạ

Phóng xạ có thể được sử dụng để quan trắc lưu lượng nước, mức độ ô nhiễm. Các phương pháp hạt nhân, chất đồng vị được sử dụng để phát hiện chuyển động của các phần tử nước ở bất cứ phần nào trong chu trình thuỷ văn và nguồn gốc của các chu trình thuỷ văn. Các phương pháp này rất phù hợp cho việc đánh giá lượng bùn cát bồi lắng trong sông, xác định lượng nước hồi quy tại các tầng ngập nước, phân tích sự tương tác giữa các tầng nước mặt và nước ngầm,...

4.1.3. Nguồn số liệu

Số liệu có thể có nguồn gốc rõ ràng hay không rõ ràng. Số liệu có thể được thu thập từ nhiều nguồn khác nhau với phương pháp tiến hành đo đạc khác nhau. Cụ thể là:

– Từ các trạm đo thuộc mạng lưới đo cơ bản do các cơ quan khí tượng thủy văn thực hiện và quản lý.

– Từ các trạm dùng riêng do các tổ chức hoặc cơ quan thực hiện theo mục đích khai thác riêng của mình.

– Từ các trạm quan trắc thuộc các công ty quản lý khai thác tài nguyên nước (công ty thủy nông, các công trình giao thông...).

– Các tài liệu điều tra thủy văn.

– Tài liệu thực hiện từ những dự án quy hoạch.

Các nguồn tài liệu này thường không có tính đồng nhất và cần được kiểm tra chỉnh lý trước khi sử dụng.

4.1.4. Chỉnh lý số liệu (data validation)

Những sai số trong quá trình quan trắc số liệu đòi hỏi phải chỉnh lý hay kiểm soát chất lượng số liệu. Những sai số còn có thể nảy sinh trong việc nhập số liệu, trong quá trình tính toán hay từ những sai sót trong quá trình hiệu chỉnh dữ liệu. Chỉnh lý số liệu là công cụ mà thông qua nó số liệu sẽ được kiểm tra để chắc rằng các giá trị hiệu chỉnh sẽ diễn tả tốt nhất các giá trị thực của các yếu tố quan trắc. Việc chỉnh lý số liệu về cơ bản được thực hiện như sau:

– Hiệu chỉnh các sai số có thể có ở các giá trị quan trắc

– Đánh giá mức độ tin cậy của số liệu cho dù nó không thể hiệu chỉnh được sai số.

– Chỉ ra các nguyên nhân sai số và đảm bảo nó sẽ không lặp lại trong tương lai.

Các sai số quan trắc có thể được phân ra thành dạng ngẫu nhiên, hệ thống hay không xác thực trong tự nhiên. Các số liệu đo đạc thuỷ văn thường bao gồm cả sai số ngẫu nhiên và sai số hệ thống.

Sai số ngẫu nhiên, thường là các sai số thực nghiệm, được phân bổ cân bằng cho giá trị trung bình hay giá trị "thực". Thông thường các sai số này có xu hướng bù theo thời gian hoặc sẽ giảm đến mức tối thiểu khi thực hiện đủ một số lần quan trắc nào đấy.

Sai số hệ thống hay độ lệch là những sai khác hệ thống có thể là lớn hơn hay nhỏ hơn, giữa giá trị quan trắc và giá trị thực. Sai số hệ thống thường là nghiêm trọng hơn và việc chỉnh lý nhất thiết phải tìm ra và hiệu chỉnh chúng.

Sai số không xác thực xuất hiện do các nguyên nhân khác thường bên ngoài. Ví dụ do sự tác động vô tình của con người hay động vật vào thiết bị quan trắc. Đối với loại sai số này có thể dễ dàng tìm ra, nhưng sẽ rất khó hiệu chỉnh chúng.

Các nguyên nhân gây ra sai số trong đo đạc bao gồm:

– Thiết bị đo bị hỏng hay sự cố

– Điều kiện làm việc không thích hợp

– Lỗi quan trắc chủ quan

– Sai sót trong nhập dữ liệu hay tính toán.

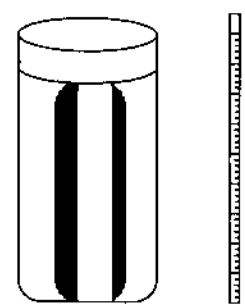
4.1.5. Thu thập và xử lý số liệu

4.1.5.1. Thu thập và xử lý số liệu mưa

Mưa có vai trò hết sức quan trọng trong việc cung cấp nước sạch trên trái đất. Lượng mưa và phân bố mưa là hai trong số các dữ liệu đầu vào chủ yếu phục vụ cho việc phân tích tính toán thuỷ văn.

1. Thu thập số liệu mưa

Lượng mưa có thể được quan trắc bằng các thiết bị đo mưa bao gồm hai loại: Các thiết bị đo mưa không tự ghi và thiết bị đo mưa tự ghi.



Hình 4.1. **Thiết bị đo mưa kiểu chuẩn**

Các thiết bị đo mưa không tự ghi nói chung đơn giản chỉ là các dụng cụ chứa nước có đầu hở và thành thẳng đứng, trong đó độ sâu của mưa được đo bằng một cốc hình trụ có khắc chia độ hoặc thanh đo mực nước. Do kích thước, hình dạng của thiết bị ảnh hưởng đến việc thu nhận lượng mưa, nên người ta thường dùng một loại thiết bị chuẩn để so sánh. Mỗi quốc gia sử dụng một kiểu thiết bị đo mưa chuẩn riêng cho mạng lưới quan trắc mưa. Với các thiết bị này, lượng mưa được đọc bằng mắt, thường là tại một giờ cố định trong ngày. Kết quả thu nhận được sẽ là độ sâu luỹ tích của lượng mưa. Thiết bị đo mưa chuẩn (hình 4.1) gồm có một bộ phận góp

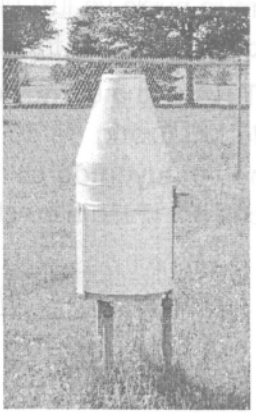
nước đặt trên một cái phễu dẫn nước vào bộ phận tiếp nhận. Kích thước của bộ phận tiếp nhận to nhỏ tuỳ theo khoảng thời gian đọc là ngày, tuần, tháng hay mùa.

Các thiết bị đo mưa tự ghi có 3 kiểu chủ yếu: kiểu cân, kiểu phao, kiểu thùng lật

– Thiết bị đo mưa kiểu cân: Có thể tiến hành ghi liên tục trọng lượng của bộ phận tiếp nhận nước mưa bằng cơ chế lò so, hay cân.

– Thiết bị đo mưa kiểu phao: Loại thiết bị này có thêm một cái phao nổi trong khoang chứa nước. Chuyển động lên xuống của phao sẽ chuyển thành chuyển động của bút ghi trên một biểu đồ. Tổng lượng nước mưa rơi được thu gom bằng một thiết bị xiphông chuyển nước ra ngoài.

– Thiết bị đo mưa kiểu thùng lật: Thiết bị này hoạt động nhờ một cặp thùng lật. Ban đầu nước mưa chảy đầy vào một thùng, gây mất thăng bằng nên hướng nước mưa chảy tiếp vào thùng hai. Chuyển động bập bênh của cặp thùng lật được truyền vào thiết bị ghi.



Hình 4.2. **Thiết bị đo mưa tự ghi Fisher porter**

Hình 4.2 mô tả một thiết bị đo mưa tự ghi (Fisher porter), nó có thể ghi lại lượng mưa tại những khoảng thời gian 15 phút cho đến gần 0,1 inches.

Ngoài ra, người ta cũng sử dụng rađa quan trắc lượng mưa. Sự ra đời của hệ thống rađa nhằm giải quyết những hạn chế của các thiết bị đo mưa truyền thống. Những ưu điểm của rađa là nó có thể đo được lượng mưa trên những vùng mà việc tiếp cận trực tiếp khó khăn, cung cấp các thông tin phân bố mưa trong khu vực, xác định hướng di chuyển của lượng mưa và có khả năng xử lý số liệu một cách tự động. Chính những ưu điểm này mà việc sử dụng rađa thời tiết trong việc quan trắc lượng mưa ngày càng được phát triển mạnh mẽ. Đặc biệt, các rađa thời tiết sẽ rất hữu ích trong việc dự báo và cảnh báo lũ.

2. Lượng mưa trên khu vực

Việc xác định lượng mưa trung bình khu vực là hết sức cần thiết trong phân tích thuỷ văn. Các số liệu đo mưa từ các thiết bị đo chỉ là giá trị tại một điểm đo. Có bốn phương pháp thường được dùng để tính lượng mưa bình quân lưu vực, đó là phương pháp bình quân số học, phương pháp Thiessen, phương pháp trọng số và phương pháp sử dụng đường đẳng trị mưa có thể tham khảo trong các giáo trình thủy văn công trình [12], [28].

4.1.5.2. Thu thập và xử lý số liệu mực nước

Mực nước là cao trình mặt nước so với mặt chuẩn quy ước (cao trình 0–0), mặt chuẩn này thường được quy định chung cho từng lãnh thổ. Miền Bắc Việt Nam lấy chuẩn là mực nước trung bình nhiều năm của Hòn Dấu, đồng bằng sông Cửu Long lấy chuẩn theo mực nước trung bình nhiều năm của vùng biển Hà Tiên. Ký hiệu biểu thị mực nước là H hoặc Z. Thứ nguyên dùng để đo mực nước thường dùng là centimet (cm) hoặc mét (m).

1. Tuyến đo mực nước và phân loại

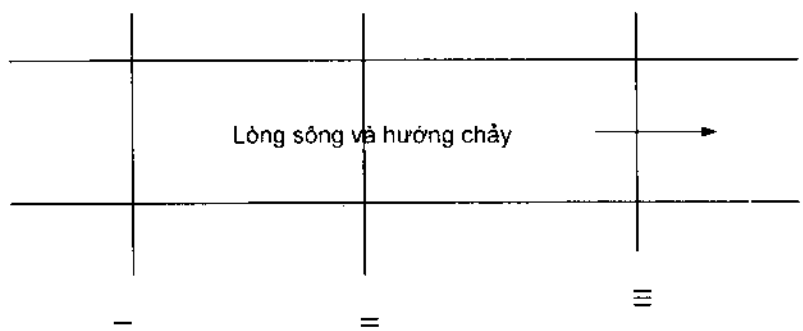
Tuyến đo mực nước trên sông là tuyến trùng với mặt cắt ngang sông và có phương vuông góc với trục của lòng sông mà tại đó bố trí các thiết bị đo mực nước.

Theo mục đích đo mực nước tuyến mực nước được phân loại như sau:

1) Tuyến đo cơ bản: Là tuyến đo mực nước dùng để đo mực nước hàng ngày. Từ mực nước đo được tra ra lưu lượng tương ứng theo đường quan hệ mực nước H và lưu lượng nước Q (đường quan hệ H ~ Q) đã được lập sẵn.

Tại các trạm thuỷ văn, mực nước sông được đo hàng ngày theo quy định, còn lưu lượng nước chỉ đo một số lần trong năm theo các cấp mực nước khác nhau. Từ các tài liệu đo mực nước và lưu lượng tại cùng thời điểm, người ta lập quan hệ H ~ Q và sử dụng đường quan hệ này để tra ra lưu lượng tương ứng với số liệu đo mực nước hàng ngày.

2) Tuyến đo mực nước tại tuyến đo lưu lượng: Là tuyến đo mực nước được bố trí tại tuyến đo lưu lượng để đo mực nước tại thời điểm đo lưu lượng. Tuyến đo lưu lượng có thể trùng với tuyến đo cơ bản. Trong trường hợp tuyến đo cơ bản cách xa tuyến đo lưu lượng cần đối chiếu hiệu chỉnh số liệu đo mực nước tại tuyến lưu lượng về tuyến cơ bản.



***Hình 4.3.* Sơ hoạ bố trí mặt bằng các tuyến đo mực nước**
I, III – tuyến phụ; II– tuyến đo cơ bản

3) Tuyến đo tham khảo: Là tuyến đo mực nước đặt bên cạnh máy tự ghi mực nước. Số liệu đo mực nước tại tuyến tham khảo được sử dụng để hiệu chỉnh các kết quả được khai toán từ máy đo tự ghi mực nước.

4) Tuyến đo độ dốc mực nước: Là tuyến đo để xác định độ dốc mực nước tại trạm đo. Để tính độ dốc mực nước thường bố trí 1 hoặc 2 tuyến phụ đo mực nước ở phía thượng lưu hoặc hạ lưu tuyến đo cơ bản (xem hình 4.3).

5) Tuyến đo chuyên dùng: Là tuyến đo trên các công trình cầu, cống, hồ chứa, bến cảng v.v. Tài liệu quan trắc mực nước phục vụ công tác quản lý các công trình trên.

2. Thiết bị đo mực nước

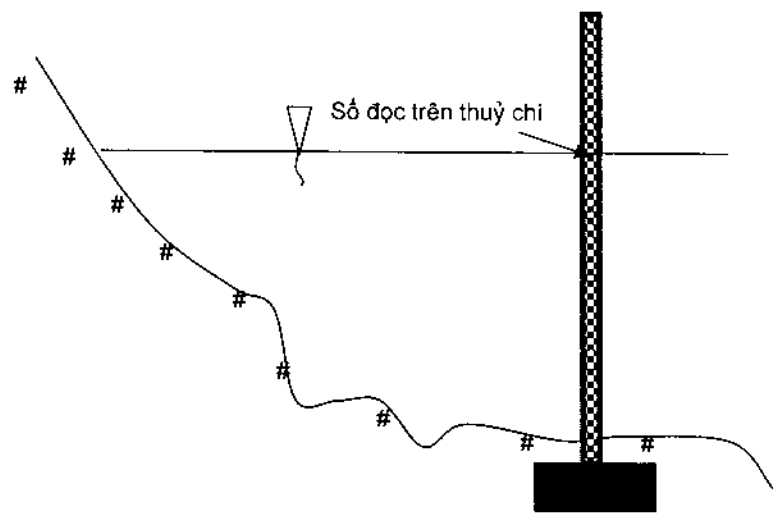
Mực nước tại các trạm thuỷ văn đo theo phương pháp trực tiếp hoặc gián tiếp. Phương pháp đo trực tiếp được thực hiện nhờ các hệ thống thước nước (thuỷ chí, hệ thống cọc đo mực nước); phương pháp đo gián tiếp bao gồm các máy tự ghi mực nước và các thiết bị điện tử đo mực nước.

a) Thước nước

Thước nước có hai loại: thuỷ chí và tuyến cọc đo mực nước.

• *Thuỷ chí*

Cấu tạo thuỷ chí là một thước đo tương tự như thước đo vẽ địa hình, đặt cố định trên mặt cắt ngang sông tại tuyến cần đo mực nước. Thước được chôn thẳng đứng có độ cao thước vượt quá mực nước cao nhất có thể xảy ra. Trên mặt thuỷ chí có vạch chia độ cao, lớn là dm, nhỏ là cm để người đo có thể đọc trực tiếp bằng mắt ngấn nước ngập trên thuỷ chí (xem hình 4.4).



***Hình 4.4.* Thuỷ chí**

Phương pháp đo: đọc trực tiếp số đo trên thuỷ chí tại nơi ngấn nước trung bình (loại bỏ dao động sóng mặt nước), đó chính là mực nước tại thời điểm đo.

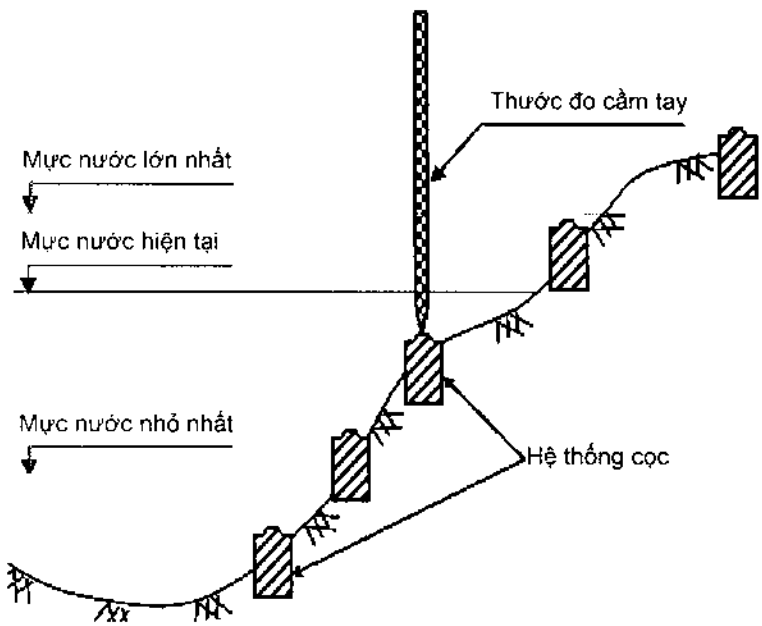
• *Hệ thống cọc đo mực nước*

Hệ thống cọc đo mực nước được bố trí cố định trên tuyến mặt cắt đo mực nước. Hệ thống cọc được đánh số thứ tự, cao trình các đầu cọc đã được xác định trước. Để đo mực nước người ta dùng một thước đo chiều dài (gọi là thước cầm tay). Thước cầm tay là một chiếc gậy có đường kính 3 cm hình lục lăng một đầu vuốt nhọn bịt bằng sắt chống mòn. Người đo có thể cầm thước đi theo khi di chuyển. Trên mặt thước cầm tay có đánh dấu vạch chia độ dài, lớn là dm, nhỏ là cm tính từ đỉnh nhọn của thước để người đo có thể đọc trực tiếp bằng mắt ngấn nước ngập sâu trên thước khi cắm thước vào đầu các cọc đo (xem hình 4.5)

Phương pháp đo: Cắm thẳng đứng thước cầm tay lên đầu cọc mốc ngập trong nước gần nhất. Đọc trực tiếp số đo trên thước cầm tay tại nơi ngấn nước trung bình (loại bỏ dao động sóng mặt nước), số đo trên thước chính là độ sâu từ mặt nước đến đầu cọc h_d. Cao trình mực nước sẽ là:

$$H_t = Z_i + h_d$$

H_t là mực nước mặt cắt sông tại thời điểm đo t; Z_i là cao trình đầu cọc thứ i (cọc đo mực nước tại thời điểm đó), $h_đ$ là số đọc trên thước nước cầm tay.

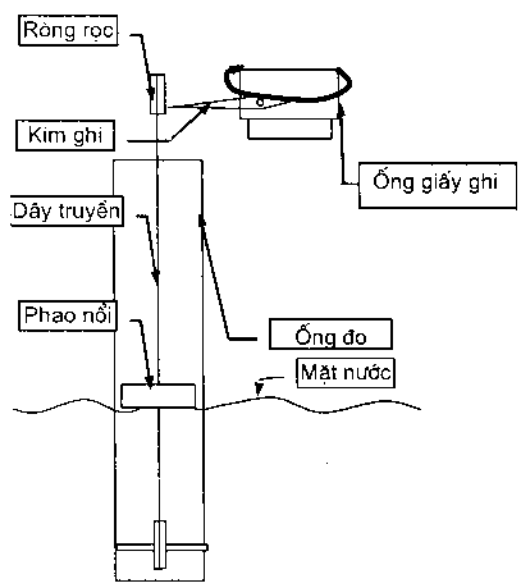


Hình 4.5. **Sơ hoạ hệ thống đo mực nước bằng thước cầm tay**

b) Thiết bị đo gián tiếp mực nước

• *Máy tự ghi mực nước*

Máy đo mực nước tự ghi đặt cố định tại một vị trí trên tuyến đo. Máy bao gồm hệ thống phao nổi để định vị mực nước, hệ thống truyền dao động của phao lên kim ghi, hệ thống ghi gồm một đồng hồ gắn với một ống trụ tròn có gắn giấy ghi (xem sơ hoạ hình 4.6).



Hình 4.6. **Sơ hoạ máy tự ghi mực nước**

Khi mực nước thay đổi phao nổi theo mặt nước và dây đo sẽ truyền dao động lên kim và kim sẽ vẽ lên giấy quá trình dao động của nó; kết hợp với trục quay (có đồng hồ đo thời gian) làm thay đổi hoành độ giây kim sẽ vẽ nên một đường cong thể hiện sự dao động của mực nước theo thời gian. Khai toán tài liệu ghi trên giấy sẽ được quá trình mực nước thực đo.

Đo mực nước bằng máy tự ghi thì kết quả trên băng giấy sẽ được lưu trữ làm số liệu đo hàng ngày và phải thay giấy vào lúc 7 giờ.

• *Đo mực nước bằng máy có sử dụng thiết bị điện tử*

Hiện nay, để đo mực nước sông hoặc hồ người ta đã sử dụng các thiết bị điện tử. Máy đo gồm một thiết bị đo điện tử gọi là "đầu đo" gắn với hệ thống cáp truyền thông tin về thiết bị hiển thị và ghi tín hiệu (bảng điện tử hoặc máy tính điện tử). Các tín hiệu của sự thay đổi mực nước sẽ được đầu đo cảm nhận và truyền qua một thiết bị gọi là "bộ xử lý dữ liệu", rồi hiển thị và ghi kết quả thay đổi mực nước lên bảng điện tử hoặc máy tính điện tử.

3. Chế độ đo mực nước

Theo quy phạm đo đạc thuỷ văn có năm chế độ đo mực nước như sau:

– Đo 2 lần mỗi ngày vào thời điểm 7 và 19 giờ.

– Đo 4 lần mỗi ngày vào các giờ 1, 7, 13, 19 hàng ngày.

– Đo 8 lần mỗi ngày vào các giờ 1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 22 hàng ngày.

– Đo 12 lần mỗi ngày vào các giờ 1, 3, 5, 7,..., 19, 21, 23 hàng ngày.

– Đo 24 lần mỗi ngày vào các giờ 1, 2, 3, 4,..., 22, 23, 24 trong ngày.

Tuỳ theo mức độ thay đổi mực nước và vai trò của số liệu đo mực nước mà thay đổi cho phù hợp.

4. Chỉnh lý và xuất bản tài liệu đo mực nước

a) Sai số mực nước và cách kiểm tra

Sai số mực nước được tính bằng sai số tuyệt đối (cm, m) không xét sai số tương đối (%) vì không có nghĩa do cách chọn mặt chuẩn khác nhau.

Nguyên nhân sinh ra sai số được chia làm hai loại: chủ quan và khách quan:

– Sai số chủ quan bao gồm đo sai (kể cả thời tiết, sóng gió v.v.) tính sai, sao chép sai, dẫn độ cao sai, nhầm lẫn số liệu thước nước.

– Sai số khách quan là do công trình đo không đạt yêu cầu kỹ thuật (chẳng hạn chữ số bị mờ, khoảng cách chia vạch lớn phải nội suy), công trình đo bị lún hoặc máy tự ghi hỏng.

Phương pháp kiểm tra sai số thường dùng nhất là vẽ và so sánh các đường quá trình mực nước H = H(t) của trạm đo đó hoặc so sánh với đường quá trinh mực nước của các

trạm đo trên cùng hệ thống sông. Thông qua đối chiếu so sánh mực nước của các trạm trên từng đoạn sông với quy luật truyền lũ, sóng triều để phát hiện sai số. Nhìn chung phương pháp này chỉ phát hiện những sai số tương đối lớn, những sai số nhỏ khó có thể phát hiện ra.

b) Tính toán các mực nước đặc trưng

• *Mực nước tức thời*

Mực nước tức thời là mực nước tại một thời điểm nào đó. Đường cong biểu thị mực nước tức thời biến đổi theo thời gian gọi là quá trình mực nước, dạng đường quá trình mực nước là một đường liên tục được biểu thị trên hình 4.7.

• *Mực nước trung bình thời đoạn*

Mực nước trung bình thời đoạn là trị số mực nước trung bình trong thời đoạn tính toán. Nếu H_t là quá trình mực nước thì mực nước trung bình trong thời đoạn từ t đến t + Δt là:

$$\bar{H}_{\Delta t} = \frac{1}{\Delta t}\int_{t}^{t+\Delta t} H_t dt \qquad (4.1)$$

hay

$$\bar{H}_{\Delta t} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} H_i \qquad (4.2)$$

Trong đó n là số thời đoạn tính toán, các thời đoạn tính bình quân thường là ngày, tháng, mùa, năm, nhiều năm.

Mực nước bình quân ngày là trung bình cộng các mực nước đo tại các thời điểm cách đều trong ngày:

$$H_{ngay} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} H_i$$

Trong đó: $H_{ngày}$ là mực nước trung bình ngày

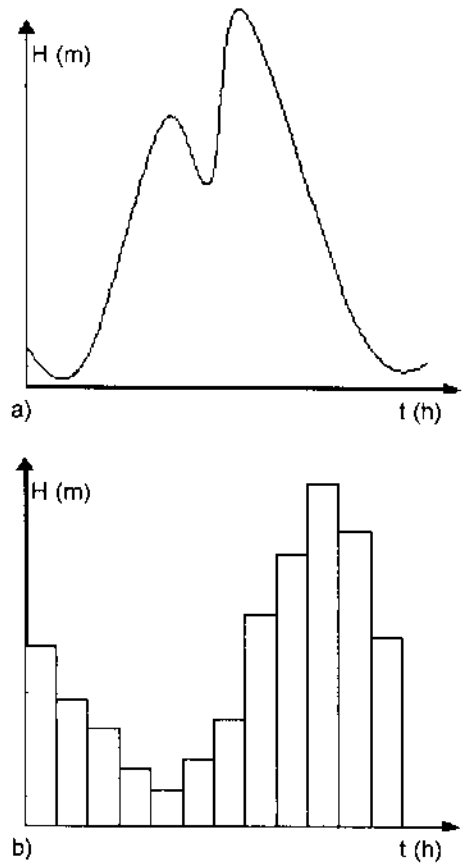
n là số lần đo mực nước trong ngày

H_i là mực nước lần đo thứ i

Nếu các lần đo không cách đều phải tiến hành nội suy để có các giá trị mực tại thời điểm ấn định sao cho khoảng thời gian giữa các điểm ấn định bằng nhau. Mức nước bình quân tháng, mùa, năm được tính theo bình quân số học mực nước trung bình ngày.

• *Biên độ mực nước*

Biên độ mực nước là chênh lệch giữa mực nước lớn nhất và nhỏ nhất đạt được trong khoảng thời gian nhất định. Chẳng hạn biên độ lũ là chênh lệch mực nước giữa chân và đỉnh lũ của một trận lũ, biên độ triều là chênh lệch mực nước giữa chân và đỉnh triều trong một chu kỳ triều.



Hình 4.7. **a) Quá trình mực nước thời đoạn**
b) Quá trình mực nước bình quân thời đoạn

c) Lưu trữ và xuất bản số liệu

Sau mỗi năm đo đạc, số liệu mực nước được chỉnh lý và sao chép thành nhiều bản được lưu giữ tại trạm đo và các cơ quản lý các trạm đo.

Số liệu mực nước bình quân ngày, tháng, năm, mực nước thấp nhất, cao nhất (tức thời) trong từng tháng được xuất bản dưới dạng bảng.

5. Phương pháp đo và tính lưu lượng nước

Lưu lượng nước được đo đạc bằng các phương pháp khác nhau: đo trực tiếp, đo yếu tố và đo gián tiếp.

a) Phương pháp đo trực tiếp

Phương pháp này thường sử dụng cho những dòng nước nhỏ. Để đo lưu lượng nước người ta dùng thùng để xác định lượng nước chảy vào thùng trong một khoảng thời gian nhất định, từ đó xác định ra lưu lượng nước được tính bằng tỷ số giữa lượng nước chảy vào thùng W và khoảng thời gian nước chảy Δt:

$$Q = \frac{W}{\Delta t}.$$

b) Phương pháp đo yếu tố

Phương pháp này không đo trực tiếp lưu lượng nước mà đo các yếu tố để tính lưu lượng. Chẳng hạn khi đo lưu lượng nước trong sông người ta tiến hành đo vận tốc dòng nước và đo diện tích mặt cắt ướt, từ đó tính ra lưu lượng nước theo công thức $Q = V \times \omega$. Đây là phương pháp chủ yếu áp dụng cho đo đạc dòng chảy các dòng sông thiên nhiên.

c) Phương pháp đo gián tiếp

Là hình thức đo các yếu tố thuỷ lực khác rồi từ đó tính ra lưu lượng. Chẳng hạn khi đo lưu lượng nước chảy qua máng thí nghiệm, người ta đặt một tấm chắn bằng thép mỏng ở cuối máng có thiết diện mặt cắt tháo nước hình tam giác ngược. Từ mực nước trong máng tính ra lưu lượng theo công thức thuỷ lực.

4.1.5.3. Đo lưu lượng nước trong sông

1. Nguyên lý đo

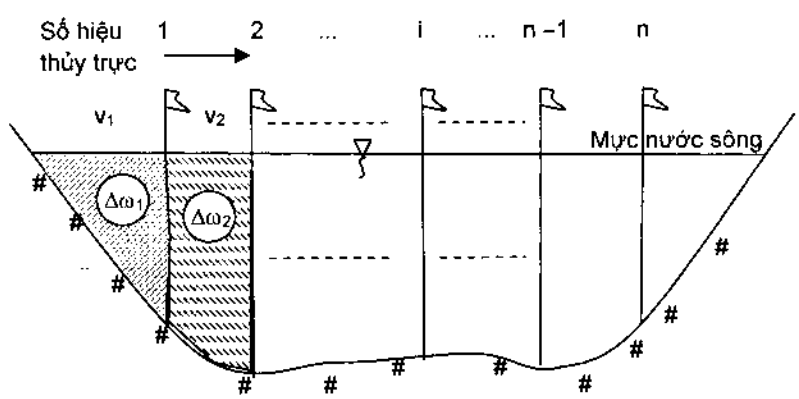
Trong đo đạc thuỷ văn thực hành thường sử dụng phương pháp đo yếu tố, tức đo lưu lượng nước thông qua đo tốc độ và đo vẽ mặt cắt ngang. Hiện nay thường dùng lưu tốc kế để đo tốc độ nước. Bởi vậy, trong chương trình môn học thuỷ văn công trình chỉ giới thiệu phương pháp đo đạc lưu lượng nước bằng lưu tốc kế. Cơ sở của phương pháp được trình bày dưới đây. Gọi Q là lưu lượng nước đi qua mặt cắt có diện tích ướt là ω, $d\omega$ là vi phân diện tích thuộc ω, v là tốc độ tức thời của dòng nước tại $d\omega$. Khi đó ta có lưu lượng nước đi qua vi phân diện tích là $dQ = v.d\omega$

Từ đó lưu lượng đi qua mặt cắt được tính theo công thức:

$$Q = \int_{\omega} v.d\omega \tag{4.3}$$

Hoặc viết dưới dạng sai phân khi chia diện tích ướt ω thành n phần diện tích bộ phận:

$$Q = \sum_{i=1}^{n} \Delta\omega_i.v_i \tag{4.4}$$



Hình 4.8. **Sơ hoạ về sự phân chia các diện tích bộ phận khi đo tốc độ dòng chảy**

Trong đó $\Delta\omega_i$ là diện tích mảnh thứ i, v_i tốc độ trung bình trên mảnh thứ i đó (hình 4.8). Trên hình (4.8) ta chia mặt cắt ngang sông ra làm n diện tích bộ phận bởi các thuỷ trực 1, 2, 3... n, tốc độ trung bình trên các phần diện tích bộ phận là v_1, v_2,..., v_n, các diện tích bộ phận tương ứng là $\Delta\omega_1$, $\Delta\omega_2$,..., $\Delta\omega_n$. Để xác định được lưu lượng Q cần thiết phải xác định được tốc độ và diện tích của các mảnh diện tích bộ phận.

2. Đo sâu và đo mặt cắt

Để tính diện tích các mặt cắt thành phần cần thiết phải đo sâu trên mặt cắt đo lưu lượng. Tại các tuyến đo lưu lượng người ta xác định các vị trí trên mặt cắt ngang mà độ sâu theo chiều thẳng đứng sẽ phân chia mặt cắt ngang sông ra các diện tích thành phần (hình 4.8), các vị trí đó được gọi là thuỷ trực. Tại trạm thuỷ văn, các thuỷ trực trên mặt cắt đo lưu lượng thường được chọn cố định. Tốc độ dòng chảy và số đo diện tích của các diện tích bộ phận (nằm giữa các đường thuỷ trực) được xác định trên cơ sở đo tốc độ dòng chảy và độ sâu nước tại các đường thuỷ trực trên. Khoảng cách giữa các đường thuỷ trực có thể đều hoặc không đều tuỳ thuộc vào địa hình đáy sông. Số lượng các thuỷ trực trên một mặt cắt tuỳ thuộc vào chiều rộng sông lớn hay bé, có thể tham khảo theo bảng 4.1.

Bảng 4.1. **Phân bố thuỷ trực theo chiều rộng sông**

Chiều rộng sông (m)	< 100	100 ÷ 200	200 ÷ 500	500 ÷ 1000
Số thuỷ trực đo sâu	20	20 ÷ 30	30 ÷ 40	40 ÷ 50

3. Đo và tính tốc độ

a) Đo tốc độ bằng lưu tốc kế

Thiết bị để đo tốc độ thông dụng hiện nay là lưu tốc kế, đồng hồ bấm giây. Để đo tốc độ tại một vị trí nào đó thì đặt máy lưu tốc kế đúng vị trí đó, dòng nước chảy sẽ đẩy cánh quạt của lưu tốc kế quay, sau N vòng quay mạch điện đóng làm chuông điện reo, dùng đồng hồ bấm giây để đếm số giây của các lần reo chuông, từ đó xác định được số vòng quay cánh quạt của lưu tốc kế trong một đơn vị thời gian đo n theo công thức:

$$n = \frac{k \times N}{t} \tag{4.5}$$

Trong đó: n: Số vòng quay cánh quạt trong một giây

N: Số vòng quay cánh quạt giữa hai lần reo chuông

k: Số lần reo chuông của một lần đo

t: Số giây thực hiện một lần đo

Việc đo tốc độ thường được tiến hành đồng thời với việc đo sâu và thực hiện đo lần lượt từng điểm trên thuỷ trực. Đối với vùng sông ảnh hưởng thuỷ triều tốc độ thay đổi nhanh theo thời gian, vì vậy cần dùng nhiều máy để đo tốc độ đồng thời trên nhiều thuỷ trực khác nhau của mặt cắt.

b) Số điểm đo tốc độ trên thuỷ trực

Tốc độ dòng chảy tại mỗi điểm đo trên mặt cắt ngang khác nhau. Theo chiều sâu, tốc độ trên mặt nước là lớn nhất và giảm dần theo độ sâu. Theo chiều ngang của mặt cắt, những điểm sát bờ có tốc độ nhỏ và càng xa bờ tốc độ càng tăng. Bởi vậy, để xác định tốc độ dòng chảy bình quân của từng diện tích bộ phận và diện tích bình quân toàn mặt cắt cần đo tốc độ ở nhiều thuỷ trực khác nhau và ở mỗi thuỷ trực cũng cần đo tốc độ nước ở những độ sâu khác nhau.

Theo quy phạm đo đạc thuỷ văn, số điểm đo tốc độ trên thuỷ trực quy định như sau:

+ Với độ sâu thuỷ trực h > 3 m đo 5 điểm tại các vị trí: mặt nước; 0,2h; 0,6h; 0,8h và đáy sông.

+ Với độ sâu h = 2 ÷ 3 m đo 3 điểm tại các vị trí 0,2h; 0,6h; 0,8h

+ Độ sâu h = 1 ÷ 2 m đo 2 điểm tại các vị trí: 0,2h; 0,8h

+ Độ sâu h < 1 m đo 1 điểm tại vị trí 0,6h

Vị trí điểm đo tính theo độ sâu tương đối kể từ mặt nước trở xuống. Đối với các trạm thuỷ văn ở vùng sông ảnh hưởng triều thường đo 6 điểm tại các vị trí: mặt nước; 0,2h; 0,4h; 0,6h; 0,8h và đáy sông.

Với độ sâu h < 3 m có thể đo 2 hoặc 3 điểm, và không áp dụng đo 1 điểm với vùng triều.

c) Tính tốc độ từng điểm

Tốc độ từng điểm trên thuỷ trực được tính theo công thức.

$$V = a \times n + b$$

Trong đó: V là tốc độ tại điểm đo (tức thời)

a, b là hệ số của từng máy đo. Hệ số này cho sẵn trong hồ sơ máy khi xuất xưởng.

n là số vòng quay của cánh quạt trong một giây, $n = \frac{N}{t}$

t là thời gian mỗi điểm đo.

N là tổng số vòng quay cánh quạt trong thời gian đo.

Thời gian đo mỗi điểm thường chọn xấp xỉ 120 giây. Trị số N và t do nhân viên đo đạc ghi được khi theo dõi máy đo và đồng hồ bấm giây (máy đp báo hiệu số vòng quay cánh quạt bằng tín hiệu chuông hoặc đèn hoặc đồng hồ chỉ vòng quay).

Tốc độ điểm đo nói chung giảm dần từ mặt nước xuống đáy sông. Người đo dựa vào quy luật đó để sơ bộ nhận xét tính chất hợp lý của số liệu tốc độ từng điểm đo.

d) Tính tốc độ bình quân thuỷ trực

Tốc độ bình quân thuỷ trực được tính theo tốc độ các điểm đo theo công thức sau:

Đo 5 điểm

$$\overline{V}_t = \frac{1}{10}(V_m + 3.V_{0,2} + 3.V_{0,6} + 2.V_{0,8} + V_d)$$

Đo 3 điểm

$$\overline{V}_t = \frac{1}{4}(V_{0,2} + 2.V_{0,6} + V_{0,8})$$

Đo 2 điểm

$$\overline{V}_t = \frac{1}{2}(V_{0,2} + V_{0,8})$$

Đo 1 điểm

$$\overline{V}_t = V_{0,6}$$

Đo 6 điểm trên vùng sông ảnh hưởng triều

$$\overline{V}_t = \frac{1}{10}(V_m + 2.V_{0,2} + 2.V_{0,4} + 2.V_{0,6} + 2.V_{0,8} + V_đ)$$

Trong đó $\overline{V}_t$ là tốc độ bình quân thuỷ trực.

V_m, $V_{0,2}$, $V_{0,4}$, $V_{0,6}$, $V_{0,8}$, $V_đ$ là tốc độ của thuỷ trực tại các điểm mặt nước và các điểm ở độ sâu 0,2h, 0,4h, 0,6h, 0,8h và điểm đáy sông. Theo quy luật chung tốc độ bình quân thuỷ trực giảm dần từ giữa dòng ra phía hai bờ.

e) Tính tốc độ bình quân bộ phận

Những bộ phận diện tích nằm kẹp giữa hai thuỷ trực thì tốc độ bình quân bộ phận được xác định theo trung bình số học tốc độ hai thuỷ trực đó.

Tốc độ bình quân hai bộ phận ven bờ bằng tốc độ bình quân của thuỷ trực ven bờ nhân với hệ số $k_{bờ}$: $\overline{V}_{venbờ} = k_{bờ} \times V_{venbờ}$

Hệ số $k_{bờ} = 0,7 \div 0,8$, tuỳ theo địa hình ven bờ.

4. Tính lưu lượng mặt cắt thực đo

Lưu lượng bộ phận bằng tích giữa tốc độ bình quân bộ phận với diện tích của bộ phận đó (xem hình 4.9). Lưu lượng nước toàn mặt cắt là tổng lưu lượng của các bộ phận. Lưu lượng bộ phận của các mảnh diện tích bộ phận được tính theo công thức:

$$q_1 = l_1 \times \frac{h_1}{2} \times k_{bờ} \times v_1$$

$$q_2 = l_2 \times \frac{h_1 + h_2}{2} \times \frac{v_1 + v_2}{2}$$

$$q_3 = l_3 \times \frac{h_2 + h_3}{2} \times \frac{v_2 + v_3}{2}$$

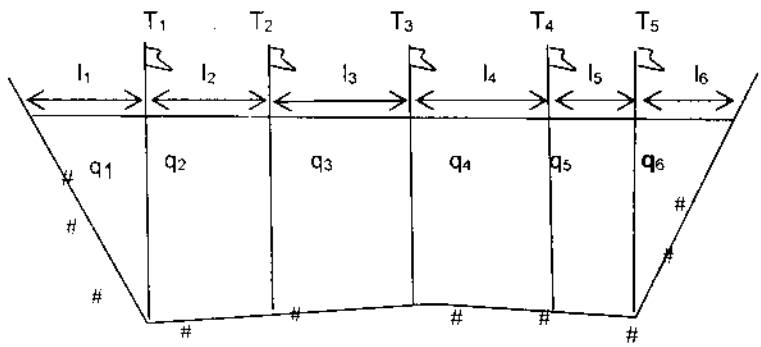
và tổng quát có: $$q_n = l_n \times \frac{h_{n-1} + h_n}{2} \times \frac{v_{n-1} + v_n}{2}$$

Lưu lượng mặt cắt tính được theo công thức:

$$Q = q_1 + q_2 + q_3 + \ldots + q_n.$$

Trong đó:

$v_1, v_2, v_3, \ldots v_n$ là tốc độ bình quân các thuỷ trực 1, 2, 3,... n; $l_1, l_2, l_3, \ldots l_n$ là chiều rộng của mảnh diện tích bộ phận; $q_1, q_2, q_3, \ldots q_n$ là lưu lượng của các mảnh diện tích bộ phận; Q là diện tích của toàn mặt cắt.



***Hình 4.9.* Sơ hoạ lưu lượng bộ phận trên mặt cắt ngang**

Trị số lưu lượng nước tính được qua mỗi lần đo được coi là lưu lượng nước tức thời ứng với thời điểm giữa của từng lần đo. Mực nước tương ứng với lưu lượng từng lần đo là mực nước bình quân lúc bắt đầu và kết thúc lần đo.

5. Chế độ đo lưu lượng

Công việc đo tốc độ và đo sâu khá vất vả và tốn kém, vì vậy không thể đo hàng giờ, hàng ngày như đo mực nước.

Số lần đo tốc độ để tính lưu lượng tuỳ thuộc vào quan hệ lưu lượng mực nước của từng trạm đo.

Nếu quan hệ giữa lưu lượng và mực nước Q = f(H) tương đối ổn định có thể phân bố lần đo lưu lượng theo cấp mực nước trong năm từ thấp nhất đến cao nhất. Mỗi trạm thuỷ văn có thể đo 30 ÷ 50 lần trong một năm.

Nếu quan hệ Q = f(H) không ổn định (do bồi xói mặt cắt, ảnh hưởng nước vật, ảnh hưởng lũ v.v.) số lần đo sẽ tăng lên.

6. Chỉnh lý số liệu lưu lượng nước

Như phần trên đã nêu, vì điều kiện kinh tế và kỹ thuật không cho phép đo lưu lượng nước hàng giờ trong suốt cả năm. Vì vậy với số lượng 50 ÷ 60 lần đo trong một năm không thể biểu thị được quá trình lưu lượng nước hàng giờ, hàng ngày và không thể tính được lưu lượng bình quân ngày, tháng, năm và các số liệu khác về dòng chảy năm.

Do đó người ta dùng số liệu lưu lượng và mực nước của các lần đo để tiến hành tính toán bổ sung sao cho đủ lưu lượng nước các giờ đo mực nước trong năm. Phương pháp tính là sử dụng quan hệ mực nước ~ lưu lượng Q = f(H).

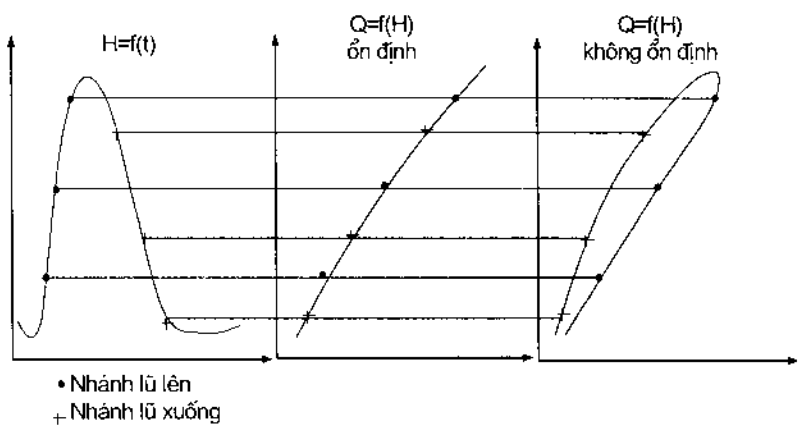
a) Vẽ quan hệ mực nước với lưu lượng Q = f(H)

Quan hệ Q = f(H) là quan hệ tương quan được vẽ trên giấy kẻ li theo tỷ lệ hợp lý. Số liệu dùng cho vẽ quan hệ Q = f(H) là lưu lượng và mực nước tương ứng của các lần đo được vẽ riêng rẽ cho từng năm và đồng thời cũng chỉ để sử dụng tính toán riêng cho năm đó.

1. Quan hệ Q = f(H) tương đối ổn định

Theo tài liệu thực đo vẽ quan hệ Q và H lên biểu đồ. Nếu các điểm tương quan phân bố có tính ngẫu nhiên và hình thành nên băng điểm hẹp, ứng với từng cấp mực nước lưu lượng thực đo sai lệch không quá 10% lưu lượng trung bình của cấp mực nước đó thì được coi quan hệ Q = f(H) ổn định. Trong trường hợp này có thể vẽ đường cong trơn đi qua trung tâm băng điểm từ mực nước thấp nhất đến mực nước cao nhất. Đường cong này gọi là đường quan hệ Q = f(H) ổn định, sai số được tính theo sai số quân phương.

2. Quan hệ Q = f(H) không ổn định



***Hình 4.10.* Kiểm tra tính hợp lý**

Quan hệ Q = f(H) được coi là không ổn định khi các điểm tương quan Q ~ H có hai đặc điểm như sau:

+ Ứng với từng cấp mực nước, lưu lượng thực đo dao động thiên lớn hoặc thiên nhỏ vượt quá 10% lưu lượng trung bình của cấp nước đó.

+ Lưu lượng thực đo dao động thiên lớn hoặc thiên nhỏ theo một quy luật nhất định, chẳng hạn như quy luật xói hoặc bồi của mặt cắt đo, theo quy luật tăng giảm độ dốc mặt nước khi ảnh hưởng lũ hoặc ảnh hưởng thuỷ triều, nước vật dồn từ hạ lưu lên (nước dồn, nước ứ).

Trong trường hợp này phải vẽ thêm quan hệ diện tích ~ mực nước $\omega = f(H)$ và quan hệ độ dốc ~ mực nước $\Delta H = f(H)$ để phân tích.

Nếu quan hệ Q = f(H) không ổn định do nguyên nhân xói hoặc bồi mặt cắt thì vẽ nhiều đường cong Q = f(H) tương ứng với từng thời đoạn bồi xói trong năm.

Nếu quan hệ Q = f(H) không ổn định do ảnh hưởng lũ làm thay đổi độ dốc mặt nước thì vẽ đường cong Q = f(H) tương ứng với nhánh lũ lên (độ dốc lớn) và nhánh lũ xuống

(độ dốc nhỏ) của từng trận lũ (xem hình 4.10). Tất nhiên đường Q = f(H) của trận lũ nào chỉ dùng cho trận lũ đó vì quy luật thay đổi độ dốc của từng trận lũ khác nhau.

b) Xác định lưu lượng theo tài liệu đo mực nước

Căn cứ số liệu mức nước tức thời đo hàng ngày H = f(t) tra các đường quan hệ Q = f(H) xác định được số liệu lưu lượng nước tương ứng Q = f(t) tại các thời điểm đo mực nước.

Với quan hệ Q = f(H) tương đối ổn định, ứng với mỗi cao trình mực nước chỉ cho một giá trị lưu lượng, mực nước cao nhất, thấp nhất tương ứng với lưu lượng lớn nhất và nhỏ nhất ($H_{max} \Rightarrow Q_{max}$, $H_{min} \Rightarrow Q_{min}$).

c) Tính lưu lượng bình quân ngày và các đặc trưng dòng chảy năm

Lưu lượng bình quân ngày bằng trung bình cộng của các lưu lượng tức thời trong ngày (nếu cách đều giờ).

$$Q_{ngay} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Q_i}{n} \qquad (4.6)$$

Trong đó: Q_i: Lưu lượng tức thời ứng với giờ đo mực nước thứ i.

n,: Số lần tính lưu lượng tức thời trong ngày.

Nếu lưu lượng tức thời không cách đều giờ thì phải nội suy sao cho đủ số liệu cách đều giờ và tính theo công thức trên.

– Lưu lượng bình quân tháng là trị trung bình cộng của tất cả các ngày trong tháng.

– Lưu lượng trung bình năm là trị trung bình cộng của 12 tháng trong năm hoặc trị trung bình của 365 hoặc 366 ngày trong năm.

– Tổng lượng nước ngày: $W_{ngày} = Q_{ngay}.T_{ngay}$

– Tổng lượng nước tháng: $W_{tháng} = Q_{thang}.T_{thang}$

– Tổng lượng nước năm: $W_{năm} = Q_{nam}.T_{nam}$

Trong đó $T_{ngày}$, $T_{tháng}$, $T_{năm}$ là số đo thời gian (thường là giây) của ngày, tháng, năm.

– Độ sâu dòng chảy năm $Y_{năm} = \frac{W_{nam}}{10^3.F}$, (mm)

– Môđun dòng chảy năm $M_{năm} = \frac{10^3 \overline{Q}_{nam}}{F}$, (l/s/km^2)

– Độ sâu dòng chảy năm $\alpha_{năm} = \frac{Y_{nam}}{X_{nam}}$, (mm)

$X_{năm}$ là lượng mưa bình quân năm trên lưu vực, F là diện tích lưu vực.

Đối với trạm đo vùng sông ảnh hưởng triều có dòng chảy theo hai hướng (dòng chảy từ nguồn về và chảy ngược từ biển lên) thì tại đó lưu lượng dao động rất lớn (vì $Q_{min} = 0$) và biến đổi nhanh theo thời gian cũng như không gian (trên từng bộ phận của mặt cắt). Vì vậy không thể dùng Q = f(H) và cách tính lưu lượng tức thời như đã giới thiệu ở phần trên. Vùng này có các phương pháp chỉnh lý riêng chỉ dùng cho chuyên ngành đo đạc thuỷ văn.

7. Lưu trữ và xuất bản lưu lượng nước

Sau khi đã tiến hành chỉnh lý và kiểm tra mức độ hợp lý của tài liệu đo đạc về: đo sâu, đo tốc độ, biểu đồ quan hệ Q = f(H), lưu lượng tức thời, lưu lượng bình quân ngày và các đặc trưng dòng chảy khác trong năm, các loại số liệu trên được sao chép lưu trữ và xuất bản. Số liệu lưu lượng bình quân ngày, tháng, năm kèm theo lưu lượng lớn nhất, nhỏ nhất (tức thời) của từng tháng và các đặc trưng dòng chảy năm như môđun dòng chảy, độ sâu dòng chảy v.v. được xuất bản dưới dạng bảng. Số liệu lưu lượng tức thời tương ứng với mực nước đo hàng giờ cũng được xuất bản nhưng chỉ chọn một số trận lũ lớn hoặc tương đối lớn trong năm. Số liệu đo sâu và đo tốc độ kế (để tính lưu lượng nước) không xuất bản. Khi cần tới số liệu này phải đến cơ quan lưu trữ để được cấp.

4.1.5.4. Phương pháp đo và tính lưu lượng bùn cát

Bùn cát chuyển động trong dòng chảy sông ngòi được chia làm hai loại: bùn cát lơ lửng và bùn cát đáy. Bùn cát lơ lửng gồm những hạt bùn cát nổi lơ lửng và chuyển động theo dòng nước. Bùn cát đáy là loại bùn cát chuyển động theo dòng nước ở đáy sông với hình thức nhảy, trượt hoặc lăn.

– Độ đục bùn cát: Độ đục bùn cát (thường ký hiệu là ρ) là lượng bùn cát lơ lửng có trong 1 m^3 nước. Độ đục bùn cát ρ có đơn vị tính là g/m^3 hoặc là kg/m^3 còn gọi là mật độ bùn cát hoặc lượng ngậm cát.

– Lưu lượng bùn cát (thường ký hiệu là R): Là lượng bùn cát chuyển qua mặt cắt trong một đơn vị thời gian. Đơn vị thường dùng là gam/giây (g/s) hoặc kg/s.

1. Đo và tính bùn cát lơ lửng

Việc đo bùn cát được tiến hành cùng một lúc với đo sâu và đo tốc độ. Do đó những phương tiện hỗ trợ đo sâu, đo tốc độ thuyền, ca nô, tời, cáp căng ngang sông, cầu treo v.v. cũng đồng thời là phương tiện hỗ trợ đo bùn cát. Về dụng cụ gồm có:

– Dụng cụ lấy mẫu nước.

– Dụng cụ lọc bùn cát, sấy khô và dụng cụ cân chính xác.

a) Đo bùn cát theo kiểu tích điểm

Trên mỗi thuỷ trực, đã đo tốc độ tại điểm nào thì cũng đo bùn cát tại điểm đó. Lần lượt dùng phương tiện thích hợp đưa dụng cụ tới điểm đo tiến hành lấy mẫu nước tại từng điểm với dung tích D cm^3. Bùn cát trong từng mẫu nước được lọc bằng giấy lọc, sau đó sấy khô và dùng loại cân chính xác 1/100 gam để đo, trọng lượng bùn cát P gam.

Độ đục tại điểm đo $\rho_đ$ tính như sau:

$$\rho_đ = \frac{P}{D}10^6 g/m^3 \quad \text{hoặc} \quad \rho_đ = \frac{P}{D}10^3 (kg/m^3) \tag{4.7}$$

Độ đục $\rho_đ$ chỉ trọng lượng bùn cát khô chứa trong một đơn vị thể tích nước.

Độ đục bình quân thuỷ trực ρ_t được tính bởi độ đục nhiều điểm trên thuỷ trực.

Đo 5 điểm:

$$\rho_t = \frac{\rho_m V_m + 3\rho_{0,2}.V_{0,2} + 3\rho_{0,6}.V_{0,6} + 3\rho_{0,8}.V_{0,8} + \rho_đ.V_đ}{10V_{tb}} \tag{4.8}$$

Đo 3 điểm:

$$\rho_t = \frac{1}{3V_{tb}}(\rho_{0,2}.V_{0,2} + 2\rho_{0,6}.V_{0,6} + \rho_{0,8}.V_{0,8}) \tag{4.9}$$

Đo 2 điểm:

$$\rho_t = \frac{1}{2V_{tb}}(\rho_{0,2}.V_{0,2} + \rho_{0,8}.V_{0,8}) \tag{4.10}$$

Đo 1 điểm: $\rho_t = \rho_{0,6}$

Trong đó: ρ_m, $\rho_{0,2}$, ρ_6, $\rho_{0,8}$, $\rho_đ$ là độ đục ứng với độ sâu ở các vị trí: mặt nước; 0,2h; 0,6h; 0,8h và đáy sông. V_m, $V_{0,2}$, $V_{0,6}$, $V_{0,8}$, $V_đ$: tốc độ tương ứng tại các điểm đo, V_{tb} là tốc độ bình quân thuỷ trực...

Nói chung độ đục từng điểm trên thuỷ trực tăng dần từ mặt nước xuống đáy sông, độ đục bình quân thuỷ trực giảm dần từ giữa dòng ra hai bờ. Căn cứ quy luật đó có thể sơ kiểm tra kết quả đo đạc và tính toán.

b) Đo bùn cát theo kiểu tích phân

Kiểu đo tích phân không lấy mẫu nước tại từng điểm đo mà trên mỗi thuỷ trực chỉ lấy một mẫu nước hỗn hợp bao gồm thành phần nước của mỗi độ sâu từ mặt nước tới sát đáy sông. Bùn cát trong mẫu nước hỗn hợp được lọc, sấy khô và xác định trọng lượng bằng loại cân chính xác.

Độ đục bình quân thuỷ trực ρ_t bằng:

$$\rho_t = \frac{P_h}{D_h}10^6 (g/m^3); \quad \rho_t = \frac{P_h}{D_h}10^3 (kg/m^3) \tag{4.11}$$

Trong đó: D_h là dung tích mẫu nước hỗn hợp, cm^3.

P_h là trọng lượng bùn cát sấy khô của mẫu nước hỗn hợp, gam.

Phương pháp đo kiểu tích phân đơn giản hơn phương pháp tích điểm nhưng không cho biết quy luật thay đổi độ đục theo chiều sâu, quy luật này rất cần thiết khi nghiên cứu về bồi lắng trong sông, hồ chứa v.v.

c) Tính độ đục bình quân bộ phận

Đối với những bộ phận diện tích giới hạn bởi hai đường thuỷ trực thì độ đục bình quân bộ phận bằng độ đục trung bình cộng của độ đục hai thuỷ trực đó.

Độ đục bình quân của bộ phận sát bờ bằng độ đục bình quân của thuỷ trực sát bờ.

d) Tính lưu lượng của bùn cát thực đo

Lưu lượng đi qua từng bộ phận diện tích bằng tích của độ đục bình quân bộ phận với lưu lượng nước bộ phận. Lưu lượng bùn cát toàn mặt cắt bằng tổng lưu lượng bùn cát của các bộ phận.

Theo kết quả đo có thể tính lưu lượng bùn cát thực đo của mặt cắt theo công thức

$$R = \bar{\rho}_{t1}.q_1 + \frac{\bar{\rho}_{t1} + \bar{\rho}_{t2}}{2} q_2 + \bar{\rho}_{t2}.q_3 \qquad (4.12)$$

Trong đó: R là lưu lượng bùn cát tính theo gam/giây (g/s) hoặc kg/s; $\bar{\rho}_{t1}, \bar{\rho}_{t2}$ là độ đục trung bình tại thuỷ trực 1, 2,... tính bằng g/m^3 hoặc kg/m^3; q_1, q_2, q_3 là lưu lượng nước đi qua từng bộ phận diện tích 1, 2, 3... tính bằng m^3/s.

Độ đục bình quân trên toàn mặt cắt theo công thức

$$\rho_{mc} = \frac{R}{q_1 + q_2 + q_3} = \frac{R}{Q} \qquad (4.13)$$

Với Q: lưu lượng nước đi qua toàn mặt cắt ngang.

Lưu lượng bùn cát R và độ đục bình quân mặt cắt ρ_{mc} tính được qua mỗi lần đo được coi là lưu lượng bùn cát tức thời và độ đục tức thời tương ứng với thời điểm giữa của lần đo.

2. Đo bùn cát đáy

Hiện nay có nhiều loại dụng cụ đo bùn cát đáy nhưng chưa qua thử nghiệm, chưa có loại nào đạt độ chính xác cần thiết, vì thế các trạm đo bùn cát di đáy thường rất ít.

Trường hợp không đo được bùn cát đáy thì lưu lượng bùn cát đáy được tính theo một tỷ lệ nào đó của bùn cát lơ lửng.

$$R_{đáy} = K.\ R_{lơ\ lửng}$$

Hệ số K thường biến đổi theo các vùng khác nhau và thường từ 0 ÷ 0,3; ở nước ta thường lấy gần đúng bằng 0,2.

Môn học thuỷ văn công trình chỉ giới thiệu một cách sơ lược về phương pháp đo bùn cát đáy, chi tiết có thể tham khảo giáo trình đo đạc thuỷ văn dùng cho sinh viên chuyên ngành thuỷ văn.

4.1.5.5. Phương pháp đo và tính độ mặn của nước sông vùng ven biển

Độ mặn là trọng lượng muối cloruanatri (NaCl) có trong một 1000 gam nước biển. Ký hiệu là S, thứ nguyên tính theo ‰. Đo độ mặn trên mặt cắt ngang sông cũng tiến hành

lần lượt từng điểm trên từng thuỷ trực. Những trạm cấp I và II có thể thực hiện đồng thời việc đo độ mặn với việc đo tốc độ.

1. Phương pháp đo độ mặn

Độ mặn đo chủ yếu bằng phương pháp lấy mẫu nước tại các điểm khác nhau trên thuỷ trực.

Xác định độ mặn của mẫu nước thường có thể theo hai cách sau:

a) Dùng hoá chất để phân tích độ mặn

Dùng nitrat bạc cho vào mẫu nước cần đo mặn, sau khi phản ứng xảy ra xác định độ mặn theo công thức.

$$S‰ = \frac{W.\ N.\ 58,45}{V}.1000 \qquad (4.14)$$

Trong đó: W: lượng dung dịch nitrat bạc ($AgNO_3$) đã dùng để phân tích độ mặn (ml).

N: nồng độ đương lượng của dung dịch $AgNO_3$.

V: dung tích mẫu nước cần phân tích mặn (ml).

58,45 là đương lượng của NaCl.

1000: hệ số tính đổi.

Lưu ý: Phương pháp dùng hoá chất cho ta kết quả tốt nhưng tốn kém hoá chất, thời gian phân tích tính toán dài, đồng thời chỉ có thể thực hiện trong phòng thí nghiệm.

b) Xác định độ mặn bằng độ dẫn điện của mẫu nước

Dựa vào đặc điểm nước (H_2O) nguyên chất là không dẫn điện, còn NaCl hoà tan có độ dẫn điện cao. Nồng độ hoà tan của NaCl quyết định điện trở của dung dịch. Vì thế khi hiệu điện thế không thay đổi thì cường độ dòng điện phụ thuộc vào nồng độ hoà tan của muối trong mẫu nước. Nên ngược lại, độ mặn phụ thuộc vào cường độ dòng điện.

S = f(Độ dẫn điện của nước)

Phương pháp này cho kết quả không chính xác bằng phương pháp hoá chất nhưng kinh tế hơn, có thể đo và tính ngay tại hiện trường sông nước.

2. Tính độ mặn sông

a) Tính độ mặn thuỷ trực

Trị số độ mặn thuỷ trực là trị số trung bình số học của độ mặn các điểm đo. Tuỳ theo số điểm đo trên thuỷ trực mà áp dụng các công thức tính khác nhau:

Trường hợp số điểm đo là 3 điểm:

$$\overline{S} = \frac{1}{3}(S_m + S_{0,5} + S_d) \qquad (4.15)$$

Trường hợp số điểm đo là 6 điểm:

$$\overline{S} = \frac{1}{6}(S_m + S_{0,2} + S_{0,4} + S_{0,6} + S_{0,8} + S_d) \qquad (4.16)$$

Trong đó: S_m, $S_{0,2}$, $S_{0,4}$, $S_{0,6}$, $S_{0,8}$, $S_đ$ là độ mặn tại các điểm: mặt nước, các độ sâu tương đối 0,2h; 0, 4h; 0,6h; 0,8h và điểm đáy sông. $\overline{S}$ là độ mặn bình quân của thuỷ trực.

b) Tính độ mặn bình quân mặt cắt

Trường hợp đo mặn đơn độc thì độ mặn bình quân mặt cắt là trị số trung bình cộng của độ mặn các thuỷ trực của mặt cắt.

Trường hợp đo mặn kết hợp với đo tốc độ dòng nước: mặt cắt có n thuỷ trực đo mặn kết hợp với đo tốc độ dòng chảy, thì độ mặn mặt cắt được tính theo công thức như sau:

$$\overline{S} = \frac{\overline{S}_{t1}.q_1 + \frac{\overline{S}_{t1}+\overline{S}_{t2}}{2}.q_2 + ... + \frac{\overline{S}_{tn-1}+\overline{S}_{tn}}{2}.q_n + \overline{S}_n.q_{n+1}}{Q} \quad (4.17)$$

Trong đó: $\overline{S}_{t1}, \overline{S}_{t2}, ... \overline{S}_{tn}$ là độ mặn các thuỷ trực 1, 2,..., n.

$q_1, q_2, ... q_n$ là lưu lượng bộ phận các mảnh diện tích 1, 2,...n

Q là lưu lượng nước toàn mặt cắt.

Theo quy luật chung độ mặn tăng dần từ mặt nước xuống đáy sông và giảm dần từ giữa dòng ra hai bờ. Theo chiều dọc sông độ mặn giảm dần từ cửa sông giáp biển lên thượng nguồn.

Nhiều kết quả nghiên cứu cho thấy độ mặn nước biển thường dao động từ 32‰ ÷ 35‰. Do đó độ mặn nước sông vùng ven biển cũng không vượt quá giới hạn 35‰.

4.1.6. Hệ thống thông tin tài nguyên nước

Hệ thống thông tin tài nguyên nước (HTTT–TNN) là một công cụ để quản lý các số liệu thuỷ văn và các số liệu liên quan theo một biểu mẫu thống nhất. Nguyên tắc của hệ thống thông tin tài nguyên nước là rõ ràng phản ánh được đúng tên gọi của nó. HTTT–TNN không nên hiểu đơn giản là một bộ sưu tập số liệu mà là một hệ thống logic và cấu trúc để thu thập, xử lý, lưu trữ và phổ biến các số liệu tài nguyên nước.

HTTT–TNN bao gồm cơ sở hạ tầng và con người để thu thập, xử lý, lưu trữ và phổ biến các số liệu địa chất thuỷ văn, khí tượng thuỷ văn (hình 4.11).

Cơ sở hạ tầng bao gồm mạng lưới quan trắc, phòng thí nghiệm, và các trung tâm xử lý hay lưu trữ dữ liệu. Vai trò quan trọng nhất của HTTT–TNN là cung cấp bộ số liệu cho việc quy hoạch, thiết kế và quản lý tài nguyên nước và cho các hoạt động nghiên cứu. Hệ thống cần có chức năng cung cấp thông tin cho người sử dụng đúng hạn và theo biểu mẫu thích hợp. Trong nhiều trường hợp vai trò của HTTT–TNN được mở rộng để cung cấp số liệu theo thời gian thực cho các mục đích dự báo hay điều hành ngắn hạn.

Các hoạt động của HTTT–TNN có thể được phân ra thành các loại sau:

– Tìm hiểu các loại số liệu người sử dụng cần

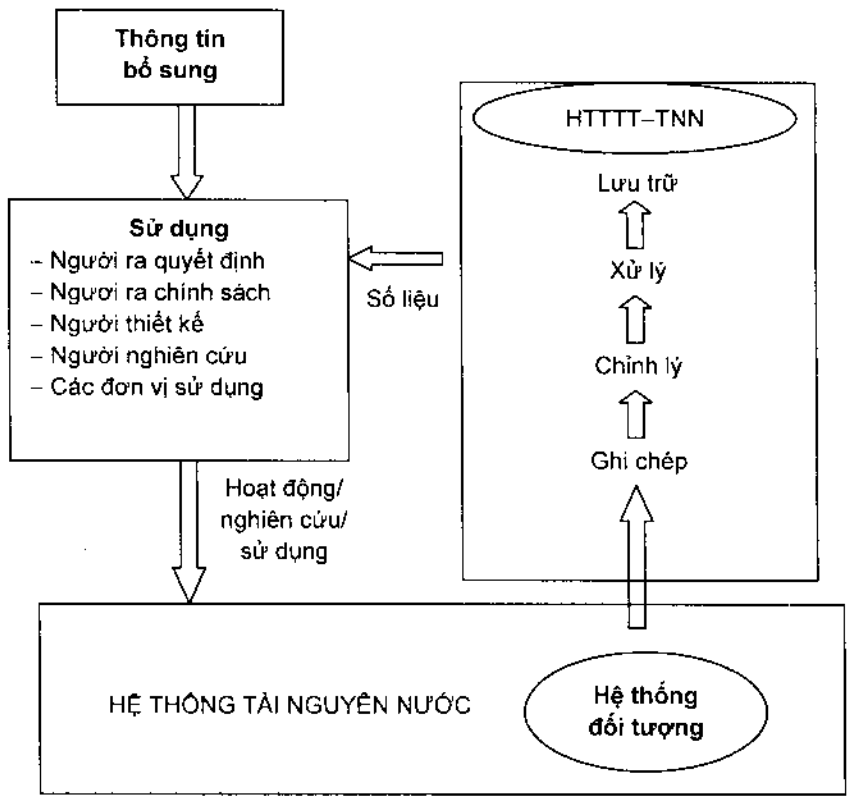
– Thiết lập mạng lưới quan trắc và vận hành nó

– Thu thập, chỉnh lý, xử lý và tường trình số liệu

– Quản lý số liệu lịch sử

– Truyền tải, lưu trữ, phổ biến số liệu

– Xây dựng các thể chế.



Hình 4.11. **Sơ đồ hệ thống thông tin tài nguyên nước [2]**

4.1.7. Các kỹ thuật mới trong việc thu thập và mô hình hoá hệ thống

4.1.7.1. Kỹ thuật viễn thám

Viễn thám là một công cụ có thể thu nhận các thông tin về các đối tượng từ một khoảng cách nhất định mà không qua tiếp xúc trực tiếp. Ưu điểm chính của kỹ thuật viễn thám là nó có thể cung cấp cảnh trông xa của một khu vực rộng lớn. Đây là một công cụ hữu hiệu trong việc xây dựng bản đồ hay quản lý các nguồn tài nguyên. Trong kỹ thuật viễn thám, việc đo đạc bằng các phổ năng lượng điện từ đã được sử dụng để xác định các thuộc tính của rất nhiều đối tượng. Điều này được thực hiện dựa trên đặc tính là mỗi đối tượng có khả năng hấp thụ cường độ và cho hướng phản xạ khác nhau đối với sự tương tác của sóng điện từ. Ví dụ như mức độ phản xạ hoặc hấp thụ của một vật thể khi đối với hồng ngoại giúp ta xác định được thành phần, mật độ cũng như nhiệt độ của nó.

Bức xạ năng lượng điện từ được hấp thụ hay phát xạ từ các đối tượng phải đi qua tầng khí quyển trước khi tới các thiết bị thu (sensor). Chính vì thế đặc điểm của tầng khí

quyển sẽ quyết định hiệu lực của phổ điện từ dùng cho viễn thám. Tuỳ thuộc vào nguồn năng lượng điện từ, hệ thống viễn thám được phân ra thành 2 nhóm: chủ động và bị động. Các sensor tự tạo ra năng lượng được gọi là sensor chủ động. Các sensor này truyền đi năng lượng với thuộc tính nào đó và thu nhận năng lượng phản hồi có các đặc điểm riêng biệt. Những sensor thụ động thì sử dụng nguồn năng lượng bên ngoài. Hầu hết các hệ thống viễn thám dựa vào năng lượng mặt trời để tạo ra năng lượng điện từ được phân vào loại thụ động.

Ưu điểm nổi bật của kỹ thuật viễn thám trong quản lý tài nguyên nước là việc đưa ra được các tin tức khái quát về trái đất theo chu kỳ với chi phí nhỏ.

1. Các quá trình kỹ thuật viễn thám

Trong kỹ thuật viễn thám có hai quá trình chính là thu nhận dữ kiện và phân tích dữ kiện (Hình 4.12)

Quá trình thu nhận dữ kiện bao gồm:

– Nguồn năng lượng điện từ cung cấp năng lượng để quan sát đối tượng (a)

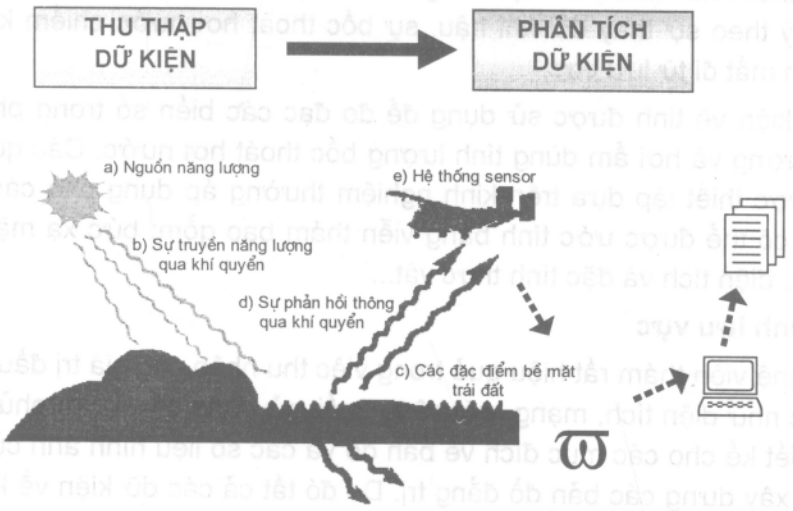
– Năng lượng bức xạ truyền trong khí quyển (b)

– Bức xạ sẽ đến mục tiêu ở trái đất, tác động qua lại với các yếu tố của trái đất (c). Sự tương tác này phụ thuộc vào đặc tính của mục tiêu cũng như của bức xạ.

– Bức xạ sẽ được các sensor thu nhận sau khi phản hồi qua khí quyển (d).

– Các sensor đặt trên máy bay hay vệ tinh (e).

Quá trình phân tích dữ kiện: Ngay sau khi thu nhận. Các dữ liệu sẽ được chuyển đến người sử dụng dưới dạng hình ảnh (số hay là bản in giấy). Ngày nay hầu hết các hình ảnh được lưu trữ dưới dạng số. Tại trung tâm xử lý, các hình ảnh này được giải đoán bằng mắt hay qua máy tính để trích dẫn các thông tin của đối tượng. Sản phẩm cuối cùng thông thường được tạo ra dưới dạng bản đồ và được sử dụng trong quy hoạch, giải quyết bài toán hay đưa ra quyết định...



Hình 4.12. **Các quá trình trong kỹ thuật viễn thám [2]**

2. Các ứng dụng của kỹ thuật viễn thám trong bài toán quản lý nguồn nước

Các ứng dụng chính của kỹ thuật viễn thám trong việc giải quyết các vấn đề tài nguyên nước bao gồm: quan trắc lượng mưa, lượng bốc hơi, quản lý tưới tiêu, xây dựng bản đồ ngập lụt và sử dụng trong các mô hình thuỷ văn. Một số ứng dụng chính được trình bày khái quát dưới đây:

a) Tính toán lượng mưa

Việc đo đạc lượng mưa trực tiếp từ các dữ kiện vệ tinh nhân tạo thường không được tốt, tuy nhiên nó có thể được suy diễn một cách gián tiếp thông qua việc cảm nhận sự phân bố không gian của mây, nhiệt độ và những đặc điểm khác của mây. Các trạm vệ tinh khí tượng thường được sử dụng cho mục đích này, tuy nhiên, hiện nay độ phân giải không gian của chúng còn rất hạn chế.Các dữ kiện sử dụng cho việc nghiên cứu lượng mưa nằm trong những dải quang phổ 0.5 – 0.7 μm (quan sát được bằng mắt), 3.5 – 4.2 μm và 10.5 – 12.5 μm (tia hồng ngoại) và 0,81 – 1,55 cm (vi sóng).

Các dữ kiện tia hồng ngoại đã được sử dụng để ước tính nhiệt độ đỉnh mây và thiết lập mối quan hệ giữa chúng với lượng mưa. Các dữ kiện vệ tinh có thể kết nối với các quan trắc khí tượng để thiết lập nên chỉ số mây. Các chỉ số này sẽ định ra các kiểu mây gây mưa khác nhau và ước tính lượng mưa dựa trên số lượng và khoảng thời gian tồn tại của mây hay diện tích của chúng. Phương pháp ngưỡng nhiệt độ đã được sử dụng rộng rãi để ước tính ra lượng mưa tháng từ các hình ảnh hồng ngoại vệ tinh. Đối với phương pháp chỉ số mây, các dữ kiện như kiểu mây, lượng mây có liên quan đến đo đạc lượng mưa ở khu vực trong một khoảng thời gian nào đó thông qua mối quan hệ:

$$R = f\{C, i(a)\} \qquad (4.18)$$

Trong đó R là tổng lượng mưa

C, i và a lần lượt là diện tích mây, kiểu mây, và độ cao so với mặt nước biển.

b) Sự bốc thoát hơi nước

Sự bốc thoát hơi nước là một trong số các quá trình quan trọng nhất của chu trình thuỷ văn. Tuỳ theo sự thay đổi khí hậu, sự bốc thoát hơi nước chiếm khoảng hơn 40% lượng hơi ẩm mất đi từ lưu vực.

Các dữ kiện vệ tinh được sử dụng để đo đạc các biến số trong phương pháp cân bằng năng lượng và hơi ẩm dùng tính lượng bốc thoát hơi nước. Các quan hệ bốc thoát hơi nước được thiết lập dựa trên kinh nghiệm thường áp dụng cho các vùng rộng lớn. Các biến số có thể được ước tính bằng viễn thám bao gồm: bức xạ mặt trời, suất phản chiếu bề mặt, diện tích và đặc tính thực vật...

c) Mô hình lưu vực

Công nghệ viễn thám rất hiệu quả trong việc thu nhận các giá trị đầu vào cho các mô hình lưu vực như diện tích, mạng lưới sông suối, sử dụng đất, thảm phủ... Một số các vệ tinh được thiết kế cho các mục đích vẽ bản đồ và các số liệu hình ảnh của chúng rất hữu ích cho việc xây dựng các bản đồ đẳng trị. Do đó tất cả các dữ kiện về không gian và sử

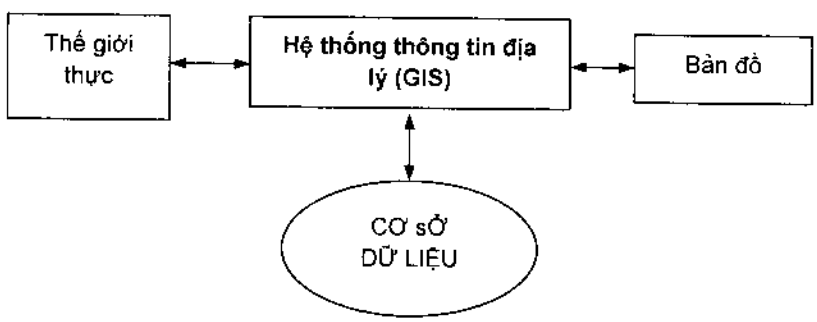
dụng đất thường được sử dụng trong các mô hình lưu vực có thể thu nhận được thông qua kỹ thuật viễn thám.

d) Xây dựng bản đồ ngập lụt

Các dữ kiện viễn thám được sử dụng để vẽ vùng ngập lụt sát với thời gian thực. Các dữ kiện từ các vệ tinh khí tượng như NOAA/AVHRR, INSAT/VHRR và GMS đã góp phần nâng cao khả năng dự báo mưa. Với số lượng các vệ tinh hiện có, các hình ảnh có thể được thu nhận trong khoảng thời gian ngắn. Tuy nhiên trong thời gian ngập lụt, mây che có thể ngăn cản việc thu thập các dữ kiện từ vệ tinh hay máy bay, khi đó đòi hỏi các dữ kiện vi sóng.

4.1.7.2. Hệ thống thông tin địa lý

Việc vẽ và sử dụng bản đồ giấy cho việc phân tích bản đồ hay đo đạc có rất nhiều hạn chế và khó khăn cho người sử dụng. Cùng với sự phát triển của công nghệ máy tính, các phần mềm đã được xây dựng để giải quyết vấn đề này. Một trong những công cụ hữu hiệu đã được áp dụng rộng rãi là hệ thống thông tin địa lý (GIS). Hệ thống thông tin địa lý có thể được coi là hệ thống gồm các giá trị đầu vào, lưu trữ, phân tích và đầu ra là các dữ liệu hay bản đồ địa lý. Cấu hình chung của một hệ thống thông tin địa lý như hình 4.13.



Hình 4.13. **Cấu hình cơ bản của hệ thống thông tin địa lý**

Khái niệm cơ bản trong hệ thống tài nguyên nước là vị trí, phân bố và quan hệ không gian; trong đó các đối tượng không gian là phần tử cơ bản của hệ thống. Với đặc điểm nêu trên, GIS đã hỗ trợ đắc lực cho các bài toán quản lý tài nguyên nước. Đây là những bài toán đòi hỏi khả năng phân tích không gian đa chiều. Trong lĩnh vực này, các thông tin không thuộc dạng địa hình có thể bao gồm việc mô tả đất, sử dụng đất, thảm phủ, điều kiện nước ngầm cũng như các hệ thống nhân tạo. Điểm khác biệt giữa GIS và các công cụ tính toán bản đồ nói chung là sự kết nối với cơ sở dữ liệu. Một khi cơ sở dữ liệu được thiết lập, việc phân tích và chuẩn bị cho các kết xuất đầu ra trở nên dễ dàng. Đặc điểm nổi bật của GIS là nó có khả năng ghi lại các hoạt động dùng cho việc phân tích, tổng hợp các vấn đề về tài nguyên nước.

1. Các kiểu dữ liệu địa lý

Như đã phân tích ở trên, điểm nổi bật của GIS là dữ liệu không gian. Đặc điểm chính của dữ liệu không gian là vị trí địa lý, chỉ số thuộc tính và thời gian. Nó cho biết đối tượng

ở đâu, là gì, tồn tại bao lâu. Thông thường, vị trí địa lý của một điểm trên bề mặt trái đất được xác định bởi kinh, vĩ độ và độ cao so với mực nước biển.

Dữ liệu không gian có thể được phân loại ra thành các kiểu dữ liệu sau:

– Điểm: Điểm có thể được coi là loại đối tượng không chiều, không có kích thước, dùng để xác định vị trí. Vị trí của nó được xác định thông qua hệ thống toạ độ cùng với một số thuộc tính của nó. Một điểm có thể được dùng để biểu thị vị trí một thành phố, một trạm quan trắc khí tượng, thuỷ văn...

– Đường: Loại dữ liệu này dùng để mô tả các đối tượng một chiều dưới góc độ chiều dài. Nó có thể biểu thị đường sá, sông ngòi, kênh rạch hay đường dây điện. Tuỳ theo từng đối tượng dữ liệu đường được biểu thị mà nó có các thuộc tính riêng của.

– Đa giác: Mô tả các đối tượng 2 chiều có độ dài, độ rộng, diện tích. Đây là loại dữ liệu phổ biến trong dữ liệu không gian. Các dữ liệu đa giác có thể biểu thị các vùng đất, khu rừng, hồ chứa, lưu vực...

– Mặt phẳng liên tục: Mô tả các giá trị thuộc tính của đa giác, ví dụ như sự biến đổi của lượng mưa...

2. Hệ thống toạ độ địa lý

Vị trị của các điểm trên bề mặt trái đất có thể được mô tả qua kinh vĩ độ của nó. Vĩ độ của một điểm là góc tại trung tâm trái đất được tạo bởi mặt phẳng xích đạo với đường thẳng nối điểm đó tới trung tâm trái đất. Vĩ độ biến đổi từ 0° tại xích đạo đến 90° tại hai cực. Nếu điểm đó nằm ở Bán cầu bắc ta có vĩ độ Bắc, ngược lại nếu điểm đó ở Bán cầu nam ta có vĩ độ Nam. Đường kinh tuyến đi qua Greenwich (Anh) được gọi là kinh tuyến gốc. Góc nằm ngang tạo bởi kinh tuyến gốc với đoạn thẳng nối một điểm với trung tâm trái đất là kinh độ của điểm đó. Đối với những điểm nằm ở phía tây kinh tuyến gốc ta có kinh độ Tây, nằm ở phia đông kinh tuyến gốc ta có kinh độ Đông. Phạm vi biến đổi của kinh độ từ 0° đến 180°. Cả kinh độ và vĩ độ đều được biểu diễn thông qua đơn vị độ, phút, giây.

a) Phép chiếu bản đồ

Hình dạng trái đất không phải là hình cầu, trên thực tế nó hơi dẹt ở hai cực nên nó có thể được coi là hình elipxoit. Việc biểu diễn trái đất bằng hình cầu, nhìn chung là không thuận tiện cho công việc, điều này đặt ra phải sử dụng các phép chiếu bản đồ để chuyển từ bề mặt 3 chiều sang mặt phẳng 2 chiều. Các phép chiếu bản đồ có thể được biển diễn dưới dạng toán học như sau:

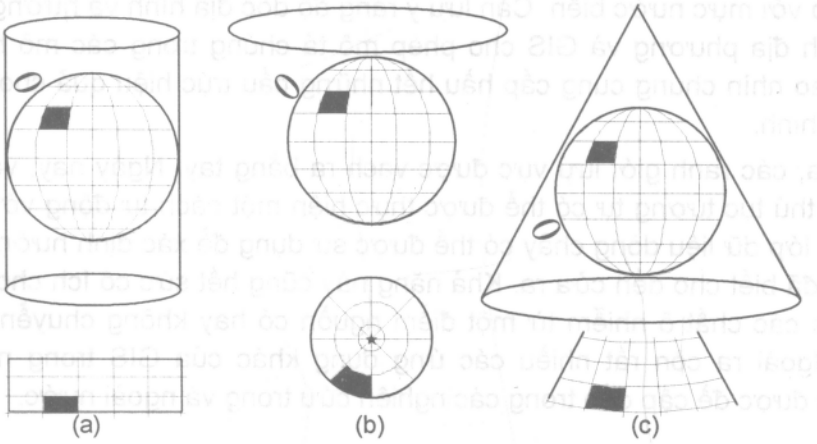
$$x = f(\phi, \theta) \tag{4.19}$$

$$y = g(\phi, \theta) \tag{4.20}$$

Trong đó ϕ, θ lần lượt là vĩ độ và kinh độ của điểm.

Có ba phép chiếu cơ bản từ một vị trí trên mặt elipxoit lên mặt phẳng, đó là phép chiếu hình trụ, phép chiếu hình nón và phép chiếu phương vị (hình 4.14). Phép chiếu hình trụ thì người ta chiếu mặt cầu lên mặt trụ tiếp xúc với nó. Đối với phép chiếu hình nón,

mặt cầu được chiếu lên hình nón tiếp xúc, còn ở phép chiếu phương vị thì bề mặt cầu được chiếu lên mặt phẳng tiếp xúc với nó.

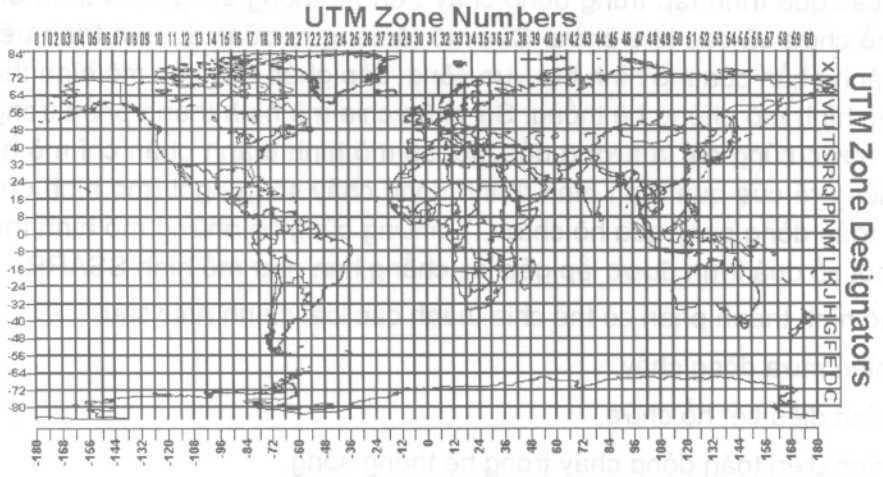


Hình 4.14. **Các phép chiếu bản đồ cơ bản**

a) Phép chiếu hình trụ; b) Phép chiếu phương vị; c) Phép chiếu hình nón

b) Hệ toạ độ UTM

Phép chiếu UTM (Universal Transverse Mercator) được khai triển bởi quân đội Mỹ. Nó được sử dụng rộng rãi trong các bản đồ địa hình. Phép chiếu này dùng cho các vùng nằm giữa 84 độ vĩ Bắc đến 80 độ vĩ Nam. Trong hệ toạ độ UTM, bề mặt trái đất được chia làm 60 vùng (zone), cứ mỗi 6° theo phương kinh tuyến thì lại được biểu diễn bằng một mắt lưới chữ nhật (hình 4.15).



Hình 4.15. **Lưới chiếu UTM**

3. Ứng dụng của GIS trong nghiên cứu tài nguyên nước

GIS đã và đang được ứng dụng mạnh mẽ vào các bài toán tài nguyên nước. Khả năng ứng dụng càng hiệu quả khi GIS được kết nối với viễn thám. Trong các mô hình phân phối GIS được dùng để quản lý các dữ liệu đầu vào và mô tả các kết quả đầu ra. Đặc biệt trong việc mô phỏng các quá trình thuỷ văn của lưu vực hay một khu vực nào

đó, GIS thực sự là một công cụ hữu hiệu. Do dòng chảy mặt luôn chảy theo hướng độ dốc, vì vậy việc xác định hướng dòng chảy tràn có thể được xác định thông qua các dữ liệu độ cao so với mực nước biển. Cần lưu ý rằng độ dốc địa hình và hướng dòng chảy là các thuộc tính địa phương và GIS cho phép mô tả chúng trong các mô hình. Lưới mô hình số độ cao nhìn chung cung cấp hầu hết những cấu trúc hiệu quả cho việc xác định đặc điểm địa hình.

Trước kia, các ranh giới lưu vực được vạch ra bằng tay. Ngày nay, với sự góp mặt của GIS một thủ tục tương tự có thể được thực hiện một cách tự động với độ chính xác khá cao. Các lớp dữ liệu dòng chảy có thể được sử dụng để xác định hướng chảy từ một vị trí bắt đầu đã biết cho đến cửa ra. Khả năng này cũng hết sức có ích cho việc xác định hướng đi của các chất ô nhiễm từ một điểm nguồn có hay không chuyển ra mạng lưới kênh rạch. Ngoài ra còn rất nhiều các ứng dụng khác của GIS trong nghiên cứu tài nguyên nước được đề cập đến trong các nghiên cứu trong và ngoài nước.

4.2. Mô hình dòng chảy sông ngòi

Mô hình mô phỏng hệ thống tài nguyên nước là một khâu quan trọng trong quá trình lập các dự án quy hoạch và quản lý tài nguyên nước. Mô hình mô phỏng hệ thống tài nguyên nước bao gồm việc mô tả các quá trình thành phần của hệ thống, sự liên kết các mô hình thành phần cùng các hoạt động của hệ thống tài nguyên nước.

4.2.1. Các dạng mô hình dòng chảy sông ngòi

Mô hình dòng chảy sông ngòi là các mô hình mô tả sự hình thành dòng chảy trên lưu vực sông, các quá trình tập trung dòng chảy trên hệ thống sông, quá trình điều tiết dòng chảy qua hồ chứa và các khu chứa. Các mô tả riêng rẽ của các quá trình trên gọi là các mô hình thành phần của mô hình lưu vực sông. Lắp ghép của các mô hình thành phần lại thì được mô hình mô phỏng hệ thống. Sự phân chia mô hình thành phần trong quy hoạch tài nguyên nước cũng chỉ là tương đối. Một số mô hình thành phần chỉ mô hình hóa một quá trình riêng rẽ của quá trình hình thành dòng chảy sông ngòi (mô hình đường đơn vị, NAM, diễn toán dòng chảy qua hồ chứa...), nhưng cũng có những mô hình thành phần lại bao gồm một số quá trình được lắp gép lại, chẳng hạn như mô hình SSARR.

Các mô hình thành phần có thể chia thành các loại chính như sau:

- Mô hình mưa dòng chảy,
- Mô hình điều tiết hồ chứa,
- Mô hình diễn toán dòng chảy trong hệ thống sông,
- Mô hình dòng chảy ngầm.

4.2.2. Khái niệm về mô hình mô phỏng, sự lựa chọn và sử dụng mô hình

4.2.2.1. Khái niệm

Mô phỏng hệ thống là phương thức mô tả một hệ thống thực bằng một hệ thống không thực do người nghiên cứu tạo ra. Trên hệ thống nhân tạo, các quá trình vật lý của

mô hình thực được mô tả gần đúng hoặc tương tự. Các quy luật vật lý của hệ thống thực được suy ra từ những kết quả nghiên cứu trên hệ thống do người nghiên cứu tạo ra.

Có nhiều cách mô phỏng, bao gồm: mô hình vật lý, mô hình toán v.v... Chẳng hạn quá trình tập trung nước trên lưu vực có thể mô tả bằng mô hình tương tự điện. Các quy luật chuyển động nước trong lòng dẫn có thể mô tả bằng các mô hình vật lý được xây dựng trong phòng thí nghiệm theo các tiêu chuẩn tương tự.

Khi nghiên cứu các hệ thống kỹ thuật và hệ nguồn nước người ta sử dụng mô phỏng toán học. Mô phỏng toán học là sự biểu đạt các quy luật vật lý và quá trình hoạt động của hệ thống bằng các biểu thức toán học bao gồm các hàm số, các công thức toán học, các biểu thức logic, các bảng biểu và các biểu đồ.

Như vậy, có thể rút ra định nghĩa: *Mô hình toán dòng chảy sông ngòi là sự biểu đạt các quy luật của hệ thống nguồn nước bao gồm các quá trình vật lý và động thái của hệ thống bằng các biểu thức toán học.*

Các mô hình toán sử dụng để mô phỏng hệ thống thực không thể phản ánh đầy đủ các tính chất, quy luật chuyển động, của hệ thống thực, vì các quá trình tự nhiên của hệ thống thực đã bị giản hoá hoặc được biểu đạt theo một "quan niệm" nào đó của người nghiên cứu khi thiết lập các mô phỏng. Tuỳ thuộc vào mục đích nghiên cứu mà biểu đạt và giản hoá theo các dạng khác nhau. Tiêu chuẩn đánh giá chất lượng của mô hình mô phỏng là sự sai khác giữa giá trị thực và giá trị tính toán của các đặc trưng mà người nghiên cứu quan tâm.

4.2.2.2. Phân loại mô hình

Có nhiều cách phân loại mô hình khác nhau, một cách tổng quát có thể chia ra hai loại mô hình: mô hình tất định và mô hình ngẫu nhiên. Sự phân biệt này cũng nằm trong mục đích mô hình hóa chế độ tạo chuỗi dòng chảy trong tương lai phục vụ tính toán thiết kế hay dự báo ngắn hạn dòng chảy phục vụ bài toán quản lý điều hành hệ thống thủy lợi – thủy điện.

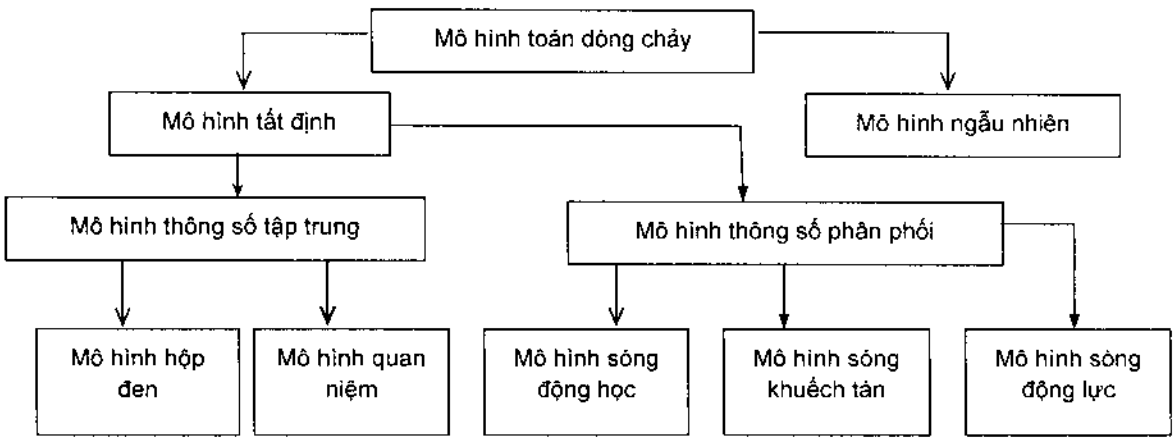
1. Mô hình ngẫu nhiên

Quan điểm xác xuất lần đầu tiên được Hazen đưa vào trong thủy văn từ năm 1918. Ngày nay, dòng chảy được coi là một quá trình ngẫu nhiên. Với quan điểm này, trong cấu trúc các mô hình ngẫu nhiên không có nhân tố hình thành dòng chảy và thành phần để xây dựng mô hình chính là chuỗi dòng chảy quá khứ nên nó phải đủ dài để bộc lộ hết bản tính.

Sự thật dòng chảy sinh ra do tác động của nhiều nhân tố, các nhân tố sinh ra và tác động đến dòng chảy lại là hàm của vô vàn các nhân tố khác, mà quy luật biến đổi của chúng con người chưa thể mô tả được. Do vậy, kết quả cuối cùng tổng hợp của vô vàn các mối quan hệ tương hỗ phức tạp, dòng chảy biểu hiện là một hiện tượng ngẫu nhiên. Tính ngẫu nhiên được thể hiện rõ nhất trong dòng chảy năm.

2. Mô hình tất định

Chuyển động dòng chảy trong hệ thống sông nói chung là dòng chảy không ổn định hoặc ổn định không đều. Diễn toán dòng chảy trong hệ thống sông là việc ứng dụng các các mô hình toán nhằm xác định diễn biến của dòng chảy (mực nước và lưu lượng) theo không gian và thời gian trên toàn bộ hệ thống sông.



***Hình 4.16.* Sơ đồ phân loại mô hình toán dòng chảy**

Một cách tổng quát, ta có thể biểu diễn mô hình toán học cho một hệ thống động lực biến đổi liên tục theo thời gian có thứ bậc n bằng một phương trình vi phân có dạng sau:

$$a_n \frac{d^n y(t)}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y(t)}{dt^{n-1}} + \cdots + a_0 y(t) = b_n \frac{d^n x(t)}{dt^n} + \cdots b_0 x(t) \qquad (4.21)$$

với điều kiện ban đầu $t = t_0$

Trong đó:

– Nếu y(t) và các đạo hàm của nó có bậc khác 1 thì hệ thống trở thành phi tuyến.

– Nếu a_i và b_i không phụ thuộc vào x(t) và y(t) cùng các đạo hàm của chúng thì hệ thống được gọi là tuyến tính.

– Nếu a_i và b_i là các hằng số thì ta được hệ thống dừng.

– Nếu a_i và b_i là hàm số của thời gian thì hệ thống được gọi là biến đổi theo thời gian.

Nếu các biến trong (4.21) không phụ thuộc vào không gian mà chỉ phụ thuộc vào thời gian thì chúng được gọi là các thông số tập trung và lúc đó (4.21) chỉ là phương trình vi phân thường.

Ngược lại, nếu chỉ cần một biến trong (4.21) phụ thuộc thời gian và biến đổi theo không gian, cụ thể là x = x(s, t) hoặc $a_i = a_i(s, t)$... với s là biến số xác định một vị trí cụ thể trong không gian thì ta có hệ thống với các thông số phân bố và khi đó (4.21) là phương trình vi phân đạo hàm riêng với các biến là thời gian và tọa độ theo không gian.

Về mặt cấu trúc, các mô hình của (4.21) được phát triển theo 2 hướng chính là mô hình thông số tập trung và mô hình thông số phân bố. Mô hình thông số phân phối được chia làm 3 loại: mô hình sóng động học, mô hình sóng động lực và mô hình sóng khuếch tán. Mô hình thông số tập trung có thể phân làm hai loại: mô hình hộp đen và mô hình quan niệm.

Trên hình 4.16 mô tả sơ đồ phân loại theo sự trình bày ở trên.

3. Mô hình thông số tập trung

Trong mô hình dạng (4.21) nếu loại bỏ sự thay đổi theo không gian của các đặc trưng lưu vực hoặc dòng sông, khi đó dòng chảy sẽ được tính toán như là một hàm của thời gian tại một vị trí riêng biệt nào đó (thông số tập trung tại một điểm). *Người ta gọi mô hình loại này là mô hình thông số tập trung hay còn gọi là mô hình thủy văn.* Từ những ý niệm vật lý sẽ xây dựng cấu trúc chung của mô hình, chứa các thông số đặc trưng. Giới hạn biến đổi của các thông số cùng với các giá trị ban đầu của chúng xuất phát từ những ý nghĩa vật lý.

Mô hình hộp đen: Trong thực tế sản xuất, đôi khi xuất hiện tình huống, khi cần xây dựng những quan hệ mưa – dòng chảy nhưng lại chỉ có các quan trắc đầu vào (mưa) và đầu ra (dòng chảy) của hệ thống. Những trường hợp này buộc phải coi lưu vực là một hộp đen. Loại này không cho biết cấu trúc bên trong của hệ thống mà chỉ cho biết quan hệ tương tác giữa biến vào và biến ra. Hệ thống loại này có tên là " hộp đen".

4. Mô hình thông số phân bố

Dòng chảy được coi là hàm của cả không gian và thời gian trên toàn hệ thống, tức là người ta xem xét diễn biến của các quá trình dòng chảy tại các vị trí khác nhau trong không gian trên cơ sở phân tích các hiện tượng vật lý tạo nên quá trình hình thành dòng chảy và xây dựng những quy luật tương ứng, được biểu diễn dưới dạng các phương trình, các biểu thức toán học dựa trên 3 quy luật chung nhất của vật lý là:

– Bảo toàn vật chất: Phương trình liên tục hay phương trình cân bằng nước);

– Bảo toàn năng lượng: Phương trình cân bằng động lực hay phương trình chuyển động thể hiện nguyên lý Dalambera;

– Bảo toàn động lượng.

Trong trường hợp tổng quát, những công thức được biểu diễn dưới dạng các phương trình vi phân đạo hàm riêng, thì đặc trưng địa hình – thủy địa mạo lòng sông đóng vai trò các thông số phương trình (các hằng số, hoặc trong trường hợp chung sẽ biến đổi theo thời gian), quá trình dòng chảy tại các nút vào hoặc nút ra của hệ thống sông là điều kiện biên, còn trạng thái dòng chảy ban đầu là những điều kiện ban đầu. Hệ phương trình Saint –Venant được giải bằng phương pháp số là một điển hình về cách tiếp cận này. Bởi vậy, mô hình thông số phân bố còn được gọi là mô hình vật lý – toán hoặc còn gọi là mô hình thủy lực.

Các mô hình thông số phân bố có thể được dùng để diễn toán dòng chảy trong hệ thống lòng dẫn, diễn toán dòng chảy chậm như nước tưới được cấp qua một hệ thống

kênh hay hệ thống sông. Quá trình dòng chảy trong cả hai ứng dụng trên biến đổi trong một không gian 3 chiều. Chẳng hạn vận tốc trong một con sông thay đổi theo chiều dọc, theo chiều ngang của sông và cũng thay đổi cả theo chiều sâu từ mặt thoáng tới đáy sông. Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp thực tế, sự thay đổi theo không gian của vận tốc theo chiều ngang của lòng dẫn và theo chiều sâu có thể được bỏ qua, khi đó quá trình dòng chảy coi như biến đổi theo không gian một chiều, dọc theo dòng chảy trong kênh sông hay theo chiều dòng chảy. Hệ phương trình Saint –Venant mô tả dòng không ổn định một chiều trong lòng dẫn hở có thể được áp dụng cho trường hợp này. Bằng việc sử dụng phương trình liên tục dạng đầy đủ và loại trừ một số thành phần trong phương trình động lực ta sẽ có các dạng mô hình thông số phân bố khác nhau. Các mô hình sóng động học, sóng khuếch tán, sóng động lực là những dạng điển hình về mô hình diễn toán dòng không ổn định phân bố, một chiều.

Các mô hình thủy lực dòng không ổn định trong sông như mô hình MIKE11, MIKE21, mô hình VRSAP, KOD01 (của Việt Nam) là các mô hình thông số phân bố.

Ngày nay, các mô hình thông số phân bố đang được sử dụng ngày càng nhiều trong nghiên cứu tính toán thủy văn – thủy lực, đặc biệt đối với các vùng sông chịu ảnh hưởng của triều và nước vật. Tuy nhiên, các mô hình thuộc loại này đòi hỏi số lượng lớn các tài liệu đo đạc rất chi tiết về địa hình, các đặc trưng thủy địa mạo lưu vực, các đặc trưng diễn biến mưa và dòng chảy theo không gian v.v. Trong thực tế, có thể không có điều kiện thu thập đầy đủ các dữ liệu trên. Ngoài ra, trong nhiều bài toán thực tế có thể không cần mô tả chính xác như vậy, khi đó, người ta thường có xu hướng sử dụng các mô hình thông số tập trung.

Đối với các sông suối miền núi, do độ dốc lòng sông lớn nên điều kiện biến đổi chậm của dòng không ổn định không được thoả mãn, khi đó việc áp dụng các mô hình thông số phân bố gặp khó khăn. Trong trường hợp như vậy thường cũng phải sử dụng các mô hình thông số tập trung.

4.2.2.3. Chuẩn bị số liệu và chạy mô hình

Nội dung và yêu cầu của số liệu chạy mô hình phụ thuộc vào đặc điểm, chủng loại của mô hình. Các số liệu cần thu thập sử dụng cho mô hình gồm các loại sau:

– Tài liệu khí tượng: quá trình mưa, bốc hơi, tốc độ gió v.v, tùy thuộc loại mô hình.

– Tài liệu thủy văn: quá trình lưu lượng, mực nước ở tuyến cửa ra và các trạm đo trên hệ thống sông.

– Tài liệu về hệ thống bao gồm: mạng lưới sông ngòi, bản đồ lưu vực sông, số liệu địa hình lưu vực và hệ thống sông (các bản đồ DEM, các mặt cắt ngang và trắc dọc lòng sông...). Mức độ chi tiết của tài liệu cũng tùy thuộc vào loại mô hình được sử dụng.

– Các yếu tố mặt đệm khác: bản đồ thổ nhưỡng, lớp phủ thực vật, hệ thống hồ chứa...

Các số liệu sử dụng để chạy mô hình được chuẩn bị theo hai giai đoạn: giai đoạn thông số hóa và kiểm định mô hình, và giai đoạn khai thác mô hình cho bài toán quy hoạch đặt ra.

4.2.2.4. Thông số hoá mô hình và kiểm định

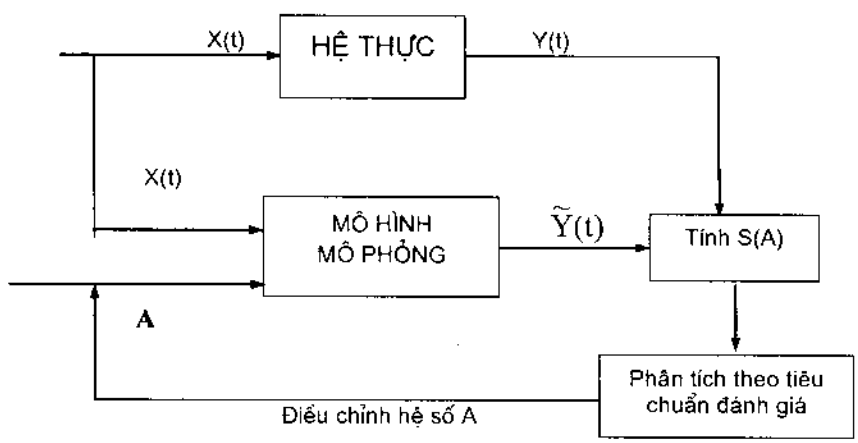
1. Xác định bộ thông số của mô hình

Để xác định các thông số của mô hình thành phần, mô tả các quá trình vật lý trong hệ thống, cần thực hiện một số hữu hạn các quan trắc. Các quan trắc được thực hiện với các biến vào X, biến ra Y.

Quá trình ước lượng thông số của mô hình mô phỏng có thể sơ đồ như trên hình 4.17. Trong sơ đồ: X(t), Y(t) là tài liệu quan trắc đối với hệ thực; $\tilde{Y}(t)$ là giá trị tính theo mô hình; A là véctơ thông số mô hình cần xác định; F(A) là biểu thức biểu thị sai số phụ thuộc vào A. Tiêu chuẩn min F(A) được đưa vào để đánh giá sự phù hợp của việc lựa chọn thông số mô hình. Chẳng hạn theo tiêu chuẩn bình phương tối thiểu ta có:

$$F(A) = F(a_1, a_2, ..., a_i, ..., a_n) = \sum_{i=1}^{n} \left(\tilde{Y}(t) - Y(t)\right)^2 \rightarrow \min \qquad (4.22)$$

Trong đó A = (a_1, a_2,..., a_i,...,a_n) là véctơ các thông số của mô hình với n thông số.



Hình 4.17. **Sơ đồ mô hình hoá và ước lượng thông số**

Ví dụ: Giả sử ta cần tính toán quá trình truyền chất trong kênh dẫn theo phương pháp giản hóa bằng cách coi quá trình truyền chất và dòng chảy trong sông là ổn định. Khi đó qúa trình truyền chất có thể mô tả bằng mô hình có dạng:

$$D\frac{d^2C(x)}{dx^2} - \frac{Q}{A}\frac{dC(x)}{dx} + R(x) = 0 \qquad (4.23)$$

Trong đó C(x) là nồng độ chất hoà tan, là hàm của toạ độ của các mặt cắt so với gốc toạ độ đã chọn; R(x) là nồng độ của chất hoà tan bổ sung dọc đường; Q, A tương ứng là lưu lượng nước và diện tích thiết diện mặt cắt kênh; D = D (x) là hệ số khuếch tán của chất hoà tan. Trong phương trình trên D là thông số của mô hình. Để xác định D cần tài liệu quan trắc nồng độ C(x) tại nút đầu C(x = 0) và ở các nút bất kỳ C(x = Sx_i) cách nút đầu một đoạn Sx_i.

Giải phương trình vi phân (4.23) có nghiệm C(x) = F(Q, A, R(x), D(x), x). Gọi $C_1(x_i)$ là nồng độ chất hoà tan đo được ở một số hữu hạn các nút kênh. Khi đó tiêu chuẩn ước lượng thông số D(x) có dạng:

$$S(D) = \sum_{x}(C(x_i,D) - C_1(x_i) \rightarrow \min \tag{4.24}$$

Véctơ $D = (D_1(x_1), D_2(x_2),..., D_i(x_i)..., D_n(x_n))$ được xác định bằng phương pháp tối ưu hoặc phương pháp thử sai.

Bộ thông số của mô hình thay đổi phụ thuộc vào đặc điểm mưa và các yếu tố mặt đệm, phải được chọn sao cho sai số giữa tính toán và thực đo của đặc trưng dòng chảy nằm trong giới hạn cho phép. Chỉ số Nash tính theo công thức dưới đây được sử dụng để so sánh giữa thực đo và tính toán trong các lần chạy thử.

$$\text{Nash} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(Y_{td}(i) - \overline{Y}_{td}\right)^2 - \sum_{i=1}^{n}\left(Y_{td}(i) - Y_{tt}(i)\right)^2}{\sum_{i=1}^{n}\left(Y_{td}(i) - \overline{Y}_{td}\right)^2} \tag{4.25}$$

Trong đó: $Y_{td}(i)$: Giá trị thực đo tại thời điểm i.

$Y_{tt}(i)$: Giá trị tính toán tại thời điểm i.

$\overline{Y}_{td}$: Giá trị bình quân theo tài liệu thực đo.

n là số điểm thực đo của quá trình Y(t).

Chỉ số Nash càng lớn thì kết quả tính toán càng sát với số liệu thực đo và bộ thông số mô hình được xác định có mức tin cậy cao. Thông thường hệ số Nash lớn hơn 0,7 thì bộ thông số mô hình được coi là chấp nhận được.

Người ta cũng dùng chỉ tiêu S/σ để đánh giá mức độ phù hợp của việc xác định các thông số của mô hình. Ta có:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(Y_{tt}(i) - T_{td}(i)\right)^2}{n}} \tag{4.26}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(Y_{td}(i) - \overline{Y}_{td}\right)^2}{n}} \tag{4.27}$$

$$\overline{Y}_{td} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Y_{td}(i)}{n} \tag{4.28}$$

Trong các công thức từ (4.26) đến (4.28), các số hạng $Y_{td}(i)$, $Y_{tt}(i)$, $\overline{Y}_{td}$ và n trong công thức có ý nghĩa tương tự như công thức (4.24); S là khoảng lệch quân phương giữa

giá trị tính toán và giá trị thực đo, còn σ là khoảng lệch quân phương giữa của chuỗi số liệu thực đo so với trị số bình quân của nó.

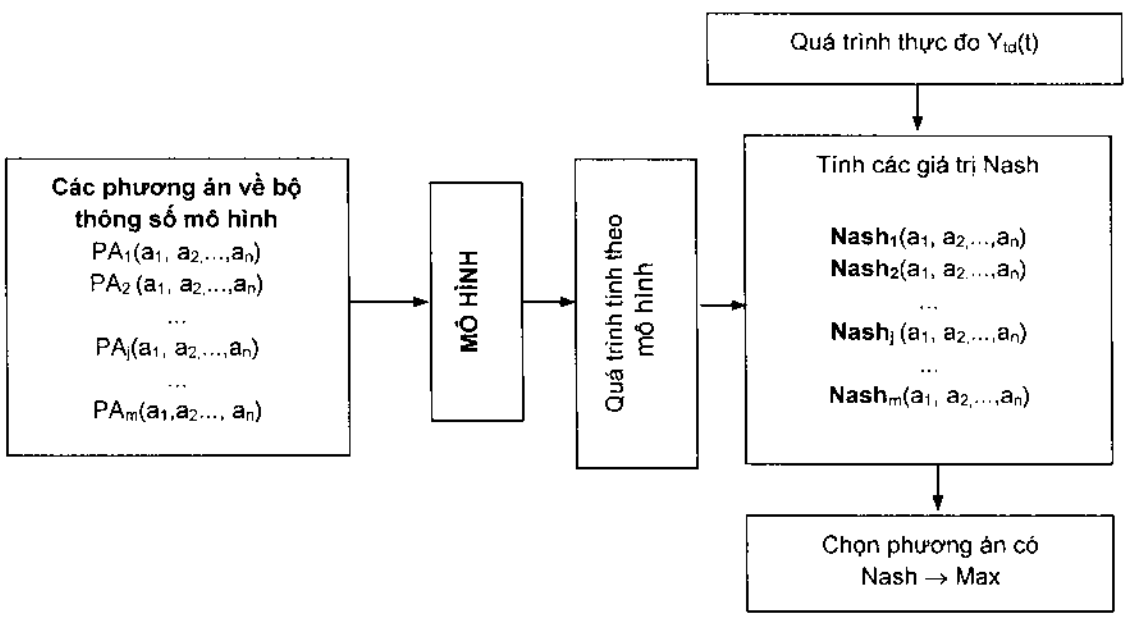
Quá trình dòng chảy mô phỏng tìm được sao cho giá trị (S/σ) là nhỏ nhất. Bộ thông số của mô hình được gọi là đạt yêu cầu tính toán nếu như:

+ Nếu $(S/\sigma) < 0.5$: bộ thông số mô hình tìm được là tốt.

+ Nếu $(S/\sigma) < 0.3$: bộ thông số mô hình tìm được là rất tốt.

Các thông số của mô hình được xác định theo 2 cách: phương pháp thử sai và phương pháp tối ưu hoá.

Phương pháp thử sai là phương pháp được thực hiện bằng cách giả định một loạt các phương án tham số mô hình, từ đó tính được các chỉ tiêu đánh giá: Nash hoặc (S/σ), từ đó chọn phương án tốt nhất và thoả mãn các chỉ tiêu đánh giá (xem sơ đồ mô tả trên hình 4.18).



Hình 4.18. **Sơ đồ xác định bộ thông số của mô hình**

Phương pháp tối ưu hoá là phương pháp sử dụng các phương pháp tối ưu hoá để tìm nghiệm của hàm mục tiêu có dạng:

$$Nash = F_1(a_1, a_2,..., a_n) \rightarrow max, \quad (4.29a)$$

hoặc $$S/\sigma = F_2(a_1, a_2,..., a_n) \rightarrow min, \quad (4.29b)$$

Với các ràng buộc về giới hạn các tham số của mô hình được biểu diễn dưới dạng các biểu thức ràng buộc có dạng

$$a_{imin} \leq a_i \leq a_{imax} \quad (4.29c)$$

Trong đó a_i là biến thứ i của mô hình $(a_1,a_2,..., a_n)$.

2. Kiểm định mô hình

Các thông số của mô hình được xác định trên cơ sở sử dụng một số tài liệu thực đo về dòng chảy trong sông. Sau khi bộ thông số mô hình được xác định, với bộ thông số đó tiến hành tính toán và so sánh với tài liệu thực đo của những lần đo khác (những tài liệu không được sử dụng để xác định thông số mô hình). Nếu sự so sánh cho ta sai số nằm trong phạm vi cho phép thì bộ thông số đó được coi là bộ thông số chính thức của mô hình.

Tiêu chuẩn đánh giá sự phù hợp của mô hình cũng được thực hiện tương tự như giai đoạn thông số hóa mô hình.

4.2.2.5. Khai thác mô hình

Sau khi xác định được bộ thông số của mô hình thì bộ thông số đó được sử dụng cho những đích tính toán của hệ thống. Để khai thác mô hình cần phải xác định các số liệu đầu vào của bài toán đặt ra và xử lý các tài liệu đó trước khi sử dụng. Những kết quả tính toán theo mô hình đã chọn sẽ có mức độ tin cậy nhất định tùy thuộc vào sai số của quá trình thông số hóa và kiểm định mô hình. Trong một số trường hợp khi sai số mô hình tương đối lớn cần phải thu thập thêm số liệu để kiểm định lại mô hình hoặc khuyến cáo về mức độ tin cậy của kết quả tính toán theo nhiệm vụ tính toán đặt ra.

4.2.3. Các mô hình hệ thống nước mặt

Mô hình hệ thống nước mặt là mô hình được sử dụng để mô phỏng quá trình dòng chảy mặt và diễn biến chất lượng nước của dòng chảy mặt trên lưu vực sông.

Quá trình biến đổi mưa thành dòng chảy là một quá trình phi tuyến phức tạp gồm nhiều giai đoạn: tập trung dòng chảy trên sườn dốc, tập trung dòng chảy trong hệ thống sông bao gồm cả quá trình dòng chảy qua các hồ chứa. Mỗi quá trình trên của dòng chảy sông ngòi lại có những đặc thù riêng được mô phỏng theo những cách khác nhau, tương ứng với nó là các mô hình có dạng khác nhau. Cụ thể như sau:

(1) Mô hình mưa – dòng chảy được sử dụng để mô phỏng quá trình tập trung dòng chảy trên lưu vực về tuyến cửa ra của lưu vực.

(2) Mô hình diễn toán dòng chảy được sử dụng để tính toán quá trình tập trung dòng chảy trong lòng dẫn của hệ thống sông.

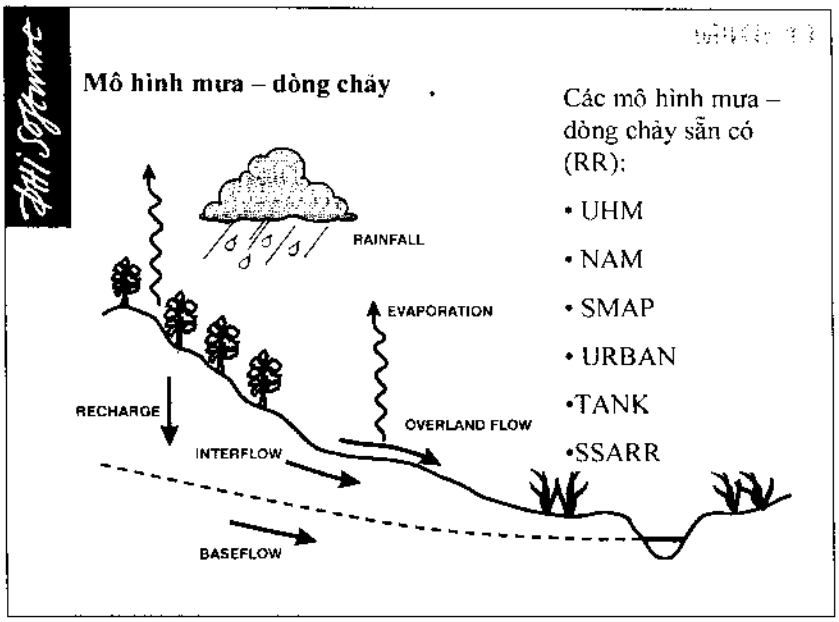
(3) Mô hình điều tiết dòng chảy diễn toán dòng chảy qua hồ chứa được sử dụng để tính toán quá trình dòng chảy tại nút hồ chứa.

Liên kết các mô hình trên sẽ là mô hình dòng chảy hệ thống sông. Các mô hình HEC–HMS, HEC–ResSim đều là những mô hình được xây dựng trên cơ sở liên kết các mô hình thành phần đã thống kê trên đây.

4.2.3.1. Mô hình mưa – dòng chảy

Các mô hình mưa – dòng chảy được phát triển theo hai hướng: mô hình quan niệm và mô hình hộp đen.

Mô hình quan niệm là loại mô hình được mô tả bởi một tập hợp các quan hệ toán học mô tả từng mặt riêng của quá trình dòng chảy và kết hợp chúng lại thành mô hình mô tả trọn vẹn cả quá trình hình thành dòng chảy. Đại diện cho các mô hình quan niệm là các mô hình TANK, NAM, UHM, SMAP, URBAN, SSARR và nhiều mô hình khác (hình 4.19).



***Hình 4.19.* Nguyên lý chung của các mô hình mưa dòng chảy**
(mô tả trong mô hình MIKE11)

Nét chung của các mô hình quan niệm là đều sử dụng các bể chứa để mô tả các dạng tổn thất và điều tiết khác nhau, do vậy phương trình tính toán chủ đạo trong mô hình là phương trình cân bằng nước. Việc đưa các bể nước ngầm vào mô hình cho phép mô hình mô tả được cả phần dòng chảy mùa kiệt.

Mô hình hộp đen mô phỏng quan hệ giữa các quá trình ở đầu vào và quá trình ở đầu ra của hệ thống. Nếu coi lưu vực là một "hộp đen" thì quá trình đầu vào chính là quá trình mưa trên lưu vực còn quá trình đầu ra chính là quá trình lưu lượng ở tuyến cửa ra của lưu vực. Nói chung, các mô hình hộp đen chỉ sử dụng để tính toán quá trình hình thành dòng chảy lũ trên lưu vực sông.

Khi thiết lập mô hình hình thành dòng chảy theo mô hình quan niệm cần đề cập và giải quyết những vấn đề sau:

1. Vấn đề mưa trên lưu vực (hàm vào), cần hiệu chỉnh số liệu mưa tại các điểm đo, cần hiệu chỉnh sự phân phối không đều của mưa theo không gian.

2. Vấn đề tổn thất do thảm thực vật, do tích đọng trên mặt lưu vực, do thấm. Cách xét tác động của độ ẩm ban đầu, những giả thiết nào về diễn biến quá trình thấm có xét đến đặc tính của tầng thổ nhưỡng.

3. Xét đến tổn thất do bốc hơi, các yếu tố ảnh hưởng đến bốc hơi như: tốc độ gió, nhiệt độ không khí, độ thiếu hụt bão hòa.

4. Cách tách dòng chảy ngầm ra khỏi dòng chảy tổng cộng tại mặt cắt cửa ra của lưu vực.

5. Xét đến dòng chảy sát mặt, xét đến lượng nước hồi quy từ tầng thổ nhưỡng vào sông.

6. Cách xét chuyển động sóng lũ trong mạng sông, sự giao thoa sóng lũ trên dòng chính với các sông nhánh, sự bẹt sóng lũ.

7. Bằng cách nào xét đến một bộ phận đường quá trình lưu lượng gây ra bởi lượng nước tồn lại của trận lũ trước.

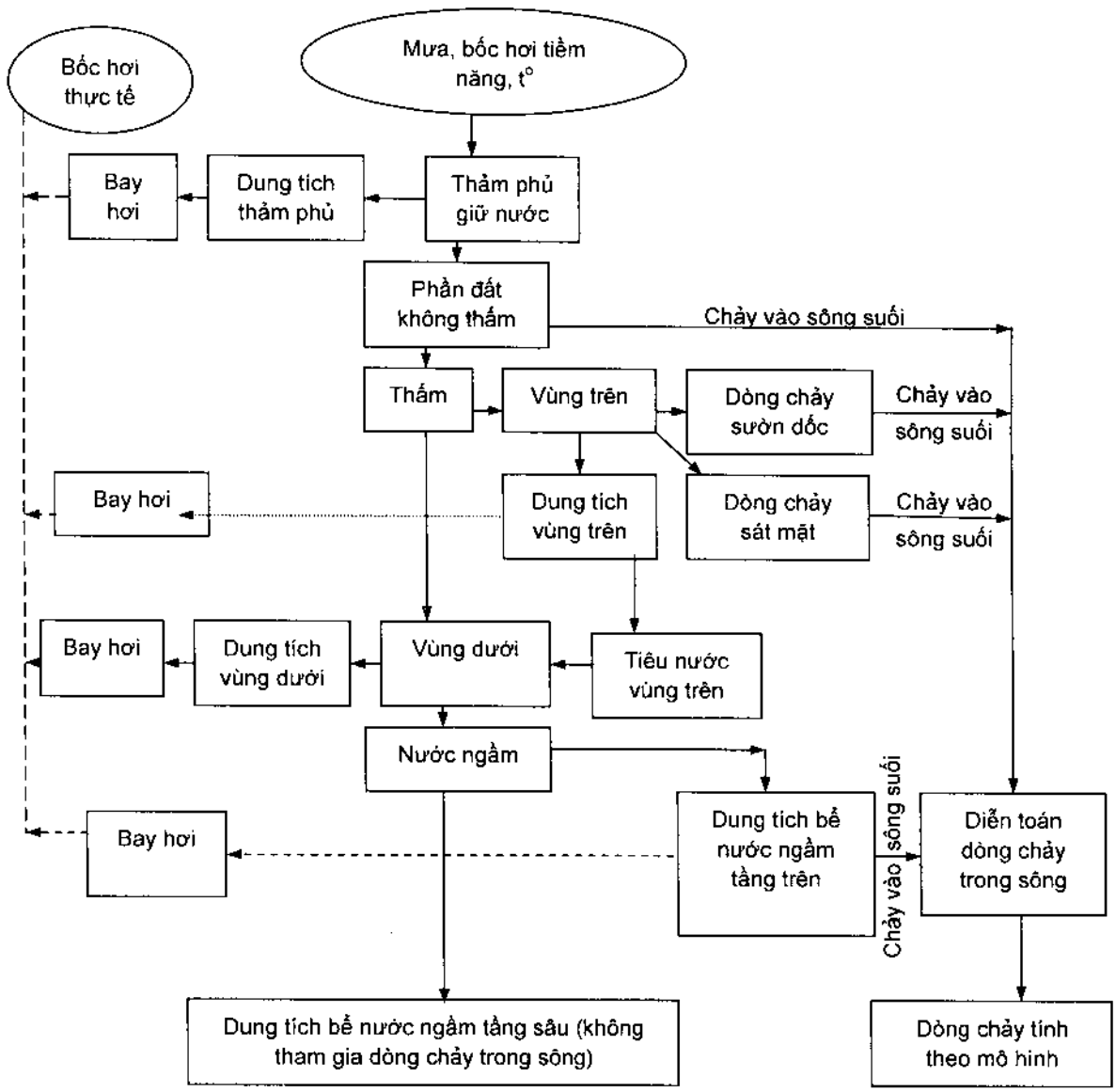
Khi thiết lập mô hình cần lập sơ đồ cấu trúc của mô hình và sự hình thành dòng chảy, trong đó cần phác thảo sơ đồ khối về từng quá trình, thành phần cùng sự tác động tương hỗ giữa chúng.

Một ví dụ điển hình là sơ đồ khối về cơ chế chuyển đổi từ mưa sang dòng chảy trong mô hình Stanford–4 (xem hình 4.20) [21], trên đó có thể thấy bức tranh như sau: Mưa rơi xuống bề mặt lưu vực, một phần bị thảm thực vật giữ lại, khả năng giữ nước của thảm phủ được đặc trưng bởi một dung tích nào đó, và từ đây nước có thể trở lại khí quyển thông qua con đường bốc hơi. Quá trình thảm phủ giữ nước, điều tiết nước, bốc hơi là quá trình đầu tiên cần xét đến. Các biểu thức toán học mô tả nó được chứa đựng trong các khối tính toán. Một phần nước mưa rơi xuống phần lưu vực không thấm và nước từ phần này đổ trực tiếp vào sông. Phần còn lại của nước mưa thông qua con đường chảy mặt và chảy sát mặt đi vào vùng trên của tầng thổ nhưỡng và thông qua con đường thấm đi vào vùng dưới. Vùng trên mô tả một tầng đất kể từ bề mặt lưu vực đến một độ sâu nào đó trong đó xảy ra sự chảy tràn sườn dốc và chảy sát mặt đổ vào sông.

Khả năng giữ nước của vùng trên được đặc trưng bởi một dung tích, lượng nước trong bể chứa này được tiêu đi bởi bốc hơi và chảy xuống vùng dưới. Khác với vùng trên, nước ở đây không trực tiếp đổ vào sông, mà phải thông qua bể nước ngầm, từ đó nước có thể đổ vào sông và bay hơi.

Như vậy, vùng dưới có tác dụng hứng nước từ vùng trên và làm nhiệm vụ phân phối nước cho ba bể chứa. Nước đi vào bể nước ngầm tầng sâu được coi như một dạng tổn thất không hoàn lại, và không được tham gia vào chu trình tuần hoàn. Nước từ hai bể kia còn tham gia vào quá trình cân bằng nước thông qua con đường bốc hơi. Lượng nước mưa bằng nhiều con đường khác nhau đổ vào sông rồi thông qua sự truyền lũ trong sông để hình thành nên dòng chảy của lưu vực. Giải quyết những vấn đề nêu trên, thiết lập những công thức mô phỏng quá trình, đồng thời luôn phải xem xét xem những đại lượng nào trong các công thức cho dưới dạng những giá trị xác định, những đại lượng nào có thể tính theo công thức vật lý, và những đại lượng nào đóng vai trò thông số cần phải xác định nhờ những tài liệu quan trắc vào – ra.

Dưới đây sẽ tóm tắt một số mô hình mưa – dòng chảy điển hình được sử dụng trong quy hoạch và quản lý tài nguyên nước.



Hình 4.20. **Sơ đồ khối mô phỏng quá trình hình thành dòng chảy trong mô hình Stanford – 4 [21]**

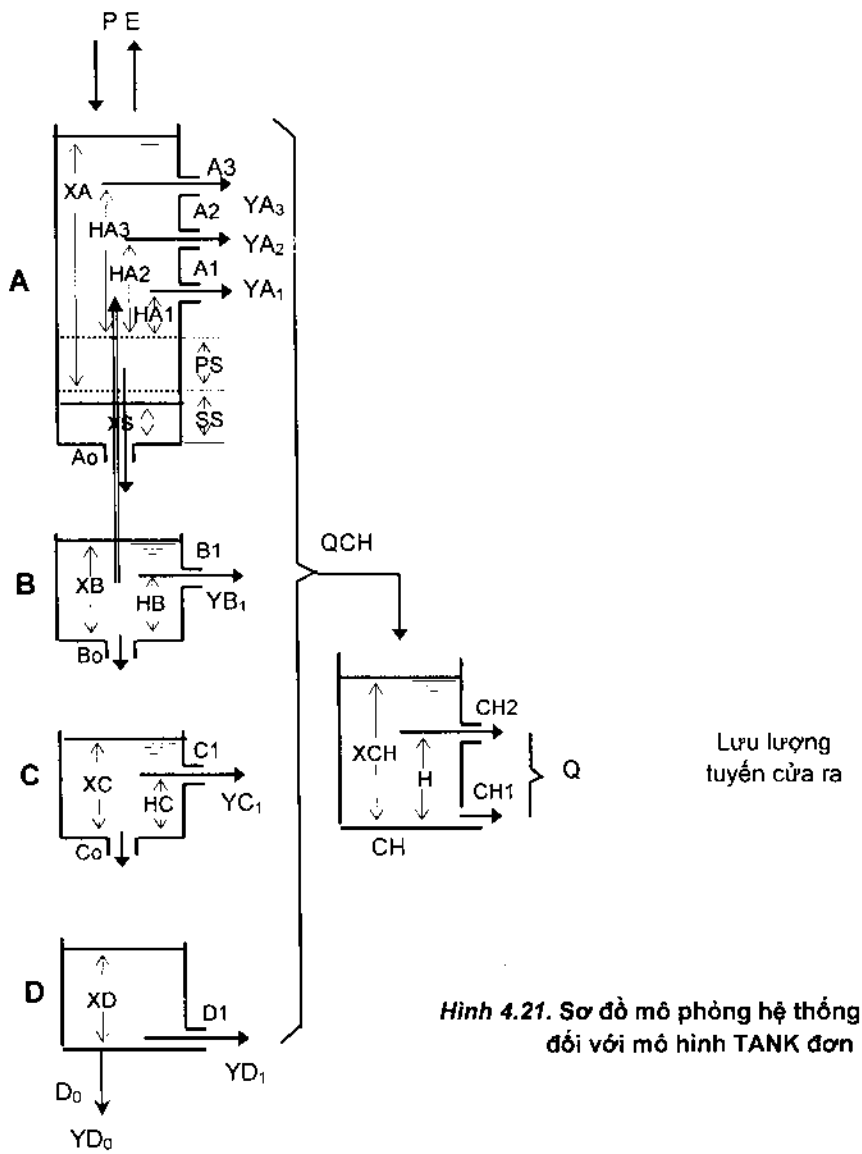
1. Mô hình TANK

Mô hình TANK ra đời từ năm 1956 tại Trung tâm Quốc gia Phòng chống Lụt của Nhật, tác giả M. Sugawara. Từ đó đến nay mô hình đã được hoàn thiện dần và ứng dụng rộng rãi ở nhiều nơi trên thế giới. Mô hình TANK thuộc loại mô hình quan niệm.

Cấu trúc mô hình TANK là loại mô hình "bể chứa", mỗi bể chứa hoạt động như một bể thực thụ mô tả quá trình trữ nước và trao đổi nước của các tầng chứa nước. Lưu vực được diễn tả như một chuỗi các bể sắp xếp theo 2 phương thẳng đứng và nằm ngang. Mỗi bể có một cửa ra ở đáy và một số cửa ra ở thành bên. Các cửa bên tạo ra các thành

phần dòng chảy theo phương ngang tập trung ra lưới sông về tuyến cửa ra. Các cửa ra ở đáy dùng để phản ánh chuyển động của dòng chảy theo chiều thẳng đứng trong các tầng đất. Thông số cơ bản của mô hình là các hệ số cửa ra ở thành bên và đáy. Mô hình có hai cấu trúc dạng đơn và dạng kép. Đối với mô hình TANK dạng cấu trúc kép thì lưu vực được mô phỏng bởi nhiều đai với mỗi đai như vậy tuân theo cấu trúc dạng đơn để áp dụng mô hình. Nước mưa là lượng vào bể trên cùng, sau khi khấu trừ tổn thất bốc hơi, một phần chuyển động theo chiều thẳng đứng xuống dưới, một phần chảy qua cửa ra ở thành bên. Lượng dòng chảy qua cửa ra ở thành bên của các bể được gộp lại và diễn toán qua một bể điều tiết phản ánh khả năng điều tiết lưu vực, sau đó tới cửa ra.

Giả thiết cơ bản của mô hình là dòng chảy cũng như dòng thấm là các hàm số của lượng nước trữ trong các tầng đất. Dạng này không xét sự biến đổi của độ ẩm theo không gian nên khá phù hợp đối với các lưu vực nhỏ trong vùng ẩm ướt quanh năm.



Hình 4.21. **Sơ đồ mô phỏng hệ thống bể chứa đối với mô hình TANK đơn**

Trong sơ đồ mô phỏng mô hình TANK hình 4.21 lưu vực được diễn tả bởi 4 bể chứa xếp theo chiều thẳng đứng (A, B, C, D). Mỗi bể chứa có 1 hoặc vài cửa ra ở thành bên và 1 cửa ra ở đáy. Lượng mưa rơi xuống mặt đất đi vào bể A. Sau khi khấu trừ tổn thất bốc hơi, điền trũng, một phần sẽ thấm xuống bể dưới theo cửa ra ở đáy, một phần chảy ra sông theo cửa ra ở thành bên. Giả thiết lượng dòng chảy qua các cửa với lượng ẩm trong các bể là tuyến tính, ta có phương trình:

$$Y = b(X - H)$$

$$Y_o = aX$$

Trong đó: b, a: hệ số cửa ra thành bên và đáy

H: độ cao cửa ra thành bên

Theo cấu trúc trên, mô hình TANK mô phỏng cấu trúc ẩm trong các tầng đất của lưu vực. Lượng dòng chảy hình thành từ các bể A, B, C, D thể hiện đặc tính của các dòng chảy mặt (bể A), sát mặt (bể B), dòng chảy ngầm (bể C và D). Dòng chảy được hình thành từ tất cả các bể sau cùng sẽ được chuyển qua một bể chứa (bể CH) mô tả sự biến dạng dòng chảy do tác dụng điều tiết của lòng sông, trong đó: XCH là lớp nước có sẵn ban đầu trong sông, H là độ cao của cửa phía trên, CH1 và CH2 là hai hệ số cửa ra phản ánh khả năng điều tiết của bể CH.

Các hệ thức cơ bản của mô hình

a) Mưa bình quân lưu vực (P)

$$P = \frac{\sum_{i=1}^{n} W_i . x_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i} \qquad (4.30)$$

Trong đó: n: số điểm đo mưa

x_i: lượng mưa tại điểm thứ i

W_i: trọng số của điểm mưa thứ i.

Các trọng số thường được chọn là 1 trong 4 số sau: 0.25, 0.5, 0.75, 1.0.

b) Bốc hơi lưu vực

$$E = \begin{cases} 0.8EVT & \text{Khi } XA - PS - E^3 0 \\ 0.75(0.8EVT - Hf) + Hf & \text{Khi } XA - PS - E < 0 \\ & \text{và } XA - PS - Hf > 0 \\ 0.6EVT & \text{Khi } XA < PS \end{cases} \qquad (4.31)$$

Trong đó: XA: lượng ẩm phần trên bể A

PS: lượng ẩm bão hoà phần trên bể A

Hf: lớp nước tự do trong bể A

EVT: lớp bốc hơi mặt nước.

c) Cơ cấu truyền ẩm (xem hình 4.22)

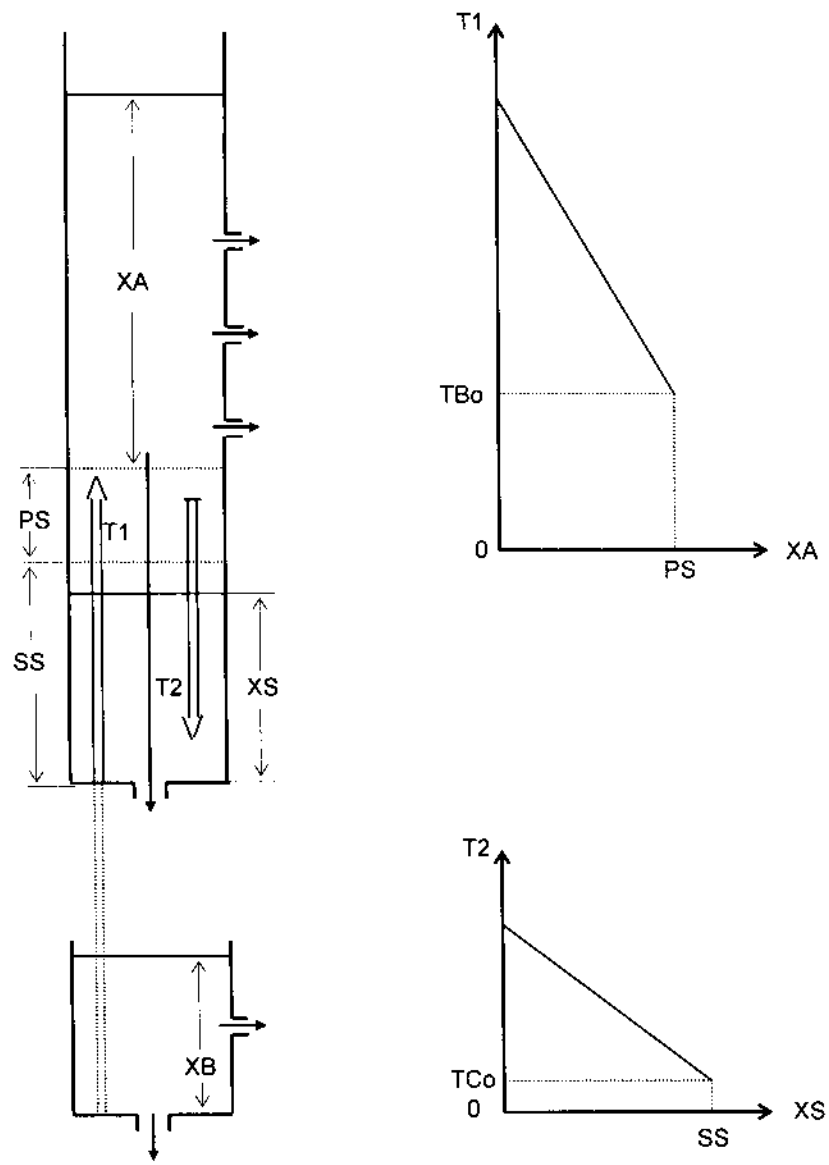
Bể chứa trên cùng được chia làm hai phần: trên và dưới, giữa chúng xảy ra sự trao đổi ẩm. Tốc độ truyền ẩm từ dưới lên T1 và trên xuống T2 được tính theo công thức:

$$T1 = TBo + (1 - XA/PS)TB \quad (4.32)$$

$$T2 = TCo + (1 - XS/SS)TC \quad (4.33)$$

Trong đó: XS, SS: lượng ẩm thực và lượng ẩm bão hoà phần dưới bể A.

TBo, TB, TCo, TC: các thông số truyền ẩm.



Hình 4.22. **Cơ cấu truyền ẩm**

d) Dòng chảy từ bể A

Lượng nước đi vào bể A là mưa (P), dòng chảy qua các cửa bên (YA1, YA2) và cửa đáy (YAo) được xác định theo các công thức sau:

$$Hf = XA + P - PS \quad (4.34)$$

$$YAo = Hf.\ Ao \quad (4.35)$$

$$YA1 = \begin{cases} (Hf - HA1)A1 & \text{Khi } Hf > HA1 \\ 0 & \text{Khi } Hf \le HA1 \\ (Hf - HA2)A2 + (Hf-HA3)A3 & \text{Khi } Hf > HA3 \end{cases} \quad (4.36)$$

$$YA2 = \begin{cases} (Hf - HA2)\ A2 & \text{Khi } Hf > HA2 \\ 0 & \text{Khi } Hf \le HA2 \end{cases} \quad (4.37)$$

e) Dòng chảy từ các bể B, C, D

$$YBo = (XB + YAo)Bo \quad (4.38)$$

$$YB1 = \begin{cases} (XB + YAo - HB)B1 & \text{Khi } XB + YAo > HB \\ 0 & \text{Khi } XB + YAo \le HB \end{cases} \quad (4.39)$$

$$YCo = (XC + YBo)Co \quad (4.40)$$

$$YC1 = \begin{cases} (XC + YBo - HC)\ C1 & \text{Khi } XC + YBo > HC \\ 0 & \text{Khi } XC + YBo \le HC \end{cases} \quad (4.41)$$

$$YDo = (XD + YCo)Do \quad (4.42)$$

$$YD1 = (XD + YCo)D1 \quad (4.43)$$

f) Dòng chảy từ bể CH

$$QCH = YA2 + YA1 + YB1 + YC1 + YD1 \quad (4.44)$$

$$Y = \begin{cases} (XCH + QHC)CH1 + (XCH + QHC - H)CH2 & \text{Khi } XHC + QHC > H \\ (XCH + QHC)CH1 & \text{Khi } XHC + QHC \le H \end{cases} \quad (4.45)$$

$$Q = [(Y.F)/\Delta t].10^3\ (m^3/s) \quad (4.46)$$

Trong đó: Q: lưu lượng nước tại mặt cắt cửa ra lưu vực (m^3/s)

F: diện tích lưu vực (km^2)

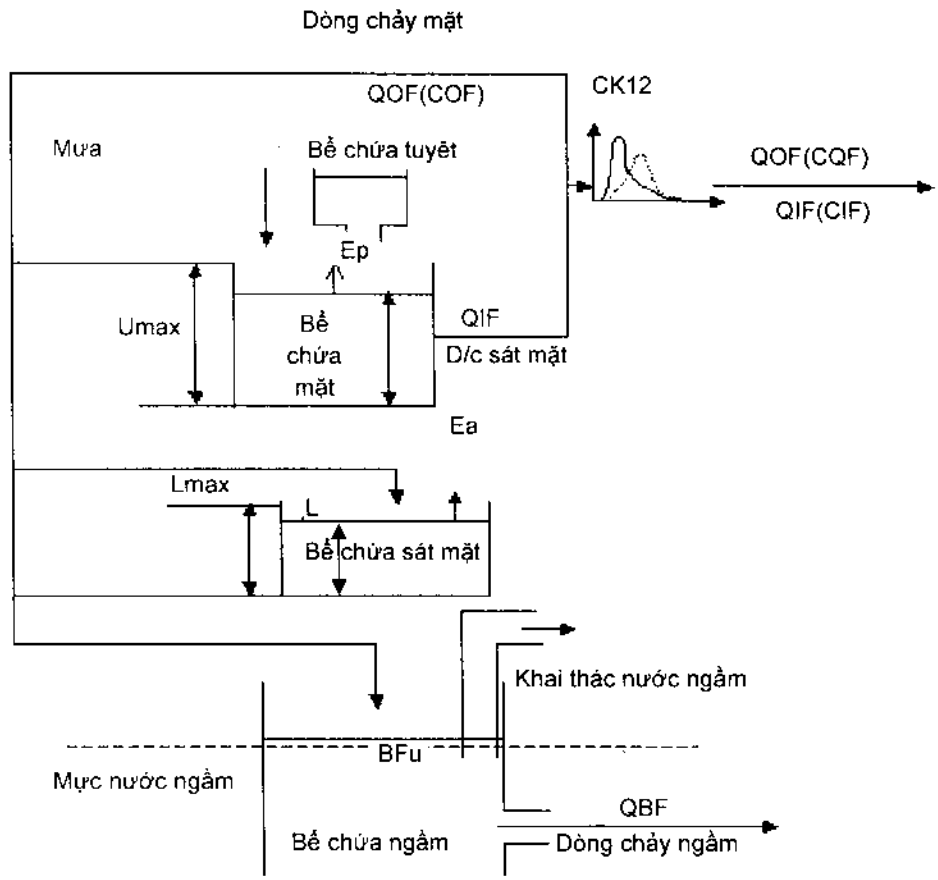
Δt: thời gian tính toán (giây)

2. Mô hình MIKENAM

Trong bộ MIKE (do DHI xây dựng và phát triển) có môđun MIKENAM là sự phát triển mô hình NAM do Nielsen–Hansnen xây dựng vào năm 1973, có thêm môđun về khai thác nước ngầm và tưới.

Trong mô hình NAM, mỗi lưu vực được xem là một đơn vị xử lý. Do đó, các thông số và các biến là đại diện cho các giá trị được trung bình hóa trên toàn lưu vực. Mô hình tính

quá trình mưa – dòng chảy theo cách tính liên tục hàm lượng ẩm trong năm bể chứa riêng biệt có tương tác lẫn nhau.



***Hình 4.23.* Cấu trúc mô hình NAM**

Cấu trúc mô hình NAM được xây dựng trên nguyên tắc các hồ chứa theo chiều thẳng đứng và các hồ chứa tuyến tính, gồm có 5 bể chứa theo chiều thẳng đứng (xem hình 4.23).

1. Bể chứa tuyết tan được kiểm soát bằng các điều kiện nhiệt độ. Đối với điều kiện khí hậu nhiệt đới ở nước ta thì không xét đến bể chứa này.

2. Bể chứa mặt: Lượng nước ở bể chứa này bao gồm lớp tràn trên bề mặt, lượng nước điền trũng và lượng nước trong tầng sát mặt. Giới hạn trên của bể chứa này được ký hiệu bằng Umax.

3. Bể chứa sát mặt (tầng dưới): Là vùng đất có rễ cây, giới hạn trên của lượng nước trong bể chứa này được ký hiệu bằng Lmax, lượng nước hiện tại được ký hiệu là L và tỷ số L/Lmax biểu thị trạng thái ẩm của bể chứa.

4. Bể chứa nước ngầm tầng trên.

5. Bể chứa nước ngầm tầng dưới.

Mưa rơi xuống bể chứa mặt. Lượng nước mưa này (U) cung cấp cho bốc hơi và dòng chảy sát mặt do thấm ngang. Khi U đạt đến Umax thì sinh ra dòng chảy mặt chảy trực tiếp ra sông, đồng thời một phần thấm xuống các bể chứa tầng dưới và bể chứa ngầm.

Nước trong bể chứa sát mặt cung cấp cho quá trình bốc thoát hơi nước và thấm xuống bể chứa ngầm. Bể chứa ngầm được phân chia thành hai thành phần: tầng trên và tầng dưới tạo ra dòng chảy ngầm.

Dòng chảy tràn và dòng chảy sát mặt được diễn toán qua một hồ chứa tuyến tính thứ nhất, sau đó các thành phần dòng chảy được cộng lại và diễn toán qua hồ chứa tuyến tính thứ hai. Cuối cùng cũng thu được dòng chảy tổng cộng tại cửa ra.

Các thông số cơ bản của mô hình

– *CQOF*: Hệ số dòng chảy tràn không có thứ nguyên, có phạm vi biến đổi từ 0.0 đến 0.9. Thông số này rất quan trọng vì nó quyết định phần nước dư thừa để tạo thành dòng chảy tràn và lượng nước thấm.

– *CQIF*: Hệ số dòng chảy sát mặt, có thứ nguyên là thời gian $(giờ)^{-1}$. Nó chính là phần lượng nước trong bể chứa mặt (U) sinh ra dòng chảy sát mặt trong một đơn vị thời gian.

– *Umax, Lmax*: Thông số về khả năng chứa tối đa của các bể chứa tầng trên và tầng dưới. Do vậy, Umax và Lmax chính là lượng tổn thất ban đầu lớn nhất, phụ thuộc và điều kiện mặt đệm của lưu vực. Một đặc điểm của mô hình là lượng chứa Umax phải nằm trong sức chứa tối đa trước khi có lượng mưa vượt quá, PN, xuất hiện, tức là U < Umax. Do đó trong thời kỳ khô hạn, tổn thất của lượng mưa trước khi có dòng chảy tràn xuất hiện có thể được lấy làm Umax ban đầu.

– *CK1,2, CKBF*: Là các hằng số thời gian của thời gian tập trung nước. Chúng là các thông số rất quan trọng, ảnh hưởng đến dạng đường quá trình và đỉnh.

Thành phần cơ bản của mô hình

a) Lượng trữ bề mặt

Lượng ẩm bị giữ lại bởi thực vật cũng như được trữ trong các chỗ trũng trên tầng trên cùng của bề mặt đất được coi là lượng trữ bề mặt. Umax biểu thị giới hạn trên của tổng lượng nước trong lượng trữ bề mặt. Tổng lượng nước U trong lượng trữ bề mặt liên tục bị giảm do bốc hơi cũng như do thấm ngang. Khi lượng trữ bề mặt đạt đến mức tối đa, một lượng nước thừa PN sẽ gia nhập vào sông với vai trò là dòng chảy tràn trong khi lượng còn lại sẽ thấm vào tầng thấp bên dưới và tầng ngầm.

b) Lượng trữ tầng thấp hay lượng trữ tầng rễ cây

Độ ẩm trong tầng rễ cây, lớp đất bên dưới bề mặt đất, tại đó thực vật có thể hút nước để bốc thoát hơi, đặc trưng cho lượng trữ tầng thấp. Lmax biểu thị giới hạn trên của tổng lượng nước trữ trong tầng này. Độ ẩm trong lượng trữ tầng thấp cung cấp cho bốc thoát

hơi thực vật. Độ ẩm trong tầng này điều chỉnh tổng lượng nước gia nhập vào lượng trữ tầng ngầm, thành phần dòng chảy mặt, dòng sát mặt và lượng gia nhập lại.

c) Bốc thoát hơi nước

Nhu cầu bốc thoát hơi đầu tiên được thoả mãn từ lượng trữ bề mặt với tốc độ tiềm năng. Nếu lượng ẩm U trong lượng trữ bề mặt nhỏ hơn yêu cầu (U < Ep) thì phần còn thiếu được coi là do các hoạt động của rễ cây rút ra từ lượng trữ tầng thấp theo tốc độ thực tế Ea, Ea tương ứng với lượng bốc hơi tiềm năng và biến đổi tuyến tính theo quan hệ lượng trữ ẩm trong đất, L/Lmax, của lượng trữ ẩm tầng thấp.

$$Ea = (Ep - U)\, L/Lmax \tag{4.47}$$

Trong đó: Ea là sự bốc thoát hơi nước

L là lượng ẩm trong lớp đất ở tầng sát mặt

Lmax biểu thị cho lượng lượng ẩm tối đa của tầng sát mặt

U là lượng nước trữ trên bề mặt đất

Ep là bốc hơi nước tại tầng trên

d) Dòng chảy mặt

Khi lượng trữ bề mặt đã tràn, U > Umax, thì lượng nước thừa PN sẽ gia nhập vào thành phần dòng chảy mặt. Thông số QOF đặc trưng cho phần nước thừa PN đóng góp vào dòng chảy mặt. Nó được giả thiết là tương ứng với PN và biến đổi tuyến tính theo quan hệ với lượng trữ ẩm đất, L/Lmax, của lượng trữ ẩm tầng thấp.

$$QOF = \begin{cases} CQOF\dfrac{L/Lmax - TOF}{1 - TOF} * PN(L/Lmax > TOF) \\ 0(L/Lmax < TOF) \end{cases} \tag{4.48}$$

Trong đó: CQOF: hệ số dòng chảy tràn trên mặt đất ($0 \le CQOF \le 1$),

TOF: giá trị ngưỡng của dòng chảy tràn ($0 \le TOF \le 1$).

Phần lượng nước thừa PN không tham gia vào thành phần dòng chảy tràn sẽ thấm xuống lượng trữ tầng thấp, (PN–QOF), được giả thiết sẽ làm tăng lượng ẩm L trong lượng trữ ẩm tầng thấp. Lượng ẩm còn lại G, được giả thiết sẽ thấm sâu hơn và gia nhập lại vào lượng trữ tầng ngầm.

e) Dòng chảy sát mặt

Sự đóng góp của dòng chảy sát mặt, QIF, được giả thiết là tương ứng với U và biến đổi tuyến tính theo quan hệ với lượng chứa ẩm của lượng trữ tầng thấp.

$$QIF = \begin{cases} \dfrac{1}{CKIF}\dfrac{L/Lmax - TIF}{1 - TIF}U(L/Lmax > TIF) \\ 0(L/Lmax < TIF) \end{cases} \tag{4.49}$$

trong đó: CKIF là hằng số thời gian của dòng chảy sát mặt, TIF là giá trị ngưỡng tầng rễ cây của dòng sát mặt ($0 \le TOF \le 1$).

f) Diễn toán dòng chảy mặt và dòng chảy sát mặt

Dòng sát mặt được diễn toán qua chuỗi hai hồ chứa tuyến tính với cùng một hằng số thời gian CK1,2. Diễn toán dòng chảy mặt cũng dựa trên khái niệm hồ chứa tuyến tính nhưng với hằng số thời gian có thể biến đổi.

$$CK = \begin{cases} CK1,2(OF < OF\min) \\ CK1,2(\frac{OF}{OF\min})^{-\beta}(OF > OF\min) \end{cases} \quad (4.50)$$

Trong đó: OF là dòng chảy tràn (mm/giờ), OFmin là giới hạn trên của diễn toán tuyến tính (= 0,4 mm/giờ). Hằng số OF = 0,4 tương ứng với việc sử dụng công thức Manning để mô phỏng dòng chảy mặt.

Theo phương trình trên, diễn toán dòng chảy mặt được tính bằng phương pháp sóng động học, và dòng chảy sát mặt được tính theo mô hình NAM như dòng chảy mặt (trong lưu vực không có thành phần dòng chảy mặt) được diễn toán như một hồ chứa tuyến tính.

g) Lượng gia nhập nước ngầm

Tổng lượng nước thấm G gia nhập vào lượng trữ nước ngầm phụ thuộc vào độ ẩm chứa trong đất trong tầng rễ cây.

$$G = \begin{cases} Pg - QOF\frac{L/Lmax - TG}{1 - TG}(L/Lmax > TG) \\ 0(L/Lmax < TG) \end{cases} \quad (4.51)$$

Trong đó: TG là giá trị ngưỡng tầng rễ cây đối với lượng gia nhập nước ngầm ($0 \le TG \le 1$).

Pg là độ ẩm của đất.

h) Độ ẩm chứa trong đất

Lượng trữ tầng thấp biểu thị lượng nước chứa trong tầng rễ cây. Sau khi phân chia mưa cho dòng chảy mặt và dòng thấm xuống tầng ngầm, lượng nước mưa còn lại sẽ đóng góp vào lượng chứa ẩm (L) trong lượng trữ tầng thấp một lượng

$$\Delta L = P_N - QOF - G$$

i) Dòng chảy cơ bản

Dòng chảy cơ bản BF từ lượng trữ tầng ngầm được tính toán như dòng chảy ra từ một hồ chứa tuyến tính với hằng số thời gian CKBF.

Điều kiện ban đầu của mô hình

Mô hình cần 5 điều kiện ban đầu:

(1) U – lượng nước chứa trong bể chứa mặt (mm)

(2) L – lượng nước chứa trong bể chứa tầng dưới (mm)

(3) QOF – cường suất dòng chảy mặt sau khi diễn toán qua bể chứa tuyến tính (mm/giờ)

(4) QIF – cường suất dòng chảy sát mặt khi qua bể chứa tuyến tính (mm/giờ)

(5) BF – cường suất dòng chảy ngầm (mm/giờ)

3. Mô hình đường đơn vị

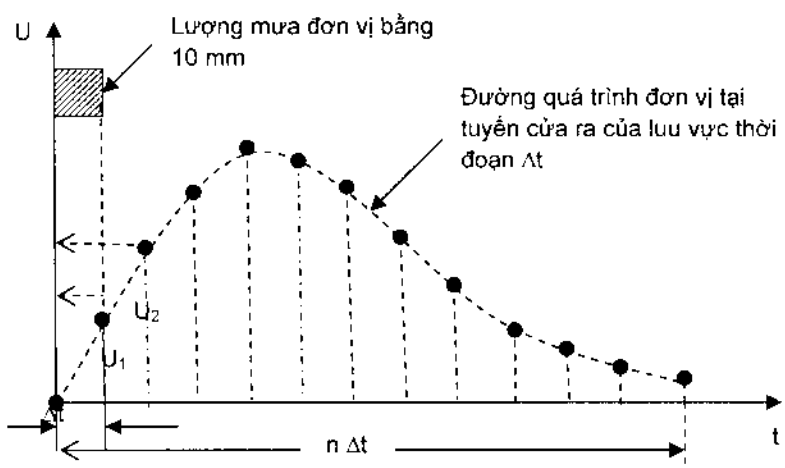
a) Khái niệm

Đường quá trình lưu lượng đơn vị là đường quá trình lưu lượng ở tuyến cửa ra của một lưu vực sông được tạo ra bởi lượng mưa hiệu quả (đã trừ tổn thất thấm) bằng 1 đơn vị lượng mưa hiệu quả phân bố đều trên lưu vực trong khoảng thời gian mưa hiệu quả Δt, ta ký hiệu là U ~ t.

Lượng mưa đơn vị có thể chọn bất kỳ, tuy nhiên để thuận tiện trong quá trình tính toán người ta thường chọn bằng 1 cm = 10 mm (đối với hệ SI) và bằng 1 inch (đối với hệ Anh).

Nếu chọn 1 đơn vị mưa là 10mm ta có đường quá trình lũ ở cửa ra là U(t) với đơn vị là $m^3/s.cm$. Trên hình 4.24 mô tả đường quá trình đơn vị của lượng mưa đơn vị 10 mm.

Tung độ đường đơn vị của một lưu vực chính là tung độ đường đẳng thời của lưu vực đó do lượng mưa đơn vị (1 đv = 10mm đối với hệ SI), với thời gian mưa đơn vị Δt, sinh ra. Điều này cho thấy quá trình dòng chảy đơn vị của một lưu vực phụ thuộc vào đặc điểm địa hình lưu vực (độ dốc sườn dốc, độ dốc lòng sông, lớp thảm thực vật, hình dạng lưu vực...) và phụ thuộc vào cường độ mưa sinh lũ trên lưu vực. Mỗi một đơn vị sẽ có riêng một đường đơn vị của riêng mình.



***Hình 4.24.* Mô tả đường quá trình đơn vị do lượng mưa 10 mm sinh ra trên lưu vực**

Khái niệm về đường đơn vị do Sherman đưa ra năm 1932 và đã được các nhà khoa học phát triển để ứng dụng tính toán lũ từ mưa [10]. Lý thuyết về đường đơn vị được hình thành với các giả thiết sau:

(1) Mưa hiệu quả có cường độ mưa không đổi trong suất thời gian mưa;

(2) Mưa hiệu quả phân bố đều trên toàn lưu vực;

(3) Thời gian đáy của đường quá trình dòng chảy trực tiếp (dòng chảy do lượng mưa hiệu quả của chính trận mưa đó gây ra) tạo ra bởi mưa hiệu quả đối với một lưu vực cụ thể trong thời gian mưa có lượng mưa đơn vị không thay đổi;

(4) Tung độ của đường quá trình dòng chảy trực tiếp có cùng thời gian đáy tỷ lệ thuận với tổng lượng dòng chảy trực tiếp giới hạn bởi đường quá trình đó.

(5) Đối với một lưu vực cho trước, đường quá trình dòng chảy tạo ra bởi một trận mưa hiệu quả cho trước phản ánh đặc trưng không thay đổi của lưu vực.

Tung độ đường đơn vị của một lưu vực sông tuỳ thuộc vào việc chọn thời đoạn tính mưa hiệu quả Δt của mưa đơn vị. Nếu chọn thời đoạn tính mưa đơn vị tương ứng là Δt = 1h, 3h, 6h... ta có các đường đơn vị thời đoạn 1h, 3h, 6h v.v

Giả sử đường đơn vị U ~ t đã được xác định như trên hình 4.24, được rời rạc hoá theo thời gian bằng cách chia đáy đường đơn vị thành n thời đoạn Δt. Khi đó ta có thể tính được quá trình lưu lượng ở cửa ra của lưu vực theo công thức xếp chồng (tương tự như công thức căn nguyên dòng chảy), như sau:

$$Q_i = \sum_{m=1}^{k\le M} P_m U_{i-m+1} \qquad (4.52)$$

Công thức (4.52) là phương trình chập theo thời gian được rời rạc hoá. Trong đó:

– M là số thời đoạn mưa hiệu quả;

– k là số lượng thời đoạn mưa hiệu quả P_m có mặt trong mỗi phép lấy tổng. Điều kiện k≤M có nghĩa là số số hạng P_m trong công thức tính Q_i tại thời đoạn i lớn nhất cũng chỉ bằng số thời đoạn mưa hiệu quả M.

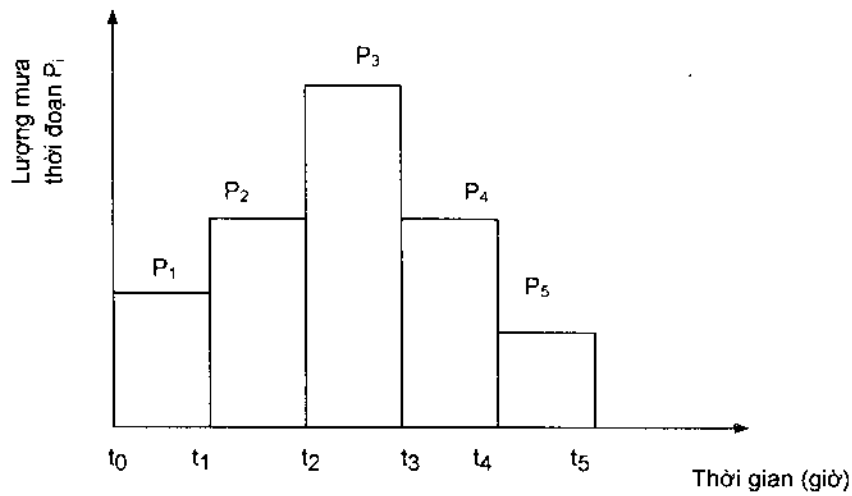
– P_m là mưa hiệu quả tại thời đoạn m (m = 1, 2,,..., k,..., M) đã quy đổi theo lượng mưa đơn vị. Ví dụ chọn lượng mưa đơn vị bằng 10mm, với lượng mưa hiệu quả là X = 26,5m sẽ có P = 2,65;

– Q_i là lưu lượng tại tuyến cửa ra của lưu vực tại thời đoạn thứ i (i = 1, 2, 3,..., N), N là số thời đoạn của quá trình lưu lượng với N = n + M–1. Ví dụ nếu số thời đoạn mưa M = 3, số thời đoạn của đường đơn vị n = 6 ta có N = 6 + 3 - 1 = 8.

– U_{i-m+1} là tung độ đường đơn vị tại mỗi thời đoạn tính toán thứ i với điều kiện i – m + 1≤ n, trong đó n là số thời đoạn của đáy đường đơn vị. Với điều kiện này, các số hạng có chỉ số i – m + 1 có giá trị lớn hơn **n** của U_{i-m+1} sẽ không có mặt trong phép tính tổng Q_i ở thời đoạn thứ i.

Đường đơn vị có thể được xác định từ tài liệu thực đo khi tại mặt cắt cửa ra của lưu vực có tài liệu đo lưu lượng lũ về một số trận lũ, và có tài liệu đo mưa thời đoạn ngắn tương ứng trên lưu vực. Khi đó tung độ đường đơn vị được xác định theo công thức:

$$U_j = \frac{Q_j - \sum_{k=1}^{k=j-1} P_{j-k+1} U_k}{P_1}; \text{ với } j = 1, 2,..., N - M + 1 \qquad (4.53)$$



Hình 4.25. **Mô tả sự thay đổi lượng mưa thời đoạn của một trận mưa (đã trừ tổn thất)**

b) Đường đơn vị tổng hợp

Phương pháp xây dựng đường quá trình đơn vị từ các số liệu đo mưa và dòng chảy trên đây chỉ có thể áp dụng được cho các lưu vực hoặc cho một vị trí trên dòng sông tại đó đã có các số liệu đo đạc về dòng chảy. Trong trường hợp cần tính toán lũ thiết kế tại các lưu vực không có tài liệu đo đạc dòng chảy người ta sử dụng đường đơn vị tổng hợp.

Trên cơ sở tổng hợp và khái quát hoá dạng của các đường quá trình đơn vị xác định theo tài liệu thực đo cho một vùng lãnh thổ, người ta xác định một dạng chung để sử dụng cho các lưu vực không có tài liệu thực đo lũ. Đường quá trình đơn vị được xác định như vậy được gọi là đường quá trình đơn vị tổng hợp, gọi tắt là đường đơn vị tổng hợp.

Đường quá trình đơn vị tổng hợp Snyder

Đường đơn vị tổng hợp dạng chuẩn tắc (xem hình 4.26) có đặc tính là thời gian mưa đơn vị t_x liên hệ với thời gian trễ của lưu vực là t_p theo phương trình:

$$t_p = 5,5\, t_x \tag{4.54}$$

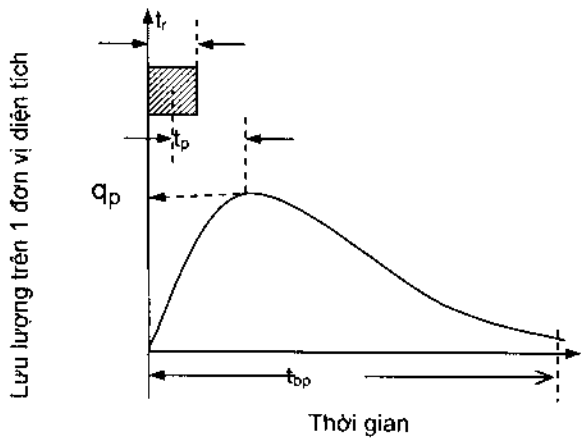
Trong đó: t_x là thời gian mưa đơn vị;

t_p là thời gian trễ của lưu vực.

Thời gian trễ t_p được tính theo công thức do ông đề nghị:

$$t_p = C_1 C_t (L L_c)^{0.3} \tag{4.55}$$

Trong đó: t_p được tính bằng giờ, L là chiều dài của dòng chính (tính bằng km) từ cửa ra đến đường phân nước, L_c là khoảng cách (tính bằng km) từ cửa ra đến một điểm trên dòng sông gần nhất với tâm của diện tích lưu vực, $C_1 = 0.75$ và C_t là một hệ số được xác định từ những lưu vực có số liệu đo đạc trong cùng vùng nghiên cứu.



***Hình 4.26.* Đường quá trình đơn vị tổng hợp dạng chuẩn tắc**

Đáy của đường đơn vị tổng hợp t_b được xác định theo công thức sau:

$$t_b = \frac{C_3}{q_{pR}} \tag{4.56}$$

với: $C_3 = 5.56$ và q_{pR} là mô đun đỉnh đường đơn vị:

$$q_{pR} = \frac{U_{max}}{F}$$

trong đó F là diện tích lưu vực.

Lưu lượng đỉnh q_{pR} trên 1 đơn vị diện tích lưu vực có thứ nguyên $m^3/s.km^2$–cm (hay cfs/mi^2–in theo đơn vị Anh).

Đỉnh của đường đơn vị tổng hợp tính theo công thức:

$$q_p = \frac{C_2 C_p}{t_p} \tag{4.57}$$

Trong đó: $C_2 = 2,75$ và C_p là một hệ số được suy ra từ các lưu vực có số liệu đo đạc trong cùng vùng nghiên cứu.

– Nếu đường đơn vị tính toán có $t_{pR} \approx 5,5\ t_R$ thì: $t_r = t_R$, $t_p = t_{pR}$, $q_p = q_{pR}$ và các hệ số C_t, C_p được tính bởi các phương trình (4.55), (4.57).

– Nếu t_{pR} khác đáng kể $5,5\ t_R$, thì thời gian trễ của đường đơn vị được tính bởi phương trình:

$$t_p = t_{pR} + \frac{t_x - t_R}{4} \tag{4.58}$$

Đối với lưu vực cụ thể thì các đặc trưng L, L_c, C_1, C_2 đã biết, nếu tại cửa ra của lưu vực có tài liệu đo lưu lượng, ta có thể xác định được C_t, C_p, t_b, q_p và do đó đường đơn vị

tổng hợp được xác định. Đường đơn vị U ~ t được xác định bằng cách chuyển đổi từ đường đơn vị tổng hợp q_p ~ t.

Đường đơn vị tổng hợp không thứ nguyên SCS

Đường đơn vị tổng hợp không thứ nguyên do Cơ quan Bảo vệ Thổ nhưỡng Hoa Kỳ đề xuất đã được chọn làm mô hình thành phần trong nhiều mô hình tính toán dòng chảy lũ trên hệ thống sông (HEC–HMS; HEC–ResSim...).

Cơ quan bảo vệ thổ nhưỡng Hoa Kỳ đề xuất hai loại đường đơn vị: Đường đơn vị dạng tam giác và đường đơn vị không thứ nguyên.

Đường đơn vị dạng tam giác là đường đơn vị có thức nguyên (xem hình 4.27), đỉnh của đường đơn vị là U_{max}; t_L là thời gian lũ lên; t_x là thời gian lũ xuống; t_R là thời gian mưa đơn vị; t_p là thời gian trễ là thời gian từ trung tâm biểu đồ mưa đơn vị đến đỉnh đường quá trình đơn vị. Quá trình đơn vị có trục thời gian tính bằng giờ và trục tung U có đơn vị là $m^3/s–cm$ (hệ SI).

Từ kết quả phân tích một số lượng lớn đường quá trình đơn vị, cơ quan bảo vệ thổ nhưỡng Hoa Kỳ đã đề nghị thời gian lũ xuống t_x của đường đơn vị có thể được lấy xấp xỉ bằng 1,67 thời gian lũ lên t_L, tức là $t_X = 1,67\ t_L$.

Mặt khác tổng lượng dòng chảy đơn vị cũng bằng lượng mưa hiệu quả đơn vị $h_{đv}$ sinh ra trên toàn bộ diện tích lưu vực, tức là:

$$W = h_{đv}\ F \times 10^3 \tag{4.59}$$

$h_{đv}$ là lượng mưa hiệu quả đơn vị thường lấy bằng 10mm trong hệ SI và 25,4 mm trong hệ Anh, F là diện tích lưu vực tính bằng km^2 (hay mi^2 trong hệ Anh).

Đường đơn vị không thứ nguyên (xem hình 4.28) là đường quá trình đơn vị mà tung độ lưu lượng được biểu thị bằng tỷ số của lưu lượng U so với lưu lượng đỉnh U_{max} và hoành độ thời gian được biểu thị bằng tỷ số của thời gian t so với thời gian nước lên t_L của đường quá trình đơn vị. Khi cho trước lưu lượng đỉnh và thời gian trễ, ta có thể ước tính được đường quá trình đơn vị đối với lượng mưa đơn vị từ đường quá trình đơn vị tổng hợp không thứ nguyên của lưu vực cho trước. Ta có thể ước tính U_{max} và t_L bằng cách sử dụng mô hình giản hoá của đường quá trình đơn vị hình tam giác, trong đó thời gian được tính bằng giờ và lưu lượng tính bằng $m^3/s.cm$ (hay cfs/inch). Ta có tổng lượng dòng chảy tính theo đường quá trình đơn vị là:

$$W = \frac{T \times U_{max}}{2} = \frac{2.67 U_{max} t_L}{2} \times 3600 \tag{4.60}$$

Trong đó W là tổng lượng dòng chảy do mưa đơn vị sinh ra (đơn vị tính là m^3); T là thời gian lũ lên (đơn vị tính là giờ); U_{max} đỉnh quá trình lũ đơn vị (đơn vị tính là $m^3/s–cm$).

Từ các công thức (4.59) và (4.60) ta có:

$$U_{max} = \frac{2 \times h_{dv} \times F \times 1000}{2.67 \times 3600 \times t_L} = \frac{CF}{t_L} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \quad U_{max} = \frac{CF}{t_L} \tag{4.61}$$

C là hệ số đổi đơn vị $C = \frac{2 \times h_{dv} \times 1000}{2.67 \times 3600}$, trong hệ SI chọn h_{dv} = 10 mm có: $C = \frac{2 \times 10 \times 1000}{2.67 \times 3600}$ = 2.08; trong hệ Anh chọn h_{dv} = 24.5 mm ta có C = 483.4.

Hơn nữa, công trình nghiên cứu các đường quá trình đơn vị của nhiều lưu vực lớn và nhỏ miền nông thôn đã cho thấy có thể ước tính thời gian trễ của lưu vực: $t_p \approx 0.6T_c$, với T_c là thời gian tập trung nước của lưu vực. Thời gian nước lên t_L có thể được biểu thị theo thời gian trễ t_p và thời gian mưa hiệu dụng t_r như sau:

$$t_L = \frac{t_r}{2} + t_p \tag{4.62}$$

Quan hệ giữa t_L cũng có thể tính theo thời gian tập trung dòng chảy T_c như sau:

$$t_L = \frac{2}{3} T_c \tag{4.63}$$

Thời gian tập trung nước T_c có thể xác định theo những cách khác nhau, theo công thức Alêchxâyep ta có:

$$T_c = 1{,}15\tau_s^{1,10} + \tau_d$$

Trong đó: τ_S, τ_d tương ứng là thời gian tập trung nước trong đồng và trên sườn dốc.

Theo Xôkôlôpski có:

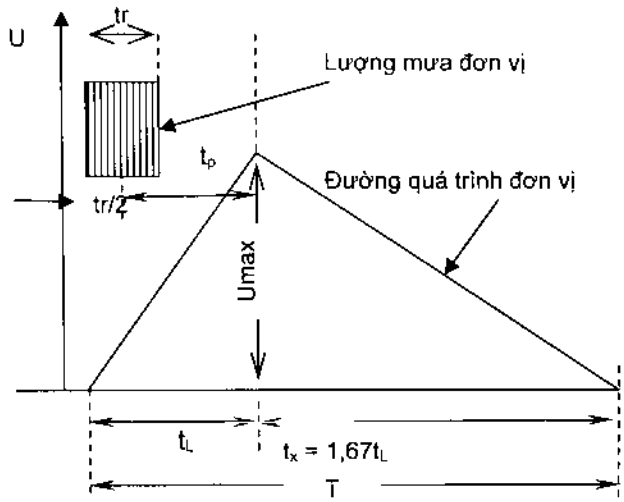
$$T_C = k.\frac{L}{3{,}6 \times (0{,}7 \times \overline{V}_{max})}$$

Trong đó: k là hệ số; L là chiều dài sông; $\overline{V}_{max}$ là tốc độ bình quân lớn nhất tại mặt cắt cửa ra.

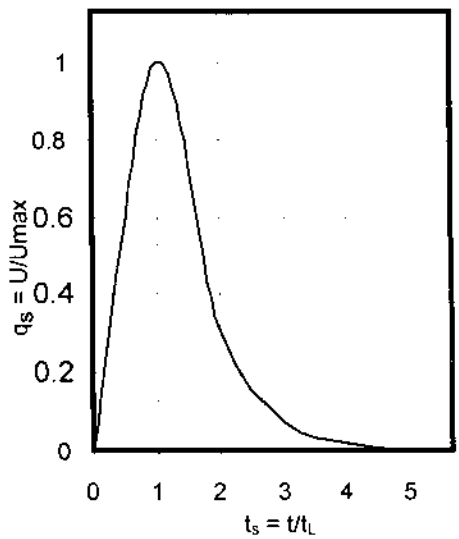
Thời gian tập trung nước T_c cũng có thể xác định theo phương pháp SCS. Theo phương pháp này T_c được tìm qua quan hệ với thời gian trễ t_p, được tính như sau:

$$t_p = \frac{l^{0.8}(S + 25.4)^{0.7}}{7069y^{0.5}} \tag{4.64}$$

Và $$T_c = 5/3t_p \tag{4.65}$$



Hình 4.27. **Đường đơn vị dạng tam giác**



Hình 4.28. **Đường đơn vị không thứ nguyên $q_s \sim t_s$**

Bảng 4.1. **Tung độ đường đơn vị không thứ nguyên SCS $q_s \sim t_s$ [12]**

$t_s = t/t_L$ và $q_s = U/U_{max}$									
t_s	q_s	t_s	q_s	t_s	q_s	t_s	q_s	t_s	q_s
0.00	0.0000								
0.20	0.1000	1.20	0.9300	2.20	0.2070	3.20	0.0400	4.20	0.0100
0.40	0.3100	1.40	0.7800	2.40	0.1470	3.40	0.0290	4.40	0.0070
0.60	0.6600	1.60	0.5600	2.60	0.1070	3.60	0.0210	4.60	0.0030
0.80	0.9300	1.80	0.3900	2.80	0.0770	3.80	0.0150	4.80	0.0015
1.00	1.0000	2.00	0.2800	3.00	0.0550	4.00	0.0110	5.00	0.0000

Trong đó: t_p: thời gian trễ (giờ)
T_c: thời gian tập trung dòng chảy (giờ)
l: chiều dài sông chính (m)
y: độ dốc bình quân lưu vực %
S: giới hạn trên của lượng nước trữ tiềm năng.

Sau khi đã tìm được U_{max}, t_L đường đơn vị thời đoạn (có thứ nguyên) được xác định bằng cách chuyển đường đơn vị không thứ nguyên thành đường đơn vị thời đoạn $U \sim t$, trong đó:

$$U = q_s \times U_{max} \text{ và } t = t_s \times t_L \qquad (4.66)$$

Đường đơn vị xác định theo công thức (4.66) sẽ được ứng dụng tính lũ ở tuyến cửa ra.

Lượng mưa hiệu quả đơn vị $h_{đv}$ là lượng mưa đã trừ tổn thất được tính từ lượng mưa đơn vị $P_{đv}$ theo những cách khác nhau. Cách xác định tổn thất theo phương pháp SCS có thể tham khảo ở các giáo trình thủy văn công trình[10], [12].

4.2.3.2. Mô hình diễn toán dòng chảy

Quá trình tập trung dòng chảy trong sông có thể diễn toán theo các mô hình thủy văn hoặc mô hình thủy lực. Trong mục này tóm tắt một số mô hình diễn toán thường được sử dụng trong thực tế.

1. Diễn toán theo phương pháp Muskingum

Phương pháp Muskingum là một phương pháp diễn toán lũ cho một đoạn sông đã được dùng phổ biến trong thực tế hiện nay dựa trên cơ sở hợp giải của hệ hai phương trình: phương trình lượng trữ và phương trình liên tục (được thay thế bằng phương trình cân bằng nước). Phương trình cân bằng nước có dạng chung là:

$$\frac{dS}{dt} = I(t) - Q(t) \tag{4.67}$$

Trong đó S là lượng trữ, I(t) là lưu lượng chảy vào đoạn sông; Q(t) là lưu lượng chảy ra khỏi đoạn sông.

Phương trình lượng trữ theo phương pháp Muskingum cũng có dạng tuyến tính:

$$S = KQ + Kx(I - Q)$$

Hoặc là: $$S = K\,[KI + (1 - x)Q] \tag{4.68}$$

Trong đó K và x là hai thông số của mô hình. Giá trị của x thay đổi từ 0 đến 0.5, tham số K đặc trưng cho thời gian chảy truyền của sóng lũ.

Phương trình (4.68) là phương trình lượng trữ có dạng tuyến tính sử dụng trong diễn toán dòng chảy trong sông.

Lưu lượng tại thời điểm j + 1 ở tuyến dưới của đoạn sông được tính theo công thức:

$$Q_{j+1} = C_1 I_{j+1} + C_2 I_j + C_3 Q_j \tag{4.69}$$

Trong đó:

$$C_1 = \frac{\Delta t - 2Kx}{2K(1-x) + \Delta t} \tag{4.70}$$

$$C_2 = \frac{\Delta t + 2Kx}{2K(1-x) + \Delta t} \tag{4.71}$$

$$C_3 = \frac{2K(1-x) - \Delta t}{2K(1-x) + \Delta t} \tag{4.72}$$

Tổng các giá trị $C_1 + C_2 + C_3 = 1$

Trong đó: Δt là thời đoạn tính toán; Q_j, Q_{j+1} là lưu lượng tại tuyến dưới của đoạn sông ở đầu và cuối thời điểm tính toán; I_j và I_{j+1} là lưu lượng chảy vào đoạn sông ở đầu và cuối mỗi thời đoạn; K và x không thay đổi trong suốt thời gian tính toán.

Để xác định các giá trị K và x trên một đoạn sông cần dựa vào tài liệu thực đo ở đầu vào I(t) và quá trình lưu lượng ở đầu ra Q(t).

2. Diễn toán theo phương pháp Muskingum – Cunge

Phương pháp Muskingum – Cunge do Cunge đề xuất (1969) dựa trên phương pháp Muskingum, một phương pháp đã được áp dụng một cách truyền thống trong diễn toán lượng trữ thuỷ văn tuyến tính. Kỹ thuật diễn toán Muskingum– Cunge là một phương pháp hệ số phi tuyến được dùng để diễn toán lưu lượng bộ phận từ các kênh thu nước vào một kênh chính hay đường quá trình từ thượng lưu xuống hạ lưu.

Theo lưới không – thời gian tính toán chỉ dẫn trong hình 4.29, phương trình diễn toán được viết cho lưu lượng tại mặt cắt (i + 1) tương ứng với thời điểm (j + 1) như sau:

$$Q_{i+1}^{j+1} = C_1^{(x)} Q_i^{j+1} + C_2^{(x)} Q_i^j + C_3^{(x)} Q_{i+1}^j \tag{4.73}$$

Trong đó, $C_1^{(x)}, C_2^{(x)}, C_3^{(x)}$ là các hằng số được xác định cho từng đoạn sông Δx với Δt tương ứng, được xác định theo công thức từ (4.74) đến (4.76). Ký hiệu (x) để chỉ rằng các C_1, C_2, C_3 thay đổi theo không gian và thời gian.

$$C_1^{(x)} = \frac{\Delta t - 2Kx}{2K(1-x) + \Delta t} \tag{4.74}$$

$$C_2^{(x)} = \frac{\Delta t + 2Kx}{2K(1-x) + \Delta t} \tag{4.75}$$

$$C_3^{(x)} = \frac{2K(1-x) - \Delta t}{2K(1-x) + \Delta t} \tag{4.76}$$

Chú ý rằng, các hệ số K và x trong các công thức từ (4.74) đến (4.76) cũng thay đổi theo không gian và thời gian với các bước tính Δx và Δt tương ứng.

Trong các phương trình trên, K là hằng số lượng trữ có thứ nguyên thời gian và x là một hệ số biểu thị ảnh hưởng tương đối của dòng chảy vào đối với lượng trữ.

Theo Cunge, hệ số K của mỗi đoạn sông được xác định theo công thức có dạng:

$$K = \frac{\Delta x}{\lambda_k} = \frac{\Delta x}{dQ/dA} \tag{4.77}$$

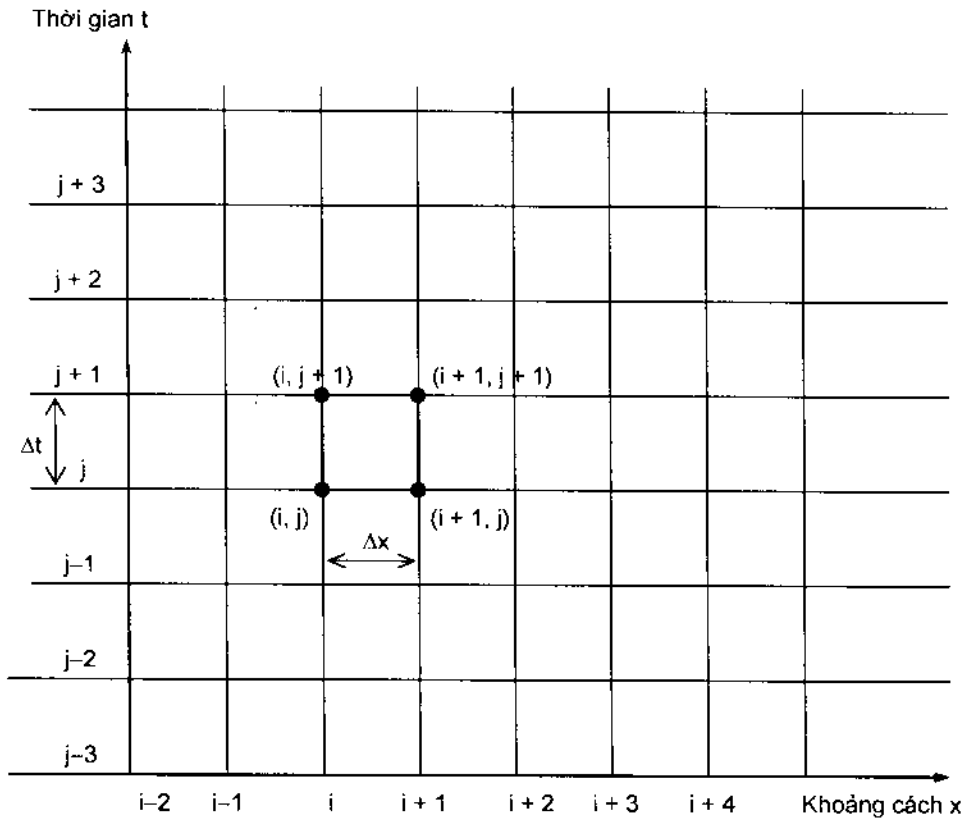
còn x được xác định như sau:

$$x = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{Q}{B\lambda_k i_o \Delta x}\right) \tag{4.78}$$

Trong đó, λ_K là tốc độ sóng động học tương ứng với Q và B; B là chiều rộng của mặt nước. Vế phải của (4.77) đặc trưng cho thời gian chảy truyền của một lưu lượng đã cho

dọc theo một đoạn có chiều dài Δx. Theo Cunge, để cho sơ đồ ổn định đòi hỏi phải thoả mãn điều kiện:

$$0 \leq x \leq 1/2 \tag{4.79}$$



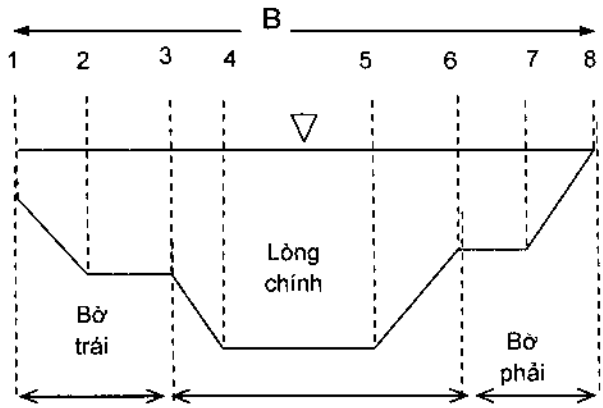
Hình 4.29. **Lưới sai phân thiết lập để diễn toán theo phương pháp Muskingum – Cunge**

Diễn toán Muskingum – Cunge được tiến hành bằng việc giải phương trình đại số (4.73). Các hệ số trong (4.73) được tính toán bằng các phương trình (4.77) và (4.78) cùng với các phương trình từ (4.74) đến (4.76) cho mỗi điểm thời gian và không gian tính toán vì K và x đều thay đổi theo thời gian và không gian.

Phương pháp Muskingum – Cunge sử dụng một trong hai hình dạng mặt cắt ngang kênh để tính toán trong mô hình:

+ Mặt cắt ngang tiêu chuẩn: Gồm có các mặt cắt hình tròn, hình tam giác, hình vuông, hình chữ nhật và hình thang.

+ Phương pháp mặt cắt ngang 8 điểm (hình 4.30): Kênh được miêu tả với mặt cắt ngang 8 điểm với các cao trình mặt nước thay đổi. Kênh được chia thành các phần: bờ trái, phần kênh chính và bờ phải. Các thông số yêu cầu bao gồm: chiều dài kênh, độ dốc kênh, các hệ số nhám và số liệu mực nước – lưu lượng.



Hình 4.30. **Sơ đồ mặt cắt 8 điểm**

3. Diễn toán theo các mô hình thông số phân phối

Các mô hình thông số phân phối được sử dụng để mô phỏng các quá trình tập trung dòng chảy trong sông bao gồm: mô hình sóng động học, mô hình sóng khuếch tán và mô hình sóng động lực

Sơ đồ sóng động học phi tuyến

Sơ đồ sóng động học phi tuyến được thiết lập trên cơ sở giải hệ phương trình liên tục dạng (4.80) và phương trình chuyển động dạng (4.81) dưới đây:

– Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial Q}{\partial x}+\frac{\partial A}{\partial t}=q \qquad (4.80)$$

– Phương trình chuyển động:

$$A=\alpha Q^{\beta} \qquad (4.81)$$

Nghiệm của bài toán là quá trình lưu lượng Q(x,t) được giải bằng phương pháp số với sự ứng dụng phương pháp tính lặp của Newton hoặc phương pháp sai phân hữu hạn. Trong các công thức (4.80) và (4.81):

A – diện tích mặt cắt ngang của dòng chảy.

q – lưu lượng dòng bên trên một đơn vị chiều dài dọc theo lòng dẫn

β là hệ số, thường chọn $\beta=\frac{3}{5}=0.6$; Hệ số $\alpha=\left(\frac{n\chi^{2/3}}{\sqrt{i_0}}\right)^{3/5}$

i_0 – độ dốc đáy kênh; n là hệ số nhám; χ là chu vi mặt cắt ướt.

Mô hình sóng khuếch tán

Mô hình sóng khuếch tán có chứa thành phần áp suất và chỉ bỏ qua các thành phần quán tính trong phương trình chuyển động của hệ phương trình Saint Venant:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial Q}{\partial x} + \dfrac{\partial A}{\partial t} = q & (4.82a) \\ g\dfrac{\partial h}{\partial x} - g(i_0 - J) = 0 & (4.82b) \end{cases} \quad (4.82)$$

Thành phần $g\frac{\partial h}{\partial x}$ trong phương trình (4.82b) mô tả sự thay đổi của thành phần áp lực dọc theo sông và được coi là một trong những nguyên nhân của sự biến hình sóng lũ.

Q là lưu lượng dòng chảy trong kênh: Q = Q(x,t)

A – diện tích mặt cắt ngang của dòng chảy.

q – lưu lượng dòng bên trên một đơn vị chiều dài dọc theo lòng dẫn.

i_0 – độ dốc đáy kênh.

J – độ dốc ma sát (độ dốc thuỷ lực).

h – độ sâu dòng chảy trong kênh.

g – gia tốc trọng trường.

Hệ phương trình (4.82) có thể giải theo phương pháp giải tích hoặc phương pháp sai phân hữu hạn. Phương pháp sai phân hữu hạn được áp dụng trong mô hình DAFLOW do Jobson (1989) phát triển trên cơ sở mô hình dòng chảy trong lòng dẫn hở dựa trên sự khuếch tán tương tự nhau và quan hệ lưu lượng với các điều kiện không ổn định. Mô hình DAFLOW không sử dụng đối với vùng sông ảnh hưởng thuỷ triều.

Mô hình sóng động lực

Mô hình sóng động lực là mô hình có đầy đủ các thành phần của phương trình chuyển động, hệ phương trình Saint Venant viết dưới dạng đầy đủ như sau:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial Q}{\partial x} + \dfrac{\partial A}{\partial t} = 0 \\ \dfrac{1}{A}\dfrac{\partial Q}{\partial t} + \dfrac{1}{A}\dfrac{\partial}{\partial x}\left(\dfrac{Q^2}{A}\right) + g\dfrac{\partial h}{\partial x} - g(i_0 - J) = 0 \end{cases} \quad (4.83)$$

Các ký hiệu trong phương trình cũng có ý nghĩa như đã giải thích ở phương trình (4.82).

Mô hình sóng động lực chính là mô hình dòng chảy không ổn định trong kênh hở được giải theo phương pháp sai phân hữu hạn với sơ đồ ẩn hoặc hiện; mô hình có thể ứng dụng cho các đoạn sông có ảnh hưởng của nước vật, kể cả vùng sông ảnh hưởng thủy triều.

4.2.3.3. Điều tiết hồ chứa và mô hình mô phỏng dòng chảy qua hồ chứa

Diễn toán hồ chứa tĩnh là một thuật giải dùng để tính toán xác định đường quá trình dòng chảy ra khỏi một hồ chứa Q(t) khi đã cho trước đường quá trình dòng chảy đầu vào I(t) và các đường đặc tính liên hệ giữa lượng trữ và lưu lượng ra khỏi hồ.

1. Nguyên lý cơ bản

Nguyên lý diễn toán dòng chảy đối với hồ chứa tĩnh chính là việc giải hệ phương trình cân bằng nước dạng (4.84) và phương trình động lực mô tả dòng chảy ra của hồ chứa (4.85) cùng với các biểu đồ phụ trợ Z ~ S và đường H ~ Q dưới đây:

• Phương trình cân bằng nước:

$$\frac{dS}{dt} = I(t) - Q(t) \tag{4.84}$$

• Phương trình động học có dạng tổng quát là hàm của 3 tham số:

$$Q = f[A, Z, Z_h] \tag{4.85}$$

• Các quan hệ phụ trợ:

– Đường quan hệ mực nước dung tích địa hình: Z ~ S (4.86)

– Đường quan hệ mực nước và lưu lượng hạ lưu: H ~ Q (4.87)

Trong đó: Z là mực nước hồ, Z_h là mực nước hạ lưu hồ chứa, A là thông số hình thức mô tả loại, quy mô và kích thước của cửa xả nước từ hồ chứa xuống hạ lưu. Dạng cụ thể của công thức (4.85) được lựa chọn tuỳ thuộc vào loại công trình. Trong bảng 4.2 minh hoạ một số dạng công thức tính lưu lượng qua công trình xả lũ.

Lượng trữ tại thời điểm bất kỳ là hàm tích phân có dạng

$$S(t) = \int_0^t I(t)dt - \int_0^t Q(t)dt \ . \tag{4.88}$$

Khi diễn toán dòng chảy qua hồ chứa tĩnh cần thiết phải tìm quá trình dòng chảy ra khỏi hồ chứa Q(t) và quá trình thay đổi dung tích hồ chứa S(t) khi cho trước các giá trị đầu vào I(t). Quá trình Q(t) và S(t) được xác định trên cơ sở hợp giải hệ hai phương trình (4.84), (4.85) với các biểu đồ phụ trợ (4.86) và (4.87).

Để xác định hàm lượng trữ cũng có thể tiến hành bằng cách chia thời gian tính toán thành nhiều thời đoạn nhỏ với mỗi thời đoạn là Δt, khi đó phương trình cân bằng nước dạng (4.84) có thể viết dưới dạng sai phân như sau:

$$\Delta S_{j+1} = S_{j+1} - S_j = \left(\frac{I_{j+1} + I_j}{2} - \frac{Q_{j+1} + Q_j}{2} \right) \Delta t \tag{4.89}$$

Trong đó: ΔS_{j+1} là lượng trữ trong khoảng thời gian Δt từ cuối thời đoạn thứ j đến cuối thời đoạn thứ j + 1; S_j và S_{j+1} là lượng trữ tại đầu và cuối thời đoạn thứ J + 1. Các giá trị của dòng vào tại đầu và cuối khoảng thời gian j thứ tự là I_j, I_{j+1} và các giá trị tương ứng của dòng ra là Q_j, Q_{j+1}. Ở đây, cả hai dòng vào và dòng ra đều là các lưu lượng. Nếu sự thay đổi của dòng vào và dòng ra trên khoảng thời gian đang xét được coi là xấp xỉ tuyến tính, ta có thể tính được sự thay đổi của trữ lượng $S_{j+1} - S_j$ bằng cách viết lại phương trình (4.89) như sau:

$$S_{j+1} - S_j = \frac{I_j + I_{j+1}}{2} \Delta t - \frac{Q_j + Q_{j+1}}{2} \Delta t \tag{4.90}$$

Bảng 4.2. **Các phương trình lưu lượng qua một số công trình tháo lũ**

Kiểu công trình	*Phương trình*	*Ghi chú*
Tràn tự do	$Q = mB\sqrt{2gh}^{3/2}$	Q – lưu lượng m – hệ số lưu lượng B – chiều rộng hiệu quả trên đỉnh tràn h – cột nước trên đỉnh tràn, kể cả cột nước tới gần
Đối với lỗ chảy tự do	$Q = \mu\omega\sqrt{2gh}$	μ – hệ số lưu lượng ω – diện tích của lỗ h – cột nước kể từ mặt nước đến tâm lỗ
Đối với lỗ chảy ngập	$Q = \mu\omega\sqrt{2g(Z_t - Z_h)}$	Z_t – mực nước thượng lưu Z_h – mực nước hạ lưu ω – diện tích của lỗ μ – hệ số lưu lượng

Trong đó I_j, I_{j+1} là các giá trị đã biết từ điều kiện cho trước của bài toán và Q_j, S_j cũng là các giá trị đã biết từ kết quả tính toán của khoảng thời gian trước đó. Vì vậy, phương trình (4.90) có chứa hai ẩn là Q_{j+1}, S_{j+1} và khi chuyển chúng về một vế của phương trình, ta có:

$$\left(\frac{2S_{j+1}}{\Delta t} + Q_{j+1}\right) = (I_j + I_{j+1}) + \left(\frac{2S_j}{\Delta t} - Q_j\right) \tag{4.91}$$

Vì phương trình (4.91) chứa 2 ẩn số, bởi vậy, để tính được lưu lượng ra Q_{j+1} ta cần thiết lập thêm một phương trình nữa đó chính là hàm lượng trữ – lưu lượng dưới dạng một hàm số nào đó:

$$Q = f[(2S/\Delta t + Q)] \tag{4.92}$$

trong đó "f" là ký hiệu hàm số. Quan hệ hàm số (4.92) thường khó mô tả dưới dạng một hàm cụ thể nên thường được thể hiện dưới dạng đồ thị hoặc dạng bảng trong quan hệ sau:

$$Q \sim (2S/(\Delta t + Q) \tag{4.93}$$

Hệ hai phương trình (4.92) và (4.93) được sử dụng để diễn toán dòng chảy qua hồ chứa.

Diễn toán hồ chứa tĩnh tính toán xác định đường quá trình dòng chảy đi ra khỏi một hồ chứa có đường mặt nước nằm ngang khi đã cho trước đường quá trình dòng chảy đầu vào và các đường đặc tính liên hệ giữa lượng trữ và lưu lượng đầu ra. Hiện nhiều phương pháp khác nhau để thực hiện mục đích tính toán này, chẳng hạn phương pháp đồ giải của Pôtapôp hoặc phương pháp tính lặp. Ngày nay, cùng với sự tiến bộ nhanh chóng về phương tiện tính toán, các thuật giải bằng đồ thị đã được thay thế bằng các phương pháp lập bảng hoặc giải tích để quá trình tính toán thuận lợi hơn.

2. Diễn toán dòng chảy qua hồ chứa theo phương pháp bán đồ giải

Có nhiều phương pháp bán đồ giải diễn toán dòng chảy qua hồ chứa. Dưới đây trình bày phương pháp diễn toán của V.T Chow [10]. Phương pháp này cũng tương tự như phương pháp Pô ta pôp [28]. Phương pháp của V.T Chow được thực hiện trên cơ sở sử dụng các quan hệ (4.91) và (4.93). Phương pháp được thực hiện theo các trình tự tính toán sau đây.

Xây dựng quan hệ phụ trợ

Quan hệ (2S/(Δt + Q) ~ Q dạng (4.93) được xây dựng (với sự minh hoạ đối với hồ chứa có cửa xả lũ đập tràn chảy tự do trình bày ở bảng 4.3) theo các bước sau:

Bảng 4.3. **Bảng tính các giá trị đặc trưng của biểu đồ phụ trợ**
(trong bảng này lượng trữ được tính từ cao trình ngưỡng tràn)

TT	*Z (m)*	*h (m)*	*Q (m^3/s)*	*S (10^6 m^3)*	*(2S/Δt) + Q (m^3/s)*
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	40.0	0	0	0	0
2	40.4	0.4	8.79	0.74	419.9
3	40.8	0.8	24.85	1.48	847.0
4	41.2	1.2	45.65	2.34	1345.6
5	41.6	1.6	70.28	3.32	1914.7
6	42.0	2.0	98.22	4.30	2487.1
7	42.4	2.4	129.12	5.38	3118.0
8	42.8	2.8	162.71	6.46	3751.6
9	43.2	3.2	198.79	7.56	4398.8
10	43.6	3.6	237.2	8.68	5059.4

Bước 1: Lựa chọn bước thời gian tính toán Δt, Δt được chọn cố định cho mọi thời đoạn tính toán. Thời đoạn tính toán Δt có thể chọn bất kỳ (1h, 2 h, 6h...) tùy thuộc vào sự thay đổi của quá trình nước đến I ~ t. Giá trị Δt chọn càng nhỏ kết quả tính toán càng chính xác.

Bước 2: Giả định một số giá trị mực nước, từ đó tính được cột nước h (cột (3) bảng 4.3 trên đỉnh tràn.

Bước 3: Tính lưu lượng ra khỏi hồ chứa Q (cột (4) bảng 4.3 theo các công thức thuỷ lực trình bày ở bảng 4.2.

Bước 4: Ứng với các mực nước giả thiết, tra quan hệ Z ~ S tìm được giá trị dung tích hồ tương ứng đó chính là lượng trữ S. Tính giá trị $\frac{2S}{\Delta t} + Q$ (cột 6 bảng 4.3).

Bước 5: Vẽ quan hệ quan hệ $Q = f(\frac{2S}{\Delta t} + Q)$ (cột 4 với cột 6 của bảng 4.3)

Đường cong này vẽ trên cùng một đồ thị chính là biểu đồ phụ trợ cần xác định (xem hình 4.31).

Diễn toán dòng chảy qua hồ chứa

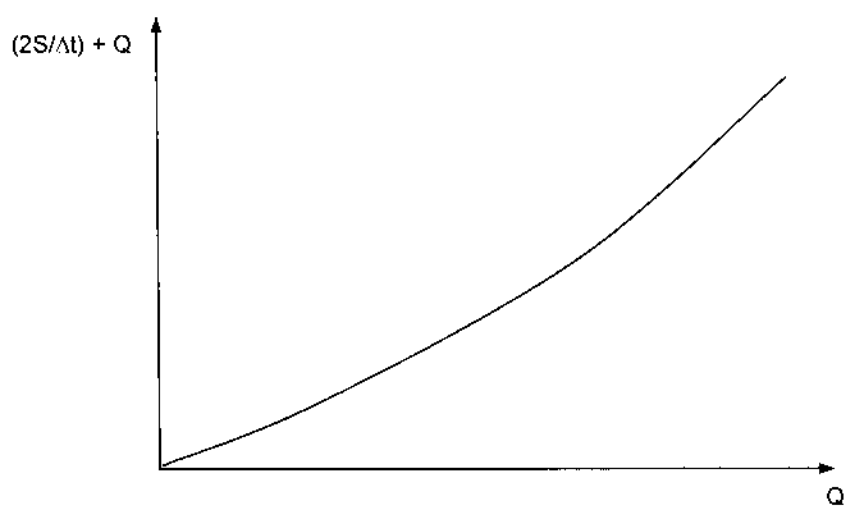
Tại mỗi thời đoạn diễn toán lưu lượng qua hồ chứa được thực hiện theo các bước như sau:

Bước 1: Tại thời đoạn thứ j, tất cả các thành phần ở đầu thời đoạn (vế phải của phương trình 4.91) đều đã biết nên có thể tính được thành phần vế trái $2S_{j+1}/\Delta t + Q_{j+1}$.

Bước 2: Với giá trị $2S_{j+1}/\Delta t + Q_{j+1}$ tìm được ở bước 1, tra quan hệ hình 4.31 tìm được giá trị tương ứng Q_{j+1}. Giá trị này có thể tra trực tiếp trên đồ thị hoặc bằng nội suy tuyến tính các giá trị trong bảng. Giá trị quả Q_{j+1} sẽ được tính bằng nội suy tuyến tính khi đã biết $2S_{j+1}/\Delta t + Q_{j+1}$.

Phương pháp nội suy tuyến tính như sau: Nếu ta có một cặp biến số (x, y) và đã biết các cặp giá trị (x_1, y_1), (x_2, y_2) thì giá trị nội suy của y tương ứng với giá trị đã cho của x trong phạm vi $x_1 \le x \le x_2$ sẽ được tính bởi phương trình:

$$y = y_1 + \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x - x_1) \qquad (4.94)$$



***Hình 4.31.* Quan hệ lưu lượng ra khỏi hồ chứa và lượng trữ** $Q = f(\frac{2S}{\Delta t} + Q)$

Bước 3: Tiếp tục tính cho các thời đoạn tiếp theo. Giá trị $\frac{2S}{\Delta t} - Q$ của vế phải phương trình (4.91) ở đầu thời đoạn tiếp theo được tính theo các giá trị $\frac{2S}{\Delta t} + Q$ ở cuối thời đoạn

đang tính (tương ứng với chỉ số j + 1 ở thời đoạn đang tính), chính là $2S_{j+1}/\Delta t - Q_{j+1}$ của thời đoạn đang tính được xác định theo phương trình sau:

$$\left(\frac{2S_{j+1}}{\Delta t} - Q_{j+1}\right) = \left(\frac{2S_{j+1}}{\Delta t} + Q_{j+1}\right) - 2Q_{j+1} \quad (4.95)$$

Công việc tính toán như trên được lặp lại cho đến thời đoạn cuối cùng.

Phương pháp bán đồ giải của Pôtapôp có thể xem trong Giáo trình Thuỷ văn Công trình [28].

3. Phương pháp Runge – Kutta

Phương pháp này có phần phức tạp hơn phương pháp đã trình bày trên đây, tuy nhiên nó thể hiện chặt chẽ hơn các đặc tính thuỷ lực của dòng chảy qua hồ chứa. Có nhiều sơ đồ Runge – Kutta với các bậc khác nhau có thể áp dụng cho tính toán, trong chương này chỉ trình bày sơ đồ Runge – Kutta bậc 3. Theo sơ đồ này, ta chia khoảng thời gian Δt thành 3 đoạn thời gian nhỏ và tính toán các giá trị liên tiếp của mực nước và lưu lượng cho mỗi đoạn thời gian. Phương pháp Runge –Kutta được trình bày trong cuốn "Chow, V.T, Maidment, D.R and Mays, L.W., Applied Hydrology, McGrawHill, 1998, ISBN 0070108102"[10].

4. Phương pháp lặp trực tiếp

Phương pháp lặp trực tiếp dựa trên hệ phương trình: Phương trình cân bằng nước, phương trình động lực và các quan hệ Z ~ V, H ~ Q hạ lưu:

$$S_{j+1} - S_j = \frac{I_j + I_{j+1}}{2}\Delta t - \frac{Q_j + Q_{j+1}}{2}\Delta t \quad (4.96)$$

$$Q = f(Z_t, Z_h, A) \quad (4.97)$$

Đường quan hệ mực nước dung tích: Z ~ V (4.98)

Đường quan hệ mực nước và lưu lượng hạ lưu: H ~ Q (4.99)

Trong hệ phương trình (4.96) và (4.97) có 2 giá trị cần phải xác định, đó là Q_{j+1} và S_{j+1}, do vậy, tại thời đoạn bất kỳ các giá trị này được xác định bằng cách tính đúng dần. Trước tiên cần giả định một trong hai giá trị trên (thường chọn đặc trưng Q_{j+1}), sau đó dựa vào hệ phương trình trên tính lại giá trị Q_{j+1}, nếu giá trị tính lại sai lệch ít với giá trị giả định thì đó chính là giá trị cần tính toán, trong trường hợp ngược lại thì cần phải giả định lại giá trị đó. Phương pháp này được gọi là phương pháp lặp trực tiếp.

Tại thời đoạn đầu tiên, mực nước hoặc dung tích ban đầu của hồ chứa đã xác định. Các thời đoạn tiếp theo dung tích ban đầu hoặc mực nước ban đầu là giá trị tương ứng của nó tại cuối thời đoạn trước.

Quá trình tính thử dần cho mỗi thời đoạn được xác định theo các bước được sau đây:

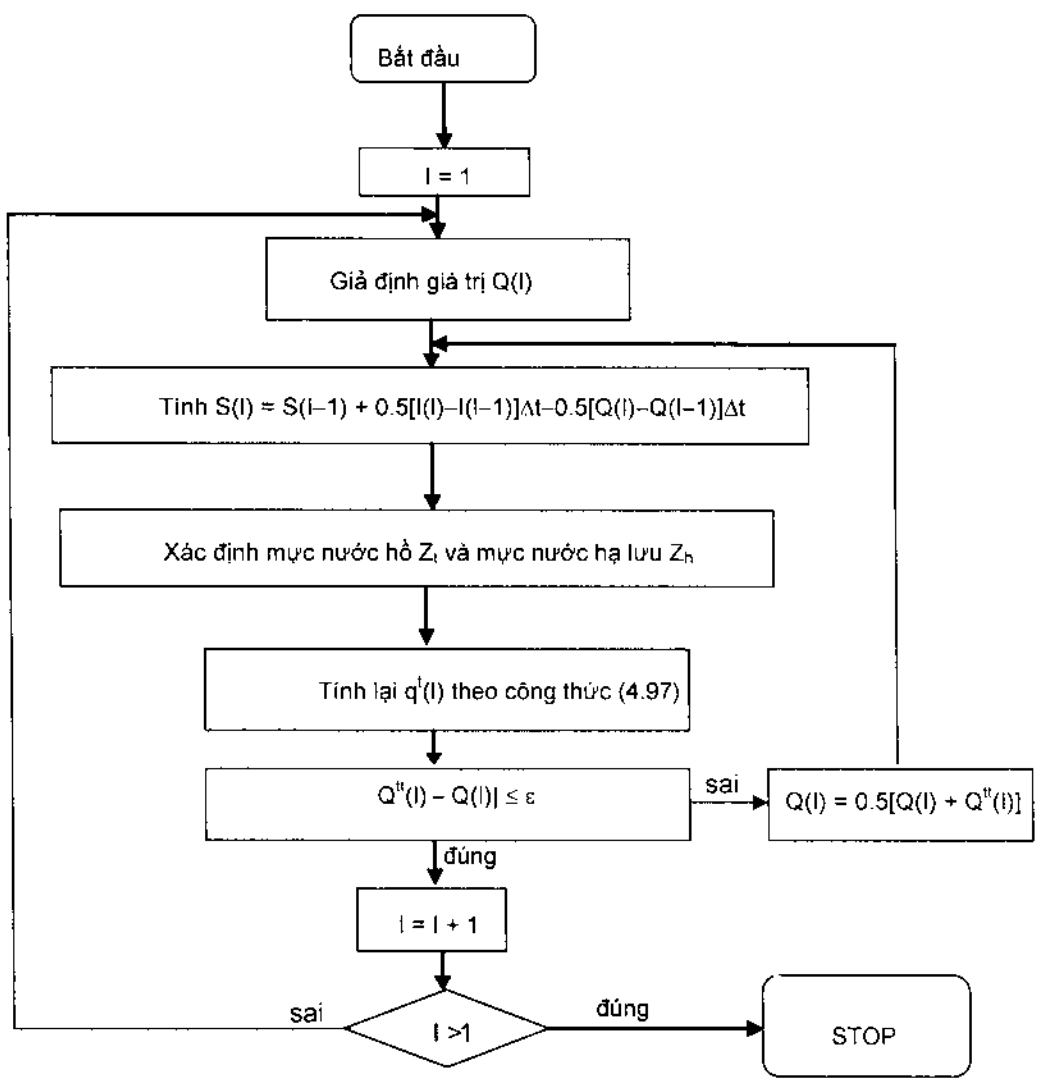
Bước 1: Giả định giá trị Q_{j+1} ở cuối mỗi thời đoạn tính toán, tính giá trị S_{j+1} theo phương trình (4.96).

Bước 2: Xác định giá trị mực nước thượng lưu Z_t và mực nước hạ lưu Z_h tại cuối thời đoạn tính toán bằng cách sử dụng đường cong Z ~ S của hồ chứa và đường quan hệ H ~ Q hạ lưu, tức là:

$$Z_t = f(S_{j+1}) \quad (4.100)$$

và $$Z_h = f(Q_{j+1}) \quad (4.101)$$

(Nếu mực nước hạ lưu không ảnh hưởng đến khả năng tháo lũ của công trình thì không cần xác định mực nước hạ lưu trong qúa trình tính thử dần).



***Hình 4.32.* Sơ đồ khối diễn toán bằng phương pháp lặp trực tiếp [31]**

Bước 3: Tính giá trị xả Q_{j+1}^{tt} tại cuối thời đoạn tính toán theo công thức (4.97) với các tham số của A đã biết (hình thức và quy mô công trình xả lũ cho trước) và kiểm tra điều kiện:

$$|Q_{j+1}^{tt} - Q_{j+1}| \le \varepsilon \tag{4.102}$$

với ε là số dương tùy ý được ấn định trước, chính là sai số cho phép giữa hai lần tính.

– Nếu (4.102) thoả mãn, coi như giả thiết Q_{j+1} ở bước 1 là đúng và chuyển sang thời đoạn tiếp theo. Giá trị Q_j của thời đoạn sau chính là Q_{j+1} của thời đoạn trước. Các bước tính toán với thời đoạn sau được tiến hành theo các bước từ 1 đến 3 tương tự như thời đoạn trước đó.

– Nếu biểu thức (4.102) không thoả mãn, cần thay đổi giá trị giả định Q_{j+1} và quay lại từ bước 1. Giá trị lưu lượng xả được giả định lại theo biểu thức sau:

$$Q_{j+1}^{n+1} = \frac{Q_{j+1}^{tt} + Q_{j+1}^{n}}{2} \tag{4.103}$$

Tiến hành tính toán cho tất cả các thời đoạn sẽ xác định được quá trình xả lũ, các đặc trưng dung tích phòng chống lũ và các mực nước đặc trưng.

Trong đó ký hiệu (n + 1) và (n) dùng để chỉ phép lặp thứ n + 1 và n.

Nếu ký hiệu I là chỉ số thời đoạn, giả sử ta chia làm n thời đoạn, khi đó mực nước cuối mỗi thời đoạn $S_{j+1} = S(I)$, mực nước đầu thời đoạn là mực nước cuối thời đoạn trước $S_j = S(I-1)$; tương tự I(I – 1), Q(I – 1) là lưu lượng đến và xả ở đầu thời đoạn còn I(I) và Q(I) là lưu lượng đến và xả ở cuối mỗi thời đoạn. Khi đó các bước tính toán điều tiết được thể hiện trên hình 4.32.

Phương pháp tính thử dần được xác định với hình thức và quy mô công trình xả lũ đã xác định. Phương pháp tính toán có thể thực hiện với thời đoạn tính toán Δt cố định, cũng có thể chọn Δt thay đổi theo từng thời đoạn.

4.2.3.4. Mô hình chất lượng nước

Mô hình chất lượng nước được mô phỏng tổng hợp hai quá trình truyền chất: vận chuyển (đối lưu) và khuếch tán (phân tán) dưới dạng phương trình vi phân với hai dạng sau:

– Dạng bảo tồn (conservative form)

$$\frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial QC}{\partial x} - \frac{\partial}{\partial x}\left(AD\frac{\partial C}{\partial x}\right) + kAC - qC_q = 0 \tag{4.104}$$

Dạng bảo tồn đã bao gồm cả các biến đổi đột ngột của nồng độ chất chẳng hạn tại mặt phân cách của hai khối chất có nồng độ khác biệt.

– Dạng thông thường – không bảo tồn (non – conservative form)

$$\frac{\partial C}{\partial t} + v\frac{\partial C}{\partial x} - \frac{1}{A}\frac{\partial}{\partial x}\left(AD\frac{\partial C}{\partial x} + kC - \frac{q}{A}(C_q - C)\right) = 0 \qquad (4.105)$$

Cần lưu ý là do sự phân bố không đều giữa lưu tốc và nồng độ chất điểm trên mặt cắt người ta đã đưa vào hệ số α trước thành phần đối lưu: $\alpha\frac{\partial QC}{\partial x}$ trong (4.104) và $\alpha v\frac{\partial C}{\partial x}$ trong (4.105).

Hệ số α gọi là hệ số moment

$$\alpha = \frac{1}{QC}\int_A uc'dA \qquad (4.106)$$

Trong đó: u, c' – lưu tốc và nồng độ chất điểm;

v, C – lưu tốc và nồng độ chất trung bình mặt cắt.

4.3. Mô hình lưu vực sông (Mô hình hệ thống)

4.3.1. Khái niệm

Cơ sở của việc tiến hành là thực hiện các nghiên cứu tài nguyên nước trên phạm vi lưu vực thay vì chỉ nghiên cứu trên phạm vi và trên cơ sở dự án. Do tài nguyên nước và tài nguyên đất của một lưu vực được sử dụng theo nguyên tắc lợi dụng tổng hợp nên buộc phải được xử lý trên phạm vi toàn lưu vực để tránh những xung đột trong việc sử dụng tài nguyên nước trong tương lai.

Quản lý và quy hoạch lưu vực sông có thể được hiểu theo nghĩa rộng là một nỗ lực nhằm xác định việc sử dụng tối ưu nguồn nước có sẵn với những áp lực về đất đai, nông nghiệp, áp lực về các công trình trong lưu vực và áp lực xã hội.

Quy hoạch phát triển tài nguyên nước trong tương lai của một lưu vực sông yêu cầu những kết luận từ nhiều nghiên cứu lĩnh vực riêng lẻ được hợp lại và tổng hợp trong một khung phân tích tổng hợp. Khi đó, mô hình mô phỏng hệ thống là công cụ quan trọng hỗ trợ cho phân tích hệ thống tài nguyên nước khi hoạch định các phương án quy hoạch và quản lý tài nguyên nước.

Mô hình lưu vực sông là mô hình mô phỏng quá trình dòng chảy trên một hệ thống sông nên còn gọi là mô hình hệ thống. Mô hình hệ thống được hiểu là sự mô tả các quá trình dòng chảy trên lưu vực bằng các mô hình thành phần và sự liên kết giữa chúng trong một hệ thống nhất theo mục đích khai thác hoặc quản lý hệ thống.

Mô hình mô phỏng hệ thống phải được xây dựng với những yêu cầu chính như sau:

– Phải có độ chính xác cao khi kiểm định với những số liệu thực đo. Muốn vậy cần phải chọn các mô hình mô phỏng hợp lý và tiện dụng. Đồng thời phải được kiểm tra kỹ lưỡng.

– Phải thể hiện được các mục tiêu khai thác hệ thống trong mô hình.

– Mô hình mô phỏng phải là công cụ chính cho việc phân tích động thái của hệ thống khi hoạch định các phương án quy hoạch và chế độ làm việc của hệ thống theo các phương án sử dụng nước.

Những việc cần làm khi thiết lập mô hình mô phỏng bao gồm: thiết lập sơ đồ hệ thống, xác định các nút của sơ đồ hệ thống, lựa chọn các mô hình thành phần và sự liên kết của mô hình.

1. Thiết lập sơ đồ hệ thống

Thiết lập sơ đồ hệ thống là khâu rất quan trọng. Sơ đồ hệ thống thể hiện ý đồ mô phỏng hệ thống và khả năng sử dụng mô hình để phân tích động thái và chất lượng của hệ thống. Việc thiết lập sơ đồ hệ thống bao gồm những nội dung sau:

1. Lên sơ đồ hệ thống, bao gồm hệ thống các nút và mô tả sự liên kết giữa các nút.
2. Mã hoá các nút của hệ thống theo vai trò và tính chất của các nút trong hệ thống.
3. Những dữ liệu sử dụng cho mô tả hoạt động của từng nút.

2. Các loại nút cơ bản của hệ thống

Các nút trong sơ đồ hệ thống chính là những điểm đặc trưng mà tính chất và hoạt động của nó sẽ quyết định toàn bộ động thái của hệ thống cần mô phỏng. Có thể phân loại những nút cơ bản như sau:

1. Nút dòng chảy: Tại đó quá trình nước đến của các lưu vực thành phần (dòng chảy trong năm, dòng chảy lũ) được mô tả. Quá trình dòng chảy có thể được đưa vào dưới dạng đồ thị, bảng biểu hoặc bằng một mô hình toán quá trình dòng chảy sông ngòi (chẳng hạn như mô hình TANK, mô hình đường đơn vị...).

2. Nút hợp lưu: Là những nút mô tả sự hoà nhập của dòng chảy, sự cân bằng nước giữa các sông nhánh và sông chính.

3. Nút hồ chứa: Là nút mô tả quá trình dòng chảy qua hồ chứa và hoạt động điều tiết của hồ chứa. Đối với nút hồ chứa cần mô tả quy mô của hồ chứa, các thông số của hồ, chế độ làm việc và các phương trình mô tả quá trình điều tiết và cân bằng nước của hồ cùng các mô tả khác có liên quan đến hoạt động của hồ.

4. Nút cấp nước: Tại đó cần mô tả yêu cầu về cấp nước, quy mô công trình lấy nước và chế độ cấp nước tại nút.

5. Nút phòng lũ: Cần thiết mô tả yêu cầu về phòng lũ, các mô hình tính toán truyền lũ v.v.

6. Nút sinh thái: Kiểm soát sự ảnh hưởng của hệ thống đến sinh thái của vùng. Các tham số về sinh thái cần được đưa vào mô hình.

7. Nút tiêu úng: Mô tả chế độ tiêu và yêu cầu tiêu tại nút đó.

8. Nút thuỷ năng: Cần mô tả các yêu cầu và chế độ điều tiết phát điện, các công thức tính toán năng lượng điện...

Trên đây là các nút cơ bản. Ngoài ra, còn cần đưa vào các nút biên khác liên quan đến sự tính toán chuyển tải nước trên hệ thống, các quá trình lan truyền chất v.v.

3. Mô phỏng hoạt động của các nút và liên kết các nút trên hệ thống

1. Mô phỏng các quá trình vật lý của từng nút, mô phỏng hoạt động của nút và chế độ làm việc của nút. Các mô tả có thể là là các phương trình hoặc công thức toán học và các lệnh về lôgic. Các biểu thức toán học có thể được thay thế bằng các dạng bảng số hoặc dạng biểu đồ. Các biểu thức lôgic dùng để mô tả những giới hạn hoạt động, chế độ làm việc và chế độ điều khiển tại nút đó.

2. Mô phỏng mối liên kết giữa các nút trên hệ thống: ví dụ hai nút sông được nối với nhau bằng một đoạn sông, quá trình chuyển tải nước trên đoạn sông đó có thể mô tả bằng các mô hình thuỷ lực, mô hình thuỷ văn hoặc đơn giản chỉ là cân bằng lượng nước.

Trên hình 4.33 mô tả cấu trúc hệ thống nút được mô phỏng trong mô hình MIKE – BASIN.

4. Lựa chọn các mô hình thành phần

Các mô hình thành phần bao gồm các mô hình thuỷ văn, mô hình chuyển tải nước, mô hình tính toán nhu cầu nước, mô hình hoạt động của hồ chứa v.v. Các mô hình này được chọn phù hợp với tính chất hoạt động của nút và hoạt động của hệ thống. Các mô hình thành phần đã được trình bày ở các mục trên.

Dưới đây giới thiệu một số mô hình lưu vực

4.3.2. Mô hình MIKE BASIN

Theo thuật ngữ chung, MIKE BASIN là sự trình bày toán học về lưu vực sông bao gồm đặc tính cấu trúc của sông chính và sông nhánh, thuỷ văn của lưu vực về mặt thời gian và không gian, các công trình hiện có cũng như các công trình dự kiến trong tương lai, và nhu cầu nước khác nhau trên cùng một lưu vực bao gồm cả mô hình nước mặt, nước ngầm và các mô phỏng về chất lượng nước.

MIKE BASIN được cấu trúc như là một mô hình mạng sông trong đó sông và các nhánh sông chính được hiển thị bằng một mạng lưới các nhánh và nút. Nhánh sông biểu diễn cho các dòng chảy riêng lẻ trong khi đó các nút biểu diễn các điểm hợp lưu của sông, điểm chuyển dòng hoặc là vị trí mà ở đó có diễn ra các hoạt động liên quan đến nước hay những vị trí quan trọng có yêu cầu về nước.

Mô hình MIKE BASIN là mô hình cân bằng nước hệ thống với thời đoạn tính toán tương đối dài (ví dụ chu kỳ hàng năm của các tháng). Thuận lợi của MIKE BASIN là tốc độ tính toán, cho phép khai thác xắp xỉ nhiều kịch bản. Mô hình MIKE BASIN không sử dụng tính toán quá trình dòng chảy thời đoạn ngắn, khi đó phải sử dụng các mô hình khác (chẳng hạn mô hình MIKE11).

MIKE BASIN được mở rộng trong môi trường ArcView GIS để các thông tin GIS có thể sử dụng trong mô phỏng tài nguyên nước. Mạng sông và các điểm nút cũng được chỉnh sửa trong ArcView.

1. Hệ thống nút trong mô hình

Mô hình có những loại nút chính như sau:

1) Nút lưu vực: là nút mô tả dòng chảy của các lưu vực thành phần đổ vào sông.
2) Nút hợp lưu của các nhánh sông.
3) Nút cấp nước: cấp nước sinh hoạt, cấp nước công nghiệp...
4) Nút tưới.
5) Nút hồ chứa.
6) Nút thuỷ điện.
7) Nút chuyển nước sang lưu vực khác.
8) Nút dòng chảy hồi quy (từ tưới hoặc nước sau khi sử dụng đã được xử lý)

2. Mô phỏng cân bằng nước tại các nút

a) Tại nút hồ chứa

– Đối với hồ chứa cấp nước, cân bằng nước tại nút hồ chứa được mô phỏng bằng phương trình cân bằng nước và các thuật toán tính điều tiết dòng chảy được trình bày ở Chương VI.

– Đối với hồ chứa phát điện, cân bằng nước được mô tả bằng hệ phương trình: phương trình cân bằng nước và phương trình năng lượng.

b) Tại nút sử dụng nước

Cân bằng nước tại các nút sử dụng nước được mô tả đơn giản bằng phương trình cân bằng nước được trình bày trên hình 4.34:

– Tại nút (1): Lưu lượng nước tại nút hợp lưu bằng tổng lưu lượng của các nhánh: $Q_3 = Q_1 + Q_2$

– Tại nút (2): Lưu lượng chảy về hạ lưu tại nút cấp nước: $Q_4 = Q_3 - Q_{tưới}$

– Tại nút (3): Lưu lượng chảy về hạ lưu tại nút cấp nước: $Q_5 = Q_4 + Q_{hồi\ quy}$

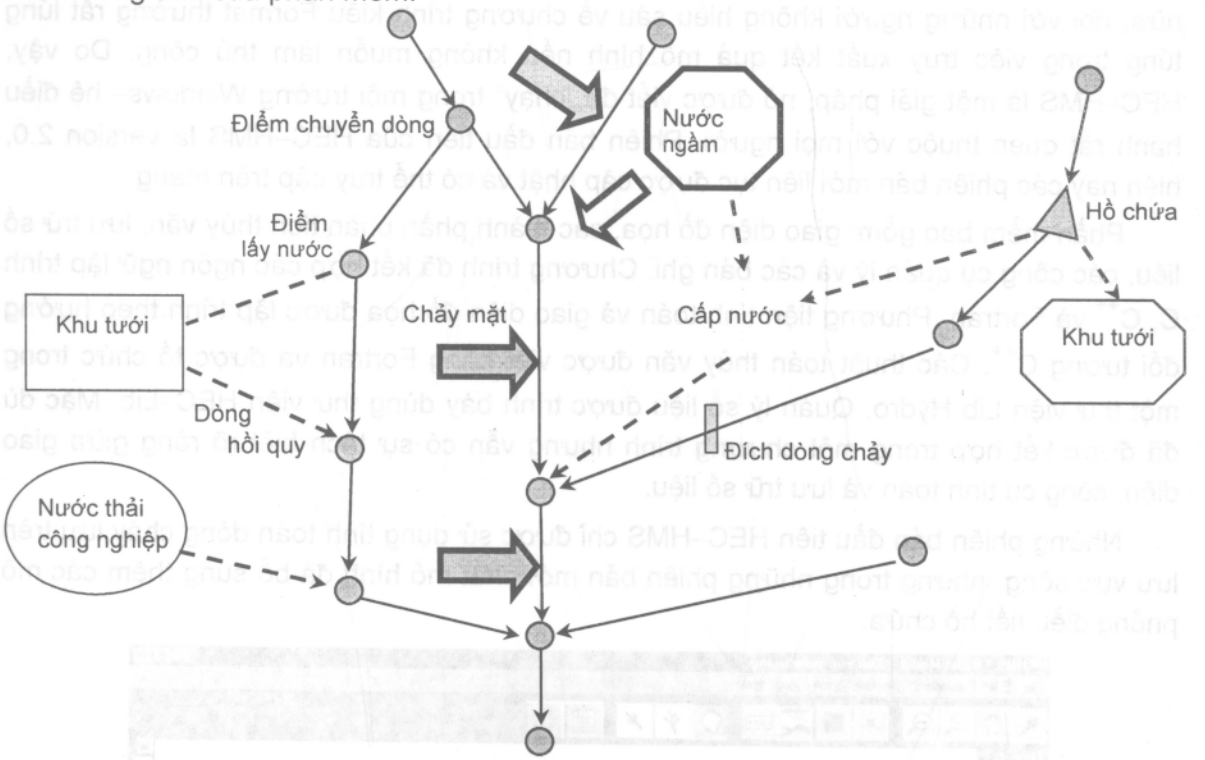
c) Tại nút lưu vực

Tại nút lưu vực dòng chảy vào sông có thể là quá trình lưu lượng thực đo hoặc tính toán. Quá trình lưu lượng tính toán trong trường hợp không có tài liệu là kết quả ứng dụng mô hình mưa – dòng chảy. MIKE BASIN thường sử dụng mô hình NAM, UHM và SMAP để tính toán quá trình lưu lượng tại nút lưu vực.

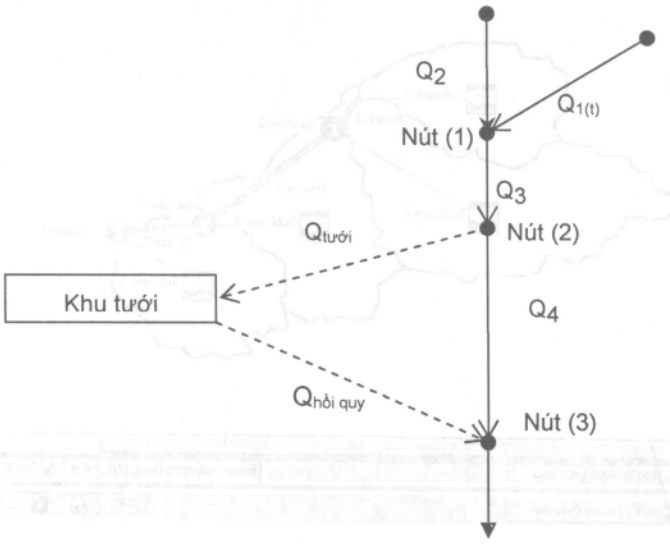
Khi nút hồ chứa điều tiết cho nhiều hộ dùng nước ở hạ du, mô hình sẽ thực hiện phân phối nước theo nguyên tắc thứ tự ưu tiên. Điều này có nghĩa là người sử dụng nước đầu tiên trong danh sách sẽ lấy được đủ nước theo nhu cầu của mình (nếu có nước), trong khi đó người sử dụng nước thứ hai chỉ lấy được đủ nước nếu còn nước sau khi người thứ nhất đã lấy đủ, và cứ như vậy cho đến những người sau cùng trong danh sách. Nếu còn nước thì số nước đó sẽ chảy dọc xuống nhánh hạ lưu đến điểm nút gần nhất trên sông.

Đặc biệt đối với hồ chứa, nút sông dưới hạ lưu sẽ tự động được kết nối và sẽ có ưu tiên đầu tiên. Sự kết nối này được ẩn đối với người sử dụng và không thể thay đổi. Chính vì thế dòng chảy được xác định xuống hạ lưu trên sông có ưu tiên hơn đối với bất kỳ đối tượng sử dụng nào còn lại.

Trong MIKE BASIN có nhiều môdun khác nhau: cân bằng nước, chất lượng nước, tối ưu hóa, quản lý sử dụng đất, phân tích kinh tế v.v. Người sử dụng có thể tham khảo ở các hướng dẫn của phần mềm.



Hình 4.33. **Mô tả hệ thống nút và liên kết nút trong mô hình MIKE–BASIN**



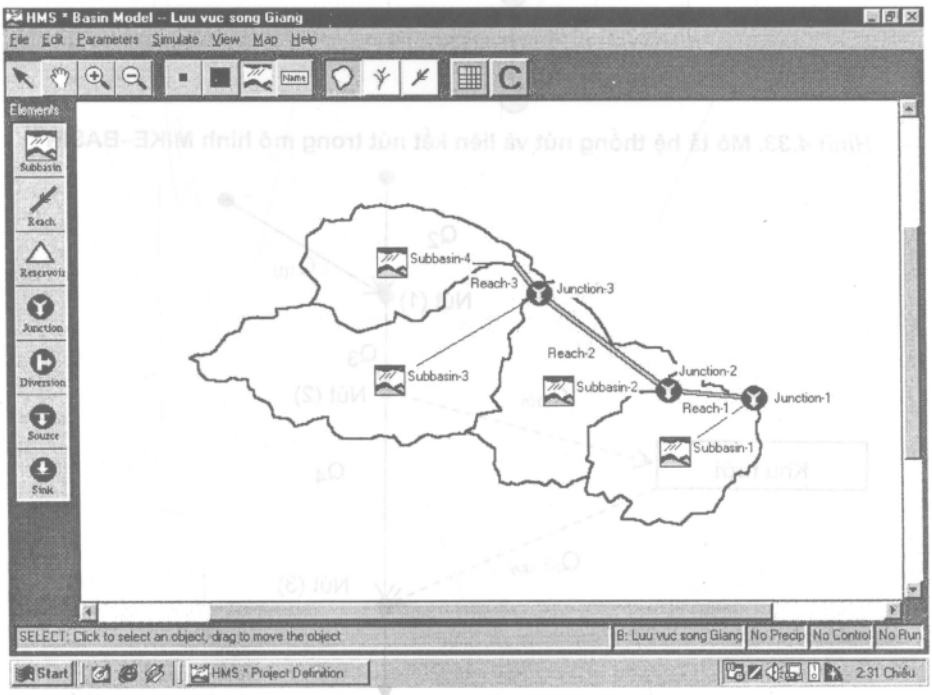
Hình 4.34. **Mô tả cân bằng nước tại nút sử dụng nước**

4.3.3. Mô hình HEC – HMS

Mô hình HEC nguyên là sản phẩm của Tổ chức các Kỹ sư Thuỷ văn Quân đội Hoa Kỳ. HEC1 đã góp phần quan trọng trong việc tính toán dòng chảy lũ tại những con sông nhỏ không có trạm đo lưu lượng. Tính cho đến thời điểm này, đã có không ít đề tài nghiên cứu khả năng ứng dụng thực tế. Tuy nhiên, HEC–1 được viết từ những năm 1968 chạy trong môi trường DOS, số liệu nhập không thuận tiện, kết quả in ra khó theo dõi. Hơn nữa, đối với những người không hiểu sâu về chương trình kiểu Format thường rất lúng túng trong việc truy xuất kết quả mô hình nếu không muốn làm thủ công. Do vậy, HEC–HMS là một giải pháp, nó được viết để "chạy" trong môi trường Windows– hệ điều hành rất quen thuộc với mọi người. Phiên bản đầu tiên của HEC–HMS là version 2.0, hiện nay các phiên bản mới liên tục được cập nhật và có thể truy cập trên mạng.

Phần mềm bao gồm: giao diện đồ họa, các thành phần phân tích thủy văn, lưu trữ số liệu, các công cụ quản lý và các bản ghi. Chương trình đã kết hợp các ngôn ngữ lập trình C, C^{++} và Fortran. Phương tiện tính toán và giao diện đồ họa được lập trình theo hướng đối tượng C^{++}. Các thuật toán thủy văn được viết bằng Fortran và được tổ chức trong một thư viện Lib Hydro. Quản lý số liệu được trình bày dùng thư viện HEC–Lib. Mặc dù đã được kết hợp trong một chương trình nhưng vẫn có sự tách biệt rõ ràng giữa giao diện, công cụ tính toán và lưu trữ số liệu.

Những phiên bản đầu tiên HEC–HMS chỉ được sử dụng tính toán dòng chảy lưu trên lưu vực sông, nhưng trong những phiên bản mới nhất mô hình đã bổ sung thêm các mô phỏng điều tiết hồ chứa.



Hình 4.35. Phân chia lưu vực trong mô hình HEC–HMS

Các đặc trưng vật lý của khu vực và của các sông được miêu tả trong mô hình lưu vực. Các yếu tố thủy văn như: lưu vực con, đoạn sông, hợp lưu, phân lưu, hồ chứa, nguồn, hồ, đầm được gắn kết trong một hệ thống mạng lưới để tính toán quá trình dòng chảy. Các quá trình tính toán được bắt đầu từ thượng lưu đến hạ lưu.

Khi mô phỏng hệ thống mô hình đã chia lưu vực thành nhiều lưu vực con và liên kết với nhau bằng các mô hình diễn toán lũ trên các đoạn sông nối từ nút liền kề (xem hình 4.35).

Mô phỏng các quá trình hình thành dòng chảy

a) Nút lưu vực

Đối với các lưu vực con, quá trình dòng chảy lũ được mô phỏng bằng các mô hình mưa rào – dòng chảy. Trong HEC–HMS đã sử dụng các mô hình đường đơn vị sau đây: Mô hình đường đơn vị Sneyd, đường đơn vị SCS và đường đơn vị tổng hợp Clark.

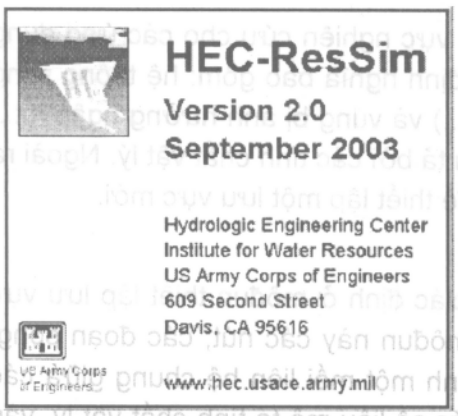
b) Diễn toán dòng chảy trong sông

Diễn toán lũ trong sông được dùng để tính toán sự di chuyển sóng lũ qua đoạn sông và hồ chứa. Hầu hết các phương pháp diễn toán lũ có trong HEC–HMS dựa trên phương trình liên tục và các quan hệ giữa lưu lượng và lượng trữ. Các phương pháp được sử dụng bao gồm: phương pháp Muskingum, Muskingum– Cunge, Puls cải tiến (Modified Puls), sóng động học (Kinematic Wave) và Lag.

Trong tất cả những phương pháp này quá trình diễn toán được tiến hành trên một nhánh sông độc lập từ thượng lưu xuống hạ lưu, các ảnh hưởng của nước vật trên đường mặt nước như nước nhảy hay sóng đều không được xem xét. Như vậy, mô hình HEC –HMS chỉ được sử dụng ở vùng sông không ảnh hưởng thủy triều và nước vật.

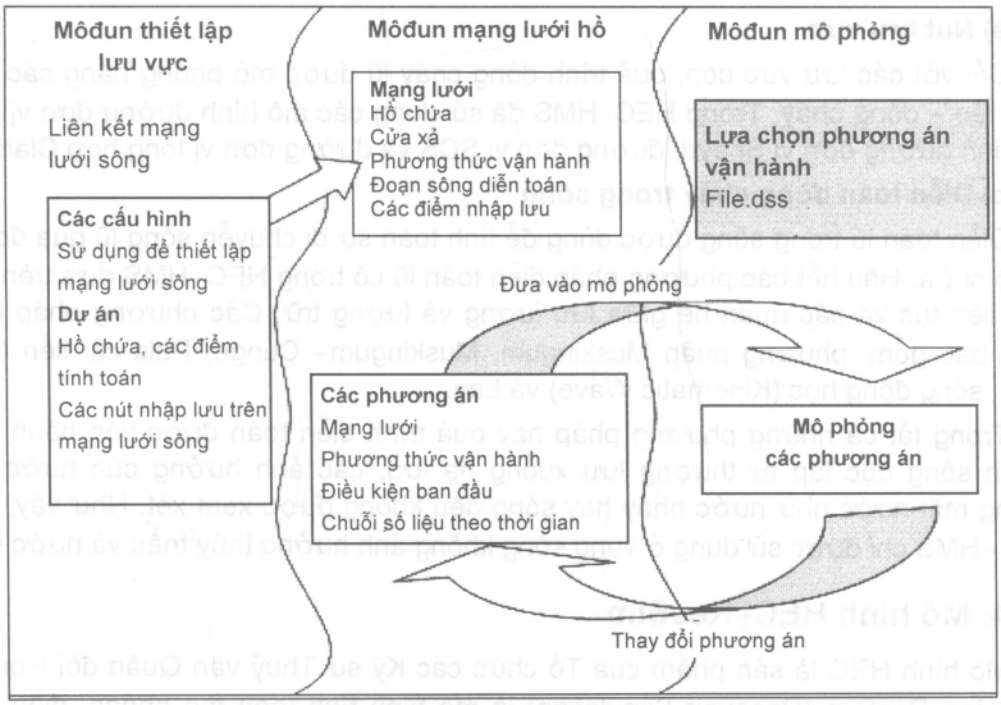
4.3.4. Mô hình HEC–ResSim

Mô hình HEC là sản phẩm của Tổ chức các Kỹ sư Thuỷ văn Quân đội Hoa Kỳ. Mô hình Hec–ResSim (Resevoir Simulation) là mô hình tính toán mô phỏng, điều hành hệ thống hồ chứa, là phần tiếp theo của HEC 5 (mô phỏng các hệ thống kiểm soát lũ). Mô hình có thể truy cập miễn phí trên mạng từ HEC – website (hptt://www.hec.usace.army.mil). Hướng dẫn sử dụng có thể tham khảo trong tập "Nghiên cứu Điển hình" của Giáo trình Quy hoạch và Quản lý nguồn nước [34].



Chương trình bao gồm các công cụ: mô phỏng, tính toán, lưu trữ số liệu, quản lý, đồ hoạ, và báo cáo hệ thống nguồn nước. Số liệu vào, ra của mô hình được lưu trữ và chỉnh sửa bằng chương trình HEC – DSS (Data Storage System). Mô hình bao gồm 3 môđun: môđun thiết lập lưu vực (Watershed Setup), môđun mạng lưới hồ chứa (Resevoir Network) và môđun mô phỏng (Simulation). Mỗi môđun cung cấp một chức năng khác nhau, nhưng các môđun cũng liên hệ với nhau, và tập hợp các công việc thông qua các Menu, Toolbar và sơ đồ mạng lưới (xem hình 4.36).

Chương trình có hệ thống giao diện đồ hoạ tiện ích dễ sử dụng, số liệu vào ra được quản lý một cách có hệ thống. Chương trình thực sự hữu hiệu để lựa chọn các phương án xả khi có lũ khẩn cấp và lựa chọn các phương án kiểm soát lũ cho hồ chứa có nhiệm vụ phòng lũ ở hạ du, điều tiết chống lũ, chọn các thông số thiết kế công trình. Ngoài ra còn có thể áp dụng để tính toán điều tiết đối với hồ chứa cấp nước, phát điện hoặc hồ chứa lợi dụng tổng hợp. Mô hình có thể áp dụng đối với một hồ chứa độc lập hoặc nhiều hồ chứa trong hệ thống hồ trong bài toán quy hoạch, thiết kế và quản lý vận hành.



Hình 4.36. **Sơ đồ tổng quát các môđun của mô hình HEC–ResSim**

1. Cấu trúc mô hình

Mô hình HEC – ResSim được cấu tạo bởi 3 môđun chính:

– Môđun thiết lập lưu vực (Watershed Setup):

Người sử dụng có thể thiết lập và định nghĩa lưu vực nghiên cứu cho các ứng dụng khác nhau thông qua môđun này. Một lưu vực được định nghĩa bao gồm: hệ thống sông suối, các công trình thủy lợi (hồ chứa, đập, kênh dẫn...) và vùng bị ảnh hưởng ngập lụt... Trong môđun này các hạng mục công trình được miêu tả bởi các tính chất vật lý. Ngoài ra người sử dụng có thể nhập một bản đồ từ ngoài vào để thiết lập một lưu vực mới.

– Môđun mạng lưới hồ (Resevoir Network):

Trong môđun này, dựa vào một sườn chung đã xác định ở môđun thiết lập lưu vực để hoàn chỉnh hệ thống mạng lưới hồ chứa. Trong môđun này các nút, các đoạn sông, mạng lưới công trình được đưa thêm vào để tạo thành một mối liên hệ chung giữa các yếu tố trong hệ thống mạng lưới hồ chứa. Ngoài ra các số liệu mô tả tính chất vật lý, vận hành của các yếu tố, và các phương án chạy của bài toán cũng được khai báo trong

môđun này. Khi hoàn thành xác định sơ đồ mạng lưới, khai báo các tính chất vật lý của các thành phần trong hệ thống thì tiến hành đặt các phương án cho bài toán bao gồm: khai báo cấu hình (định hình hệ thống), mạng lưới hồ, tập hợp các phương án vận hành, điều kiện ban đầu, chuỗi số liệu đầu vào của từng phương án.

– Môđun mô phỏng (Simulation):

Qúa trình mô phỏng hệ thống hồ chứa, các tính chất của hệ thống và tính toán theo các phương án đã định ở môđun mạng lưới hồ được thực hiện trong môđun này. Trước hết phải thiết lập một cửa sổ thời gian mô phỏng, bước thời gian tính toán, sau đó các thành phần của phương án tính toán sẽ được lựa chọn. Chúng ta cũng có thể thay đổi, sửa chữa các số liệu trong môđun này. Sau khi mô phỏng được thực hiện thì kết quả sẽ được hiển thị thông qua bảng hoặc biểu đồ, chuỗi số liệu kết quả được lưu trữ bằng một file dạng DSS.

Nguyên lý tính toán điều tiết dòng chảy trong hồ chứa dựa vào hệ phương trình cân bằng nước và phương trình động lực cùng các đường đặc trưng của hồ chứa và các đường quan hệ, tham số mô tả đặc tính của hệ thống công trình.

2. Diễn toán đoạn sông

Trong mô hình diễn toán lũ trên hệ thống sông được áp dụng theo một trong sáu phương pháp: Muskingum, Muskingum–Cunge kênh 8 điểm, Muskingum–Cunge kênh lăng trụ, Modified Puls và diễn toán SSARR, trường hợp không diễn toán trong đoạn sông (coi như không có thời gian trễ hay sự lan truyền) thì có thể chọn hình thức Null Rounting.

3. Mô phỏng hồ chứa

Đây là thành phần cơ bản của HEC – ResSim. Số liệu nhập vào mô tả hồ chứa bao gồm hai phần chính: các số liệu mô tả đặc tính vật lý của hồ chứa, bao gồm các đường đặc trưng hồ chứa như thấm, bốc hơi, số lượng các cửa xả, kích thước các cửa cũng như đặc tính làm việc, đặc điểm làm việc của nhà máy thủy điện nếu hồ chứa có nhiệm vụ phát điện, và các thông số mô tả quá trình điều hành hồ chứa (các yêu cầu cấp nước, phát điện, tiêu chuẩn phòng lũ cho hạ du,...)

Đối với hồ chứa có nhiệm vụ phát điện thì trong phần cửa xả có điều khiển (Control Outlet) xả qua tuabin cần nhập thêm công suất giới hạn, hệ số vượt quá công suất, tổn thất lưu luọng, tổn thất cột nước, và mực nước hạ lưu có thể là một hằng số hoặc lấy theo mực nước hồ phía hạ lưu (trường hợp ngập chân) hoặc nhập vào dưới dạng quan hệ ($Q \sim H_{HL}$), nhưng chương trình sẽ chọn giá trị lớn nhất trong số các lựa chọn đó.

Vận hành hồ chứa: Trong mỗi phương án điều hành (Operation Set) mô hình cung cấp cho sẵn 3 vùng (Zone) cơ bản đó là vùng phòng lũ (Flood Zone), vùng dung tích hiệu dụng (Conservation Zone) và vùng dung tích chết (Inactive Zone). Ngoài ra người sử dụng có thể thiết lập thêm các vùng khác tuỳ thuộc yêu cầu sử dụng. Trong phần này cần nhập vào cao trình cao nhất của các vùng có thể là một giá trị bảng hằng số hoặc thay đổi theo thời gian hoặc có thể nhập vào từ file số liệu dạng Time–series, chú ý là số liệu không được cắt nhau và vùng dung tích chết đã xoá đi thì không khôi phục lại được.

Trong các vùng có thể xác định các phương án vận hành cấp nước, phát điện, kiểm soát lũ, lưu lượng xả giới hạn của hồ theo các yêu cầu (Rule). Ngoài ra trong phần này còn có thể xác định biểu đồ điều phối kho nước (Guide Cuver).

4.3.5. Mô hình MIKE 11

4.3.5.1. Giới thiệu chung

MIKE 11 do DHI Water & Environment phát triển, là một gói phần mềm dùng để mô phỏng dòng chảy, chất lượng nước, vận chuyển bùn cát trong sông và vùng cửa sông.

MIKE 11 là công cụ mô hình một chiều thủy động học và gần gũi với người sử dụng trong việc phân tích, thiết kế, quản lý và vận hành chi tiết hệ thống sông kênh đơn giản cũng như phức tạp. Môi trường gần gũi với người sử dụng, tốc độ và tính thích ứng của nó, MIKE 11 cho tính toán hiệu quả và toàn diện, áp dụng cho quy hoạch và quản lý chất lượng, nguồn nước và các công trình thuỷ lợi.

Bộ mô hình MIKE tương đối toàn diện, tính năng, hiệu quả truy cập thông tin cao và có giao diện đồ hoạ sinh động của công nghệ GIS, có thể được ứng dụng trong trong thiết kế, quy hoạch và quản lý tổng hợp nguồn nước.

Một số ưu điểm của mô hình MIKE11:

– Lên kết GIS

– Liên kết với các mô hình thành phần khác của bộ Mine như: mô hình mưa rào – dòng chảy; mô hình thủy động lực học hai chiều MIKE21 (Mike flood)

– Tính toán chuyển tải chất khuếch tán

– Tính vận hành hồ chứa

– Tính toán thủy lực cho bài toán vỡ đập.

– Tính toán vận hành công trình

– Tính toán mô phỏng các vùng đất ngập nước.

Môđun mô hình thủy động lực (HD) là phần trọng tâm của hệ thống lập mô hình MIKE 11 và hình thành cơ sở cho hầu hết các môđun khác bao gồm: dự báo lũ, tải khuếch tán, chất lượng nước và môđun vận chuyển bùn lắng không có cấu kết. Môđun MIKE 11 HD được thiết lập trên cơ sở hợp giải hệ phương trình Saint – Venant.

Các ứng dụng liên quan đến môđun MIKE 11 HD bao gồm:

– Dự báo lũ và vận hành hồ chứa.

– Các phương pháp mô phỏng kiểm soát lũ.

– Vận hành hệ thống tưới và tiêu thoát nước mặt.

– Thiết kế các hệ thống kênh dẫn.

– Nghiên cứu sóng triều và nước dâng trong sông và cửa sông.

Đặc trưng cơ bản của hệ thống lập mô hình MIKE 11 là cấu trúc môđun tổng hợp với nhiều loại môđun được thêm vào, mỗi môđun mô phỏng một hiện tượng liên quan đến hệ thống sông.

Ngoài các môđun HD đã mô tả ở trên, MIKE còn có các môđun bổ sung, bao gồm mô hình thủy văn (NAM); tải khuếch tán (AD); các môđun về chất lượng nước (WQ); vận chuyển bùn cát cố kết (có tính dính) (CST); vận chuyển bùn cát không cố kết (không có tính dính) (NST). MIKE11 là chương trình tính thủy lực trên mạng lưới sông kênh có thể áp dụng với chế độ động sóng động lực hoàn toàn ở cấp độ cao. Trong chế độ này MIKE 11 có khả năng tính toán với:

– Dòng biến đổi nhanh.

– Lưu lượng và mực nước thủy triều vùng cửa sông.

– Sóng lũ.

– Lòng dẫn dốc.

Trước đây MIKE 11 được biết đến như là một công cụ phần mềm có các tính năng giao diện tiên tiến và ứng dụng dễ dàng. Ngay từ đầu, MIKE 11 đã được vận hành thông qua hệ thống trình đơn tương tác (interactive menu system) hữu hiệu với các layout có hệ thống và các menu xếp dãy tuần tự.

Thế hệ mới của MIKE 11 đã kết hợp các đặc tính và kinh nghiệm từ MIKE 11 'Classic', giao diện người sử dụng dựa trên cơ sở các tính năng hữu hiệu trong Windows, bao gồm các tiện ích chỉnh sửa sơ đồ (graphical editing facilities) và tăng tốc độ tính toán bằng cách tận dụng tối đa công nghệ 32– bit.

Về đầu vào hoặc chỉnh sửa, các đặc tính trong MIKE 11 bao gồm:

– Nhập dữ liệu, chỉnh sửa bản đồ

– Nhiều dạng dữ liệu đầu vào, chỉnh sửa mang tính mô phỏng

– Tiện ích copy và dán (paste) để nhập (hoặc xuất) trực tiếp, ví dụ như từ các chương trình trang bảng tính (spreadsheet programs)

– Bảng số liệu tổng hợp (tabular) và cửa sổ sơ đồ (graphical windows)

– Nhập dữ liệu về mạng sông và địa hình từ ASCII text files

Về đầu ra, có các tính năng trình bày báo cáo tiên tiến, bao gồm:

– Màu của bản đồ trong horizontal plan cho hệ thống dữ liệu và kết quả

– Trình bày kết quả bằng hình động trong sơ đồ mặt ngang, dọc và chuỗi thời gian

– Thể hiện các kết quả bằng hình động đồng thời

– Trình bày chuỗi thời gian mở rộng

– Tiện ích copy và dán (paste) để xuất các bảng kết quả hoặc trình bày bản đồ vào các ứng dụng khác (trang bảng tính, word hoặc các dạng khác)

4.3.5.2. Hệ phương trình cơ bản và thuật toán trong mô hình MIKE11

Hệ phương trình sử dụng trong mô hình là hệ phương trình Saint Venant, được viết dưới dạng thực hành cho bài toán không gian một chiều, tức quy luật diễn biến của độ cao mặt nước và lưu lượng dòng chảy dọc theo chiều dài dòng sông/kênh và theo thời gian. Hệ phương trình Saint Venant gồm hai phương trình: phương trình liên tục và phương trình động lượng:

• *Phương trình liên tục:*

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \qquad (4.107)$$

• *Phương trình động lượng:*

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(\alpha \frac{Q^2}{A})}{\partial x} + gA\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{C^2AR} = 0 \qquad (4.108)$$

Trong đó: B: Chiều rộng mặt nước ở thời đoạn tính toán (m)

h: Cao trình mực nước ở thời đoạn tính toán (m)

t: Thời gian tính toán (giây)

Q: Lưu lượng dòng chảy qua mặt cắt (m^3/s)

X: Không gian (dọc theo dòng chảy) (m)

A: Diện tích mặt cắt ướt (m^2)

q: Lưu lượng ra, nhập dọc theo đơn vị chiều dài (m^2/s)

C: Hệ số Chezy, được tính theo công thức: $C = \frac{1}{n}R^y$

n: Hệ số nhám

R: Bán kính thuỷ lực (m)

y: Hệ số, theo Maning y = 1/6

g: Gia tốc trọng trường = 9,81 m/s^2

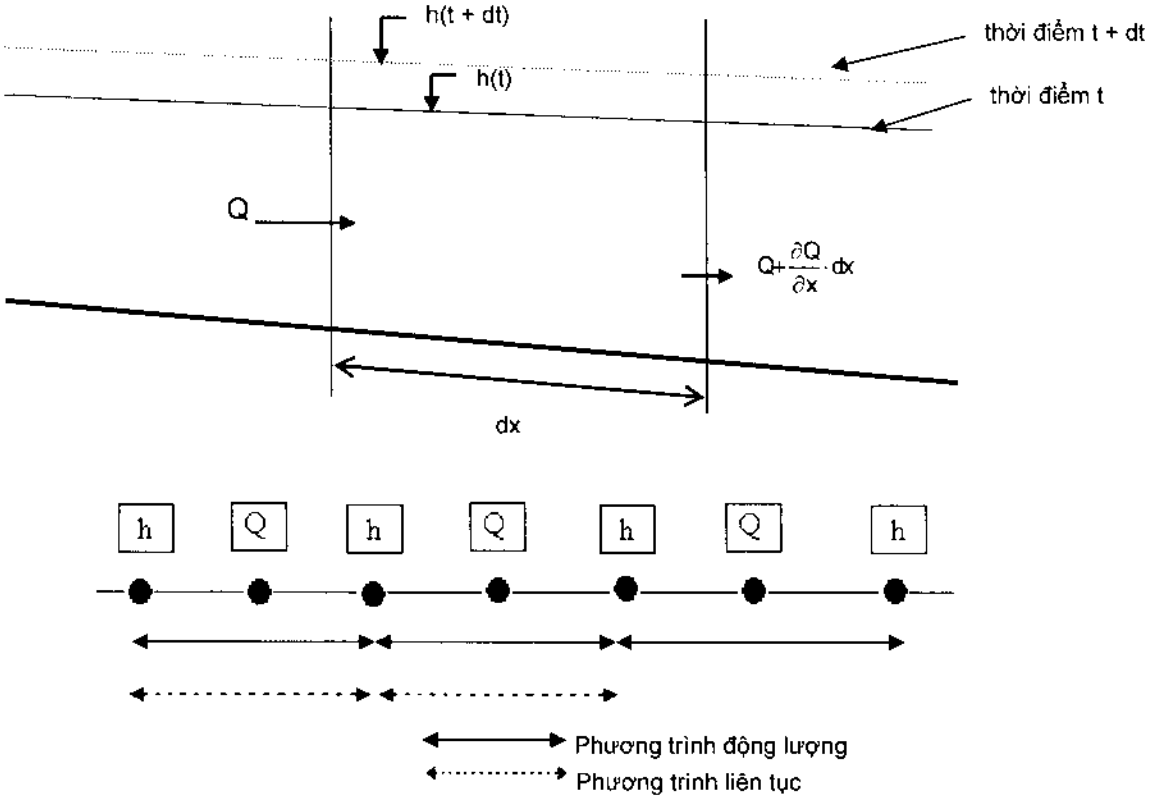
α: Hệ số động năng

4.3.5.3. Thuật toán giải hệ phương trình Saint Venant

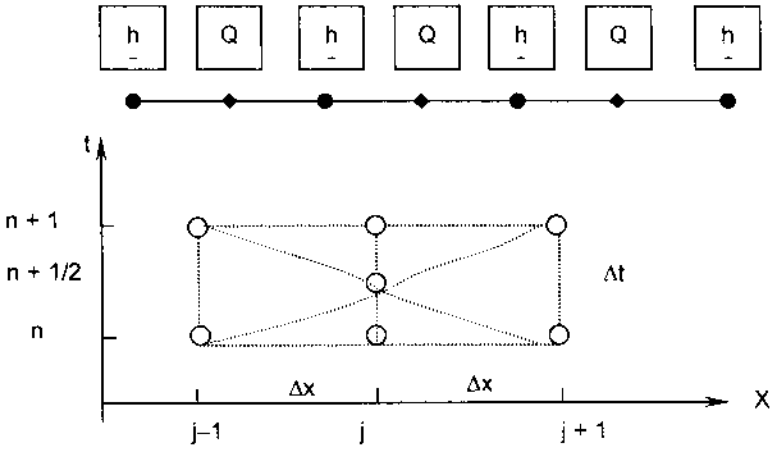
Hệ phương trình vi phân (4.107) và (4.108) là hệ phương trình vi phân phi tuyến, có hệ số biến đổi. Các nghiệm cần tìm là Q và h là hàm số của các biến độc lập x, t. Nhưng các hàm A và v lại là hàm phức tạp của Q và h nên không giải được bằng phương pháp giải tích, mà phải giải gần đúng theo phương pháp sai phân.

Giải pháp cho hệ phương trình với các bước thời gian thông thường theo nguyên tắc chung. Từ các phương trình (4.107), (4.108) ở trên sai phân ẩn không hoàn toàn cho các điểm Q và h xen kẽ nhau với mỗi Q có một h tương ứng và tính toán cho mỗi bước thời

gian. Sự tính toán trong lưới hoàn toàn tự động dựa trên yêu cầu Q luôn luôn nằm giữa 2 điểm h trong khi khoảng cách giữa 2 điểm h có thể khác nhau (hình 4.37 và 4.38).



Hình 4.37.



Hình 4.38. **Sơ đồ giải**

Trong MIKE 11, hệ phương trình Saint – Venant được giải bằng sơ đồ ẩn 6 điểm với tên gọi Abbott–Ionescu.

1. Sai phân phương trình liên tục

Chỉ có Q sai phân hóa theo x phương trình dễ dàng tính cho h tại trung tâm, xem hình 4.39.

Sai phân hóa cho phương trình liên tục tính toán tại bước thời gian n + 1/2 diễn tả như sau:

$$\frac{\partial Q}{\partial x} \approx \frac{\frac{Q_{j+1}^{n+1} + Q_{j+1}^{n}}{2} - \frac{Q_{j-1}^{n+1} + Q_{j-1}^{n}}{2}}{\Delta 2x_j} \tag{4.109}$$

$$\frac{\partial h}{\partial t} \approx \frac{h_j^{n+1} - h_j^{n}}{\Delta t} \tag{4.110}$$

Thay vào phương trình (4.107)

$$\frac{\frac{Q_{j+1}^{n+1} + Q_{j+1}^{n}}{2} - \frac{Q_{j-1}^{n+1} + Q_{j-1}^{n}}{2}}{\Delta 2x_j} + B\frac{h_j^{n+1} - h_j^{n}}{\Delta t} = q \tag{4.111a}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{Q_{j+1}^{n+1} + Q_{j+1}^{n} - Q_{j-1}^{n+1} - Q_{j-1}^{n}}{\Delta 2x_j} + B\frac{h_j^{n+1} - h_j^{n}}{\Delta t} = q \tag{4.111b}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{Q_{j+1}^{n+1}}{2\Delta 2x_j} - \frac{Q_{j-1}^{n+1}}{2\Delta 2x_j} + \frac{Q_{j+1}^{n}}{2\Delta 2x_j} - \frac{Q_{j-1}^{n}}{2\Delta 2x_j} + B\frac{h_j^{n+1}}{\Delta t} - B\frac{h_j^{n}}{\Delta t} = q \tag{4.111c}$$

$$\Rightarrow \quad -\frac{1}{2\Delta 2x_j}Q_{j-1}^{n+1} + \frac{B}{\Delta t}h_j^{n+1} + \frac{1}{2\Delta 2x_j}Q_{j+1}^{n+1} = q - \frac{Q_{j+1}^{n}}{2\Delta 2x_j} + \frac{Q_{j-1}^{n}}{2\Delta 2x_j} + B\frac{h_j^{n}}{\Delta t} \tag{4.111d}$$

Đặt: $\alpha_j = -\frac{1}{2\Delta 2x_j}$; $\beta_j = \frac{B}{\Delta t}$; $\gamma_j = \frac{1}{2\Delta 2x_j}$; $\delta_j = q + \frac{Q_{j-1}^{n}}{2\Delta 2x_j} + B\frac{h_j^{n}}{\Delta t} - \frac{Q_{j+1}^{n}}{2\Delta 2x_j}$

Phương trình cuối cùng có dạng:

$$\alpha_j Q_{j-1}^{n+1} + \beta_j h_j^{n+1} + \gamma_j Q_{j+1}^{n+1} = \delta_j \tag{4.112}$$

Trong đó: α, β và γ là các hàm của B, còn δ phụ thuộc vào Q và h tại bước thời gian n và q tại bước thời gian n + 1/2.

B: trong các phương trình trên được tính xấp xỉ như sau:

$$B = \frac{A_{o,j} + A_{o,j+1}}{\Delta 2x_j}$$

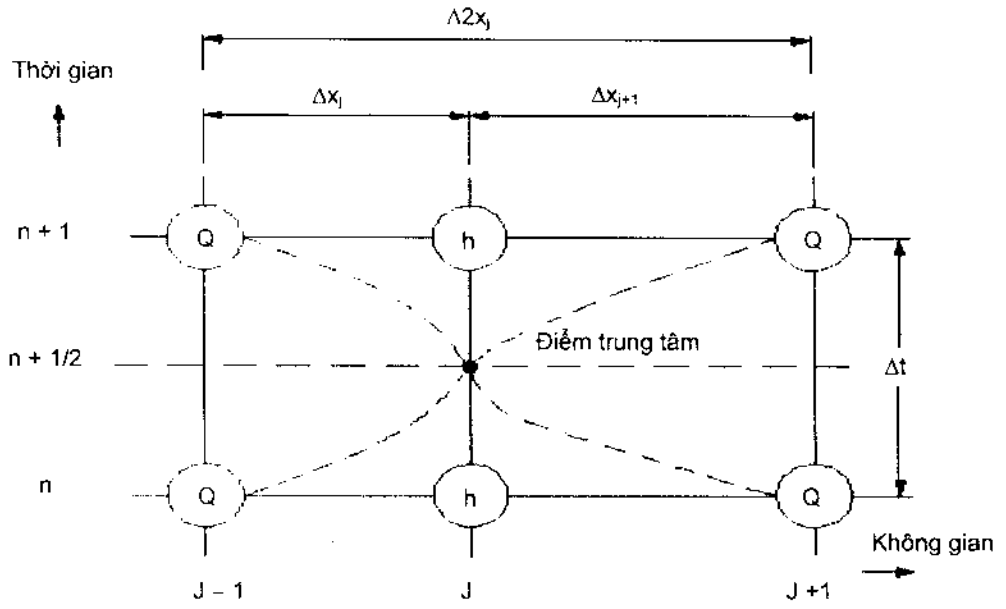
Trong đó:

$A_{o,j}$: Diện tích bề mặt dòng chảy giữa hai điểm lưới j–1 và j

$A_{o,j+1}$: Diện tích bề mặt dòng chảy giữa 2 điểm lưới j và j + 1

$\Delta 2x_j$: Khoảng cách giữa 2 điểm j–1 và j + 1

Δt: Bước thời gian tính toán



Hình 4.39. **Sơ đồ sai phân 6 điểm cho phương trình liên tục**

2. Sai phân phương trình động lượng

Phương trình động lượng tại điểm trung tâm Q được minh họa trong hình 4.40.

Từ phương trình động lượng (4.108), các số hạng được khai triển như sau:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = \frac{Q_j^{n+1} - Q_j^n}{\Delta t} \tag{4.113}$$

$$\frac{\partial\left(\alpha \frac{Q^2}{A}\right)}{\partial x} \approx \frac{\left[\alpha \frac{Q^2}{A}\right]_{j+1}^{n+1/2} - \left[\alpha \frac{Q^2}{A}\right]_{j-1}^{n+1/2}}{\Delta 2x_j} \tag{4.114}$$

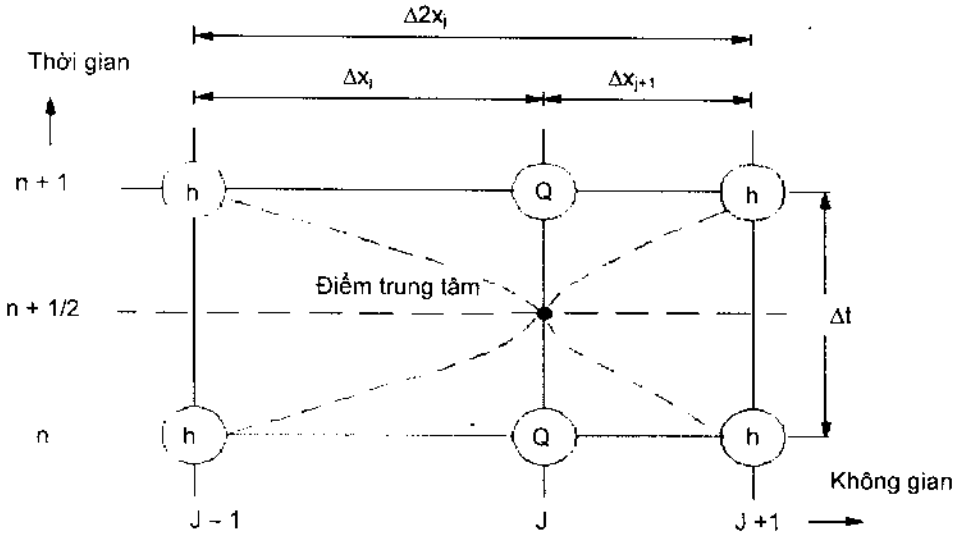
$$\frac{\partial h}{\partial x} = \frac{\frac{h_{j+1}^{n+1} + h_{j+1}^n}{2} - \frac{h_{j-1}^{n+1} + h_{j-1}^n}{2}}{\Delta 2x_j} \Rightarrow \frac{\partial h}{\partial x} = \frac{h_{j+1}^{n+1} + h_{j+1}^n - h_{j-1}^{n+1} - h_{j-1}^n}{2\Delta 2x_j} \tag{4.115}$$

Số hạng bậc 2 trong phương trình động lượng đạo hàm riêng được sử dụng để đảm bảo chúng có giá trị đại số theo hướng dòng chảy trong các bước thời gian tính.

$$Q^2 \approx \theta Q_j^{n+1} Q_j^n - (\theta - 1) Q_j^n Q_j^n \tag{4.116}$$

Trong đó: θ là trọng số (số này được mặc định trong bộ thông số thủy động lực học) và được mặc định là 1.

Do đó: $$Q^2 \approx Q_j^{n+1} Q_j^n \tag{4.117}$$



Hình 4.40. **Sơ đồ sai phân 6 điểm cho phương trình động lượng**

Thay (4.117b) vào (4.114) ta được.

$$\frac{\partial\left(\alpha\frac{Q^2}{A}\right)}{\partial x}\approx\frac{\alpha\frac{Q_{j}^{n+1}Q_{j}^{n}}{A_{j+1}}-\alpha\frac{Q_{j}^{n+1}Q_{j}^{n}}{A_{j-1}}}{\Delta 2x_j}\approx\frac{\left(\alpha\frac{Q_{j}^{n}}{A_{j+1}}-\alpha\frac{Q_{j}^{n}}{A_{j-1}}\right)}{\Delta 2x_j}Q_{j}^{n+1} \qquad (4.118)$$

Thế các biểu thức (4.113), (4.115), (4.118) vào phương trình động lượng (4.108) ta có:

$$\frac{Q_{j}^{n+1}-Q_{j}^{n}}{\Delta t}+\frac{\left(\alpha\frac{Q_{j}^{n}}{A_{j+1}}-\alpha\frac{Q_{j}^{n}}{A_{j-1}}\right)}{\Delta 2x_j}Q_{j}^{n+1}+gA\frac{h_{j+1}^{n+1}+h_{j+1}^{n}-h_{j-1}^{n+1}-h_{j-1}^{n}}{2\Delta 2x_j}+\left[\frac{gQ|Q|}{C^2AR}\right]_{j}^{n+1/2}=0 \quad (4.119a)$$

$$\frac{gA}{2\Delta 2x}h_{j+1}^{n+1}-\frac{gA}{2\Delta 2x}h_{j-1}^{n+1}+\frac{gA}{2\Delta 2x}h_{j+1}^{n}-\frac{gA}{2\Delta 2x}h_{j-1}^{n}+\left[\frac{\alpha\frac{Q_{j}^{n}}{A_{j+1}}-\alpha\frac{Q_{j}^{n}}{A_{j-1}}}{\Delta 2x_j}+\frac{1}{\Delta t}\right]Q_{j}^{n+1}-\frac{1}{\Delta t}Q_{j}^{n}+$$

$$+\left[\frac{gQ|Q|}{C^2AR}\right]_{j}^{n+1/2}=0 \qquad (4.119b)$$

$$-\frac{gA}{2\Delta 2x}h_{j-1}^{n+1}+\left[\frac{\alpha\frac{Q_{j}^{n}}{A_{j-1}}-\alpha\frac{Q_{j}^{n}}{A_{j-1}}}{\Delta 2x_j}+\frac{1}{\Delta t}\right]Q_{j}^{n+1}+\frac{gA}{2\Delta 2x}h_{j+1}^{n+1}=\frac{gA}{2\Delta 2x}h_{j-1}^{n}+\frac{1}{\Delta t}Q_{j}^{n}-\frac{gA}{2\Delta 2x}h_{j+1}^{n}-$$

$$-\left[\frac{gQ|Q|}{C^2AR}\right]_{j}^{n+1/2} \qquad (4.119c)$$

$$\text{Đặt: } a_j = -\frac{gA}{2\Delta 2x}; \quad b_j = \left[\frac{\alpha\frac{Q_{j+1}^n}{A_{j+1}} - \alpha\frac{Q_j^n}{A_{j-1}}}{\Delta 2x_j} + \frac{1}{\Delta t}\right]; \quad c_j = \frac{gA}{2\Delta 2x}$$

$$\text{và } d_j = \frac{gA}{2\Delta 2x}h_{j-1}^n + \frac{1}{\Delta t}Q_j^n - \frac{gA}{2\Delta 2x}h_{j+1}^n - \left[\frac{gQ|Q|}{C^2AR}\right]_j^{n+1/2}$$

Phương trình động lượng sau quá trình sai phân hóa được viết dưới dạng đơn giản sau:

$$a_j h_{j-1}^{n+1} + b_j Q_j^{n+1} + c_j h_{j+1}^{n+1} = d_j \qquad (4.120)$$

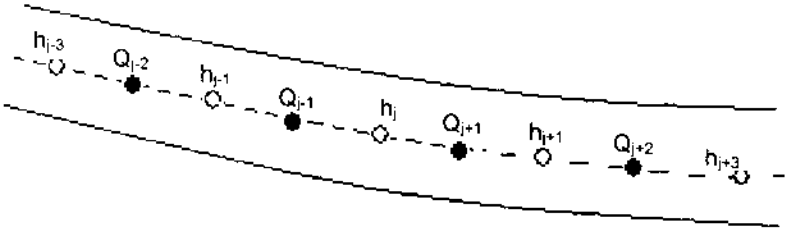
Kết hợp phương trình (4.112) và (4.120) được một hệ phương trình theo Q và h. Cùng với các điều kiện ban đầu và điều kiện biên giải hệ phương trình tìm được các giá trị Q và h tại mỗi nút tính toán.

Để thu được kết quả tại điểm trung tâm thì những thành phần trên phải có giá trị tại bước thời gian n + 1/2 có thể được tính chính xác bằng phép lặp, vì vậy phương trình được mặc định tính lặp 2 lần tại mỗi bước thời gian, bước lặp đầu tiên bắt đầu từ kết quả của bước thời gian tính và bước lặp thứ 2 sử dụng giá trị trung bình từ phép tính này. Số lần lặp có thể thay đổi trong chương trình tính do người sử dụng quyết định.

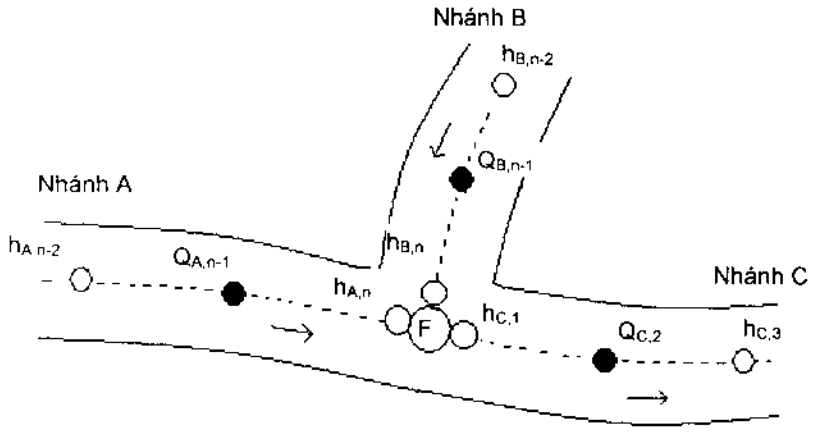
4.3.5.4. Thuật toán cho mạng lưới sông kênh và toàn bộ hệ thống trên mạng lưới

Trong Mike 11, các phương trình St. Venant được giải bằng cách dùng lược đồ sai phân hữu hạn 6 điểm ẩn là Bbott– Inoescu như đã trình bày ở trên. Trong lược đồ này, các cấp mực nước và lưu lượng dọc theo nhánh sông được tính trong một hệ thống các điểm lưới xen kẽ như trong hình 4.41.

Mike11 có thể xử lý được nhiều nhánh và tại các nhập lưu, nơi các nhánh gặp nhau. Một nút sẽ được tạo ra trong đó mực nước được tính toán. Hình dạng của các điểm lưới quanh một nút trong đó có ba nhánh gặp nhau cho trong hình 4.42.



Hình 4.41. **Nhánh sông với các điểm lưới xen kẽ**



Hình 4.42. **Cấu hình các điểm lưới xung quanh điểm mà tại đó ba nhánh gặp nhau**

1. Ma trận nhánh

Trong một điểm lưới, mối quan hệ giữa biến số Z_j (mực nước h_j hay lưu lượng xả Q_j) tại chính điểm đó và tại các điểm lân cận được thể hiện bằng cách dùng phương trình tuyến tính sau:

$$\alpha_j Z_{j-1}^{n+1} + \beta_j Z_j^{n+1} + \gamma_j Z_{j+1}^{n+1} = \delta_j \qquad (4.121)$$

Các hệ số α, β, γ và δ tại các điểm h được tính bằng sai phân hiện xấp xỉ đối với phương trình liên tục và tại thời điểm Q bằng cách dùng sai phân hiện xấp xỉ đối với các phương trình động lượng.

Tại tất cả các điểm lưới dọc theo một phương trình nhánh (4.121) được lập ra. Giả sử một nhánh có một điểm lưới n; n là số lẻ, điểm lưới đầu và cuối trong một nhánh luôn là điểm h, điều này làm cho các phương trình tuyến tính n có ẩn n + 2 số. Hai ẩn số thừa ra là do các phương trình được đặt tại điểm đầu và điểm cuối h, tại đó Z_{j-1} và Z_{j+1} lần lượt biến thành mực nước tại điểm này, theo đó phần cuối của nhánh ngược và nhánh xuôi được nối với nhau. Phương trình tuyến tính được mô tả như sau:

$$\begin{bmatrix}
\alpha_1 H_d^{n+1} + \beta_1 h_1^{n+1} + \gamma_1 Q_2^{n+1} = \delta_1 \\
\alpha_2 h_1^{n+1} + \beta_2 Q_2^{n+1} + \gamma_2 h_3^{n+1} = \delta_2 \\
\alpha_3 Q_2^{n+1} + \beta_3 h_3^{n+1} + \gamma_3 Q_4^{n+1} = \delta_3 \\
\alpha_4 h_3^{n+1} + \beta_4 Q_4^{n+1} + \gamma_4 h_5^{n+1} = \delta_4 \\
\alpha_5 Q_4^{n+1} + \beta_5 h_5^{n+1} + \gamma_5 Q_6^{n+1} = \delta_5 \\
\vdots \qquad\qquad \vdots \qquad\qquad \vdots \qquad\qquad \vdots \\
\alpha_{n-2} Q_{n-3}^{n+1} + \beta_{n-2} h_{n-2}^{n+1} + \gamma_{n-2} Q_{n-1}^{n+1} = \delta_{n-2} \\
\alpha_{n-1} h_{n-2}^{n+1} + \beta_{n-1} Q_{n-1}^{n+1} + \gamma_{n-1} h_n^{n+1} = \delta_{n-1} \\
\alpha_n Q_{n-1}^{n+1} + \beta_n h_n^{n+1} + \gamma_n H_c^{n+1} = \delta_n
\end{bmatrix}$$

– Tại điểm lưới đầu: $h = H_d$, có nghĩa là $\alpha_1 = -1$, $\beta_1 = 1$, $\gamma_1 = 0$, $\delta_1 = 0$

– Tại điểm lưới cuối: $h_n = H_c$ có nghĩa là $\alpha_n = 0$, $\beta_n = 1$, $\gamma_n = -1$, $\delta_n = 0$

– Trong hình 4.42 điều này tương ứng với $H_c = h_{A,n} = h_{B,n} = h_{C,1}$

Nếu ta liên hệ hệ thống một nhánh với một mực nước biên tại mỗi phần cuối thì ta sẽ biết được H_d, H_c, chỉ còn lại ẩn số n trong các phương trình n, và có thể giải chúng bằng kỹ thuật khử chuẩn. Tuy nhiên, do Mike11 có thể xử lý nhiều nhánh, nên ta phải áp dụng một phương pháp khác. Để giải thích vấn đề này, các phương trình trên sẽ được trình bày trong ma trận hình 4.43

$$\begin{bmatrix}
\alpha_1 & \beta_1 & \gamma_1 & & & & & & & \delta_1 \\
 & \alpha_2 & \beta_2 & \gamma_2 & & & & & & \delta_2 \\
 & & \alpha_3 & \beta_3 & \gamma_3 & & & & & \delta_3 \\
 & & & \alpha_4 & \beta_4 & \gamma_4 & & & & \delta_4 \\
 & & & & \alpha_5 & \beta_5 & \gamma_5 & & & \delta_5 \\
 & & & & & \cdot & \cdot & \cdot & & \cdot \\
 & & & & & & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\
 & & & & & & \alpha_{n-2} & \beta_{n-2} & \gamma_{n-2} & \delta_{n-2} \\
 & & & & & & & \alpha_{n-1} & \beta_{n-1} & \gamma_{n-1} & \delta_{n-1} \\
 & & & & & & & & \alpha_n & \beta_n & \gamma_n & \delta_n
\end{bmatrix}$$

Hình 4.43. **Ma trận nhánh trước khi khử**

Dùng kỹ thuật khử chuẩn ta có thể chuyển ma trận ở hình 4.43 thành ma trận ở hình 4.44.

$$\begin{bmatrix}
a_1 & 1 & & & & & & b_1 & c_1 \\
a_2 & & 1 & & & & & b_2 & c_2 \\
a_3 & & & 1 & & & & b_3 & c_3 \\
a_4 & & & & 1 & & & b_4 & c_4 \\
a_5 & & & & & 1 & & b_5 & c_5 \\
\vdots & & & & & \vdots & & \vdots & \vdots \\
a_{n-2} & & & & & & 1 & b_{n-2} & c_{n-2} \\
a_{n-1} & & & & & & & b_{n-1} & c_{n-1} \\
a_n & & & & & & & b_n & c_n
\end{bmatrix}$$

Hình 4.44. **Ma trận nhánh sau khi khử**

Từ ma trận trong hình 4.44 có thể thấy tại bất cứ điểm lưới nào, biến số Z cũng được thể hiện dưới dạng hàm số mực nước tại điểm thượng lưu và hạ lưu.

$$Z_j^{n+1} = c_j - a_j H_d^{n+1} - b_j H_c^{n+1} \qquad (4.122)$$

Tuy nhiên, do MIKE11 hoạt động với các nhánh được phân chia bởi những điểm tại các điểm biên ngoài và tại các nhánh nối bên trong, ta cần phải biết các mực nước tại tất cả các điểm nối trước khi giải được ma trận trong hình 4.44 theo phương trình (4.122).

2. Ma trận giao điểm

Trong các giao điểm, một phương trình liên tục bao gồm các điểm xung quanh h và Q được tạo lập:

$$\frac{H^{n+1}-H^n}{\Delta t}A = Q_i^{n+1/2} - Q_o^{n+1/2}$$

$$\Rightarrow \frac{H^{n+1/2}-H^n}{\Delta t}A = 0.5(Q_{A,n-1}^n + Q_{B,n-1}^n - Q_{C,2}^n) + 0.5(Q_{A,n-1}^{n+1} + Q_{B,n-1}^{n+1} - Q_{C,2}^{n+1}) \quad (4.123)$$

Trong phương trình (4.123), $Q_{A,\,n-1}$, $Q_{B,n-1}$, $Q_{C,2}$ tại bước thời gian n + 1 có thể thay thế theo như phương trình (4.122), ta có phương trình sau đây:

$$\frac{H^{n+1}-H^n}{\Delta t}A = 0.5(Q_{A,n-1}^n + Q_{B,n-1}^n - Q_{C,2}^n) + 0.5\begin{bmatrix}(c_{A,n-1} - a_{A,,n-1}H_{A,ó}^{n+1} - b_{A,n-1}H_{A,n-1}^{n+1})\\(c_{B,n-1} - a_{B,,n-1}H_{B,ó}^{n+1} - b_{B,n-1}H_{B,n-1}^{n+1})\\(c_{C,n-1} - a_{C,,n-1}H_{C,n-1}^{n+1} - b_{C,n-1}H_{C,ds}^{n+1})\end{bmatrix} \quad (4.124)$$

Trong đó: H: Mực nước tại giao điểm thực tế

$H_{A,us}$: Mực nước tại điểm cuối thượng lưu của nhánh A

$H_{B,\,us}$: Mực nước tại điểm cuối thượng lưu của nhánh B

$H_{C,ds}$: Mực nước tại điểm ở cuối hạ lưu của nhánh C

Với số nhánh sông nhiều hơn ta cũng có một phương trình tương tự như phương trình (4.124), các phương trình này được giải bằng phương pháp khử chuẩn Gauss để tính ra mực nước tại thời điểm n + 1. Sau đó, mực nước và lưu lượng lại được tính theo phương trình (4.122).

4.3.5.5. Mô phỏng công trình trên sông, kênh

Trong mô hình MIKE 11 đã mô tả một loạt các công trình có tác dụng như các điểm điều khiển trong hệ thống. Việc vận hành các công trình được tính toán theo các điều kiện dòng chảy khác nhau bằng các công thức quan hệ Q – h. Các công trình có điều khiển này khác với các công trình không điều khiển ở hai khía cạnh sau:

– Công trình có thể được mô tả hoặc như công trình chảy ngầm, công trình chảy mặt hay công trình có cửa hướng tâm. Như vậy công trình có thể được mô tả như là một ngưỡng di động hay dạng nâng hạ cánh cửa cống.

– Đối với công trình vỡ đập thì không thể xác định trước quan hệ đặc trưng dòng chảy tới hạn Q – h của công trình.

Trong mô hình, các công trình cửa hướng tâm được tự động chia thành phần chảy phía trên và phần chảy phía dưới. Cao độ cửa đối với phần dòng chảy trên được tính toán dựa vào dạng hình học. Dòng chảy qua phần bên dưới được tính toán phụ thuộc vào chế độ dòng chảy. Dưới điều kiện chảy tự do lưu lượng được tính toán như sau:

$$Q_f = \tau \frac{\delta}{\sqrt{1+\frac{\delta w}{y_1}}} a\sqrt{2gy_1} \quad (4.125)$$

τ: hệ số hiệu chỉnh lưu lượng, g: gia tốc trọng trường, y_1: mực nước thượng lưu, w: độ mở cửa cống, a: diện tích dòng chảy qua cửa (bằng độ mở nhân với bề rộng cửa), và δ: hệ số co hẹp được tính như sau:

$$\delta = 1 - 0{,}75(\theta/90^o) + 0{,}36(\theta/90^o)^2 \quad (4.126)$$

θ: góc nghiêng của cửa so với đáy kênh.

Dưới điều kiện chảy ngập, lưu lượng được tính toán như sau:

$$Q_s = \tau \frac{\delta}{\sqrt{1-\left(\frac{\delta w}{y_1}\right)^2}} a\sqrt{2g(y_1 - y_2)} \quad (4.127)$$

y_2: mực nước hạ lưu công trình.

Dòng chảy tự do khi $y_2 < y_{limit} + y_{Tran,Bottom}$ và chảy ngập khi $y_2 > y_{limit} + y_{Tran,Depth}$, trong đó $y_{Tran,Bottom}$ và $y_{Tran,Depth}$ là các giá trị xác định do người dùng.

y_{limit} được tính như sau:

$$y_{limit} = \frac{\delta w}{2}\left[\sqrt{1+16\left(\frac{H}{\delta w}-1\right)}-1\right] \quad (4.128)$$

Trong đó H là cột thế năng ở thượng lưu. Trong vùng chuyển tiếp giữa chảy tự do và chảy ngập, lưu lượng được tính bằng cách nội suy tuyến tính giữa phương trình (4.127) và (4.128).

Dòng chảy trên cửa khi mực nước hạ lưu ở dưới đỉnh của cửa hướng tâm thì:

$$Q_{ove} = b\alpha y_1^{\beta} \quad (4.129)$$

b là độ rộng cửa, α và β là hệ số.

Khi mực nước hạ lưu ở trên đỉnh của cửa thì công thức tính lưu lượng là:

$$Q_{over} = b\alpha y_1^{\beta}\left[1-\left(\frac{y_2}{y_1}\right)^{\beta-0.385}\right] \quad (4.130)$$

4.3.5.6. Các điều kiện ổn định của mô hình

Không thể chỉ dùng một định luật tổng quát để chọn các tham số Δx và Δt cho tất cả các trường hợp, trong MIKE 11 đặt giả thiết rằng có biến thiên tuyến tính của tất cả các biến số giữa mỗi khoảng cách thời gian và điểm lưới. Do đó, mỗi tiêu chuẩn đặt ra cho Δx và Δt là chúng phải đủ nhỏ sao cho có thể giải được từng biến thời gian và không gian tuyến tính. Ví dụ mô phỏng thủy triều biến thiên cần phải có khoảng thời gian theo thứ tự từ 10 đến 30 phút để có thể mô tả đúng lúc toàn bộ chu trình thủy triều. Tương tự như vậy, sự thay đổi nhanh chóng về hình học của sông ngòi yêu cầu cần phải có khoảng không gian nhỏ sao cho có thể mô tả địa hình một cách chính xác.

Để mô hình mang tính ổn định và chính xác thì phải hoàn tất các điều kiện sau:

(1) *Địa hình và số liệu*

Địa hình và số liệu phải đồng bộ, tốt nhất là cùng một thời gian đo đạc.

(2) *Tiêu chuẩn Courant*

Điều kiện Courant là một gợi ý để chọn được khoảng thời gian đồng thời thỏa mãn được các điều kiện. Các giá trị điển hình C_r thường được chọn từ 10 đến 15, tuy nhiên một số giá trị lớn hơn cũng có thể được dùng.

$$C_r = \frac{\Delta t(V + \sqrt{gy})}{\Delta x} = 10 \div 15 \qquad (4.131)$$

$\sqrt{gy}$ là tốc độ của sự nhiễu loạn (sóng) nhỏ tại nơi nước nông (khu vực nước thấp). Giả thiết này rất khó thỏa mãn được đối với sông và lòng dẫn do tại đó tốc độ sóng là rất nhỏ.

Tiêu chuẩn Courant thường được áp dụng cho sông và lòng dẫn. Con số Courant thể hiện số các điểm lưới một bước sóng, phát sinh từ một nhiễu loạn nhỏ, sẽ di chuyển trong một khoảng thời gian.

(3) *Tiêu chuẩn lưu tốc*

Điều kiện lưu tốc đưa ra dưới đây đôi khi có thể tạo ra một giới hạn về khoảng thời gian, Δt, trong trường hợp này các mặt cắt ngang có dao động nhanh.

Khoảng thời gian, Δt phải đủ tốt để có một báo cáo chính xác về sóng (khoảng thời gian mô phỏng thủy triều là khoảng 30 phút).

Tiêu chuẩn lưu tốc đòi hỏi phải chọn Δx, Δt sao cho sự chuyển dời sẽ không quá một điểm lưới trong mỗi khoảng thời gian.

$$V\frac{\Delta t}{\Delta x} \leq 1 \div 2 \qquad (4.132)$$

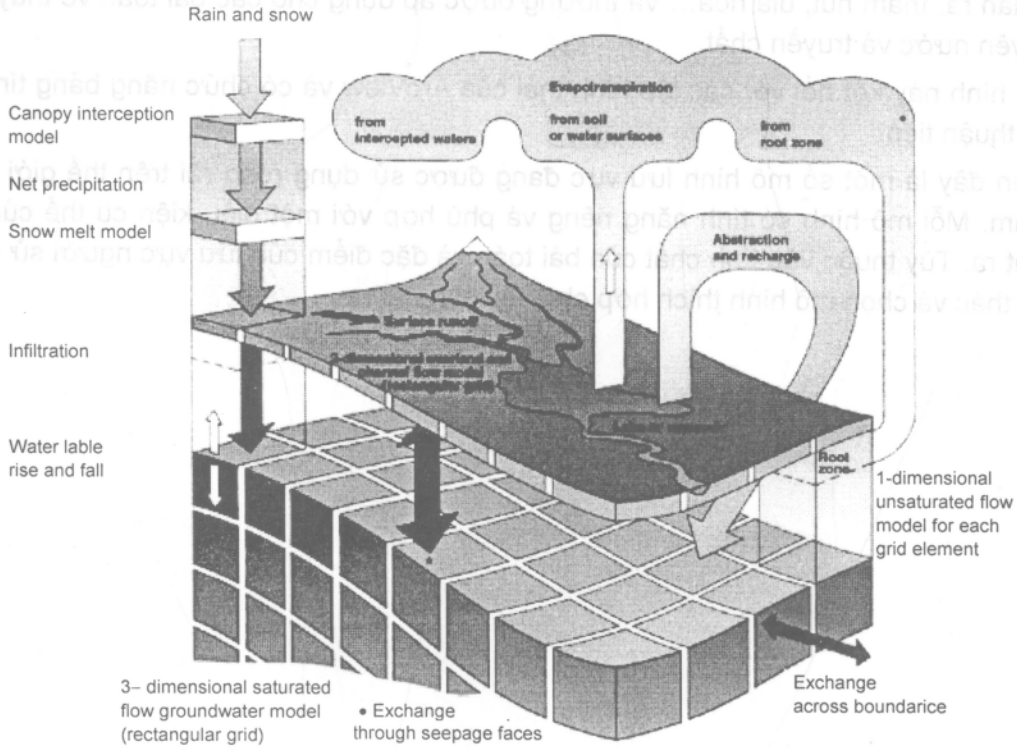
4.3.5.7. Điều kiện biên

Mô hình MIKE11 cũng cần hai điều kiện biên: biên trên và các biên dưới. Biên trên là các biên lưu lượng. Trong trường hợp các nút biên trên chỉ có quá trình mực nước mà không có tài liệu đo lưu lượng (khi xác định tham số hoặc kiểm định mô hình) có thể thay biên trên bằng quá trình mực nước, nhưng kèm theo nó phải có đường quan hệ mực

nước lưu lượng Q = f(H). Biên dưới là các biên mực nước được chọn sao cho quá trình thay đổi lưu lượng ở các biên trên và toàn bộ hệ thống không làm thay đổi mực nước ở nút biên dưới.

Hướng dẫn sử dụng mô hình MIKE 11 có thể tham khảo trong cuốn "Hướng dẫn Sử dụng MIKE 11" (MIKE 11 User Guide) và Tài liệu Tham khảo MIKE 11 (MIKE 11 Reference Manual) bổ sung cho phần hỗ trợ trực tuyến (online Help) với các thông tin cần thiết về khái niệm và thuật toán trong quá trình xử lý chính mà MIKE 11 thực hiện, cũng như mô tả về các kỹ thuật lập mô hình được ứng dụng, cũng có thể tham khảo trong tập Nghiên cứu Điển hình của Giáo trình Thủy lực Sông ngòi (2007) [32], [33].

4.3.6. Mô hình MIKE SHE



Hình 4.45. **Mô hình MIKE SHE**

MIKE SHE, do Viện Nghiên cứu Thuỷ lực Đan Mạch xây dựng, là bộ mô hình thuỷ văn tổng hợp bao gồm toàn bộ các quá trình thuộc pha mặt đất của chu trình thuỷ văn:

- Giáng thuỷ (mưa hay tuyết)
- Dòng chảy tràn bề mặt
- Dòng chảy trong kênh
- Dòng chảy sát mặt chưa bão hoà
- Dòng chảy ngầm bão hoà

Với mỗi một quá trình MIKE SHE (hình 4.45) cung cấp rất nhiều phương pháp từ những phương pháp đơn giản, tham số tập trung, nhận thức, đến các phương pháp tiên tiến, tham số phân bố hay các phương pháp theo quy luật tự nhiên. Các phương pháp đơn giản và nâng cao có thể được kết nối tạo ra sự mềm dẻo cho phép biến đổi mô hình thích ứng với bài toán thuỷ văn cần giải quyết. Với MIKE SHE, tất cả các quá trình thuỷ học chủ yếu đều được kết nối một cách động bao gồm dòng chảy tràn mặt 2 chiều, dòng chảy trong lòng dẫn 1 chiều, dòng bão hoà ba chiều, dòng không bão hoà 1 chiều, tuyết tan hay bốc thoát hơi nước. Việc mô phỏng dòng chảy tràn mặt MIKE SHE sử dụng mô hình số độ cao, trong khi dòng chảy trong lòng dẫn được mô phỏng thông qua MIKE 11, với khả năng mở rộng bao gồm các môdun như: xác định quy trình vận hành công trình, chất lượng nước, vận chuyển bùn cát hay hình thái. Nó cũng có khả năng mô phỏng quá trình phân rã, thấm hút, địa hoá... và thường được áp dụng cho các bài toán về thuỷ lực, tài nguyên nước và truyền chất.

Mô hình này kết nối với các tệp hình thái của ArcView và có chức năng bảng tính và đồ hoạ thuận tiện.

Trên đây là một số mô hình lưu vực đang được sử dụng rộng rãi trên thế giới và ở Việt Nam. Mỗi mô hình có tính năng riêng và phù hợp với một điều kiện cụ thể của bài toán đặt ra. Tùy thuộc vào tính chất của bài toán và đặc điểm của lưu vực người sử dụng sẽ khai thác và chọn mô hình thích hợp cho bài toán đặt ra.

Chương V

PHƯƠNG PHÁP TỐI ƯU HÓA ỨNG DỤNG TRONG PHÂN TÍCH HỆ THỐNG TÀI NGUYÊN NƯỚC

5.1. Phân loại tổng quát các mô hình tối ưu

Hiện nay tồn tại khá nhiều phương pháp tối ưu hoá có phạm vi ứng dụng khác nhau. Trong các bài toán kỹ thuật người ta cố gắng đưa các bài toán tối ưu về các dạng chuẩn tắc đã có và có thể giải được. Để làm được điều đó cần có những giả thiết về những điều kiện giản hoá sao cho bản chất vật lý của bài toán được bảo toàn một cách tương đối. Có thể có một số mẫu bài toán tối ưu thích hợp khi thiết kế và điều khiển hệ thống tài nguyên nước. Do đó trong tài liệu này chúng tôi chỉ trình bày một số phương pháp điển hình cho các dạng áp dụng được [2],[4],[5],[7].

Bài toán tối ưu tổng quát

Bài toán tối ưu tổng quát có thể mô tả như sau:

Cần tìm cực trị hàm mục tiêu có dạng:

$$F(X) \rightarrow \min (\max) \tag{5.1}$$

Với hệ các biểu thức ràng buộc:

$$g_j(X) \le b_j, \text{ với } j = 1, 2,...,m \tag{5.2}$$

Hệ (5.1) và (5.2) có thể viết dưới dạng đầy đủ:

$$F(x_1, x_2, ..., x_i, ..., x_n) \rightarrow \min(\max) \tag{5.3}$$

với các ràng buộc:

$$\begin{cases} g_1(x_1, x_2, ..., x_i, ..., x_n) \le b_1 \\ g_2(x_1, x_2, ..., x_i, ..., x_n) \le b_2 \\ ..... \\ g_j(x_1, x_2, ..., x_i, ..., x_n) \le b_j \\ ..... \\ g_m(x_1, x_2, ..., x_i, ..., x_n) \le b_m \end{cases} \tag{5.4}$$

Với các biến của hàm số là véctơ có dạng:

$$X = (x_1, x_2, ..., x_n) \tag{5.5}$$

Nghiệm tối ưu của bài toán tối ưu là véctơ nghiệm:

$$X^* = (x_1^*, x_2^*, ..., x_n^*) \tag{5.6}$$

Bài toán quy hoạch tuyến tính

Bài toán (5.1) – (5.2) được gọi là tuyến tính, nếu hàm mục tiêu và các ràng buộc đều là hàm tuyến tính đối với các biến số của véctơ $X = (x_1, x_2, ..., x_n)$, tức là:

$$F(X) = \sum_{i=1}^{n} c_i x_i \rightarrow \min (\max) \tag{5.7}$$

với ràng buộc $\sum_{i=1}^{n} a_{ji} x_i < b_j$ với j = 1, 2,...,m; (5.8)

và $x_i \geq 0$ với i = 1, 2,..., n

Trong đó: a_{ji} là các hệ số của phương trình ràng buộc; c_i là hệ số của phương trình hàm mục tiêu.

Bài toán quy hoạch phi tuyến

Trong trường hợp khi dù chỉ một trong hai biểu thức (5.1) hoặc (5.2) là phi tuyến thì bài toán trên được gọi là phi tuyến.

Các bài toán phi tuyến được chia ra làm hai loại: quy hoạch lồi và quy hoạch lõm. Bài toán quy hoạch phi tuyến lồi là bài toán mà hàm mục tiêu là hàm lồi, còn các ràng buộc tạo thành một tập hợp lồi. Bài toán tối ưu có ràng buộc được gọi là tối ưu có điều kiện, hay còn gọi là bài toán cực trị vướng.

Bài toán cực trị phiếm hàm

Bài toán tối ưu mà hàm mục tiêu có dạng dưới đây được gọi là bài toán cực trị phiếm hàm:

$$J(\mathbf{Z}) = \int_{x_0}^{x_l} F(Z, \dot{Z}, x)\,dx \tag{5.9}$$

Với Z là véctơ cột $Z = \left[z_1(x), z_2(x), ..., z_n(x)\right]^T$ (5.10)

$$\dot{Z} = \dot{z}_1(x), \dot{z}_2(x) ..... \dot{z}_n(x)^T \tag{5.11}$$

$$\dot{z}_i(x) = dz_i(x)/dx \tag{5.12}$$

5.2. Quy hoạch tuyến tính (QHTT)

5.2.1. Khái niệm

Quy hoạch tuyến tính là môn toán học nghiên cứu phương pháp tìm giá trị nhỏ nhất (min) hoặc lớn nhất (max) của một hàm tuyến tính (hàm mục tiêu) theo một số biến, thoả mãn một số hữu hạn ràng buộc được biểu diễn bằng hệ phương trình và bất phương trình tuyến tính.

Xin trích ra một số ví dụ kinh điển về các bài toán thực tế có thể mô tả theo dạng bài toán quy hoạch tuyến tính.

Ví dụ 1. Bài toán vận tải

Có m điểm sản xuất cùng một loại sản phẩm a và n điểm tiêu thụ b. Cho rằng trong 1 đơn vị thời gian lượng cung và cầu bằng nhau, tức là:

$$\sum_{i=1}^{m} a_i = \sum_{j=1}^{n} b_j \tag{5.13}$$

Gọi x_{ij} ($x_{i\,j} \geq 0$) và c_{ij} tương ứng là lượng sản phẩm và chi phí vận chuyển cho 1 đơn vị sản phẩm từ i đến j. Tìm phương án vận chuyển x_{ij} sao cho chi phí vận chuyển là nhỏ nhất, tức là:

$$Z = \sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} c_{ij}x_{ij} \rightarrow \min \tag{5.14}$$

Các ràng buộc của bài toán sẽ là:

$$\begin{aligned} &\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = b_j \\ &\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = a_i \\ &x_{ij} \geq 0 \end{aligned} \tag{5.15}$$

Ví dụ 2. Bài toán thực đơn

Giả thử phải thiết kế một thực đơn đảm bảo nhu cầu hàm lượng tối thiểu hàng ngày của 4 chất dinh dưỡng là b_1, b_2, b_3, b_4. Giả sử có hai loại thức ăn P_1 và P_2 cần phải mua cho thực đơn trên. Hàm lượng chất trong một đơn vị mỗi loại thức ăn và giá mỗi loại thức ăn như ở bảng 5.1. Tìm phương án mua lượng hai loại thức ăn là x_1 và x_2 sao cho tiền mua là ít nhất mà vẫn đảm bảo chất dinh dưỡng tối thiểu hàng ngày.

Theo bài toán đặt ra ta có hàm mục tiêu cần tối ưu là:

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 \rightarrow \min \tag{5.16}$$

Và các ràng buộc:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 \geq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 \geq b_2 \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 \geq b_3 \\ a_{41}x_1 + a_{42}x_2 \geq b_4 \\ x_i \geq 0; \qquad i = 1, 2, 3, 4 \end{cases} \tag{5.17}$$

Bảng 5.1. **Bài toán thực đơn**

Loại chất dinh dưỡng	*Nhu cầu tối thiểu hàng ngày*	*Hàm lượng chất dinh dưỡng có trong loại thức ăn*	
		P_1	P_2
N1	b_1	a_{11}	a_{12}
N2	b_2	a_{21}	a_{22}
N3	b_3	a_{31}	a_{32}
N4	b_4	a_{41}	a_{42}
Giá tiền cho 1 đơn vị thức ăn		c_1	c_2

5.2.2. Hai dạng cơ bản của quy hoạch tuyến tính

5.2.2.1. Dạng ràng buộc đẳng thức (dạng chính tắc)

Nếu hàm mục tiêu và ràng buộc (5.16) và (5.17) là các biểu thức tuyến tính đối với các biến số, ta có mô hình tối ưu là tuyến tính. Mô hình tuyến tính được gọi là chính tắc nếu các ràng buộc là đẳng thức. Ta có hàm mục tiêu của mô hình tuyến tính n biến số là:

$$F(X) = c_1x_1 + c_2x_2 + \ldots + c_ix_i + \ldots + + c_nx_n \rightarrow \max (\min) \tag{5.18}$$

Với c_i là hằng số với biến thứ i.

Với m biểu thức ràng buộc là:

$$g_j(X) = a_{j1}x_1 + a_{j2}x_2 + \ldots + a_{ji}x_i + \ldots + a_{jn}x_n = b_j; \quad j = \overline{1,m} \tag{5.19}$$

và $x_i \geq 0$ với i = 1, 2,...,n.

Với b_j là hằng số với ràng buộc thứ j; a_{ji} là các hằng số.

Trong trường hợp bài toán tìm cực đại (max) thì nhân hàm mục tiêu với (–1) để đưa về bài toán cực tiểu (min).

Bài toán tìm cực đại (5.18) được đưa về dạng chính tắc của bài toán min với hàm mục tiêu:

$$\max F(X) = \min(-F(X)) \tag{5.20}$$

tức là:

$$F_1(X) = -F(X) = -c_1x_1 - c_2x_2 - \ldots - c_ix_i - \ldots - c_nx_n \rightarrow \min \tag{5.21}$$

Ví dụ. Tìm $X = (x_1, x_2, x_3, x_4)$ sao cho hàm mục tiêu:

$$Z = x_1 + 2x_2 - 3x_3 + 4x_4 \rightarrow \max$$

với các ràng buộc:

$$\begin{cases} x_1 - x_2 + 7x_3 + x_4 = 100 \\ 2x_1 + 3x_2 - x_3 + 10x_4 = 800 \\ x_i \geq 0;\ i = 1 \div 4 \end{cases}$$

Bài toán được đưa về dạng chính tắc của bài toán min, như sau:

Tìm $X = (x_1, x_2, x_3, x_4)$ sao cho hàm mục tiêu:

$$Z = -x_1 - 2x_2 + 3x_3 - 4x_4 \rightarrow \min$$

với các ràng buộc:

$$\begin{cases} x_1 - x_2 + 7x_3 + x_4 = 100 \\ 2x_1 + 3x_2 - x_3 + 10x_4 = 800 \\ x_i \geq 0; i = 1 \div 4 \end{cases}$$

5.2.2.2. Dạng ràng buộc bất đẳng thức (dạng chuẩn tắc)

Dạng chuẩn tắc là dạng mà ràng buộc là bất đẳng thức, tức là:

$$g_j(X) = a_{j1}x_1 + a_{j2}x_2 + \ldots + a_{ji}x_i + \ldots + a_{jn}x_n \leq b_j;\quad j = \overline{1,m} \tag{5.22}$$

và $x_i \geq 0$ với i = 1, 2,...,n.

5.2.2.3. Đưa bài toán quy hoạch tuyến tính về dạng chính tắc

Bài toán dạng chuẩn tắc có thể đưa về dạng chính tắc bằng cách thêm các biến phụ vào vế trái của các bất đẳng thức. Có m ràng buộc bất đẳng thức sẽ có m biến phụ. Do đó dạng chính tắc mới sẽ có n + m nghiệm. Ta có:

$$g_j(X) + x_{n+j} = 0;\ j = \overline{1,m} \tag{5.23}$$

trong đó: x_{n+j} là biến phụ. và $x_i \geq 0$ với i = 1, 2,...,n.

5.2.3. Định lý cơ bản và các định nghĩa về quy hoạch tuyến tính

5.2.3.1. Định lý cơ bản của quy hoạch tuyến tính

Định lý 1 (phát biểu cho dạng chính tắc). Phương án tối ưu của quy hoạch tuyến tính chứa một số biến dương đúng bằng số các ràng buộc dạng đẳng thức độc lập, các biến còn lại có giá trị "0".

Ví dụ bài toán QHTT có 5 biến và 3 ràng buộc như sau:

$$F(X) = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + c_4x_4 + c_5x_5 \rightarrow \min \text{ với } n = 5$$

với các ràng buộc dạng đẳng thức:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + a_{14}x_4 + a_{15}x_5 = b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + a_{24}x_4 + a_{25}x_5 = b_2$$

$$a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 + a_{34}x_4 + a_{35}x_5 = b_3$$

Số ràng buộc m = 3

Do đó nghiệm tối ưu có 3 biến khác không, hai biến còn lại có giá trị bằng "0". Chẳng hạn nghiệm là: $\overset{*}{X} = (*,*,0,0,*)$, tức là $x_3 = x_4 = 0$.

Định lý 2. Nếu bài toán tối ưu tuyến tính dạng chính tắc có nghiệm thì nghiệm của bài toán sẽ nằm ở các điểm cực biên. Đó là các điểm đỉnh tam giác đối với bài toán hai chiều và đỉnh các đa giác đối với bài toán 3 chiều v.v.

Các phương pháp tìm nghiệm của bài toán thường là các phép thử dần tại các điểm cực biên. Giả sử đã dò tìm ở tất cả những điểm cực biên mà không tìm được một trường hợp nào có $x_i \geq 0$ với mọi i thì bài toán là vô nghiệm.

5.2.3.2. Phương án cơ sở và khái niệm về nghiệm

1. Biến cơ sở (BCS) và biến tự do (BTD)

Giả sử ta xét một bài toán tối ưu chính tắc có n biến số, với số phương trình ràng buộc đẳng thức là m. Ta gọi:

– Tập hợp các biến được chọn tuỳ ý với giả thiết là $x_j \geq 0$, với $j = 1 \rightarrow m$, trong đó m là số các phương trình ràng buộc được gọi các biến cơ sở.

– Tập hợp các biến còn lại x_j với $j \neq i$, $j = (n–m) \rightarrow n$ được gọi là biến tự do.

2. Phương án cơ sở

Phương án cơ sở là phương án mà tất cả các biến tự do được chọn đều bằng 0.

Giá trị của các biến cơ sở được xác định theo thủ tục sau:

– Chọn biến cơ sở của bài toán

– Giả định các giá trị của biến tự do bằng không ($x_j = 0$ với mọi j thuộc biến tự do).

– Xác định giá trị của biến cơ sở bằng cách giải hệ các phương trình ràng buộc sau khi thay các giá trị bằng 0 của biến tự do vào phương trình.

3. Phương án cơ sở chấp nhận được

Là phương án có các biến cơ sở nhận các giá trị dương.

Ví dụ. Tìm nghiệm của bài toán QHTT

$$Z = 6x_1 + 2x_2 – 5x_3 + x_4 + 4x_5 – 3x_6 + 12x_7 \rightarrow \min$$

Với các ràng buộc:

$$\begin{aligned} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 &= 4 \\ x_1 + x_5 &= 2 \\ x_3 + x_6 &= 3 \\ 3x_2 + x_3 + x_7 &= 6 \\ x_i \geq 0,\ i = 1, 2, \ldots, 7 & \end{aligned} \qquad (5.24)$$

Chọn biến cơ sở

Phương án 1:

– Chọn các biến x_4, x_5, x_6, x_7 là biến cơ sở, tức là X = (0, 0, 0, x_4, x_5, x_6, x_7).

– Thay các giá trị của X vào hệ phương trình ràng buộc (5.24) tìm được giá trị các biến X = (0, 0, 0, 4, 2, 3, 6).

Các biến cơ sở đều nhận giá trị dương vậy phương án 1 là phương án cơ sở chấp nhận được.

Phương án 2:

– Chọn các biến x_2, x_5, x_6, x_7 là biến cơ sở, tức là X = (0, x_2, 0, 0,, x_5, x_6, x_7).

– Thay các giá trị của X vào hệ phương trình ràng buộc (5.24) tìm được giá trị các biến là X = (0, 4, 0, 0, 2, 3, – 6).

Trong các biến cơ sở có một biến (x_7) nhận giá trị âm vậy phương án 2 này không phải là phương án cơ sở chấp nhận được.

Nghiệm của bài toán tối ưu là một trong số các phương án chấp nhận được.

5.2.3.3. Đối ngẫu

1. Định nghĩa

Hai bài toán QHTT được thiết lập như sau gọi là đối ngẫu:

Bài toán 1: $$F_x(X) = \sum_{i=1}^{n} c_i x_i \rightarrow \max \qquad (5.25)$$

với ràng buộc: $$\sum_{i=1}^{n} a_{ji} x_i \leq b_j \qquad (5.26)$$

Bài toán 2: $$F_y(Y) = \sum_{j=1}^{m} b_j y_{n+1} \rightarrow \min \qquad (5.27)$$

với ràng buộc: $$\sum_{j=1}^{m} a_{ij} y_{n+1} \geq c_j \qquad (5.28)$$

Có nhận xét về bài toán đối ngẫu như sau:

– Bài toán 1 tìm max F(X) trong khi bài toán 2 tìm min F(Y).

– Bài toán max có biểu thức ràng buộc với dấu ≤ trong khi ở bài toán min lại có dấu ≥.

– Các hệ số c_i của bài toán 1 chính là hệ số tự do của vế phải của các điều kiện ràng buộc bài toán 2, ngược lại hệ số b_j trong hàm mục tiêu của bài toán 2 lại chính là các hệ số tự do nằm ở vế phải của các điều kiện ràng buộc bài toán 1.

– Bài toán 1 có n biến thực tế $x_1, x_2, \ldots, x_n$, khi giải nó cần thêm m biến phụ thêm (bằng số biểu thức ràng buộc) là $x_{n+1}, x_{n+2}, \ldots, x_{n+m}$. Bài toán 2 có m biến thực tế $y_{n+1}, y_{n+2}, \ldots, y_{n+m}$ và khi giải phải thêm n biến phụ thêm (bằng số biến thực tế của bài toán 1) là $y_1, y_2, \ldots, y_n$.

2. Tính chất

Người ta đã chứng minh được rằng:

(1) Max F(X) = Min F(Y), tức là cực đại của bài toán một chính là cực tiểu của bài toán 2.

(2) Từ tính chất (1) suy ra tính chất (2): Nghiệm của bài toán 1 có thể tìm được khi giải bài toán 2 và ngược lại. Tính chất này rất quan trọng vì trong nhiều trường hợp sự phức tạp khi tìm nghiệm của bài toán này có thể thay bằng cách giải ít phức tạp hơn của bài toán kia.

Ví dụ. Tìm nghiệm của bài toán:

$$F(Y) = 4y_3 - y_4 \rightarrow \max \tag{5.29}$$

Với ràng buộc:

$$y_3 + y_4 \leq 3 \tag{5.30}$$

$$2y_3 - y_4 \leq 2$$

Được thay bằng giải bài toán min:

$$F(X) = 3x_1 + 2x_2 \rightarrow \min \tag{5.31}$$

Với ràng buộc:

$$x_1 + 2x_2 \geq 4 \tag{5.32}$$

$$x_1 - x_2 \geq -1$$

5.2.4. Giải bài toán quy hoạch tuyến tính bằng phương pháp đồ thị

Phương pháp đồ thị được dùng khi số biến số ≤ 4. Về phương pháp này có thể tham khảo ở nhiều tài liệu chuyên khảo. Ta xem xét bài toán phẳng qua một ví dụ.

Ví dụ. Tìm nghiệm tối ưu $\overset{*}{X} = (\overset{*}{x_1}, \overset{*}{x_2})$ sao cho hàm mục tiêu:

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 \rightarrow \max \tag{5.33}$$

Các ràng buộc:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 \le b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 \le b_2 \\ x_i \ge 0; \qquad i = 1, 2 \end{cases} \tag{5.34}$$

Giải:

Cách giải bài toán phẳng được tiến hành như sau:

Bước 1: Vẽ miền chấp nhận được (miền D mà X thoả mãn ràng buộc (5.24), xem hình 5.1.

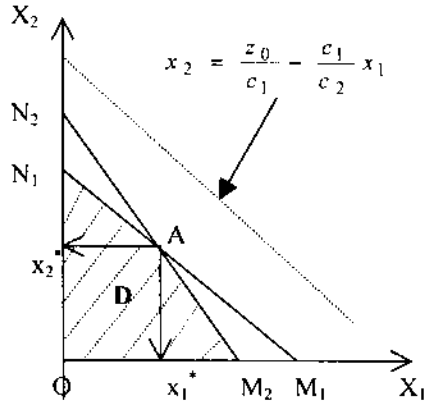
+ Nếu ràng buộc là đẳng thức thì miền chấp nhận được là điểm A, giao của đường N_1M_1 và N_2M_2.

+ Nếu ràng buộc là bất đẳng thức thì miền chấp nhận được là hình AN_1OM_2 bao gồm cả biên AN_1 và AM_2.

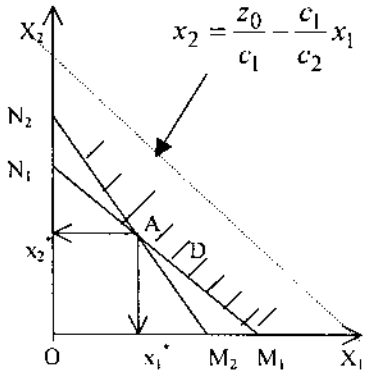
Bước 2: Vẽ các đường cùng mục tiêu (đường mức):

+ Cho một giá trị cụ thể $Z = Z_0$. Vẽ đường $x_2 = \frac{z_0}{c_1} - \frac{c_1}{c_2}x_1$

+ Thay đổi giá trị Z_0 ta được các đường song song. Trên mỗi đường đó hàm mục tiêu có cùng giá trị. Giá trị Z_0 càng lớn thì đường x_2 càng xa điểm "0".



Hình 5.1



Hình 5.2

Bước 3: Tìm nghiệm tối ưu:

+ Di chuyển đường x_2 (theo giá trị Z_0) xác định được nghiệm cực đại tại A

+ Nếu đường cùng mục tiêu tiếp xúc tại 1 đỉnh thì nghiệm tối ưu là đơn trị.

+ Nếu đường cùng mục tiêu tiếp xúc tại 2 đỉnh (1 cạnh) thì nghiệm tối ưu là đa trị.

+ Nếu miền chấp nhận được có dạng khác (hình 5.2) thì toạ độ điểm A xác định giá trị cực tiểu.

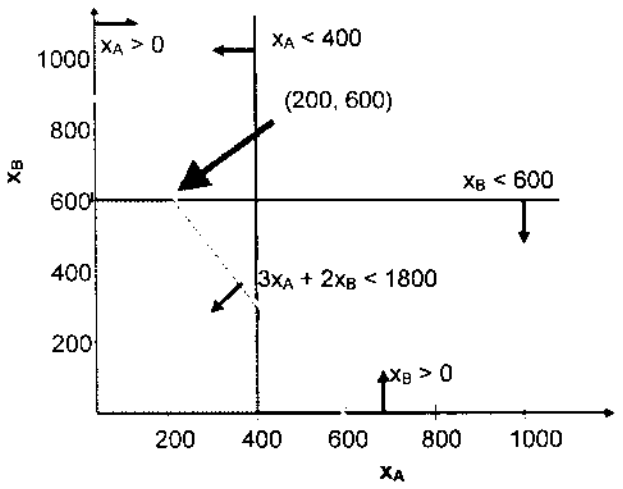
Trường hợp mở rộng: Đối với bài toán có n biến $x_1, x_2, ., x_n$ với m ràng buộc.

+ Nghiệm tối ưu là toạ độ của một đỉnh hay nhiều đỉnh của miền cho phép. Miền chấp nhận là một đa diện lồi (n–m) chiều.

+ Nghiệm đơn trị nếu có 1 đỉnh tiếp xúc với mặt cùng mục tiêu.

+ Nghiệm đa trị nếu có k đỉnh (k >1) tiếp xúc với mặt mục tiêu, tạo thành 1 đơn hình (k –1) chiều. Đó là cơ sở của phương pháp đơn hình.

Ví dụ. Bài toán phân bố diện tích cây trồng.



Hình 5.3. **Nghiệm tối ưu của bài toán**

Giả sử có khu tưới với diện tích 1800 ha được quy hoạch gieo trồng 2 nhóm cây:

– Nhóm A: Để gieo trồng 1 ha loại cây trồng này cần đến 3 ha diện tích đất (trên mỗi ha có 1/3 diện tích được gieo trồng và đất trống chiếm 2/3 diện tích). Giá trị tiền thu được trên mỗi ha gieo trồng là 300 USD/ha. Diện tích lớn nhất gieo trồng loại cây này là 400 ha.

– Nhóm B: Để gieo trồng 1 ha loại cây này cần đến 2 ha diện tích đất (trên một ha có 1/2 diện tích được gieo trồng và đất trống chiếm 1/2 diện tích). Giá trị tiền thu được trên mỗi ha gieo trồng là 500 USD/ha, Diện tích gieo trồng lớn nhất là 600 ha.

Hãy xác định diện tích gieo trồng hai loại cây trên để lợi ích mang lại đạt giá trị lớn nhất.

Giải:

Gọi x_A diện tích gieo trồng nhóm A và x_B diện tích gieo trồng nhóm B. Gọi Z là tổng lợi ích hàng năm của hai loại cây trồng, ta có hàm mục tiêu cần cực đại là và các ràng buộc như sau:

$$\text{Max} \quad Z = 300x_A + 500x_B$$

$$x_A \le 400$$

$$x_B \le 600$$

$$3x_A + 2x_B \le 1800$$

$$x_A \ge 0 \quad x_B \ge 0$$

Bằng phương pháp hình học (xem hình 5.3) có thể tìm được nghiệm tối ưu khi x_A = 200 ha và x_B = 600 ha. Giá trị hàm mục tiêu Z_{max} = 300×200 + 500×600 = 360.000 $

5.2.5. Phương pháp đơn hình

5.2.5.1. Phương pháp tính thử dần

Trong tài liệu này chỉ nêu nguyên tắc và các bước tính toán. Cơ sở cho việc tìm nghiệm có thể tham khảo ở các sách chuyên khảo.

Giả sử giải bài toán quy hoạch tuyến tính với hàm mục tiêu có dạng (5.18) với các ràng buộc dạng (5.19).

Trình tự tính toán như sau:

1. Chọn biến cơ sở

Đầu tiên chọn một điểm tuỳ ý của đa diện các nghiệm cho phép, đó là tập (x_1, x_2,..., x_n). Theo định lý cơ bản của quy hoạch tuyến tính có m số dương, còn những số khác bằng không. Gọi các biến dương của điểm xuất phát là biến cơ sở:

$$(x_1, x_2,..., x_m, 0, 0,...,0) \tag{5.35}$$

Chú ý: m biến dương có thể chọn bất kỳ; biến cơ sở là các biến của phương án cơ sở chấp nhận được.

2. Tìm nghiệm xuất phát *(nghiệm thử thứ nhất)*

Thay các biến cơ sở vào các ràng buộc được m phương trình chứa m ẩn:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + ... + a_{1m}x_m = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + ... + a_{2m}x_m = b_2 \\ ..... \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + ... + a_{mm}x_m = b_m \end{cases} \tag{5.36}$$

Giải hệ (5.36) tìm được nghiệm xuất phát (nghiệm thử lần thứ nhất):

$$(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, ..., x_m^{(0)})$$

Giá trị tương ứng của hàm mục tiêu là:

$$Z_0 = c_1x_1^{(0)} + c_2x_2^{(0)} + ... + c_mx_m^{(0)} \tag{5.37}$$

3. Chọn nghiệm thử thứ hai

a) Thử thêm vào 1 biến mới x_{m+1} (có thể chọn bất kỳ trong số các biến "0" còn lại). Lúc này ràng buộc có dạng:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + ... + a_{1m}x_m + a_{1,m+1}x_{m+1} = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + ... + a_{2m}x_m + a_{2,m+1}x_{m+1} = b_2 \\ ..... \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + ... + a_{mm}x_m + a_{m,m+1}x_{m+1} = b_m \end{cases} \tag{5.38}$$

Hệ (5.38) có m phương trình với m + 1 biến, hệ này có nghiệm đơn trị khi các phương trình tạo thành hệ phụ thuộc, do đó cột cuối cùng phụ thuộc tuyến tính vào các cột còn lại y_i có dạng:

$$\begin{cases} a_{11}y_1 + a_{12}y_2 + \ldots\ldots + a_{1m}y_m = a_{1,m+1} \\ a_{21}y_1 + a_{22}y_2 + \ldots\ldots + a_{2m}y_m = a_{2,m+1} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ a_{m1}y_1 + a_{m2}y_2 + \ldots\ldots + a_{mm}y_m = a_{m,m+1} \end{cases} \quad (5.39)$$

Hệ (5.39) có nghiệm duy nhất là: $y_1^{(0)}, y_2^{(0)}, \ldots\ldots, y_m^{(0)}$

b) Tính hiệu số

Lấy các số hạng của (5.38) trừ đi bội số của (5.39), ký hiệu bội số là k > 0, ta có:

$$\begin{cases} a_{11}(x_1-ky_1)+a_{12}(x_2-ky_2)+\ldots+a_{1m}(x_m-ky_m)+ka_{1,m+1}=b_1 \\ a_{21}(x_1-ky_1)+a_{22}(x_2-ky_2)+\ldots+a_{2m}(x_m-ky_m)+ka_{2,m+1}=b_2 \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ a_{m1}(x_1-ky_1)+a_{m2}(x_2-ky_2)+\ldots+a_{mm}(x_m-ky_m)+ka_{m,m+1}=b_m \end{cases} \quad (5.40)$$

c) Chọn nghiệm thử thứ 2 cho (5.40):

$$(x_1^{(0)} - ky_1^{(0)}), (x_2^{(0)} - ky_2^{(0)}), \ldots\ldots, (x_m^{(0)} - ky_m^{(0)}) \quad (5.41)$$

Do (5.41) có m + 1 biến nên phải có 1 biến bằng "0", ngoài ra các biến $x_{m+2}, \ldots, x_n$ cũng phải bằng "0". Muốn biết biến nào trong (5.41) bằng không ta làm như sau:

• *Tính số gia ΔZ_1:* Là chênh lệch giá trị hàm mục tiêu với nghiệm thử lần thứ nhất và nghiệm thử lần thứ hai. Bằng cách thay nghiệm của hai lần thử vào hàm mục tiêu, biến đổi ta được dạng sau:

$$\Delta Z_1 = k[c_{m+1} - \gamma_{m+1}] \quad (5.42)$$

với: $$\gamma_{m+1} = c_1y_1^{(0)} + c_2y_2^{(0)} + \ldots\ldots + c_my_m^{(0)} \quad (5.43)$$

Hiệu số $c_{m+1} - \gamma_{m+1}$ gọi là hiệu suất, trong đó c_{m+1} là hệ số của số hạng thứ m + 1 của hàm mục tiêu.

Chú ý: Vì chọn k > 0 nên dấu của ΔZ_1 luôn cùng dấu với hiệu số $[c_{m+1} - \gamma_{m+1}]$

• *Xem xét loại biến cơ sở:*

+ Đối với bài toán tìm giá trị lớn nhất (Bài toán tìm max)

Xét 3 trường hợp xảy ra:

(a) $\Delta Z_1 = 0$: Nghiệm xuất phát và nghiệm mới (nghiệm thử lần 2) tốt như nhau. Suy ra có hai đỉnh tiếp xúc giữa đa diện cho phép và mặt hàm mục tiêu. Trong trường hợp này phải xem xét loại một biến nào đó xấu hơn trong số các biến cơ sở.

(b) $\Delta Z_1 < 0$: Nghiệm mới xấu hơn nghiệm xuất phát, trường hợp thử này không thành công cần loại bỏ.

(c) $\Delta Z_1 > 0$: Nghiệm mới tốt hơn nghiệm xuất phát, trường hợp thử này thành công cần được giữ lại và loại một trong số những biến cơ sở ở phương án xuất phát trước đó.

Như vậy, nếu lần thử nghiệm thứ hai rơi vào một trong hai trường hợp (a) hoặc (b) ta cần đưa biến mới vào biến cơ sở và cần loại một biến trong nghiệm xuất phát (vì theo định lý cơ bản, chỉ có m biến dương). Từ đó rút ra trình tự tính toán loại biến cơ sở như sau:

– Nếu $\Delta Z_1 < 0$: Nghiệm mới xấu hơn nghiệm xuất phát trường hợp thử này không thành công nên giữ nguyên biến cơ sở như cũ để thử nghiệm cho biến thứ 3

– Nếu $\Delta Z_1 \geq 0$ cần tính thêm hệ số k cho các biến:

$$k_i = \frac{x_i^{(0)}}{y_i^{(0)}} \tag{5.44}$$

Loại biến nào có hệ số $k > 0$ và nhận giá trị nhỏ nhất, tức là:

$$0 < k_i = \min \frac{x_i^{(0)}}{y_i^{(0)}} \tag{5.45a}$$

+ Đối với bài toán tìm giá trị nhỏ nhất (Bài toán tìm Min)

Xét 3 trường hợp xảy ra:

(a) $\Delta Z_1 = 0$: Nghiệm xuất phát và nghiệm mới (nghiệm thử lần 2) tốt như nhau. Suy ra có hai đỉnh tiếp xúc giữa đa diện cho phép và mặt hàm mục tiêu. Trong trường hợp này phải xem xét loại một biến nào đó xấu hơn trong số các biến cơ sở.

(b) $\Delta Z_1 > 0$: Nghiệm mới xấu hơn nghiệm xuất phát, trường hợp thử này không thành công cần loại bỏ.

(c) $\Delta Z_1 < 0$: Nghiệm mới tốt hơn nghiệm xuất phát, trường hợp thử này thành công cần được giữ lại và loại một trong những biến cơ sở ở phương án xuất phát trước đó.

Như vậy, nếu lần thử nghiệm thứ hai rơi vào một trong hai trường hợp (b) hoặc (c) ta cần đưa biến mới vào biến cơ sở và cần loại một biến trong nghiệm xuất phát (vì theo định lý cơ bản, chỉ có m biến dương). Từ đó rút ra trình tự tính toán loại biến cơ sở như sau:

– Nếu $\Delta Z_1 > 0$: Nghiệm mới xấu hơn nghiệm xuất phát, trường hợp thử này không thành công nên giữ nguyên biến cơ sở như cũ để thử nghiệm cho biến thứ 3

– Nếu $\Delta Z_1 \leq 0$ cần tính thêm hệ số k cho các biến:

$$k_i = \frac{x_i^{(0)}}{y_i^{(0)}} \tag{5.45b}$$

Loại biến nào có hệ số k > 0 và nhận giá trị lớn nhất, tức là:

$$0 < k_i = \max \frac{x_i^{(0)}}{y_i^{(0)}} \tag{5.46}$$

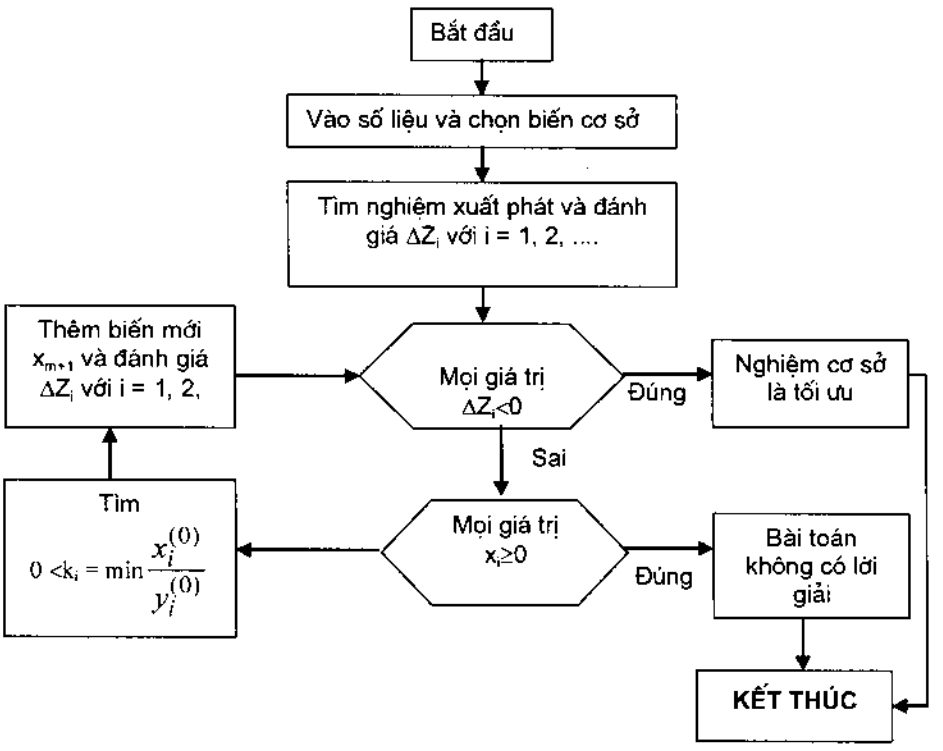
d) Thực hiện liên tục các thuật toán trên

Dựa vào các biến chưa dùng m + 2, m + 3, ..., tính các giá trị tương ứng ΔZ_2, ΔZ_3,... cho đến khi thử hết các biến cơ sở.

$$\begin{aligned}
\Delta Z_1 &= k[c_{m+1} - \gamma_{m+1}] \\
\Delta Z_2 &= k[c_{m+2} - \gamma_{m+2}] \\
\Delta Z_3 &= k[c_{m+3} - \gamma_{m+3}] \\
&\dots \\
\Delta Z_i &= k[c_{m+i} - \gamma_{m+i}]
\end{aligned} \tag{5.47}$$

Thực hiện tính toán sau (n–m) lần lặp sẽ tìm được nghiệm tối ưu.

Phương pháp đơn hình có ưu điểm là thuật toán đơn giản. Nếu số ẩn có ít có thể tính bằng tay (trực tiếp hoặc bằng bảng đơn hình). Khi có nhiều biến số thì phải lập chương trình tính. Chương trình tính toán giải bài toán tìm Max có sơ đồ tính toán như trình bày trên hình 5.4.



Hình 5.4. **Sơ đồ tính nghiệm tối ưu bằng phương pháp đơn hình (Bài toán tìm Max)**

Ví dụ 1. ($\Delta Z_i < 0$ với mọi i)

Tìm $X = (x_1, x_2, x_3, x_4)$ sao cho hàm mục tiêu:

$$Z = x_1 + 2x_2 - 3x_3 + 4x_4 \rightarrow \max \tag{5.48}$$

Với các ràng buộc:

$$\begin{cases} x_1 - x_2 + 7x_3 + x_4 = 100 \\ 2x_1 + 3x_2 - x_3 + 10x_4 = 800 \\ x_i \geq 0; i = 1 \div 4 \end{cases} \tag{5.49}$$

Các hệ số của hàm mục tiêu là $c_1 = 1$; $c_2 = 2$; $c_3 = -3$; $c_4 = 4$.

Giải:

1. Chọn biến cơ sở. Vì có 2 ràng buộc nên biến cơ sở có 2 biến dương. Giả sử ta chọn $x_1 > 0$; $x_2 > 0$; $x_3 = x_4 = 0$. Biến cơ sở là $(x_1, x_2, 0, 0)$

2. Tìm nghiệm xuất phát. Thay biến cơ sở vào phương trình ràng buộc được hệ dưới đây:

$$\begin{cases} x_1 - x_2 = 100 \\ 2x_1 + 3x_2 = 800 \end{cases} \tag{5.50}$$

Giải được: $x_1^{(0)} = 220$, $x_2^{(0)} = 120$. Do đó nghiệm xuất phát là:

$$(220, 120, 0, 0) \text{ và } Z_0 = 220 + 2 \times 120 = 460.$$

3. Thử đưa vào biến x_3 vào biến cơ sở. Phương trình ràng buộc sẽ là:

$$\begin{cases} x_1 - x_2 + 7x_3 = 100 \\ 2x_1 + 3x_2 - x_3 = 800 \end{cases} \tag{5.51}$$

Hệ phương trình (5.51) là hệ phương trình phụ thuộc, nên hệ số cột thứ 3 phụ thuộc vào cột 1 và cột 2 với hệ số y_i:

$$\begin{cases} y_1 - y_2 = 7 \\ 2y_1 + 3y_2 = -1 \end{cases} \tag{5.52}$$

Giải hệ (5.52) được nghiệm: $y_1^{(0)} = 4, y_2^{(0)} = -3$

Tính hiệu suất của x_3:

$$\gamma_3 = c_1 y_1^{(0)} + c_2 y_2^{(0)} = y_1^{(0)} + 2y_2^{(0)} = -2$$

Chênh lệch hàm mục tiêu:

$$\Delta Z_3 = k[c_3 - \gamma_3] = k(-3 + 2) < 0$$

Do vậy nếu đưa x_3 vào cơ sở sẽ được kết quả xấu hơn phương án xuất phát. Bởi vậy loại trường hợp này và không đưa biến x_3 vào biến cơ sở.

4. Thử đưa vào biến x_4 vào biến cơ sở.

Phương trình ràng buộc sẽ là:

$$\begin{cases} x_1 - x_2 + x_4 = 100 \\ 2x_1 + 3x_2 + 10x_4 = 800 \end{cases} \quad (5.53)$$

Từ đó có:

$$\begin{cases} y_1 - y_2 = 1 \\ 2y_1 + 3y_2 = 10 \end{cases} \quad (5.54)$$

Giải hệ (5.54) được nghiệm:

$$y_1^{(0)} = 2,6;\ y_2^{(0)} = 1,6$$

Tính hiệu suất của x_4:

$$\gamma_4 = c_1 y_1^{(0)} + c_2 y_2^{(0)} = y_1^{(0)} + 2y_2^{(0)} = 5,8$$

Chênh lệch hàm mục tiêu:

$$\Delta Z_4 = k[c_5 - \gamma_4] = k(5 - 5,8) < 0$$

Do vậy nếu đưa x_4 vào cơ sở cũng cho kết quả xấu hơn phương án xuất phát. Đã dò hết các biến nhưng không có biến nào được đưa vào là tốt hơn các biến cơ sở (xuất phát). Do đó, *nghiệm tối ưu chính là nghiệm xuất phát:*

$$X^* = (x_1^*, x_2^*, 0, 0) = (220, 120)$$

Giá trị tối ưu của hàm mục tiêu là: $Z^* = 220 + 2 \times 120 = 460$.

Ví dụ 2. ($\Delta Z_1 < 0$, $\Delta Z_2 = 0$)

Tìm $X = (x_1, x_2, \ldots, x_n)$ sao cho hàm mục tiêu:

$$Z = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \rightarrow \max \quad (5.55)$$

Với các ràng buộc:

$$\begin{aligned} &2x_1 + x_2 + 2x_3 + x_4 = 60 \\ &x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 2x_4 = 90 \\ &x_i \geq 0;\ \text{với } i = 1 \rightarrow 4 \end{aligned} \quad (5.56)$$

Giải:

1. Chọn biến cơ sở. Chọn biến cơ sở là $(x_1, x_2, 0, 0)$

2. Tìm nghiệm xuất phát. Thay biến cơ sở vào phương trình ràng buộc được hệ

$$\begin{aligned} &2x_1 + x_2 = 60 \\ &x_1 + 2x_2 = 90 \end{aligned} \quad (5.57)$$

Giải được: $x_1^{(0)} = 10$; $x_2^{(0)} = 40$.

Giá trị hàm mục tiêu là: $Z_0 = 10 + 40 = 50$

3. Thử đưa vào biến x_3 vào biến cơ sở. Phương trình ràng buộc đẳng thức sẽ là:

$$2x_1 + x_2 + 2x_3 = 60$$

$$x_1 + 2x_2 + 3x_3 = 90 \quad (5.58)$$

Hệ phương trình (5.58) là hệ phương trình phụ thuộc, nên hệ số cột thứ 3 phụ thuộc vào cột 1 và cột 2 với hệ số y_i:

$$2y_1 + y_2 = 2$$

$$y_1 + 2y_2 = 3 \rightarrow y_1^{(0)} = 1/3;\ y_2^{(0)} = 4/3$$

Tính hiệu suất của x_3:

$$\gamma_3 = c_1 y_1^{(0)} + c_2 y_2^{(0)} = 1\times 1/3 + 1 \times 4/3 = 5/3$$

$$\Delta Z_3 = k[c_3 - \gamma_3] = k(1 - 5/3) < 0$$

Do vậy nếu đưa x_3 vào cơ sở sẽ cho kết quả xấu hơn phương án xuất phát. Loại biến x_3

4. Thử đưa vào biến x_4 vào biến cơ sở. Phương trình ràng buộc sẽ là:

$$2x_1 + x_2 + x_4 = 60$$

$$x_1 + 2x_2 + 2x_4 = 90 \quad (5.59)$$

Tương tự như trên, từ (5.59) rút ra hệ phương trình:

$$2y_1 + y_2 = 1$$

$$y_1 + 2y_2 = 2 \rightarrow y_1^{(0)} = 0;\ y_2^{(0)} = 1$$

Tính hiệu suất của x_4:

$$\gamma_4 = c_1\, y_1^{(0)} + c_2\, y_2^{(0)} = 1\times 0 + 1\times 1 = 1$$

$$\Delta Z_4 = k[c_5 - \gamma_4] = k(1 - 1) = 0 \rightarrow \Delta Z_4 = 0$$

Điều này chứng tỏ đưa x_4 vào cơ sở thì phương án mới tương đương với phương án cũ. Do đó phải loại bỏ một trong hai biến cơ sở x_1, x_2 ra khỏi cơ sở. Muốn vậy ta xét tỷ số k:

$$k_1 = x_1^{(0)}/y_1^{(0)} = 1/0 = \infty;\ k_2 = x_2^{(0)}/y_2^{(0)} = 40/1 = 40$$

Theo điều kiện (5.45a) cần loại biến ứng với tỷ số dương và có giá trị min, do đó loại biến thứ x_2. Vậy cơ sở mới là: $(x_1, 0, 0, x_4)$. Phương trình ràng buộc là:

$$2x_1 + x_4 = 60$$

$$x_1 + 2x_4 = 90 \rightarrow x_1^{(0)} = 10;\ x_4^{(0)} = 40$$

Đã thử hết các biến. Do đó, nghiệm tối ưu chính là nghiệm cuối cùng:

$$X^* = (10, 0, 0, 40)$$

Giá trị tối ưu của hàm mục tiêu là: $Z^* = 10 + 40 = 50$

Ví dụ 3. ($\Delta Z > 0$).

Tìm $X = (x_1, x_2, x_3)$ sao cho hàm mục tiêu:

$$Z = x_1 - 3x_2 + 9x_3 \rightarrow \max \tag{5.60}$$

Với các ràng buộc:

$$\begin{aligned} &x_1 + x_2 + x_3 = 10 \\ &x_1 - x_2 + 2x_3 = 2 \\ &x_i \geq 0; \text{ với } i = 1 \rightarrow 3 \end{aligned} \tag{5.61}$$

Giải:

1. Chọn biến cơ sở. Chọn biến cơ sở là $(x_1, x_2, 0)$

2. Tìm nghiệm xuất phát. Thay biến cơ sở vào phương trình ràng buộc được hệ:

$$\begin{aligned} &x_1 + x_2 = 10 \\ &x_1 - x_2 = 2 \end{aligned} \tag{5.62}$$

Giải được: $x_1^{(0)} = 6$; $x_2^{(0)} = 4$

Giá trị hàm mục tiêu là: $Z_0 = 6 - 3\times4 + 9\times0 = -6$

3. Thử đưa biến x_3 vào biến cơ sở. Phương trình ràng buộc đẳng thức sẽ là:

$$\begin{aligned} &x_1 + x_2 + x_3 = 10 \\ &x_1 - x_2 + 2x_3 = 2 \end{aligned} \tag{5.63}$$

Hệ phương trình (5.63) là hệ phương trình phụ thuộc, nên hệ số cột thứ 3 phụ thuộc vào cột 1 và cột 2 với hệ số y_i:

$$\begin{aligned} &y_1 + y_2 = 1 \\ &y_1 - y_2 = 2 \rightarrow y_1^{(0)} = 2/3;\ y_2^{(0)} = -1/2 \end{aligned}$$

Tính hiệu suất của x_3:

$$\gamma_3 = c_1 y_1^{(0)} + c_2 y_2^{(0)} = 2/3 - 3(-1/2) = 3$$

và $$\Delta Z_3 = k[c_3 - \gamma_3] = k(9 - 3) = k\,6 > 0$$

Do vậy, vì $\Delta Z_3 > 0$, nên việc đưa x_3 vào cơ sở sẽ có lợi.

Xét tỷ số k:

$$k_1 = x_1^{(0)}/y_1^{(0)} = 4;\ k_2 = x_2^{(0)}/y_2^{(0)} = -8$$

Theo điều kiện (5.45a) cần loại biến ứng với tỷ số dương và có giá trị min, do đó loại biến x_1. Vậy cơ sở mới là: $(0, x_2, x_3)$. Phương trình ràng buộc là:

$$\begin{aligned} &x_2 + x_3 = 10 \\ &-x_2 + 2x_3 = 2 \rightarrow x_2^{(0)} = 6;\ x_3^{(0)} = 4 \end{aligned}$$

Do đó, nghiệm tối ưu chính là nghiệm cuối cùng là: $X^* = (0, 6, 4)$

Giá trị tối ưu của hàm mục tiêu là: $Z^* = -3 \times 6 + 9 \times 4 = 18$

Giá trị tối ưu tăng lên 24 đơn vị so với phương án xuất phát.

Ví dụ 4. Tìm $X = (x_1, x_2, x_3, x_4)$ sao cho hàm mục tiêu:

$$Z = x_1 - 3x_2 + 9x_3 + 15x_4 \rightarrow \max \tag{5.64}$$

Với các ràng buộc:

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 10 \\ x_1 - x_2 + 2x_3 + x_4 = 2 \\ x_i \geq 0; i = 1 \div 4 \end{cases} \tag{5.65}$$

Giải:

1. Chọn biến cơ sở. Chọn biến cơ sở là $(x_1, x_2, 0, 0)$

2. Tìm nghiệm xuất phát. Thay biến cơ sở vào phương trình ràng buộc được hệ:

$$\begin{cases} x_1 + x_2 = 10 \\ 2x_1 - 3x_2 = 2 \end{cases} \tag{5.66}$$

Giải được: $x_1^{(0)} = 6$, $x_2^{(0)} = 4$. Do đó nghiệm xuất phát là:

$$(6, 4, 0, 0) \text{ và } Z_0 = 6 - 12 = -6$$

3. Thử đưa biến x_3 vào biến cơ sở. Phương trình ràng buộc đẳng thức sẽ là:

$$x_1 + x_2 + x_3 = 10$$

$$x_1 - x_2 + 2x_3 = 2 \tag{5.67}$$

Hệ phương trình (5.67) là hệ phương trình phụ thuộc, nên hệ số cột thứ 3 phụ thuộc vào cột 1 và cột 2 với hệ số y_i:

$$y_1 + y_2 = 1$$

$$y_1 - y_2 = 2 \rightarrow y_1^{(0)} = 2/3;\ y_2^{(0)} = -1/2$$

Tính hiệu suất của x_3:

$$\gamma_3 = c_1 y_1^{(0)} + c_2 y_2^{(0)} = 2/3 - 3(-1/2) = 3$$

và $$\Delta Z_1 = k[c_3 - \gamma_3] = k(9 - 3) = 6 > 0$$

Do vậy, vì $\Delta Z_1 > 0$, nên việc đưa x_3 vào cơ sở sẽ tốt hơn. Xét tỷ số k:

$$k_1 = x_1^{(0)}/y_1^{(0)} = 4;\ k_2 = x_2^{(0)}/y_2^{(0)} = -8$$

Theo điều kiện (5.45a) cần loại biến ứng với tỷ số dương và có giá trị min, do đó loại biến x_1. Vậy cơ sở mới là: $(0, x_2, x_3, 0)$. Phương trình ràng buộc là:

$$x_2 + x_3 = 10$$

$$-x_2 + 2x_3 = 2 \rightarrow x_2^{(0)} = 6;\ x_3^{(0)} = 4$$

Do đó, cơ sở mới sẽ là (0, 6, 4, 0)

4. Thử đưa biến x_4 vào biến cơ sở. Phương trình ràng buộc sẽ là:

$$\begin{cases} x_2 + x_3 + x_4 = 10 \\ -x_2 + 2x_3 + x_4 = 2 \end{cases} \quad (5.68)$$

Từ đó có:

$$\begin{cases} y_2 + y_3 = 1 \\ -y_2 + 2y_3 = 1 \end{cases} \quad (5.69)$$

Giải hệ (5.69) được nghiệm:

$$y_2^{(0)} = \frac{1}{3}; y_3^{(0)} = \frac{2}{3}$$

Tính hiệu suất của x_4:

$$\gamma_4 = c_2 y_2^{(0)} + c_3 y_3^{(0)} = -3y_2^{(0)} + 9y_3^{(0)} = -5$$

và $\Delta Z_2 = k[c_5 - \gamma_4] = k(15 - 5) > 0$

Do vậy nếu đưa x_4 vào cơ sở sẽ tốt hơn phương án xuất phát. Cần phải loại 1 trong 2 biến x_2 hoặc x_3 ra khỏi biến cơ sở. Xét tỷ số k:

$$k_2 = \frac{x_2^{(0)}}{y_2^{(0)}} = 18 ; k_3 = \frac{x_3^{(0)}}{y_3^{(0)}} = 6$$

Theo điều kiện (5.45a) cần loại biến ứng với tỷ số dương và có giá trị min, do đó loại biến thứ x_4. Vậy cơ sở mới là: $(0, x_2, 0, x_4)$. Phương trình ràng buộc là:

$$\begin{cases} x_2 + x_4 = 10 \\ -x_2 + x_4 = 2 \end{cases} \rightarrow x_2^{(0)} = 4; \quad x_4^{(0)} = 6$$

Đã dò hết các biến. Do đó, *nghiệm tối ưu là:* $X^* = (0, 4, 0, 6)$

Giá trị tối ưu của hàm mục tiêu là: $Z^* = -12 + 90 = 78$

Ví dụ 5. (Ràng buộc là bất phương trình).

Tìm $X = (x_{1,}, x_2)$ sao cho hàm mục tiêu:

$$Z = 2x_1 + 5x_2 \rightarrow \max \quad (5.70)$$

Với các ràng buộc:

$$\begin{cases} x_1 + 4x_2 \le 24 \\ 3x_1 + x_2 \le 21 \\ x_1 + x_2 \le 9 \\ x_i \ge 0; i = 1 \div 2 \end{cases} \quad (5.71)$$

Giải:

Trước tiên phải thêm vào các biến phụ để đưa các biểu thức ràng buộc bất phương trình về dạng phương trình. Các biến phụ sẽ là x_3, x_4, x_5. Khi đó, có thể viết lại hàm mục tiêu dưới dạng:

$$Z = 2x_1 + 5x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 0x_5 \tag{5.72}$$

Các biểu thức ràng buộc:

$$\begin{cases} x_1 + 4x_2 + x_3 = 24 \\ 3x_1 + x_2 + x_4 = 21 \\ x_1 + x_2 + x_5 = 9 \end{cases} \tag{5.73}$$

1. Chọn biến cơ sở. Chọn biến cơ sở là (x_1, x_2, x_3, 0, 0)

2. Tìm nghiệm xuất phát. Thay biến cơ sở vào phương trình ràng buộc được hệ:

$$\begin{cases} x_1 + 4x_2 + x_3 = 24 \\ 3x_1 + x_2 + x_4 = 21 \\ x_1 + x_2 + x_5 = 9 \end{cases} \tag{5.74}$$

Giải được: $x_1^{(0)} = 6, x_2^{(0)} = 3; x_3^{(0)} = 6$. Do đó nghiệm xuất phát là:

(6, 3, 6, 0, 0) và $Z_0 = 2\times6 + 5\times3 = 27$

3. Thử đưa biến x_4 vào biến cơ sở. Phương trình ràng buộc sẽ là:

$$\begin{cases} x_1 + 4x_2 + x_3 = 24 \\ 3x_1 + x_2 + x_4 = 21 \\ x_1 + x_2 = 9 \end{cases} \tag{5.75}$$

Từ đó có:

$$\begin{cases} y_1 + 4y_2 + y_3 = 0 \\ 3y_1 + y_2 = 1 \\ y_1 + y_2 = 0 \end{cases} \tag{5.76}$$

Giải hệ (5.76) được nghiệm:

$$y_1^{(0)} = \frac{1}{2}; y_2^{(0)} = -\frac{1}{2}; y_3^{(0)} = \frac{3}{2}$$

Tính hiệu suất của x_4:

$$\gamma_4 = c_1y_1^{(0)} + c_2y_2^{(0)} + c_3y_3^{(0)} = 2y_1^{(0)} + 5y_2^{(0)} + 0\times y_3^{(0)} = -\frac{3}{2}$$

$c_1 = 2$; $c_2 = 5$; $c_3 = 0$ là các hệ số của hàm mục tiêu. Vì hàm mục tiêu chỉ có hai biến x_1 và x_2 nên các hệ số của các biến x_3, x_4, x_5 đều bằng 0, tức là $c_3 = c_4 = c_5 = 0$ và

$$\Delta Z_4 = k[c_5 - \gamma_4] = k(0 + 3/2) > 0$$

Do vậy nếu đưa x_4 vào biến cơ sở sẽ cho kết quả tốt hơn phương án xuất phát. Cần phải loại 1 trong 3 biến x_1, x_2 và x_3 ra khỏi biến cơ sở.

Xét tỷ số k:

$$k_1 = \frac{x_1^{(0)}}{y_1^{(0)}} = 12\ ;\ k_2 = \frac{x_2^{(0)}}{y_2^{(0)}} = -6\ ;\ k_3 = \frac{x_3^{(0)}}{y_3^{(0)}} = 4$$

Theo điều kiện (5.45a) cần loại biến ứng với tỷ số dương và có giá trị min, do đó loại biến thứ x_3. Vậy cơ sở mới là: (x_1, x_2, 0, x_4, 0). Phương trình ràng buộc là:

$$\begin{cases} x_1 + 4x_2 = 24 \\ 3x_1 + x_2 + x_4 = 21 \\ x_1 + x_2 = 9 \end{cases} \rightarrow x_1^{(0)} = 4; x_2^{(0)} = 5; x_4^{(0)} = 4$$

4. Thử đưa biến x_5 vào biến cơ sở. Phương trình ràng buộc sẽ là:

$$\begin{cases} x_1 + 4x_2 = 24 \\ 3x_1 + x_2 + x_4 = 21 \\ x_1 + x_2 = 9 \end{cases} \quad (5.77)$$

Từ đó có:

$$\begin{cases} y_1 + 4y_2 = 0 \\ 3y_1 + y_2 + y_4 = 0 \\ y_1 + y_2 = 1 \end{cases} \quad (5.78)$$

Giải hệ (5.78) được nghiệm:

$$y_1^{(0)} = \frac{4}{3}; y_2^{(0)} = -\frac{1}{3}; y_4^{(0)} = -\frac{11}{3}$$

Tính hiệu suất của x_5:

$$\gamma_5 = c_1 y_1^{(0)} + c_2 y_2^{(0)} + c_4 y_4^{(0)} = 2y_1^{(0)} + 5y_2^{(0)} + 0 * y_4^{(0)} = 1$$

$c_1 = 2$; $c_2 = 5$; $c_3 = c_4 = 0$ là các hệ số của hàm mục tiêu. Vì hàm mục tiêu chỉ có hai biến x_1 và x_2 nên các hệ số của các biến x_3, x_4, x_5 đều bằng 0, tức là $c_3 = c_4 = c_5 = 0$ và

$$\Delta Z_5 = k[c_5 - \gamma_5] = k(0 - 1) < 0$$

Do vậy nếu đưa x_5 vào cơ sở sẽ cho kết quả xấu hơn phương án xuất phát. Cần phải loại x_5 ra khỏi biến cơ sở.

Đã dò hết các biến. Do đó, nghiệm tối ưu là: $X^* = (4, 5, 0, 4, 0)$

Giá trị tối ưu của hàm mục tiêu là: $Z^* = 2\times4 + 5\times5 = 33$

5.2.5.2. Phương pháp lập bảng đơn hình

Phương pháp đơn hình là phương pháp cơ bản nhất khi giải các bài toán quy hoạch tuyến tính. Phương pháp do G.B Dantzig đưa ra năm 1948. Nội dung của phương pháp như sau: Tìm đỉnh tối ưu của đa diện các nghiệm cho phép bằng phương pháp lần lượt thử các đỉnh của đa diện. Để việc thử không phải mò mẫm, người ta đưa ra thuật toán đi từ nghiệm xấu đến nghiệm tốt hơn tức là đi dần đến nghiệm tối ưu [5], [7].

Giải bài toán quy hoạch tuyến tính theo phương pháp đơn hình được tiến hành bằng cách tính thử dần hoặc bằng bảng gọi là bảng đơn hình. Dưới đây sẽ trình bày cách giải bài toán quy hoạch tuyến tính bằng cách lập bảng đơn hình.

1. Bảng đơn hình

Giả sử có bài toán QHTT có hàm mục tiêu dạng chính tắc, dạng tìm min dưới đây:

$$F(X) = c_1x_1, c_2x_2, ..., c_ix_i, ..., c_nx_n \rightarrow \min \tag{5.79}$$

(Bài toán tìm max có thể đưa về dạng tìm min như đã trình bày ở trên). Ràng buộc của bài toán viết dưới dạng tổng quát cho m phương trình ràng buộc.

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + .. + a_{1i}x_i + ... + a_{1n}x_n = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + ... + a_{2i}x_i + ... + a_{2n}x_n = b_2 \\ ..... \\ a_{j1}x_1 + a_{j2}x_2 + ... + a_{ji}x_i + ... + a_{jn}x_n = b_j \\ ..... \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + ... + a_{mi} + ... + a_{mn}x_n = b_m \end{cases} \tag{5.80}$$

Hoặc viết gọn dưới dạng:

$$g_j(X) = a_{j1}x_1 + a_{j2}x_2 + ... + a_{jn}x_n = b_j; \quad j = \overline{1,m} \tag{5.81}$$

Giả sử có phương án cơ sở chấp nhận được X với các biến cơ sở tương ứng là x_1, x_2,..., x_j,..., x_m (ký hiệu tổng quát là x_j, j = 1, 2,..., m). Các thông tin về một bước lặp đơn hình thực hiện đối với phương án chấp nhận được ghi trong bảng 5.2, gọi là bảng đơn hình tương ứng với phương án cơ sở chấp nhận được X.

Các cột và hàng trong bảng 5.2:

– Cột đầu tiên ghi hệ số c_j của hàm mục tiêu đối với các biến cơ sở tương ứng

– Cột 2: ghi tên các biến cơ sở

– Cột 3: giá trị của các biến cơ sở được xác định bằng cách giải hệ m phương trình (5.80) với các biến tự do lấy bằng không.

– Cột cuối cùng ghi hệ số θ_j tính theo công thức (5.84) (xem ở mục sau).

– Dòng trên cùng ghi giá trị các hệ số của hàm mục tiêu c_i với i = 1, 2,..., n. Giá trị này đối với mỗi biến có giá trị bằng 0 nếu biến đó vắng mặt trong hàm mục tiêu.

– Dòng thứ 2 ghi tên các biến x_i với i = 1, 2,..., n

– Các ô tương ứng từ cột 4 đến cột 8 ghi hệ số các số hạng của hệ phương trình ràng buộc (5.80). Hệ số này sẽ bằng 0 nếu phương trình ràng buộc vắng mặt biến tương ứng.

– Dòng cuối cùng là biểu thức tính tổng A_i tương ứng với mỗi biến của hàm mục tiêu, tính theo công thức dưới đây:

$$\Delta_i = \sum_{j=1}^{m} c_j a_{ji} - c_i \text{ với } i = 1, 2,..., n \qquad (5.82)$$

***Bảng 5.2.* Bảng đơn hình đối với bài toán tìm min**

(1)	*Dòng thứ*	*(2)*	*(3)*	*(4)*	*(5)*	*(6)*	*(7)*	*(8)*	*(9)*
Hệ số c_j		*Tên BCS*	*Giá trị BCS*	c_1	...	c_i		c_n	*Hệ số*
				x_1	...	x_i	...	x_n	θ_j
c_1	(1)	x_1	x^*_1	a_{11}	...	a_{1i}	...	a_{1n}	θ_1
...	(2)	...	...	...	...	...	...	...	...
c_j	(3)	x_j	x^*_j	a_{j1}	...	a_{ji}	...	a_{jn}	θ_j
...	(4)	...	...	...	...	...	...	...	...
c_m	(5)	x_m	x^*_m	a_{m1}	...	a_{mi}	...	a_{mn}	θ_m
Δ	(6)			Δ_1	...	Δ_i	...	Δ_n	

Ghi chú: Các giá trị c_j lấy ở cột đầu tiên; c_i lấy ở hàng trên cùng theo cột tương ứng thứ i; a_{ji} lấy ở các ô tương ứng với cột i.

Bảng đơn hình lập cho phương án đầu tiên được gọi là phương án xuất phát.

2. Giải bài toán đơn hình dạng bảng

Với bảng đơn hình được xây dựng (bắt đầu từ bảng xuất phát) tiến hành các bước lặp đơn hình đối với phương án chấp nhận được, như sau.

a) Kiểm tra tiêu chuẩn tối ưu

Nếu các phần tử của dòng ước lượng là không dương ($\Delta_i \le 0$, với mọi i = 1, 2,..., n) thì phương án cơ sở chấp nhận được đang xét là tối ưu. Điều này có thể đúng ngay trong lần thử đầu tiên (bảng xuất phát).

b) Kiểm tra điều kiện hàm mục tiêu không bị chặn dưới (vô nghiệm)

Nếu có ước lượng nào đó ($\Delta_i > 0$ với i là bất kỳ) mà các phần tử trong bảng đơn hình ở cột tương ứng đều không dương ($a_{ji} \leq 0$, với j = 1, 2,..., m) thì hàm mục tiêu của bài toán không bị chặn dưới. Thuật toán kết thúc và bài toán không có nghiệm.

Nếu ở 2 bước trên không xảy ra, cần tìm dòng xoay và cột xoay để lập bảng đơn hình mới.

c) Tìm cột xoay

Cột xoay sẽ là cột có giá trị ước lượng Δ_i lớn nhất và không âm:

$$\Delta_{i0} = \max (\Delta_i, \text{ với } i = 1, 2,..., n) > 0 \quad (5.83)$$

Cột tương ứng x_{i0} gọi là cột xoay, các phần tử của cột xoay là a_{ji0}.

d) Tìm dòng xoay

Tính giá trị θ_j:

$$\theta_j = \begin{cases} x_j / a_{ji0}, & \text{nếu } a_{ij} > 0 \\ +\infty, & \text{nếu } a_{ij} \leq 0 \end{cases} \quad i = 1, 2, 3,..., n \quad (5.84)$$

Dòng xoay sẽ là dòng có giá trị θ_j nhỏ nhất:

$$\theta_0 = \min (\theta_j) \quad (5.85)$$

Phần tử giao điểm của dòng xoay và cột xoay gọi là phần tử xoay, ký hiệu là $a_{j_0 i_0}$

– Đặt $a^k_{ji_o}$ là các giá trị thuộc cột xoay (cột i_0) của bảng đơn hình đang xét (gọi là bảng cũ), j = 1, 2,..., m.

– Đặt $a^k_{ij_0}$ là các giá trị của dòng xoay (dòng j_0) của bảng đơn hình đang xét (bảng cũ), i = 1, 2,..., n.

e) Lập bảng đơn hình mới

Lập bảng đơn hình mới thực chất là chuyển từ phương án cơ sở chấp nhận được cũ sang phương án cơ sở chấp nhận được mới. Cách làm như sau:

– Chọn biến mới thay thế cho biến cơ sở thuộc dòng xoay.

– Các phần tử ở vị trí dòng xoay thuộc bảng mới bằng các phần tử tương ứng ở bảng cũ chia cho giá trị của phần tử xoay:

$$a^{k+1}_{j0i} = a^k_{j_{oi}} / a_{j_0 i_0} \text{ với } j = 1, 2,..., m \quad (5.86)$$

a^{k+1}_{j0i}, $a^k_{j_{oi}}$ là giá trị của phần tử mới và phần tử cũ thuộc dòng xoay.

Các phần tử ở vị trí cột xoay của bảng mới đều bằng không, ngoại trừ giá trị ở vị trí phần tử xoay bằng 1.

Giá trị của các phần tử còn lại được tính từ phần tử cũ theo công thức:

$$a_{ji}^{k+1} = a_{ji}^{k} - a_{ji_0}^{k} a_{ij_0}^{k} / a_{i0j0} \quad (5.87)$$

$$\Delta_{i}^{k+1} = \Delta_{i}^{k} - a_{ij_0}^{k} \Delta_{i_0}^{k} / a_{i0j0} \quad (5.88)$$

Trong đó:

a_{ji}^{k+1} là giá trị của phần tử tại ô (ij) của bảng mới

a_{ji}^{k} là giá trị của phần tử tại ô (ij) của bảng cũ

$a_{ji_0}^{k}$ là giá trị phần tử ô (ji_0) thuộc hàng thứ j (tương ứng với ô đang xét ij) nằm trên cột xoay i_0 của bảng cũ.

$a_{ij_0}^{k}$ là giá trị phần tử ô (ij_0) thuộc cột thứ i của phần tử đang xét, nằm trên dòng xoay j_0 của bảng cũ.

Δ_{i}^{k+1} là giá trị ước lượng của bảng mới tại cột thứ i đang xét

Δ_{i}^{k} là giá trị ước lượng của bảng cũ tại cột thứ i đang xét.

Δ_{i0} là giá trị ước lượng của bảng cũ cột ứng với cột xoay i_0

a_{i0j0} là giá trị của phần tử xoay của bảng cũ.

Khi đã chuyển sang bảng đơn hình với cơ sở mới, việc đánh giá tìm tối ưu lại được bắt đầu từ bước đầu tiên cho đến khi đã rà hết các biến của bài toán tối ưu.

3. Ví dụ minh hoạ

Giải bài toán QHTT có dạng:

$$F(X) = c_1x_1, c_2x_2, \ldots, c_ix_i, \ldots, c_nx_n \quad (5.89)$$

Với các ràng buộc dạng phương trình tuyến tính:

$$\begin{cases} x_1 + 0x_2 + 0x_3 + x_4 + 0x_5 + 6x_6 + 0x_7 = 9 \\ 3x_1 + x_2 - 4x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 2x_6 + x_7 = 2 \\ x_1 + 2x_2 + 0x_3 + 0x_4 + x_5 + 2x_6 + 0x_7 = 6 \\ x_i \geq 0; i = 1,2,\ldots,7 \end{cases} \quad (5.90)$$

Chọn phương án chấp nhận được (phương án xuất phát) với các biến cơ sở là x_4, x_7, x_5. Từ hệ các phương trình ràng buộc (5.90) tìm được phương án chấp nhận đầu tiên

X = (0, 0, 0, 9, 6, 0, 2). Các thông tin về một bước lặp đơn hình thực hiện đối với phương án chấp nhận được ghi trong bảng 5.3.

Theo tiêu chuẩn (5.83) và (5.84) tìm được cột (4) là cột xoay, dòng (3) là dòng xoay, phần tử xoay có giá trị $a_{j_0i_0} = 3$ (có dấu @).

Trong bảng 5.3 các giá trị ước lượng Δ (dòng 5) còn tồn tại các giá trị dương nên chưa phải là phương án tối ưu. Ta phải lập bảng đơn hình mới.

Chọn biến cơ sở mới cho dòng xoay là x_1, lập bảng 5.4 trên cơ sở bảng đơn hình 5.3.

Tiếp tục đối chiếu với tiêu chuẩn (5.83) và (5.85) ở bảng đơn hình mới (bảng 5.4) tìm được cột (5) là cột xoay, dòng (3) là dòng xoay, phần tử xoay có giá trị $a_{j_0i_0} = 1/3$ (có dấu @).

Tương tự bảng cũ 5.3 trong bảng đơn hình mới 5.4 các giá trị ước lượng Δ (dòng 5) còn tồn tại các giá trị dương nên chưa phải là phương án tối ưu. Ta phải lập bảng đơn hình mới (bảng 5.5). Việc lập bảng 5.5 được tiến hành tương tự như bảng 5.4. Nhưng bảng 5.4 bây giờ gọi là bảng cũ của bảng 5.5.

Bảng 5.3. **Bảng đơn hình số 1 (bảng xuất phát)**

	(1)	*(2)*	*(3)*	*(4)*	*(5)*	*(6)*	*(7)*	*(8)*	*(9)*	*(10)*	*(11)*
(1)	*Hệ số* c_j	*Tên BCS*	*Giá trị BCS*	*1*	*–6*	*32*	*1*	*1*	*10*	*100*	*Hệ số* θ_j
				x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	
(2)	1	x_4	9	1	0	0	1	0	6	0	9
(3)	100	x_7	2	$3^{@}$	1	–4	0	0	2	1	2/3
(4)	1	x_5	6	1	2	0	0	1	2	0	6
(5)	Δ			301	108	–432	0	0	198	0	

Khi lập bảng 5.5 đã chọn x_2 là biến cơ sở mới thế chỗ cho biến cơ sở ở dòng xoay của bảng cũ 5.4.

Trong bảng 5.5 tất cả các giá trị ước lượng Δ (dòng 5) không còn tồn tại các giá trị dương. Bởi vậy, đây là phương án tối ưu.

Nghiệm tối ưu là $X^* = (0, 2, 0, 9, 2, 0, 0)$ và giá trị tối ưu của hàm mục tiêu là $Z^* = -1$.

Bảng 5.4. **Bảng đơn hình số 2**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
(1)	Hệ số c_j	Tên biến cơ sở	Giá trị biến cơ sở	1	–6	32	1	1	10	100	Hệ số θ_j
				x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	
(2)	1	x_4	25/3	0	–1/3	4/3	1	0	16/3	–1/3	+ ∞
(3)	1	x_1	2/3	1	1/3[@]	–4/3	0	0	2/3	1/3	2
(4)	1	x_5	16/3	0	5/3	4/3	0	1	4/3	–1/3	16/5
(5)	Δ			0	23/3	$\frac{-92}{3}$	0	0	–8/3	$\frac{-301}{3}$	

Bảng 5.5. **Bảng đơn hình số 3**

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
(1)	Hệ số c_j	Tên BCS	Giá trị BCS	1	–6	32	1	1	10	100	Hệ số θ_j
				x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	
(2)	1	x_4	9	1	0	0	1	0	6	0	
(3)	–6	x_2	2	3	1	–4	0	0	2	1	
(4)	1	x_5	2	–5	0	8	0	1	–2	–2	
(5)	Δ			–23	0	0	0	0	–18	–108	

5.3. Quy hoạch phi tuyến

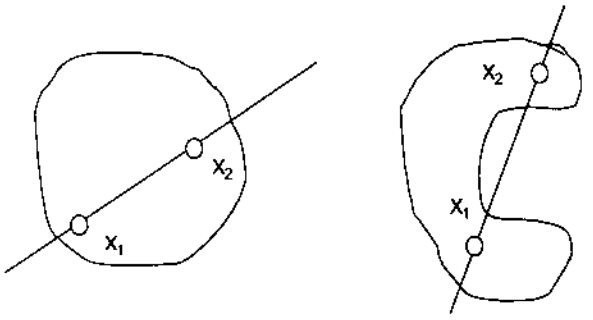
5.3.1. Nhân tử Lagrange

Tập lồi

Tập $C \in R^n$ được gọi là lồi nếu $x_1 \in C$, $x_2 \in C$ thì đoạn x_1x_2 cũng thuộc C, tức là C chứa tất cả các điểm có dạng:

$$x = \lambda x_1 + (1-\lambda)\, x_2;\ 0 \le \lambda \le 1 \qquad (5.91)$$

Hình 5.5a minh hoạ tập lồi thoả mãn biểu thức dạng (5.91). Hình 5.5b không thoả mãn biểu thức dạng (5.91) nên không phải tập lồi.



(a) (b)

Hình 5.5

Hàm lồi

Hàm f(x) là hàm lồi trên tập lồi C nếu với mọi cặp (x_1, x_2) thuộc C và mọi λ thuộc [0,1], ta có:

$$f[\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2] \leq \lambda f(x_1) + (1 - \lambda)f(x_2) \quad (5.92)$$

Có nghĩa là điểm $x = \lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2$ trong $[x_1, x_2]$ thì mọi điểm của đồ thị f(x) luôn nằm dưới M_1M_2 (hình 5.6).

• *Cực trị của hàm lồi*

Bất kỳ cực tiểu địa phương nào của hàm lồi trên tập lồi cũng là cực tiểu tuyệt đối của hàm trên tập đó.

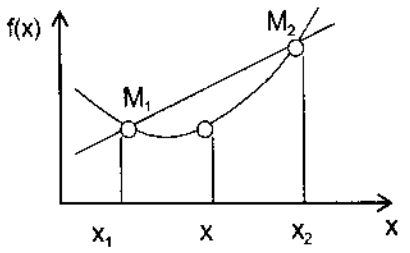
Như vậy, trong quy hoạch lồi thì giá trị tối ưu địa phương cũng là giá trị tối ưu toàn thể.

Hàm F(X) là hàm lõm nếu hàm – F(X) là hàm lồi.

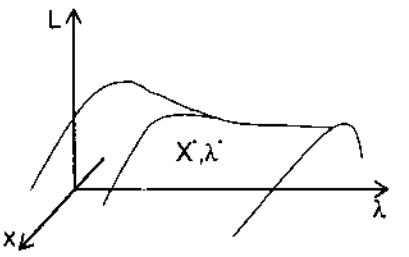
Hàm F(X) là lõm khi:

$$F[\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2] \geq \lambda F(x_1) + (1 - \lambda)F(x_2)$$

Với mọi $x_1, x_2 \in R^n$ và mọi λ nằm trong khoảng $0 \leq \lambda \leq 1$



Hình 5.6



Hình 5. 7

5.3.2. Nguyên lý Kuhn – Tucke

Phát biểu bài toán

Tìm $X = (x_1, x_2,..., x_n)$ sao cho hàm mục tiêu:

$$F(X) = F(x_1, x_2,..., x_n) \rightarrow \min \quad (5.93)$$

với ràng buộc $X \in C$; $g_j(X) \leq 0$ với $j = 1, 2,..., m$ (5.94)

Trong đó C là tập lồi; F, g là các hàm lồi trên C.

Điều kiện tối ưu

• *Miền nghiệm chấp nhận được*

$$D = \{ x \in C; g_j(X) \leq 0 \} \; j = 1, 2,..., m \quad (5.95)$$

• *Điểm yên ngựa* (hình 5.7)

Hàm Lagrange $L(X, \lambda) = F(X) + \sum_{j=1}^{m} \lambda_j g_j(X)$ (5.96)

với véctơ $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2,..., \lambda_m)$, trong đó $\lambda_1, \lambda_2,..., \lambda_m$ là các hệ số, được gọi là nhân tử Lagrange.

Điểm yên ngựa của hàm $L(X,\lambda)$ là điểm (x^*, λ^*) với $X \in D$; $\lambda \geq 0$ sao cho

$$L(X,\lambda^*) \leq L(X^*,\lambda^*) \leq L(X^*,\lambda) \quad (5.97)$$

• *Điều kiện cần và đủ của tối ưu*

Có hai định lý để nhận biết X^* là giá trị tối ưu.

Định lý 1:

Điểm X^* là tối ưu khi và chỉ khi $F_z(X^*) = \langle \nabla F(X^*), Z \rangle \geq 0$ với mọi $Z \in D(X^*)$. Nghĩa là, nếu đi từ X^* theo mọi hướng mà F(X) đều tăng thì hàm F(X) đạt giá trị min tại X^*.

$\langle \nabla F(X^*), Z \rangle$ là đạo hàm theo hướng Z của hàm F(X) tại điểm X^*.

Định lý 2 (Định lý Kuhn – Tucker):

Giả sử bài toán quy hoạch lồi thoả mãn điều kiện:

Với mọi X_0 thuộc C thoả mãn ràng buộc $g_j(X) < 0$ (với $j = 1, 2,..., m$)

Điều kiện cần và đủ để X^* trở thành nghiệm tối ưu là tồn tại một véctơ m chiều, không âm:

$\lambda = (\lambda_1, \lambda_2,..., \lambda_m)$ sao cho cặp (X^*, λ^*) là điểm yên ngựa của hàm Lagrange $L(X,\lambda^*)$.

5.3.3. Phân loại bài toán quy hoạch phi tuyến

Bài toán quy hoạch phi tuyến tổng quát có dạng: Tìm giá trị tối ưu (max hoặc min) của hàm mục tiêu:

$$F(X) \rightarrow \min \tag{5.98}$$

với ràng buộc:

$$g_j(X) \le b_j;\ j = 1,2,...,m \tag{5.99}$$

Trong đó: $X = (x_1, x_2,..., x_n) \in R^n$; các hàm $F(X)$ và $g_j(X)$ là phi tuyến.

Tập các nghiệm chấp nhận được:

$$D = \{X \in R^n: g_j(X) \le b_j;\ j = 1, 2,..., m\} \tag{5.100}$$

Chú ý:

Đối với bài toán tìm cực đại dạng: $F(X) \rightarrow \max$ có thể đưa về dạng tìm cực tiểu bằng cách tìm cực tiểu của hàm $-F(X)$, tức là:

$$\max F(X) = \min (-F(X))$$

Tương tự vậy, nếu ràng buộc có dạng $g_j(X) \ge b_j;\ j = 1,2,...,m$ có thể đưa về dạng:

$$g_j(X) \le - b_j;\ j = 1,2,...,m$$

- *Tối ưu toàn bộ (tối ưu tuyệt đối):*

$$\max: F(X^*) \ge F(X);\ X \in D \tag{5.101}$$

$$\min: F(X^*) \le F(X);\ X \in D$$

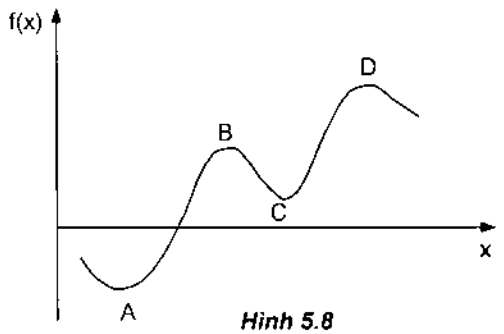
- *Tối ưu địa phương (tối ưu tương đối):*

Nếu tồn tại lân cận V của X^* sao cho:

$$\max: F(X^*) \ge F(X);\ X \in D \cap V \tag{5.102}$$

$$\min: F(X^*) \le F(X);\ X \in D \cap V$$

thì X^* là nghiệm tối ưu; $F(X^*)$ là giá trị tối ưu của hàm mục tiêu $F(X)$.



Hình 5.8

Trên hình 5.8 (đối với hàm 1 biến) các điểm A, C là cực tiểu địa phương và A là cực tiểu tuyệt đối; điểm B và D là cực đại địa phương với D là cực đại tuyệt đối.

Trong quy hoạch lồi thì tối ưu địa phương cũng là tối ưu toàn thể. Trong quy hoạch phi tuyến tổng quát thì tối ưu toàn thể cũng là tối ưu địa phương, nhưng điều ngược lại không đúng.

Trong quy hoạch tuyến tính hàm mục tiêu đạt giá trị tối ưu tại điểm cực biên của miền D. Trong quy hoạch phi tuyến, hàm mục tiêu có thể đạt giá trị tối ưu tại trong hoặc trên biên của D và có thể tồn tại một giá trị tối ưu địa phương.

Không có phương pháp chung nào có hiệu quả để giải bài toán quy hoạch phi tuyến. Các phương pháp có thể chia làm 2 nhóm như sau:

– Các phương pháp gradient có dùng đạo hàm.

– Các phương pháp lặp trực tiếp không dùng đạo hàm.

5.3.4. Quy hoạch phi tuyến không ràng buộc

1. Bài toán

$$F(X) = F(x_1, x_2, x_3, ..., x_i, ..., x_n) \rightarrow \min \qquad (5.103)$$

Trong đó: $X = (x_1, x_2, ..., x_n) \in E^n$

2. Điều kiện cần và đủ của tối ưu địa phương

• Điều kiện cần

Nghiệm tối ưu phải là những điểm mà:

$$\nabla F(X_0) = 0 \quad \text{(các điểm dừng)} \qquad (5.104)$$

Hàm $F(X_0)$ khả thi tại X_0

Trong đó: $\nabla F(X_0)$ là các đạo hàm riêng cấp 1, tức là:

$$\nabla F(X_0) = \begin{vmatrix} \frac{\partial F(X)}{\partial x_1} \\ \frac{\partial F(X)}{\partial x_2} \\ ..... \\ ..... \\ \frac{\partial F(X)}{\partial x_n} \end{vmatrix} \qquad (5.105)$$

• *Điều kiện đủ*

Những điểm dừng phải thoả mãn điều kiện đủ: Điểm dừng là cực trị nếu ma trận Hessein có xác định dương đối với bài toán cực tiểu và xác định âm đối với bài toán cực đại. Ma trận Hessein có dạng:

$$H(F(X_o)) = \begin{Vmatrix} \frac{\partial^2 F}{\partial x_1^2} & \frac{\partial^2 F}{\partial x_1 \partial x_2} \cdots \frac{\partial^2 F}{\partial x_1 \partial x_i} \cdots \frac{\partial^2 F}{\partial x_1 \partial x_n} \\ \frac{\partial^2 F}{\partial x_2 \partial x_1} & \frac{\partial^2 F}{\partial x_2^2} \cdots \frac{\partial^2 F}{\partial x_2 \partial x_i} \cdots \frac{\partial^2 F}{\partial x_2 \partial x_n} \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ \frac{\partial^2 F}{\partial x_j \partial x_1} & \frac{\partial^2 F}{\partial x_j \partial x_2} \cdots \frac{\partial^2 F}{\partial x_j \partial x_i} \cdots \frac{\partial^2 F}{\partial x_j \partial x_n} \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ \frac{\partial^2 F}{\partial x_n \partial x_1} & \frac{\partial^2 F}{\partial x_n \partial x_2} \cdots \frac{\partial^2 F}{\partial x_n \partial x_i} \cdots \frac{\partial^2 F}{\partial x_n^2} \end{Vmatrix} \quad (5.106)$$

Ma trận Hessein là ma trận đối xứng có dạng tổng quát A = (a_{ij}) cấp n, có xác định dương khi và chỉ khi định thức cấp n và mọi định thức ứng với phần tử chéo chính đều dương. Tức là:

$$\Delta_n \begin{vmatrix} a_{11} \cdots\cdots a_{1n} \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \\ a_{n1} \cdots\cdots a_{nn} \end{vmatrix} > 0, \ldots, \Delta_2 = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} > 0; \ \Delta_1 = a_{11} > 0 \quad (5.107)$$

Ví dụ. Tìm min $F(X) = (x_1 - 2)^2 + (x_2 - 1)^2$

Ta có:

$$\frac{\partial F}{\partial x_1} = 2(x_1 - 2); \quad \frac{\partial F}{\partial x_2} = 2(x_2 - 1)$$

Các điểm dừng tại $\frac{\partial F}{\partial x_1} = 0; \quad \frac{\partial F}{\partial x_2} = 0$ khi $x_1^0 = 2; \quad x_2^0 = 1$

Tính được: $\frac{\partial^2 F}{\partial x_1 \partial x_2} = 0; \quad \frac{\partial^2 F}{\partial x_1^2} = 2; \frac{\partial^2 F}{\partial x_2^2} = 2$

Vậy ma trận Hessein H là:

$$\begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 0 & 2 \end{bmatrix}$$

Ma trận con chính thứ nhất bằng 2 > 0; ma trận chính thứ hai bằng 4> 0. Vì vậy ma trận Hessein là xác định dương và hàm F(X) có cực tiểu tại $X_0 = (2,1)$.

5.3.5. Giải bài toán tối ưu phi tuyến không ràng buộc bằng phương pháp sử dụng đạo hàm

Có hai phương pháp giải bài toán tối ưu phi tuyến:

– Phương pháp dùng đạo hàm: phương pháp gradient; phương pháp hướng dốc nhất; phương pháp Newton v.v.

– Phương pháp không dùng đạo hàm: phương pháp lặp trực tiếp; phương pháp Pwell; phương pháp Nelder và Mead v.v.

5.3.5.1. Phương pháp gradient

Phương pháp gradient là phương pháp được dùng phổ biến để tìm cực tiểu của hàm. Phương pháp luôn hội tụ nếu hàm có nghiệm tối ưu. Theo phương pháp này phép lặp được tính theo công thức:

$$X^{(k+1)} = X^{(k)} - \lambda^{(k)} \nabla F(X^{(k)}) \quad (5.108)$$

Trong đó:

– $k \geq 0$: bước lắp thứ k.

– $\lambda^{(k)} > 0$: là hệ số xác định độ dài của bước đi theo hướng gradient. Có thể chọn λ = const cho cả quá trình lặp, hoặc có thể chọn giá trị tối ưu của λ cho từng bước lặp theo phương pháp tối ưu 1 tham số.

– $\nabla F(X^{(k)})$: hướng ngược lại của gradient tại $X^{(k)}$.

Ban đầu ta chọn điểm xuất phát X^0 tuỳ ý. Nếu dãy X^k không hội tụ ta lấy λ nhỏ hơn. Khi λ đủ nhỏ thì X^k sẽ hội tụ về X^*.

Ví dụ. Tìm min của $f(x) = x^2 + 3$

Giải:

$$\nabla f(x) = 2x. \text{ Chọn } x^{(0)} = 1 \rightarrow 2\, x^{(0)} = 2 \neq 0$$

$$x^{(1)} = x^{(0)} - \lambda \nabla f(x^{(0)}) = 1 - 2\lambda;\ \lambda > 0.$$

$$\nabla f(x^{(1)}) = 2\, x^{(1)} = 2(1 - 2\lambda);$$

Nếu chọn $\lambda \neq 1/2$ thì $\nabla f(x^{(1)}) \neq 0$

và $x^{(2)} = (1 - 2\lambda) - 2\lambda(1 - 2\lambda) = (1 - 2\lambda)^2$

Tiếp tục sẽ được ở phép lặp thứ k có $x^{(k)} = (1 - 2\lambda)^k$

Như vậy, nếu $0 < \lambda < 1$ thì $x^{(k)} \rightarrow 0$ khi $k \rightarrow +\infty$

Điểm $x^* = 0$ là điểm cực tiểu và $f(x^*) = 3$.

5.3.5.2. Phương pháp hướng dốc nhất

Phương pháp hướng dốc nhất được thực hiện theo trình tự sau:

– Chọn điểm xuất phát; tính $\nabla F(X^{(k)})$; $\left\|\nabla F(X^{(k)})\right\|$.

– Tính véctơ đơn vị theo hướng $\nabla F(X^{(k)})$:

$$S^{(k)} = \frac{\nabla F(X^{(k)})}{\left\|\nabla F(X^{(k)})\right\|}$$

– Đặt $X^{(k)} = X^{(k)} - \lambda_k S^{(k)}$

Dùng tối ưu hoá 1 tham số:

$F(X^{(k+1)}) = F(\lambda_k) \rightarrow \min$ từ đó tìm được giá trị tối ưu λ_k^*.

– Chọn điểm mới: $X^{(k+1)} = X^{(k)} - \lambda_k^* S^{(k)}$.

Tiếp tục thực hiện các phép lặp tiếp theo.

Ví dụ. Tìm min của hàm Rosenbrock có dạng

$$F(X) = 100(x_2 - x_1^2)^2$$

Giải:

Chọn điểm xuất phát $X^{(k)} = (-0,5; 0,5)$

Tính $\nabla F(X^{(k)})$ và $\left\|\nabla F(X^{(k)})\right\|$:

$$\frac{\partial F}{\partial x_1} = 47; \quad \frac{\partial F}{\partial x_2} = 50$$

$$\left\|\nabla F(X^{(k)})\right\| = \sqrt{47^2 + 50^2} = 68,6$$

Tính véctơ đơn vị theo hướng $\nabla F(X^{(k)})$:

$$S^{(k)} = \frac{\nabla F(X^{(k)})}{\left\|\nabla F(X^{(k)})\right\|} = \frac{1}{68,6}\begin{bmatrix}47\\50\end{bmatrix} = (0,658; 0,729)^T$$

Véctơ $S^{(k)}$ vuông góc với đường cùng mục tiêu của F(X) tại $X^{(k)} = (-0,5; 0,5)$

Đặt $X^{(k)} = X^{(k)} - \lambda_k S^{(k)}$ hay: $X^{(k0} = \begin{bmatrix}-0,5\\0,5\end{bmatrix} - \lambda_k \begin{bmatrix}47\\50\end{bmatrix}$

Dùng tối ưu hoá 1 tham số:

$F(X^{(k+1)}) = F(\lambda_k) = 100[0,5 - 0.729\lambda_k - (0,5 + 0,685\lambda_k)^2] + (1,5 + 0,685\lambda_k) \rightarrow \min$; từ đó tìm được giá trị tối ưu $\lambda_k^* = 0,164$.

Chọn điểm mới: thay $\lambda = \lambda_k^* = 0,164$ vào công thức $X^{(k+1)} = X^{(k)} - \lambda_k^* S^{(k)}$.

$$X^{(k+1)} = \begin{bmatrix} -0,5 \\ 0,5 \end{bmatrix} - 0,164 \begin{bmatrix} 47 \\ 50 \end{bmatrix} \rightarrow F(X^{(k)}) = 2,6$$

Tiếp tục tính $S^{(k+1)}$, cuối cùng quá trình tính hội tụ tại $X^* = (1;1)$ và giá trị tối ưu của hàm $F(X^*) = 0$.

Cũng có thể dùng $\lambda_k = \text{const}$ cho cả quá trình lặp.

5.3.5.3. Phương pháp Newton

Phương pháp Newton được sử dụng giải phương trình có nghiệm gần đúng, đồng thời cũng là phương pháp ứng dụng để giải các bài toán tối ưu phi tuyến [7], [14].

1. Phương pháp Newton giải phương trình có nghiệm gần đúng

Phương pháp lặp Newton–Raphson là một phương pháp khá hiệu quả khi phải giải các phương trình có nghiệm gần đúng, và do đó được áp dụng khá rộng rãi đối với các bài toán thuộc hệ thống tài nguyên nước. Ta bắt đầu từ bài toán có một biến số.

a) Bài toán một chiều

Giả sử phải tìm nghiệm xấp xỉ của hàm số $f(x) = 0$. Nếu hàm $f(x)$ có đạo hàm khác không, tức là $f'(x) \neq 0$ với $\forall x$. Khi đó xấp xỉ nghiệm ở phép lặp n bất kỳ có dạng:

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)} \tag{5.109}$$

Trong đó: chỉ số n chỉ lần lặp thứ n. Phép lặp sẽ kết thúc ở lần lặp thứ n + 1 nếu thoả mãn biểu thức dưới đây:

$$|x_{n+1} - x_n| \leq \varepsilon \tag{5.110}$$

và giá trị x_{n+1} là nghiệm của phương trình.

b) Bài toán nhiều chiều

Giả sử cần tìm nghiệm xấp xỉ của hệ n phương trình tương ứng với n biến số chưa biết:

$$f_i(X) = 0 \quad \text{với } i = \overline{1,n} \tag{5.111}$$

Hoặc dưới dạng véctơ $F(X) = 0$.

Trong đó X là véctơ $X = (x_1, x_2, \ldots, x_n)$

Nghiệm gần đúng của hệ phương trình trên tại lần lặp thứ n là:

$$X_n = X_{n-1} - J(X_{n-1})^{-1} F(X_{n-1}) \quad (5.112)$$

Trong đó $F(X_{n-1})$ là giá trị của hàm số tương ứng với giá trị của X tại lần lặp thứ n–1 là X_{n-1}; X_n là giá trị gần đúng của hàm số tại lần lặp đang xét n; $J(X_{n-1})$ là ma trận Jacobien tại X_{n-1}:

$$J(X_{n-1}) = \begin{vmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial x_1} & \frac{\partial F_1}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial F_1}{\partial x_n} \\ \frac{\partial F_2}{\partial x_1} & \frac{\partial F_2}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial F_2}{\partial x_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial F_n}{\partial x_1} & \frac{\partial F_n}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial F_n}{\partial x_n} \end{vmatrix} \quad (5.113)$$

2. Phương pháp Newton giải bài toán tối ưu phi tuyến

Phương pháp này được tiến hành theo các bước sau:

– Chọn điểm xuất phát: giá trị ban đầu của $X^{(k)}$ (điểm xuất phát k = 0).

– Tính giá trị đạo hàm cấp 1 tại vị trí xuất phát:

$$\nabla_x F(X^{(k)}) = \begin{vmatrix} \frac{\partial F(X)}{\partial x_1} \\ \frac{\partial F(X)}{\partial x_2} \\ \dots \\ \dots \\ \\ \frac{\partial F(X)}{\partial x_n} \end{vmatrix} \quad (5.114)$$

– Tính ma trận Hesein theo giá trị ban đầu:

$$H(F(X^{(k)})) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 F}{\partial x_1 \partial x_2} & \dots & \frac{\partial^2 F}{\partial x_1 \partial x_n} \\ \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial^2 F}{\partial x_n \partial x_1} & \dots & \frac{\partial^2 F}{\partial x_n \partial x_n} \end{bmatrix} \quad (5.115)$$

– Chọn giá trị mới:

$$X^{(k+1)} = X^{(k)} + \lambda_k^* \, H(F(X^{(k)}) . \nabla_x F(X^{(k)}) = X^{(k)} + \lambda_k^* . S^{(k)}.$$

Và tiếp tục với các phép lặp tiếp theo cho đến khi λ_k^* đủ nhỏ sẽ được nghiệm tối ưu.

Ví dụ:

Tìm (x_1, x_2) sao cho cực tiểu hàm mục tiêu:

$$F(X) = 4x_1 + x_2 + \frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} \rightarrow \min \tag{5.116}$$

Giải:

Chọn điểm xuất phát: giá trị ban đầu của $X^{(0)} = (1,13; 3,56)$.

Tính giá trị đạo hàm cấp 1 tại vị trí xuất phát:

$$\nabla_x F(X^{(0)}) = \begin{vmatrix} 4 - \frac{1}{x_1^2} \\ 1 - \frac{1}{x_2^2} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 3,21 \\ 0,92 \end{vmatrix}$$

tương ứng với giá trị xuất phát được chọn $X^{(0)} = (1,13; 3,56)$.

Tính ma trận Hesein theo giá trị ban đầu:

$$H(F(X^{(0)})) = \begin{bmatrix} \frac{2}{x_1^3} & 0 \\ 0 & \frac{2}{x_2^3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,41 & 0 \\ 0 & 0,04 \end{bmatrix}$$

Giá trị:

$$H^{-1}(F(X^{(0)})) = \begin{bmatrix} 0,71 & 0 \\ 0 & 25 \end{bmatrix}$$

Chọn giá trị mới: $X^{(1)} = X^{(0)} + \lambda_k^* \; H^{-1}(F(X^{(0)})).F_1 = F(x_1^0 - a_1, x_2^0 ... x_n^0)$

$$X^{(1)} = \begin{vmatrix} 1,13 \\ 3,56 \end{vmatrix} - \lambda_k \begin{bmatrix} 2,71 & 0 \\ 0 & 25 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 4,21 \\ 0,92 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,13 \\ 3,56 \end{bmatrix} - \lambda_k \begin{bmatrix} 2,28 \\ 23 \end{bmatrix} \rightarrow \lambda_k^* = 0,112$$

Chọn được biến mới là:

$$X^{(1)} = \begin{bmatrix} 1,13 \\ 3,56 \end{bmatrix} - 0,112 \begin{bmatrix} 2,28 \\ 23 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,88 \\ 0,98 \end{bmatrix}$$

Sau khi chọn biến mới $X^{(1)}$ tiếp tục phép lặp được kết quả tối ưu $X^* = (0,5;1)$. Phương pháp kết thúc ở bước thứ 2. Nếu áp dụng phương pháp hướng dốc nhất với ví dụ này phải mất 20 bước mới đạt điểm tối ưu.

5.3.6. Giải bài toán tối ưu phi tuyến không ràng buộc bằng phương pháp không dùng đạo hàm

Các bài toán dạng cổ điển được giải bằng cách tìm đạo hàm và xác định các điểm dừng chỉ phù hợp với những dạng bài toán có thể hàm hoá được. Ngoài ra cần chứng minh sự tồn tại nghiệm và các đạo hàm tương ứng.

Trong các bài toán kỹ thuật những điều kiện này rất khó thoả mãn, bởi vậy người ta tìm nghiệm của bài toán bằng các phương pháp dò tìm tối ưu. Các phương pháp loại này áp dụng cho cả bài toán có ràng buộc và không ràng buộc.

Phương pháp phổ biến được áp dụng hiện nay là phương pháp dò tìm trực tiếp theo bước. Trong tài liệu này sẽ trình bầy một số phương pháp thường được áp dụng trong lĩnh vực phát triển tài nguyên nước.

5.3.6.1. Phương pháp dò tìm theo hướng của Hooke–Jeeves

Phương pháp Hooke – Jeeves có thể gọi là phương pháp di chuyển theo hướng có thể đến điểm cực trị. Sự dò tìm theo hướng có thể được thực hiện theo từng toạ độ của véctơ X.

1. Bài toán

Tìm giá trị của véctơ $X = (x_1, x2,...,x_n)$ sao cho:

$$F(X) \rightarrow \min \text{ với } X \in R^n$$

2. Cách giải

Giải bài toán trên theo các bước như sau:

Bước 1. Lựa chọn toạ độ ban đầu làm điểm xuất phát:

$$X^0 = (x_1^0, x_2^0,..., x_n^0) \tag{5.117}$$

Tương ứng ta có:

$$F(X^0) = F(x_1^0, x_2^0,...,x_n^0) \tag{5.118}$$

Bước 2. Chọn một biến bất kỳ trong véctơ X và dò tìm hướng có thể cho biến ấy. Ta bắt đầu với biến đầu tiên x_1, các biến khác được giữ nguyên giá trị ban đầu. Giả sử tăng giá trị của x_1 một giá trị Δx_1.

Ta có:

$$x_1^1 = x_1^0 + \Delta x_1 \tag{5.119}$$

Bước 3. Tính giá trị $F_1 = F(x_1^0 + \Delta x_1, x_2^0,...,x_n^0)$

và tính $$\Delta F_1 = F_1 - F(X_0) \tag{5.120}$$

Bước 4. Kiểm tra điều kiện:

Nếu $\Delta F_1 < 0$ chứng tỏ hướng di chuyển là đúng, ta cố định điểm đó với x_1 và dò sang biến khác. Ta có:

$$x_1^1 = x_1^0 + \Delta x_1 \tag{5.121}$$

Nếu $\Delta F_1 \geq 0$ hướng dò này không về được min (không đạt). Ta phải dò theo hướng ngược lại (lùi) lấy: $x_1^1 = x_1^0 - \Delta x_1$

Tiếp tục tính

$$F_1 = F(x_1^0 - \Delta x_1, x_2^0 ..., x_n^0) \text{ và } \Delta F_1' = F_1 - F(X^0)$$

Nếu $\Delta F_1' < 0$, chứng tỏ hướng dò tìm đúng, ta cố định điểm đó và dò tìm cho biến tiếp theo, tức là:

$$x_1^1 = x_1^0 - \Delta x_1 \tag{5.122}$$

Nếu $\Delta F_1' \geq 0$, hướng dò tìm không đạt, tức là rơi vào tình trạng "tiến thoái lưỡng nan". Trong trường hợp này ta giữ nguyên biến x_1, tức là "không tiến cũng không lùi":

$$x_1^1 = x_1^0 \tag{5.123}$$

và dò sang biến tiếp theo.

Bước 5. Dò tìm theo hướng có thể của biến thứ hai: Trong khi biến thứ nhất đã được cố định theo một trong các biểu thức (5.121) ÷(5.123). Giả sử chọn một gia lượng Δx_2 cho biến thứ hai ta có:

Chọn $x_2^1 = x_2^0 + \Delta x_2$ và tính $F_2 = F(x_1^1, x_2^0 + \Delta x_2, x_3^0 ..., x_n^0)$

Bước 6. Tính: $\Delta F_2 = F_2 - F_2$

Nếu $\Delta F_2 < 0$. Ta có hướng di chuyển đạt yêu cầu, ta cố định toạ độ x_2 và dò tìm cho biến tiếp theo, tức là chọn:

$$x_2^1 = x_2^0 + \Delta x_2 \tag{5.124}$$

$\Delta F_2 \geq 0$. Hướng dò tìm không đạt phải lùi.

Ta chọn $x_2^1 = x_2^0 - \Delta x_2$ và tính $F_2 = F(x_1^1, x_2^0 - \Delta x_2, x_3^0 ..., x_n^0)$

Tính $\Delta F_2' = F_2 - F_1$

Nếu $\Delta F_2' < 0$. Hướng dò tìm đạt yêu cầu và cố định điểm đó chọn:

$$x_2^1 = x_2^0 - \Delta x_2 \quad (5.125)$$

Và tiếp tục dò tìm cho biến tiếp theo.

Trong trường hợp ngược lại, tương tự như đối với biến thứ nhất, ta giữ giá trị của biến thứ hai, tức là:

$$x_2^1 = x_2^0 \quad (5.126)$$

và chuyển sang dò tìm cho biến sau.

Bước 7. Tiếp tục làm như các bước trên cho đến bước cuối cùng là x_n. Ta kết thúc lần lặp thứ nhất.

Bước 8. Sau khi đã kết thúc lần lặp thứ nhất, tính giá trị $F(X_1)$, với:

$$X^1 = (x_1^1, x_2^1, \ldots, x_n^1) \quad (5.127)$$

Bước 9. Kiểm tra điều kiện:

$$\Delta F = F(X^1) - F(X^0) < 0 \quad (5.128)$$

Nếu (5.128) không thoả mãn, chuyển sang bước 10.

Nếu (5.128) thoả mãn, sự dò tìm theo hướng này (xu thế chung đối với tất cả các tham biến) đạt yêu cầu. Kiểm tra thêm điều kiện:

$$|\Delta F| \le \varepsilon \quad (5.129)$$

Trong đó ε là số dương cho trước tuỳ ý (sai số của kết quả dò tìm điểm cực trị)

Nếu (5.129) thoả mãn, kết thúc công việc dò tìm và nghiệm tối ưu của bài toán là:

$$X^* = (x_1^*, x_2 \ldots . x_n^*) \quad (5.130)$$

Nếu (5.129) không thỏa mãn, có nghĩa là hướng di chuyển là đúng nhưng chưa đến điểm cực tiểu với sai số cho trước ε

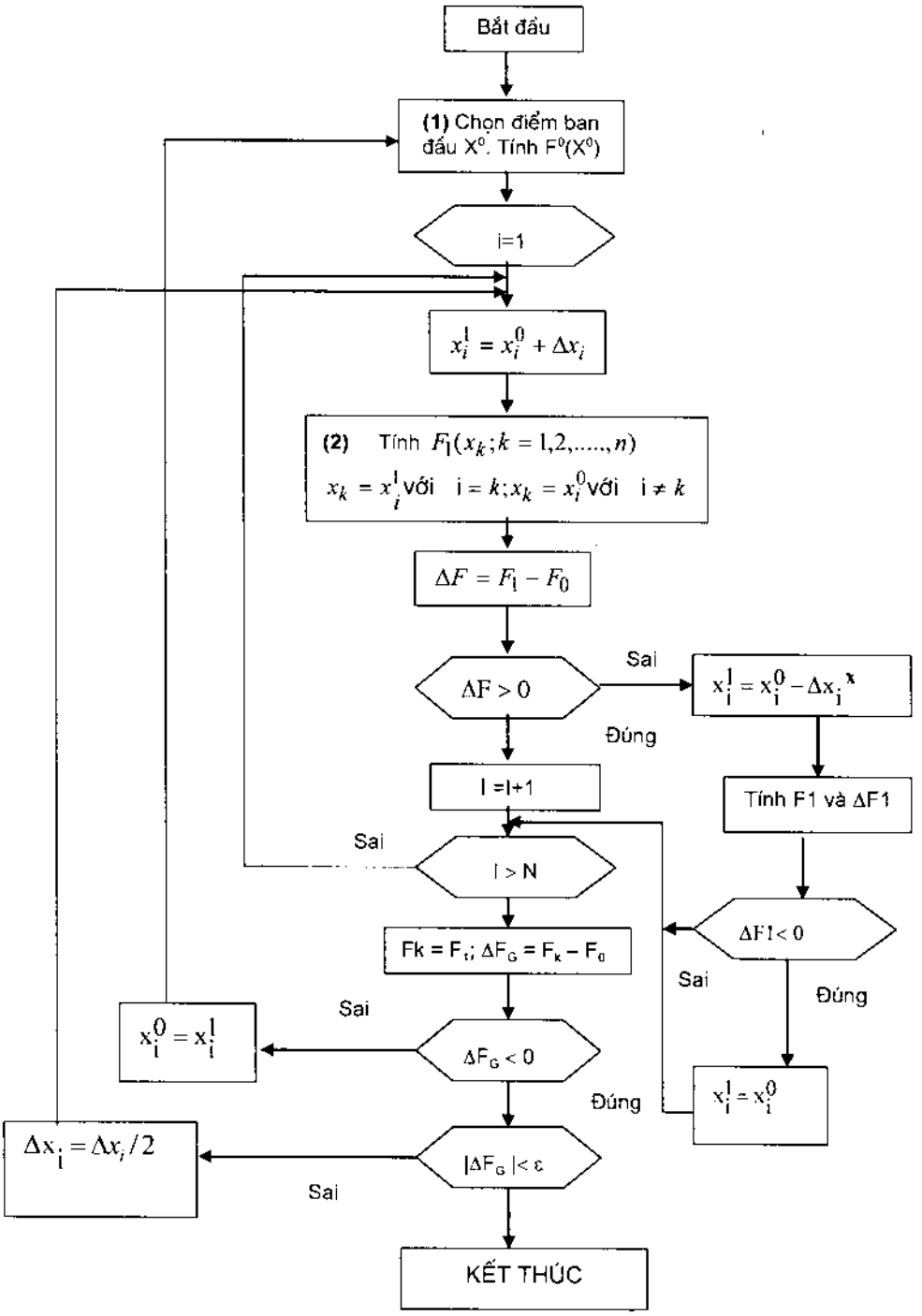
Ta tiếp tục dò tìm tiếp, nhưng toạ độ ban đầu cho lần dò tìm tiếp theo là điểm kết thúc đối với lần dò tìm trước, tức là: $X_o = X_1$, đồng thời bước dò tìm được chọn như lần dò tìm trước đó, tức là:

$$\text{lấy} \quad \Delta x_i^2 = \Delta x_i^1 \quad i = \overline{1,n}$$

Bước 10. Trong trường hợp $\Delta F \ge 0$, chứng tỏ hướng dò tìm không đạt do đã vượt quá điểm có giá trị min. Kiểm tra điều kiện:

$$\Delta x_i^k < \varepsilon_1 \text{ với mọi } i \quad (5.131)$$

với ε_1 là sai số cho trước đối với các Δx_i với mọi i.



Hình 5.9. **Sơ đồ tính dò tìm tối ưu theo phương pháp Hooke–Jeeves**

Nếu (5.131) thoả mãn, kết thúc dò tìm và nghiệm của bài toán chính là giá trị X tại bước lặp này.

Trong trường hợp ngược lại cần chia nhỏ bước dò tìm bằng cách chọn:

$$\Delta x_i^2 = \frac{1}{2}\Delta x_i^1$$

và tiếp tục quay lại từ bước đầu tiên, cho đến khi đạt được các điều kiện (5.129) và (5.131).

Hình 5.9 là sơ đồ dò tìm theo Hooke – Jeeves.

5.3.6.2. Phương pháp dò tìm theo mẫu

1. Bài toán

Tìm giá trị của véctơ $X = (x_1, x_2,...,x_n)$ sao cho:

$$F(X) \rightarrow \min \text{ với } X \in R^n$$

2. Cách giải

Giải bài toán trên theo các bước thực hiện cho bước thứ k (bắt đầu từ k = 0):

Tìm thăm dò bước I (Công đoạn I): Được chia thành các bước nhỏ như sau:

Bước 1. Lựa chọn toạ độ ban đầu làm điểm xuất phát:

$$X^{(k)} = (x_1^{(k)}, x_2^{(k)}, ..., x_n^{(k)}) \quad (5.132)$$

(Nếu bắt đầu từ điểm xuất phát k = 0 thì toạ đầu là: $x^{(0)} = (x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, ..., x_n^{(0)})$)

Tương ứng ta có:

$$F(X^{(k)}) = F(x_1^{(k)}, x_2^{(k)}, ..., x_n^{(k)}) \quad (5.133)$$

Bước 2. Chọn một biến bất kỳ trong véctơ X và dò tìm hướng có thể cho biến ấy. Ta bắt đầu biến đầu tiên x_1, các biến khác được giữ nguyên giá trị ban đầu. Giả sử ta tăng giá trị của x_1 một giá trị Δx_1.

Ta có: $$x_1^{(k+1)} = x_1^{(k)} + \Delta x_1 \quad (5.134)$$

Bước 3. Tính giá trị $F_1 = F(x_1^{(k)} + \Delta_1, x_2^{(k)}..., x_n^{(k)})$

và tính $$\Delta F_1 = F_1 - F(X^{(k)}) \quad (5.135)$$

Bước 4. Kiểm tra điều kiện:

Nếu $\Delta F_1 < 0$, chứng tỏ hướng di chuyển là đúng ta cố định điểm đó với x_1 và dò sang biến khác.

Tức là lấy $$x_1^{(k+1)} = x_1^{(k)} + \Delta x_1 \quad (5.136)$$

Nếu $\Delta F_1 \geq 0$ hướng dò này không về được min (không đạt). Ta phải dò theo hướng ngược lại (lùi), lấy: $x_1^{(k+1)} = x_1^{(k)} - \Delta x_1$

Tiếp tục tính $F_1 = F(x_1^{(k)} + \Delta x_1, x_2^{(k)}..., x_n^{(k)})$ và $\Delta F_1' = F_1 - F(X^{(k)})$

Nếu $\Delta F_1' < 0$, chứng tỏ hướng dò tìm đúng, ta cố định điểm đó và dò tìm cho biến tiếp theo, tức là:

$$x_1^{(k+1)} = x_1^{(k)} - \Delta x_1 \quad (5.137)$$

Nếu $\Delta F_1' \geq 0$, hướng dò tìm không đạt, tức là rơi vào tình trạng "tiến thoái lưỡng nan". Trong trường hợp này ta giữ nguyên biến x_1, tức là "không tiến cũng không lùi":

$$x_1^{(k+1)} = x_1^{(k)} \quad (5.138)$$

và dò sang biến tiếp theo.

Bước 5. Dò tìm theo hướng có thể của biến thứ hai: Trong khi biến thứ nhất đã được cố định theo một trong các biểu thức (5.136) ÷ (5.138). Giả sử chọn một gia lượng Δx_2 cho biến thứ hai ta có:

Chọn $x_2^{(k+1)} = x_2^{(k)} + \Delta x_2$ và tính $F_2 = F(x_1^{(k)}, x_2^{(k)} + \Delta x_2, x_3^{(k)}..., x_n^{(k)})$

Bước 6. Tính:

$$\Delta F_2 = F_2 - F_1$$

Nếu $\Delta F_2 < 0$. Ta có hướng di chuyển đạt yêu cầu, ta cố định toạ độ x_2 và dò tìm cho biến tiếp theo, tức là chọn:

$$x_2^{(k+1)} = x_2^{(k)} + \Delta x_2 \quad (5.139)$$

$\Delta F_2 \geq 0$. Hướng dò tìm không đạt phải lùi.

Ta chọn $x_2^{(k+1)} = x_2^{(k)} - \Delta x_2$ và tính $F_2 = F(x_1^{(k+1)}, x_2^{(k)} - \Delta x_2, x_3^{(k)}..., x_n^{(k)})$

Tính $\Delta F_2' = F_2 - F_1$

Nếu $\Delta F_2' < 0$. Hướng dò tìm đạt yêu cầu và cố định điểm đó, chọn:

$$x_2^{(k+1)} = x_2^{(k)} - \Delta x_2 \quad (5.140)$$

và tiếp tục dò tìm cho biến tiếp theo.

Trong trường hợp ngược lại, tương tự như đối với biến thứ nhất, ta giữ giá trị của biến thứ hai, tức là:

$$x_2^{(k+1)} = x_2^{(k)} \quad (5.141)$$

và chuyển sang dò tìm cho biến sau.

Bước 7. Tiếp tục làm như các bước trên dãy cho đến biến cuối cùng là x_n. Ta kết thúc lần lặp thứ nhất.

Như vậy trong dò tìm bước I, tại mỗi bước dịch chuyển theo biến độc lập, giá trị hàm mục tiêu được so sánh với giá trị của nó tại điểm trước. Nếu hàm mục tiêu được cải thiện tại bước nào đó thì giá trị cũ được thay thế bằng giá trị mới. Nếu hàm mục tiêu không được cải thiện thì giữ nguyên giá trị cũ.

Tìm theo mẫu (Công đoạn II)

Sau khi đã kết thúc lần lặp ở công đoạn 1, ta xác định được giá trị:

$$X^{(k+1)} = (x_1^{(k+1)}, x_2^{(k+1)}, \ldots, x_n^{(k+1)}) \quad (5.142)$$

Ở bước tìm theo mẫu này ta lấy:

$$X^{(k+2)} = mX^{(k+1)} - X^{(b)} \quad (5.143)$$

Tức là:

$$x_i^{(k+2)} = m\, x_i^{(k+1)} - x_i^{(b)} \quad (5.144)$$

Dò theo mẫu sẽ có toạ độ mới là:

$$X^{(k+2)} = (x_1^{(k+2)}, x_2^{(k+2)}, \ldots, x_n^{(k+2)}) \quad (5.145)$$

Tính hàm mục tiêu: $F(X^{(k+2)}) = F(x_1^{(k+2)}, x_2^{(k+2)}, \ldots, x_n^{(k+2)})$

Trong đó: $x_i^{(b)}$ là điểm cơ sở ở lần lặp đầu $X^{(b)} = X^{(k)}$

m là số biến dò tìm cần thiết. Ví dụ với $F(x_1, x_2)$ thì m = 2.

Bước thăm dò theo mẫu chỉ để xác định toạ độ mới cho thăm dò bước 2. Việc kết luận thăm dò theo mẫu có thành công hay không chỉ được kết luận sau khi thực hiện thăm dò bước II.

Thăm dò bước II (Công đoạn III)

Bước 1. Thăm dò ở bước II được thực hiện theo các bước tương tự như thăm dò ở bước I, điểm xuất phát là điểm thăm dò theo mẫu X^{k+2}. Thăm dò ở bước II được thực hiện đến biến thứ n sẽ được toạ độ mới:

$$X^{(k+3)} = (x_1^{(k+3)}, x_2^{(k+3)}, \ldots, x_n^{(k+3)}) \quad (5.146)$$

Và tính: $F(X^{(k+3)}) = F\left(x_1^{(k+3)}, x_2^{(k+3)}, \ldots, x_n^{(k+3)}\right)$

Bước 2. Kiểm tra sự thành công của thăm dò theo mẫu:

Nếu $F(X^{(k+3)}) \leq F(X^{(k+1)})$, thì thăm dò theo mẫu được coi là kết quả. Khi đó điểm cơ sở là:

$$X^{(b)} = X^{(k+1)} \quad (5.147)$$

Tiếp tục thăm thăm dò theo mẫu (quay lại công đoạn II) nhưng điểm xuất phát là $X^{(k+3)}$, lấy:

$$X^{(k+4)} = mk^{(k+3)} - X^{(b)} = mX^{(k+3)} - X^{(k+1)}$$

Tức là:

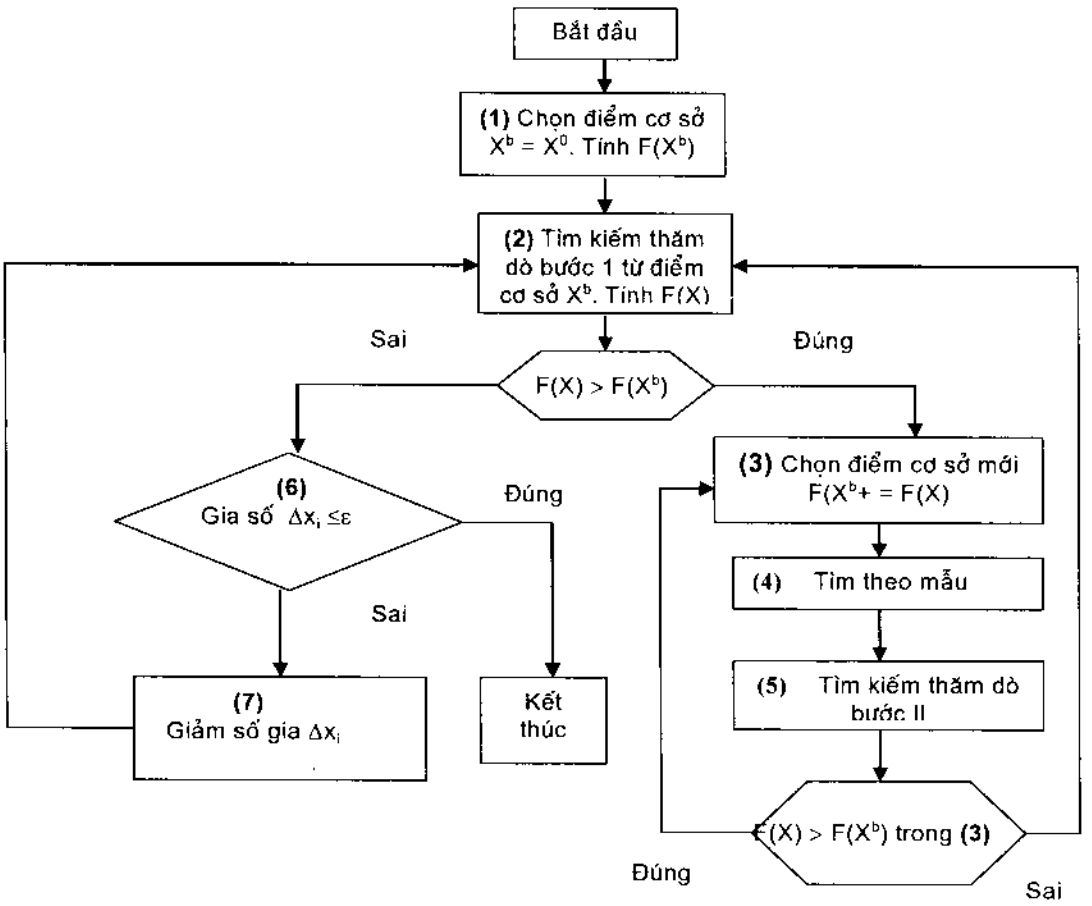
$$x_i^{(k+4)} = m\, x_i^{(k+3)} - x_i^{(b)} = m\, x_i^{(k+3)} - x_i^{(k+1)} \quad (5.148)$$

Nếu $F(X^{(k+3)}) > F(X^{(k+1)})$, thì thăm dò theo mẫu được coi là thất bại. Quay lại thăm dò bước I (quay lại công đoạn I) sao cho xác định được hướng mới có hiệu quả. Nhưng điểm xuất phát bây giờ là điểm xuất phát của thăm dò bước II của lần thất bại này $(X^{(k+2)})$.

Nếu tiếp tục thăm dò ở bước I liên tiếp không cho hướng mới thành công thì sẽ phải giảm giá trị của Δx_i cho đến khi hoặc tìm được hướng mới có hiệu quả, hoặc khi a_i nhỏ hơn một giá trị cho phép.

Việc giảm giá trị hàm F(X) khi các giá trị Δx_i khá bé chính là nghiệm của bài toán.

Thuật toán của phép lặp này được trình bày ở hình 5.10.



***Hình 5.10.* Sơ đồ thuật toán dò tìm trực tiếp – Dò theo mẫu**

Phương pháp này khác với phương pháp dò tìm Hooke–Jeeves như sau: Sau khi dò tìm theo biến số đã hoàn thành đối với tất cả các biến số, phương pháp Hooke–Jeeves sẽ chọn toạ độ đã di chuyển tới làm toạ độ xuất phát cho lần dò tìm tiếp theo, còn ở phương

pháp dò tìm theo mẫu lại tìm điểm xuất phát mới để kiểm tra hướng di chuyển tiếp theo. Với cách làm này, phương pháp dò tìm theo mẫu sẽ hạn chế được tình trạng không thoát ra được các cực trị địa phương.

Nói chung các phương pháp không dùng đạo hàm khắc phục được các trường hợp mà hàm mục tiêu không được trình bày dưới dạng hàm tường, nhưng có nhược điểm là dễ bị rơi vào các cực trị địa phương và do đó không tìm được đúng nghiệm của bài toán. Để khắc phục nhược điểm này người ta thực hiện nhiều lần dò tìm với toạ độ ban đầu được chọn khác nhau.

3. Ví dụ minh hoạ

Bài toán

Tìm giá trị của véctơ $X = (x_1, x_2)$ sao cho:

$$F(X) = \frac{1}{(x_1+1)^2 + x_2^2} \rightarrow \max$$

Giải:

Giải bài toán trên theo các bước thực hiện cho bước thứ k (bắt đầu từ k = 0):

• *Tìm thăm dò bước I:*

Bước 1. Lựa chọn toạ độ ban đầu làm điểm xuất phát:

$X^0 = (2,0; 2,8)$. Chọn $\Delta X = (0,6; 0,84)$

Tính: $F(X^0) = 0,059$.

Bước 2. Chọn một biến bất kỳ trong véctơ X và dò tìm hướng có thể cho biến ấy. Ta bắt đầu với biến đầu tiên x_1. Giả sử ta tăng giá trị Δx_1.

Ta có: $x_1^{(1)} = x_1^{(0)} + \Delta x_1 = 2,0 + 0,6 = 2,6$

Tính giá trị $F_1 = F(x_1^{(0)} + \Delta x_1, x_2^{(0)}) = F(2,6; 2,8) = 0,048 < F(X^0) = 0,059$.

Hướng di chuyển không đạt.

Lấy: $x_1^{(1)} = x_1^{(0)} - \Delta x_1 = 2,0 - 0,60 = 1,4$

Tính giá trị $F_1 = F(x_1^{(0)} - \Delta x_1, x_2^{(0)}) = F(1,4; 2,8) = 0,073 > F(X^0) = 0,059$.

Hướng di chuyển đạt yêu cầu.

Bước 3. Dò sang biến thứ 2:

Ta có: $x_2^{(1)} = x_2^{(0)} + \Delta x_2 = 2,8 + 0,84 = 3,64$

Tính giá trị $F_1 = F(x_1^{(1)}; x_2^{(0)} + \Delta x_2) = F(1,4; 3,64) = 0,052 < F(X^0) = 0,059$.

Hướng di chuyển không đạt.

Lấy: $x_2^{(1)} = x_2^{(0)} - \Delta x_2 = 2,8 - 0,84 = 1,96$

Tính giá trị $F_1 = F(x_2^{(0)} - \Delta x_2, x_1^{(1)}) = F(1,4; 1,94) = 0,104 > F(X^0) = 0,059$.

Hướng di chuyển đạt yêu cầu.

Như vậy, tìm thăm dò bước I đạt yêu cầu và lấy $X^{(1)} = (1,4; 1,94)$

• *Tìm theo mẫu*

Tính theo mẫu ta lấy:

$$x_i^{(k+2)} = m\, x_i^{(k+1)} - x_i^{(b)}$$

Ta có: $x_i^{(2)} = 2x_i^{(1)} - x_i^{(0)}$ tìm được $x_1^{(2)} = 2(1,4) - 2 = 0,8$; $x_2^{(2)} = 2(1,96) - 2,8 = 1,12$

Dò theo mẫu sẽ có toạ độ mới là:

$$X^{(2)} = (x_1^{(2)}, x_2^{(2)}) = (0,8; 1,12)$$

Tính hàm mục tiêu: $F(X^{(2)}) = F(x_1^{(2)}, x_2^{(2)}) = 0,22$

• *Thăm dò bước II*

Thăm dò ở bước II được thực hiện theo các bước tương tự như thăm dò ở bước I, điểm xuất phát là điểm thăm dò theo mẫu $X^{(2)}$. Thăm dò ở bước II được thực hiện đến biến thứ n sẽ được toạ độ mới:

Ta có: $x_1^{(3)} = x_1^{(2)} + \Delta x_1 = 0,8 + 0,6 = 1,4$

Tính giá trị $F_1 = F(x_1^{(3)} + \Delta x_1, x_2^{(2)}) = F(1,4; 1,12) = 0,14 < F(x^2) = 0,22$

Hướng di chuyển không đạt.

Lấy: $x_1^{(3)} = x_1^{(2)} - \Delta x_1 = 0,8 - 0,60 = 0,2$

Tính giá trị $F_1 = F(x_1^{(3)} - \Delta x_1, x_2^{(2)}) = F(0,2; 1,12) = 0,38 > F(x^2) = 0,22$

Hướng di chuyển đạt yêu cầu.

Dò sang biến thứ 2:

Ta có: $x_2^{(3)} = x_2^{(2)} + \Delta x_2 = 1,12 + 0,84 = 1,96$

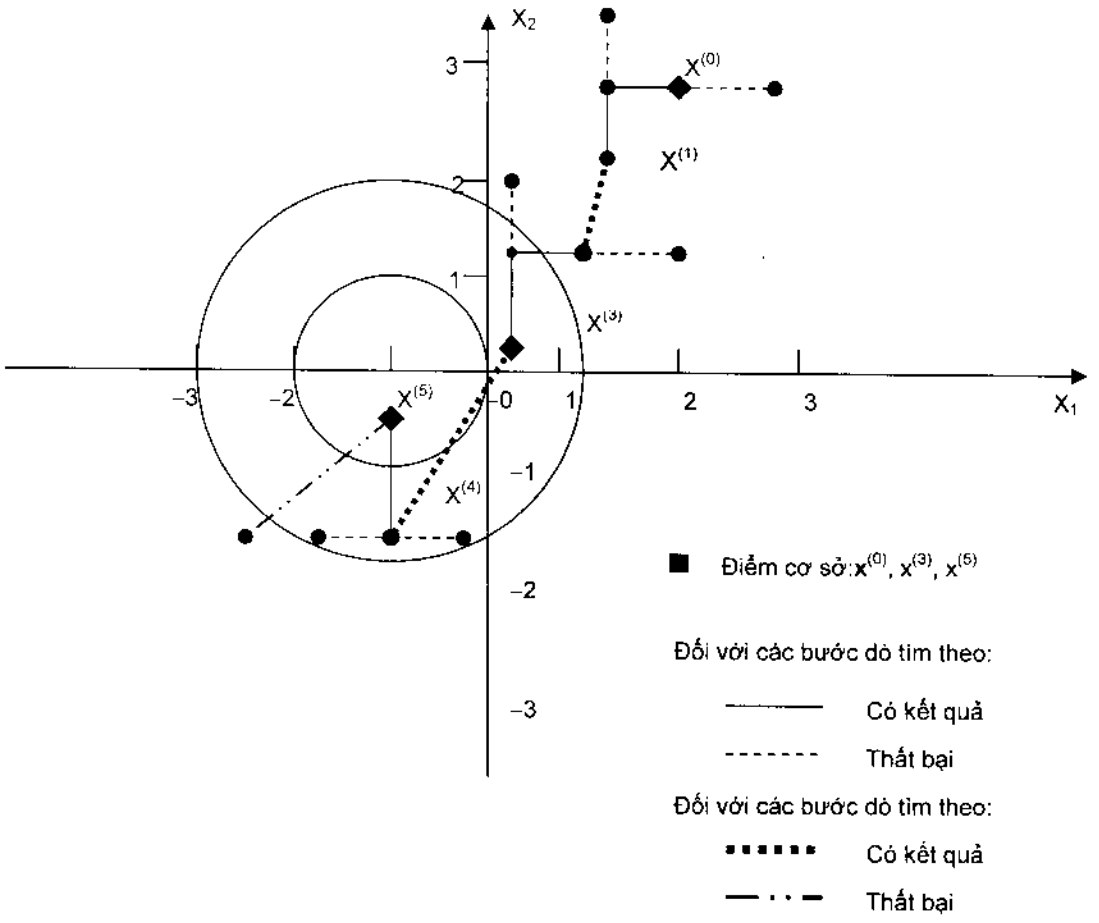
Tính giá trị $F_1 = F(x_1^{(3)}; x_2^{(2)} + \Delta x_2) = F(0,2; 1,96) = 0,19 < F(x^2) = 0,22$

Hướng di chuyển không đạt.

Lấy: $x_2^{(3)} = x_2^{(2)} - \Delta x_2 = 1,12 - 0,84 = 0,28$

Tính giá trị $F_1 = F(x_2^{(2)} - \Delta x_2, x_1^{(3)}) = F(0,2; 0,28) = 0,104 > F(x^2) = 0,22$

Hướng di chuyển đạt yêu cầu.



Hình 5.11. **Minh hoạ quá trình dò tìm theo mẫu của bài toán ví dụ**

Như vậy, tìm thăm dò bước II đạt yêu cầu và lấy $X^{(3)} = (0,2; 0,28)$

Tính: $F(X^{(3)}) = F(X^{(3)}) = (x_1^3, x_2^3) = F(0,2;0,28) = 0,67$

3. Kiểm tra sự thành công của thăm dò theo mẫu

Ta có: $F(X^{(3)}) = 0,67 > F(X^{(1)}) = 0,105$. Việc thăm dò theo mẫu đã có kết quả.

Điểm cơ sở mới bây giờ là: $X^{(b)} = X^{(1)} = (1,4; 1,96)$

Tiếp tục thăm thăm dò theo mẫu với điểm xuất phát là $X^{(3)}$, lấy:

$$X^{(4)} = mX^{(3)} - X^{(1)} = mX^{(3)} - X^{(1)}$$

Tức là:

$$x_1^{(4)} = 2\,(0,2) - 1,4 = -1;\ x_2^{(4)} = 2(0,28) - 1,96 = -1,4$$

Tính $F(X^{(4)}) = F\,(-1; -1,4) = 0,51$

Thăm dò bước II với điểm xuất phát là $X^{(4)} = (-1; -1,4)$ và $F(X^{(4)}) = 0,51$

Tính giá trị $F_1 = F(x_1^{(4)} + \Delta x_1, x_2^{(4)}) = F(-1,4; -1,4) = 0,43 < F(X^4) = 0,51$

Hướng di chuyển không đạt.

Lấy: $x_1^{(5)} = x_1^{(4)} - \Delta x_1 = -1 - 0,60 = -1,6$

Tính giá trị $F_1 = F(x_1^{(4)} - \Delta x_1, x_2^{(4)}) = F(-1,6; -1,4) = 0,43 < F(X^4) = 0,51$

Hướng di chuyển không đạt yêu cầu. Lấy $x_1^{(5)} = -1$:

Ta có $x_1^{(5)} = x_1^{(4)} + \Delta x_1 = -1 + 0,6 = -1,4$

Dò sang biến thứ 2:

Ta có $x_2^{(5)} = x_2^{(4)} + \Delta x_2 = -1,4 + 0,84 = -0,56$

Tính giá trị $F_1 = F(x_1^{(5)}; x_2^{(4)} + \Delta x_2) = F(-1; -0,56) = 3,18 > F(X^4) = 0,51$

Hướng di chuyển đạt yêu cầu.

Ta có: $F(X^{(5)}) = 3,18 > F(X^{(3)}) = 0,5$. Việc thăm dò theo mẫu có kết quả. Điểm cơ sở mới bây giờ là:

$$X^{(b)} = X^{(3)} = (0,2; 0,28)$$

Tiếp tục tìm theo mẫu với điểm xuất phát $X^{(5)}$ và điểm cơ sở $X^{(b)} = X^{(3)}$

$$x_1^{(6)} = 2(-1) - 0,2 = -2,2;\ x_2^{(6)} = 2.(-0,56) - 0,28 = -1,5.$$

Tìm được $F(X^{(6)}) = F(-2,2; -1,4) = 0,29$

Tiếp tục thăm dò bước II so sánh với với $F(X^{(6)})$:

$$x_1^{(7)} = -2,2 + 0,6 = -1,6 \rightarrow F(-1,6; -1,4) = 0,43 > F(X^{(6)}) = 0,29$$

Bước thăm dò có kết quả.

$$x_2^{(7)} = -1,4 + 0,84 = -0,56 \rightarrow F(-1,6; -0,56) = 1,49 > F(X^{(6)}) = 0,29$$

Vì $F(X^{(7)}) = F(-1,6; -0,56) = 1,49 < F(X^{(5)}) = 3,18$ nên mặc dù thăm dò bước II có kết quả nhưng kết quả dò tìm theo mẫu được coi là không thành công.

Do vậy, ta phải dò tìm bước I với điểm xuất phát là $X^{(5)}$. Tiếp tục làm như vậy cho đến khi tìm kiếm hiệu quả. Đối với ví dụ này tìm được tối ưu là:

$$X^* = (-1,0; 0,0) \text{ và } F(X^*) = \infty.$$

Hình 5.11 minh hoạ quá trình dò tìm theo mẫu của bài toán ví dụ trên.

5.3.7. Bài toán tối ưu có ràng buộc

Các bài toán tối ưu có ràng buộc được gọi là các bài toán cực trị vướng. Có hai loại loại ràng buộc: ràng buộc đẳng thức và ràng buộc bất đẳng thức.

5.3.7.1. Bài toán ràng buộc đẳng thức

Phát biểu bài toán

Bài toán tối ưu với ràng buộc đẳng thức có dạng:

$$F(X) \rightarrow \min \tag{5.149}$$

Ràng buộc: $g_j(X) = b_j\ ,\ j=\overline{1,m}$ (5.150)

với: $X = (x_1, x_2,..., x_n) \in R^n$ (5.151)

Phương pháp giải

Để giải bài toán loại này người ta tìm cách đưa bài toán tối ưu về loại không ràng buộc bằng phương pháp hàm phạt, hoặc phương pháp nhân tử Lagrange.

Trong tài liệu này giới thiệu phương pháp nhân tử Lagrange (L).

Thiết lập hàm số Lagrange (L), có dạng:

$$L(X,\lambda) = F(X) + \sum_{j=1}^{m} \lambda_j \left[g_j(X) - b_j \right] \tag{5.152}$$

trong đó: $L(X,\lambda.)$ là hàm Lagrange; λ là véctơ nhân tử Lagrange:

$$\lambda = (\lambda_1, \lambda_2,...,\lambda_j,...,\lambda_m)$$

Người ta chứng minh được rằng nghiệm tối ưu của hàm $L(X, \lambda)$ cũng là nghiệm tối ưu của hàm $F(X)$ với ràng buộc

$$\min(\max)\ L(X, \lambda) = \min(\max)\ F(X) \tag{5.153}$$

Như vậy, với việc thiết lập hàm Lagrange bài toán ràng buộc đẳng thức được đưa về bài toán không ràng buộc. Tuy nhiên, số biến của bài toán tăng thêm m biến λ_j.

Bằng cách lập hàm Lagrange, đã đưa bài toán ràng buộc đẳng thức về dạng bài toán tối ưu cổ điển không ràng buộc. Đến đây, ta có thể áp dụng các cách giải của bài toán phi tuyến không có ràng buộc cho bài toán này.

Các điểm dừng của hàm $L(X, \lambda)$ là:

$$\frac{\partial L}{\partial x_i} = \frac{\partial F}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i}\left(\sum_{j=1}^{m} \lambda_j (G_j(X) - b_j) \right) \tag{5.154}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{\partial L}{\partial x_i} = \frac{\partial F}{\partial x_i} + \sum_{j=1}^{m} \lambda_j \frac{\partial G_j(X)}{\partial x_i} = 0,\ i=\overline{1,n} \tag{5.155}$$

và $$\frac{\partial L}{\partial \lambda_K} = \sum_{j=1}^{m} (G_j(X) - b_j) \frac{\partial \lambda_j}{\partial \lambda_K} = 0$$

$$\Rightarrow \quad \frac{\partial L}{\partial \lambda_K} = (G_K(X) - b_K),\ K=\overline{1,m} \tag{5.156}$$

vì với $j \neq K$ có $\dfrac{\partial \lambda_j}{\partial \lambda_K} = 0$.

Như vậy ta phải giải hệ n + m phương trình sẽ tìm ra n + m nghiệm của x_i và λ_j.

5.3.7.2. Bài toán ràng buộc bất đẳng thức

Phát biểu bài toán

Bài toán tối ưu với ràng buộc bất đẳng thức được viết dưới dạng:

$$F(X) \rightarrow \min \tag{5.157}$$

với $$G_j(X) \le b_j\ ,\ j=\overline{1, m} \tag{5.158}$$

Chú ý:

Đối với bài toán tìm cực đại dạng: $F(X) \rightarrow \max$ có thể đưa về dạng tìm cực tiểu bằng cách tìm cực tiểu của hàm $-F(X)$, tức là:

$$\max F(X) = \min (-F(X))$$

Tương tự vậy, nếu ràng buộc có dạng $g_j(X) \ge b_j$; j = 1,2,...,m có thể đưa về dạng:

$$g_j(X) \le - b_j;\ j = 1,2,...,m$$

Phương pháp giải

Trong trường hợp ràng buộc là bất đẳng thức, người ta cũng đưa bài toán có ràng buộc về bài toán không ràng buộc. Có hai cách đưa bài toán ràng buộc bất đẳng thức về bài toán không ràng buộc.

1. Bằng cách đưa thêm vào vế phải một biến phụ để ràng buộc bất đẳng thức trở thành ràng buộc đẳng thức:

$$G_j(X) + x_j = b_j\ ,\ j=\overline{1, m} \tag{5.159}$$

với $x_j \ge 0$

Khi đó hàm Lagrange có dạng:

$$L(X, \lambda) = F(X) + \sum_{j=1}^{m} \lambda_j (G_j(X) - b_j + x_j) \tag{5.160}$$

Như vậy ta đã đưa về dạng bài toán ràng buộc đẳng thức, được giải tương tự như ở mục 5.5.7.1.

Hàm Lagrangge (5.160) cũng có thể viết

$$L(X, \lambda) = L(x_1, x_2,..., x_n; \lambda_1, \lambda_2,...,\lambda_j,...,\lambda_m; x_{n+1}, x_{n+2},...,x_{n+m}) \tag{5.161}$$

trong đó các giá trị của $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2,...,\lambda_j,...,\lambda_m)$ và của $X_j = (x_{n+1},..., x_{n+j},..., x_{n+m})$ là các biến số.

Bài toán không ràng buộc dạng (5.161) bây giờ đã có số biến tăng lên và là n + 2m biến số. Như vậy, thay vì giải bài toán (5.157) có n biến số với ràng buộc (5.158) ta có bài toán không ràng buộc (5.160) với n + 2m biến số. Sau khi đưa bài toán tối ưu về dạng không ràng buộc ta có thể dử dụng một trong những phương pháp giải đã trình bày ở trên đối với bài toán tối ưu không ràng buộc.

2. Không thiết lập hàm L, bài toán tối ưu được giải với hàm F(X) tương tự như trường hợp không có ràng buộc. Sau đó các nghiệm tìm được sẽ được kiểm tra xem có thoả mãn các ràng buộc hay không. Những nghiệm không thoả mãn các ràng buộc sẽ bị loại.

5.3.7.3. Bài toán có ràng buộc đẳng thức và bất đẳng thức

Phát biểu bài toán

Bài toán tối ưu có ràng buộc đẳng thức và ràng buộc bất đẳng thức được viết dưới dạng:

$$F(X) \rightarrow \min \tag{5.162}$$

với $G_j(X) \le b_j, \quad j=\overline{1,m}$ (5.163)

và $h_k(X) = 0$

Chú ý:

Đối với bài toán tìm cực đại dạng $F(X) \rightarrow \max$ có thể đưa về dạng tìm cực tiểu bằng cách tìm cực tiểu của hàm $-F(X)$, tức là:

$$\max F(X) = \min(-F(X))$$

Tương tự vậy, nếu ràng buộc có dạng $g_j(X) \ge b_j$; j = 1,2,...,m có thể đưa về dạng:

$$g_j(X) \le -b_j;\ j = 1,2,...,m$$

Phương pháp giải

Trong trường hợp này thiết lập hàm Lagrange có dạng:

$$L(X,\lambda,\mu) = F(X) + \sum_{j=1}^{m} \lambda_j \left[g_j(X) - b_j + x_j \right] + \sum_{k=1}^{mk} \mu_k h_k(X) \tag{5.164}$$

Với $\mu = (\mu_1, \mu_2, ..., \mu_{mk})$ là nhân tử Lagrange mở rộng.

Đối với bài toán loại này hàm Lagrange mở rộng có số biến là $n + 2m + m_k$. Cách giải bài toán cũng được thực hiện tương tự như các trường hợp trên.

5.4. Quy hoạch động

5.4.1. Khái niệm và nguyên lý

Phương pháp quy hoạch động là phương pháp thường được dùng cho các bài toán tối ưu có các biến số thay đổi theo thời gian, đặc biệt là trong lĩnh vực phát triển nguồn nước. Phương pháp quy hoạch động là phương pháp giải bài toán tối ưu phi tuyến mà thuật toán của nó cho phép khắc phục các bài toán có cực trị địa phương khi cấp quy hoạch của thuật toán được chia nhỏ.

Phương pháp quy hoạch động dựa trên nguyên lý Bellman, được phát biểu tóm tắt như sau:

Một thể hiện tối ưu có đặc tính là, bất luận trạng thái ban đầu và những quyết định ban đầu như thế nào, những quyết định tiếp theo phải tạo thành một thể hiện tối ưu đối với trạng thái ban đầu, do kết quả của những quyết định đầu tiên tạo nên [14].

Thực chất của nguyên lý này là, thiết lập một chiến lược tối ưu nhiều giai đoạn, sao cho lời giải ở mỗi giai đoạn nhận được theo lợi ích tổng cộng có lợi nhất tính đến cuối giai đoạn đang xét. Đó là cơ sở của việc thiết lập phương trình truy hồi, thể hiện chuỗi các bài toán tối ưu nhiều giai đoạn.

Phương pháp quy hoạch động cho phép đưa bài toán tối ưu nhiều biến về chuỗi các bài toán tối ưu một biến số. Phương pháp quy hoạch động là phương pháp được áp dụng nhiều trong thiết kế và điều khiển hệ thống tài nguyên nước.

Khi áp dụng phương pháp quy hoạch động đối với các bài toán thực tế cần chú ý điều kiện sau: *Hàm mục tiêu của bài toán phải là hàm tách được*, có dạng tổng của các hàm thành phần, và mỗi hàm thành phần chỉ chứa một biến độc lập, tức là:

$$Z(x_1, x_2 \ldots, x_n) = \sum_{j=1}^{n} z(x_j) \tag{5.165}$$

Hoặc có thể viết dưới dạng khai triển:

$$Z = z_1(x_1) + z_2(x_2) + \ldots\ldots + z_j(x_j) + \ldots\ldots + z_n(x_n) \tag{5.166}$$

5.4.2. Phương pháp quy hoạch động với bài toán phân bố tài nguyên

5.4.2.1. Bài toán

Giả sử có lượng tài nguyên X^T được phân bố cho n đối tượng sử dụng, giả thiết rằng hàm mục tiêu có dạng tách được:

$$Z = z_1(x_1) + z_2(x_2) + \ldots + z_j(x_j) + \ldots + z_n(x_n) \tag{5.167}$$

tức hàm mục tiêu là tổng các hàm mả trong đó chỉ chứa một biến số. Trong (5.167), các giá trị $x_1, x_2, \ldots, x_n$ là các "tài nguyên" của mỗi đối tượng nhận được theo một phương án phân phối nào đó thoả mãn điều kiện sau:

$$X^T = x_1 + x_2 + \ldots\ldots + x_j + \ldots\ldots + x_n \tag{5.168}$$

Cần xác định chiến lược phân bố tài nguyên cho các đối tượng sử dụng sao cho hàm mục tiêu (5.168) đạt giá trị lớn nhất, tức là:

$$J = \max_{X^T} Z = \max \sum_{j=1}^{n} Z_j(x_j) \tag{5.169}$$

5.4.2.2. Chiến lược nghiệm

Thuật toán tối ưu được giải theo hai hai bước: bước tính xuôi nhằm xác định các thể hiện tối ưu có điều kiện, bước tính ngược được thực hiện để tìm nghiệm tối ưu đối với các biến số.

1. Bước tính xuôi

Bellman đã đưa ra nguyên lý tối ưu nhiều giai đoạn. Đầu tiên xem xét chiến lược phân bố tối ưu cho hai đối tượng sau đó là 3,4 v.v. đến n đối tượng ở mỗi một giai đoạn; chiến lược tối ưu cho đối tượng đang xét được kết hợp với chiến lược tối ưu ở các giai đoạn trước.

Trước tiên xem xét sự phân chia tài nguyên giữa hai đối tượng đầu tiên.

Hai đối tượng thứ nhất và thứ hai sẽ lấy các giá trị sao cho:

$$F = z_2(x_2) + z_1(x_1) \rightarrow \max \tag{5.170}$$

Hoặc là:

$$Z_2(X_2^T) = \max_{x_2}(z_2(x_2) + z_1(x_1)) \tag{5.171}$$

Với điều kiện tổng số tài nguyên phân cho hai đối tượng đầu tiên không được vượt quá giá trị X^T, tức là:

$$x_1 + x_2 = X_2^T \leq X^T \tag{5.172}$$

Trong đó: X_2^T là tổng tài nguyên phân cho hai đối tượng đầu tiên; X^T là tổng số tài nguyên.

Vì $x_1 = X_2^T - x_2$ nên (5.171) được viết dưới dạng:

$$Z_2(X_2^T) = \max_{x_2}(z_2(x_2) + Z_1(X_2^T - x_2)) \tag{5.173}$$

Giải phương trình (5.173) tìm nghiệm tối ưu.

Ta lập bảng 5.6 như sau:

- Chia X_2^T thành m mức có thể (trong bảng 5.6, m = 4, cột 2).
- Giả định m giá trị x_2 tương ứng với các mức của X_2^T (cột 3).
- Tính giá trị $x_1 = X_2^T - x_2$ (cột 4).
- Tính giá trị $z(x_1)$ và $z(x_2)$ (cột 5 và 6).
- Tính giá trị của F (cột 7).

Tương ứng với mỗi giá trị X_2^T, tìm được giá trị tối ưu:

$$Z_2(X_2^T) = \max F \text{ và các } x^*_2 \text{ tương ứng.}$$

Giả sử ta cũng chia X_2^T thành 4 mức tính toán. Khi đó, sẽ có tổng cộng 16 giá trị có thể (xem bảng 5.6).

Mỗi một giá trị có thể của đối tượng thứ nhất có thể phối hợp với 4 giá trị có thể của đối tượng thứ hai sao cho đảm bảo ràng buộc (5.172). Như vậy, tương ứng với mỗi một

mức của X_2^T sẽ tổ hợp với 4 mức của x_2 và tạo thành $4 \times 4 = 16$ giá trị có thể, tạo ra 4 giá trị cực đại theo biểu thức (5.173) tương ứng với mỗi mức được chia của đại lượng X_2^T.

Giả sử sau khi tính toán theo bảng 5.6 ta tìm được 4 trường hợp có giá trị lớn nhất tương ứng với 4 mức của giá trị X_2^T (các giá trị có dấu (*) trong cột 7).

Như vậy, có thể thiết lập 4 phương án tối ưu tương ứng với 4 giá trị x_2. Cùng với nó là các giá trị X_2^T và $Z_2(X_2^T)$. Lập được hai quan hệ phù trợ dạng bảng như sau:

$$X_2^* = X_2^*(X_2^T) \text{ và } Z_2 = Z_2(X_2^T) \tag{5.174}$$

Các giá trị tối ưu trên đây được gọi là tối ưu có điều kiện. Các giá trị hàm tối ưu là $Z_2(X_2^T)$ gọi là các giá trị tối ưu có điều kiện của hàm tối ưu.

Tiếp tục như vậy để tìm các phương án tối ưu khi phân phối tài nguyên cho đối tượng thứ 2 và thứ 3. Nhưng các giá trị tối ưu bây giờ là tổng của giá trị tối ưu có điều kiện ở giai đoạn trước. Tức là:

$$Z_3(x_3^T) = \max_{x_3}(z_3(x_3) + Z_2(X_3^T - x_3)) \tag{5.175}$$

Tiếp tục thực hiện đến bước thứ j ta có công thức tổng quát:

$$Z_j(x_j^T) = \max_{x_j}(z_j(x_j) + Z_{j-1}(X_j^T - x_j)) \tag{5.176}$$

Với ràng buộc: $X_j^T = X_{j-1}^T + x_j$ (5.177)

Từ (5.177) có: $X_{j-1}^T = X_j^T - x_j$, do đó công thức (5.176) có thể viết dưới dạng khác:

$$Z_j(x_j^T) = \max_{x_j}(z_j(x_j) + Z_{j-1}(X_{j-1}^T)) \tag{5.178}$$

Ở giai đoạn cuối khi j = n ta có:

$$Z_n = Z_n(X_n^T) = \max_{x_n}(z_n(x_n) + Z_{n-1}(X_n^T - x_n)) \tag{5.179}$$

với $X_n^T = X^T = X_{n-1}^T + x_n$ (5.180)

Đến giai đoạn này giá trị Z_n chính là giá trị cực đại của hàm mục tiêu Z.

Đối với một giai đoạn thứ j bất kỳ với j = 1, 2, 3,...,j,..., n; với sự biến đổi của đại lượng X_j^T, tương tự như giai đoạn thứ hai ta có 2 cặp quan hệ:

$$X_j^* = X_j^*(X_j^T) \text{ và } Z_j = Z_j(X_j^T) \tag{5.181}$$

Đến đối tượng cuối cùng lập được quan hệ:

$$X_n^* = X_n^*(X_n^T) \text{ và } Z_n = Z_n(X_n^T) \tag{5.182}$$

Với những cặp như vậy sẽ thiết lập nên các bảng (bảng 5.7) và lưu trữ trong máy tính để sử dụng ở bước tính ngược. Trong bảng 5,7 số mức chia cho mỗi một đối tượng không phải là 4 mà lấy tổng quát bằng m.

Bảng 5.6. **Các giá trị có thể của các trường hợp phân phối tài nguyên cho hai đối tượng đầu tiên**

TT	X_2^T	x_2	$X_1^T = x_1 = X_2^T - x_2$	$z(x_1)$	$z(x_2)$	$F = z(x_1) + z(x_2)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	$X_{2\,(1)}^T$	x_{21}	$x_{11}^{(1)}$	$z(x_{11}^{(1)})$	$z(x_{21})$	$z(x_{21}) + z(x_{11}^{(1)})$
		x_{22}	$x_{12}^{(1)}$	$z(x_{12}^{(1)})$	$z(x_{22})$	$z(x_{22}) + z(x_{12}^{(1)})$
		x_{23}	$x_{13}^{(1)}$	$z(x_{13}^{(1)})$	$z(x_{23})$	$z(x_{23}) + z(x_{13}^{(1)})$
		x_{24}	$x_{14}^{(1)}$	$z(x_{14}^{(1)})$	$z(x_{24})$	$z(x_{24}) + z(x_{14}^{(1)})$
2	$X_{2\,(2)}^T$	x_{21}	$x_{11}^{(2)}$	$z(x_{11}^{(2)})$	$z(x_{21})$	$z(x_{21}) + z(x_{11}^{(2)})$
		x_{22}	$x_{12}^{(2)}$	$z(x_{12}^{(2)})$	$z(x_{22})$	$z(x_{22}) + z(x_{12}^{(2)})$
		x_{23}	$x_{13}^{(2)}$	$z(x_{13}^{(2)})$	$z(x_{23})$	$z(x_{23}) + z(x_{13}^{(2)})$
		x_{24}	$x_{14}^{(2)}$	$z(x_{14}^{(2)})$	$z(x_{24})$	$z(x_{24}) + z(x_{14}^{(2)})$
3	$X_{2\,(3)}^T$	x_{21}	$x_{11}^{(3)}$	$z(x_{11}^{(3)})$	$z(x_{21})$	$z(x_{21}) + z(x_{11}^{(3)})$
		x_{22}	$x_{12}^{(3)}$	$z(x_{12}^{(3)})$	$z(x_{22})$	$z(x_{22}) + z(x_{12}^{(3)})$
		x_{23}	$x_{13}^{(3)}$	$z(x_{13}^{(3)})$	$z(x_{23})$	$z(x_{23}) + z(x_{13}^{(3)})$
		x_{24}	$x_{14}^{(3)}$	$z(x_{14}^{(3)})$	$z(x_{24})$	$z(x_{24}) + z(x_{14}^{(3)})$
4	$X_{2\,(4)}^T$	x_{21}	$x_{11}^{(4)}$	$z(x_{11}^{(4)})$	$z(x_{21})$	$z(x_{21}) + z(x_{11}^{(4)})$
		x_{22}	$x_{12}^{(4)}$	$z(x_{12}^{(4)})$	$z(x_{22})$	$z(x_{22}) + z(x_{12}^{(4)})$
		x_{23}	$x_{13}^{(4)}$	$z(x_{13}^{(4)})$	$z(x_{23})$	$z(x_{23}) + z(x_{13}^{(4)})$
		x_{24}	$x_{14}^{(4)}$	$x_{14}^{(4)}$	$z(x_{24})$	$z(x_{24}) + x_{14}^{(4)}$

Bảng 5.7. **Bảng các quan hệ phù trợ bài toán phân bố tài nguyên**

Giai đoạn 2				*Giai đoạn 3*			...	*Giai đoạn n*	
X_2^T	$Z_2(X_2^T)$	X_2^*	X_3^T	$Z_3(X_3^T)$	X_3^*	...	X_n^T	$Z_n(X_n^T)$	X_n^*
X_{21}^T	$Z_2(X_{21}^T)$	X_{21}^*	X_{31}^T	$Z_3(X_{31}^T)$	X_{31}^*	...	X_{n1}^T	$Z_n(X_{n1}^T)$	X_{n1}^*
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
X_{2i}^T	$Z_2(X_{2i}^T)$	X_{2j}^*	X_{3i}^T	$Z_3(X_{3i}^T)$	X_{3i}^*	...	X_{ni}^T	$Z_n(X_{ni}^T)$	X_{ni}^*
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
X_{2m}^T	$Z_2(X_{2m}^T)$	X_2^*	X_{3m}^T	$Z_3(X_{3m}^T)$	X_3^*	...	X_{nm}^T	$Z_n(X_{nm}^T)$	X_{nm}^*

2. Bước tính ngược

Quá trình tìm nghiệm $X^* = (x^*_1, x^*_2, ..., x^*_n)$ được thực hiện ở bước tính ngược. Bước tính ngược rất đơn giản vì không cần thực hiện các phép tính tối ưu, mà chỉ sử dụng các quan hệ đã thiết lập ở giai đoạn tính xuôi ghi trong bảng 5.7 để suy ra nghiệm của bài toán. Quá trình tìm nghiệm ở bước tính ngược được thực hiện theo trình tự sau:

Ở giai đoạn cuối cùng của bước tính xuôi ta đã tìm được giá trị X_n^*, theo quan hệ đã lập sẵn tìm được X_n^{T*}.

Tiếp đó tìm được $X_{n-1}^{T*} = X_n^{T*} - X_n^*$, và tra quan hệ (5.182):

$$X_{n-1}^* = X_{n-1}^*(X_{n-1}^T) \text{ tìm được } X_{n-1}^*$$

Tiếp tục như vậy cho đến đối tượng đầu tiên tìm được các giá trị tối ưu:

$$X^* = (x^*_1, x^*_2, ..., x^*_n). \tag{5.183}$$

Ví dụ. Một trạm thuỷ điện cần chạy máy với công suất N_C = 250 MW... Cần tìm sự phân phối công suất cho 3 tổ máy phát điện để phát công suất N_C sao cho tổng lưu lượng vào nhà máy là nhỏ nhất.

Giả thiết ít nhất phải có 1 máy phát làm việc. Tức là, công suất nhỏ nhất của trạm thuỷ điện sẽ là:

$$N_{min} = \sum_{j=1}^{3} N_j = 50MW \tag{5.184}$$

Gọi công suất của các máy phát là N_j, ta có tổng công suất lớn nhất của các máy phát là:

$$\sum_{j=1}^{3} N_j = N_{max}^T \quad (5.185)$$

Lưu lượng Q_j qua mỗi tổ máy phụ thuộc vào công suất N_j của tổ máy đó, tức là

$$Q_j = f_j(N_j), \text{ với } j = 1, 2, ... \quad (5.186)$$

Quan hệ này cho trong bảng 5.8.

***Bảng 5.8.* Quan hệ công suất – lưu lượng của các tổ máy**

Công suất	*Tổ máy*	*Quan hệ lưu lượng Q (m^3/s) với công suất của các tổ máy (10^3 kW)*						
		0	*50*	*60*	*70*	*80*	*90*	*100*
Lưu	1	0	20	25	30	35	40	45
lượng	2	0	18	23	30	37	44	51
(m^3/s)	3	0	21	22	24	28	35	50

Công suất tối đa của mỗi máy là 100 MW, do đó có:.

– Công suất tối đa của hai tổ máy là 200 MW

– Công suất tối đa của 3 tổ máy là N_{max}^T = 300 MW.

Hàm mục tiêu theo bài toán đặt ra được viết dưới dạng sau:

$$Q_n = \sum_{j=1}^{3} Q_j(N_j) \Rightarrow \min \quad (5.187)$$

Với ràng buộc là: $50MW \le \sum_{j-1}^{3} N_j \le N_{max}^T$ (5.188)

Cách giải

1. Bước tính xuôi:

Trước tiên ta xét phân phối công suất cho hai tổ máy.

Hàm mục tiêu đối với 2 tổ máy sẽ là:

$$Q_2(N_2^T) = \max_{N_2}(Q_2(N_2) + Q_1(N_2^T - N_2)) \quad (5.189)$$

Với $N_2^T - N_2 = N_1$ (5.190)

Trong đó:

N_1, N_2 tương ứng là công suất của tổ máy 1 và tổ máy 2

$Q_1(N_1)$ và $Q_2(N_2)$ là lưu lượng của tổ máy 1 và 2 tương ứng với công suất N_1, N_2.

N_2^T là tổng công suất của hai tổ máy đầu tiên, phải thoả mãn ràng buộc:

$$50MW \le N_2^T \le 200MW \quad (5.191)$$

Giả sử ta chia công suất N_2^T thành các mức với bước chia là 10MW. Lập bảng phương án phân phối công suất và tính lưu lượng tổng cộng của hai tổ máy đầu tiên (bảng 5.9).

Từ kết quả tính toán ở bảng 5.9 có thể chọn ra các phương án tối ưu theo các cấp chia của đặc trưng N_2^T và lập được quan hệ giữa 3 đại lượng N_2^T, N_2 và $Q_2^T(N_2^T)$ (bảng 5–9). Ta xem xét các phương án phân phối công suất cho 3 tổ máy. Tổng lưu lượng của 3 tổ máy được xác định nhờ phương trình dạng truy hồi:

$$Q_3(N_3^T) = \max_{N_3}(Q_3(N_3) + Q_2(N_3^T - N_3)) \quad (5.192)$$

Để giảm khối lượng tính toán (vì đây là ví dụ minh hoạ) ta chọn bước tính toán h = 50MW.

Tổng công suất 3 tổ máy sẽ nằm trong khoảng:

$$50MW \le N_3^T \le 300\ MW$$

Theo phương trình (5.192) ta lập bảng 5.10 về các phương án phân phối công suất cho 3 tổ máy, trong đó công suất của 2 tổ máy đầu tiên là các phương án tối ưu khi xem xét các phương án phân phối công suất giữa 2 tổ máy đó.

Bảng 5.9. **Các phương án phân phối công suất cho hai tổ máy đầu tiên**

TT	N_2^T	N_2	$N_1 = N_2^T - N_2$	$Q_1(N_1)$	$Q_2(N_2)$	$F = Q_1(N_1) + Q_2(N_2)$
1	200	100	100	45	51	96
2	190	90	100	45	44	89
3	–	100	90	40	51	91
4	180	80	100	45	37	82
5	–	100	80	35	51	86
6	170	70	100	45	30	75
7	–	100	70	30	51	81
8	160	60	100	45	23	68
9	–	100	60	25	51	76
10	–	80	80	35	37	72
11	–	90	70	30	44	74
12	–	70	90	40	30	70
13	150	50	100	45	18	63
14	–	100	50	20	51	71
15	–	60	90	40	23	63

TT	N_2^T	N_2	$N_1 = N_2^T - N_2$	$Q_1(N_1)$	$Q_2(N_2)$	$F = Q_1(N_1) + Q_2(N_2)$
16	–	90	60	25	44	69
17	–	80	70	30	37	67
18	–	70	80	35	30	65
19	140	50	90	40	18	58
20	–	90	50	20	44	64
21	–	60	80	35	23	58
22	–	80	60	25	37	62
23	–	70	70	30	30	60
24	130	50	80	35	18	53
25	–	80	50	20	37	57
26	–	60	70	30	23	53
27	–	70	60	25	37	62
28	120	50	70	30	18	48
29	–	70	50	20	30	50
30	–	60	60	25	23	48
31	110	50	60	25	18	43
32	–	60	50	20	23	43
33	100	0	100	45	0	45
34	–	100	0	0	51	51
35	–	50	50	20	18	38
36	90	0	90	40	0	40
37	–	90	0	0	44	44
38	80	0	80	35	0	35
39	–	80	0	0	37	37
40	70	70	0	0	30	30
41	–	0	70	30	0	30
42	60	0	60	25	0	25
43	–	60	0	0	23	23
44	50	0	50	20	0	20
45	–	50	0	0	18	18

Bảng 5.10. **Các phương án phân phối tối ưu có điều kiện cho hai tổ máy đầu tiên**

TT	N_2^T	N_2	Q_2^T = max F	TT	N_2^T	N_2	Q_2^T = max F
1	200	100	96	12	120	50	48
2	190	90	89	13	120	60	48
3	180	80	82	14	110	50	43
4	170	70	75	15	110	60	43
5	160	60	68	16	100	50	38
6	150	50	63	17	90	0	40
7	150	60	63	18	80	0	35
8	140	50	58	19	70	70	30
9	140	60	58	20	70	0	30
10	130	50	53	21	60	60	23
11	130	60	53	22	50	50	18

Bảng 5.11. **Các phương án phân phối công suất cho 3 tổ máy**

TT	N_3^T	N_3	$N_2^T = N_3^T - N_3$	$Q_2(N_2^T)$	$Q_2(N_3)$	$F = Q_2(N_2^T) + Q_3(N_3)$
1	50	0	50	18	0	18
2	100	50	50	18	21	39
3	150	50	100	38	21	59
4	–	100	50	18	50	68
5	–	0	150	63	0	63
6	200	50	150	63	21	84
7	–	100	100	38	50	88
8	–	0	200	96	0	96
9	250	50	200	96	21	117
10	–	100	150	63	50	113
11	300	100	200	96	50	146

Bảng 5.12. **Các phương án phân phối tối ưu có điều kiện cho hai tổ máy đầu tiên**

TT	N_3^T	N_3	Q_3^T = max F	TT	N_3^T	N_3	Q_3^T = max F
1	50	0	18	4	200	50	84
2	100	50	39	5	250	100	113
3	150	50	59	6	300	100	146

Bảng 5.13. **Kết quả phân phối công suất với công suất tổng là 250 MW**

Tổ máy	1	2	3
Công suất (MW)	100	50	100
Lưu lượng(m^3/s)	45	18	50

Từ kết quả tính toán ở bảng 5.11 có thể chọn được các phương án tối ưu có tổng lưu lượng qua các tổ máy là nhỏ nhất. Kết quả ghi trong bảng 5.12, là kết quả cuối cùng của quá trình tính toán. Giá trị tối ưu tương ứng với các mức quyết định về công suất mà 3 tổ máy phải đảm nhiệm.

Nếu ta quyết định 3 tổ máy phải chạy với công suất tổng cộng là 250 MW, thì phương án tối ưu tương ứng sẽ là phương án trong bảng 5.13. Theo bước tính ngược sẽ tìm được lời giải của bài toán ghi ở bảng 5.13.

5.4.3. Phương pháp quy hoạch động tìm quỹ đạo hoặc trạng thái tối ưu

Phương pháp quy hoạch động với bài toán trạng thái thường được áp dụng trong một số bài toán tối ưu có chứa biến thay đổi theo thời gian. Do đó, loại bài toán này rất được lưu tâm.

Bài toán loại này là bài toán tìm quỹ đạo tối ưu. Thuật ngữ "quỹ đạo " được hiểu theo hai nghĩa: không gian và thời gian.

Ví dụ 1. Cần xây dựng một đường dây tải điện nối 2 thành phố A và B. Tìm tuyến xây dựng đường dây sao cho chi xây dựng là nhỏ nhất. Khi đó tuyến xây dựng đường dây sẽ là *quỹ đạo theo nghĩa không gian.*

Ví dụ 2. Xác định quá trình lưu lượng tháo qua nhà máy thủy điện trong thời gian mùa kiệt sao cho tổng năng điện trong thời gian vận hành là lớn nhất. Sự thay đổi lưu lượng qua nhà máy làm thay đổi mực nước hồ chứa. Quá trình thay đổi mực nước hồ theo thời gian được coi là *quỹ đạo theo thời gian.*

Các biến mô tả quỹ đạo (theo thời gian hoặc không gian) gọi là biến trạng thái. Bài toán quy hoạch động loại này gọi là bài toán quy hoạch động với biến trạng thái.

Nguyên lý cơ bản của bài toán tối ưu trạng thái cũng tương tự như bài toán phân bố tài nguyên. Bài toán tối ưu cũng được thực hiện theo hai bước: bước tính xuôi và bước tính ngược. Ở bước tính xuôi, thuật toán được thực hiện nhằm tìm ra chuỗi các nghiệm tối ưu có điều kiện, sau đó, thuật toán ngược cho phép tìm trạng thái (quỹ đạo) tối ưu của cả quá trình.

5.4.3.1. Phát biểu bài toán

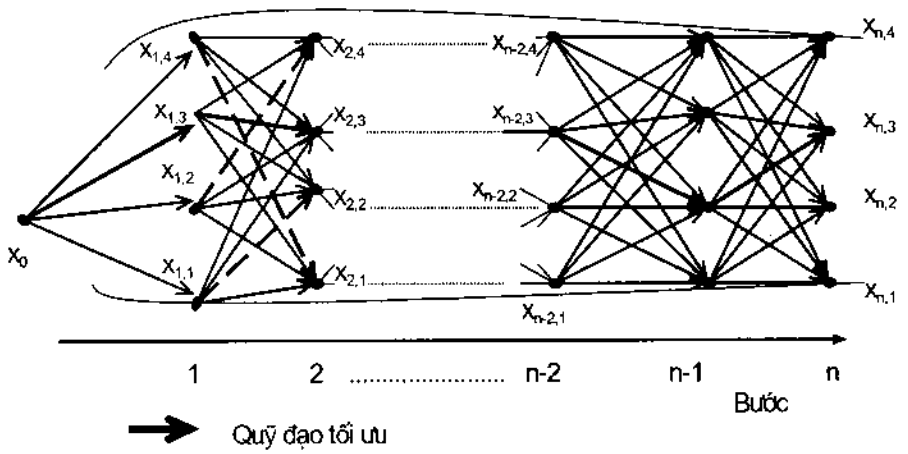
Bài toán với biến trạng thái là thời gian được đặt ra như sau:

Giả sử ta phải đưa trạng thái của hệ thống từ thời điểm ban đầu t_0 đến thời điểm cuối t_n (hình 5.12).

Gọi X_0 là trạng thái ban đầu của đối tượng; $x_{n,i}$ là trạng thái của đối tượng nghiên cứu ở thời đoạn cuối cùng t_n với i là bất kỳ trong số m trạng thái có thể của nó: i = 1,..., m. Cần tìm quỹ đạo di chuyển của đối tượng từ trạng thái ban đầu X_0 đến trạng thái cuối cùng $x_{n,i}$ sao cho quỹ đạo đó là tối ưu. Trong quá trình di chuyển từ trạng thái ban đầu X_0 đến trạng thái cuối cùng $x_{n,i}$, đối tượng nghiên cứu sẽ tạo ra một "hiệu ứng" nào đó. Dạng của hiệu ứng rất đa dạng tuỳ thuộc vào loại của bài toán: có thể là năng lượng cần tiêu hao, có thể là năng lượng sinh ra trong qủá trình di chuyển, cũng có thể là chi phí cần thiết trong quá trình di chuyển từ trạng thái này sang trạng thái khác v.v. Sau đây, để tiện diễn giải ta gọi chung các hiệu ứng đó là *năng lượng*.

Gọi $Z(x_{n,i},X_0)$ là "năng lượng" sinh ra trong quá trình di chuyển của đối tượng từ trạng thái ban đầu X_0 đến trạng thái cuối cùng $x_{n,i}$. Cần tìm quỹ đạo di chuyển của đối tượng $X_0 \rightarrow x_{n,i}$ với i là trạng thái bất kỳ tại thời điểm cuối, sao cho hàm năng lượng:

$$F = Z(x_{n,i},X_0) \rightarrow \max (\min) \qquad (5.193)$$



Hình 5.12

Quỹ đạo tương ứng sẽ là quỹ đạo tối ưu.

Ta chia thời kỳ $t_0 \div t_n$ ra nhiều thời đoạn nối tiếp nhau, giả sử ta chia làm n thời đoạn. Ở mỗi thời đoạn, trạng thái của đối tượng có thể là bất kỳ trong giới hạn hoạt động của nó (xem hình 5.12). Ký hiệu $x_{j,i}$ là trạng thái có thể của đối tượng ở thời đoạn thứ j (chỉ số chỉ thời đoạn); i là chỉ số chỉ trạng thái của đối tượng ở thời đoạn đó. Ở mỗi một thời đoạn được phân chia, trạng thái của đối tượng chỉ nhận những giá trị thoả mãn điều kiện:

$x^j_{min} \le x_{j,i} \le x^j_{max} \le x_{j,i}$, với j = 1, 2,..., n; i = 1, 2,..., m, m là số các trạng thái.

Trong đó, x^j_{min} và x^j_{max} tương ứng là giới hạn trên và giới hạn dưới của trạng thái tại thời đoạn thứ j đã phân chia.

Ký hiệu $z_j(x_{j,i}, x_{j-1,k})$ là "năng lượng" nhận được khi đối tượng di chuyển từ trạng thái k bất kỳ ở thời đoạn j –1 là $(x_{j-1,k})$, đến trạng thái i bất kỳ ở thời đoạn j là $(x_{j,i})$. Ta phân tích các trạng thái tối ưu của đối tượng khi nó di chuyển từ trạng thái ban đầu x_0 đến trạng thái $(x_{j,i})$. Có vô số các quỹ đạo để đối tượng "chuyển động" từ toạ độ ban đầu x_0 đến trạng thái $x_{j,i}$, nhưng chỉ có một quỹ đạo tối ưu.

Theo nguyên lý Bellman, bài toán tối ưu trạng thái, được phát biểu như sau:

Quỹ đạo tối ưu, để một đối tượng di chuyển từ trạng thái ban đầu x_0 đến trạng thái $x_{j,i}$ bất kỳ ở giai đoạn thứ j, là quỹ đạo mà khi di chuyển trên nó sinh ra một "năng lượng tối ưu".

Năng lượng tối ưu nhận được là cực trị của tổng các năng lượng để đối tượng di chuyển từ trạng thái ban đầu đến trạng thái $(x_{j-1,k})$ cộng với năng lượng để đối tượng di chuyển từ $(x_{j-1,k})$ đến trạng thái $x_{j,i}$. Như vậy, cần tìm trạng thái nào trong số các trạng thái ở thời đoạn trước đó $(x_{j-1,k})$ với $k = \overline{1,m}$, để đối tượng khi di chuyển từ x_0 đi qua nó đến $x_{j,i}$ đạt năng lượng tối ưu.

Vì quỹ đạo chuyển động từ x_0 đi qua $(x_{j-1,k})$ đến $x_{j,i}$ phải là quỹ đạo tối ưu, do đó, quỹ đạo từ x_0 đến trạng thái cần tìm trước đó $(x_{j-1,k})$ cũng phải là quỹ đạo tối ưu. Bởi vậy, phải tìm quỹ đạo nào trong số các quỹ đạo di chuyển của đối tượng từ xo đến trạng thái bất kỳ $(x_{j-1,i})$ ở giai đoạn j – 1 là quỹ đạo tối ưu. Quỹ đạo tối ưu phải là quỹ đạo mà năng lượng sinh đạt giá trị cực trị. Năng lượng nay bằng tổng năng lượng tối ưu để hệ thống di chuyển từ x_o đến $(x_{j-2,k})$ cộng với năng lượng sinh ra khi đối tượng di chuyển từ trạng thái tối ưu ở thời đoạn trước đó $(x_{j-2,k})$ đến trạng thái $(x_{j-1,i})$.

Một cách tương tự, cần tìm trạng thái nào trong số các trạng thái trước đó $(x_{j-2,k})$ ở giai đoạn j – 2, để khi đối tượng di chuyển từ trạng thái ban đầu x_0 qua nó đến $(x_{j-1,i})$ đạt năng lượng tối ưu.

Cứ như vậy ta cần tiến hành những bước tương tự theo chiều ngược lại cho đến trạng thái ban đầu.

Như vậy, để tìm được quỹ đạo tối ưu, ta cần thiết lập các quỹ đạo tối ưu có điều kiện bắt đầu từ trạng thái ban đầu (bước tính xuôi), sau đó, trong bước tính ngược, từ trạng thái tối ưu có điều kiện ở giai đoạn cuối cùng, ta lần ngược lại sẽ được quỹ đạo tối ưu của bài toán.

5.4.3.2. Phương pháp giải

1. Bước tính xuôi

Trước tiên ta xem xét " năng lượng" để đối tượng di chuyển từ trạng thái ban đầu x_0 đến trạng thái bất kỳ của nó ở thời đoạn thứ nhất (j = 1). Tại thời đoạn thứ nhất, đối tượng có thể di chuyển từ trạng thái ban đầu x_0đến trạng thái bất kỳ $x_{1,i}$. Hàm năng lượng đạt được khi đối tượng di chuyển từ trạng thái ban đầu x_0 đến trạng thái bất kỳ $x_{1,i}$ là: $z_1(x_{1,i}, x_0)$, với $\overline{i=1,m}$.

Ở thời đoạn đầu tiên, ta chưa tìm trạng thái tối ưu.

Sang thời đoạn thứ hai, đối tượng có thể di chuyển đến trạng thái bất kỳ $x_{2,j}$. Có vô số các quỹ đạo trạng thái từ x_0 qua các trạng thái bất kỳ ở thời đoạn j = 1 để đạt đến $x_{2,i}$ (với i là bất kỳ). Ta cần xác định xem trạng thái nào ở thời đoạn trước đó (j = 1), để khi đối tượng di chuyển qua nó đến trạng thái $x_{2,i}$ cho giá trị tối ưu về năng lượng, tức là:

$$Z_2(x_{2,i}) = \max_{x_{2,i}}(z_2(x_{2,i}, x_{1,k}) + (z_1(x_{1,k}, x_0)) \quad (5.194)$$

với k = 1, 2,..., m; và i = 1, 2,..., m (nếu ở tất cả các thời đoạn, vùng giới hạn của hệ thống đều được chia thành m trạng thái).

Trong đó:

$z_1(x_{1,k}, x_0)$ là "năng lượng" sinh ra khi đối tượng di chuyển từ trạng thái ban đầu xo đến trạng thái $x_{1,k}$ ở thời đoạn đầu tiên;

$z_2(x_{2,i}, x_{1,k})$ là năng lượng sinh ra khi đối tượng di chuyển từ trạng thái $x_{1,k}$ ở thời đoạn 1 đến trạng thái bất kỳ $x_{2,i}$ ở thời đoạn 2.

Với mỗi trạng thái thứ i ở thời đoạn thứ 2, sẽ tìm được một giá trị $x^*_{1,k}$ ở thời đoạn thứ nhất để cho quỹ đạo $x_0 - x^*_{1,k} - x_{2,i}$ là quỹ đạo tối ưu. Tương ứng với mỗi trạng thái thứ i ($i = \overline{1,m}$) có một giá trị $x^*_{1,k}$. Ta sẽ có m quỹ đạo đạt tối ưu đến các trạng thái $x_{2,i}$ với i = 1, 2,...,m.

Đặt $$Z_1(x_{1,k}) = z_1(x_{1k}, x_0) \quad (5.195)$$

Ta có thể viết lại biểu thức (5.194) dưới dạng sau:

$$Z_2(x_{2,i}) = \max_{x_{2,i}}(z_2(x_{2,i}, x_{1,k}) + (Z_1(x_{1,k})) \quad (5.196)$$

Trong đó: $Z_1(x_{1,k})$ là giá trị tối ưu khi đối tượng di chuyển từ x_0 đến $x_{1,k}$, với k là bất kỳ ở thời đoạn thứ nhất.

Theo kết quả tìm được, ta lập được cặp quan hệ $x^*_{1,k} \sim x_{2,i}$.

Thời đoạn thứ 3, cần phải tìm trạng thái nào trong số các trạng thái có thể ở thời đoạn thứ hai $x_{2,k}$, để khi đối tượng di chuyển từ trạng thái ban đầu qua nó đến trạng thái $x_{3,i}$ đạt năng lượng tối ưu. Điều kiện thoả mãn được mô tả theo biểu thức sau:

$$Z_3(x_{3,i}) = \max_{x_{3,i}}(z_3(x_{3,i}, x_{2,k}) + (Z_2(x_{2,k})) \quad (5.197)$$

Trong đó:

$Z_2(x_{2,k})$ là năng lượng tối ưu khi đối tượng di chuyển từ trạng thái ban đầu x_0 đến trạng thái $x_{2,k}$, đã được xác định ở thời đoạn thứ 2.

$z_3(x_{3,i},x_{2,k})$ là năng lượng khi đối tượng di chuyển từ trạng thái $x_{2,k}$ (với k là bất kỳ), đến trạng thái $x_{3,i}$ ở thời đoạn 3.

Tương tự như ở thời đoạn 2 ta tìm được trạng thái $x^*_{2,k}$ tối ưu ở thời đoạn trước đó (thời đoạn thứ 2), để đối tượng di chuyển từ trạng thái ban đầu x_o qua nó đến trạng thái $x_{3,i}$ bất kỳ ở thời đoạn 3. Như vậy, đến thời đoạn 3, ta có quỹ đạo tối ưu $x_0 - x^*_{1,k} - x^*_{2,k} - x_{3,j}$. Và tương tự ta lập được cặp quan hệ $x^*_{2,k} \sim x_{3,i}$

Đến thời điểm bất kỳ thứ j ta có biểu thức tổng quát của bài toán tối ưu có điều kiện:

$$Z_j(x_{j,i}) = \max_{x_{j,i}}(z_j(x_{j,i}, x_{j-1,k}) + (Z_{j-1}(x_{j-1,k})) \quad (5.198)$$

Tương tự như tất cả các thời đoạn trên, ở thời đoạn bất kỳ thứ j, có thể tìm được một trạng thái ở thời đoạn trước nó j - 1 là $x^*_{j-1,k}$ để khi đối tượng di chuyển từ quỹ đạo tối ưu trước đó (quỹ đạo tối ưu từ trạng thái ban đầu xo đến trạng thái $x^*_{j-1,k}$) đến trạng thái bất kỳ $x_{j,i}$ cho giá trị tối ưu. Như vậy, đến giai đoạn thứ j ta có quỹ đạo tối ưu từ trạng thái ban đầu xo, đến trạng thái bất kỳ $x_{j,i}$ là:

$x_0 - x^*_{1,k} - x^*_{2,k} - x_{3,j} - \ldots - x_{j,i}$ và có cặp quan hệ $x^*_{j-1,k} \sim x_{j,i}$

Đến thời đoạn cuối cùng j = n, ta có:

$$Z_n(x_{n,i}) = \max(z_n(x_{n,i}, x_{n-1,k}) + (Z_{n-1}(x_{n-1}, k)) \quad (5.199)$$

Trong đó, $x_{n,i}$ là trạng thái cần đạt được ở thời đoạn cuối với i = 1, 2,..., m. Giá trị Zn(xn,i) chính là giá trị tối ưu của hàm mục tiêu, để đưa hệ thống từ trạng thái ban đầu đến trạng thái $x_{n,i}$ bất kỳ ở thời đoạn cuối. Tại thời đoạn cuối, với mỗi trạng thái được ấn

định trong số các trạng thái có thể i (với i = 1, 2,..., m) của nó, sẽ tương ứng có một quỹ đạo tối ưu khi nó di chuyển từ trạng thái ban đầu đến trạng thái đó.

Trong thực tế, ở thời đoạn cuối cùng có thể xảy ra hai trường hợp sau:

1. Ấn định trước một trạng thái nào đó trong số các trạng thái $x_{n,i}$ mà đối tượng cần phải di chuyển đến. Khi đó, từ trạng thái ấn định trước, tính toán theo bước tính ngược (xem mục sau) sẽ được quỹ đạo tối ưu tương ứng.

2. Cần xác định trạng nào trong số các trạng thái $x_{n,i}$ để có quỹ đạo tối ưu toàn cục. Trong trường hợp như vậy, giá trị tối ưu sẽ là cực trị của các giá trị tối ưu trong số m trạng thái có thể ở giai đoạn cuối, tức là:

$$Z_n = \max(Z_n(x_{n,i}); i = 1,2,...,m \quad (5.200)$$

Tương tự như bài toán phân phối tài nguyên, ta lập bảng các quan hệ giữa trạng thái tối ưu ở thời đoạn trước đó với trạng thái bất kỳ của thời đoạn đang xét (bảng 5–14). Các quan hệ này được lưu trong bộ nhớ của máy tính và được sử dụng ở bước tính ngược.

2. Bước tính ngược

Với trạng thái x_n nào đó (giả sử là $x_{n,3}$), theo quan hệ ở bảng 5.14, tìm được một trạng thái tối ưu $x^*_{n-1} = x^*_{n-1,k}$, với k là một chỉ số trạng thái cụ thể nào đó tương ứng với trạng thái cần đạt ở giai đoạn n là $x_n = x_{n,3}$. Chẳng hạn ta tìm được k = 2, khi đó: $x^*_{n-1} = x^*_{n-1,2}$

Có được giá trị x^*_{n-1}, ta tiếp tục dùng bảng quan hệ tìm ra chuỗi các trạng thái tối ưu tức quỹ đạo tối ưu, từ x^*_{n-1} đến x^*_n: $(x^*_0, x^*_1, x^*_2, ..., x^*_j, ..., x^*_n)$

Bảng 5.14. **Bảng quan hệ phù trợ sử dụng cho bước tính ngược**

Trạng thái	*Giai đoạn*			
	2	*3*	*...*	*n*
1	$x^*_{1,k} \sim x_{2,1}$	$x^*_{2,k} \sim x_{3,1}$	.	$x^*_{n-1,k} \sim x_{n,1}$
2	$x^*_{1,k} \sim x_{2,2}$	$x^*_{2,k} \sim x_{3,2}$	.	$x^*_{n-1,k} \sim x_{n,2}$
3	$x^*_{1,k} \sim x_{2,3}$	$x^*_{2,k} \sim x_{3,3}$	.	$x^*_{n-1,k} \sim x_{n,3}$
.	.	.	.	.
m	$x^*_{1,k} \sim x_{2,m}$	$x^*_{2,k} \sim x_{3,m}$	.	$x^*_{n-1,k} \sim x_{n,m}$

5.5. Tối ưu đa mục tiêu

5.5.1. Khái niệm

Khi lập các dự án quy hoạch và điều khiển hệ thống tài nguyên nước, có thể phải giải bài toán đa mục tiêu. Bài toán được đặt ra như sau:

Giả sử một hệ thống nào đó được đặc trưng bởi véctơ tham số hệ thống X:

$$X = (x_1, x_2,..., x_{mk}); \; m_k - \text{số biến của hàm mục tiêu} \tag{5.201}$$

Giả sử có m mục tiêu khai thác. Cần thoả mãn điều kiện:

$$g_j(X) \le b_j \text{ với } j = 1, 2,..., m \text{ (số biểu thức ràng buộc)} \tag{5.202}$$

Với các điều kiện tối ưu riêng của n hàm mục tiêu:

$$\begin{aligned} &f_1(X) \rightarrow \min (\max) \\ &f_2(X) \rightarrow \min (\max) \\ &... \\ &f_i(X) \rightarrow \min (\max) \\ &... \\ &f_n(X) \rightarrow \min (\max) \end{aligned} \tag{5.203}$$

Như vậy, mỗi một mục tiêu khai thác đều cần khai thác hệ thống làm sao cho tối ưu mục tiêu của mình. Các mục tiêu mô tả trong biểu thức (5.203) có thể có quyền lợi mâu thuẫn nhau. Tập hợp các điểm mà ở đó quyền lợi của mục tiêu này mâu thuẫn với quyền lợi của mục tiêu khác gọi là vùng tranh chấp.

Bài toán mô tả theo biểu thức (5.203) gọi là bài toán đa mục tiêu.

Ta xét một ví dụ về thiết kế hệ thống hồ chứa.

Một hệ thống hồ chứa nước được thiết kế với nhiệm vụ phát điện và phòng lũ. Giả sử các mực nước dâng bình thường đã được ấn định. Cần xác định dung tích phòng lũ trên hệ thống sao cho hiệu ích phát điện mang lại là lớn nhất đồng thời hiệu ích phòng lũ cũng lớn nhất.

Gọi B_1 là hiệu ích tổng cộng do hiệu ích phát điện mang lại, B_2 là sự giảm thiệt hại (được coi là hiệu ích mang lại về mặt phòng lũ) do có sự điều tiết lũ ở các hồ chứa thượng lưu. Ta có bài toán tối ưu hai hàm mục tiêu:

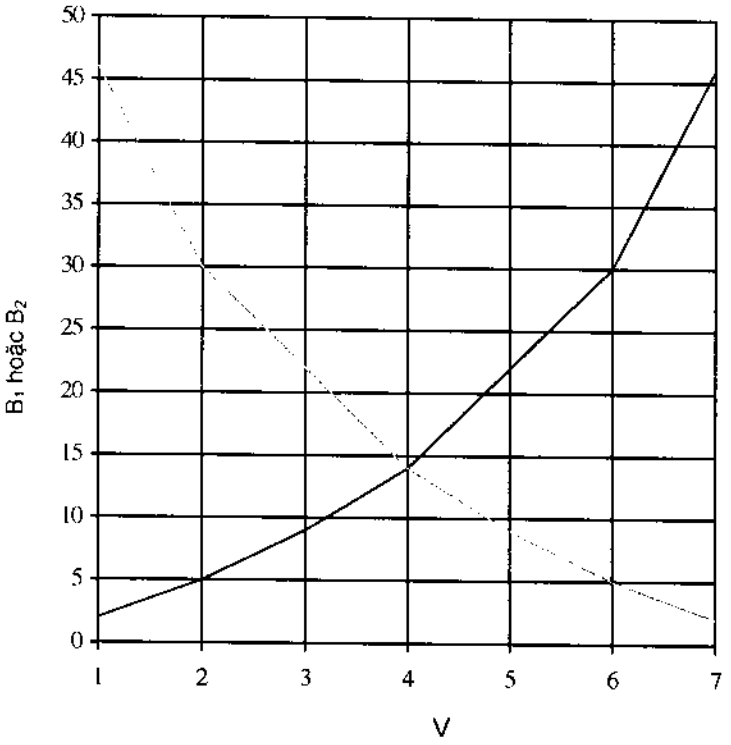
$$B_1(V) \rightarrow \max \tag{5.204}$$

và

$$B_2(V) \rightarrow \max \tag{5.205}$$

Trong đó V là véctơ các dung tích phòng lũ:

$$V = (V_1, V_2, V_3,..., V_j,... V_n) \tag{5.206}$$



Hình 5.13. **Quan hệ $B_1 = f_1(V)$ và $B_2 = f_2(V)$**

Khi tổng dung tích phòng lũ của các hồ chứa trên hệ thống càng lớn thì hiệu quả phòng lũ B_2 càng lớn, nhưng vì mực nước dâng bình thường đã ấn định nên hiệu quả phát điện B_1 càng giảm. Như vậy, hai mục tiêu khai thác mâu thuẫn nhau. Sự mâu thuẫn giữa hai mục tiêu phòng lũ và phát điện đối với một hồ chứa độc lập có thể minh hoạ như trên hình 5.13.

5.5.2. Phương pháp giải bài toán tối ưu đa mục tiêu

Hiện nay tồn tại nhiều phương pháp giải bài toán tối ưu đa mục tiêu, những nguyên tắc chung là đưa bài toán nhiều hàm mục tiêu về bài toán một hàm mục tiêu [11], [13].

Nói chung, đối với bài toán đa mục tiêu, việc tìm nghiệm của bài toán thực chất là bài toán tối ưu có điều kiện. Một nghiệm được gọi là tối ưu sẽ mang lại quyền lợi tốt hơn cho mục tiêu này và sẽ làm thiệt hại đến quyền lợi của mục tiêu khác. Bởi vậy có thể nói, lời giải tối ưu bài toán đa mục tiêu là tìm được một thoả hiệp tốt nhất giữa các mục tiêu.

5.5.2.1. Phương pháp trọng số

Với phương pháp trọng số người ta đưa hàm mục tiêu dạng (5.203) về dạng một hàm mục tiêu có dạng:

$$F(X) = c_1 f_1(X) + c_2 f_2(X) + ... + c_i f_i(X) + ... + c_n f_n(X) \qquad (5.207)$$

Hay là:

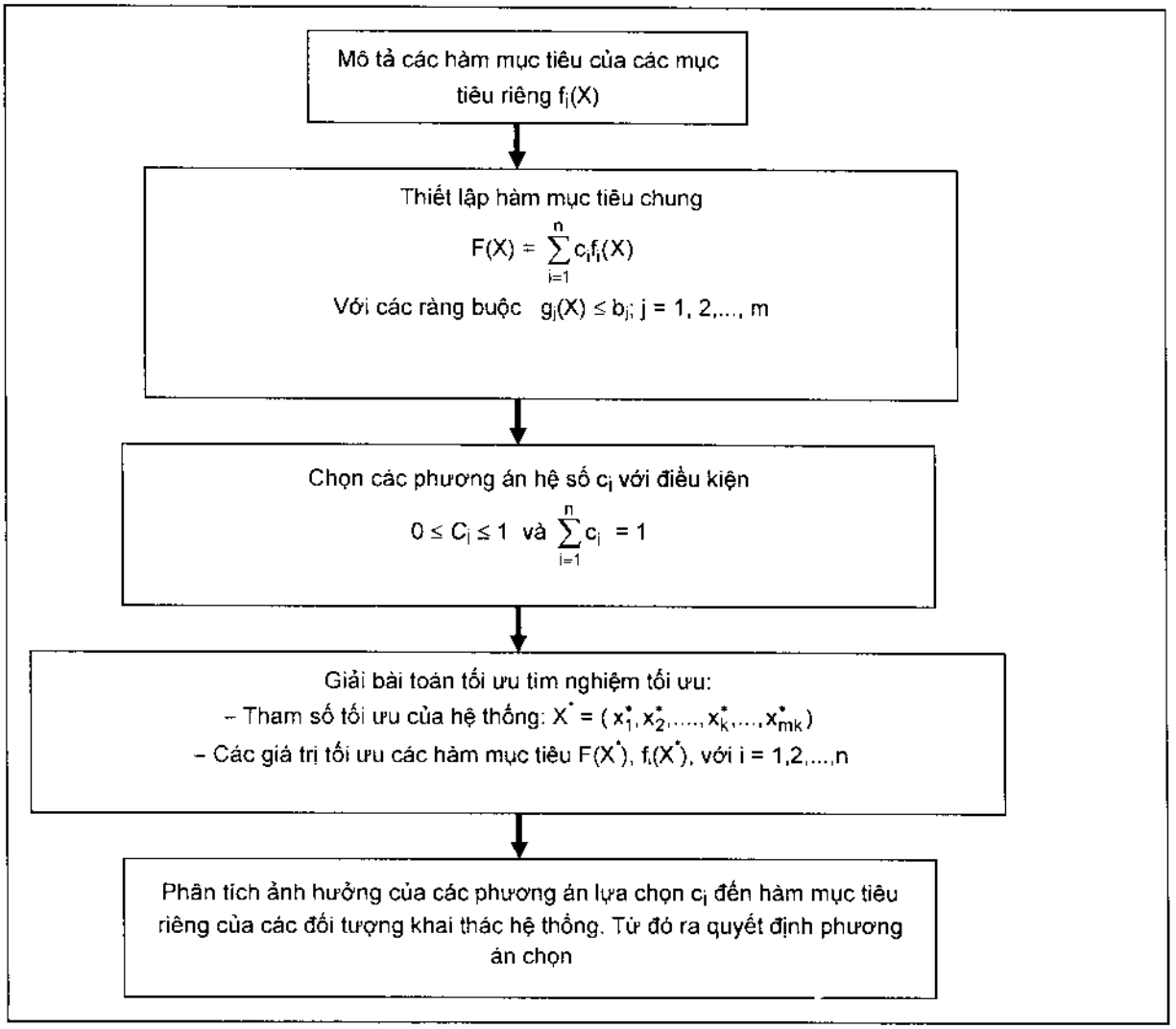
$$F(X) = \sum_{i=1}^{n} c_i f_i(X) \quad (5.208)$$

$$\text{với} \quad 0 \le c_i \le 1 \ \text{và} \ \sum_{i=1}^{n} c_i = 1 \quad (5.209)$$

Ràng buộc:

$$g_j(X) \le b_j \ \text{với} \ j = 1, 2, \ldots, m \quad (5.210)$$

Các hệ số c_i được chọn tuỳ thuộc vào mức độ ưu tiên của từng mục tiêu. Quyền lợi của mỗi mục tiêu bị xâm hại tuỳ thuộc vào mức độ ưu tiên của các mục tiêu khác.



Hình 5.14. **Sơ đồ xác định phương án tối ưu theo phương pháp trọng số**

Khi giải bài toán tối ưu dạng (5.208), người ta phải tính toán theo các phương án khác nhau của sự lựa chọn các hệ số c_i. Trên cơ sở phân tích kết quả các phương án và ảnh hưởng của việc chọn các c_i đến giá trị tối ưu của từng mục tiêu sẽ chọn được một nghiệm hợp lý, tức là chọn được thoả hiệp chấp nhận được giữa các mục tiêu.

Sơ đồ chọn các hệ số c_i được mô tả trên hình 5.14.

5.5.2.2. Phương pháp ràng buộc

Phương pháp này cũng đưa bài toán nhiều hàm mục tiêu về dạng bài toán một hàm mục tiêu bằng cách giải bài toán tối ưu với một hàm mục tiêu riêng trong khi không cho phép giá trị của các hàm mục tiêu còn lại vượt quá một giới hạn nào đó, bởi vậy phương pháp này được gọi là phương pháp ràng buộc. Bài toán được mô tả như sau

Giả sử có bài toán nhiều hàm mục tiêu có dạng:

$$\begin{aligned} &f_1(X) \rightarrow \min \\ &f_2(X) \rightarrow \min \\ &\dots \\ &f_i(X) \rightarrow \min \\ &\dots \\ &f_n(X) \rightarrow \min \end{aligned} \qquad (5.211)$$

Với ràng buộc:

$$g_j(X) \le b_j \quad \text{với } j = 1, 2, \dots, m \qquad (5.212)$$

Trong đó: $X = (x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_{mk})$ là véctơ $\mathbf{m_k}$ tham số của hệ thống.

Giả sử chọn một hàm mục tiêu riêng, chẳng hạn $f_1(X)$, mà nó cần được làm cực tiểu, ta có:

$$f_1(X) \rightarrow \min \qquad (5.213)$$

Các mục tiêu còn lại cần thoả mãn điều kiện:

$$\begin{aligned} &f_2(X) \le f_2^*(X) = \varepsilon_2 \\ &f_3(X) \le f_3^*(X) = \varepsilon_3 \\ &\dots \\ &f_i(X) \le f_i^*(X) = \varepsilon_i \\ &\dots \\ &f_n(X) \le f_n^*(X) = \varepsilon_n \end{aligned} \qquad (5.214)$$

Các giá trị $\varepsilon_i = f_n^*(X)$ với i = 1, 2,..., n là các giá trị ấn định trước đối với hàm mục tiêu thứ i. Việc ấn định các giá trị $\varepsilon_i = f_n^*(X)$ trong biểu thức (5.214) sẽ ảnh hưởng đến giá trị tối ưu của các hàm mục tiêu còn lại. Bởi vậy, trong thực tế cần xem xét việc thay đổi các giá trị $f_n^*(X)$ sao cho thoả đáng. Vấn đề này được giải quyết bằng cách xem xét lợi ích và thiệt hại đối với các đối tượng mà yêu cầu của nó được ấn định trước theo biểu thức (5.214).

Cách làm tương tự có thể thực hiện đối với bất kỳ hàm mục tiêu nào trong số **n** hàm mục tiêu của bài toán.

Với cách thay $\varepsilon_i = f_n^*(X)$ ta có thể viết:

$$f_i(X) \rightarrow \min \tag{5.215}$$

Với $f_l(X) \leq \varepsilon_l \quad l \neq i \; ; \quad l = \overline{1,n-1}$

Dạng bài toán (5.215) trở thành bài toán tối ưu có ràng buộc bất đẳng thức. Có thể giải bằng cách thiết lập hàm Lagrange:

$$L(X, \lambda_l, \mu) = f_i(X) + \sum_{l=2}^{n-1} \lambda_l (f_l(X) - \varepsilon_l) + \sum_{j=1}^{m} \mu_j (g_i(X) - b_j) \tag{5.216}$$

trong đó λ_l và λ là nhân tử Lagrange suy rộng. Ta có:

$$\lambda_l = (\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_{n-1}); \; \mu = (\mu_1, \mu_2, \ldots, \mu_m) \tag{5.217}$$

Hàm $L(X, \lambda_l, \mu)$ có cực trị nếu nó thoả mãn các điều kiện Kuhn – Tacker, trong đó cần phải có $\lambda_l \geq 0$.

5.5.2.3. Phương pháp thỏa hiệp theo thứ tự ưu tiên SWT

Phương pháp thỏa hiệp theo thứ tự ưu tiên SWT (Surrogate Worth Trade–off Method) là phương pháp tìm sự thỏa hiệp theo đó các mục tiêu được tối ưu được xem xét theo các mức ưu tiên khác nhau.

Trong bài toán tối ưu đa mục tiêu, việc làm thỏa mãn một mục tiêu nào đó có thể làm giảm lợi ích của các mục tiêu còn lại. Bởi vậy, người phân tích hệ thống phải làm rõ sự ảnh hưởng qua lại giữa các mục tiêu và đưa ra mức ưu tiên khác nhau khi tìm nghiệm thỏa hiệp của bài toán. Giả sử ta thiết lập bài toán tối ưu đa mục tiêu theo dạng (5.214), nếu một mục tiêu nào đó có hàm mục tiêu được chọn để tối ưu, những mục tiêu còn lại được đòi hỏi dưới dạng các ràng buộc. Ta xem xét hai tình huống sau đây:

– Nếu tất cả các ràng buộc đều phải thỏa mãn với các hằng số ε_i đã ấn định trước thì không có sự ưu tiên nào được xem xét trong bài toán thoản hiệp đa mục tiêu.

– Nếu khi phân tích thấy rằng một số mục tiêu đặt ra là "quá đáng" và khó chấp nhận đối với các mục tiêu còn lại, khi đó cần xem xét điều chỉnh các giá trị ε_i của các biểu thức ràng buộc, tức là phải xem xét mức độ ưu tiên để điều chỉnh các đòi hỏi của các mục tiêu, ta gọi đây là sự thỏa hiệp có thứ tự ưu tiên.

Vấn đề cơ bản khi giải quyết bài toán theo hướng này là việc chọn các giá trị ε_i. Những phương án chọn khác nhau của giá trị ε_i sẽ có lợi cho một số mục tiêu này nhưng quyền lợi của các mục tiêu còn lại có thể bị thiệt hại rất lớn. Những vi phạm về đòi hỏi của những mặc tiêu nào đó là sự hy sinh quyền lợi cho những mục tiêu quan trọng hơn. Bởi vậy, giải bài toán đa mục tiêu theo phương pháp này cũng là xem xét bài toán thoả hiệp giữa các mục tiêu thông qua việc lựa chọn các giá trị ε_i. Trên hình (5–15) mô tả quá trình lựa chọn các giá trị ε_i khi giải bài toán tối ưu theo phương pháp này.

Chú ý rằng nếu $f_j(X) < \varepsilon_j$ với mọi j thì khi đó không có mâu thuẫn giữa mục tiêu i và j và do đó $\lambda_{ij} = 0$ (tức là không quan tâm đến ràng buộc này nữa). Điều quan tâm của bài toán là tại biên của các ràng buộc $f_j(X) = \varepsilon_j$, λ_{ij} là các giá trị biểu thị ràng buộc liên kết giữa mục tiêu thứ i với một giới hạn cho phép của j là ε_j.

Ta sẽ chứng minh mối quan hệ đó như sau:

Ta có $$\frac{\partial L}{\partial \varepsilon_j} = -\lambda_{ij}$$

tức là: $$\lambda_{ij}(\varepsilon_j) = -\frac{\partial fi(X)}{\partial \varepsilon_j} \qquad (5.218)$$

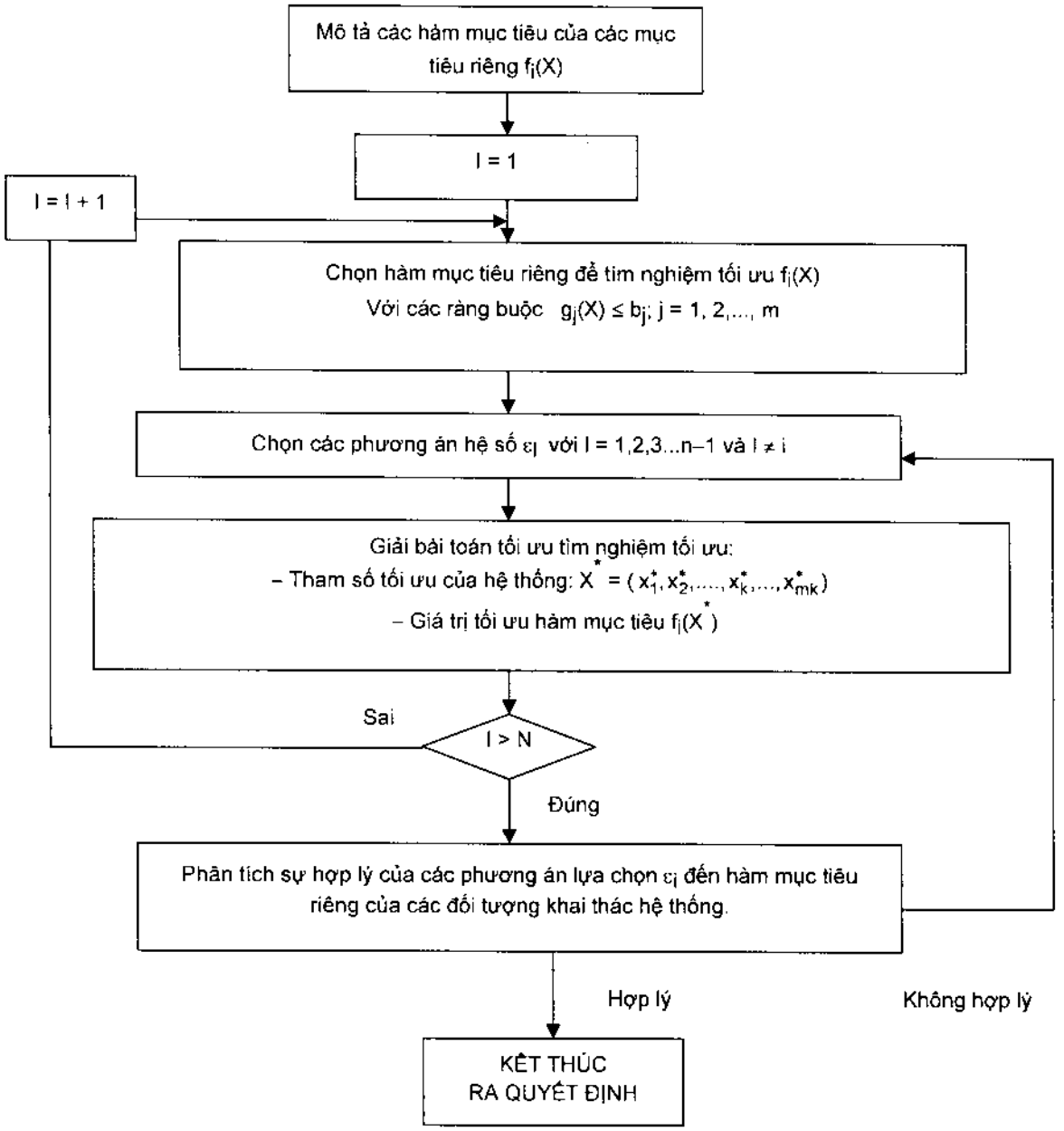
Nếu $\lambda_{ij}(\varepsilon_j)$ được chọn sao cho thoả mãn điều kiện (5.215) thì:

$$L(X, \lambda_i) = f_i(X)$$

bởi vậy $$\lambda_{ij}(\varepsilon_j) = -\frac{\partial fi(X)}{\partial \varepsilon_j} \qquad (5.219)$$

Rõ ràng từ (5.219) cho thấy $\lambda_{ij}(\varepsilon_j)$ sẽ ảnh hưởng tới sự thay đổi của giá trị tối ưu $f_i(X)$ khi ε_j thay đổi một vi lượng nào đấy.

Ta quay lại bài toán (5.214), điều quan tâm của người làm quyết định là các đòi hỏi của các ràng buộc hàm mục tiêu thứ j có chấp nhận được hay không, và nếu không chấp nhận được thì giải quyết như thế nào. Muốn vậy cần phải khảo xét xem nghiệm tối ưu của (5.214) với sự thay đổi ε_j sẽ có xu hướng thay đổi như thế nào. Qua phân tích các phản ứng đó mà điều chỉnh cho hợp lý các ε_j. Cần chú ý rằng i là mục tiêu chọn bất kỳ được chọn theo các mục tiêu chính.



***Hình 5.15.* Sơ đồ mô tả quá trình lựa chọn các giá trị ε_l trong quá trình tìm nghiệm**

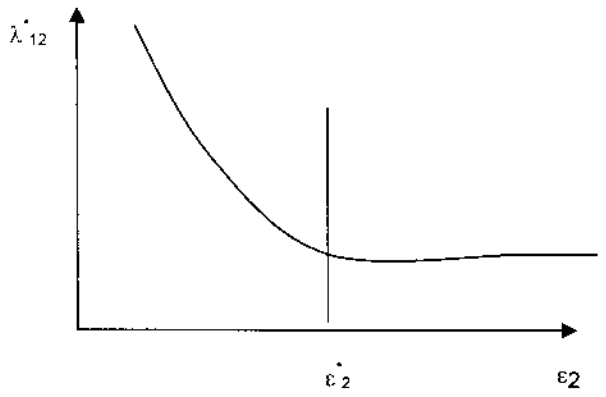
Giả thiết rằng mục tiêu chính thứ i = 1 cần được khảo sát theo hàm $f_1(X) \rightarrow$ min, mục tiêu thứ 2, j = 2 được chọn để đánh giá ảnh hưởng của nó tới cực trị của $f_1(X)$ với sự thay đổi ε_2. Các mục tiêu khác giữ nguyên giá trị ε_j ($j \neq 2$).

Ta giả định các giá trị ε_{2k}: $\varepsilon_{2k} = (\varepsilon_{21}, \varepsilon_{22}, ..., \varepsilon_{2p})$, với p là số mức lựa chọn.

Các mục tiêu còn lại ε_j = const ($j \neq 2$). Giả thiết rằng ta tìm được giá trị tối ưu theo (5.214) với các giá trị λ^*_{12} tương ứng $\lambda^*_{12} = \lambda^*_{12}(\varepsilon_{2k})$. Với mỗi ε_{2k} ta tìm được nghiệm tối ưu X^*, λ^*_{12} của hàm mục tiêu

$$f_1(X^*) = \min f_1(X)$$

Vẽ quan hệ $\lambda^*_{12} = \lambda^*_{12}(\varepsilon_{2k})$ như trên hình 5.16.



Hình 5.16. **Ảnh hưởng của việc chọn ε_2 đến giá trị tối ưu λ^*_{12}**

Trên hình 5.16 thấy rõ là:

Khi $\varepsilon_2 > \varepsilon^*_2$ thì sự thay đổi của ε_2 ít ảnh hưởng đến λ^*_{12}.

Khi $\varepsilon_2 < \varepsilon^*_2$ thì độ dốc của đường cong rất dốc do đó ảnh hưởng mạnh đến λ^*_{12} và do đó theo biểu thức (5.219) sẽ làm thiệt hại nhiều hơn đến mục tiêu $f_1(X)$. Bởi vậy không nên chọn $\varepsilon_2 < \varepsilon^*_2$.

Ta tiếp tục làm như vậy với các tổ hợp khác nhau của i đối với j. Cuối cùng người làm quyết định sẽ quyết định mức độ ưu tiên cho các mục tiêu thông qua việc ấn định các giá trị λ_{ij}.

Có thể xảy ra các trường hợp như sau:

- Các giá trị λ_{ij} được chọn sao cho nó thoả mãn nghiệm tối ưu dạng (5.214):

$$\min_{X^*,\ \lambda^*} L(X, \lambda_i) = \min f_i(X) + \sum \lambda_{ij}(f_j(X) - \varepsilon_j)$$

Trong đó:

$$j \neq i \text{ và } \lambda^*_i = (\lambda^*_{i1}, \lambda^*_{12}, \ldots, \lambda^*_{i,m-1})$$

$$X^* = (X^*_1, X^*_2, \ldots, X^*_n)$$

Khi đó toàn bộ các $\lambda_{ij}(f_j(X^*) - \varepsilon_j) = 0$

Ta gọi đây là nghiệm tối ưu của bài toán thoả hiệp hoàn toàn vì nó thỏa mãn tất cả ε_j mà các mục tiêu khác đòi hỏi. Đặt

$$W_{ij} = f_j(X^*) - \varepsilon_j \quad (5.220)$$

Khi ta có $W_{ij} = 0$

Tức là người làm quyết định giữ quan điểm trung lập, không ưu tiên cho mục tiêu nào cả.

• Các giá trị λ_{ij} được ấn định trước, khi đó sẽ xảy ra tình trạng là một số giá trị $W_{ij} \geq 0$ còn một số khác $W_{ij} < 0$. Trong trường hợp đó các mục tiêu thứ j có $W_{ij} \geq 0$ sẽ được ưu ái. Các mục tiêu còn lại không được ưu ái vì đòi hỏi ε_j của chúng bị vi phạm.

Việc phân tích chọn các giá trị c_j trong phương pháp trọng số cũng được thực hiện theo cách tương tự như việc chọn các giá trị ε_j.

Ví dụ 1. Lấy ví dụ về bài toán phòng lũ và phát điện cho hệ thống hồ chứa trên sông Hồng.

Mục tiêu phát điện mô tả bằng một hàm năng lượng mà nó cần phải đạt cực đại:

$$F(V_{pl}) = E(V_{pl}) \rightarrow \max \quad (5.221)$$

Mục tiêu phòng lũ được mô tả bằng một biểu thức ràng buộc: Mực nước tại Hà Nội (với lũ thiết kế theo tiêu chuẩn phòng lũ) không được vượt quá mực nước khống chế bằng 13,40 m, tức là:

$$Z_{HN} \leq 13{,}40 \text{ m} \quad (5.222)$$

Trong đó V_{pl} là dung tích phòng lũ được xác định theo ràng buộc (5.222). Vấn đề là ở chỗ, liệu ràng buộc (5.222) có "quá đáng" không. Để khẳng định điều này cần thiết phải xem xét việc thay đổi mức khống chế "13,40m" và phân tích ảnh hưởng của nó đến sự thay đổi giá trị cực trị của hàm mục tiêu (5.221) và xem xét ảnh hưởng của sự thay đổi này đến chi phí cho việc phòng lũ hạ du và mức độ nguy hiểm của nó đến toàn bộ vùng dân cư Đồng bằng sông Hồng.

Ví dụ 2. Lấy ví dụ về bài toán cấp nước và phát điện cho hệ thống hồ chứa trên sông Hồng.

Mục tiêu phát điện cũng được mô tả bằng một hàm năng lượng mà nó cần phải được cực đại:

$$F(q_{đt}) = E(q_{đt}) \rightarrow \max \quad (5.223)$$

Mục tiêu cấp nước cho Đồng bằng sông Hồng được mô tả bằng một biểu thức ràng buộc: mực nước tại Hà Nội (với tần suất thiết kế cấp nước hạ du) trong tháng 1 và tháng 2 không được nhỏ hơn mực nước cho phép bằng [Z], tức là:

$$Z_{HN}(\text{tháng } 1 + 2) \geq [Z] \quad (5.224)$$

Trong đó q_{dt} là tổng lưu lượng cần điều tiết trong thời kỳ tháng 1 + 2 của các hồ chứa thượng nguồn được xác định theo ràng buộc (5.224).

Các cơ quan quản lý việc cấp nước cho hạ du đòi hỏi mực nước nhỏ nhất cho phép [Z] phải là 2,70m (đây chỉ là giả thiết), còn các cơ quan quản lý các nhà máy thủy điện thì nói rằng đòi hỏi này là "quá đáng" và không chấp nhận được.

Để khẳng định điều này cũng cần thiết phải xem xét việc thay đổi mức khống chế "2,70m" và phân tích ảnh hưởng của nó đến sự thay đổi giá trị cực trị của hàm mục tiêu (5.223). Đồng thời cũng phải xem xét ảnh hưởng của sự thay đổi này đến chi phí cho việc cấp nước hạ du. Trên cơ sở phân tích này nếu đòi hỏi về mực nước [Z] gây thiệt hại lớn đến sản lượng điện hành năm thì có thể chỉ chấp nhận yêu cầu cấp nước đến một mức độ nhất định và sẽ có những biện pháp khác để khắc phục tình trạng thiếu nước ở hạ du, khi đó mực nước khống hế [Z] phải thay đổi và lấy nhỏ hơn mức 2,70 m.

Trên đây là 2 cách giải bài toán đa mục tiêu, một số phương pháp khác có thể được áp dụng. Tuy nhiên, tất cả các phương pháp đều đưa bài toán nhiều hàm mục tiêu về dạng bài toán một hàm mục tiêu.

Chương VI

TÍNH TOÁN ĐIỀU TIẾT DÒNG CHẢY HỆ THỐNG HỒ CHỨA LỢI DỤNG TỔNG HỢP

Trong quy hoạch khai thác các lưu vực sông, để khống chế dòng chảy một cách có hiệu quả và kinh tế nhất, người ta thường xây dựng trên sông chính và các sông nhánh một loạt các hồ chứa nước nhân tạo. Tập hợp các hồ chứa trên một sông hoặc một hệ thống sông tạo thành hệ thống hồ chứa. Theo mục đích khai thác hệ thống hồ chứa có thể tồn tại những mối quan hệ rất phức tạp về chế độ dòng chảy hoặc nhiệm vụ cấp nước. Bởi vậy, việc tính toán điều tiết cho hệ thống hồ chứa nói chung cũng rất phức tạp.

Các phương pháp tính toán điều tiết đối với hệ thống hồ chứa đã được trình bày trong Giáo trình Thuỷ văn Công trình. Trong tài liệu này sẽ bổ sung những kiến thức cần thiết về tính toán điều tiết dòng chảy cho hệ thống hồ chứa lợi dụng tổng hợp. Tuy nhiên, cũng chỉ tập trung vào một số trường hợp thường gặp trong thực tế. Các phương pháp tính toán trong tài liệu này được trình bày theo quan điểm hiện đại với sự ứng dụng công cụ tính toán mạnh và hầu hết đã được ứng dụng trong tính toán thực tế sản xuất.

6.1. Vai trò của hệ thống hồ chứa trong cân bằng nước hệ thống và nhiệm vụ tính toán điều tiết hồ chứa

Hồ chứa có thể coi là biện pháp chính trong quy hoạch phát triển tài nguyên nước mặt. Với những hồ chứa nhân tạo được xây dựng trên các hệ thống sông, đặc biệt là các sông lớn, có thể làm thay đổi căn bản chế độ dòng chảy sông ngòi. Hồ chứa làm thay đổi trạng thái tự nhiên của nguồn nước tạo điều kiện có lợi cho các hoạt động dân sinh kinh tế vùng hạ lưu công trình. Hiện nay, ở Việt Nam đã hình thành những hệ thống hồ chứa lớn trên hệ thống sông Hồng, sông Đồng Nai, sông Sê San, làm thay đổi đáng kể cân bằng nước trên các lưu vực sông đó.

Khi lập các dự án quy hoạch và quản lý nguồn nước, hệ thống nguồn nước thường được mô tả bởi hệ thống các sơ đồ, bao gồm hệ thống các nút và các quá trình trao đổi nước giữa chúng. Sự trao đổi nước giữa các nút trong hệ thống được mô tả bằng hệ các phương trình cân bằng nước và phương trình động lực. Tuỳ thuộc và tính chất của các nút và đặc điểm của bài toán mà sự mô tả đó có thể khác nhau.

Các hồ chứa trong hệ thống được coi là một nút của hệ thống, được xây dựng với mục đích làm thay đổi quá trình dòng chảy trên hệ thống sao cho phù hợp với nhiệm vụ khai thác nguồn nước. Dưới đây là một ví dụ về sơ đồ hệ thống công trình cấp nước thuộc hệ thống sông Thạch Hãn (hình 6.1) với sự có mặt của các nút hồ chứa. Sơ đồ được thiết lập để tính toán cân bằng nước theo mô hình MITSIM.

Trên sơ đồ các nút được ký hiệu như sau:

– Các nút ký hiệu I: I_1, I_2, I_3... là các nút mô tả dòng chảy đến trong thời gian tính toán– là quá trình lưu lượng của lưu vực tập trung nước tại nút đó.

– Các nút ký hiệu KG: KG_1, KG_2,... là các nút nhập lưu khu giữa – mô tả quá trình lưu lượng của lưu vực khu giữa.

– Các nút ký hiệu IR: IR_1, IR_2,... là các nút có yêu cầu cấp nước tưới. Tại đó cần mô tả quá trình lưu lượng yêu cầu tưới.

– Các nút ký hiệu SH: SH_1, SH_2,... là các nút có yêu cầu cấp nước sinh hoạt. Tại đó cần mô tả quá trình lưu lượng theo yêu cầu cấp nước sinh hoạt.

– Các nút ký hiệu R: R_1, R_2,... là các nút hồ chứa.

– Các nút ký hiệu DV: DV_1, DV_2,... là các nút đập dâng.

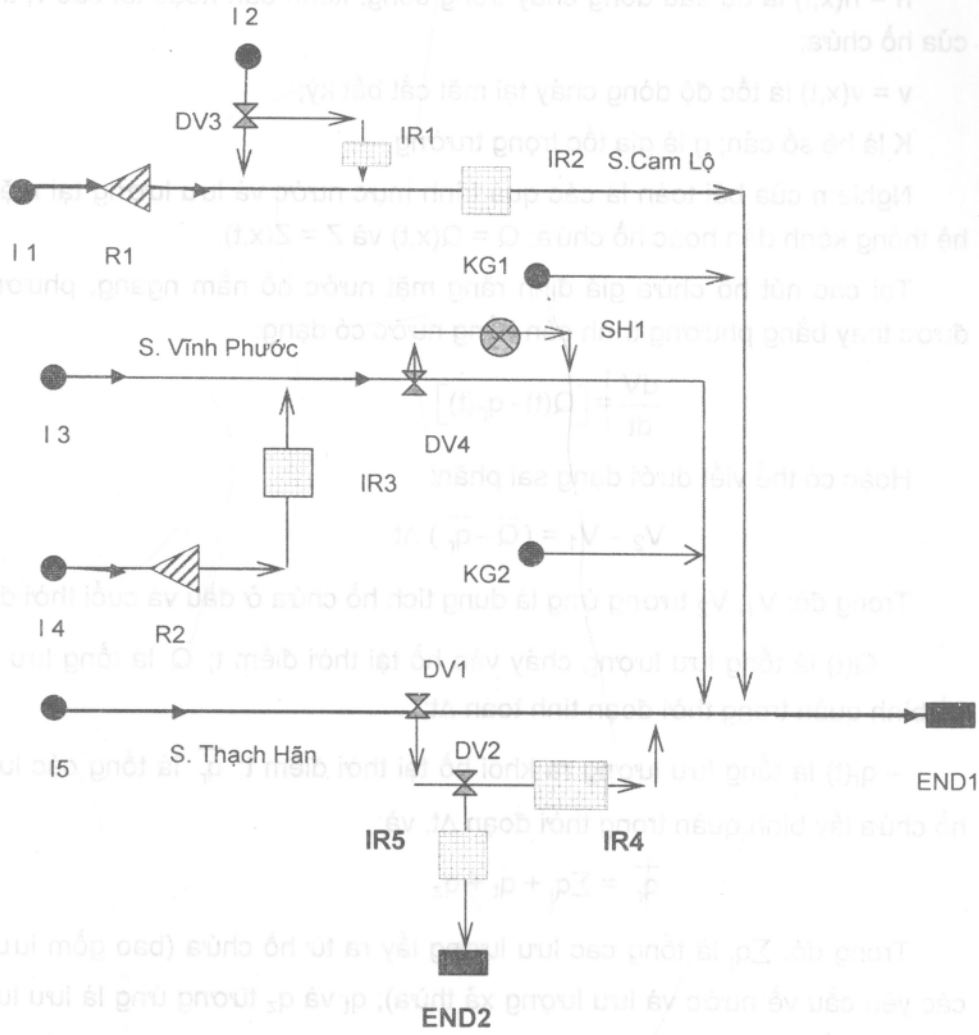
Tính toán cân bằng nước được thực hiện theo các mô hình mô phỏng nhờ đó xác định được quy mô công trình và khả năng cấp nước tại các nút có yêu cầu sử dụng nước.

Tính toán điều tiết dòng chảy, thực ra chỉ là một mảng của tính toán cân bằng nước, được tiến hành nhằm xác định quy mô của dung tích hồ chứa và chế độ làm việc của nó đối với các yêu cầu về nước đã xác định. Tính toán điều tiết dòng chảy là một mảng quan trọng trong tính toán cân bằng nước, là một mô hình thành phần trong mô hình mô phỏng cân bằng nước hệ thống. Khi tính toán điều tiết cho hệ thống hồ chứa phải xem xét sự tương tác giữa hoạt động của hồ chứa với sự cân bằng của các nút công trình khác trên hệ thống. Bởi vậy, các phương pháp tính toán điều tiết cho hồ chứa nằm trong hệ thống phải được trình bày theo quan điểm hệ thống. Vì thế, các phương pháp tính toán điều tiết trình bày trong tài liệu sẽ hướng tới sự gắn kết hồ chứa với hệ thống cân bằng nước.

Trong tính toán cân bằng nước hệ thống việc mô phỏng các quá trình chuyển nước trong hệ thống (chuyển nước trên hệ thống kênh và chuyển nước qua hồ chứa) là một nội dung quan trọng. Mô hình chuyển nước một cách tổng quát có thể được mô tả bằng hệ phương trình Saint Venant một chiều có dạng:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial Q}{\partial x} + \dfrac{\partial \omega_c}{\partial t} = q & (1) \\ \dfrac{\partial Z}{\partial x} + \dfrac{\alpha_0}{g}\dfrac{\partial V}{\partial t} + \dfrac{\alpha V}{g}\dfrac{\partial V}{\partial x} + J = 0 & (2) \end{cases} \qquad (6.1)$$

với $V = \dfrac{Q}{\omega}$, $J = \dfrac{Q|Q|}{K^2}$



Hình 6.1. **Sơ đồ hệ thống tưới Thạch Hãn – Quảng Trị**

Phương trình (1) là phương trình liên tục mô tả quy luật cân bằng nước, phương trình (2) là phương trình động lực mô tả quá trình chuyển động của nước trên hệ thống, trong đó:

Q = Q(x,t) là lưu lượng tại mặt cắt bất kỳ, x là khoảng cách đến tính đến mặt cắt ban đầu, t là biến thời gian;

$\omega = \omega(x,t)$ là diện tích mặt cắt ngang tại vị trí x ở thời điểm t; B = B(x,t) là bề rộng mặt cắt ngang tại vị trí x ở thời điểm t;

$q_b = q_b(x,t)$ là nhập lưu;

$Z_0 = Z_0(x,t)$ là cao trình mực nước trong kênh dẫn hoặc hồ chứa tại vị trí x ở thời điểm t;

h = h(x,t) là độ sâu dòng chảy trong sông, kênh dẫn hoặc tại các vị trí mặt cắt ngang của hồ chứa;

v = v(x,t) là tốc độ dòng chảy tại mặt cắt bất kỳ;

K là hệ số cản; g là gia tốc trọng trường.

Nghiệm của bài toán là các quá trình mực nước và lưu lượng tại mặt cắt bất kỳ trên hệ thống kênh dẫn hoặc hồ chứa: Q = Q(x,t) và Z = Z(x,t).

Tại các nút hồ chứa giả định rằng mặt nước hồ nằm ngang, phương trình liên tục được thay bằng phương trình cân bằng nước có dạng:

$$\frac{dV}{dt} = \left[Q(t) - q_r(t)\right] \tag{6.2}$$

Hoặc có thể viết dưới dạng sai phân:

$$V_2 - V_1 = (\overline{Q} - \overline{q_r})\,\Delta t \tag{6.3}$$

Trong đó: V_1, V_2 tương ứng là dung tích hồ chứa ở đầu và cuối thời đoạn;

– Q(t) là tổng lưu lượng chảy vào hồ tại thời điểm t; $\overline{Q}$ là tổng lưu lượng chảy vào hồ bình quân trong thời đoạn tính toán Δt;

– $q_r(t)$ là tổng lưu lượng ra khỏi hồ tại thời điểm t; $\overline{q_r}$ là tổng các lưu lượng ra khỏi hồ chứa lấy bình quân trong thời đoạn Δt, và:

$$\overline{q_r} = \sum q_j + q_t + q_z \tag{6.4}$$

Trong đó: $\sum q_j$ là tổng các lưu lượng lấy ra từ hồ chứa (bao gồm lưu lượng cấp cho các yêu cầu về nước và lưu lượng xả thừa); q_t và q_z tương ứng là lưu lượng tổn thất do thấm và bốc hơi.

Phương trình động lực đối với nút hồ chứa được thay thế bởi các biểu thức tính lưu lượng qua công trình, có dạng tổng quát:

$$q_j(t) = f(Z_{tj}(t), Z_{hj}(t), A_j) \tag{6.5}$$

Dạng cụ thể của công thức (6.5) tuỳ thuộc vào dạng của loại công trình. Trong đó: $Z_{tj}(t)$, $Z_{hj}(t)$ tương ứng là mực nước thượng lưu và hạ lưu công trình; A_j. là thông số hình thức mô tả loại và kích thước của công trình.

6.2. Hệ thống hồ chứa và phân loại

Tuỳ thuộc vào cấu trúc hệ thống, nhiệm vụ điều tiết và hình thức điều tiết mà phương pháp phân loại có thể khác nhau.

6.2.1. Phân loại theo cấu trúc hệ thống

Theo cấu trúc có thể phân loại hệ thống hồ chứa như sau:

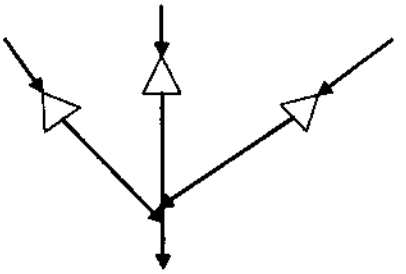
– Hồ chứa song song: Là các hồ chứa nằm trên các nhánh của sông chính.

– Hệ thống hồ chứa bậc thang: Là hệ thống hồ chứa nối tiếp nhau trên sông chính hoặc trên cùng một sông nhánh.

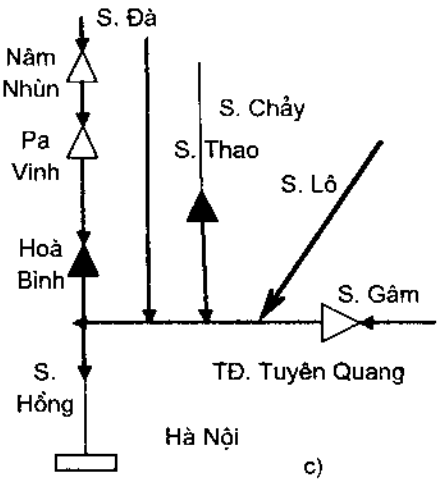
– Loại hỗn hợp: Là hệ thống có cả hai cấu trúc trên, trong đó hệ thống bậc thang này có thể tạo thành hồ chứa song song với các hồ chứa khác và ngược lại.

Trên hình 6.2 sơ họa hệ thống hồ chứa cấu trúc bậc thang và cấu trúc hỗn hợp.

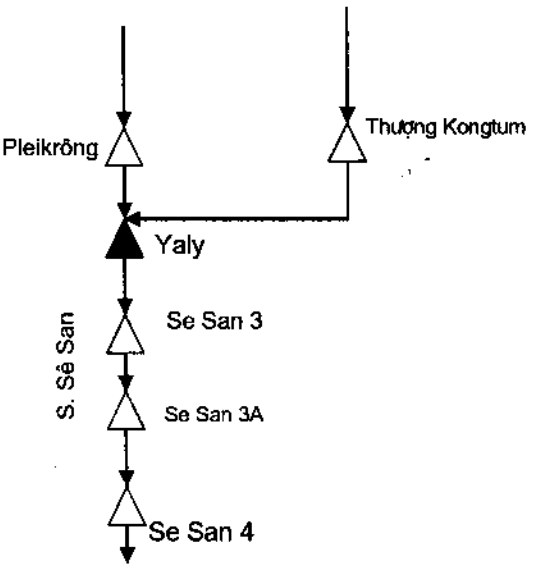
a) Hệ thống hồ chứa bậc thang



b) Hệ thống hồ chứa song song



c)



d)

Hình 6.2

a) Hệ thống hồ chứa bậc thang; b) Hệ thống hồ chứa song song;
c) và d): Hệ thống hồ chứa có cấu trúc hỗn hợp.

6.2.2. Phân loại theo chức năng, nhiệm vụ thiết kế hồ chứa

Theo chức năng và nhiệm vụ thiết kế hồ chứa phân thành các loại:

– Hệ thống hồ chứa làm nhiệm vụ cấp nước: tưới hoặc cấp nước sinh hoạt, cấp nước cho công nghiệp...

– Hệ thống hồ chứa phát điện

– Hệ thống hồ chứa phòng lũ

– Hệ thống hồ chứa lợi dụng tổng hợp

6.2.3. Phân loại theo chu kỳ điều tiết

Theo chu kỳ điều tiết phân thành các loại:

– Hệ thống hồ chứa điều tiết năm (còn gọi là điều tiết mùa)

– Hệ thống hồ chứa điều tiết nhiều năm

– Hệ thống hồ chứa có hình thức điều tiết hỗn hợp

6.3. Đặc điểm của bài toán điều tiết dòng chảy hệ thống hồ chứa

Phương pháp và trình tự tính toán điều tiết dòng chảy cho hệ thống hồ phụ thuộc vào đặc điểm về cấu trúc, nhiệm vụ điều tiết và các mối quan hệ giữa các hồ chứa trong hệ thống. Những đặc điểm chính của bài toán điều tiết dòng chảy đối với hệ thống hồ chứa có thể tóm tắt như sau [31]:

– Tồn tại mối quan hệ về mặt thuỷ văn, thuỷ lực và thuỷ lợi.

– Sự không đồng nhất về hình thức điều tiết.

– Sự không đồng nhất về tần suất đảm bảo cấp nước và chống lũ.

– Đa mục tiêu trong khai thác tài nguyên nước.

6.3.1. Tồn tại mối quan hệ về mặt thủy văn, thuỷ lực và thuỷ lợi

1. Quan hệ thuỷ văn

Quan hệ thuỷ văn đối với hệ thống hồ chứa được phản ánh ở hai mặt: quan hệ về dòng chảy trong điều kiện tự nhiên và quan hệ về cân bằng nước trong điều kiện đã có công trình hồ chứa.

Quan hệ về dòng chảy là quan hệ về chế độ dòng chảy và lượng dòng chảy tại các tuyến xây dựng công trình hồ chứa. Nếu giới hạn thời kỳ mùa lũ và mùa kiệt của dòng chảy trong sông tại các tuyến xây dựng hồ chứa là như nhau thì các hồ chứa trong hệ

thống được coi là đồng bộ về chế độ dòng chảy. Quan hệ tương quan lượng dòng chảy tại các tuyến hồ chứa phản ảnh mức độ đồng bộ về lượng của dòng chảy tại các tuyến xây dựng hồ. Hệ số tương quan dòng chảy giữa hai tuyến xây dựng hồ chứa càng lớn thì mức độ đồng bộ về lượng càng cao. Nếu hệ số tương quan dòng chảy tại các vị trí xây dựng hồ chứa bằng "không" hoặc rất nhỏ có thể coi dòng chảy các tuyến hồ chứa không đồng bộ.

Hai hồ chứa nước gọi là có quan hệ với nhau về cân bằng nước, nếu như quy mô, hình thức điều tiết, quá trình cấp nước của hồ chứa này làm thay đổi dòng chảy đến của hồ chứa kia. Như vậy, chỉ có loại hồ chứa nằm trong hệ thống hồ chứa bậc thang mới tồn tại mối quan hệ về cân bằng nước, các loại hồ chứa song song không có mối quan hệ này.

2. Quan hệ thuỷ lực

Hai hồ chứa nằm trong hệ thống hồ chứa bậc thang được gọi là có quan hệ về mặt thuỷ lực, nếu như sự thay đổi mực nước của hồ phía dưới có ảnh hưởng đến sự thay đổi mực nước tự nhiên ở chân công trình của hồ chứa phía trên do hiện tượng nước dềnh sinh ra. Chỉ các hồ chứa nằm trong hệ thống hồ chứa bậc thang có nhiệm vụ phát điện hoặc giao thông thuỷ mới cần xem xét mối quan hệ thuỷ lực giữa chúng.

Các hồ chứa có quan hệ về mặt thủy lực được gọi là các hồ chứa nối tiếp nhau. Nếu tất cả các hồ chứa trên bậc thang đều có dạng nối tiếp nhau gọi là nối tiếp hoàn toàn. Ngược lại, nếu chỉ một số hồ chứa trong hệ thống có dạng nối tiếp gọi là nối tiếp bộ phận. Nếu hiện tượng nối tiếp duy trì trong toàn bộ thời gian của một chu kỳ điều tiết gọi là nối tiếp thường xuyên. Trong trường hợp ngược lại gọi là nối tiếp không thường xuyên.

Hai hồ chứa được gọi là không có quan hệ về mặt thủy lực, nếu sự thay đổi mực nước của hồ chứa phía dưới không ảnh hưởng đến sự thay đổi tự nhiên của mực nước trong sông tại vị trí chân công trình của hồ phía trên nó, tức là sự thay đổi mực nước ở hạ lưu đập phía trên chỉ phụ thuộc vào lưu lượng xả xuống hạ lưu của chính hồ chứa đó.

3. Quan hệ thuỷ lợi

Hai hồ chứa được gọi là có quan hệ về mặt thuỷ lợi nếu như chúng có chung một nhiệm vụ cấp nước hoặc cùng thoả mãn một yêu cầu về nước nào đó: có cùng nhiệm vụ phòng lũ cho hạ du, cùng cấp nước cho một khu công nghiệp, cùng phát điện cho một hệ thống năng lượng v.v. Trong trường hợp ngược lại hai hồ chứa được coi là không có quan hệ về mặt thuỷ lợi.

6.3.2. Sự không đồng nhất về hình thức điều tiết

Là hiện tượng mà các hồ chứa trong hệ thống có hình thức điều tiết khác nhau: một số hồ chứa thuộc loại hồ chứa điều tiết năm, số còn lại thuộc loại hồ chứa điều tiết nhiều năm. Ngoài ra đập dâng có thể coi là hồ chứa có dung tích hiệu dụng $V_h = 0$.

6.3.3. Sự không đồng nhất về tần suất bảo đảm cấp nước và chống lũ

Trong thực tế thường xảy ra trường hợp không đồng nhất về tần suất bảo đảm cấp nước của các đối tượng dùng nước. Nếu nhiệm vụ cấp nước của các hồ chứa là độc lập nhau thì mỗi hồ chứa trong hệ thống có thể được thiết kế với một mức đảm bảo nào đó, điều này đặc biệt phải lưu ý đối với hệ thống hồ chứa bậc thang.

Theo các quy phạm hiện hành của Việt Nam, tần suất chống lũ được chọn theo cấp bậc công trình. Do vậy có thể dẫn đến sự không đồng nhất về tiêu chuẩn chống lũ của các hồ chứa trong hệ thống hồ bậc thang: một số hồ có tiêu chuẩn chống lũ thấp (tần suất thiết kế lũ lớn hơn), số còn lại có tiêu chuẩn chống lũ cao (tần suất thiết kế lũ nhỏ hơn). Thường thì các hồ chứa thượng lưu có tiêu chuẩn chống lũ thấp, còn các hồ lớn ở hạ lưu lại có tiêu chuẩn chống lũ cao hơn. Như vậy, công trình đầu mối của các hồ chứa thượng nguồn sẽ bị phá huỷ khi chưa xảy ra lũ thiết kế tại các hồ chứa vùng hạ du. Trong trường hợp như vậy, mặc dù có thể chưa xuất hiện lũ thiết kế, các hồ ở hạ du đã phải chống lũ lớn hơn tiêu chuẩn thiết kế của nó nếu các công trình đập của các hồ chứa thượng du bị vỡ.

6.3.4. Đa mục tiêu trong khai thác nguồn nước

Đó là hiện tượng xảy ra đối với hệ thống hồ chứa lợi dụng tổng hợp, khi một hồ chứa có thể phải đáp ứng các nhiệm vụ khác nhau (phòng lũ, phát điện, cấp nước).

Do những đặc điểm trên, bài toán điều tiết dòng chảy cho hệ thống hồ chứa là rất phức tạp. Vì vậy, cần dựa vào đặc điểm và tính chất của bài toán đặt ra để lựa chọn sơ đồ tính toán phù hợp.

6.4. Tần suất đảm bảo cấp nước

Một hồ chứa được xây dựng để cung cấp nước cho một ngành nào đó, cần thoả mãn yêu cầu về mức đảm bảo của ngành dùng nước đó. Dòng chảy hàng năm và phân phối dòng chảy trong năm của sông ngòi thay đổi từ năm này sang năm khác, yêu cầu dùng nước cũng thay đổi từ năm này sang năm khác. Bởi vậy, trong giai đoạn vận hành sẽ xảy ra tình trạng cấp nước không đảm bảo trong một số năm. Hiện tượng không đảm bảo cấp nước cho một ngành dùng nước được đánh giá bởi ba đặc trưng:

(1) Số năm thiếu nước

(2) Thời gian bị thiếu nước liên tục trong một năm

(3) Lượng nước thiếu ở những năm bị thiếu nước.

Để đánh giá mức độ thiếu nước, người ta thường sử dụng một đặc trưng gọi là mức bảo đảm cấp nước. Mức đảm bảo cấp nước là tần suất để cho các yêu cầu về nước không bị phá hoại, thường gọi là tần suất đảm bảo cấp nước. Đặt W_q là lượng nước cần

cấp trong năm; T là thời kỳ thiếu nước liên tục trong một năm nào đó; W_c là lượng nước có thể cấp được trong thời kỳ một năm; [T] là thời gian thiếu nước cho phép trong thời kỳ 1 năm; $[W_t]$ là lượng nước thiếu cho phép đối với năm thiếu nước. Khi đó tần suất đảm bảo cấp nước được đánh giá bởi một trong các đặc trưng tần suất P_1, P_2, P_3 tương ứng với 3 tiêu chuẩn đánh giá mức đảm bảo cấp nước như sau:

(1). Theo lượng nước cấp được so với yêu cầu:

$$P_1 = P\ (W_c \geq W_q) \tag{6.6}$$

(2). Theo thời gian thiếu nước so với thời gian thiếu nước cho phép hàng năm:

$$P_2 = P\ (T \leq [T]), \tag{6.7}$$

(3). Theo lượng nước thiếu cho phép hàng năm:

$$P_3 = P\ (W_t \leq [W_t]) \tag{6.8}$$

Tần suất đảm bảo cấp nước theo các tiêu chuẩn trên được xác định theo hai hướng:

a) Hướng thứ nhất: Xây dựng đường tần suất với các đặc trưng W_c, T và W_t, sau đó xác định tần suất theo các biểu thức trên.

b) Hướng thứ hai: Tần suất đảm bảo cấp nước được tính bằng tỷ số giữa số năm đảm bảo cấp nước theo yêu cầu trên toàn bộ số năm vận hành:

$$P = \frac{n}{N}\ 100\ (\%) \tag{6.9}$$

Khi đánh giá tần suất đảm bảo theo công thức (6.9) phải sử dụng các tài liệu trong quá khứ và coi rằng trong tương lai (thời kỳ khai thác vận hành) cũng xảy ra tương tự như vậy. Trong trường hợp này, nếu số năm có tài liệu đo đạc N không lớn, mức đảm bảo được tính theo công thức

$$P = \frac{n}{N+1}\ 100\ (\%) \tag{6.9a}$$

Trong đó P là tỷ số giữa số năm mà chế độ cung cấp nước của công trình không bị phá hoại (n) với tổng số năm vận hành công trình (N) hoặc (N + 1). Ví dụ tần suất đảm bảo cấp nước P = 90% có nghĩa là trung bình 100 năm vận hành sẽ có 90 năm đảm bảo cấp nước theo yêu cầu.

Số năm đảm bảo cấp nước theo yêu cầu n được xác định theo một trong 3 cách đánh giá trên, tức là:

– Theo tiêu chuẩn (1): n là số năm có lượng nước cấp lớn hơn yêu cầu ($W_c \geq W_q$)

– Theo tiêu chuẩn (2): n là số năm có thời gian thiếu nước nhỏ hơn giới hạn hạn cho phép: ($T \leq [T]$).

– Theo tiêu chuẩn (3): n là số năm có lượng nước thiếu nhỏ hơn giá trị cho phép

Khi đánh giá tần suất đảm bảo cho một ngành dùng nước nào đó có thể sử dụng cả ba cách đánh giá trên đây, cũng có thể chỉ sử dụng một hoặc hai tiêu chuẩn trong ba tiêu chuẩn đánh giá trên.

Đối với những năm mà lượng nước thiếu rất nhỏ hoặc thời gian thiếu nước không dài (có thể chỉ một vài ngày) theo cách đánh giá của tiêu chuẩn (1) vẫn được coi là năm thiếu nước. Đó chính là nhược điểm của tiêu chuẩn này. Thực ra tình trạng thiếu nước như vậy không gây thiệt hại nhiều đối với đối tượng dùng nước. Nhưng cách đánh giá này có ưu điểm ở chỗ, sẽ đảm bảo an toàn về mặt cấp nước. Cách đánh giá theo tiêu chuẩn (2) và (3) có mức chính xác cao hơn nhưng lại không an toàn về mặt cấp nước so với tiêu chuẩn (1). Do vậy, trong thực tế thường chọn tiêu chuẩn (1) làm tiêu chuẩn đánh giá mức đảm bảo cấp nước.

Mức bảo đảm cấp nước được lựa chọn tuỳ thuộc vào tính chất sử dụng nước của ngành dùng nước. Để xác định mức đảm bảo cấp nước hợp lý khi thiết kế một công trình cụ thể, cần thông qua tính toán kinh tế để quyết định. Trong thực tế, để giảm khối lượng và thời gian tính toán, người ta quy định mức đảm bảo cho từng ngành dùng nước tuỳ theo mức thiệt hại của ngành dùng nước đó khi bị thiếu nước. Các quy định này được ghi trong các quy phạm hiện hành.

Thực ra, tình trạng thiếu nước của một năm nào đó không chỉ phụ thuộc vào quá trình nước đến hàng năm mà còn phụ thuộc vào sự thay đổi nước dùng hàng năm. Nhưng trong thực tế hiện nay, lượng nước dùng thường được chọn cố định theo tần suất đảm bảo cấp nước. Và vì thế người ta coi mức đảm bảo cấp nước trùng với tần suất nước đến thiết kế. Điều này là không hợp lý và nó chỉ đúng trong trường hợp tần suất lượng nước dùng đồng bộ với tần suất nước đến.

6.5. Phương pháp tính toán dòng chảy

Về phương pháp tính toán điều tiết dòng chảy cho hệ thống hồ chứa, hiện nay tồn tại các loại phương pháp sau:

a) Theo kỹ thuật tính toán

1. Phương pháp lập bảng
2. Phương pháp đồ giải hoặc bán đồ giải.
3. Phương pháp tính thử dần

b) Theo nguyên lý tính toán điều tiết

1. Phương pháp trình tự thời gian
2. Phương pháp thống kê
3. Phương pháp tính toán điều tiết toàn liệt

Khi công cụ tính toán còn bị hạn chế, phương pháp đồ giải và phương pháp lập bảng là các phương pháp chủ đạo được áp dụng trong tính toán thực tế. Các phương pháp này có hạn chế là không xét được đầy đủ các thông tin cần thiết đối với những bài toán phức tạp. Mặt khác, khi cần xem xét mối quan hệ tương tác giữa hồ chứa và các công trình khác trong hệ thống thì phương pháp này rất bị hạn chế.

Hiện nay, khi công cụ tính toán phát triển mạnh thì phương pháp tính lặp, phương pháp trình tự thời gian và phương pháp điều tiết toàn liệt được ứng dụng khá rộng rãi trong thực tế. Các phương pháp này rất có hiệu quả khi phải phân tích nhiều khía cạnh khác nhau của bài toán đặt ra, đặc biệt đối với các hệ thống hồ chứa có quan hệ phức tạp về thuỷ văn, thuỷ lực và thuỷ lợi.

Khi tính toán cân bằng nước hệ thống trong các bài toán quy hoạch, thiết kế và quản lý nguồn nước, các hồ chứa trong hệ thống được coi là một nút quan trọng quyết định chất lượng của cân bằng nước. Do vậy, cần thiết phải phân tích nhiều khía cạnh của bài toán và cần so sánh nhiều phương án khác nhau về việc bố trí các hồ chứa trên hệ thống. Trong trường hợp như vậy, việc áp dụng phương pháp lặp, phương pháp trình tự thời gian và phương pháp tính toán điều tiết toàn liệt được ứng dụng rất phổ biến. Phương pháp thống kê truyền thống rất khó áp dụng khi các hồ chứa trong hệ thống có hình thức điều tiết không đồng nhất, hoặc tần suất bảo đảm cấp nước trong hệ thống cũng không đồng nhất. Vì lý do trên, trong tài liệu này đã ưu tiên trình bày kỹ các phương pháp trình tự thời gian và phương pháp điều tiết toàn liệt. Các phương pháp còn lại có thể tham khảo trong Giáo trình Thuỷ văn Công trình [28].

6.6. Nguyên lý tính toán điều tiết dòng chảy

Tính toán điều tiết dòng chảy theo phương pháp trình tự thời gian được tiến hành trên cơ sở giải hệ phương trình cân bằng nước và phương trình động lực dạng (6.2) và (6.5). Phương trình cân bằng nước tại một hồ chứa có thể viết lại dưới dạng:

$$[Q(t) - q_r(t)]\,dt = dV(t) \text{ hoặc: } \frac{dV(t)}{dt} = Q(t) - q_r(t) \tag{6.10}$$

Trong phương trình (6.10), Q(t) là tổng lưu lượng nước chảy vào hồ:

$$Q(t) = \sum_{j=1}^{n} Q_j(t) \tag{6.11}$$

$q_r(t)$ là tổng lưu lượng nước ra khỏi hồ:

$$q_r(t) = q_b(t) + q_t(t) + \sum_{i=1}^{m} q_i(t) \tag{6.12}$$

Trong đó:

$Q_j(t)$ là quá trình lưu lượng của nhánh thứ j (j, = 1,2,...,m) ở thượng lưu chảy vào hồ chứa đang xét. Đối với hồ chứa độc lập thì $Q_j(t)$ là quá trình nước đến trên phần lưu vực tập trung nước của hồ. Trong trường hợp ở phía thượng lưu còn có các hồ chứa khác thì các $Q_j(t)$ là tổng lưu lượng xả từ các hồ trên cộng với quá trình lưu lượng của diện tích khu giữa của hai tuyến công trình.

$q_i(t)$ là quá trình lưu lượng tháo qua công trình thứ i (i = 1, 2,...,n) xuống hạ du hoặc chuyển sang lưu vực khác. Các công trình này có thể là cửa lấy nước hoặc công trình tháo lũ.

V(t) là dung tích hồ chứa tại thời điểm t.

$q_t(t)$ là quá trình lưu lượng tổn thất thấm.

$q_b(t)$ là quá trình lưu lượng tổn thất bốc hơi.

$\frac{dV(t)}{dt}$ là sự thay đổi dung tích hồ chứa theo thời gian t.

Phương trình động lực mô tả khả năng chuyển nước qua các công trình lấy nước và công trình xả lũ. Các quá trình $q_i(t)$ phụ thuộc vào mực nước thượng lưu (hồ chứa) và mực nước hạ lưu tại tuyến cửa ra:

$$q_i(t) = f_i\{A_i, Z(t), Z_{hi}(t)\}, i = 1, 2,..., n \quad (6.13)$$

Trong đó A_i là tham số hình thức đặc trưng cho loại và quy mô công trình thứ i; $Z_{hi}(t)$ là quá trình mực nước ở hạ lưu tuyến cửa ra của công trình thứ i; Z(t) là mực nước hồ tại thời điểm t.

Ví dụ, đối với loại cửa ra là công trình đập tràn đỉnh rộng có chế độ chảy tự do, lưu lượng nước qua công trình được tính gần đúng bằng công thức:

$$q = mBh^{3/2} \quad (6.14)$$

Trong đó m là hệ số lưu lượng; B là chiều rộng đường tràn; h là độ sâu nước trên đỉnh tràn.

Tổn thất do bốc hơi $q_b(t)$ được tính đổi theo lớp nước bốc hơi trên mặt hồ:

$$q_b(t) = W_{tt}(t)/\Delta t = K.F(t).\Delta Z_n(t)/\Delta t \quad (6.15)$$

Trong đó: $W_{tt}(t)$ là tổng lượng nước tổn thất tại thời điểm tính toán t; K là hệ số đổi đơn vị; F(t) là diện tích mặt hồ tại thời điểm t, đơn vị tính là km^2; $\Delta Z_N(t)$ là lớp bốc hơi phụ thêm trong một đơn vị thời gian. Nếu lấy bình quân thời đoạn và đặt ΔZ_n là lượng bốc hơi trong một tháng tính bằng (mm); F là diện tích mặt hồ bình quân tính bằng (km^2); q_b là lưu lượng nước do bốc hơi lấy bình quân tháng tính bằng (m^3/s) thì K = 1/2628.

Tổn thất thấm $q_t(t)$ phụ thuộc vào dung tích nước trong hồ V(t), loại đập và địa chất lòng hồ D_C:

$$q_t(t) = f(V(t), D_C), \tag{6.16}$$

Trong tính toán điều tiết, lượng nước tổn thất thấm $W_t(t)$ thường lấy bằng tỷ lệ phần trăm dung tích trong hồ tại thời điểm tính toán t. Tỷ lệ K% thường lấy bằng hằng số dao động từ 1 ÷3%.

$$W_t(t) = q_t(t)\, dt = K\%.V(t) \tag{6.17}$$

Ngoài ra, khi tính toán điều tiết còn phải sử dụng các quan hệ phụ trợ, bao gồm các đường cong địa hình hồ chứa Z ~ V và Z ~ F và đường quan hệ lưu lượng mực nước hạ lưu tuyến công trình H ~ Q. Do vậy, tính toán điều tiết hồ chứa là sự hợp giải hệ hai phương trình: phương trình cân bằng nước và phương trình động lực, cùng với các quan hệ phụ trợ. Ta có thể viết lại các phương trình và các quan hệ phụ trợ dưới dạng hệ phương trình:

$$(Q(t) - q(t))\, dt = dV(t) \tag{6.10a}$$

$$q_r(t) = q_b(t) + q_t(t) + \sum_{i=1}^{m} q_i(t) \tag{6.12a}$$

$$q_i(t) = f_i\,[A_i, Z(t), Z_{hi}(t)],\ i = 1, 2, \ldots, n \tag{6.13a}$$

$$q_b(t) = K.F(t)\,\Delta Z(t) \tag{6.15a}$$

$$q_t(t) = f_t\,(V(t), D_C) \tag{6.16a}$$

$$Z \sim V \tag{6.18}$$

$$Z \sim F \tag{6.19}$$

$$H \sim Q \text{ (hạ lưu)} \tag{6.20}$$

Trong đó: Z là mực nước hồ, F là diện tích mặt hồ, V là dung tích hồ chứa thay đổi theo mực nước Z; H và Q là mực nước và lưu lượng ở tuyến mặt cắt sau đập của đường quan hệ H ~ Q.

Các trường hợp giản hoá

Đối với bài toán điều tiết cấp nước, chẳng hạn cấp nước cho tưới, khi tính toán điều tiết chỉ quan tâm đến cân bằng nước giữa nước đến và nước dùng mà chưa cần quan tâm đến quy luật chuyển nước qua công trình lấy nước. Quy luật chuyển nước qua các cửa lấy nước sẽ được xác định khi tính toán lựa chọn quy mô của công trình đó. Bởi vậy, các phương trình (6.13a) và (6.20) sẽ vắng mặt trong hệ phương trình trên.

Đối với bài toán điều tiết lũ có thời đoạn tính toán ngắn, do vậy phương trình động lực lại rất cần thiết. Trong khi đó, lưu lượng nước theo yêu cầu cấp nước nhỏ hơn nhiều so với lưu lượng xả lũ nên trong một số trường hợp có thể bỏ qua. Các thành phần tổn

thất cũng quá nhỏ so với lưu lượng xả nên cũng có thể bỏ qua. Do đó, phương trình (6.15a) và (6.16a) bị loại ra khỏi hệ phương trình trên. Phương trình (6.13a) chỉ được tính đến đối với các công trình tháo lũ. Ngoài ra, nếu sự thay đổi mực nước hạ lưu không ảnh hưởng đến lưu lượng xả lũ thì biểu thức (6.20) cũng vắng mặt trong hệ phương trình trên.

6.7. Tính toán điều tiết dòng chảy cho hệ thống hồ chứa cấp nước

6.7.1. Đặc điểm của hệ thống hồ chứa cấp nước

Hệ thống hồ chứa làm nhiệm vụ cấp nước có thể có cấu trúc kiểu hồ chứa song song hoặc kiểu hồ chứa bậc thang. Đối với hệ thống hồ chứa song song có thể tồn tại mối quan hệ thuỷ văn, thuỷ lợi và không tồn tại các quan hệ thuỷ lực. Đối với hệ thống hồ chứa bậc thang có thể tồn tại quan hệ về mặt thuỷ văn, thuỷ lực và thuỷ lợi, nhưng không cần xem xét quan hệ thủy lực trong tính toán điều tiết cấp nước.

Đối với các hồ chứa nằm trong hệ thống hồ chứa song song, các mối quan hệ về mặt thuỷ văn chỉ thể hiện về sự đồng bộ về dòng chảy sông ngòi. Trái lại, đối với các hồ chứa nằm trong hệ thống hồ chứa bậc thang, mối quan hệ về mặt thuỷ văn còn thể hiện ở quan hệ cân bằng nước giữa các hồ chứa.

Quan hệ về thuỷ lợi chỉ tồn tại khi có ít nhất hai hồ chứa trong hệ thống có chung một nhiệm vụ cấp nước nào đó.

Hệ thống hồ chứa có thể có hình thức điều tiết khác nhau, dẫn đến sự khó khăn trong tính toán điều tiết, đặc biệt là trường hợp các hồ chứa điều tiết năm và hồ chứa điều tiết nhiều năm cùng nằm trong hệ thống hồ chứa bậc thang. Đối với hệ thống có hình thức điều tiết hỗn hợp, việc áp dụng phương pháp trình tự thời gian và phương pháp tính toán điều tiết toàn liệt hiệu quả hơn so với phương pháp thống kê xác suất.

6.7.2. Tính toán điều tiết cấp nước đối với hồ chứa độc lập

Các phương pháp tính toán điều tiết cho hồ chứa độc lập đã được trình bày trong Giáo trình Thuỷ văn Công trình. Tuy nhiên, phương pháp đó rất khó áp dụng khi phải giải quyết các bài toán quy hoạch và quản lý hệ thống tài nguyên nước có cấu trúc phức tạp. Bởi vậy, trong tài liệu này sẽ trình bày những thuật toán khác, với mục đích sử dụng nó trong mô hình mô phỏng hệ thống của bài toán cân bằng nước.

6.7.2.1. Tính toán điều tiết đối với hồ chứa điều tiết năm

1. Mô phỏng quá trình điều tiết hồ chứa cấp nước

Bài toán 1: *Cho trước quá trình nước dùng q(t), biết trước dung tích hiệu dụng và mực nước dâng bình thường, xác định sự thay đổi dung tích và mực nước hồ.*

Đây là dạng bài toán áp dụng trong giai đoạn quản lý vận hành hồ chứa. Dạng này cũng được áp dụng để mô phỏng cân bằng nước tại các nút hồ chứa trong bài toán cân bằng nước hệ thống. Mặt khác, thuật toán trình bày dưới đây sẽ thuận lợi khi áp dụng phương pháp điều tiết toàn liệt cho hệ thống hồ chứa lợi dụng tổng hợp.

a) Các dữ liệu đã biết

– Dung tích chết V_c

– Mực nước dâng bình thường H_{bt}

– Dung tích tương ứng với mực nước dâng bình thượng V_{bt}.

– Nước đến Q(t) và nước dùng q(t)

b) Nguyên lý và phương pháp tính toán điều tiết

Cơ sở của các phương pháp tính toán điều tiết cấp nước là nguyên lý cân bằng nước hồ chứa được thể hiện bằng phương trình cân bằng nước hồ chứa. Giả sử tính toán điều tiết được thực hiện trong khoảng thời gian bằng chu kỳ điều tiết của hồ chứa, và được chia làm n thời đoạn. Ký hiệu I là chỉ số thời đoạn, khi đó phương trình cân bằng nước được viết dưới dạng sai phân như sau:

$$V(I) = V(I-1) + (Q(I) - q_r(I))\Delta t \qquad (6.21)$$

Trong đó V(I) là dung tích hồ chứa tại cuối thời đoạn thứ I; V(I–1) là dung tích hồ ở đầu thời đoạn I và là dung tích hồ ở cuối thời đoạn trước nó; Q(I) là lưu lượng nước bình quân đến hồ tại thời đoạn thứ I; $q_r(I)$ là lưu lượng ra khỏi hồ bình quân tại thời đoạn thứ I.

Khi tính toán điều tiết đối với bài toán dạng này cần tuân thủ hai điều kiện sau:

1. Khi mực nước hồ xuống đến mực nước chết thì nước dùng sẽ bị cắt giảm nếu lưu lượng nước đến nhỏ hơn lưu lượng nước dùng: Nếu Q(I) < q(I) thì lưu lượng nước dùng lấy bằng lưu lượng nước đến Q(I).

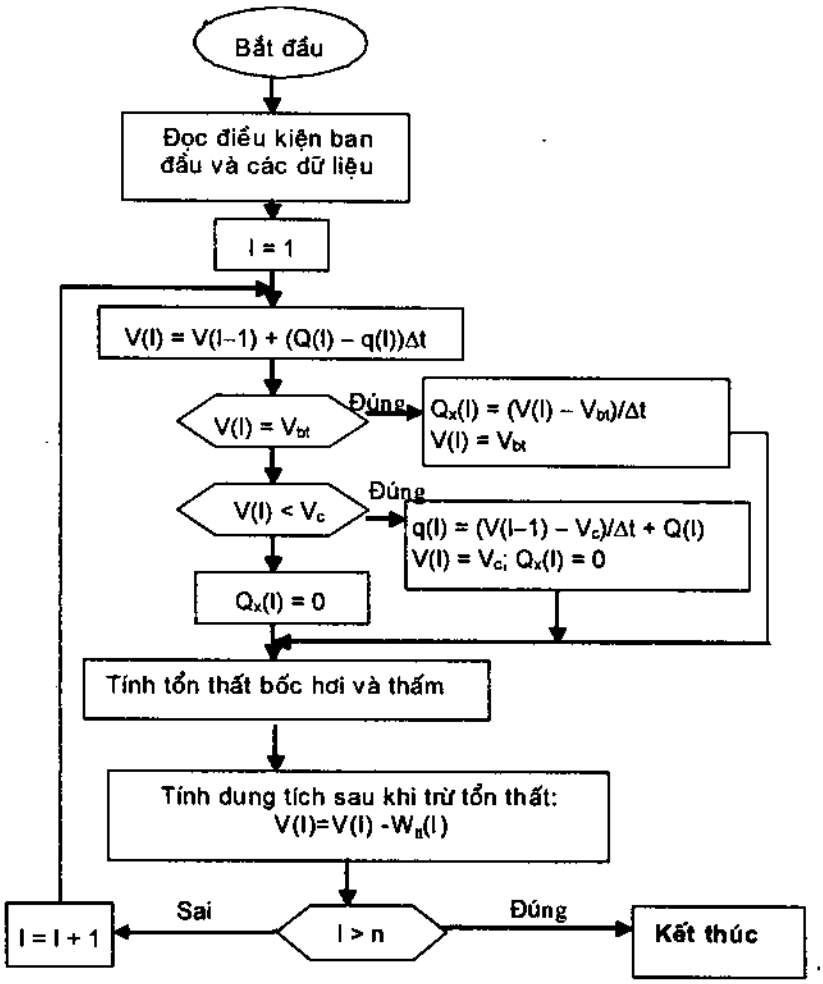
2. Khi mực nước hồ vượt mực nước dâng bình thường H_{bt} phải xả thừa để giữ mực nước ngang với mực nước dâng bình thường.

Với các điều kiện trên, trong quá trình tính toán cân bằng nước giữa nước đến, nước dùng và sự thay đổi dung tích hồ chứa, nếu có dấu hiệu mực nước hồ xuống dưới mực nước chết thì lưu lượng cấp nước bằng lưu lượng đến cộng với lưu lượng điều tiết của phần dung tích còn lại nằm phía trên mực nước chết.

Tính toán điều tiết được thực hiện theo các bước sau:

Bước 1. Với dung tích hiệu dụng V_h đã biết, xác định dung tích hồ V_{bt} tương ứng với mực nước dâng bình thường và dung tích hồ V_{TL} tương ứng với mực nước trước lũ.

Bước 2. Tại thời đoạn bất kỳ tiến hành tính dung tích hồ ở cuối thời đoạn theo công thức (6.21).



***Hình 6.3* [31]**

Ghi chú: $Q_x(I)$ là lưu lượng xả bình quân xuống hạ du tại thời đoạn tính toán thứ I.

Bước 3. Tại mỗi thời đoạn phải kiểm tra điều kiện cân bằng:

– Nếu $V(I) \geq V_{bt}$, phải xả thừa với $Q_x(I) = \dfrac{V(I) - V_{bt}}{\Delta t}$

– Nếu $V(I) < V_c$, phải giảm nước dùng $q(I) > q_c(I) = \dfrac{V(I-1) - V_c}{\Delta t} + Q(I)$ và năm đó được coi là năm thiếu nước. Trong đó $q_c(I)$ là lưu lượng cấp được cho đối tượng dùng nước.

Quá trình tính toán được thực hiện theo thuật toán trình bày trên sơ đồ 6.3.

Trên sơ đồ 6.3, nếu hồ chứa có dung tích kết hợp thì trong thời gian mùa lũ (theo quy định điều hành) mực nước lớn nhất trong hồ lấy bằng mực nước trước lũ H_{TL}, tức là:

Trong thời gian mùa lũ $H_{max} = H_{TL}$; $V_{max} = V_{TL}$ (dung tích ngang với mực nước H_{TL})

Trong thời kỳ còn lại $H_{max} = H_{bt}$; $V_{max} = V_{bt}$

2. Tính toán điều tiết xác định dung tích hiệu dụng theo phương pháp tính lặp

Phương pháp tính lặp theo thuật toán lặp mà chúng tôi trình bày dưới đây có những ưu điểm so với phương pháp lập bảng và đồ giải, đó là:

– Không cần quan tâm đến hình thức điều tiết (điều tiết một lần hoặc nhiều lần).

– Dễ dàng ứng dụng khi tính toán điều tiết bằng phương pháp điều tiết toàn liệt.

– Có thể lắp ráp với các mô hình mô phỏng khi tính toán cân bằng nước hệ thống trong các bài toán quy hoạch và quản lý tài nguyên nước.

Bài toán 2: *Cho trước quá trình nước dùng q(t), biết lưu lượng nước đến theo tần suất thiết kế. Xác định dung tích hiệu dụng của hồ chứa và mực nước dâng bình thường.*

Tính toán điều tiết được tiến hành theo phương pháp thử dần. Giả sử ta chọn trước giá trị V_h của hồ chứa. Nếu sự lựa chọn là đúng thì mực nước nhỏ nhất của hồ chứa (xuất hiện tại thời đoạn nào đó: có thể ở thời đoạn cuối cũng có thể là ở thời đoạn bất kỳ) sẽ trùng với mực nước chết. Trong quá trình tính toán điều tiết nếu có dấu hiệu mực nước hồ xuống dưới mực nước chết thì dung tích hiệu dụng đã chọn là thiên nhỏ. Nếu ở tất các thời đoạn, mực nước hồ luôn luôn cao hơn mực nước chết thì dung tích hiệu dụng đã chọn là thiên lớn. Khi đã ấn định dung tích hiệu dụng, kết quả tính toán điều tiết phải tuân thủ các điều kiện sau:

1. Mực nước hồ không thể xuống dưới mực nước chết và chênh lệch mực nước thấp nhất (xuất hiện tại thời đoạn nào đó) so với mực nước chết phải nhỏ hơn một giá trị cho phép cho trước.

2. Khi mực nước hồ lớn hơn mực nước lớn nhất hồ sẽ phải xả thừa với lưu lượng $Q_x(l)$ nào đó.

– Trong thời gian mùa lũ $H_{max} = H_{TL}$; $V_{max} = V_{TL}$ (dung tích ngang với mực nước H_{TL})

– Trong thời kỳ còn lại $H_{max} = H_{bt}$; $V_{max} = V_{bt}$

Giả sử ta chia thời gian 1 năm ra 12 thời đoạn n = 12. Tính toán điều tiết theo thuật toán lặp được thực hiện theo các bước như sau:

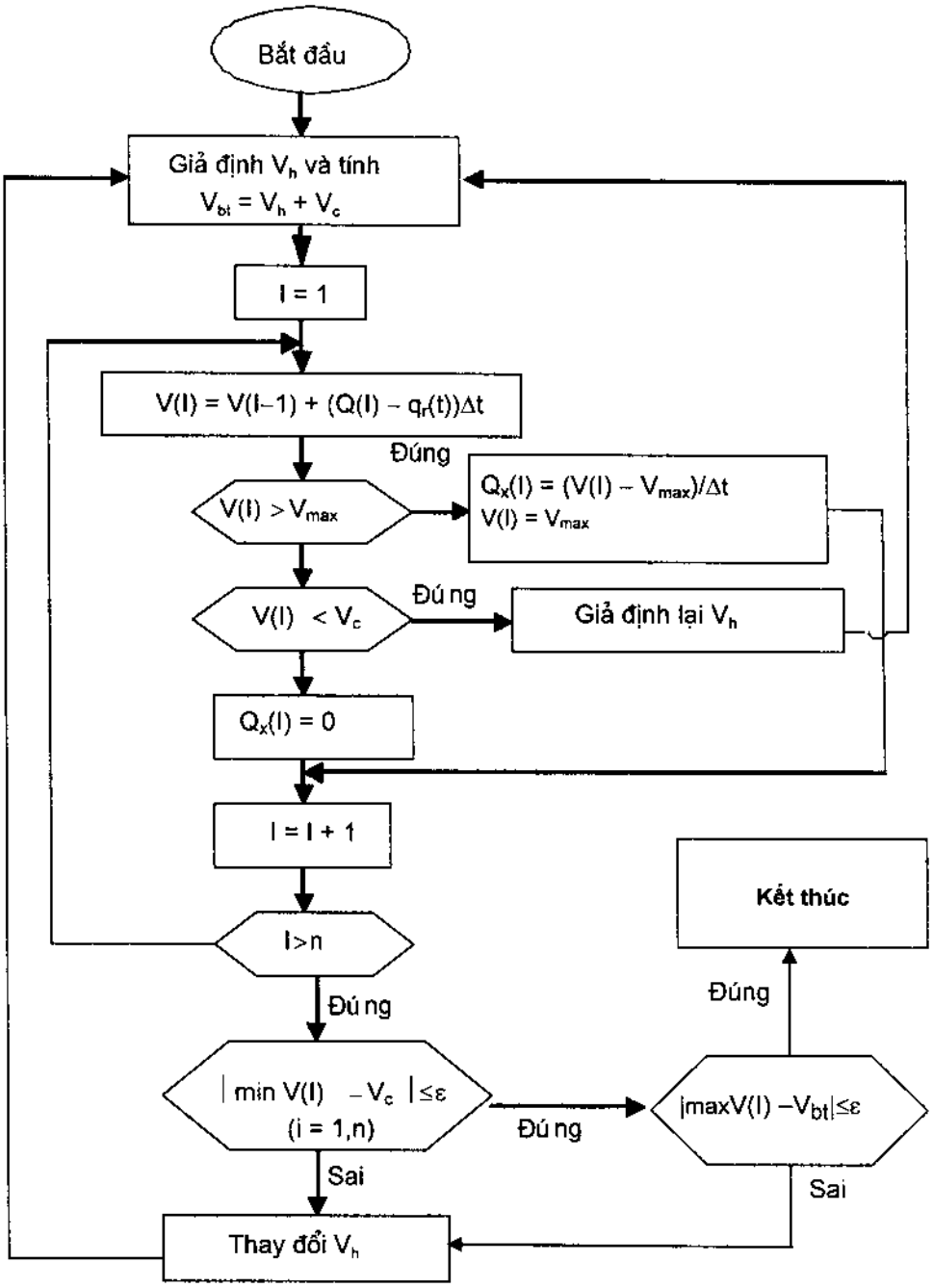
Bước 1. Giả định dung tích hiệu dụng của hồ chứa V_h, xác định dung tích tương ứng với mực nước dâng bình thường:

$$V_{bt} = V_c + V_h$$

Bước 2. Tại mỗi thời đoạn l dung tích hồ ở cuối thời đoạn được xác định theo phương trình cân bằng nước:

$$V(l) = V(l-1) + (Q(l) - q(l))\Delta t \qquad (6.22)$$

Trong đó: V(l–1) và V(l), tương ứng là dung tích hồ chứa ở đầu và cuối thời đoạn thứ l; Q(l) là lưu lượng đến hồ bình quân tại thời đoạn tính toán; q(l) là lưu lượng nước dùng bình quân ở thời đoạn l, khi chưa tính tổn thất chọn $q_r(l) = q(l)$.



***Hình 6.4.* Tính toán điều tiết năm với phương pháp giả định giá trị V_h**

Bước 3. Tính tổng lượng tổn thất tại thời đoạn thứ I.

Bước 4. Tính $q_r(I)$ và tính lại dung tích hồ chứa:

$$qr(I) = q(I) + Qx(I) + q_{tt}(I),$$

trong đó $q_{tt}(I)$ là lưu lượng tổn thất tại thời điểm I

$$V(I) = V(I-1) + (Q(I) - qr(I))\Delta t \quad (6.22a)$$

Bước 5. Kiểm tra điều kiện:

– Nếu $V(I) \le V_{max}$ thì $Q_x(I) = 0$ và chuyển sang bước 6

– Nếu $V(I) > V_{max}$ thì $Q_x(I) = (V(I) - V_{max})/\Delta t$ và chuyển sang bước 6.

Bước 6. Tại thời đoạn thứ I bất kỳ, kiểm tra điều kiện:

1. Nếu $V(I) < V_c$ chứng tỏ V_h chọn ban đầu thiên nhỏ, cần tăng giá trị V_h và quay về bước 2 để tính toán lại.

2. Nếu $V(I) \ge V_c$ thì:

+ Nếu I < n chuyển sang thời đoạn I + 1 với giá trị ban đầu là V(I) và quay lại từ bước 2 để tính toán tiếp cho thời đoạn tiếp theo.

+ Nếu I = n, đã tính đến thời đoạn cuối cùng, khi đó cần kiểm tra thêm điều kiện:

– Nếu $|\min V(I) - V_c| \le \varepsilon$ và $|\max V(I) - V_{bt}| \le \varepsilon$ (với ε là số dương cho trước) thì giá trị V_h đã chọn chính là trị số cần tính toán.

Trong trường hợp ngược lại, cần thay đổi V_h và quay lại bước 1, tiếp tục tính toán từ thời đoạn đầu tiên. Hình 6.4 minh hoạ sơ đồ tính toán trên.

3. Tính toán điều tiết xác định khả năng cấp nước khi biết dung tích hiệu dụng

Bài toán 3: *Cho trước dung tích hiệu dụng V_h, tính khả năng cấp nước q(t)*

Giả thiết rằng hồ chứa điều tiết năm và lưu lượng nước dùng q(t) là hằng số. Nước đến thiết kế là Q(t). Ta chia năm tính toán thành 12 thời đoạn, mỗi thời đoạn tính toán chọn bằng 1 tháng. Ký hiệu I là chỉ số thời đoạn, khi đó Q(I), q(I), V(I) tương ứng là lưu lượng đến, lưu lượng nước dùng và dung tích hồ chứa tại thời đoạn thứ I. Để xác định khả năng cấp nước q(I) = const có thể áp dụng thuật toán lặp được trình bày theo các bước tính toán dưới đây.

Bước 1. Giả định quá trình nước dùng q(I) = const

Bước 2. Tính toán dung tích hồ ở cuối thời đoạn theo phương trình cân bằng nước (6.22).

Bước 3. Tính tổn thất bốc hơi và thấm.

Bước 4. Tại thời đoạn thứ I bất kỳ, kiểm tra điều kiện:

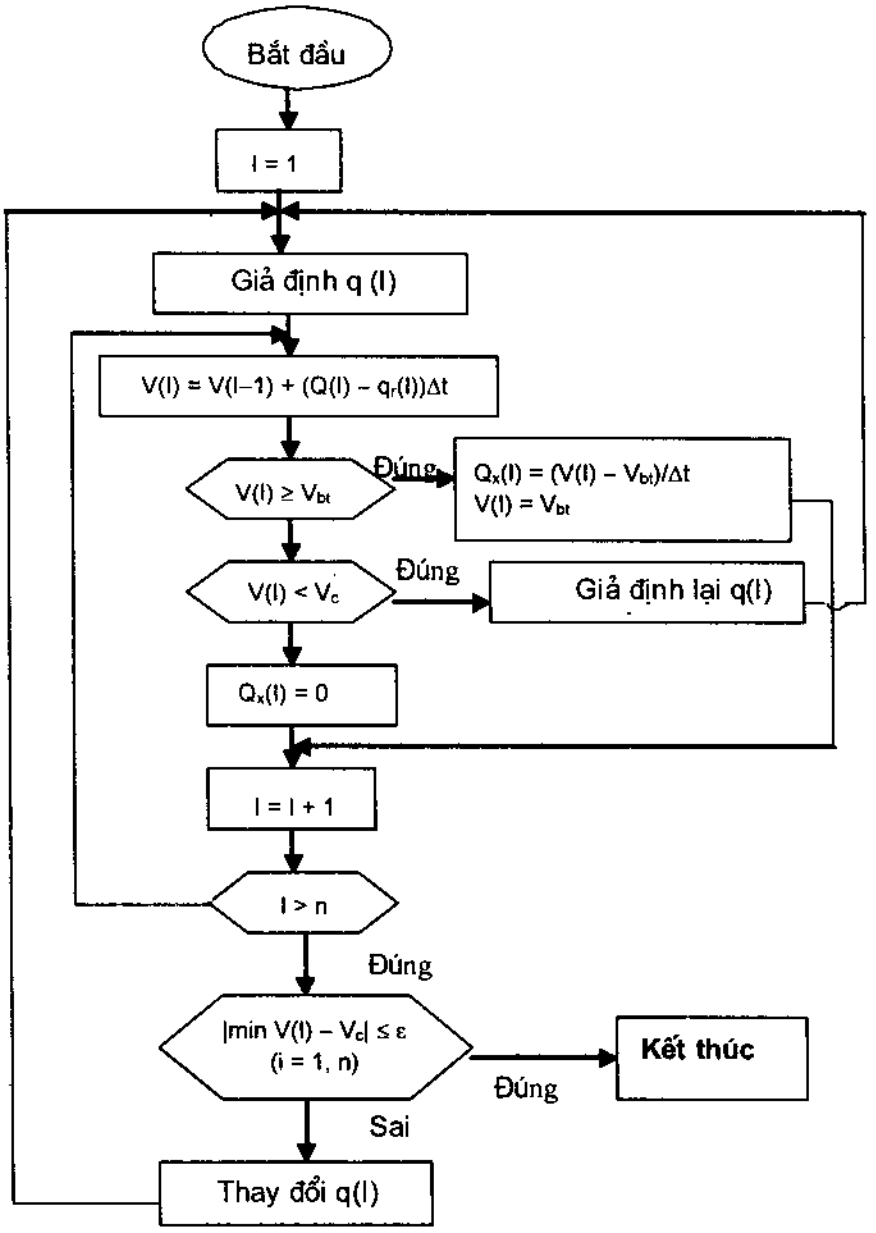
– Nếu $V(I) \le V_{max}$ thì $Q_x(I) = 0$ và chuyển sang bước 6.

– Nếu $V(I) > V_{max}$ thì $Q_x(I) = (V(I) - V_{max})/\Delta t$ và chuyển sang bước 5

Bước 5. Tính $q_r(I)$ và tính lại dung tích hồ chứa:

$q_r(I) = q(I) + Q_x(I) + q_{tt}(I)$, trong đó $q_{tt}(I)$ là lưu lượng tổn thất tại thời điểm I

$V(I) = V(I-1) + (Q(I) - q_r(I))\Delta t$



Hình 6.5. **Tính toán điều tiết xác định giá trị q(I) khi chưa kể tổn thất**

Bước 6. Tại thời đoạn thứ I bất kỳ, kiểm tra điều kiện:

+ Nếu $V(I) < V_c$ chứng tỏ q(I) chọn ban đầu thiên lớn cần giảm giá trị q(I) và quay về bước 2 để tính toán lại.

+ Nếu $V(I) \geq V_c$ thì:

– Nếu $I < n = 12$, chuyển sang thời đoạn I + 1 với giá trị ban đầu là V(I) và quay lại từ bước 2 để tính toán tiếp cho thời đoạn tiếp theo.

– Nếu I = n, đã tính đến thời đoạn cuối cùng, khi đó cần kiểm tra điều kiện:

– Nếu | minV(I) – V_c| ≤ ε (với ε là số dương cho trước) thì giá trị q(I) đã chọn chính là trị số cần tính toán. Trong trường hợp ngược lại, cần thay đổi q(I) và quay lại bước 1, tiếp tục tính toán từ thời đoạn đầu tiên.

Các bước tính toán được trình bày trên sơ đồ hình 6.5.

6.7.2.2. Tính toán điều tiết đối với hồ chứa điều tiết nhiều năm

Đối với hồ chứa điều tiết nhiều năm dung tích hiệu dụng của hồ chứa có thể xác định theo phương pháp thống kê hoặc phương pháp trình tự thời gian (đã trình bày trong Giáo trình Thuỷ văn Công trình).

1. Phương pháp thống kê

Tất cả các phương pháp thống kê đều dựa vào nguyên lý tổ hợp tần suất, đó là các phương pháp Xavavenky, phương pháp Kritsky – Menken. Trong thực tế thường áp dụng phương pháp Kritsky – Menken với việc sử dụng biểu đồ lập sẵn Pletkôp (xem Giáo trình Thủy văn công trình).

2. Phương pháp trình tự thời gian

Phương pháp trình tự thời gian được tiến hành như sau:

• *Chọn thời kỳ tính toán.* Theo tài liệu dòng chảy tháng và năm tại tuyến công trình chọn một thời kỳ đại biểu để tính toán điều tiết. Thời kỳ đại biểu được lấy bằng 1 chu kỳ dòng chảy, là một số năm liên tục trong đó bao gồm thời kỳ ít nước liên tục, thời kỳ nước trung bình và thời kỳ nhiều nước liên tục và có lượng dòng chảy bình quân của thời kỳ đó xấp xỉ lượng dòng chảy bình quân nhiều năm (chuẩn dòng chảy năm). Chẳng hạn có chuỗi tài liệu thực đo là 25 năm, có thể chỉ chọn được một thời kỳ liên tục 15 năm thoả mãn yêu cầu trên.

• *Phương pháp tính toán.* Có thể tính theo một trong ba phương pháp sau:

– Phương pháp đồ giải

– Phương pháp lập bảng với thời đoạn tháng tương tự như hồ chứa điều tiết năm

– Phương pháp thử dần theo thuật toán lặp trình bày trên sơ đồ hình 6.4 tương tự như trường hợp hồ chứa điều tiết năm. Sự khác biệt là ở chỗ số thời đoạn tính toán không phải là 12 tháng mà bằng 12n, trong đó n là số năm tính toán

Phương pháp đồ giải và phương pháp lập bảng đã trình bày trong Giáo trình Thuỷ văn Công trình.

6.7.2.3. Tính toán điều tiết theo phương pháp điều tiết toàn liệt

Phương pháp điều tiết toàn liệt là phương pháp sử dụng toàn bộ chuỗi tài liệu dòng chảy đã có trong quá khứ để tính toán điều tiết. Kết quả tính toán cân bằng nước cho toàn liệt sẽ là cơ sở cho việc xác định dung tích hiệu dụng.

Hiện nay có hai cách tính toán điều tiết dòng chảy theo phương pháp điều tiết toàn liệt.

1. Cách thứ nhất. Theo cách này, tính toán điều tiết được thực hiện theo từng năm một. Các năm tính toán được coi là độc lập nhau và phương pháp tính toán tương tự như trường hợp hồ chứa điều tiết năm. Với biểu đồ nước dùng hàng năm không thay đổi, mỗi năm tính toán sẽ cho một giá trị dung tích hiệu dụng. Sau đó vẽ đường tần suất theo đặc trưng dung tích hiệu dụng để xác định dung tích hiệu dụng tương ứng với tần suất thiết kế P.

2. Cách thứ hai. Theo cách này, tính toán điều tiết được thực hiện theo thời gian liên tục của toàn liệt. Trước tiên giả thiết giá trị dung tích hiệu dụng V_h, tiến hành tính toán cân bằng nước giữa nước đến, nước dùng và sự thay đổi dung tích hồ chứa và coi dung tích hồ chứa ở cuối mỗi năm là dung tích ban đầu của năm tiếp theo. Sau đó thống kê những năm không có khả năng cấp đủ nước theo yêu cầu (yêu cầu cấp nước bị cắt giảm khi có dấu hiệu mực nước xuống dưới mực nước chết). Tần suất đảm bảo cấp nước được xác định bằng tỷ số năm đủ nước trên tổng số năm tính toán (tính theo công thức (6.9) hoặc (6.9a)).

Cách thứ nhất coi dòng chảy các năm là độc lập nhau về mặt điều tiết. Giả thiết đó là không hợp lý vì tình trạng thiếu nước hay đủ nước xảy ra đối với một năm nào đó phụ thuộc vào lượng nước còn lại trong hồ chứa của những năm trước đó và không thể được coi là độc lập với nhau về mặt điều tiết. Đối với chuỗi tài liệu không đủ lớn phương pháp này có thể cho kết quả không hợp lý. Cách thứ hai khắc phục được nhược điểm của cách thứ nhất, nhưng tần suất đảm bảo sẽ có sai số lớn khi số năm sử dụng trong tính toán không đủ dài.

Phương pháp điều tiết toàn liệt được sử dụng khá phổ biến đối với các trường hợp có tài liệu đo đạc tương đối dài. Phương pháp này không cần phân biệt hồ chứa có hình thức điều tiết năm hay hình thức điều tiết nhiều năm. Điều này rất thuận lợi khi phải tính toán điều tiết đối với hệ thống hồ chứa bậc thang.

Đối với hệ thống hồ chứa bậc thang, đặc biệt là hệ thống hồ chứa phát điện có hình thức điều tiết của một hồ chứa bất kỳ trong hệ thống phụ thuộc vào quá trình điều tiết nước của các hồ khác trên hệ thống. Bởi vậy, không thể xác định trước được hồ chứa đó có hình thức điều tiết năm hay điều tiết nhiều năm.

Đối với hồ chứa độc lập, nếu dung tích kết hợp khá lớn thì trong thời kỳ mùa lũ có thể phải xả thừa một lượng nước khá lớn. Do đó, một số năm sẽ không có khả năng tích đầy hồ mặc dù tổng lượng nước đến của năm đó khá lớn. Trong trường hợp như vậy, mặc dù tổng lượng nước đến năm thiết kế W_P lớn hơn lượng nước dùng W_q, nhưng hồ có thể vẫn phải điều tiết nhiều năm.

Trong những trường hợp như vậy phương pháp điều tiết toàn liệt là phương pháp có hiệu quả và trong một số trường hợp là phương pháp duy nhất cho kết quả hợp lý.

Bài toán: *Cho trước quá trình nước dùng q(t), biết lưu lượng nước đến. Xác định dung tích hiệu dụng của hồ chứa và mực nước dâng bình thường.*

Giả sử ta chọn trước giá trị V_h của hồ chứa. Trong quá trình tính toán điều tiết tại một năm bất kỳ nếu có dấu hiệu mực nước hồ xuống dưới mực nước chết có nghĩa là năm đó sẽ thiếu nước (không đảm bảo cấp nước). Kết thúc tính toán sẽ xác định được số năm thiếu nước và từ đó xác định được tần suất đảm bảo cấp nước P.

Nếu tần suất đảm bảo cấp nước không trùng với tần suất đảm bảo thiết kế thì việc chọn dung tích hiệu dụng là không hợp lý và tất nhiên phải chọn lại giá trị dung tích hiệu dụng.

Giả sử có M năm tính toán, ký hiệu J (J = 1, 2, 3,..., M) là chỉ số năm và I (I = 1, 2,..., 12) chỉ số tháng trong năm. Theo nguyên lý trên sẽ có trình tự các bước tính toán như sau:

Bước 1. Giả định dung tích hiệu dụng của hồ chứa V_h, xác định dung tích hồ chứa khi mực nước ngang với mực nước dâng bình thường:

$$V_{bt} = V_c + V_h.$$

Bước 2. Tại mỗi thời đoạn I của năm thứ J xác định dung tích hồ chứa ở cuối thời đoạn theo phương trình cân bằng nước:

$$V(J,I) = V(J,I-1) + (Q(J,I) - q(J,I))\Delta t \qquad (6.23)$$

Trong đó: V(J,I–1) và V(J,I), tương ứng là dung tích hồ chứa ở đầu và cuối thời đoạn thứ I của năm thứ J; Q(J,I) là lưu lượng đến hồ bình quân tại thời đoạn tính toán; q(J,I) là lưu lượng nước dùng bình quân ở thời đoạn I thuộc năm thứ J chưa kể đến tổn thất. Vì chưa kể tổn thất nên chọn $q_r(J,I) = q(J,I)$:

Bước 3. Tính tổng lượng tổn thất tại thời đoạn thứ I của năm thứ J.

Bước 4. Tính $q_r(J,I)$ và tính lại dung tích hồ chứa:

$$qr(J,I) = q(J,I) + Q_x(J,I) + q_{tt}(J,I),$$

trong đó $q_{tt}(J,I)$ là lưu lượng tổn thất tại thời điểm I;

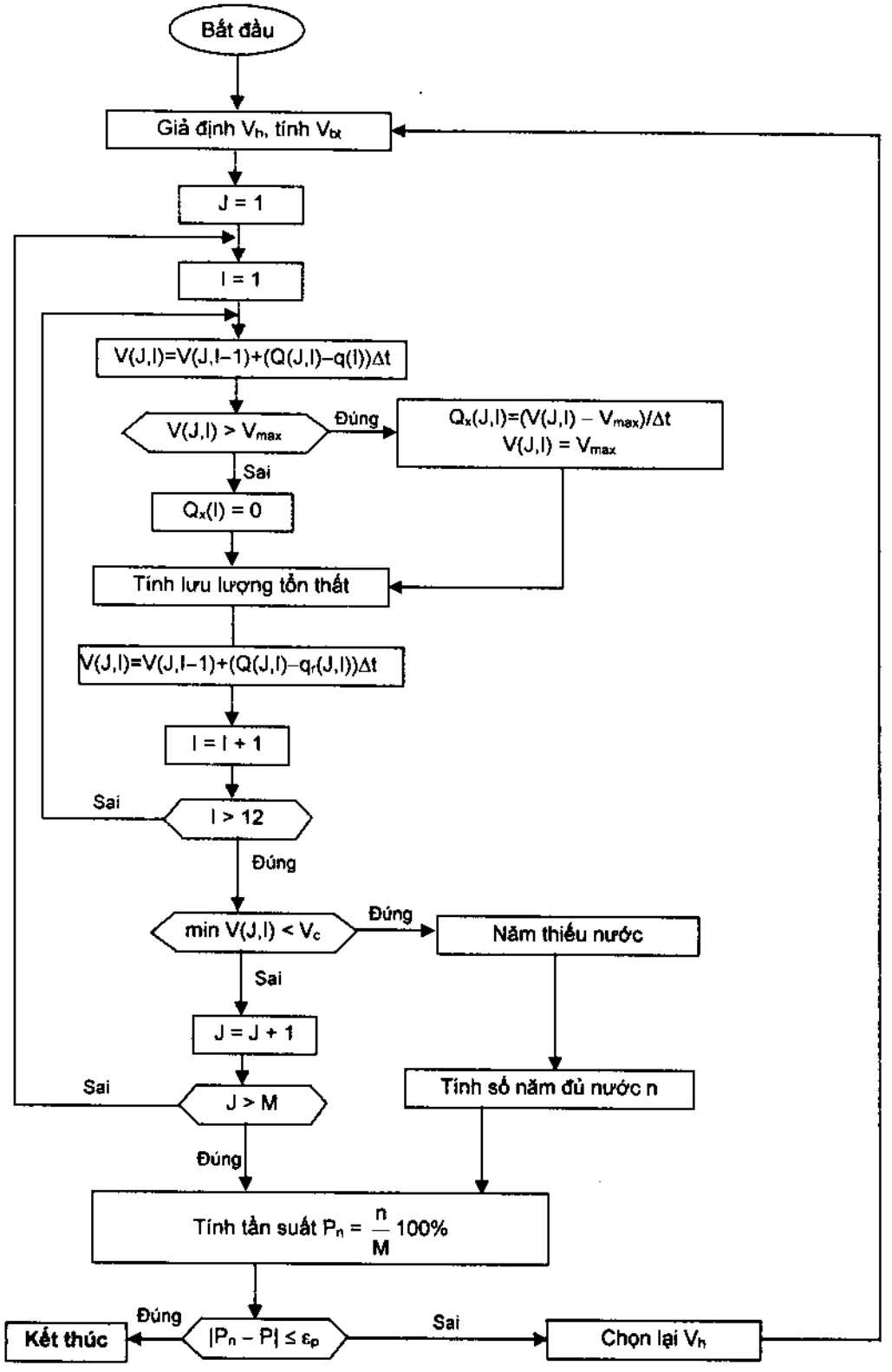
$Q_x(J,I)$ là lưu lượng xả thừa tại thời điểm đó:

$$V(J,I) = V(J,I-1) + (Q(J,I) - q_r(J,I))\Delta t \qquad (6.23a)$$

Bước 5. Kiểm tra điều kiện:

– Nếu $V(J,I) \le Vmax$ thì $Q_x(J,I) = 0$ và chuyển sang bước 6.

– Nếu $V(J,I) > Vmax$ thì $Q_x(J,I) = (V(J,I) - V_{bt})/\Delta t$ và chuyển sang bước 6



Hình 6.6. **Tính điều tiết cấp nước theo phương pháp điều tiết toàn liệt**

Bước 6. Tại thời đoạn thứ I bất kỳ của năm thứ J, kiểm tra điều kiện:

+ Nếu I < 12 chuyển sang thời đoạn I + 1 với giá trị ban đầu là V(J,I) và quay lại từ bước 2 để tính toán tiếp cho thời đoạn tiếp theo của năm thứ J.

+ Nếu I = 12, đã tính đến thời đoạn cuối cùng của năm thứ J, khi đó cần kiểm tra điều kiện:

– Nếu $|\min V(J,I)| \le V_c$ thì năm đó được coi là năm thiếu nước. Chuyển sang bước 7.

– Trong trường hợp ngược lại thì được coi là năm đủ nước, và chuyển sang bước 7.

Bước 7. Tại năm thứ J bất kỳ, kiểm tra điều kiện:

– Nếu J < M chuyển sang năm thứ J + 1với giá trị ban đầu là V(J,I) và quay lại từ bước 2 để tính toán tiếp cho các thời đoạn của năm thứ J + 1.

– Nếu J = M, đã tính đến năm cuối cùng, chuyển sang bước 8

Bước 8. Tính tần suất đảm bảo cấp nước và kiểm tra điều kiện:

– Nếu $|P_n - P| \le \varepsilon_p$, việc giả định V_h là đúng– kết thúc tính toán.

– Nếu $|P_n - P| > \varepsilon_p$, thay đổi V_h và tính lại từ đầu từ bước 1.

Trong đó: P_n là tần suất đảm bảo tính toán với dung tích hiệu dụng chọn trước V_h; P là tần suất đảm bảo thiết kế; ε_p là sai số cho phép của giá trị tần suất

$$P_n = \frac{n}{M}\ 100\ (\%) = \frac{\text{Số năm đủ nước}}{\text{Tổng số năm tính toán}} 100\% \qquad (6.23b)$$

Nếu số năm quan trắc N không đủ lớn thì P_n được tính theo công thức:

$$P_n = \frac{n}{M+1}\ 100\ (\%) = \frac{\text{Số năm đủ nước}}{\text{Tổng số năm tính toán} + 1} 100\% \qquad (6.23c)$$

Thuật toán của quá trình tính toán trên được trình bày trên sơ đồ hình 6.6.

6.7.3. Tính toán điều tiết cấp nước cho hệ thống hồ không có quan hệ thuỷ lợi

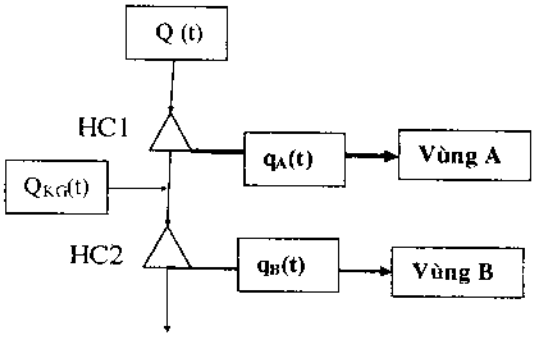
6.7.3.1. Trường hợp hệ thống hồ chứa song song

Vì các hồ chứa không có quan hệ về mặt thuỷ lợi ở đây là hệ thống hồ chứa song song, nên các hồ chứa này độc lập với nhau. Tính toán điều tiết trong trường hợp này được tiến hành tương tự như trường hợp hồ chứa độc lập.

6.7.3.2. Trường hợp hệ thống hồ chứa bậc thang

Trên sơ đồ hình 6.7 mô tả ví dụ về hệ thống hai hồ chứa trên bậc thang. Hồ HC1 có nhiệm vụ điều tiết cấp nước tưới cho vùng A với quá trình lưu lượng yêu cầu tưới là $q_A(t)$,

hồ HC2 có nhiệm vụ điều tiết cấp nước cho khu tưới B với quá trình lưu lượng yêu cầu tưới $q_B(t)$, Q(t) là quá trình nước đến hồ 1 (HC1), $Q_{KG}(t)$ là quá trình nước đến khu giữa. Trong trường hợp này hai hồ chứa không có chung nhiệm vụ cấp nước nên được coi là không có quan hệ về mặt thuỷ lợi, nhưng có quan hệ về mặt thuỷ văn.



Hình 6.7. **Hệ thống hồ chứa bậc thang không có quan hệ về thuỷ lợi**

Đối với hệ thống hồ chứa bậc thang không có quan hệ về mặt thủy lợi, khi tính toán điều tiết có thể chia ra ba trường hợp như sau:

1. Tất cả các hồ chứa trên hệ thống có hình thức điều tiết năm.
2. Tất cả các hồ chứa trên hệ thống có hình thức điều tiết nhiều năm.
3. Hệ thống hồ chứa có hình thức điều tiết hỗn hợp.

1. Tính toán điều tiết dòng chảy cho hệ thống hồ chứa bậc thang điều tiết năm

Bài toán đặt ra đối với hệ thống như sau: Cho biết nước đến thiết kế, bao gồm nước đến hồ chứa trên cùng và dòng chảy khu giữa các hồ chứa. Biết yêu cầu cấp nước tại các tuyến xây dựng công trình. Xác định dung tích hiệu dụng của các hồ chứa trong hệ thống.

Đối với hệ thống hồ chứa bậc thang điều tiết năm không có quan hệ về mặt thuỷ lợi, tính toán điều tiết được tiến hành cho từng hồ chứa tương tự như như hồ chứa độc lập. Trình tự tính toán được thực hiện từ hồ trên xuống hồ dưới bắt đầu từ hồ chứa trên cùng.

Khi tính toán điều tiết cần chú ý đến cân bằng nước giữa các hồ chứa. Lưu lượng đến hồ chứa trên cùng là lưu lượng nước đến tự nhiên của lưu vực tập trung nước tính đến tuyến hồ chứa đó. Lưu lượng nước đến của mỗi hồ chứa phía hạ lưu (kể từ bậc thứ 2) nằm trong hệ thống bậc thang, phụ thuộc vào lưu lượng xả từ các hồ chứa trên nó, tức là:

$$Q_j(t) = Q_{kgj}(t)) + \sum_{l=1}^{n} Q_{xjl}(t) \qquad (6.24)$$

Trong đó:

$\sum_{i=1}^{n} Q_{xji}(t)$ là tổng lưu lượng xả từ các hồ chứa phía trên(số hồ chứa phía trên là n) xuống hồ thứ j; n là số bậc thang cùng cấp nằm trên các nhánh sông của bậc phía trên. Nếu các bậc kế tiếp trên đó không có các hồ chứa nằm trên các sông nhánh thì n = 1.

$Q_{kgj}(t)$ là quá trình nhập lưu từ khu giữa; Qj(t) là lưu lượng vào hồ chứa thứ j ở thời điểm t.

Tính toán điều tiết đối với mỗi hồ chứa được tiến hành theo phương pháp lập bảng hoặc theo thuật toán được trình bày trên sơ đồ hình 6.4.

2. Tính toán điều tiết dòng chảy cho hệ thống hồ chứa bậc thang điều tiết nhiều năm

Tính toán điều tiết nhiều năm đối với hệ thống hồ chứa bậc thang là một bài toán khá phức tạp, đặc biệt là hệ thống hồ chứa bậc thang phát điện. Khi tính toán điều tiết cấp nước cho hệ thống hồ chứa bậc thang không có quan hệ về mặt thuỷ lợi cũng có thể áp dụng phương pháp thống kê và phương pháp trình tự thời gian.

Bài toán đặt ra như sau: Cho biết nước đến thiết kế bao gồm nước đến hồ chứa trên cùng và dòng chảy khu giữa của các hồ chứa. Biết yêu cầu cấp nước tại các tuyến xây dựng công trình. Xác định dung tích hiệu dụng của các hồ chứa trong hệ thống.

Đối với hệ thống hồ chứa bậc thang không có quan hệ về mặt thủy lợi, tính toán điều tiết theo phương pháp trình tự thời gian được tiến hành cho từng hồ chứa trong hệ thống theo trình tự từ trên xuống dưới, bắt đầu từ hồ trên cùng. Dung tích hiệu dụng của từng hồ được tính toán độc lập với nhau. Tuy nhiên, nước đến hồ chứa phía dưới phụ thuộc vào kết quả tính toán điều tiết của các hồ phía trên. Lưu lượng đến hồ chứa trên cùng là lưu lượng nước đến tự nhiên của lưu vực tập trung nước tính đến tuyến công trình, còn lưu lượng nước đến của mỗi hồ chứa phía hạ lưu (kể từ bậc thứ 2) nằm trong hệ thống bậc thang, phụ thuộc vào lưu lượng xả từ hồ chứa trên nó:

$$Q_j(t) = Q_{kgj}(t) + Q_{xj-1}(t) \qquad (6.25)$$

Trong đó:

$Q_{xj-1}(t)$ là lưu lượng xả từ hồ chứa phía trên (hồ J–1) xuống hồ thứ j;

$Q_{kgj}(t)$ là quá trình nhập lưu từ khu giữa; $Q_j(t)$ là lưu lượng vào hồ chứa thứ j ở thời điểm t.

Phương pháp tính toán điều tiết cho từng hồ trên hệ thống cũng được tiến hành tương tự như phương pháp trình tự thời gian hoặc phương pháp điều tiết toàn liệt đối với hồ chứa độc lập điều tiết nhiều năm đã trình bày ở mục 6.6.2.

Phương pháp trình tự thời gian không những xác định được dung tích hiệu dụng của các hồ chứa trong hệ thống mà còn thể hiện được mối quan hệ cân bằng nước giữa

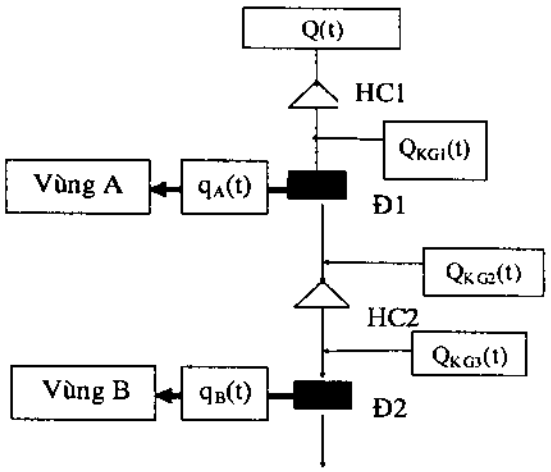
chúng theo thời gian. Nếu có liệt quan trắc dòng chảy tương đối dài thì kết quả tính toán theo phương pháp này chính xác hơn so với phương pháp thống kê.

6.7.4. Tính toán điều tiết cấp nước đối với hệ thống hồ chứa có quan hệ thuỷ lợi

Đối với hệ thống hồ chứa có quan hệ về mặt thuỷ lợi, quá trình cấp nước cho một đối tượng dùng nước có thể do một hồ chứa hoặc một số hồ chứa đảm nhiệm. Bởi vậy, trong tính toán điều tiết dòng chảy, chế độ điều tiết của một hồ chứa và việc lựa chọn các thông số công tác của mỗi một hồ chứa cần được xem xét trong mối quan hệ tương tác với các hồ chứa khác.

Dưới đây là một số ví dụ minh hoạ về hệ thống hồ chứa có quan hệ về mặt thủy lợi.

Ví dụ 1. Trên sơ đồ hình 6.8 minh hoạ hệ thống hồ chứa bậc thang có và không có quan hệ về mặt thuỷ lợi. Hệ thống gồm 2 hồ chứa và 2 đập dâng làm nhiệm vụ cấp nước tưới.



Hình 6.8. **Hệ thống hồ chứa bậc thang có quan hệ về mặt thuỷ lợi**

Ta xem xét hai trường hợp sau:

• *Trường hợp 1.* Hồ chứa 1 (HC1) cùng với đập dâng 1 (Đ1) có nhiệm vụ cấp nước cho vùng A với quá trình lưu lượng yêu cầu tưới $q_A(t)$. Hồ chứa 2 (HC2) cùng với đập dâng 2 (Đ2) có nhiệm vụ cấp nước cho vùng B với quá trình lưu lượng yêu cầu tưới $q_B(t)$.

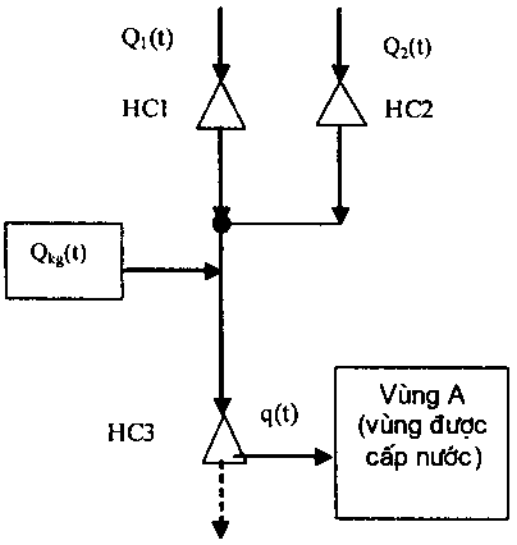
Trong trường hợp này hồ chứa HC1 và đập dâng Đ1 có quan hệ về mặt thuỷ lợi. Một cách tương tự hồ chứa HC2 và đập dâng Đ2 cũng có quan hệ về mặt thuỷ lợi. Hệ thống HC1–Đ1 và hệ thống HC2–Đ2 được coi là hai hệ thống con "bậc thang" với nhau và không có quan hệ về mặt thuỷ lợi.

• *Trường hợp 2.* Hồ chứa HC1 cùng với đập dâng Đ1 ngoài nhiệm vụ cấp nước cho vùng A với quá trình lưu lượng yêu cầu tưới $q_A(t)$ còn có nhiệm vụ hỗ trợ cho hồ chứa HC2 và đập dâng Đ2 cấp nước cho vùng B với quá trình lưu lượng yêu cầu tưới $q_B(t)$.

Trường hợp này hai hồ chứa HC1 và HC2 và các đập dâng có quan hệ với nhau về mặt thuỷ lợi. Trong tính toán thiết kế sẽ có vô số các phương án chọn dung tích hiệu dụng của hai hồ chứa trên. Do vậy cũng sẽ có vô số các phương án tính toán điều tiết, và khối lượng tính toán sẽ rất lớn.

Ví dụ 2. Trên sơ đồ hình 6.9 minh hoạ hệ thống hồ chứa hỗn hợp gồm 3 hồ chứa có nhiệm vụ cùng điều tiết cấp nước cho vùng tưới A với quá trình lưu lượng yêu cầu tưới là $q_A(t)$. Hai hồ chứa HC1 và HC2 là hệ thống hồ chứa song song tạo thành bậc thang đối với hồ chứa HC3. Các hồ chứa có chung nhiệm vụ cấp nước cho vùng A nên chúng có quan hệ thuỷ lợi với nhau. Trong giai đoạn thiết kế tồn tại vô số các tổ hợp khác nhau về phương án bố trí dung tích hiệu dụng cho 3 hồ chứa, và do đó khối lượng tính toán điều tiết theo các phương án cũng rất lớn.

Vì đặc điểm nước đến và điều kiện địa hình lòng hồ tại các vị trí xây dựng hồ chứa khác nhau, nên tổng dung tích hiệu dụng của 3 hồ tính theo các phương án khác nhau có thể cũng khác nhau.



Hình 6.9. **Sơ hoạ hệ thống hồ chứa cấp nước tưới có quan hệ về mặt thuỷ lợi**

6.7.4.1. Tính toán điều tiết bổ sung đối với hệ thống hồ chứa có quan hệ thuỷ lợi

Tính toán điều tiết dòng chảy cho hệ thống hồ chứa có quan hệ về mặt thủy lợi nói chung rất phức tạp. Tuy nhiên, trong một số trường hợp có thể dựa vào nguyên lý cân

bằng nước để đưa về các sơ đồ tính toán đơn giản. Phương pháp tính toán điều tiết bổ sung là phương pháp được áp dụng cho các trường hợp này.

Các phương pháp tính toán điều tiết bổ sung được tiến hành trên cơ sở phân tích tính toán cân bằng nước hệ thống. Dưới đây là các ví dụ minh hoạ cho phương pháp tính toán.

Ví dụ 1. Hệ thống gồm một hồ chứa và một đập dâng

Cho hệ thống công trình gồm hồ chứa HC1 điều tiết bổ sung cho đập dâng Đ1 cấp nước tưới cho vùng tưới A theo yêu cầu cấp nước $q_A(t)$ (hình 6.10). Giả thiết hồ chứa HC1 là hồ điều tiết năm, dòng chảy đến hồ HC1 là Q(t) và dòng chảy khu giữa $Q_{KG}(t)$ là đồng bộ. Yêu cầu tính toán điều tiết xác định dung tích hiệu dụng của hồ chứa HC1.

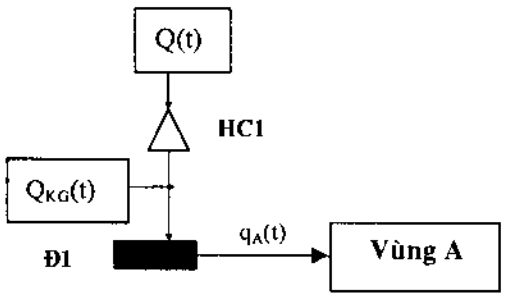
Đối với trường hợp này, trước tiên cần xác định lưu lượng điều tiết bổ sung tại tuyến hồ chứa HC1, là lưu lượng bắt buộc phải tháo xuống hạ lưu để cấp nước bổ sung cho tuyến đập dâng khi dòng chảy khu giữa không đủ cấp nước theo yêu cầu. Sau đó tiến hành tính toán điều tiết cho tuyến hồ chứa để xác định dung tích hiệu dụng. Trình tự tính toán theo các bước như sau

Bước 1. Tính yêu cầu lưu lượng điều tiết bổ sung (lưu lượng bắt buộc phải tháo xuống hạ lưu) tại tuyến hồ chứa là $q_{BS}(t)$. Cách tính như sau:

– Nếu lưu lượng khu giữa $Q_{KG}(t)$ tại thời đoạn t bất kỳ lớn hơn lưu lượng cần cấp tại tuyến đập dâng $q_A(t)$ thì khi đó không nhất thiết phải xả nước từ hồ chứa HC1 xuống hạ du (trừ khi phải xả thừa). Lưu lượng điều tiết bổ sung tại tuyến hồ chứa $q_{BS}(t) = 0$.

– Nếu lưu lượng khu giữa $Q_{KG}(t)$ tại thời đoạn t bất kỳ nhỏ hơn lưu lượng cần cấp tại tuyến đập dâng $q_A(t)$ thì khi đó hồ chứa HC1 nhất thiết phải tháo xuống hạ du một lưu lượng bổ sung $q_{BS}(t)$:

$$q_{BS}(t) = q_A(t) - Q_{KG}(t) \qquad (6.26)$$



- Q(t) – quá trình lưu lượng đến hồ thiết kế
- $Q_{KG}(t)$ – quá trình lưu lượng khu giữa thiết kế.
- $q_A(t)$ – quá trình lưu lượng theo yêu cầu tưới
- Vùng A – vùng tưới

Hình 6.10. **Sơ đồ hệ thống cấp nước tưới**

Bước 2. Tính điều tiết dòng chảy tại tuyến hồ HC1 để xác định dung tích hiệu dụng V_h.

Khi đã xác định được lưu lượng cấp nước bổ sung tại tuyến hồ chứa HC1 là $q_{BS}(t)$ (có thể coi $q_{BS}(t)$ tương tự như quá trình nước dùng đối với hồ chứa độc lập), biết nước đến thiết kế tại tuyến hồ chứa là Q(t) có thể dễ dàng tính toán điều tiết xác định dung tích hiệu dụng tương tự như trường hợp hồ chứa độc lập. Trong trường hợp hồ chứa điều tiết năm có thể áp dụng phương pháp lập bảng để tính toán điều tiết.

Đối với hệ thống có số hồ lớn hơn hai trong một số trường hợp sau khi phân tích quan hệ cân bằng nước có thể đưa về sơ đồ tính của ví dụ này. Lấy trường hợp hệ thống hồ trên sơ đồ hình 6.8 làm ví dụ.

Đối với trường hợp thứ nhất của sơ đồ hình 6.8 có thể chia ra hai hệ thống con: hệ thống HC1–Đ1 và hệ thống HC2–Đ2. Hai hệ thống con này độc lập nhau về mặt cấp nước. Mỗi hệ thống có một hồ chứa điều tiết bổ sung cho tuyến đập dâng kế tiếp: hồ HC1 điều tiết bổ sung cho đập dâng Đ1 còn hồ HC2 điều tiết bổ sung cho đập dâng Đ2.

Trên cơ sở phân tích như vậy có thể xác định sơ đồ tính toán điều tiết cho trường hợp này theo các bước như sau:

Bước 1. Tính toán điều tiết bổ sung cho hệ thống hồ chứa HC1 và đập dâng Đ1. Kết quả tính được dung tích hiệu dụng của hồ HC1.

Bước 2. Áp dụng thuật toán trình bày trên sơ đồ hình 6.3 xác định quá trình xả nước xuống hạ lưu tại tuyến đập hồ HC1, ký hiệu là $Q_{xHC1}(t)$.

Bước 3. Xác định nước đến tuyến đập dâng Đ1:

$$Q_{Đ1}(t) = Q_{xHC1}(t) + Q_{KG1}(t)$$

Bước 4. Tính toán cân bằng nước tại tuyến đập dâng Đ1 để xác định lưu lượng xả xuống hồ HC2, ký hiệu là $Q_{xĐ1}(t)$:

– Nếu $Q_{Đ1}(t) \leq q_A(t)$, $Q_{xĐ1}(t) = 0$.

– Nếu $Q_{Đ1}(t) > q_At)$, $Q_{xĐ1}(t) = Q_{Đ1}(t) - q_A(t)$.

Bước 5. Xác định nước đến tuyến hồ HC2:

$$Q_{Đ2}(t) = Q_{xĐ1}(t) + Q_{KG2}(t)$$

Bước 6. Tính toán điều tiết bổ sung cho hệ thống hồ chứa HC2 và đập dâng Đ2. Kết quả tính được dung tích hiệu dụng của hồ HC2. Quá trình tính toán kết thúc.

Ví dụ 2. Hệ thống gồm hai hồ song song và một đập dâng

Hệ thống công trình gồm hai hồ chứa HC1 và HC2 điều tiết bổ sung cho đập dâng Đ1 cấp nước tưới cho vùng tưới A theo yêu cầu cấp nước q(t) (hình 6.11). Giả thiết hồ chứa HC1, HC2 là các hồ điều tiết năm, dòng chảy đến các tuyến hồ chứa và dòng chảy khu giữa $Q_{KG}(t)$ là đồng bộ.

Yêu cầu tính toán điều tiết xác định dung tích hiệu dụng của hồ chứa HC1 và HC2.

Đây là trường hợp hai hồ chứa song song điều tiết bổ sung cho đập dâng Đ1 cấp nước tưới cho vùng A. Do đặc điểm nước đến và địa hình lòng hồ tại hai tuyến hồ chứa khác nhau nên cũng tồn tại nhiều phương án lựa chọn dung tích hiệu dụng của hai hồ.

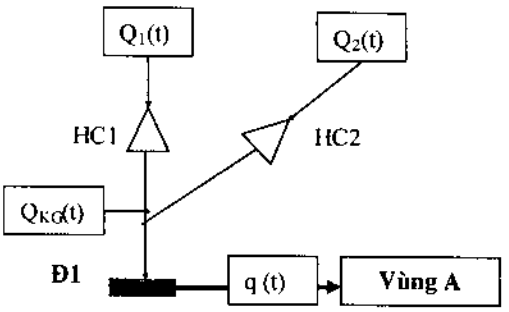
Phương pháp tính toán điều tiết được thực hiện bằng cách ấn định trước dung tích hiệu dụng cho một hồ chứa và xác định dung tích hiệu dụng của hồ chứa còn lại.

Dựa vào quá trình nước đến thiết kế và điều kiện địa hình tại các vị trí xây dựng hồ chứa, có thể lựa chọn dung tích hiệu dụng (thực chất là ấn định mực nước dâng bình thường) cho một hồ chứa nào đó, giả sử ta ấn định dung tích hiệu dụng của hồ HC1 là V_{h1}. Khi đó quá trình xác định dung tích hiệu dụng của hồ thứ hai HC2 được tiến hành theo các bước sau:

Bước 1. Ấn định dung tích hiệu dụng của hồ HC1, tiến hành tính toán điều tiết xác định lưu lượng điều tiết của hồ HC1 là $q_{c1}(t)$ = const theo thuật toán được trình bày trên sơ đồ hình 6.5 (bài toán 3 của hồ chứa độc lập). Sau đó tính được lưu lượng xả xuống hạ lưu của hồ HC1 là:

$$Q_{HL1}(t) = q_{c1}(t) + Q_{x1}(t) \quad (6.27)$$

Trong đó: $Q_{x1}(t)$ là lưu lượng xả thừa của hồ HC1 khi mực nước hồ vượt mực nước dâng bình thường.



- Đ1 – đập dâng
- HC1, HC2 – hồ chứa
- $Q_1(t)$, $Q_2(t)$ – quá trình lưu lượng đến thiết kế tuyến hồ HC1 và HC2
- $Q_{KG}(t)$ – quá trình lưu lượng khu giữa thiết kế.
- q(t) – quá trình lưu lượng theo yêu cầu tưới
- Vùng A – vùng tưới

***Hình 6.11.* Sơ đồ hệ thống cấp nước tưới**

Bước 2. Tính lưu lượng tổng cộng QT(t) khu giữa sau khi có hồ HC1: bao gồm lưu lượng xả từ hồ HC1 và dòng chảy khu giữa của tuyến đập dâng

$$QT(t) = Q_{HL1}(t) + Q_{KG}(t) \quad (6.28)$$

Bước 3. Tính lưu lượng yêu cầu điều tiết bổ sung $q_{BS}(t)$ tại tuyến hồ chứa HC2 sau khi hồ HC1 đã đảm nhiệm lưu lượng điều tiết $q_{c1}(t)$ = const. Cách tính như sau:

– Nếu lưu lượng tổng cộng QT(t) tại thời đoạn t bất kỳ lớn hơn lưu lượng cần cấp tại tuyến đập dâng q(t), khi đó không nhất thiết phải xả nước từ hồ HC2 xuống hạ du (trừ khi phải xả thừa). Lưu lượng cần cấp xuống hạ du tại tuyến hồ HC2 là $q_{BS}(t) = 0$.

– Nếu lưu lượng tổng cộng QT(t) tại thời đoạn t bất kỳ nhỏ hơn lưu lượng cần cấp tại tuyến đập dâng q(t), khi đó nhất thiết phải điều tiết bổ sung từ hồ chứa HC2 với lưu lượng tháo xuống hạ du là $q_{BS}(t)$:

$$q_{BS}(t) = q(t) - QT(t) \quad (6.29)$$

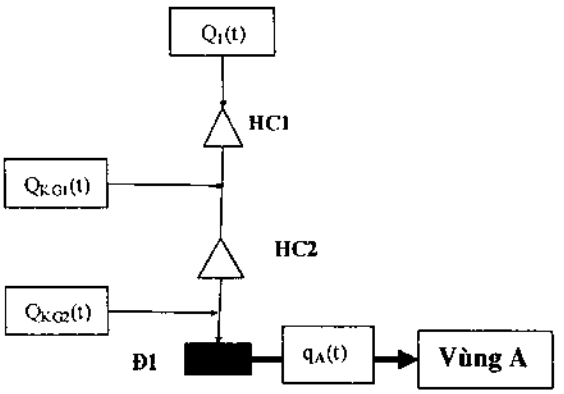
Bước 4. Tính điều tiết dòng chảy tại tuyến hồ HC2 để xác định dung tích hiệu dụng V_{h2}. Cách tính toán tương tự như hồ chứa độc lập cấp nước.

Trong quá trình tính toán điều tiết, việc ấn định dung tích của một hồ chứa có thể thực hiện theo nhiều phương án khác nhau. Sau khi phân tích kết quả tính toán dung tích hiệu dụng sẽ lựa chọn phương án hợp lý nhất.

Với ví dụ này cũng có thể tính toán bằng sơ đồ khác, chẳng hạn ta ấn định chế độ cấp nước cho một hồ nào đó với lưu lượng cần cấp là $q_{cj}(t)$, sau đó dựa vào nguyên lý cân bằng nước xác định dung tích hiệu dụng của các hồ trong hệ thống. Bạn đọc có thể tự mình thiết lập trình tự và sơ đồ tính toán theo cách tính này.

Ví dụ 3. Hệ thống gồm hai hồ chứa bậc thang và một đập dâng

Cho hệ thống công trình gồm hai hồ chứa HC1 và HC2 điều tiết bổ sung cho đập dâng Đ1 cấp nước tưới cho vùng tưới A theo yêu cầu cấp nước $q_A(t)$ (hình 6.12).



- $Q_1(t)$ – quá trình lưu lượng đến hồ thiết kế
- $Q_{KG1}(t)$, $Q_{KG2}(t)$ – quá trình lưu lượng khu giữa thiết kế.
- $q_A(t)$ – quá trình lưu lượng yêu cầu tưới cho vùng A
- Vùng A – vùng tưới
- HC1, HC2, Đ1 – hồ chứa và đập dâng

Hình 6.12. **Sơ đồ hệ thống cấp nước tưới**

Giả thiết dòng chảy đến các hồ chứa điều tiết năm và dòng chảy các khu giữa là đồng bộ, khoảng cách giữa hai hồ chứa không quá lớn và chênh lệch diện tích lưu vực tính đến các tuyến hồ cũng không quá lớn. Yêu cầu tính toán điều tiết xác định dung tích hiệu dụng của hồ chứa HC1và HC2.

Dựa vào nguyên lý cân bằng nước có thể thiết lập sơ đồ tính toán xác định dung tích hiệu dụng của hai hồ chứa theo hai bước: trước tiên xác định dung tích hiệu dụng tổng cộng của hai hồ chứa, sau đó phân phối dung tích tổng cộng cho từng hồ chứa trên hệ thống. Phương pháp tính toán theo trình tự các bước như sau:

Bước 1. Tính yêu cầu lưu lượng điều tiết bổ sung $q_{BS}(t)$ (lưu lượng cần tháo xuống hạ du) tại tuyến hồ chứa dưới cùng HC2. Cách tính như sau:

– Nếu lưu lượng khu giữa $Q_{KG2}(t)$ tại thời đoạn t bất kỳ lớn hơn lưu lượng cần cấp tại tuyến đập dâng là $q_A(t)$, thì khi đó không nhất thiết phải xả nước từ hồ HC2 xuống hạ du (trừ khi phải xả thừa). Lưu lượng cần cấp xuống hạ du tại tuyến HC2 là $q_{BS}(t) = 0$.

– Nếu lưu lượng khu giữa $Q_{KG2}(t)$ tại thời đoạn t bất kỳ nhỏ hơn lưu lượng cần cấp tại tuyến đập dâng là $q_A(t)$, thì khi đó nhất thiết phải điều tiết bổ sung với lưu lượng $q_{BS}(t)$, là lưu lượng bắt buộc phải tháo xuống hạ du tại tuyến HC2:

$$q_{BS}(t) = q_A(t) - Q_{KG2}(t) \quad (6.30)$$

Bước 2. Tính điều tiết dòng chảy xác định dung tích hiệu dụng tổng cộng V_{hT} của hai hồ.

Lưu lượng cấp nước bổ sung tại tuyến hồ chứa HC2 là $q_{BS}(t)$ đã biết, lưu lượng nước đến $Q_{2TN}(t)$ tại tuyến HC2 trong điều kiện tự nhiên (chưa có các hồ chứa) cũng đã biết, có thể dễ dàng xác định được V_{hT}. Lưu lượng $Q_{2TN}(t)$ được tính theo công thức:

$$Q_{2TN}(t) = Q_1(t) + Q_{KG1}(t) \quad (6.31)$$

Bước 3. Phân tích điều kiện địa hình lòng hồ và điều kiện nước đến tại các tuyến hồ, phân phối dung tích hiệu dụng tổng cộng V_{hT} cho hai hồ là V_{h1} và V_{h2} sao cho $V_{h1} + V_{h2} = V_{hT}$. Có thể có nhiều phương án phân phối dung tích hiệu dụng giữa hai hồ chứa.

Bước 4. Biết dung tích hiệu dụng của hồ chứa HC1, tiến hành tính toán điều tiết cho hồ chứa HC1 theo thuật toán trình bày trên sơ đồ hình 6.5 để xác định lưu lượng tháo xuống hồ HC2 là:

$$Q_{H1}(t) = q_{c1}(t) + Q_{x1}(t) \quad (6.32)$$

Trong đó: $q_{c1}(t)$ là lưu lượng điều tiết từ hồ 1 xuống hồ 2; $Q_{x1}(t)$ là lưu lượng xả thừa của hồ HC1.

Bước 5. Tính quá trình lưu lượng chảy vào hồ HC2:

$$Q_2(t) = Q_{H1}(t) + Q_{KG1}(t) \quad (6.33)$$

Bước 6. Tính điều tiết dòng chảy tại tuyến hồ HC2 để xác định lại dung tích hiệu dụng V_{h2} sau khi đã tính đến tổn thất.

Có thể ứng dụng phương pháp lập bảng hoặc phương pháp tính theo thuật toán được trình bày trên sơ đồ hình 6.4.

Khi tính toán điều tiết đã kể đến tổn thất, dung tích hiệu dụng của từng hồ nên dung tích hiệu dụng tổng cộng sẽ lớn hơn các giá trị tính toán khi chưa kể đến tổn thất. So sánh với các phương án khác nhau sẽ chọn được một phương án hợp lý.

Phương pháp này có thể mở rộng cho trường hợp có số hồ lớn hơn 2.

6.7.4.2. Phương pháp tính toán tổng quát

Phương pháp tính toán điều tiết bổ sung chỉ có thể áp dụng được cho một số trường hợp đơn giản. Đối với hệ thống hồ chứa có cấu trúc phức tạp, đặc biệt đối với hệ thống hồ có hình thức điều tiết hỗn hợp, việc tính toán xác định dung tích hiệu dụng của các hồ chứa trong hệ thống sẽ rất phức tạp. Khi đó phương pháp mô hình mô phỏng là phương pháp hiệu quả nhất và được coi là phương pháp tổng quát áp dụng cho tất cả các dạng bài toán điều tiết dòng chảy của hệ thống hồ chứa.

Việc xây dựng mô hình mô phỏng cho bài toán tổng quát là rất phức tạp. Vì vậy, trong tài liệu này chỉ trình bày các tính nguyên tắc của việc lập mô hình mô phỏng cho bài toán tổng quát.

Bài toán được mô tả như sau: Biết các quá trình nước dùng và nước đến tại các tuyến hồ chứa, xác định dung tích của các hồ trong hệ thống.

Giả sử có hệ thống n hồ chứa có quan hệ về mặt thủy lợi. Quá trình lưu lượng nước dùng tại các nút hồ chứa bất kỳ là $q_i(t)$, với i = 1,2,..., n (nếu tại nút hồ chứa thứ i không có yêu câu lấy nước từ hồ thì $q_i(t) = 0$ với mọi t). Biết nước đến thiết kế tại các nút hồ chứa. Cần xác định dung tích hiệu dụng của tất cả các hồ trên hệ thống V_{hi} (với i = 1,2,..., n).

Về nguyên tắc, việc xác định dung tích hiệu dụng của các hồ chứa được tiến hành theo các bước sau đây:

Bước 1. Dựa vào điều kiện địa hình, yêu cầu cấp nước và đặc điểm nguồn nước, sơ bộ chọn dung tích hiệu dụng cho các hồ chứa trong hệ thống: V_{h1}, V_{h2},..., V_{hi}, V_{hn}, và tính dung tích tương ứng với mực nước dâng bình thường của các hồ đó:

$$V_{bti} = V_{hi} + V_{ci} \text{ với } i = 1, 2, 3,..., n \quad (6.34)$$

Bước 2. Tạm thời quy định chế độ tích nước của các hồ chứa trên hệ thống, bao gồm:

– Chế độ tích nước (tích sớm, tích muộn...), thứ tự ưu tiên tích nước và cấp nước của các hồ chứa trong hệ thống (hồ chứa nào cấp trước, hồ chứa nào cấp sau...).

– Đối với hệ thống hồ song song cần sơ bộ ấn định các quá trình lưu lượng điều tiết tại các nhánh sông.

Bước 3. Tính toán điều tiết cho từng hồ chứa trong hệ thống theo thuật toán trình bày trên sơ đồ 6.4, 6.6 hoặc 6.5 tuỳ thuộc vào tính chất của nút hồ chứa. Thứ tự tính toán được tiến hành từ hồ chứa trên cùng. Nước đến các hồ chứa tính theo công thức (6.24) nếu hồ chứa nằm trong hệ thống hồ chứa bậc thang. Quá trình tính toán xác định được lưu lượng cấp được $q_{ci}(t)$ tại các nút cấp nước. Kiểm tra điều kiện:

+ Nếu $q_{ci}(t) \geq q_i(t)$ với mọi i = 1,2,..., n (6.35)

thì chuyển sang bước 4.

Trong đó $q_{ci}(t)$ là lưu lượng cấp được tại nút cấp nước thứ i; $q_i(t)$ là yêu cầu lưu lượng tại nút đó ở thời điểm t bất kỳ.

+ Nếu (6.35) không thoả mãn chuyển sang bước 6.

Bước 4. Phân tích kết quả tính toán, nếu thấy chế độ làm việc của các hồ chứa trong hệ thống là hợp lý thì chuyển sang bước 5, trong trường hợp ngược lại thì chuyển sang bước 2 và xem xét lại chế độ làm việc của hệ thống hồ chứa.

Bước 5. Phân tích kết quả giá trị dung tích hiệu dụng của các hồ chứa, nếu thấy sự lựa chọn đó là hợp lý thì chuyển sang bước 7; trong trường hợp ngược lại: chuyển sang bước 6.

Bước 6. Phân tích các khả năng thay đổi dung tích hiệu dụng của các hồ chứa trong hệ thống để trở về bước 1. Nếu thấy không cần thay đổi gì nữa thì chuyển sang bước 7.

Bước 7. Phân tích kết quả tính toán lần cuối cùng để có thể hiệu chỉnh dung tích hoặc chế độ làm việc của hồ chứa và tính toán lại từ đầu.

Thực ra, quá trình tính toán theo các bước trên đây là sự áp dụng phương pháp mô phỏng khi lựa chọn các thông số thiết kế của hệ thống. Sơ đồ các bước trên đây không phải là sơ đồ lập trình. Nó chỉ có tính nguyên tắc mô tả quá trình phân tích kết quả tính toán từ mô hình mô phỏng trong quá trình lựa chọn phương án thiết kế.

6.8. Tính toán điều tiết cho hệ thống hồ chứa bậc thang phát điện

6.8.1. Tính chất và phạm vi của bài toán

Khi tính toán điều tiết cho hệ thống hồ chứa bậc thang phát điện, cần phân tích cả ba mối quan hệ thuỷ văn, thủy lực và thủy lợi.

Trong hệ thống hồ chứa bậc thang bao giờ cũng tồn tại quan hệ về cân bằng nước, tức là quá trình nước đến của mỗi hồ chứa phụ thuộc vào chế độ làm việc của các hồ chứa khác trong hệ thống.

Các hồ chứa trong hệ thống hồ chứa bậc thang phát điện luôn tồn tại mối quan hệ về mặt thủy lợi. Bởi vì, trong thiết kế, các thông số công tác của mỗi một hồ chứa phụ thuộc vào sự lựa chọn các thông số thiết kế của các hồ chứa khác.

Đối với bài toán thiết kế hồ chứa phát điện, việc tính toán điều tiết xác định hai đặc trưng: công suất đảm bảo N_P và độ sâu công tác của hồ chứa là nội dung cơ bản nhất. Bởi vậy, trong tài liệu này chỉ trình bày phương pháp tính toán xác định hai đặc trưng này.

Đối với hệ thống hồ chứa bậc thang phát điện, thường áp dụng phương pháp trình tự thời gian và phương pháp điều tiết toàn liệt.

6.8.2. Nguyên lý chung

Nguyên lý tính toán điều tiết hồ chứa phát điện là việc hợp giải hệ hai phương trình cơ bản sau:

$$\frac{dV}{dt} = Q(t) - q_r(t) \tag{6.36}$$

$$N(t) = f(q_{tb}(t), H(t), \text{loại tuabin}) \tag{6.37}$$

Phương trình (6.36) là phương trình cân bằng nước; phương trình (6.37) là phương trình năng lượng.

Trong đó:

V(t) là dung tích hồ chứa tại thời điểm t

Q(t) là lưu lượng nước đến hồ tại thời điểm t. Đối với hệ thống hồ chứa bậc thang, hồ chứa trên cùng có Q(t) là lưu lượng tự nhiên chảy vào hồ; các hồ phía hạ lưu có Q(t) bằng tổng lưu lượng xả từ hồ phía trên cộng với lưu lượng khu giữa $Q_{KG}(t)$:

$$Q(t) = \Sigma q_x(t) + Q_{KG}(t)$$

$q_r(t)$ là tổng lưu lượng chảy ra khỏi hồ, bao gồm lưu lượng chảy qua tuabin $q_{tb}(t)$, tổng lưu lượng tổn thất $q_{tt}(t)$, lưu lượng nước lấy ra từ thượng lưu hồ q(t) và lưu lượng xả thừa $q_x(t)$:

$$q_r(t) = q_{tb}(t) + q_{tt}(t) + q(t) + q_x(t)$$

N(t) là công suất của trạm thuỷ điện tại thời điểm t.

H(t) là chênh lệch mực nước thượng hạ lưu tại thời điểm t.

Biểu thức tính công suất (6.37) trong giai đoạn quy hoạch và thiết kế có thể tính theo công thức:

$$N(t) = K\, q_{tb}(t)\, H(t) \tag{6.38}$$

6.8.3. Tính toán điều tiết cho hệ thống hồ chứa bậc thang phát điện với công suất cố định cho trước

Bài toán đặt ra như sau: Giả sử cho trước quá trình công suất Nj(t) với j = 1,2,...,n, trong đó j là ký hiệu về chỉ số hồ chứa, n là số hồ chứa trong hệ thống bậc thang. Biết trước dung tích hiệu dụng và mực nước dâng bình thường của hệ thống hồ. Yêu cầu xác định các quá trình lưu lượng qua nhà máy thuỷ điện qtbj(t), với (j = 1,2,...,n) để đạt được quá trình công suất cho trước.

6.8.3.1. Đối với hồ chứa độc lập

Để xây dựng thuật toán tính điều tiết cho hệ thống hồ chứa bậc thang phát điện trước tiên ta xem xét thuật toán tính điều tiết phát điện cho hồ độc lập.

Đối với hồ chứa độc lập phát điện, công suất của trạm thủy điện được xác định theo quan hệ:

$$N(t) = f(q_{tb}(t), H(t)) \quad (6.39)$$

Trong đó N(t) có thể xác định bằng cách sử dụng đường cong đặc tính tuyêcbin. Trong giai đoạn quy hoạch hoặc thiết kế có thể tính đơn giản bằng công thức:

$$N(t) = K.q_{tb}(t).H(t) \quad (6.40)$$

Trong đó: N(t): công suất bình quân tại thời điểm t

$q_{tb}(t)$: lưu lượng bình quân tháo qua trạm thủy điện tại thời điểm t tính bằng m^3/s;

H(t): chênh lệch cột nước bình quân thượng và hạ lưu của hồ chứa (m);

K: hệ số tính đến tổn thất cột nước, hiệu suất của máy phát, thông thường $K \approx 8.4$

Trong tính toán quy hoạch, cột nước được tính gần đúng:

$$H(t) = Z_t(t) - Z_h(t) \quad (6.41)$$

Trong đó: $Z_h(t)$ là mực nước hạ lưu được xác định theo đường cong H ~ Q hạ lưu:

$Z_t(t) = f[Q_x(t)]$; $Q_x(t)$ là lưu lượng xả xuống hạ lưu công trình, bao gồm lưu lượng qua trạm thủy điện và lưu lượng xả thừa:

$$Q_x(t) = q_x(t) + q_{tb}(t) \quad (6.42)$$

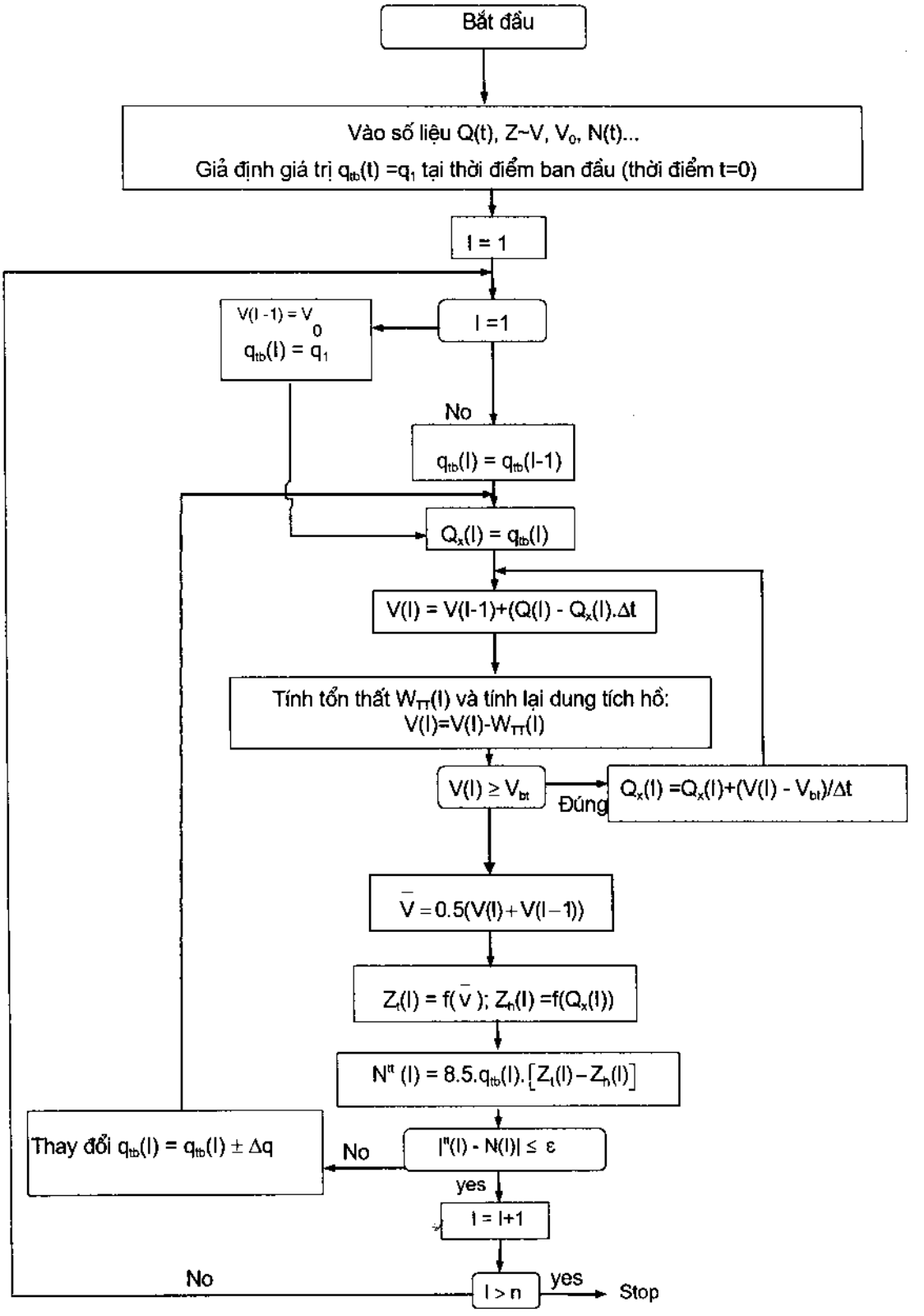
Trong đó: $q_x(t)$: lưu lượng xả xuống hạ lưu nhưng không qua nhà máy thủy điện (tháo lũ, xả thừa qua cống); $q_{tb}(t)$ là lưu lượng qua nhà máy thuỷ điện tại thời điểm t; $Z_t(t)$ là mực nước thượng lưu tại thời điểm t bất kỳ. Mực nước $Z_t(t)$ được xác định thông qua đường quan hệ đặc trưng mực nước và dung tích của hồ. Dung tích hồ ở cuối mỗi thời đoạn được xác định từ phương trình cân bằng nước hồ chứa:

$$V_2 = V_1 + (Q(t) - q_r(t)).\ \Delta t \quad (6.43)$$

Trong đó: Q(t) là lưu lượng nước đến tại thời điểm t; V_1 là dung tích ban đầu; V_2 là dung tích hồ ở cuối thời đoạn t; $q_r(t)$ là lưu lượng ra khỏi hồ (kể cả bốc hơi và thấm). Mực nước bình quân thượng lưu được xác định như sau theo mối quan hệ:

$$Z_t(t) = f(Q(t), V_1, V_2, q_r(t)) \quad (6.44)$$

Quá trình lưu lượng qua nhà máy thủy điện được xác định theo phương pháp tính lặp. Các bước tính toán như sau:



Hình 6.13. **Sơ đồ tính lặp xác định lưu lượng điều tiết $q_{tb}(t)$ theo công suất cho trước N(t)**

Bước 1. Giả định giá trị $q_{tb}(t)$ qua trạm thủy điện, tính $Q_x(t)$ theo phương trình (6.42) với giả định là khi mực nước trong hồ lớn hơn mực nước dâng bình thường thì phải xả thừa.

Bước 2. Có $Q_x(t)$, xác định được mực nước hạ lưu Zh(t) bằng cách tra đường quan hệ H ~ Q hạ lưu.

Biết lưu lượng nước đến hồ bình quân Q(t) tại thời điểm t, biết dung tích tại đầu thời đoạn V1 là dung tích hồ ở cuối thời đoạn trước, theo phương trình (6.43) xác định được V_2 là dung tích hồ cuối thời đoạn t_1. Tra đường quan hệ Z ~ V của hồ chứa, tìm được mực nước thượng lưu $Z_t(t)$ theo dung tích bình quân thời đoạn:

$$\overline{V} = 0.5(V_2 + V_1) \tag{6.45}$$

Bước 3. Tính công suất của trạm thủy điện Nt(t) theo công thức (6.40) và kiểm tra điều kiện:

$$|(Nt(t) - N(t))/N(t)| \le \varepsilon \tag{6.46}$$

Trong đó ε là số dương cho trước. Nếu chênh lệch giữa giá trị tính toán của công suất với công suất đã cho nằm trong phạm vi cho phép (thoả mãn biểu thức (6.46)), thì quá trình tính toán kết thúc. Trong trường hợp ngược lại phải quay lại từ bước đầu tiên.

Nếu ta chia thời gian tính toán ra n thời đoạn, ký hiệu Δt là thời đoạn tính toán (thường chọn bằng 1 tháng). Ký hiệu I là chỉ số thời đoạn, khi đó ta có Q(I), $Q_x(I)$, $q_{tb}(I)$, V(I), Z(I) tương ứng là lưu lượng đến hồ, lưu lượng xả xuống hạ du, lưu lượng qua trạm thuỷ điện, dung tích hồ và mực nước hồ cuối thời đoạn thứ I; các chỉ số I–1 tương ứng là giá trị đầu thời đoạn I và là cuối thời đoạn I–1. Thuật toán tính toán điều tiết xác định quá trình lưu lượng qua trạm thuỷ điện được trình bày trên sơ đồ hình 6.13.

6.8.3.2. Tính toán cho trường hợp hệ thống hồ chứa bậc thang

Nguyên lý tính điều tiết đối với hệ thống hồ chứa dựa trên hệ các phương trình cân bằng nước và phương trình động lực. Phương trình cân bằng nước có dạng:

$$V_{2j}(t) = V_{1j} + (Q_j(t) - q_x(t))\Delta t \tag{6.47}$$

$$Q_j(t) = Q_{xj-1}(t) + Q_{kgj}(t) \tag{6.48}$$

Trong đó: $Q_j(t)$ là lượng nước đến hồ thứ j phụ thuộc vào chế độ làm việc của hồ chứa ở phía trên nó; $Q_{j-1}(t)$; $Q_{kgj}(t)$, tương ứng là lưu lượng xả từ hồ phía trên j –1 và lưu lượng nhập lưu khu giữa của hồ thứ j; $q_{\eta j}(t)$ là lưu lượng ra khỏi hồ thứ j, bao gồm lưu lượng qua nhà máy thuỷ điện $q_{tbj}(t)$, lưu lượng tổn thất $q_{ttj}(t)$, lưu lượng lấy từ thượng lưu $q_j(t)$ và lưu lượng xả thừa xuống hạ du $q_{xj}(t)$:

$$q_{\eta j}(t) = q_{tbj}(t) + q_{ttj}(t) + q_j(t) + q_{xj}(t) \tag{6.49}$$

Đặt $Q_{xj}(t) = q_{tbj}(t) + q_{xj}(t)$ là tổng lưu lượng xả xuống hạ du.

Mực nước hạ lưu $Z_h(t)$ ở mỗi một hồ chứa (trừ hồ cuối cùng) có thể phụ thuộc vào diễn biến mực nước ở hồ chứa phía dưới nó do bị ảnh hưởng của hiện tượng nước dềnh. Tức là:

$$Z_{hj}(t) = f(Q_{xj}(t), Z_{j+1}(t)) \quad (6.50)$$

trong đó $Z_{j+1}(t)$ là mực nước của hồ chứa hạ lưu của hồ thứ j.

Nếu coi mực nước các hồ nằm ngang, $Z_h(t)$ được xác định theo hai trường hợp sau:

Trường hợp ngập chân: $Z_{hj}(t) = Z_{j+1}(t)$

Trường hợp không ngập chân: $Z_{hj}(t) = f[Q_{xj}(t)]$, xác định bằng cách tra trên đường quan hệ giữa mực nước và lưu lượng ở hạ lưu đập (đường H ~ Q hạ lưu).

Công suất của trạm thuỷ điện tại một hồ nào đó phụ thuộc vào diễn biến mực nước thượng hạ lưu, phụ thuộc vào lưu lượng xả xuống hạ lưu và nước đến của hồ phía trên nó. Nhưng các giá trị này lại phụ thuộc vào chế độ công tác của các hồ khác. Bởi vậy, giá trị các tham số này của các hồ chứa phụ thuộc lẫn nhau. Như vậy, khi tính toán điều tiết cho hệ thống hồ bậc thang phát điện, phải xem xét quan hệ tương tác giữa các hồ chứa. Việc xác định các giá trị cần tính của mỗi hồ phụ thuộc vào giá trị cần xác định của các hồ còn lại trong hệ thống. Do đó, khi giải quyết bài toán điều tiết cho hệ thống bậc thang phát điện, trong quá trình xác định công suất đảm bảo và độ sâu công tác phải giải quyết đồng thời các mối quan hệ của các hồ trên hệ thống. Đây là một chu trình tính toán khép kín.

Bài toán được đặt ra như sau: Cho n hồ chứa j = 1,2,...,n, cho biết $N_j(t)$ của mỗi hồ chứa. Cho biết cấu trúc của hệ thống hồ và các đường cong đặc trưng ở mỗi hồ chứa: $(Z \sim V)_j$; $(Z \sim F)_j$; $(H \sim Q)_j$; $Q_{kgj}(t)$; H_{cj}, H_{btj}: là mực nước chết và mực nước dâng bình thường của mỗi hồ chứa thứ j.

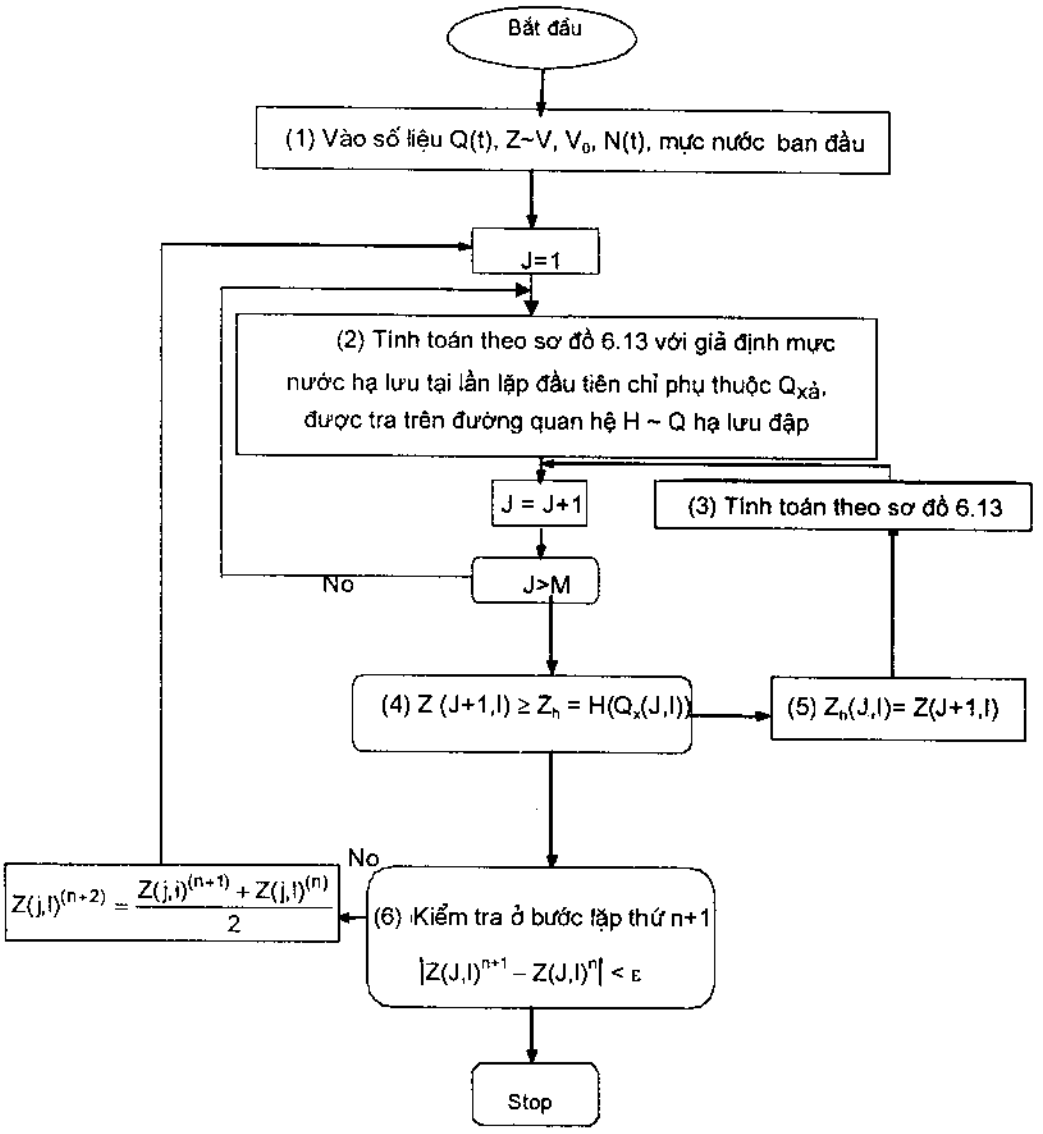
Yêu cầu: xác định các quá trình $q_j(t)$ của các hồ chứa để đảm bảo phát được các công suất $N_j(t)$.

Với mỗi hồ chứa, muốn tìm $N_j(t)$ phải biết các quá trình $Q_j(t)$, $Z_{hj}(t)$, $Q_{xj}(t)$. Nhưng các $Z_{hj}(t)$ lại phụ thuộc vào $Q_{xj}(t)$ và chế độ làm việc của hồ chứa phía dưới nó. Vì vậy cần thiết phải thực hiện các phép tính thử dần.

Giả sử quá trình tính lặp phải thực hiện với n lần lặp. Đối với lần lặp thứ (n + 1) bất kỳ, quá trình tính thử được thực hiện theo các bước sau:

Bước 1. Giả định trị số $q_j(t)$.

Bước 2. Giả định các mực nước hạ lưu hồ chứa thứ j là $Z_{hj}(t)$ chỉ phụ thuộc vào lưu lượng xả xuống hạ lưu (không ngập chân) và có thể xác định bằng đường H ~ Q hạ lưu.



Hình 6.14. **Thuật toán tính điều tiết dòng chảy đối với hệ thống hồ bậc thang phát điện theo biểu đồ công suất cho trước**

Bước 3. Tính toán điều tiết theo sơ đồ hình 6.13 cho từng hồ chứa theo thứ tự từ hồ chứa trên cùng đến hồ chứa cuối cùng. Với mỗi hồ chứa, công suất tính toán được xác định theo công thức:

$$N_j^t = k.q_j(t).H_j(t)$$

Với điều kiện $H_{cj} \leq Z_j(t) \leq h_{btj}$.

Trong đó:

$Q_j(t) = Q_{x,j-1}(t) + Q_{KGj}(t)$. Với hồ chứa trên cùng thì: $Q_j(t) = Q_\delta(t)$ – lưu lượng đến của lưu vực tập trung nước tại hồ trên cùng.

Bước 4. Kiểm tra điều kiện ngập chân của từng hồ chứa. Gọi $Z_{hj}(t)$ là mực nước tra trên đường H ~ Q:

Nếu: $Z_{hj}(t) \le Z_{j+1}(t)$ (tức là ngập chân) dù chỉ xảy ra đối với 1 hồ, khi đó cần chọn $Z_{hj}(t) = Z_{j+1}(t)$ và trở lại từ bước thứ 3.

Nếu: $Z_{hj}(t) > Z_{j+1}(t)$ thì mực nước hạ lưu lấy theo đường quan hệ H ~ Q ở bước 2 là đúng. Chuyển sang bước 6.

Bước 5: Kiểm tra sai số tính lặp đối với các giá trị $Z_j(t)$ (sơ đồ hình 6.14):

Nếu ở lần lặp thứ n + 1 nào đó tại thời điểm t, có:

$$\left|Z_j^{(n+1)}(t) - Z_j^{(n)}(t)\right| \le \varepsilon \qquad (6.51)$$

quá trình tính toán kết thúc và các giá trị $q_{tbj}(t)$ chính là kết quả tính toán cuối cùng.

Trong trường hợp ngược lại, tiếp tục tính lặp từ đầu.

Trong đó (n) và (n + 1) là ký hiệu chỉ số lần lặp; $Z_j^{(n+1)}(t); Z_j^{(n)}(t)$ tương ứng là mực nước hồ chứa ở phép lặp thứ (n + 1) và thứ (n), ε là sai số cho phép của phép lặp.

Thuật toán giải theo các bước tính toán trên được mô tả trên sơ đồ hình 6.14.

6.8.4. Xác định công suất đảm bảo của hệ thống hồ chứa bậc thang với mực nước dâng bình thường và độ sâu công tác cho trước

Giả sử ta có n hồ chứa bậc thang phát điện đã cho trước các đặc trưng về địa hình, nước đến thiết kế. Giả sử cho trước mực nước dâng bình thường của các hồ chứa và độ sâu công tác tương ứng:

$$H_{bt} = (H_{bt1}, H_{bt2}, \ldots, H_{btj}, \ldots, H_{btn}) \qquad (6.52)$$

và

$$h = (h_1, h_2, \ldots, h_j, \ldots, h_n) \qquad (6.53)$$

Trong đó H_{bt} là véctơ các mực nước dâng bình thường của các hồ chứa trong hệ thống; **h** là véctơ về độ sâu công tác tương ứng.

Yêu cầu xác định công suất đảm bảo của các hồ chứa trong hệ thống:

$$N_p = (N_{p1}, N_{p2}, \ldots, N_{pj}, \ldots, N_{pn}) \qquad (6.54)$$

Giả sử cần tính toán cho trường hợp hệ thống hồ chứa điều tiết năm, và coi rằng công suất đảm bảo là công suất bình quân trong thời gian cấp nước lấy bằng hằng số. Đối với hồ chứa bậc thang, do tồn tại các mối quan hệ thủy văn thủy lực, nên công suất

đảm bảo của từng hồ chứa trong hệ thống phụ thuộc vào việc lựa chọn độ sâu công tác của tất cả các hồ chứa trong hệ thống, tức là:

$$N_{pj} = f(h_1, h_2,..., h_n) \text{ với } j = 1,2,...,n \quad (6.55)$$

Do vậy, công suất đảm bảo được xác định bằng phương pháp tính đúng dần.

Ta chia bài toán ra hai trường hợp:

1. Hệ thống hồ chứa có hình thức điều tiết năm (điều tiết mùa)

2. Hệ thống hồ chứa điều tiết nhiều năm hoặc hỗn hợp

Thực ra, sự phân chia này chỉ mang tính chất lý thuyết vì đối với hệ thống hồ chứa bậc thang phát điện hình thức điều tiết của mỗi hồ trong hệ thống chưa thể biết trước. Nó phụ thuộc vào cân bằng nước của cả hệ thống hồ và còn phụ thuộc vào mức độ bố trí dung tích kết hợp của mỗi hồ trên hệ thống. Như đã trình bày ở trên, nếu một hồ nào đó có dung tích kết hợp lớn thì hồ chứa không có cơ hội tích nước trong thời gian mùa lũ mặc dù phải xả thừa, đến thời kỳ mùa kiệt sẽ có một số năm không tích đầy hồ và có thể trở thành hồ chứa điều tiết nhiều năm.

6.8.4.1. Đối với hệ thống hồ chứa điều tiết năm

Để xác định công suất đảm bảo của hệ thống cần tiến hành bằng phép tính lặp. Trước tiên cần giả thiết các công suất đảm bảo của các hồ trong hệ thống. Tiến hành tính toán điều tiết để xác định diễn biến mực nước các hồ và quá trình lưu lượng qua các nhà máy. Nếu thoả mãn điều kiện: mực nước nhỏ nhất trong năm thiết kế bằng mực nước chết thì các giá trị công suất giả thiết ban đầu là đúng. Trong trường hợp ngược lại (dù chỉ xảy ra đối với một hồ trong hệ thống) thì giả thiết ban đầu là sai và phải giả thiết lại các giá trị công suất.

Các bước tính toán được thực hiện như sau:

Bước 1. Giả thiết các trị số của công suất đảm bảo của từng hồ chứa theo dạng biểu thức (6.54). Cần chú ý công suất đảm bảo N_{pj} = const đối với mọi j.

Bước 2. Tính toán điều tiết với sự kết hợp sơ đồ hình 6.13 và 6.14 với các công suất đã giả định ở bước 1. Quá trình tính toán được thực hiện theo trình tự thời gian (thời đoạn tính toán thường chọn bằng 1 tháng). Kết quả nhận được quá trình mực nước theo các thời đoạn tính toán.

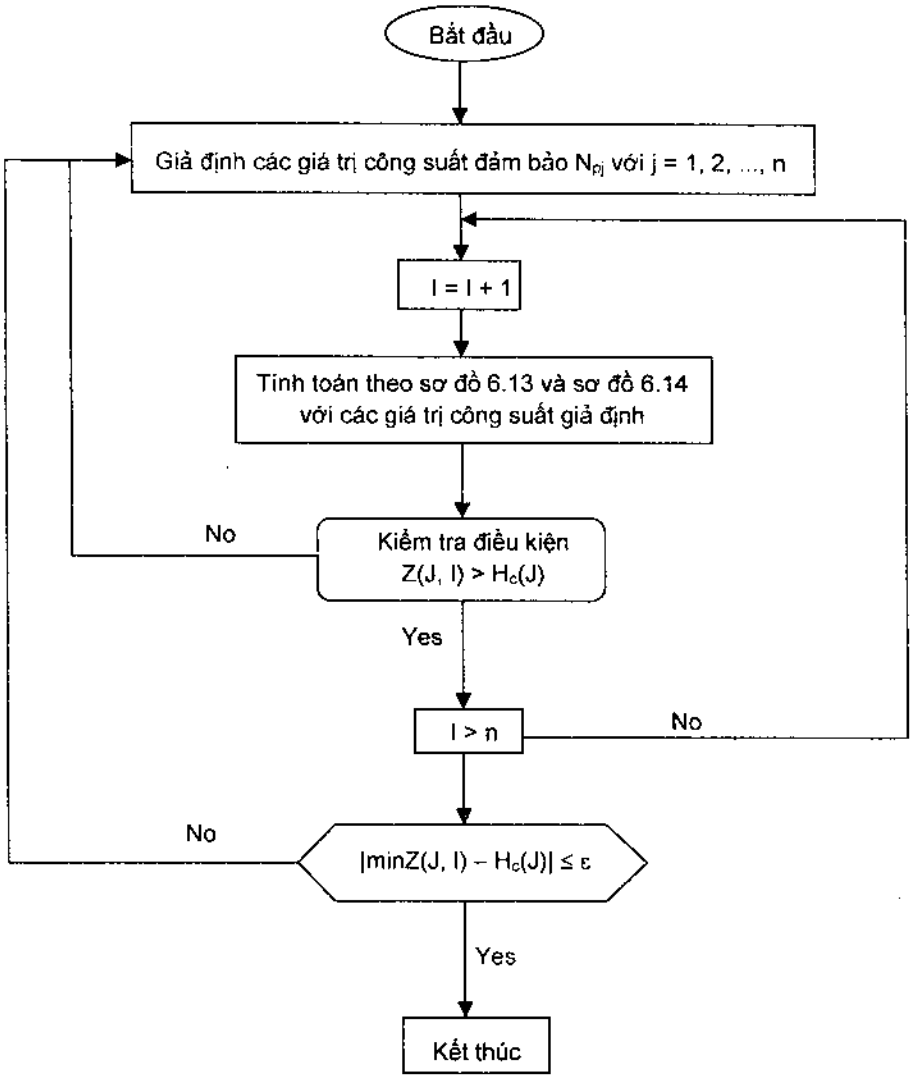
Bước 3. Tại thời đoạn bất kỳ, cần kiểm tra điều kiện:

$$Z_j(t) > H_{cj}; \text{ với } j = 1, 2,..., n \quad (6.56)$$

Trong biểu thức (6.56), H_{cj} là mực nước chết của hồ thứ j.

Nếu (6.56) đúng với mọi hồ j (j = 1,2,...,n) chuyển sang bước 4.

Nếu (6.56) không thoả mãn (cho dù chỉ là 1 hồ), chứng tỏ giả thiết về công suất đảm bảo thiên lớn. Cần giả thiết lại các giá trị N_{pj} và quay về bước 2 tính lại.



Hình 6.15. **Tính toán điều tiết xác định công suất bảo đảm**

Bước 4. Tiếp tục tính toán như trên cho đến thời đoạn cuối cùng. Tại thời điểm cuối cùng kiểm tra điều kiện:

$$\left|\min Z_j(tc) - H_{cj}\right| \le \varepsilon \text{ , với mọi j và } \left|\max Z_j(t) - H_{bt}\right| \le \varepsilon \qquad (6.57)$$

Trong đó min $Z_j(t)$ là mực nước nhỏ nhất của hồ thứ j trong chu kỳ tính toán điều tiết.

Nếu điều kiện (6.57) thoả mãn đối với tất cả các hồ chứa trên hệ thống thì các giá trị công suất đã giả thiết là đúng. Kết thúc tính toán và các giá trị công suất đã giả thiết là kết quả cần tìm.

Nếu điều kiện (6.57) không thoả mãn dù chỉ là 1 hồ, cần thay đổi các giá trị công suất và quay lại từ bước thứ hai để tính lại.

Đặt chỉ số I là chỉ số chỉ thời gian, còn j là chỉ số về số hiệu hồ chứa tính từ thượng lưu về hạ lưu sông. Khi đó thuật toán tính điều tiết xác định công suất đảm bảo của các hồ chứa trên hệ thống (với mực nước dâng bình thường và độ sâu công tác cho trước) được trình bày trên sơ đồ hình 6.15.

6.8.4.2. Đối với hệ thống hồ chứa điều tiết năm hoặc hình thức hỗn hợp

Đối với trường hợp này, xác định công suất đảm bảo của hệ thống được cần tiến hành theo phương pháp điều tiết toàn liệt. Với mỗi giá trị công suất đã giả thiết, trên cơ sở kết quả tính toán điều tiết xác định được tần suất đảm bảo cấp nước theo công thức (6.23b). Nếu thoả mãn điều kiện: tần suất cấp nước của từng hồ chứa xấp xỉ tần suất đảm bảo thiết kế thì các giá trị công suất giả thiết ban đầu là đúng. Trong trường hợp ngược lại (dù chỉ xảy ra đối với một hồ trong hệ thống) thì giả thiết ban đầu là sai và phải giả thiết lại các giá trị công suất.

Các bước tính toán được thực hiện như sau:

Bước 1. Giả thiết các trị số của công suất đảm bảo của từng hồ chứa theo dạng biểu thức (6.54). Cần chú ý công suất đảm bảo N_{pj} = const đối với mọi j.

Bước 2. Tính toán điều tiết với sự kết hợp sơ đồ hình 6.13 và 6.14 với các công suất đã giả định ở bước 1. Quá trình tính toán được thực hiện theo trình tự thời gian (thời đoạn tính toán thường chọn bằng 1 tháng). Kết quả nhận được quá trình mực nước theo các thời đoạn tính toán.

Bước 3. Tiếp tục tính toán như trên cho đến thời đoạn cuối cùng của mỗi năm. Tại thời đoạn cuối của mỗi năm cần kiểm tra điều kiện:

$$\left|\min Z_j(tc) - H_{cj}\right| \le \varepsilon \text{, với mọi j;} \qquad (6.58)$$

Trong đó min $Z_j(t)$ là mực nước nhỏ nhất của hồ thứ j trong chu kỳ tính toán điều tiết là một năm (tính cho năm bất kỳ). Đối với từng hồ trong hệ thống điều kiện (6.58) được phân tích như sau:

Nếu điều kiện (6.58) không thoả mãn, năm đó coi là không đảm bảo phát được công suất đã ấn định, được coi là năm thiếu nước. Chuyển sang bước 4.

Nếu điều kiện (6.58) thoả mãn thì đó là năm đủ nước. Chuyển sang bước 4.

Bước 4. Tính tần suất đảm bảo cấp nước cho từng hồ theo công thức (6.23b) và kiểm tra điều kiện:

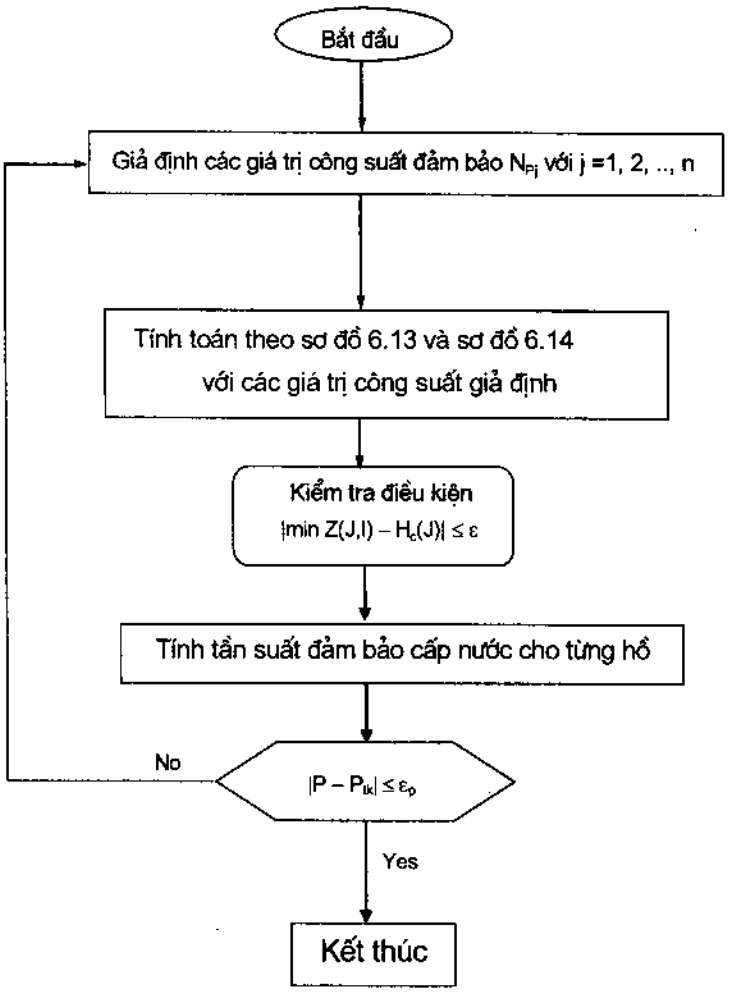
$$|P - P_{tk}| \le \varepsilon_p \text{ (với tất cả các hồ chứa)} \qquad (6.59)$$

với P và P_{tk} tương ứng là tần suất đảm bảo tính toán và tần suất thiết kế, ε_p là sai số cho phép về tần suất.

Nếu (6.59) thoả mãn với tất cả các hồ, thì các công suất giả thiết ban đầu là giá trị thiết kế cần tìm. Kết thúc tính toán.

Nếu (6.59) không thoả mãn dù chỉ là một hồ, cần thay đổi các giá trị công suất đã giả thiết và tính lại từ đầu.

Quá trình thử dần trình bày trên sơ đồ hình 6.16.



Hình 6.16. **Tính toán điều tiết xác định công suất bảo đảm theo phương pháp điều tiết toàn liệt**

6.9. Tính toán điều tiết lũ cho hệ thống hồ chứa

6.9.1. Một số khái niệm cơ bản

• *Tiêu chuẩn chống lũ cho công trình*

Khi thiết kế công trình hồ chứa, dung tích phòng lũ và các thông số thiết kế của công trình tháo lũ được xác định với quy mô của một trận lũ nào đó, được gọi là lũ thiết kế. Lũ thiết kế được xác định theo các tiêu chuẩn do nhà nước quy định.

Tiêu chuẩn chống lũ cho công trình được chọn, làm cơ sở cho việc xác định quy mô dung tích phòng lũ và các thông số của công trình tháo lũ, đảm bảo an toàn cho bản thân công trình hồ chứa khi xảy ra trận lũ bằng hoặc nhỏ hơn trận lũ được chọn theo tiêu chuẩn đó. Hiện nay tồn tại ba loại tiêu chuẩn chọn lũ thiết kế:

– Lựa chọn theo tần suất: Lũ thiết kế được chọn với tần suất nào đó, phụ thuộc vào cấp bậc của công trình. Tần suất được chọn theo quy định được gọi là tần suất thiết kế công trình.

– Lựa chọn theo tiêu chuẩn lũ cực hạn: Là trận lũ lớn nhất có khả năng xảy ra.

– Lựa chọn một trận lũ lớn đã xảy ra trong thực tế.

• *Tiêu chuẩn phòng lũ, mực nước khống chế và lưu lượng an toàn*

Tiêu chuẩn phòng lũ cho hạ du là tiêu chuẩn chọn trận lũ thiết kế tại tuyến phòng lũ ở hạ du, mà các biện pháp phòng lũ cần phải có để đảm bảo an toàn cho vùng phòng lũ. Hiện nay tồn tại hai cách chọn tiêu chuẩn phòng lũ:

Cách thứ nhất, lũ thiết kế tại tuyến phòng lũ được chọn theo tần suất nào đó, tuỳ thuộc mức quan trọng của vùng phòng lũ và khả năng có thể chống đỡ được đối với lũ đó.

Theo cách thứ hai, lũ thiết kế được chọn từ một trận lũ lớn đã xảy ra trong thực tế. Trận lũ thiết kế được chọn thường là những trận lũ lớn có tần suất xuất hiện xấp xỉ tần suất thiết kế phòng lũ.

Tại tuyến phòng lũ, khi xảy ra trận lũ nhỏ hơn hoặc bằng trận lũ thiết kế (phòng lũ), mực nước trong sông không được vượt quá một giá trị mực nước cho phép nào đó để đảm bảo an toàn cho vùng phòng lũ. Mực nước đó được gọi là mực nước khống chế (H_{KC}). Lưu lượng trong sông tại tuyến phòng lũ tương ứng với mực nước khống chế gọi là lưu lượng an toàn (q_{at}). Các biện pháp phòng lũ trong đó có các hồ chứa phòng lũ ở thượng lưu có nhiệm vụ khống chế lũ để khi xảy ra trận lũ thiết kế tại tuyến phòng lũ có mực nước không lớn hơn mực nước khống chế, tức là:

$$H(t) \le H_{kc} \text{ hoặc } Q(t) \le q_{at} \qquad (6.60)$$

6.9.2. Tính toán điều tiết lũ đối với hồ chứa không có nhiệm vụ phòng lũ cho hạ du

6.9.2.1. Đối với hồ chứa độc lập

Đối với các bài toán thiết kế hồ chứa, các phương pháp điều tiết lũ đã được trình bày trong các Giáo trình Thuỷ văn Công trình, Giáo trình Thuỷ công v.v. Các bài toán đó được giải quyết bằng cách đưa về các dạng chuẩn tắc và áp dụng các phương pháp đồ giải hoặc giải tích để xác định các thông số thiết kế.

Nguyên lý cơ bản của các phương pháp tính toán điều tiết lũ dựa trên hệ phương trình: phương trình cân bằng nước (6.61) và phương trình động lực (6.62)

$$(\overline{Q} - \overline{q})\Delta t = V_2 - V_1 \quad (6.61)$$

$$q = f(Z_t, Z_h, A) \quad (6.62)$$

Ngoài ra cần có các biểu đồ phụ trợ: các đường quan hệ địa hình hồ chứa Z ~ V; Z ~ F và đường quan hệ mực nước lưu lượng tại hạ lưu đập H ~ Q. Trong đó:

Z là mực nước, V, F tương ứng là dung tích hồ chứa và diện tích mặt hồ.

$\overline{Q}$ và $\overline{q}$ là lưu lượng lũ đến và lưu lượng xả trung bình trong thời đoạn Δt, q là lưu lượng xả qua công trình theo công thức thuỷ lực tại thời điểm tính toán t.

$$\overline{Q} = 0.5(Q_1 + Q_2) \quad (6.63)$$

$$\overline{q} = 0.5(q_1 + q_2) \quad (6.64)$$

Với Q_1, Q_2 là lưu lượng lũ đầu và cuối thời đoạn, các giá trị này đã biết; q_1 là lưu lượng xả đầu thời đoạn đã biết trước do mực nước đầu thời đoạn đã biết; q_2 là lưu lượng xả cuối thời đoạn cần phải xác định.

V_1, V_2 tương ứng là dung tích đầu và cuối thời đoạn tính toán.

Z_t, Z_h là mực nước thượng và hạ lưu hồ tại thời điểm tính toán t.

A là thông số hình thức biểu thị thông số công tác của công trình xả lũ.

Công thức (6.62) biểu thị khả năng chuyển tải nước qua công trình xả lũ. Trong tính toán điều tiết lũ, các tổn thất do bốc hơi và thấm nhỏ so với lưu lượng xả nên được bỏ qua, các lưu lượng qua cống lấy nước tính gộp trong lưu lượng xả lũ.

Trong hệ phương trình (6.61) và (6.62) có 2 giá trị cần phải xác định là q_2 và V_2. Khi giải hệ phương trình trên tại mỗi thời đoạn tính toán cần cho trước phương thức điều hành (trong trường hợp công trình xả lũ có cửa đóng mở), tại thời đoạn đầu tiên cần biết mực nước hoặc dung tích ban đầu. Các thời đoạn tiếp theo dung tích ban đầu hoặc mực nước ban đầu là giá trị của nó tại cuối thời đoạn trước đó.

Cách giải hệ phương trình trên được thực hiện bằng phương pháp đúng dần. Quá trình tính toán cho mỗi thời đoạn được xác định theo các bước được sau đây:

Bước 1. Giả định giá trị q_2 ở cuối mỗi thời đoạn tính toán, tính được $\overline{q}$ theo biểu thức (6.64).

Bước 2. Tính giá trị V_2 theo phương trình:

$$V_2 = V_1 + (\overline{Q} - \overline{q})\Delta t \quad (6.65)$$

Bước 2. Tính giá trị mực nước thượng lưu Z_t và mực nước hạ lưu Z_h tại cuối thời đoạn tính toán bằng cách sử dụng đường cong Z ~ V của hồ chứa và đường quan hệ H ~ Q hạ lưu, tức là:

$$Z_t = f(V_2) \quad (6.66)$$

và

$$Z_h = f(q_2) \quad (6.67)$$

Bước 3. Tính lại giá trị xả q_2^t tại cuối thời đoạn tính toán theo công thức (6.62) với các tham số của A đã biết và so sánh:

Nếu

$$|q_2^t - q_2| \leq \varepsilon \quad (6.68)$$

thì coi như giả thiết q_2 ở bước 1 là đúng và chuyển sang thời đoạn tiếp theo với giá trị q_1 của thời đoạn sau chính là q_2 của thời đoạn trước. Các bước tính toán với thời đoạn sau được tiến hành tương tự như thời đoạn trước đó.

Nếu biểu thức (6.68) không thoả mãn thì phải quay lại bước 1 để thay đổi giá trị giả định q_2.

Khi giả định các giá trị q_2 cần chú ý giới hạn lớn nhất của giá trị có thể có của nó ở mỗi thời đoạn tính toán thì tuỳ thuộc vào trạng thái mực nước hồ và khả năng làm việc tối đa của các công trình xả lũ tại thời điểm đó.

6.9.2.2. Đối với hệ thống hồ chứa

Việc tính toán điều tiết lũ cho hệ thống hồ chứa cũng được chia làm hai trường hợp: có và không có quan hệ về mặt thuỷ lợi.

Khi tính toán điều tiết lũ đối với các hồ chứa trong hệ thống không có nhiệm vụ phòng lũ cho hạ du cần chú ý các đặc điểm sau:

+ Do không có nhiệm vụ phòng lũ cho hạ du nên lũ thiết kế được chọn theo tiêu chuẩn chống lũ cho công trình.

+ Đối với các hồ chứa nằm trong hệ thống hồ chứa bậc thang, sự an toàn của các hồ chứa thượng lưu có liên quan đến các hồ chứa hạ lưu. Bởi vậy, tiêu chuẩn chống lũ cho công trình hồ chứa nằm trong hệ thống hồ chứa bậc thang không chỉ dựa vào cấp bậc của từng công trình mà còn tuỳ thuộc vào tỷ trọng và tính nguy hiểm của từng công trình để quyết định tiêu chuẩn chống lũ cho từng công trình.

+ Đối với các hồ chứa nằm trong hệ thống hồ chứa bậc thang, quá trình lũ đến Q(t) từ hồ chứa thứ 2 trong hệ thống có quan hệ với quá trình xả từ các hồ trên, được xác định theo hai cách:

1. Theo nguyên lý cân bằng nước:

$$Q_j(t) = \sum q_x(t) + Q_{kg}(t) \quad (6.69)$$

Trong đó: $Q_j(t)$ là lưu lượng lũ đến hồ chứa thứ j tại thời điểm t;

$\sum q_x(t)$ là tổng lưu lượng xả từ các hồ chứa phía trên;

$Q_{kg}(t)$ là lưu lượng nhập từ khu giữa.

Cách tính toán này được áp dụng đối với các hồ chứa mà khoảng cách giữa chúng không lớn. Đối với các bài toán quy hoạch sơ bộ thì khi khoảng cách giữa các hồ chứa có thể là khá lớn cũng có thể tính toán theo cách này.

2. Theo mô hình diễn toán lũ

Đối với các hồ chứa mà khoảng cách giữa chúng là đáng kể, sự truyền lũ xả từ các hồ chứa phía trên xuống các hồ chứa dưới bị biến dạng nhiều, khi đó không thể xác định quá trình lũ theo cách thứ nhất. Quá trình lũ tại tuyến vào của các hồ chứa ở các hồ phía dưới sẽ được xác định theo các phương pháp diễn toán lũ trong hệ thống sông. Diễn toán lũ được thực hiện theo một trong hai phương pháp:

– Phương pháp thuỷ lực với sự áp dụng mô hình dòng không ổn định trong kênh hở được mô tả bằng hệ phương trình Saint–Venant.

– Phương pháp thuỷ văn với sự áp dụng các mô hình thuỷ văn thuỷ lực. Chẳng hạn có thể sử dụng mô hình Muskingum có dạng:

$$Q_j(t) = Q_D(t) = C_0Q_T(t) + C_1Q_T(t-1) + C_2Q_D(t-1) \quad (6.70)$$

Với

$$Q_T(t) = \sum q_x(t) + k_1Q_{kg}(t) \quad (6.71)$$

$$Q_T(t-1) = \sum q_x(t\text{-}1) + k_1Q_{kg}(t-1) \quad (6.72)$$

$$Q_D(t-1) = Q_D(t-1) + k_2\,Q_{kg}(t-1) \quad (6.73)$$

Trong đó:

$Q_T(.)$, $Q_D(.)$ là tổng lưu lượng tại tuyến trên (tuyến xả lũ) và tuyến dưới (tuyến hồ chứa phía dưới) ở thời điểm tính toán khi đã phân lưu lượng khu giữa cho hai tuyến.

k_1, k_2 là hệ số phân phối lưu lượng khu giữa cho tuyến trên và tuyến dưới với điều kiện $k_1 + k_2 = 1$. Trong thực tế thường chọn $k_1 = k_2 = 0.6$. Mô hình Muskingum chỉ là một ví dụ cho việc tính toán truyền lũ khi lượng nhập khu giữa không lớn. Trong thực tế, các mô hình truyền lũ rất đa dạng và được lựa chọn tuỳ thuộc vào đặc điểm của hệ thống nghiên cứu. Bạn đọc có thể tham khảo trong các tài liệu về mô hình toán [10], [12], [32].

• Khi hệ thống hồ chứa không có quan hệ về mặt thuỷ lợi

Đối với hệ thống hồ chứa không có quan hệ về mặt thuỷ lợi, phương pháp tính toán điều tiết cho từng hồ chứa trong hệ thống được tiến hành tương tự như trường hợp một hồ chứa độc lập. Trình tự tính toán được thực hiện từ hồ chứa trên cùng. Trong quá trình tính toán cần xem xét các vấn đề được đề cập và các chú ý đã nêu trên đây.

• Khi hệ thống hồ chứa có quan hệ về mặt thuỷ lợi

Việc lựa chọn quy mô công trình chống lũ của từng hồ chứa trong hệ thống có thể ảnh hưởng đến quy mô công trình chống lũ của các hồ chứa khác trong hệ thống (các hồ chứa nằm trong hệ thống bậc thang), hoặc ảnh hưởng đến quan hệ về cấp nước giữa các hồ chứa trong hệ thống (các hồ chứa có quan hệ về cấp nước). Trong trường hợp như vậy, cần xem xét nhiều phương án về bố trí dung tích hiệu dụng, quy mô các hạng mục công trình. Trên cơ sở đó phân tích hiệu quả kinh tế giữa các phương án. Bởi vậy, tính toán điều tiết lũ được thực hiện với nhiều phương án trong mối quan hệ tương tác giữa các hồ chứa trong hệ thống khi xác định các thông số cơ bản của từng hồ chứa.

6.9.3. Tính toán điều tiết lũ đối với hồ chứa có nhiệm vụ phòng lũ hạ du

6.9.3.1. Đối với hồ chứa độc lập

Nhiệm vụ tính toán điều tiết lũ cho hồ chứa phòng lũ là xác định quá trình xả lũ và dung tích phòng lũ sao cho lưu lượng xả khi truyền về tuyến phòng lũ có lưu lượng nhỏ hơn lưu lượng q_{at}. Nếu tuyến phòng lũ nằm sát tuyến hồ chứa, quá trình xả cần thoả mãn điều kiện:

$$q_{max} \leq q_{at} \tag{6.74}$$

Nếu hồ chứa phòng lũ cách xa tuyến phòng lũ, cần thiết phải tính toán truyền lũ từ tuyến hồ chứa về tuyến phòng lũ theo mô hình thuỷ lực hoặc mô hình thuỷ văn thuỷ lực dạng công thức từ (6.70) đến (6.73).

Quá trình tính toán điều tiết lũ khi phương thức vận hành đã xác định được tiến hành theo các bước sau:

Bước 1. Giả định lưu lượng xả $q_x(t)$ tại thời điểm t.

Bước 2. Tính toán điều tiết lũ theo thuật toán.

Bước 3. Diễn toán lũ theo phương pháp thuỷ lực hoặc thuỷ văn về tuyến phòng lũ.

Bước 4. Kiểm tra điều kiện của bất đẳng thức (6.74): Nếu điều kiện (6.74) thoả mãn thì chuyển sang thời đoạn tiếp theo cho đến hết trận lũ, trong trường hợp ngược lại quay lại bước 1.

Bước 5. Sau khi tính toán cho toàn bộ trận lũ cần kiểm tra điều kiện:

$$|q_{max} - q_{at}| \leq \varepsilon \tag{6.75}$$

Nếu điều kiện (6.75) thoả mãn sẽ kết thúc quá trình tính toán, trong trường hợp ngược lại cần xem xét khả năng tăng lưu lượng xả ở các thời đoạn mà $q_{at} \leq Q_{tn}$ (trong đó Q_{tn} là lưu lượng lũ trước khi cắt lũ tại tuyến phòng lũ) hoặc xác định lại phương thức vận hành.

6.9.3.2. Đối với hệ thống hồ chứa

Trong trường hợp các hồ chứa nằm trong hệ thống hồ chứa bậc thang thì cần giải quyết hai các vấn đề sau:

– Quá trình truyền lũ từ hồ trên xuống hồ phía dưới được tiến hành theo phương pháp tính toán thủy lực hoặc mô hình truyền lũ dạng từ (6.70) đến (6.73).

– Việc phân phối dung tích hồ chứa trong hệ thống bậc thang cần thông qua tính toán kinh tế, bao gồm chi phí đầu tư và hiệu quả cấp nước của hệ thống. Chẳng hạn, đối với hệ thống hồ chứa bậc thang mà các hồ chứa trong hệ thống có dung tích kết hợp, cần bố trí dung tích phòng lũ trong hệ thống sao cho tổng công suất phát điện về mùa lũ là lớn nhất.

Chương VII

ÁP DỤNG KỸ THUẬT PHÂN TÍCH HỆ THỐNG TRONG QUY HOẠCH VÀ PHÂN TÍCH HỆ THỐNG TÀI NGUYÊN NƯỚC

Chương này sẽ trình bày việc áp dụng kỹ thuật phân tích hệ thống để phân tích hệ thống tài nguyên nước khi lập các dự án quy hoạch và quản lý tài nguyên nước.

Như đã trình bày ở các chương trước, công cụ của phân tích hệ thống bao gồm:

- Phương pháp mô phỏng;
- Phương pháp tối ưu hóa;
- Nguyên lý tiếp cận hệ thống;
- Phân tích rủi ro và độ tin cậy; và
- Phương pháp chuyên gia.

Trong chương này chủ yếu trình bày ứng dụng phương pháp mô phỏng, phương pháp tối ưu hóa trong phân tích hệ thống tài nguyên nước.

7.1. Phân tích mục tiêu

Mục tiêu quy hoạch hệ thống cần được xác định trước khi lập dự án. Những mục tiêu chính trong quy hoạch và quản lý tài nguyên nước bao gồm nhu cầu cấp nước, kiểm soát lũ, quản lý chất lượng nước và cải tạo môi trường.

Các nhu cầu về nước đã được trình bày trong Chương I và Chương II. Các số liệu về yêu cầu cấp nước cần được thu thập bao gồm:

Biểu đồ quá trình yêu cầu nước dùng (quá trình lưu lượng hoặc quá trình tổng lượng nước dùng cần cấp theo thời gian). Các số liệu này được tính toán trong khi thiết lập mô hình hoặc được các cơ quan có yêu cầu về nước cung cấp. Các số liệu nhu cầu nước cần được xác định ở tất cả các nút dùng nước trên hệ thống, bao gồm cấp nước tưới, cấp nước sinh hoạt, cấp nước công nghiệp và các hoạt động kinh tế khác.

Số liệu nhu cầu nước cần bao gồm cả yêu cầu về lượng và chất lượng nước.

Lưu lượng nước sinh thái được quy định theo các quy chuẩn của Nhà nước và cần được xác định trước cho từng nút đặc trưng trên hệ thống.

Nhu cầu nước cho giao thông thủy thường đặc trưng bởi độ sâu nước trên tất cả các đoạn sông có yêu cầu về giao thông thủy.

Yêu cầu nước để phát triển thủy điện được xác định trong các dự án quy hoạch thủy điện.

Các số liệu nhu cầu nước phải được thu thập và xử lý theo yêu cầu của bài toán quy hoạch và theo yêu cầu của việc sử dụng, khai thác các mô hình mô phỏng hệ thống.

Các yêu cầu về phòng lũ, cải tạo môi trường cũng được lượng hóa theo mục tiêu đặt ra.

Sau khi phân tích các yêu cầu chung về khai thác tài nguyên nước, cần xác định những mục tiêu chính, phụ theo nguyên tắc lợi dụng tổng hợp với mức độ ưu tiên khác nhau. Từ đó xác định hàm mục tiêu của hệ thống.

Việc hình thành bài toán quy hoạch và xác định hàm mục tiêu và phương pháp tiếp cận bài toán quy hoạch đã được đề cập trong Chương II của tài liệu này.

7.2. Quá trình phân tích hệ thống và lựa chọn phương án quy hoạch

Quá trình phân tích hệ thống tài nguyên nước khi lập dự án quy hoạch được thực hiện theo một chu trình lặp đi lặp lại với sự bổ sung thông tin và điều chỉnh mục tiêu khai thác theo các bước như sau:

Bước 1: Xác định mục tiêu khai thác hệ thống và lượng hoá các mục tiêu khai thác.

Bước 2: Thiết lập các phương án có thể về biện pháp công trình và các phương án khai thác hệ thống, và cấu trúc hệ thống các yêu cầu về nước (các phương án sử dụng nước, chống lũ, tiêu úng v.v).

Bước 3: Xây dựng mô hình mô phỏng hệ thống theo các phương án công trình và phương án khai thác hệ thống.

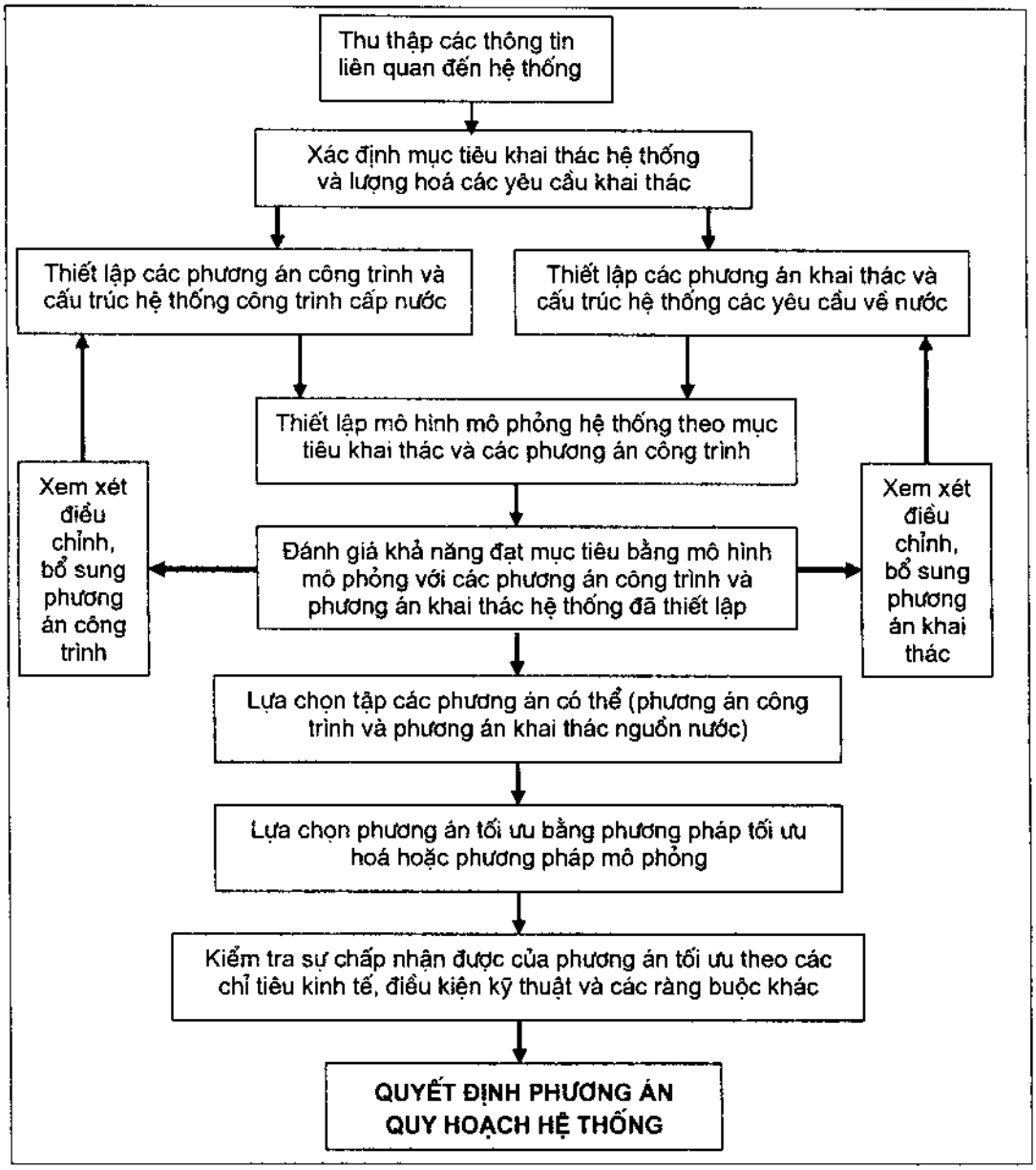
Bước 4: Kiểm tra bằng mô hình mô phỏng khả năng đáp ứng các yêu cầu về nước với các phương án công trình đã thiết lập. Quá trình phân tích có thể dẫn đến sự cần thiết phải điều chỉnh bổ sung các phương án công trình và phương án khai thác.

Bước 5: Lựa chọn các phương án có thể sau khi kiểm tra theo yêu cầu ở bước 4.

Bước 6: Tìm phương án tối ưu bằng phương pháp tối ưu hoá hoặc phương pháp mô phỏng.

Bước 7: Kiểm tra sự chấp nhận được của phương án tối ưu và phân tích quyết định phương án quy hoạch.

Chu trình và các bước tính toán phân tích, điều chỉnh và lựa chọn phương án quy hoạch hệ thống được mô tả trên hình 7.1.



***Hình 7.1.* Sơ đồ mô tả quá trình phân tích tính toán xác định phương án quy hoạch**

Dưới đây trình bày cách ứng dụng phương pháp mô phỏng trong phân tích hệ thống tài nguyên nước

7.2.1. Sử dụng mô hình mô phỏng xác lập mục tiêu, phương thức khai thác

Đây là bước đi đầu tiên trong phân tích và thiết kế hệ thống tài nguyên nước. Đối với một hệ thống bất kỳ, việc xác định mục tiêu ban đầu chỉ là định tính, mức đạt được của mục tiêu đặt ra cần được kiểm tra bằng tính toán với các mô hình mô phỏng đã xác lập.

Cùng với mục tiêu khai thác hệ thống cần xác định biện pháp công trình và quy mô các công trình cần được xây dựng. Ngoài ra, cũng cần phải khẳng định khả năng đáp ứng của hệ thống đối với các yêu cầu khai thác hệ thống. Tất cả những vấn đề này chỉ được làm rõ khi sử dụng mô hình mô phỏng trong quá trình tính toán và phân tích. Kết quả tính toán bằng mô hình mô phỏng cho phép sơ bộ quyết định những vấn đề chính sau đây:

1. Quyết định mục tiêu khai thác hệ thống bao gồm những yêu cầu về nước được chấp nhận và mức độ đáp ứng đối với mục tiêu khai thác đặt ra. Lượng hoá mục tiêu khai thác bằng các hàm mục tiêu và các ràng buộc về mục tiêu.

2. Phương thức khai thác tài nguyên nước trên hệ thống

3. Cấu trúc hệ thống, bao gồm cấu trúc hệ thống công trình, hệ thống các yêu cầu về nước và mối quan hệ của chúng trên hệ thống.

4. Tập các phương án có thể: các phương án công trình và các phương án khai thác sử dụng tài nguyên nước.

5. Các giới hạn và ràng buộc của hệ thống: được mô tả bằng các biểu thức ràng buộc toán học.

Ví dụ. Quy hoạch hệ thống hồ chứa (hình 7.2) cấp nước tưới. Mục đích khai thác hệ thống là cấp nước cho vùng canh tác lúa mầu (vùng A) theo yêu cầu cấp nước W(t).

Giả sử có 3 vị trí có thể xây dựng hồ chứa là HC1, HC2, HC3. Yêu cầu xác định những hồ chứa nào trong 3 hồ chứa trên được xây dựng và quy mô là bao nhiêu.

Mô hình mô phỏng: Là sự mô phỏng cân bằng nước và điều tiết hệ thống hồ chứa trên hệ thống.

Mục tiêu khai thác: Tưới cho lúa và hoa mầu vùng A với yêu cầu tưới W(t) cho trước.

Cấu trúc hệ thống: Gồm 3 hồ chứa HC1. HC2 và HC3 và hệ thống kênh dẫn nước đến các khu tưới.

Sẽ có vô số các phương án về dung tích các hồ chứa của 3 hồ chứa trên được lựa chọn với mục tiêu khai thác trên nhưng phải thoả mãn các điều kiện về ngập lụt thượng lưu:

$$H_{bti} \leq H_{imax} \qquad (7.1)$$

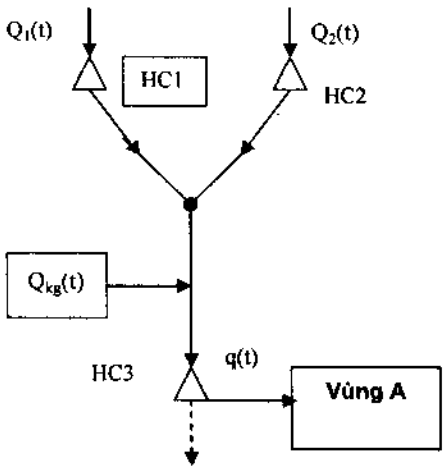
Trong đó H_{bti}, H_{imax} tương ứng là mực nước dâng bình thường và mực nước lớn nhất cho phép của hồ thứ i, với i = 1,2,3.

Thông qua tính toán điều tiết và cân bằng theo các phương án bố trí dung tích hồ chứa sẽ có hai khả năng xảy ra:

– Không có phương án nào có thể thoả mãn được yêu cầu cấp nước tưới q(t) do bị hạn chế về mực nước cho phép ở thượng lưu hồ. Trong trường hợp này mục tiêu khai thác hệ thống không đạt được và phải điều chỉnh mục tiêu khai thác bằng cách cắt giảm

diện tích tưới hoặc thay đổi cơ cấu cây trồng. Trên cơ sở sử dụng mô hình mô phỏng để xác định lại các phương án có thể về sử dụng nước.

– Có một số hữu hạn các phương án công trình thoả mãn yêu cầu cấp nước trên và như vậy đã xác định được tập các phương án có thể để xem xét đánh giá lựa chọn trong quy hoạch hệ thống.



– HC1, HC2, HC3 là các hồ chứa 1, 2, 3 tương ứng
– $Q_1(t)$ và $Q_2(t)$ là quá trình lưu lượng đến hồ HC1 và HC2 thiết kế
– $Q_{kg}(t)$ là quá trình lưu lượng khu giữa thiết kế.
– q(t) là quá trình lưu lượng theo yêu cầu tưới
– Vùng A: Vùng tưới

***Hình 7.2.* Sơ đồ hệ thống cấp nước tưới**

7.2.2. Sử dụng mô hình mô hình mô phỏng tìm lời giải hợp lý

7.2.2.1. Nguyên lý chung

Như đã trình bày ở các chương trước, phương pháp mô phỏng là phương pháp sử dụng các mô hình mô phỏng để đánh giá chất lượng của hệ thống khi thiết kế và điều khiển nó. Việc phân tích chất lượng của hệ thống được tiến hành bằng cách đưa ra tất cả những tình huống hoặc phương án có thể và phân tích tất cả phản ứng của hệ thống mà ta quan tâm tương ứng với các tình huống đã đặt ra. Theo sự phân tích đó người nghiên cứu lựa chọn nghiệm của bài toán trong số các tình huống đã đặt ra.

Mô hình mô phỏng giúp cho người nghiên cứu phát hiện các quy luật vận động của hệ thống khi cần quyết định những tác động cần thiết lên hệ thống theo mục tiêu khai thác của mình.

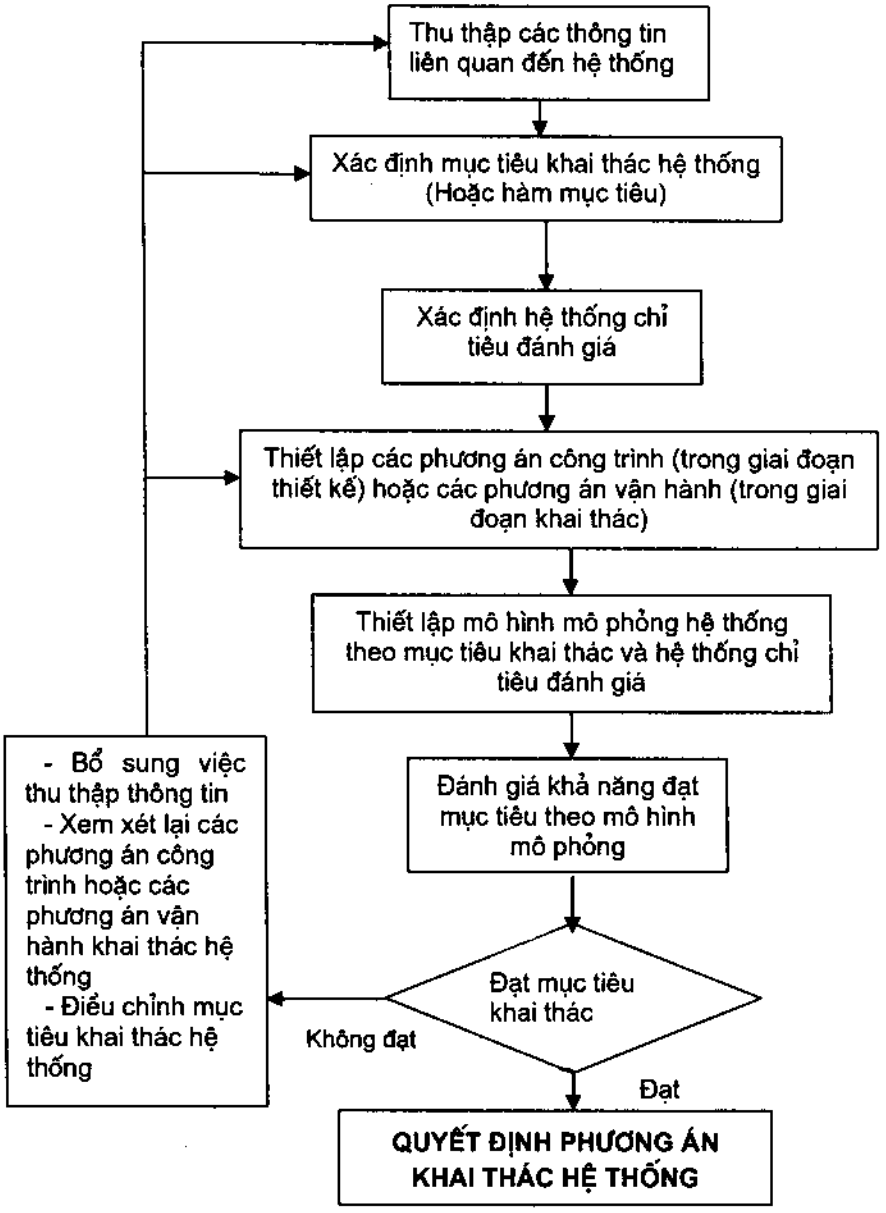
Nguyên lý của phương pháp mô phỏng có thể mô tả tóm tắt như sau:

1) Lựa chọn các phương án tác động vào hệ thống: Có thể là các phương án công trình, phương án vận hành hoặc các hoạt động dân sinh kinh tế trên hệ thống v.v, được gọi là các tác động đầu vào của hệ thống.

2) Sử dụng mô hình mô phỏng tính các giá trị ở đầu ra mà người nghiên cứu quan tâm chẳng hạn như năng lượng phát điện của nhà máy thuỷ điện, biến đổi mực nước trên hệ thống kênh, khả năng cấp nước tưới v.v.

3) Phân tích kết quả tính toán ở đầu ra từ đó chọn phương án tối ưu hoặc hợp lý nhất.

Có thể tóm tắt nguyên lý chung khi áp dụng phương pháp mô phỏng khi phân tích hệ thống theo các bước như sau:



Hình 7.3. **Sơ đồ tổng quát quá trình ra quyết định bằng phương pháp mô phỏng**

(1) Thu thập thông tin về hệ thống, xác định mục tiêu khai thác hệ thống. Từ đó lượng hoá mục tiêu khai thác bằng hàm mục tiêu hoặc hệ thống các chỉ tiêu đánh giá hệ thống.

(2) Thiết lập mô hình mô phỏng trong đó bao gồm các mô hình thành phần, mô hình hoá các hoạt động của hệ thống có liên quan đến hàm mục tiêu.

(3) Thiết lập hệ thống kịch bản các phương án có thể đối với hệ thống theo mục tiêu khai thác hệ thống.

(4) Sử dụng mô hình mô phỏng đánh giá mức đạt được của hàm mục tiêu. Phân tích "chất lượng đạt được" của hệ thống thông qua giá trị nhận được của hàm mục tiêu được tính toán bằng mô hình mô phỏng, và từ đó ra quyết định về hệ thống. Trong trường hợp phân tích kết quả tính toán bằng mô hình không cho kết quả tốt, cần phải thay đổi phương án công trình, phương án khai thác và quay lại các bước trên.

Trên hình 7.3 là sơ đồ thể hiện quá trình mô phỏng hệ thống và sử dụng phương pháp mô phỏng trong phân tích một hệ thống bất kỳ.

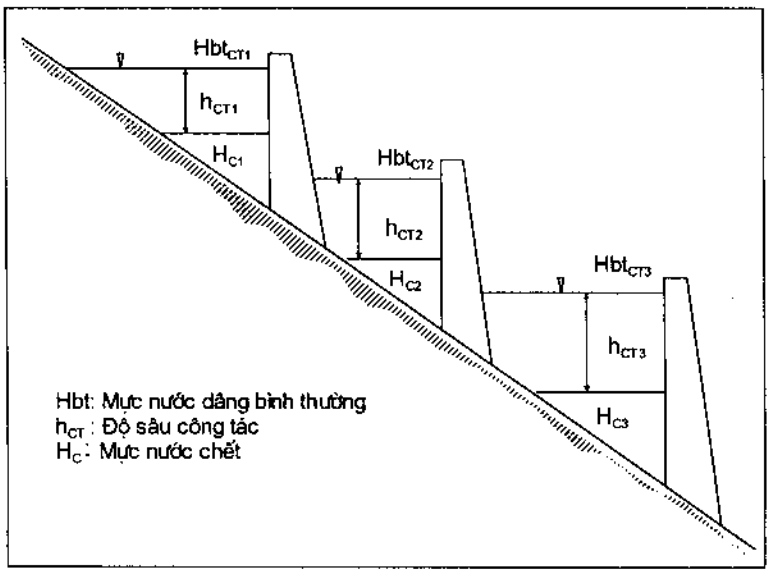
Vì chỉ có thể chọn hữu hạn các phương án tính toán nên nghiệm tìm được chỉ là nghiệm " gần tối ưu" và có thể không trùng với nghiệm tìm được bằng phương pháp tối ưu hoá.

Phương pháp tối ưu và phương pháp mô phỏng thường được kết hợp để phân tích lời giải tối ưu của bài toán đặt ra. Đánh giá chất lượng hệ thống theo sơ đồ này có thể được thực hiện bằng mô hình tối ưu hoá, nhưng sau đó phải kiểm định bằng phương pháp mô phỏng.

7.2.2.2. Một số ví dụ

1. Xác định độ sâu công tác có lợi nhất của hệ thống hồ chứa bậc thang phát điện

Giả sử có 3 hồ chứa bậc thang phát điện với các mực nước dâng bình thường đã ấn định là Hbt_1, Hbt_2, Hbt_3 (hình 7.4).



Hình 7.4. **Sơ đồ hệ thống hồ chứa bậc thang phát điện**

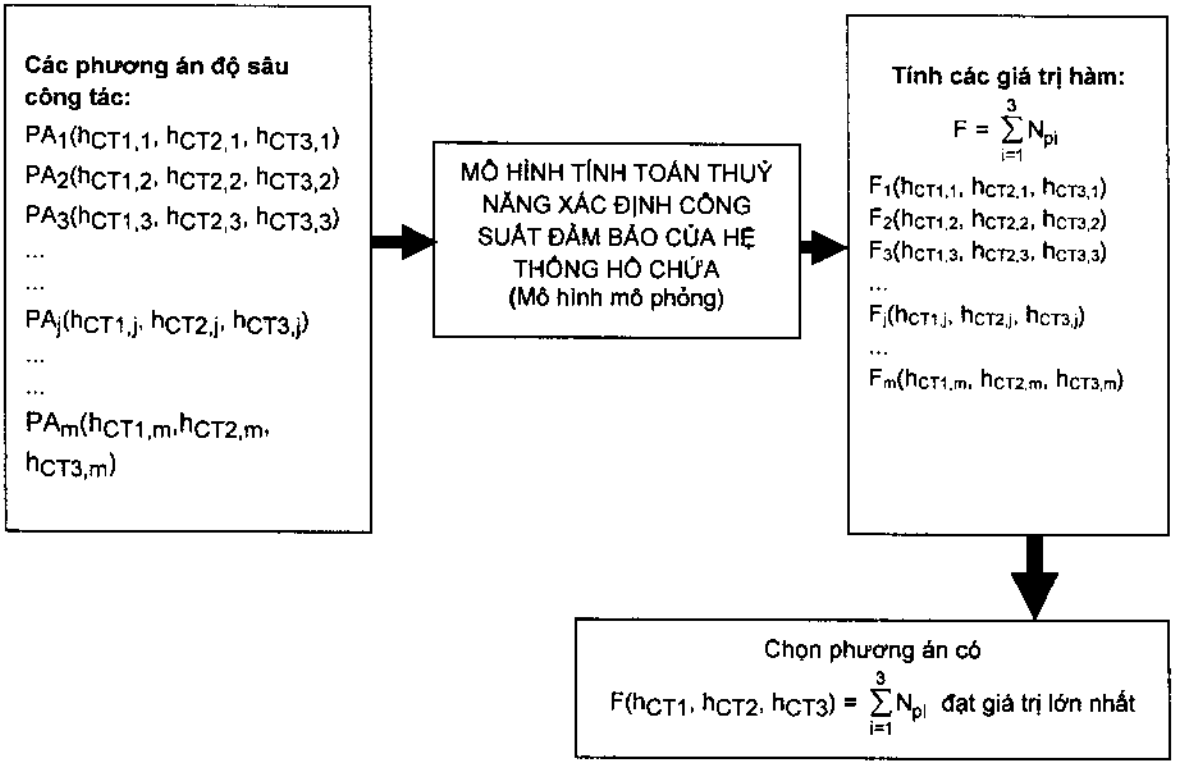
Cần xác định các độ sâu công tác (độ sâu nước từ mực nước dâng bình thường đến mực nước chết) là h_{CT1}, h_{CT2}, h_{CT3} sao cho tổng công suất đảm bảo của hệ thống hồ chứa là lớn nhất:

$$F(h_{CT1}, h_{CT2}, h_{CT3}) = \sum_{i=1}^{3} N_{Pi} \rightarrow \max \quad (7.2)$$

Với ràng buộc: $H_{mini} \leq H_i \leq H_{maxi}$ (7.3)

Trong đó: N_{Pi} là công suất đảm bảo của hồ thứ i; H_i là mực nước hồ thứ i; H_{mini}, H_{maxi} tương ứng là giá trị mực nước nhỏ nhất và lớn nhất cho phép của hồ chứa thứ i.

Để tìm nghiệm tối ưu cho bài toán trên có thể ứng dụng phương pháp tối ưu hoá. Cũng có thể sử dụng phương pháp mô phỏng được thực hiện theo các bước như sau (hình 7.5):



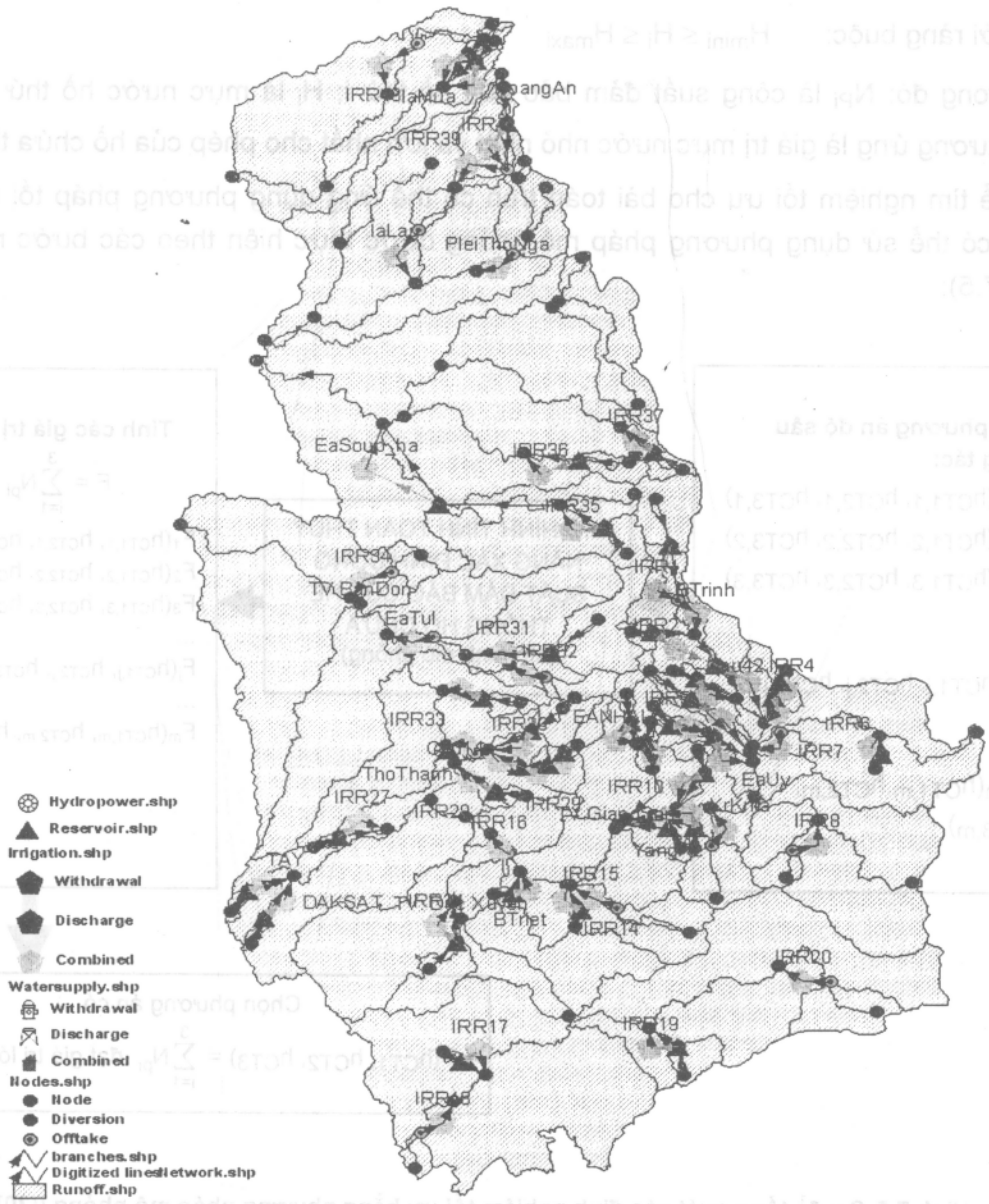
***Hình 7.5.* Sơ đồ tổng quát xác định nghiệm tối ưu bằng phương pháp mô phỏng ([30]**

Bước 1. Lựa chọn các phương án có thể của các độ sâu công tác h_{CT1}, h_{CT2}, h_{CT3}. Giả sử có m phương án

Bước 2. Tương ứng với mỗi phương án sử dụng mô hình tính toán công suất đảm bảo của hệ thống xác định các giá trị của hàm $F(h_{CT1}, h_{CT2}, h_{CT3})$.

Bước 3. Phân tích chọn một phương án trong các phương án đã tính toán có hàm mục tiêu (7.2) đạt giá trị lớn nhất.

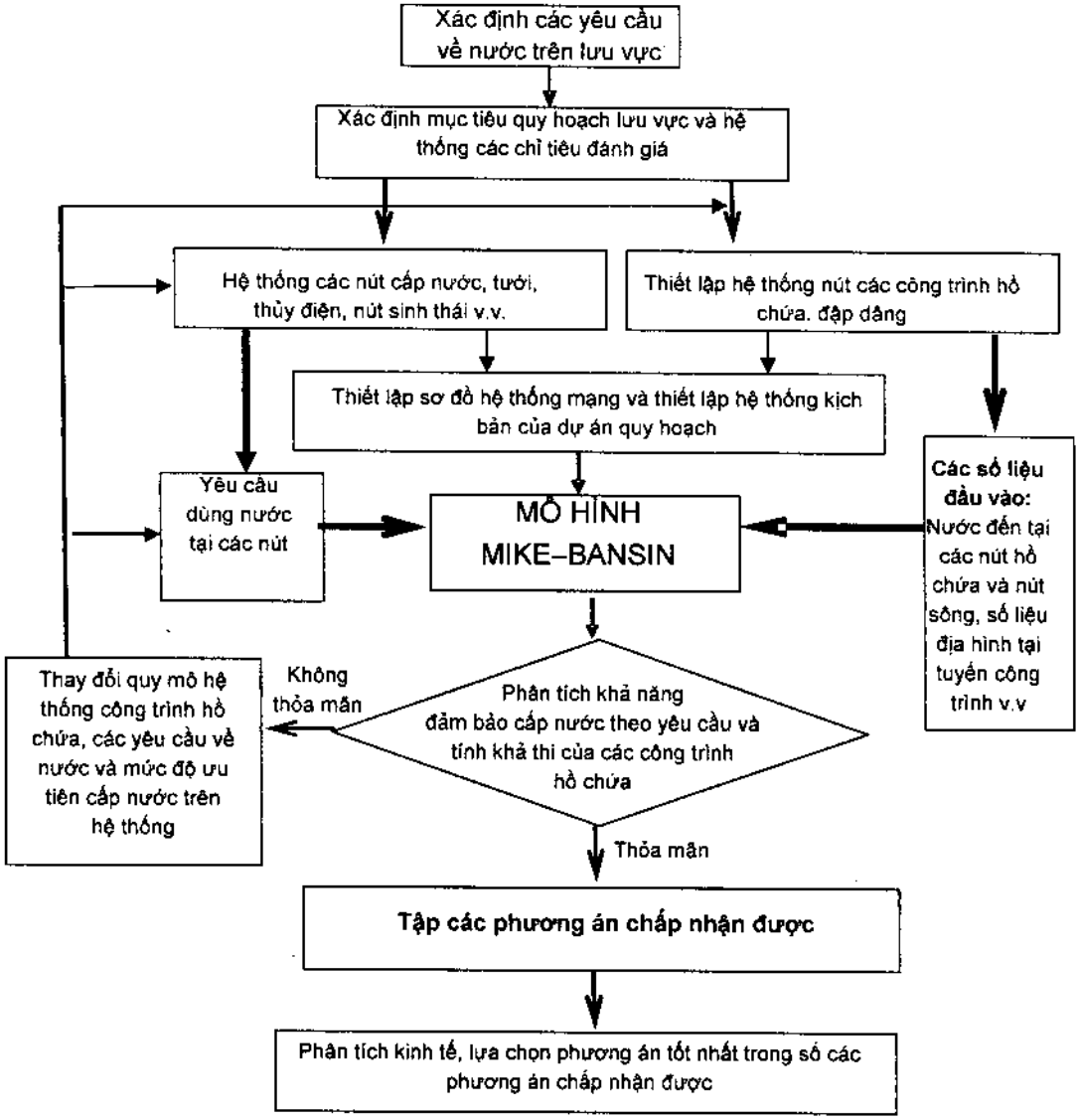
2. Ứng dụng mô hình MIKE BASIN xác định phương án quy hoạch cho lưu vực sông



Hình 7.6. **Bản đồ quy hoạch lưu vực Srepok**

Giả sử cần quy hoạch hệ thống hồ chứa lợi dụng tổng hợp trên một lưu vực sông. Nhiệm vụ của dự án là xác định vị trí, quy mô của các hồ chứa trên hệ thống sao cho thỏa

mãn yêu cầu cấp nước của các nút có yêu cầu về nước ở hạ lưu, đồng thời phải đảm bảo tối ưu nhất. Bằng phương pháp mô phỏng ta có thể sử dụng mô hình MIKE BASIN để tính toán cân bằng nước trên hệ thống.



***Hình 7.7.* Sơ đồ tính toán cân bằng nước lưu vực theo dự án quy hoạch lưu vực sông**

Lấy ví dụ lưu vực sông Srepok có khoảng 36 công trình hồ chứa lớn nhỏ, trong đó có 6 hồ có nhà máy thủy điện, và có khoảng hơn 50 nút cấp nước tưới (hình 7.6).

Để tính toán cân bằng nước cần tiến hành theo các bước như sau (hình 7.7):

1. Chọn vị trí các công trình hồ chứa trên hệ thống sông, lựa chọn quy mô công trình hồ chứa.

2. Thiết lập sơ đồ hệ thống nút trên mạng sông, bao gồm các nút sông, nút lưu vực, nút hồ chứa, nút cấp nước tưới, nút kiểm soát chất lượng nước, nút sinh thái...

3. Tính toán xác định các nhu cầu nước tại các nút

4. Xác định số liệu đầu vào (dòng chảy, bốc hơi, địa hình tại các vị trí dự kiến xây dựng hồ)

5. Xây dựng hệ thống kịch bản bao gồm, kịch bản hệ thống công trình, các phương án cân bằng nước trên hệ thống...

6. Chạy mô hình MIKE BASIN

7. Phân tích kết quả tính toán theo hệ thống kịch bản. Việc phân tích được tiến hành theo ba khía cạnh chính, đó là:

– Phân tích khả năng cấp đủ nước tại các nút cấp nước,

– Quy mô của các hồ chứa trên hệ thống, tính khả thi của của các công trình hồ chứa.

– Các ràng buộc về kỹ thuật, môi trường và sinh thái.

Nếu nhu cầu nước không được đáp ứng hoặc tính khả thi của các công trình hồ chứa không thỏa mãn thì cần xem xét lại việc đáp ứng các yêu cầu nước và quy hoạch hệ thống công trình hồ chứa. Cũng như vậy nếu khả năng cấp nước lớn hơn nhiều so với yêu cầu. Việc xem xét lại hệ thống kịch bản được tiến hành từ bước 1.

8. Kết thúc bước 7 tìm được tập các phương án chấp nhận được. Trên cơ sở phân tích kinh tế có thể tìm được phương án tốt nhất trong tập các phương án chấp nhận được.

7.3. Tối ưu hóa hệ thống tài nguyên nước

7.3.1. Bài toán quy hoạch tối ưu tổng quát

Giả sử ta lập quy hoạch phát triển tài nguyên nước trong thời gian quy hoạch T, trong đó T là thời gian lập quy hoạch kể từ thời điểm lập quy hoạch (ví dụ năm 2000 ta lập quy hoạch phát triển tài nguyên nước đến năm 2050 thì thời gian quy hoạch T = 50 năm). Giả sử ta chia hệ thống ra **n** nút quy hoạch. Nút quy hoạch là các nút tại đó có xây dựng công trình hoặc có yêu cầu về nước. Quy ước rằng nếu tại nút thứ j nào đó không có công trình mà chỉ có yêu cầu về nước thì chi phía xây dựng công trình bằng"0", còn tại nút có xây dựng công trình nhưng không có yêu cầu về nước thì lợi ích cũng lấy bằng "0". Ví dụ Hồ Hoà Bình có nhiệm vụ phòng lũ cho hạ du thì nút Hồ Hòa Bình không tính lợi ích phòng lũ còn tại Hà Nội chỉ tính lợi ích phòng lũ và chi phí cho các biện pháp chống lũ tại chỗ. Bài toán quy hoạch phát triển hệ thống được xác định trên cơ sở phân tích quan hệ "chi phí – lợi ích" được mô tả bởi bài toán tối ưu với hàm mục tiêu có dạng:

$$Z = \sum_{t=0}^{T}\sum_{j=1}^{n}(1+r)^{-t}(B_{tj} - C_{tj}) \rightarrow max \qquad (7.4)$$

– B_{tj} là lợi ích thu nhập ròng mang lại tại nút quy hoạch thứ j ở năm t. Nếu tại năm t chưa có lợi ích mang lại thì $B_{tj} = 0$.

– C_{tj} là tổng chi phí tại nút thứ j bao gồm chi phí đầu tư xây dựng công trình, chi phí quản lý vận hành, các thiệt hại tính tại nút đó v.v tại năm t. Nếu tại năm t công trình chưa được xây dựng tại nút j thì chi phí xây dựng công trình lấy bằng"0", các chi phí khác như vận hành hệ thống, thiệt hại gây ra tại nút đó có thể khác "0".

– r là hệ số chiết khấu; $(1+r)^{-t}$ là hệ số tính quy đổi chi phí và lợi ích về thời điểm ban đầu. Giả sử thời điểm lập quy hoạch vào năm 2000; thời điểm xây dựng công trình thứ j vào năm 2030 thì t = 30.

Từ công thức (7.4) ta thấy nếu lợi ích mang lại càng chậm thì lợi ích thu nhập ròng càng giảm.

Hàm mục tiêu (7.4) chỉ đơn thuần phân tích hiệu ích đầu tư tính bằng tiền. Trong thực tế các lợi ích và thiệt hại về môi trường, xã hội, chính trị v.v., trong một số trường hợp không thể quy đổi thành tiền. Trong trường hợp như vậy chúng được mô tả bởi các biểu thức ràng buộc hoặc xem xét trong giai đoạn quyết định phương án quy hoạch.

Quy hoạch tài nguyên nước được tiến hành theo nguyên lý tiếp cận từng bước, theo đó trước tiên cần xem xét bài toán thiết kế hệ thống, sau đó sẽ giải bài toán phát triển hệ thống. Ngoài ra, do sự phân lớp bài toán nên sẽ cần phải giải các bài toán riêng trước khi lắp ghép trong bài toán tổng quát. Bởi vậy, ta xem xét các trường hợp riêng.

7.3.2. Bài toán quy hoạch tối ưu

Với phương thức sử dụng tài nguyên nước và các yêu cầu cấp nước đã ấn định, cần xác định cấu trúc và quy mô của hệ thống công trình sao cho tối ưu nhất. Đây là bài toán thiết kế hệ thống (xem chương II). Nếu chưa tính đến lợi ích mang lại và chưa xét đến chiến lược đầu tư trong tương lai thì dạng (7.4) trở thành bài toán cực tiểu vốn đầu tư.

$$Z = \sum_{j=1}^{n} C_j \rightarrow min \qquad (7.5)$$

trong đó C_j là vốn đầu tư thực tế cho công trình thứ j.

Thực chất của bài toán này là xác định phương án thiết kế công trình có mức đầu tư nhỏ nhất khi phải đáp ứng yêu cầu nước đã ấn định trước.

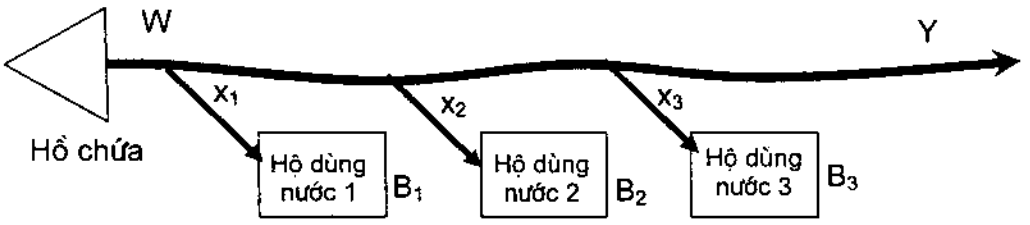
7.3.3. Bài toán phân phối nước tối ưu

Khi khả năng khai thác đã xác định, cần xem xét phương thức sử dụng tài nguyên nước tối ưu (hợp lý) nhất. Nếu chưa xem xét chiến lược đầu tư mà chỉ phân tích phương thức sử dụng nước tốt nhất thì hàm mục tiêu (7.4) trở thành bài toán cực đại lợi ích kinh tế mang lại trong quy hoạch sử dụng nước.

$$Z = \sum_{j=1}^{n} B_j \rightarrow \max \qquad (7.6)$$

Đây là bài toán sử dụng tối ưu tài nguyên nước khi hệ thống công trình đã được xây dựng. Đối với công trình đã được xây dựng cần xác định một phương án vận hành tốt nhất sao cho thoả mãn các yêu cầu về nước mà hiệu ích mang lại là cao nhất. Dưới đây là một ví dụ về bài toán quản lý vận hành tối ưu.

Ví dụ. Giả sử một hồ chứa có nhiệm vụ cấp nước cho 3 hộ dùng nước ở hạ lưu. Gọi W là lượng nước cấp xuống hạ lưu hàng năm từ hồ chứa; x_1, x_2, x_3 lần lượt là lượng nước cấp cho các hộ dùng nước 1, 2, 3; Y là lượng nước còn lại chảy trong sông về hạ lưu các công trình lấy nước; B_1, B_2, B_3 là lợi ích mang lại từ các hộ dùng nước, chúng là hàm số của lượng nước được cấp tương ứng x_1, x_2, x_3 (hình 7.8).



Hình 7.8

Trong bài toán này các biến quyết định là x_i, i = 1,2,3. Giả sử lợi ích mang lại cho các hộ dùng nước khi nó được cấp lượng nước là x_i được biểu thị theo đồ thị trên hình 7.9 và có thể khái quát hoá như hàm số bậc 2 đối với các biến số x_i, có dạng:

$$B_i(x_i) = a_i x_i - b_i x_i^2 \qquad i = 1,2,3 \qquad (7.7)$$

Cần xác định phương thức phân phối nước trên hệ thống sao cho tổng lợi ích mang lại là lớn nhất.

Ràng buộc về cân bằng nước của hệ thống có dạng:

$$x_1 + x_2 + x_3 + Y = W \qquad (7.8)$$

Hàm B (x_1, x_2, x_3) là hàm mục tiêu cần được cực đại có dạng:

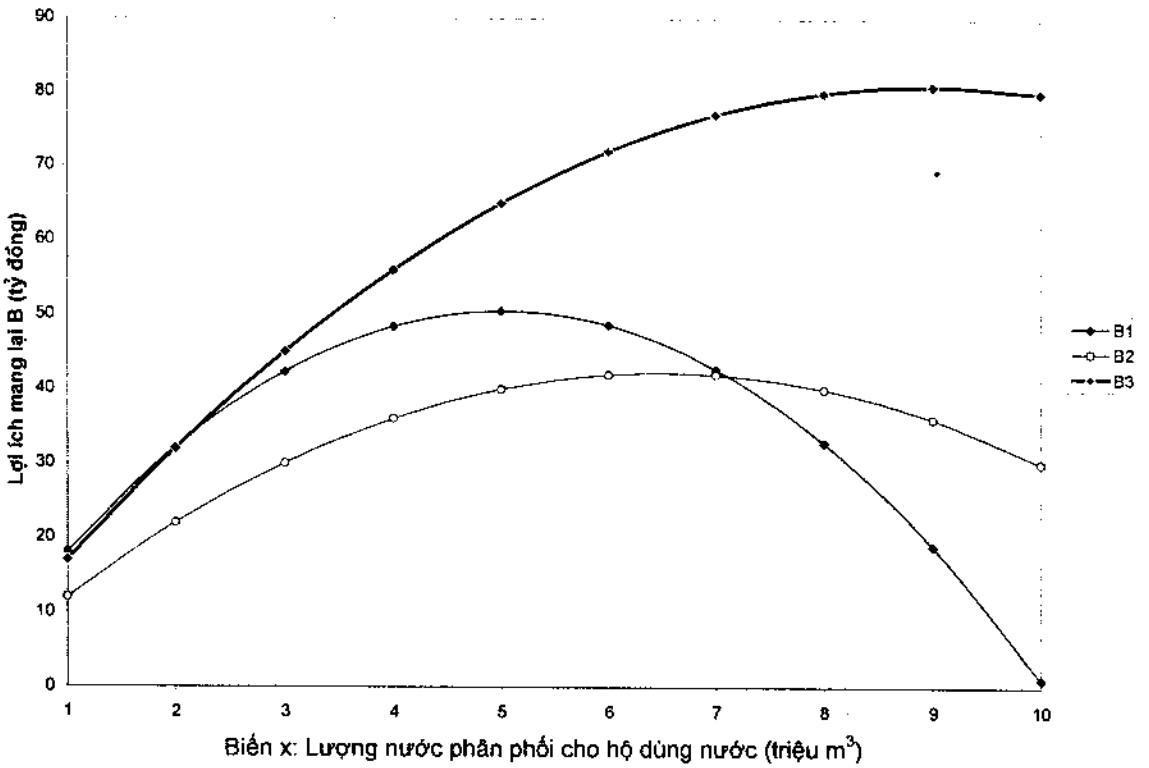
$$B = \sum_{i=1}^{3} (B_i(x_i) = a_i x_i - b_i x_i^2) \quad \rightarrow \max i = 1,2,3 \tag{7.9}$$

Như vậy bài toán tối ưu có thể viết dưới dạng tổng quát:

$$\underset{X}{\text{Max}} B = \sum_{i=1}^{3} (B_i(x_i) = a_i x_i - b_i x_i^2) \tag{7.10}$$

Với ràng buộc:

$$\sum_{i=1}^{3} x_i + Y = W \tag{7.11}$$



Hình 7.9

7.3.4. Tối ưu hoá trong quản lý vận hành hệ thống

Trong giai đoạn quản lý vận hành hệ thống cần phải xác định phương án điều hành hệ thống sao cho đạt được mục tiêu. Giả sử hàm vào của hệ thống là X(t), hàm điều khiển là u(t), cần xác định u(t) sao cho hàm ra Y(t) theo mục tiêu điều khiển cho trước (hình 7.10). Trong thực tế thường gặp 3 loại bài toán như sau:

1. Yêu cầu nước $Y_c(t)$ đã ấn định, cần điều khiển biến điều khiển u(t) sao cho Y(t) đạt xấp xỉ giá trị $Y_c(t)$, tức là:

$$f[X(t), u(t)] = |Y(t) - Y_c(t)| \rightarrow \min \quad (7.12)$$

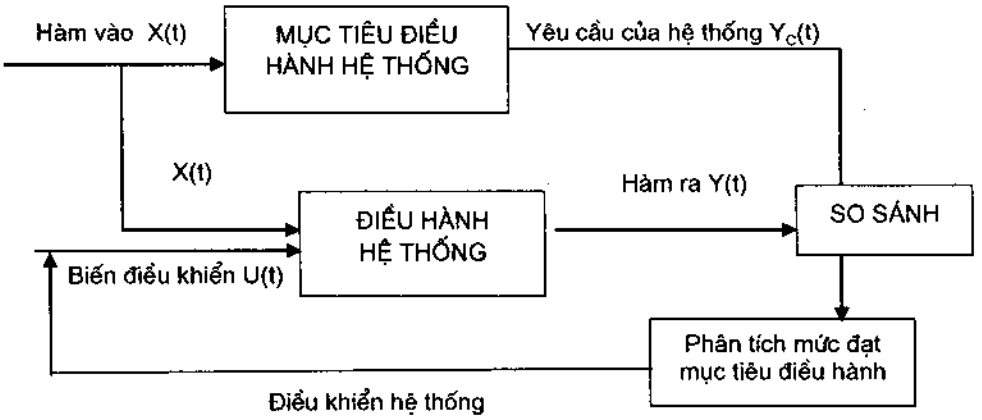
2. Yêu cầu nước $Y_c(t)$ không được ấn định trước, cần điều khiển biến điều khiển u(t) sao cho quá trình hàm ra Y(t) làm cực trị một hàm F(X,u) nào đó, tức là:

$$F[X(t), u(t)] \rightarrow \max (\min) \quad (7.13)$$

3. Yêu cầu nước $Y_c(t)$ đã ấn định trước, cần điều khiển biến điều khiển u(t) sao cho quá trình hàm ra Y(t) xấp xỉ với hàm yêu cầu Yc(t) và làm cực trị một hàm F(X,u) nào đó, tức là:

$$f_1[X(t), u(t)] = |Y(t) - Y_c(t)| \rightarrow \min \quad (7.14)$$

$$F[X(t), u(t)] \rightarrow \max (\min) \quad (7.15)$$



***Hình 7.10.* Mô tả bài toán điều khiển hệ thống**

Ví dụ. Cho hai hồ chứa bậc thang phát điện (hình 7.11), quá trình lưu lượng đến hồ 1 là $Q_1(t)$, lưu lượng đến khu giữa hai hồ là $Q_2(t)$, lưu lượng qua nhà máy thủy điện hồ 1 và hồ 2 tương ứng là $q_1(t)$ và $q_2(t)$, lưu lượng nước lấy từ thượng lưu (kể cả tổn thất của hồ chứa) tương ứng là $L_1(t)$ và $L_2(t)$, giả sử không có lưu lượng xả thừa. Gọi $S_1(t)$ và $S_2(t)$ là dung tích hồ chứa 1 và 2 tại thời điểm t bất kỳ. Yêu cầu xác định quá trình lưu lượng qua nhà máy thủy điện là $q_1(t)$ và $q_2(t)$ sao cho tổng điện năng trong thời gian vận hành T đạt giá trị cực đại.

Theo bài toán đặt ra ta có hàm mục tiêu:

$$F[q_1(t), q_2(t)] = \sum_{t=1}^{T} (B_1(t) + B_2(t)) \rightarrow \max \quad (7.16)$$

Với ràng buộc: $S_1(t) \leq H_{bt1}$ và $S_2(t) \leq H_{bt2}$ (7.17)

Trong đó: $B_1(t)$, $B_2(t)$ là điện năng của nhà máy thủy điện tại hồ 1 và hồ 2 trong thời đoạn tính toán Δt, được tính theo công thức tổng quát là:

$$B_i(t) = N_i(t) * \Delta t / 3600 \text{ (kWh)} \quad (7.18)$$

H_{bt1} và H_{bt2} là mực nước dâng bình thường của hồ 1 và hồ 2.

$N_i(t)^*$ là công suất của nhà máy thuỷ điện thứ i tại thời điểm t.

Sự thay đổi dung tích hồ chứa của hai hồ được tính theo các phương trình cân bằng nước sau:

$$S_1(t+1) = S_1(t) + Q_1(t) - q_1(t) - L_1(t) \quad (7.19)$$

$$S_2(t+1) = S_2(t) + Q_2(t) + q_1(t) - q_2(t) - L_2(t) \quad (7.20)$$

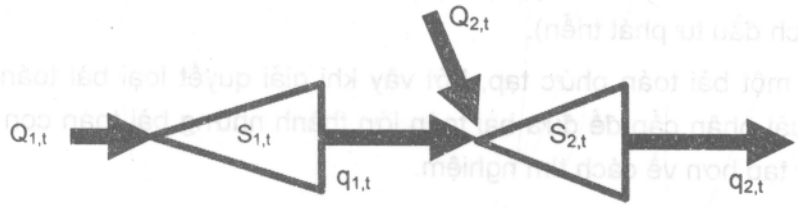
Công suất của nhà máy thủy điện tính theo công thức:

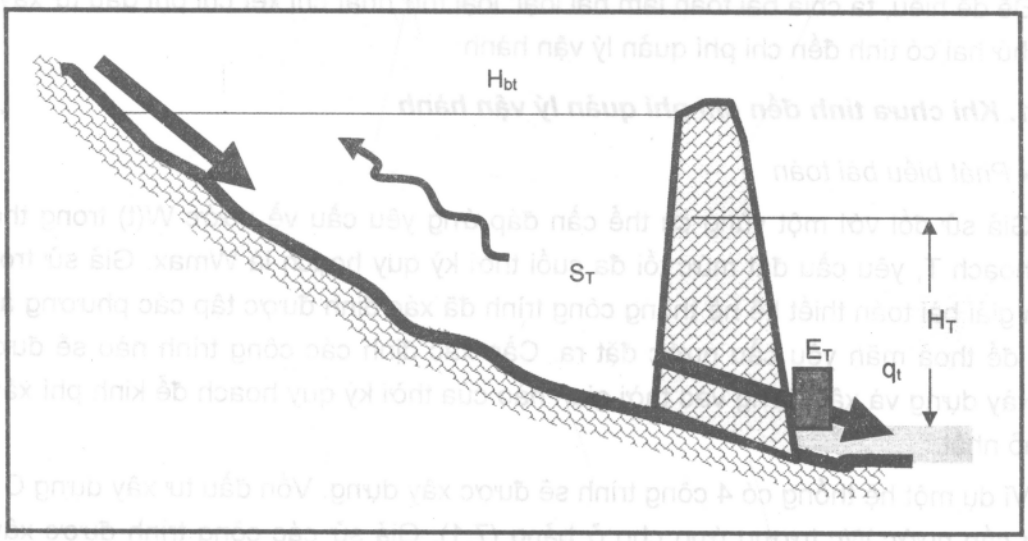
$$N_i(t) = (9.81)\varepsilon \bar{H}_i(t) q_i(t) \text{ (kW)} \quad (7.21)$$

Trong đó chênh lệch cột nước thượng – hạ lưu bằng $\bar{H}_i(t) = \bar{Z}tl_i(t) - \bar{Z}hl_i(t)$, với $\bar{Z}tl_i(t), \bar{Z}hl_i(t)$ là mực nước thượng hạ lưu hồ thứ i và:

$$\bar{Z}tl_i(t) = \frac{Ztl_i(S_i(t)) + Ztl_i(S_i(t+1))}{2} \text{ (m)}$$

Phương pháp tính điều tiết phát điện được thực hiện theo trình tự đã trình bày ở Chương VI.





Hình 7.11. **Sơ họa hệ thống hai hồ chứa bậc thang phát điện**

7.3.5. Tối ưu hoá đối với bài toán phát triển hệ thống

Đây là bài toán tổng quát nhất của quy hoạch tài nguyên nước. Đối với một vùng, miền hoặc lưu vực sông, với tiềm năng tài nguyên nước nhất định, người làm quy hoạch phải nghiên cứu một cách toàn diện gồm những vấn đề chính như sau:

– Khả năng khai thác tài nguyên nước đáp ứng yêu cầu phát triển vùng

– Sử dụng tài nguyên nước vào những mục đích nào là hợp lý.

– Giải pháp quy hoạch và biện pháp công trình nào cần được thực hiện.

– Chiến lược đầu tư: Trình tự đầu tư phát triển vùng cả về sử dụng nước cũng như đầu tư xây dựng các công trình cấp nước, phòng lũ... để vừa phù hợp với khả năng tài chính và lợi ích mang lại là tối ưu nhất.

Các vấn đề trên được giải quyết trên cơ sở phân tích và cân nhắc nhiều mặt, trong đó phân tích lợi ích kinh tế là căn bản nhất. Phân tích lợi ích kinh tế liên quan đến việc lựa chọn phương án tối ưu về kinh tế. Khi đó các mô hình tối ưu hoá là công cụ hữu hiệu cho việc phân tích và tìm kiếm phương án tối ưu.

Bài toán tối ưu được thiết lập trong giai đoạn này là sự liên kết của các bài toán thiết kế, bài toán tối ưu đối với các yêu cầu về nước và xem xét nó trong chiến lược phát triển (lập kế hoạch đầu tư phát triển).

Đây là một bài toán phức tạp, bởi vậy khi giải quyết loại bài toán này cần thiết sử dụng kỹ thuật phân cấp để đưa bài toán lớn thành những bài toán con có số biến ít hơn và đỡ phức tạp hơn về cách tìm nghiệm.

7.3.5.1. Bài toán về đầu tư xây dựng công trình

Để dễ hiểu, ta chia bài toán làm hai loại: loại thứ nhất chỉ xét chi phí đầu tư xây dựng, loại thứ hai có tính đến chi phí quản lý vận hành.

1. Khi chưa tính đến chi phí quản lý vận hành

• Phát biểu bài toán

Giả sử đối với một vùng cụ thể cần đáp ứng yêu cầu về nước W(t) trong thời gian quy hoạch T, yêu cầu đạt mức tối đa cuối thời kỳ quy hoạch là Wmax. Giả sử trong giai đoạn giải bài toán thiết kế hệ thống công trình đã xác định được tập các phương án công trình để thoả mãn yêu cầu nước đặt ra. Cần xác định các công trình nào sẽ được đưa vào xây dựng và xây dựng vào thời gian nào của thời kỳ quy hoạch để kinh phí xây dựng là nhỏ nhất.

Ví dụ một hệ thống có 4 công trình sẽ được xây dựng. Vốn đầu tư xây dựng C và khả năng cấp nước Wc tương ứng cho ở bảng (7.1). Giả sử các công trình được xây dựng phải đáp ứng yêu cầu nước W(t) được cho trong bảng (7.2). Hệ số chiết khấu r = 0,05.

Yêu cầu xác định trình tự đầu tư xây dựng các công trình sao cho chi phí xây dựng là tối thiểu. Tức là, tìm cực tiểu của hàm mục tiêu:

$$F = \sum_{i=1}^{n}\sum_{t=1}^{t} x_{it}C_{it}(1+r)^{-t} \rightarrow \min \qquad (7.22)$$

Trong đó:

C_{it} là chi phí xây dựng đối với công trình thứ i:

C_{it} = 0 nếu nó không được xây dựng vào năm t

$C_{it} = C_{it}$ nếu nó được xây dựng vào năm t

r là hệ số chiết khấu, t là biến thời gian tính theo năm.

x_{it} là hệ số lấy giá trị bằng 0 và 1: bằng 0 tức là không xây dựng, khi nhân với C_{it} sẽ có tích bằng 0, có nghĩa là không có chi phí xây dựng. Việc đưa vào hệ số x_{it} là để dễ dàng trong quá trình tính toán.

Với các số liệu ở 2 bảng trên, có 3 phương án về đầu tư xây dựng để đảm bảo được yêu cầu nước phát triển theo thời gian W(t).

Phương án 1: Xây dựng công trình 1 và 4 vào năm đầu tiên có thể cấp được Wc = 5 đơn vị (đủ nước theo yêu cầu), đến năm thứ 5 hoàn thành thêm công trình số 2 và năm thứ 10 hoàn thành công trình 3.

Phương án 2: Năm đầu xây dựng hai công trình 2 và 3, đến năm thứ 5 hoàn thành công trình 1 và đến năm thứ 10 xây dựng xong công trình 4.

Phương án 3: Năm đầu xây dựng hai công trình 2 và 4. Với 2 công trình này được xây dựng sẽ có khả năng cung cấp Wc = 6 đơn vị, đủ đáp ứng đến năm thứ 10. Bởi vậy, 2 công trình còn lại sẽ được hoàn thành vào năm thứ 10. Như vậy, đến năm thứ 5 không đòi hỏi có thêm công trình nào nữa ngoài hai công trình đã được xây dựng từ năm đầu. Điều đó có nghĩa là 2 công trình 1 và 3 có thể xây dựng vào bất kỳ thời điểm nào, miễn là đến năm thứ 10 phải hoàn thành. Các phương án xây dựng được ghi trong bảng 7.3.

• *Phương pháp giải*

Có thể giải bài toán theo hai phương pháp: Phương pháp so sánh trực tiếp và phương pháp quy hoạch động. *Dưới đây giới thiệu phương pháp so sánh trực tiếp.*

Theo phương pháp này nghiệm tối ưu được tìm trực tiếp bằng cách so sánh các giá trị của hàm của 3 phương án trên. Có thể lập bảng dạng (7.4) và so sánh các tài liệu tính được trong bảng trên chọn ra giá trị nhỏ nhất. Áp dụng công thức (7.22) sẽ tìm được nghiệm tối ưu của bài toán đặt ra.

Bảng 7.1. **Vốn đầu tư và khả năng cấp nước của các công trình**

Công trình	*1*	*2*	*3*	*4*
Chi phí xây dựng C (tỉ đồng)	20,0	35,0	40,0	50,0
Khả năng cấp nước Wc (10^6 m^3)	1,0	2,0	3,0	4,0

Bảng 7.2. **Nhu cầu nước theo thời gian (10 năm)**

t	1	2	3	4	**5**	6	7	8	9	**10**
W(t) (10^6 m^3)	5	5	5	5	**6**	6	6	6	6	**10**

Bảng 7.3. **Các phương án xây dựng công trình**

TT	*Phương án công trình*	*Năm đầu tiên (W(t) = 5 đơn vị)*	*Đến năm thứ 5 (W(t) = 6 đơn vị)*	*Đến năm thứ 10 (W(t) = 10 đơn vị)*
		Số hiệu công trình theo phương án	*Số hiệu công trình theo phương án*	*Số hiệu công trình theo phương án*
1	PA1	1 + 4	2	3
2	PA2	2 + 3	1	4
3	PA3	2 + 4		1 + 3

Bảng 7.4. **Tính toán chi phí theo phương pháp so sánh trực tiếp**

TT	*Phương án*	*Năm đầu tiên*	*Đến năm thứ 5*	*Đến năm thứ 10*	*Tổng cộng*
1	PA1	1 + 4	2	3	
	F(PA1)	$(20 + 50)(1 + r)^{-1}$	$(35)(1 + r)^{-5}$	$(40)(1 + r)^{-10}$	**100**
2	PA2	2 + 3	1	4	
	F(PA2)	$(35 + 40)(1 + r)^{-1}$	$(20)(1 + r)^{-5}$	$(50)(1 + r)^{-10}$	118
3	PA3	2 + 4		1 + 3	
	F(PA3)	$(35 + 50)(1 + r)^{-1}$		$(20 + 40)(1 + r)^{-10}$	118

2. Khi có tính đến chi phí quản lý vận hành

Khi có kể đến chi phí quản lý vận hành trong giai đoạn khai thác, hàm mục tiêu của chiến lược đầu tư phát triển hệ thống công trình sẽ có dạng sau:

$$F = \sum_{t=0}^{T}(1+r)^{-t}\sum_{i=1}^{n}(a_i + c_i + b_i w_{it}) \rightarrow \min \qquad (7.23)$$

Với các ràng buộc:

– Lượng nước cấp được của hệ thống công trình ở năm t phải lớn hơn hoặc bằng lượng nước yêu cầu theo quy hoạch của năm đó:

$$\sum_{i=1}^{n} w_{it} \geq W(t) \qquad (7.24)$$

– Chương trình thoả mãn yêu cầu về nước của công trình thứ i vào năm t không vượt quá năng lực của công trình là w_i:

$$0 \leq w_{it} \leq w_i \qquad (7.25)$$

Trong đó:

t: Biến thời gian

i: Chỉ số công trình

r: Hệ số chiết khấu

T: Thời gian quy hoạch tính bằng năm

n: Tổng số công trình được nghiên cứu trong quy hoạch

W(t): Nhu cầu nước tổng cộng của vùng

w_i: Khả năng đáp ứng yêu cầu nước lớn nhất của công trình thứ i

c_i: Chi phí xây dựng công trình thứ i

a_i: Chi phí quản lý hàng năm của công trình thứ i
(lấy cố định cho mỗi công trình.)

b_i: Chi phí vận hành cho mỗi đơn vị lượng nước của công trình thứ i.

w_{it}: Chương trình cấp nước của công trình thứ i trong năm t.

Cách giải bài toán tối ưu dạng (7.23) được thực hiện tương tự như bài toán chưa tính đến chi phí vận hành, chỉ khác ở chỗ, với mỗi phương án phát triển hệ thống phải tính cả chi phí quản lý vận hành công trình.

7.3.5.2. Bài toán quy hoạch tối ưu hệ thống tài nguyên nước

Trên đây (mục 7.3.5.1) đã xác định chiến lược đầu tư phát triển hệ thống công trình để thoả mãn một yêu cầu về nước đã được xác định trong tương lai. Một vấn đề đặt ra là liệu quy hoạch sử dụng nước theo các yêu cầu đã đặt ra trong tương lai đã phải là tối ưu chưa. Để khẳng định điều đó chúng ta phải xem xét sự tương tác giữa vấn đề đầu tư và vấn đề sử dụng tối ưu tài nguyên nước có được cho những mục tiêu phát triển kinh tế xã hội của vùng hay lưu vực sông. Điều đó có nghĩa là mỗi một dự án quy hoạch phải đảm bảo hiệu quả nhất về mặt sử dụng nước đồng thời cũng phải đảm bảo chi phí đầu tư là nhỏ nhất.

Bài toán đặt ra là: Phải xác định một chiến lược đầu tư xây dựng và chiến lược sử dụng nước sao cho lợi ích thực tế thu được là lớn nhất. Hiệu ích thực tế bằng tổng lợi ích sau khi đầu tư trừ đi chi phí đầu tư hệ thống công trình. Bài toán đặt ra như vậy được gọi là bài toán quy hoạch tối ưu hệ thống tài nguyên nước.

1. Bài toán

Giả sử ta có n đối tượng dùng nước (vùng cấp nước tưới hoặc ngành có yêu cầu nước), mỗi đối tượng dùng nước có yêu cầu cấp nước với một lượng là w_i. Tổng lượng nước theo yêu cầu của toàn vùng là:

$$W_T = w_1 + w_2 + ... + w_i + ... + w_n \quad (7.26)$$

Cần xác định một chiến lược phát triển hệ thống công trình và chiến lược sử dụng nước sao cho cực đại hàm mục tiêu có dạng:

$$Z = \sum_{t=0}^{T} (1+r)^{-t}(B_t - C_t) \rightarrow \max \quad (7.27)$$

Hoặc là: $$F = \sum_{t=0}^{T} (1+r)^{-t} BC_t \rightarrow \max \quad (7.28)$$

Với $$BC_t = (B_t - C_t) \quad (7.29)$$

Trong đó:

B_t là lợi ích của toàn hệ thống tại thời điểm năm thứ t.

C_t là tổng đầu tư xây dựng công trình vào năm thứ t.

T là thời kỳ quy hoạch.

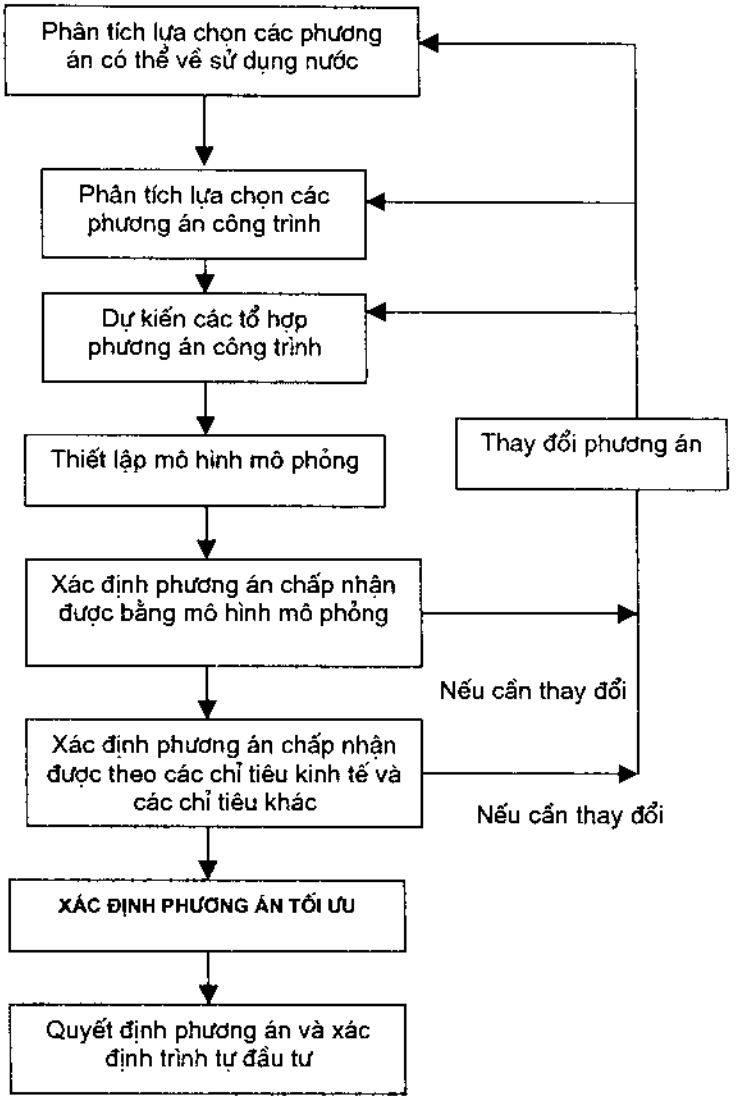
Điều đó có nghĩa là phải xác định các yêu cầu nước w_i sẽ được thoả mãn vào năm nào của thời kỳ quy hoạch và hệ thống công trình sẽ được xây dựng theo trình tự như thế nào.

2. Phương pháp giải

Ta cũng xem xét hai các giải: phương pháp so sánh trực tiếp và phương pháp tối ưu hoá.

Phương pháp so sánh trực tiếp

Phương pháp so sánh sẽ phải thực hiện với tổ hợp nhiều phương án khác nhau bởi vậy khối lượng tính toán sẽ rất lớn nếu hệ thống có nhiều đối tượng dùng nước. Đối với những hệ thống không lớn thì phương pháp này sẽ dễ thực hiện hơn.



***Hình 7.12.* Sơ đồ tính toán xác định phương án tối ưu theo phương pháp so sánh trực tiếp**

Phương pháp so sánh được thực hiện theo các bước như sau:

Bước 1. Theo đặc điểm của hệ thống xác định lập các phương án sử dụng nước, tức là xác định trình tự cấp nước cho các đối tượng dùng nước theo thời gian. Mỗi một thời đoạn trong thời gian quy hoạch có thể có một số phương án cấp nước.

Bước 2. Theo phương án sử dụng nước, xác định tập các phương án công trình cần được xây dựng để đáp ứng yêu cầu cấp nước theo quy hoạch.

Bước 3. Dùng mô hình mô phỏng để kiểm tra khả năng đạt được của phương án công trình và phương án quy hoạch sử dụng nước. Trong trường hợp không đạt theo quy hoạch dự định thì cần quay lại bước 1 hoặc bước 2 để điều chỉnh quy hoạch sử dụng nước hoặc phương án quy hoạch công trình.

Bước 4. Kiểm tra điều kiện chấp nhận được theo các chỉ tiêu kinh tế và các chỉ tiêu khác (điều kiện kỹ thuật, bảo vệ môi trường, vấn đề phát triển xã hội...).

Bước 5. Xác định phương án tốt nhất trong số các phương án xem xét (tối ưu nhất về mặt kinh tế) bằng cách so sánh lợi ích các phương án mang lại.

Bước 6. Kiểm tra lại theo các chỉ tiêu kinh tế, các tiêu chuẩn bảo vệ môi trường và ra quyết định cuối cùng.

Các bước trên đây được thể hiện trên sơ đồ hình 7.12.

Phương pháp tối ưu hoá

Trong quy hoạch tài nguyên nước, loại bài toán này thường được mô tả theo thuật toán quy hoạch động hai chiều. Người ta chia thời kỳ quy hoạch ra thành các thời đoạn, mỗi thời đoạn thường lấy bằng 5 năm. Với cách làm như vậy, có thể áp dụng thuật toán quy hoạch động theo mẫu bài toán phân bố tài nguyên đối với quy hoạch sử dụng nước. Ở mỗi thời đoạn lại xem xét các tổ hợp khác nhau về phương án công trình, sao cho tối ưu về mặt đầu tư và đáp ứng được yêu cầu cấp nước. Mô tả bài toán xác định phương án công trình theo thuật toán quy hoạch động với biến trạng thái. Thực chất của sơ đồ tính này là bài toán tối ưu với hệ thống phân cấp (hệ thống công trình cấp nước và hệ thống các yêu cầu về nước) được mô tả trên hình 7.13.

Sơ đồ tính toán xác định phương án mô tả trên hình 7.13. Theo sơ đồ trên thuật toán được thực hiện theo trình tự như sau

Bước 1. Tại thời đoạn đầu tiên ta xác định các phương án có thể của việc sử dụng nước WS_1, trong đó WS_1 là véctơ các phương án sử dụng nước, tức là phương án cấp nước nào trong số các w_i trong (7.26) được quy hoạch, giả sử có m phương án:

$$WS_1 = (WS_{11}, WS_{12},..., WS_{1,j},..., WS_{1,m}) \quad (7.30)$$

$$\text{Với } 0 \le WS_1 \le WS_1^{max} \quad (7.31)$$

Tương ứng với mỗi phương án quy hoạch sử dụng nước sẽ tính được lợi ích B_1 từ việc sử dụng nước:

$$B_1 = (B_{11}, B_{12},..., B_{1j},..., B_{1m}) \quad (7.32)$$

Tương ứng với mỗi phương án cấp nước WS_j, j = 1, 2,..., m của véctơ (7.30), sẽ có một phương án công trình tối ưu có điều kiện và tạo thành véctơ chi phí tối ưu (nhỏ nhất) C_{WS1}:

$$C_{WS1} = (C_{WS11}, C_{WS12},..., C_{WS1j},... C_{WS1m}) \quad (7.33)$$

Tính được giá trị BC_1 tương ứng là:

$$BC_1 = (BC_{11}, BC_{12},..., BC_{1j},..., BC_{1m}) \quad (7.34)$$

Với: $BC_{1j} = (B_{1j} - C_{WS1j})$; j = 1, 2,..., m. (7.35)

Bước 2. Xem xét chiến lược sử dụng 2 năm đầu tiên:

Ở giai đoạn 2 ta cũng có thể xem xét m phương án sử dụng nước là:

$$WS_2 = (WS_{21}, WS_{22},..., WS_{2j},..., WS_{2m}) \quad (7.36)$$

Với ràng buộc: $WS_2^{min} \le WS_2^T = WS_1 + WS_2 \le W_T$ (7.37)

Tương tự như ở bước 1 tính được:

$$B_2 = (B_{21}, B_{22},..., B_{2j},..., B_{2m}) \quad (7.38)$$

và:

$$C_{WS2} = (C_{WS21}, C_{WS22},..., C_{WS2j},... C_{WS2m}) \quad (7.39)$$

$$BC_2 = (BC_{21}, BC_{22},..., BC_{2j},..., BC_{2m}) \quad (7.40)$$

và tính được tổng các lợi ích của 2 giai đoạn đầu tiên cần cực đại là:

$$BCT = BC_2(WS_2) + BC_1(WS_1) \rightarrow \max \quad (7.41)$$

Hoặc là:

$$BCT_2(WS_2^T) = \max_{WS_2}(BC_2(WS_2) + BCT_1(WS_1)) \quad (7.42)$$

Vì $WS_1 = WS_2^T - WS_2$ nên (7.44) được viết dưới dạng:

$$BCT_2(WS_2^T) = \max_{WS_2}(BC_2(WS_2) + BCT_1(WS_2^T - WS_2)) \quad (7.43)$$

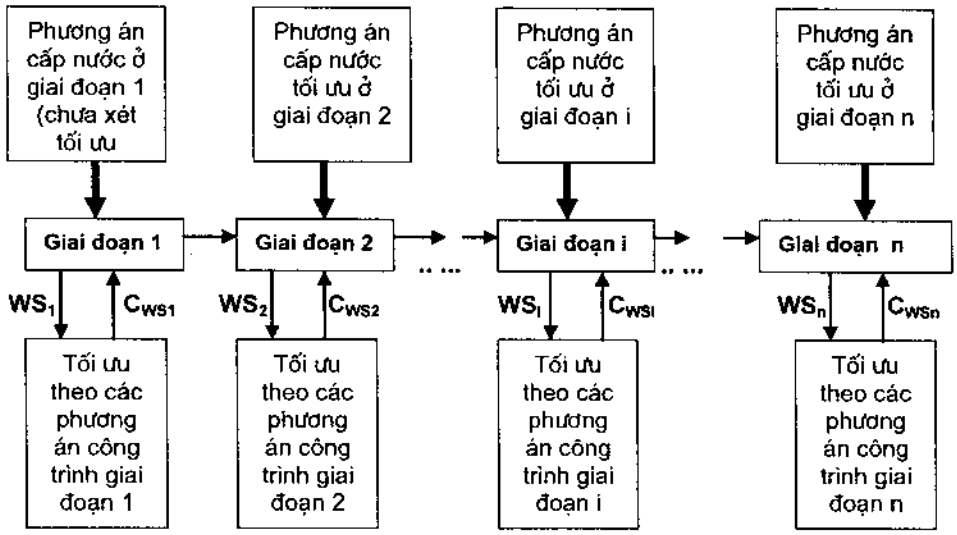
Bước 3. Tiếp tục xem xét chiến lược sử dụng của 3, 4... thời đoạn cho đến giai đoạn cuối cùng. Phương trình hồi quy dạng tổng quát viết cho thời đoạn thứ i có dạng:

$$BCT_j(WS_j^T) = \max_{WS_j}(BC_j(WS_j) + BCT_{j-1}(WS_j^T - WS_j)) \quad (7.44)$$

Với ràng buộc: $WS_j^{min} \le WS_j^T \le W_T$ (7.45)

Đến giai đoạn cuối cùng giá trị tối ưu của hàm mục tiêu được xác định. Sau đó thực hiện các bước tính ngược sẽ được chiến lược tối ưu về đầu tư phát triển và quy hoạch sử dụng nước trong tương lai.

Như vậy, để giải quyết loại bài toán này chúng ta phải giải quyết hai loại bài toán tối ưu; một bài theo chiều không gian và một bài theo chiều thời gian được thực hiện ở mỗi giai đoạn của chiều thời gian. Tổng số bài toán tối ưu là m × n + 1: một bài toán tối ưu theo các giai đoạn phát triển và m × n bài toán tối ưu về phương án công trình ở mỗi một giai đoạn đang xét.



Hình 7.13. **Sơ đồ xác định phương án tối ưu theo thuật toán quy hoạch động 2 chiều**

7.3.6. Xung đột về lợi ích trong hệ thống sông

Xung đột về lợi ích trong hệ thống sông là không thể tránh khỏi vì nguồn nước được sử dụng với những mục đích khác nhau. Xung đột về lợi ích sử dụng nước được thể hiện ở nhiều khía cạnh khác nhau, cụ thể là:

– Mâu thuẫn giữa các yêu cầu dùng nước: mâu thuẫn giữa cấp nước và phát điện, mẫu thuẫn giữa phòng lũ và phát điện, mâu thuẫn về phân phối nước giữa các hộ dùng nước.

– Sự không công bằng về phân chia nguồn nước và các nguồn lợi thu được từ việc sử dụng nước mang lại.

– Sự suy thoái về chất lượng nước làm ảnh hưởng đến môi trường sống do một số hộ dùng nước gây ra.

– Xung đột do tranh chấp nguồn nước trên lãnh thổ của một lưu vực sông trong nội bộ một quốc gia hoặc giữa các quốc gia có chung nguồn nước dùng.

Các xung đột này trở nên rất gay gắt nếu nguồn nước thiếu hoặc ngày càng bị cạn kiệt do ảnh hưởng của mặt đệm hoặc sự thay đổi khí hậu gây nên.

7.3.7. Mô hình tối ưu trong phân phối nước

7.3.7.1. Phát biểu bài toán

Giả sử ta có một lượng nước hạn chế là W^T, cần phân chia cho n vùng sao cho tổng lợi ích mang lại là lớn nhất. Giả thiết các vùng được nhận nước từ W^T không đủ đáp ứng

yêu cầu vùng. Trong trường hợp như vậy, các vùng có thể khai thác nguồn nước tại chỗ và sắp xếp cơ chế cây trồng hợp lý cho vùng.

Gọi w_j là lượng nước cấp cho vùng thứ j; j = 1 đến n, sao cho thoả mãn ràng buộc:

$$\sum_{j=1}^{n} w_j = W^T \tag{7.46}$$

Cần tìm phương án phân phối nước làm sao cho cực đại hàm mục tiêu có dạng:

$$F = f_1(w_1, w_{x1}, s_1, A_1) + ... + f_j(w_j, w_{xj}, s_j, A_j) + ... + f_n(w_n, w_{xn}, s_n, A_n) \rightarrow \max \tag{7.47}$$

Trong đó:

w_{vj} là lượng nước mà có thể khai thác được ở trong vùng.

s_j là vốn cần đầu tư bao gồm chi phí cho yêu cầu về nước, phân bón v.v

A_j là thông số hình thức đặc trưng cho phương án cây trồng.

Giả thiết rằng:

$$w_j + w_{vj} = D_j \tag{7.48}$$

Trong đó:

D_j là lượng nước cần, phụ thuộc vào các phương án cây trồng.

Các hàm $f_j(.)$ là lợi ích mang lại với phương án phân phối nước. Hàm lợi ích $f_j(.)$ có thể là lợi ích thu được từ việc bán nước (theo quan điểm phân tích tài chính) hoặc lợi ích kinh tế mang lại cho toàn vùng (theo quan điểm phân tích kinh tế).

7.3.7.2. Phương pháp giải

Việc giải bài toán tối ưu dạng (7.47) là rất phức tạp vì số lượng biến của bài toán đa dạng, mặt khác khó tìm được phương pháp thích hợp cho bài toán đặt ra đối với những hệ thống có cấu trúc phức tạp.

Để giải bài toán loại này thường người ta sử dụng kỹ thuật phân cấp. Ta có thể mô tả bài toán trên đây theo hệ thống phân cấp hai mức (xem hình 7.14). Ta mô tả bài toán phân phối nước theo hai dạng: quan điểm kinh tế và quan điểm tài chính.

• *Theo quan điểm kinh tế, bài toán được mô tả như sau:*

Cấp trung tâm cho chỉ tiêu hoạt động các cấp dưới là w_j, j = 1,2,..., n, các cấp dưới nhận được chỉ tiêu w_j sẽ tìm phương án tối ưu cho hệ thống con đang xét $\bar{f}_j(w_j)$ và cho phản hồi lên cấp trung tâm.

Đối với vùng thứ j, khi nhận lượng nước hệ thống là w_j, sẽ cần làm tối ưu một lợi ích trong vùng của nó biểu thị bằng hàm mục tiêu:

$$f_j(w_j, w_{vj}, s_j, A_j) \quad (7.49)$$

Trong đó:

Mục tiêu đạt được của vùng thứ j là làm cực trị hàm (7.49) với ràng buộc của hàm (7.48). Cấp trung tâm sẽ quan tâm đến giá trị cực đại của $f_j(w_j)$. Ta có:

$$\bar{f}(w_j) = \max f_j(w_j, w_{vj}, s_j, A_j) \quad (7.50)$$

sao cho thoả mãn ràng buộc (7.48). Giá trị w_j, là phương án phân phối nước cho vùng thứ j được coi như đã biết khi giải bài toán tối ưu (7.50). Nghiệm của bài toán đối với mỗi vùng sẽ là các giá trị tối ưu đối với các đặc trưng w_{vj}, s_j, A_j.

Chú ý rằng với w_j nhận được, các phương án cây trồng A_j bao gồm cả trường hợp bỏ hoang không canh tác vì không có lợi.

Như vậy giá trị tối ưu của hệ thống làm cực đại hàm lợi ích là:

$$\max F(W) = \bar{f}_1(w_1) + \bar{f}_2(w_2) + \ldots + \bar{f}_n(w_n) \quad (7.51)$$

Với ràng buộc dạng (7.46).

Trong đó: $W = (w_1, w_2, \ldots, w_j, \ldots, w_n)$ (7.52)

Như vậy, với kỹ thuật phân cấp chúng ta đã đưa một bài toán tối ưu nhiều biến số ($n + 4 \times n$ biến) về n bài toán tối ưu có 4 biến và 1 bài toán tối ưu n biến. Với cách như vậy sẽ làm giảm sự phức tạp của bài toán tối ưu.

Các bước giải bài toán trên như sau:

(1) Đối với mỗi hệ thống con thứ j, giả định những giá trị w_j khác nhau (w_{j1}, w_{j2},..., w_{jm}), với mỗi giá trị w_{ji} tiến hành tìm cực trị hàm mục tiêu dạng (7.50) được các giá trị $\bar{f}_j(w_j)$.

(2) Với mỗi vùng j như vậy vẽ được một quan hệ giữa hàm tối ưu $\bar{f}_j(w_j)$ với các w_j (hình 7.15).

(3) Giải bài toán tối ưu toàn hệ thống dạng (7.51).

Bài toán tối ưu dạng (7.51) có thể được giải bằng các phương pháp tối ưu khác nhau: Phương pháp quy hoạch tuyến tính, phương pháp quy hoạch động, phương pháp tối ưu phi tuyến. Đa số các bài toán tối ưu loại này hiện được giải bằng phương pháp quy hoạch tuyến tính hoặc phương pháp quy hoạch động.

Dưới đây sẽ trình bày cách đặt bài toán cho các phương pháp trên.

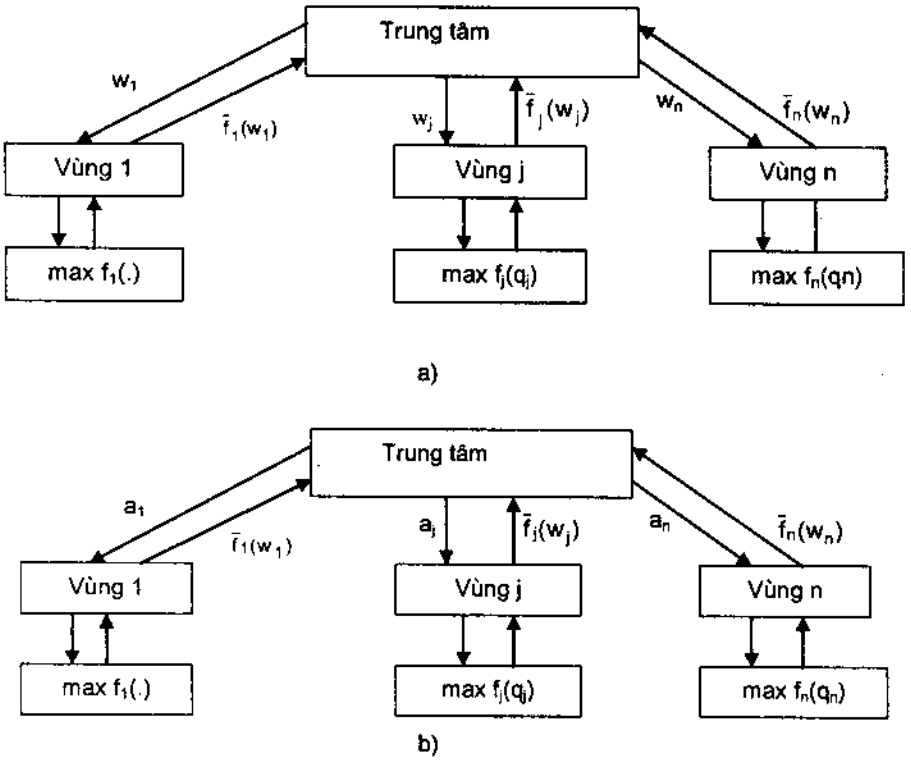
• *Theo quan điểm tài chính*, chỉ tiêu hoạt động của hệ thống cấp dưới không phải là w_j mà là giá nước. Bài toán đặt ra như sau:

Giả sử Công ty quản lý thuỷ nông cần định giá nước cho các vùng là a_j, j = 1, 2,..., n. Với giá nước ấn định cho từng vùng, các vùng sẽ phải xem xét khả năng dùng nước với giá như vậy và quyết định lượng nước dùng w_j. đây là giá trị tối ưu mà họ có thể dùng để tối ưu hàm mục tiêu cục bộ dạng (7.50). Phản hồi của từng vùng con lên trung tâm (Công ty) là giá trị tối ưu $\bar{f}_j(w_j)$ bằng:

$$\bar{f}_j(w_j) = a_j w_j \tag{7.53}$$

Và hàm mục tiêu với cấp trung tâm có dạng:

$$F = \sum_{j=1}^{n} a_j w_j \tag{7.54}$$



***Hình 7.14.* Sơ đồ phân cấp hệ thống 2 mức**
a) Theo quan điểm kinh tế;
b) Theo quan điểm tài chính.

Cơ quan quản lý nước (Công ty) phải quyết định về phương án giá nước sao cho lợi ích của Công ty là lớn nhất, tức là hàm mục tiêu (7.54) phải đạt giá trị cực đại.

Dưới đây là cách giải bài toán tối ưu trên theo phương pháp quy hoạch tuyến tính.

1. Phương pháp dò tìm tối ưu

Bài toán tối ưu dạng (7.51) với ràng buộc dạng (7.46) có thể đưa về dạng bài toán không có ràng buộc bằng cách lập hàm Lagrange:

$$L(W, \lambda) = F(W) + \lambda(W - g(W)) \quad (7.55)$$

Trong đó $g(W) = w_1 + w_2 + ... + w_n$.

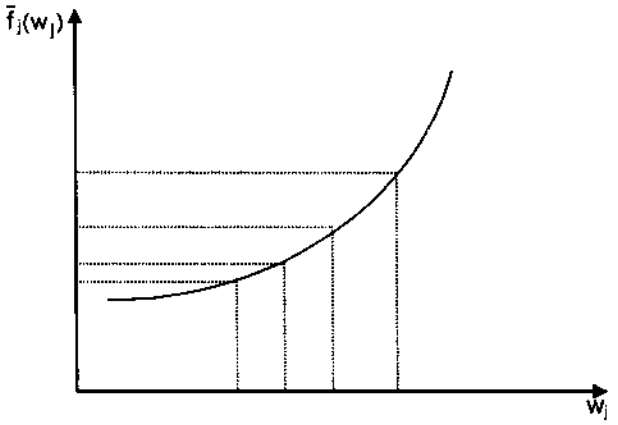
Với λ là nhân tử Lagrange.

Bài toán tối ưu dạng (7.55) được giải bằng các phương pháp dò tìm tối ưu, Trong đó:

$$W = (w_1, w_2, ..., w_j, ..., w_n)$$

Với phương pháp dò tìm tối ưu sẽ tìm được nghiệm tối ưu λ^* và W^*:

$$W^* = (w^*_1, w^*_2, ..., w^*_n)$$



Hình 7.15. Quan hệ $\bar{f}_j(w_j) \sim w_j$

2. Phương pháp quy hoạch tuyến tính

Phương pháp quy hoạch tuyến tính đòi hỏi hàm mục tiêu và các ràng buộc phải là các biểu thức tuyến tính. Các bài toán phân phối nước trên hệ thống có thể coi là thoả mãn với đòi hỏi này. Ta xét 2 bài toán sau:

• *Bài toán phân phối nước theo quan điểm phân tích tài chính*

Theo quan điểm phân tích tài chính, hàm mục tiêu có dạng (7.54), với ràng buộc (7.46), có thể viết lại như sau:

$$\max F = a_1w_1 + a_2w_2 + ... + a_jw_j + ... + a_nw_n \quad (7.56)$$

Với ràng buộc:

$$w_1 + w_2 + ... + w_j + ... + w_n = W^T \quad (7.57)$$

Đây là dạng bài toán tuyến tính có thể giải được theo phương pháp quy hoạch tuyến tính.

• *Bài toán phân phối nước theo quan điểm phân tích kinh tế*

Theo quan điểm phân tích kinh tế lấy lợi ích phát triển vùng và phát triển quốc gia để phân tích chiến lược phân phối nước.

Đối với từng vùng (7.47) có thể viết hàm mục tiêu dưới dạng:

$$F = \sum_{j=1}^{m}(B_jY_j - C_j)A_j - C_S\sum_{i=1}^{Nt}S_i - C_q\sum_{i=1}^{Nt}W_i \qquad (7.58)$$

Trong đó:

A_j là diện tích cây trồng loại j

B_j là giá thành một đơn vị sản phẩm cây trồng thứ j

Y_j là năng suất loại cây trồng thứ j

C_j là chi phí cho một đơn vị diện tích loại cây trồng thứ j (không tính chi phí nước).

C_s, C_q là giá nước mặt và nước ngầm được cung cấp.

S_i là lượng nước mặt được sử dụng.

W_i là lượng nước ngầm được sử dụng

m là số loại cây trồng

Nt là số thời đoạn tính toán trong một năm (thời đoạn thường lấy bằng tháng).

Với mỗi một phương án phân phối nước w_j, vùng j phải có phương án bố trí cây trồng để làm cực đại hàm (7.58).

Với các ràng buộc:

• *Ràng buộc về diện tích:* Tổng diện tích canh tác không vượt quá diện tích canh tác có thể A.

Nếu gọi $\lambda_j = \frac{A_j}{A}$ thì phải có $\sum_{j=1}^{m}\lambda_j \le 1$ (7.59)

• *Ràng buộc về nhu cầu nước tưới cây trồng:* Tổng lượng nước ở một thời đoạn nào đó đối với loại cây trồng không được vượt quá lượng nước mà hệ thống có thể cấp:

$$\sum_{j=1}^{m}A_jR_{ji} \le \eta_S S_i + \eta_q W_{ji} \qquad (7.60)$$

Trong đó R_{ji} là mức sử dụng nước trên một đơn vị diện tích của cây trồng thứ j tại thời điểm i. η_S, η_q là hệ số sử dụng nước mặt và nước ngầm.

• *Ràng buộc về nước mặt:* Lượng nước mặt của vùng cũng không được vượt quá mức có thể cấp được của hệ thống:

$$\sum_{i=1}^{Nt} S_i \le W_c \tag{7.61}$$

• *Ràng buộc về nước ngầm:* Tương tự như nước mặt

$$\sum_{i=1}^{Nt} W_i \le W_q \tag{7.62}$$

Trong đó W_c và W_q tương ứng là lượng nước mặt và nước ngầm mà hệ thống có thể cấp.

• *Ràng buộc về diện tích cây trồng:* Tuỳ thuộc vào điều kiện cụ thể của từng vùng diện tích cây trồng loại j nào đó phải nằm trong giới hạn nhất định:

$$A_{min} \le A_j \le A_c \tag{7.63}$$

A_{min} và A_c là giá trị nhỏ nhất và lớn nhất của diện tích cây trồng dành cho cây trồng thứ j.

Các biểu thức từ (7.57) đến (7.63) đều có dạng tuyến tính nên có thể áp dụng phương pháp quy hoạch tuyến tính để giải.

Chương VIII

CÁC VẤN ĐỀ QUAN TÂM VỀ MÔI TRƯỜNG, TỔ CHỨC VÀ XÃ HỘI

8.1. Môi trường và sự quan tâm của xã hội về môi trường

8.1.1. Tổng quan về đánh giá môi trường

8.1.1.1. Phát triển và tác động môi trường

Bất kỳ một hoạt động nào của con người có ý can thiệp vào tự nhiên như khai thác và sử dụng các tài nguyên cũng đều gây ra những biến đổi điều kiện môi trường tự nhiên ở các mức độ lớn nhỏ khác nhau. Ngày nay những tiến bộ khoa học kỹ thuật và công nghệ lại càng tác động nhiều hơn tới môi trường. Có thể thấy tác động của hoạt động con người trên bất kỳ nơi đâu, ví dụ trên lưu vực sông xây dựng một hồ chứa nước bao gồm các hạng mục công trình chính: đập ngăn, công trình xả lũ, nhà máy thuỷ điện, trạm và đường dây dẫn điện,... (bảng 8.1)

***Bảng 8.1.* Những tác động của hồ chứa đối với tự nhiên và xã hội**

Những tác động có lợi	*Những tác động có hại*
+ Tác động trực tiếp – Giảm lũ cho hạ lưu – Điều hoà dòng chảy trong năm.	*+ Tác động trực tiếp* – Gián đoạn giao thông thuỷ – Ngập mất đất lòng hồ – Di chuyển dân,...
+ Tác động gián tiếp: – Phát điện, cấp nước, nuôi cá – Du lịch, giao thông thuỷ thượng lưu...	*+ Tác động gián tiếp:* – Động đất, bồi lắng lòng hồ – Giảm phù sa, tăng xói lở hạ lưu,...

Như vậy các tác động của bất kỳ một công trình phát triển nào của con người đều mang cả tính chất có lợi và có hại, mặt khác nó còn kéo theo hàng loạt những tác động

khác. Điều này gây ra nhiều khó khăn cho Chính phủ hay người ra quyết định trong việc lựa chọn dự án. Vì vậy hiện nay ngoài nghiên cứu về kinh tế kỹ thuật (Nghiên cứu khả thi – Feasible Study) thì cơ sở tốt nhất cho người ra quyết định là kết quả nghiên cứu Đánh giá tác động môi trường (ĐTM) của dự án, nó sẽ là một trong những yếu tố cơ bản để khẳng định dự án có hiệu quả toàn diện và có nên thực hiện hay không. Như vậy để quyết định đầu tư bất kỳ một dự án phát triển nào cũng căn cứ vào kết quả nghiên cứu hiệu quả của ba mặt: (i)– Kỹ thuật (Engineering); (ii)– Kinh tế (Economic); và (iii)– Môi trường (Environment), có nghĩa là dự án được thực hiện không làm môi trường xấu đi mà phải cải thiện nó tốt hơn[17][18].

Trong trong trường hợp dự án khó quyết định bởi các hiệu quả kinh tế và kỹ thuật thì vấn đề môi trường sẽ đóng vai trò rất quan trọng, và thực chất nó cũng chính là vấn đề kỹ thuật và kinh tế vì nếu kỹ thuật và kinh tế không hợp lý sẽ dẫn tới các tác động xấu tới môi trường của khu vực dự án. Đánh giá tác động môi trường là cả một quá trình liên tục và liên quan chặt chẽ với quá trình thực hiện dự án phát triển.

Đánh giá tác động môi trường là một ngành khoa học còn mới nên việc nghiên cứu và ứng dụng không thể đòi hỏi một cách hoàn toàn chính xác và hoàn thiện như một số các ngành khoa học khác. Điều này đã được các chuyên gia đánh giá môi trường có nhiều kinh nghiệm của thế giới và khu vực nhận xét rằng *"đánh giá tác động môi trường không những là một ngành mang tính khoa học mà còn mang tính chất nghệ thuật, nó phụ thuộc một phần vào khả năng và kinh nghiệm của người đánh giá",[18].*

Hiện nay sự phát triển kinh tế và xã hội thường được gọi chung là phát triển (development). Phát triển là một xu hướng tất yếu và mang tính quy luật của mỗi cá nhân, cộng đồng và của cả loài người. Bất kỳ một sự phát triển nào cũng phải có mục tiêu và các biện pháp để đạt được mục tiêu đó. Tuy nhiên mọi sự phát triển đều phụ thuộc rất nhiều vào các biện pháp và điều kiện cụ thể. Những sự phát triển do mục tiêu, biện pháp và điều kiện hợp lý sẽ mau chóng thành công và không gây ra tổn thất đáng kể cho môi trường. Ngược lại, những sự phát triển do mục tiêu, biện pháp không thích hợp sẽ gây ra tổn thất lớn cho môi trường.

Bất kỳ một sự phát triển nào cũng phải dựa trên cơ sở các điều kiện về tài nguyên và môi trường cụ thể, ví dụ xây một cây cầu qua sông thì phải dựa trên cơ sở điều kiện về thuỷ văn, địa hình và các yêu cầu phát triển kinh tế của vùng,...

Những nghiên cứu gần đây của các chuyên gia trên thế giới cho thấy rằng trong hoàn cảnh hiện nay, tất cả các quốc gia đều tuỳ thuộc lẫn nhau trong phát triển, không nước nào có thể phát triển "độc lập" hoàn toàn đối với các nước khác (kể cả các nước phát triển). Tuy nhiên trong cộng đồng các quốc gia có những nước giữ vị trí chủ chốt, có thế lực mạnh và có khả năng thao túng tình hình chung, đồng thời có những nước phải

phụ thuộc vào các nước chủ chốt. Điều này dẫn đến sự chậm phát triển của các nước nghèo và thiếu vốn đầu tư, và đây cũng là một trong những nguyên nhân gây nên sự huỷ hoại và ô nhiễm môi trường do đói nghèo.

Trong khoa học môi trường, chúng ta hiểu phát triển với ý nghĩa đầy đủ là phát triển kinh tế – xã hội. Như vậy ta có thể nói *phát triển là một quá trình nâng cao điều kiện sống của con người về cả vật chất và tinh thần bằng việc phát triển lực lượng sản xuất, thay đổi quan hệ sản xuất, quan hệ xã hội, nâng cao chất lượng hoạt động văn hoá.*

Trong quá trình phát triển, một nhu cầu mới được đặt ra nhằm đạt được thế phát triển ổn định lâu dài đó là sự "phát triển bền vững" (PTBV). Khái niệm này thường được sử dụng trong lĩnh phát triển kinh tế. Chúng ta có thể hiểu *PTBV là sự phát triển nhằm thoả mãn nhu cầu của thế hệ hiện tại và không làm tổn hại đến khả năng phát triển để thoả mãn nhu cầu của các thế hệ tương lai.* Còn khi sự phát triển không có kế hoạch và thiếu kiểm soát sẽ dẫn tới sự phát triển không bền vững thể hiện qua hai vấn đề lớn:

– Huỷ hoại và làm cạn kiệt tài nguyên

– Gây ô nhiễm môi trường sống.

Theo khuyến cáo của Hiệp hội Quốc tế Bảo vệ Thiên nhiên (IUCN) và Chương trình Môi trường Liên Hợp Quốc (UNEP), con người muốn xây dựng một môi trường mang tính chất kinh tế – sinh thái và phát triển bền vững, thì chúng ta phải xây dựng một xã hội phát triển bền vững dựa trên 9 nguyên tắc cơ bản đây [17]:

1. Tôn trọng và quan tâm đến cuộc sống cộng đồng.
2. Cải thiện chất lượng cuộc sống của con người.
3. Bảo vệ sức sống và tính đa dạng của Trái Đất.
4. Quản lý những nguồn tài nguyên không tái tạo được
5. Tôn trọng khả năng chịu đựng của Trái Đất.
6. Thay đổi tập tục và thói quen cá nhân
7. Để cho các cộng đồng tự quản lý môi trường của mình.
8. Tạo ra một khuôn mẫu quốc gia thống nhất, thuận lợi cho việc phát triển và bảo vệ môi trường.
9. Xây dựng một khối liên minh toàn cầu để gìn giữ và bảo vệ môi trường.

Quan hệ giữa Phát triển và Môi trường thực chất có mâu thuẫn, bởi vì trong các hoạt động phát triển con người phải sử dụng tài nguyên, làm thay đổi điều kiện môi trường tại nơi thực hiện các hoạt động phát triển. Nhưng giữa môi trường và phát triển lại có mối quan hệ hết sức chặt chẽ mà chúng ta có thể nói ngắn gọn *"Môi trường là tổng hợp các điều kiện sống của con người, còn Phát triển là quá trình cải tạo và cải thiện các điều kiện đó"*. Do vậy ta cũng có thể coi: *"Môi trường là địa bàn và đối tượng của sự phát triển, còn*

Phát triển thì luôn là nguyên nhân tác động và tạo nên mọi biến đổi tích cực và tiêu cực đối với môi trường".

Trong phạm vi quốc gia, khu vực hay toàn thế giới luôn tồn tại hai hệ thống đặc trưng là: (1) hệ thống kinh tế xã hội, và (2) hệ thống môi trường.

Trong đó hệ thống kinh tế xã hội được cấu thành bởi sản xuất, lưu thông phân phối và tiêu thụ, còn hệ thống môi trường gồm các thành phần thiên nhiên, xã hội cùng tồn tại trên một địa bàn với hệ thống kinh tế xã hội. Chúng tác động qua lại với nhau. Tuy nhiên, vì phát triển là xu thế tất yếu cho nên không phải vì quá sợ phát triển sẽ tác động xấu đến môi trường mà chúng ta không dám tiến hành các hoạt động phát triển, có điều phát triển thế nào để môi trường được bền vững mà vẫn đảm bảo được các mục tiêu phát triển.

8.1.1.2. Sự ra đời và phát triển của khoa học đánh giá tác động môi trường

Khi các hoạt động phát triển của con người còn ở trình độ thấp, sự tác động của chúng lên tài nguyên và môi trường chưa đáng kể so với sự phát triển tự nhiên của tài nguyên và môi trường nên con người không cảm thấy điều gì nghiêm trọng xảy ra. Một số nơi môi trường bị tác động nghiêm trọng nhưng bản thân con người chưa nhận biết được một cách chính xác để phòng ngừa,... Tuy vậy hàng trăm năm trước con người ở nhiều nơi trên thế giới cũng đã nhận thức được các tác động có hại của việc khai thác quá mức tài nguyên của mình. Do đó một số dân tộc đã có những phong tục, luật lệ địa phương nhằm giữ gìn tài nguyên, ví dụ các dân tộc Châu A' và một số nơi khác đã có các miếu thờ, truyền thuyết linh thiêng để bảo vệ rừng đầu nguồn. Do sự cân bằng khá tốt giữa các hoạt động phát triển của con người và sự phát triển của tài nguyên thiên nhiên mà môi trường đã được ổn định hàng ngàn năm [36], [38].

Như vậy, rõ ràng chỉ đến khi trình độ KHKT của con người phát triển, dân số tăng lên đáng kể, xã hội công nghiệp phát triển mới dẫn đến sự khai thác tài nguyên thiên nhiên quá mức và ô nhiễm môi trường. Điều này làm cho sự cân bằng giữa khai thác và hồi phục tự nhiên bị phá vỡ, làm biến đổi đột ngột các điều kiện tự nhiên môi trường. Điều này cũng có nghĩa con người đã tạo nên những mâu thuẫn sâu sắc giữa mục tiêu phát triển của xã hội loài người với quá trình diễn tiến của tự nhiên. Từ đó dẫn tới hàng loạt hậu quả mà con người phải trả giá để rồi dần dần nhận ra rằng "không thể chế ngự và can thiệp một cách thô bạo vào tự nhiên". Chúng ta có thể nêu một số hậu quả tác hại đến tài nguyên môi trường do nhiều nguyên nhân khác nhau, ví dụ ở các nước công nghiệp phát triển thì gây ra ô nhiễm (như ô nhiễm không khí, nước, chất thải các loại, thậm chí còn gây ra hiệu ứng nhà kính hay tác hại cho tầng ozon), còn ở các nước nghèo thì lại gây tổn hại cho tài nguyên và ô nhiễm môi trường do "sự đói nghèo và lạc hậu" (phá rừng, khai thác quá mức các tài nguyên,...).

Do vậy, đến những thập kỷ 60, 70 của thế kỷ 20 một số nước công nghiệp đã bắt đầu quan tâm đến việc bảo vệ môi trường. Ví dụ, năm 1970 ở Mỹ đã ban hành luật chính sách

quốc gia về môi trường, trong đó quy định tất cả các kiến nghị quan trọng ở cấp Liên bang về luật pháp, các hoạt động kinh tế kỹ thuật lúc đưa ra xét duyệt để được Nhà nước chấp nhận đều phải kèm theo một báo cáo chi tiết về tác động đến môi trường của hoạt động được kiến nghị. Sau đó là các nước Canada, Uc, Anh, Nhật Bản, Đức đều đưa ra luật quy định về vấn đề môi trường và thuật ngữ ĐTM (Environmental Impacts Assessment – EIA) được ra đời từ đó. Ban đầu ĐTM chỉ là những báo cáo chi tiết mang tính mô tả, dự đoán,... về môi trường. Dần dần hình thành các phương pháp kết hợp với kinh nghiệm thực tế của nhiều ngành khoa học, ngày nay ĐTM đã trở thành một bộ môn khoa học thực sự không thể thiếu trong các luận chứng cuả các dự án phát triển. Đến nay hầu hết các nước đã quan tâm đến vấn đề này và nhiều nước đã có quy định luật pháp về ĐTM.

Các tổ chức quốc tế cũng rất quan tâm đến ĐTM, đặc biệt là các Ngân hàng lớn thường cho vay vốn đầu tư phát triển như Ngân hàng Thế giới (WB) hay Ngân hàng Phát triển Châu A' (ADB) đều có quy định và hướng dẫn riêng về ĐTM cho các dự án phát triển. Vấn đề ĐTM được giới thiệu lần đầu tiên ở Việt Nam vào năm 1984 qua tài liệu "Giới thiệu các phương pháp đánh giá tác động môi trường" của Chương trình Tài nguyên và Môi trường. Đến nay vấn đề này đã trở thành khá phổ biến và chúng ta đã có nhiều chuyên gia về lĩnh vực này được đào tạo trong và ngoài nước. Mục ĐTM đã được bắt buộc đưa vào luận chứng của các dự án phát triển, chúng ta đã có Luật Môi trường và một số Nghị định, hướng dẫn bước đầu về ĐTM. Tuy nhiên việc vận dụng vào thực tế vẫn còn những khó khăn như nhân lực, tài liệu điều tra khảo sát, thiết bị, đặc biệt là kinh phí...

8.1.1.3. Những khái niệm cơ bản về tác động môi trường và đánh giá tác động môi trường

1. Tác động môi trường

Bất kỳ hoạt động nào của con người với mục đích khai thác sử dụng tài nguyên, môi trường đều gây ra *những biến đổi* ít nhiều theo hướng có lợi hoặc bất lợi đối với thế giới tự nhiên và điều kiện xã hội tại nơi thực hiện hoạt động đó. Những biến đổi đó được hiểu là *những tác động*.

Tác động môi trường được định nghĩa là *" mức độ biến đổi của một hay nhiều nhân tố môi trường sau một khoảng thời gian và trên một phạm vi không gian nhất định do một hay nhiều hoạt động của một dự án phát triển gây ra".*

Biểu thị tác động môi trường của dự án bằng công thức:

$$E = \sum_{i=1}^{n} V_{i,1} W_i - \sum V_{i,0} W_i \qquad (8.1)$$

n – số nhân tố môi trường bị tác động.

W_i – mức tác động của dự án đến nhân tố môi trường thứ i.

$V_{i,1}$ và $V_{i,0}$ – giá trị nhân tố môi trường thứ i trong trường hợp có làm dự án và không làm dự án.

Như vậy tác động môi trường phải được hiểu là "biến đổi môi trường" hay "sự khác nhau của môi trường" giữa trường hợp có làm dự án và trường hợp không làm dự án, chứ không phải là giữa thời điểm "sau khi làm dự án với trước khi làm dự án".

Biểu thị tác động môi trường bằng hình vẽ đối với một nhân tố/thông số môi trường như hình 8.1.

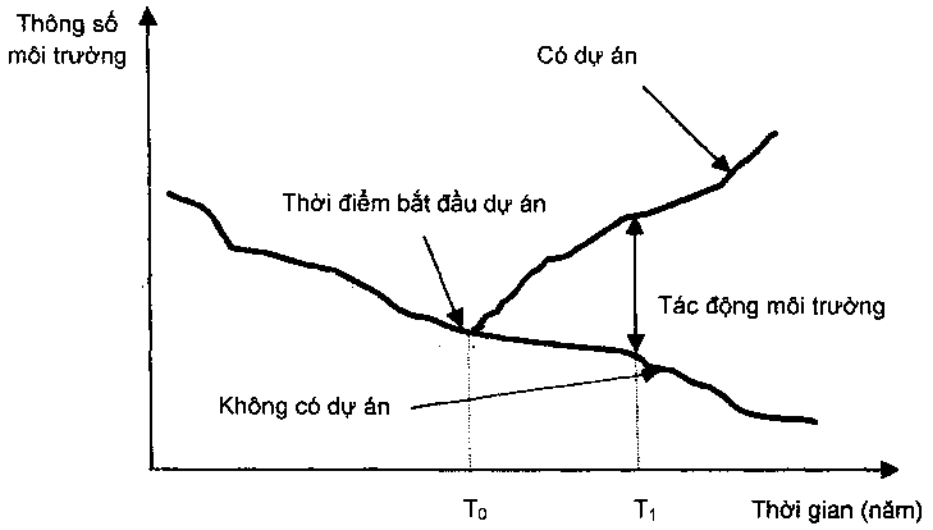
2. Các loại tác động môi trường

Các tác động môi trường gồm nhiều loại, được chia theo từng cặp bởi vì trong quan điểm đánh giá tác động môi trường *"nếu giảm được một tác động nào đó thì sẽ tăng một tác động đối nghịch, và ngược lại"*. Những tác động thường gặp được hiểu theo các khái niệm và giải thích sau đây.

(1) Tác động có lợi và tác động có hại: Các tác động có lợi của dự án là mang lại điều kiện tốt cho môi trường, ngược lại tác động có hại là gây sự tổn hại, suy thoái môi trường.

Trong một dự án, các tác động có lợi thường được thể hiện một phần lớn qua các mục tiêu của dự án, còn các tác động có hại thường phải phân tích từ đặc điểm của dự án (hay hoạt động của dự án) trên điều kiện môi trường cụ thể thì mới nhận thấy được.

(2) Tác động trực tiếp và tác động gián tiếp: Các tác động trực tiếp là hậu quả của các hoạt động dự án, còn tác động gián tiếp là hậu quả của các tác động tực tiếp.



***Hình 8.1.* Tác động môi trường của dự án [39]**

Như vậy tác động trực tiếp sẽ xảy ra ngay khi chúng ta thực hiện một hoạt động của dự án, còn tác động gián tiếp là xảy ra sau khi tác động trực tiếp xuất hiện hoặc sau một thời gian nhất định nào đó.

(3) Tác động tiềm tàng và tác động thực: Tác động tiềm tàng là những tác động chưa thực sự xảy ra, ta không biết chính xác về quy mô, mức độ của nó, còn tác động thực là tác động đã xảy ra, ta có thể xác định chính xác về quy mô, mức độ.

Tác động tiềm tàng được nhận biết thông qua phân tích, dự đoán từ các thông tin về hoạt động dự án và điều kiện môi trường cụ thể, còn tác động thực được nhận biết qua hiện tượng thực tế và có thể đo đếm được chính xác.

(4) Tác động trong và ngoài vùng dự án: Một dự án thường có phạm vi không gian cụ thể, những tác động xảy ra trong phạm vi đó gọi là tác động trong vùng dự án. Tác động xảy ra ngoài phạm vi đó là tác động ngoài vùng dự án.

Khái niệm vùng dự án hay phạm vi không gian tác động chỉ là tương đối, không thể có ranh giới chính xác, thực tế chỉ quy ước theo một số điều kiện nào đó. Vì vậy khi đánh giá các tác động này thường lấy theo ranh giới hành chính, địa hình (dãy núi, con sông,...), hoặc theo lưu vực sông.

(5) Những tác động tích luỹ và không tích luỹ: Tác động lớn dần theo không gian hay thời gian do dự án gây ra là tác động tích luỹ, còn tác động không tăng theo thời gian hay không gian là tác động không tích luỹ.

Trong thực tế của một lưu vực sông, các hoạt động trên các sông nhánh thượng lưu thường sẽ tạo ra các tác động tích luỹ đối với vùng hạ lưu, *ví dụ một lưu vực có nhiều sông nhánh nếu ta xây dựng một hồ chứa trên nhánh nào đó thì tác động của nó đối với dòng chảy hạ lưu là không lớn, nhưng tất cả các nhánh sông đều xây dựng hồ chứa sẽ gây ra tác động lớn đến chế độ dòng chảy hạ lưu.* Tác động tích luỹ theo thời gian phụ thuộc nhiều vào tần suất xảy ra các hoạt động và mức độ hoạt động, nếu tần suất thấp tác động có thể được loại bỏ, nhưng tần suất cao, mức độ hoạt động mạnh thì các tác động chưa kịp bị loại bỏ sẽ làm tăng dần các tác động.

(6) Tác động trước mắt và tác động lâu dài: Tác động xảy ra trong thời gian ngắn sau đó mất đi gọi là tác động trước mắt, còn tác động xảy ra trong suốt một thời gian dài gọi là tác động lâu dài.

Trong thực tế những tác động trước mắt (hay ngắn hạn) thường dễ khắc phục và phòng tránh, còn các tác động lâu dài thì rất khó khắc phục, thậm chí không thể khắc phục. Để giảm thiểu tác động xấu của các tác động dài hạn thường phải có những giải pháp tổng hợp, trong đó môi trường cũng phải thích nghi dần với các tác động đó.

(7) Tác động có thể đảo ngược được và tác động không thể đảo ngược: Khái niệm này khá trừu tượng, nhưng chúng ta có thể hiểu như sau: tác động có thể đảo ngược được là tác động mà dùng một biện pháp nào đó ta có thể khắc phục được, còn tác động

không thể đảo ngược được là tác động xảy ra mà ta không có biện pháp khắc phục, thậm chí giảm thiểu, *ví dụ làm hồ chứa nước thì mất đất do ngập là không thể đảo ngược.*

Một cách tổng quan, mỗi tác động có thể mang nhiều tính chất khác nhau, ví dụ tác động tích luỹ theo không gian cũng có thể là tác động lâu dài, hay một tác động xấu cũng có thể là tác động lâu dài hay không tích luỹ,... Trong trường hợp tác động xấu mang nhiều tính chất khác nhau thì rất khó khăn cho việc tìm giải pháp giảm thiểu.

3. Đánh giá tác động môi trường (ĐTM)

Định nghĩa mang tính kỹ thuật là: "Đánh giá tác động môi trường của một hoạt động phát triển kinh tế – xã hội là *xác định, phân tích và dự báo những tác động lợi và hại, trước mắt và lâu dài* mà việc thực hiện hoạt động đó có thể gây ra cho tài nguyên thiên nhiên và chất lượng môi trường sống của con người tại nơi có liên quan tới hoạt động, trên cơ sở đó *đề xuất những biện pháp phòng, tránh và giảm thiểu những tác động tiêu cực".*

Theo Luật Bảo vệ Môi trường của Việt Nam, đánh giá tác động môi trường được định nghĩa: "Đánh giá tác động môi trường là *quá trình phân tích, đánh giá, dự báo ảnh hưởng đến môi trường* của các dự án, quy hoạch phát triển kinh tế– xã hội, của các cơ sở sản xuất, kinh doanh, công trình kinh tế, khoa học, kỹ thuật, y tế, văn hoá, xã hội, an ninh, quốc phòng và các công trình khác, *đề xuất các giải pháp thích hợp về bảo vệ môi trường".*

Như vậy dù theo định nghĩa nào ĐTM cũng gồm hai nội dung lớn:

– *Xác định, phân tích và dự báo các tác động của dự án phát triển.*

– *Nghiên cứu đề xuất các biện pháp giảm thiểu các tác động xấu.*

8.1.2. Các khó khăn thách thức trong đánh giá môi trường

Đánh giá môi trường là một ngành khoa học còn mới so với các ngành khoa học và kỹ thuật khác như quy hoạch phát triển, xây dựng,... Nói đến môi trường và đánh giá môi trường là đề cập đến tất cả các yếu tố môi trường tại vùng nghiên cứu. Tất cả các hoạt động phát triển (dự án phát triển) đều sử dụng và khai thác tài nguyên và điều kiện môi trường, do vậy để đánh giá cần phải có rất nhiều thông tin, số liệu về các yếu tố môi trường và tài nguyên vùng dự án. Trong khi đó nhu cầu phát triển của còn người là tất yếu và không ngừng. Những khó khăn trong đánh giá tác động môi trường thể hiện ở nhiều khía cạnh khác nhau.

(1) Các nguồn gây ô nhiễm và các yếu tố tác động đến môi trường rất đa dạng và rất phức tạp bởi vậy việc xác định những đề án thu thập các số liệu cho việc đánh giá môi trường là rất khó khăn.

(2) Để thực hiện các quan trắc, thu thập số liệu về môi trường là một công việc khó khăn và rất tốn kém. Mặt khác, do những tác động mạnh mẽ đến môi trường của các hoạt động dân sinh kinh tế nên sự thay đổi các yếu tố về môi trường biến đổi nhanh và rất đa dạng.

(3) Sự hiểu biết đầy đủ về tác động của các yếu tố ô nhiễm đến môi trường cũng rất phức tạp, bởi vậy các phương pháp và công cụ đánh giá tác động đến môi trường cần được tiếp tục nghiên cứu.

(4) Những biện pháp nhằm giảm thiểu tác động xấu đến môi trường là rất tốn kém đối với các nhà đầu tư, bởi vậy, sự kiểm soát các tác động xấu đến môi trường gặp nhiều khó khăn.

(5) Sự nhận thức không đầy đủ của xã hội về sự cần thiết phải bảo vệ môi trường cũng là một thách thức cho việc quản lý môi trường.

8.1.3. Các phương pháp luận về đánh giá môi trường

8.1.3.1. Phương pháp luận đánh giá môi trường

Đánh giá tác động môi trường không phải là công việc chỉ làm trong một giai đoạn nào, hay làm đối với một hoạt động riêng lẻ nào của công trình mà đây là một công tác thường xuyên, liên tục trong suốt quá trình thực hiện một dự án (từ đề xuất đến khi hoàn thành xây dựng đưa vào khai thác vận hành). Các nghiên cứu đánh giá tác động môi trường được thực hiện song song với các bước nghiên cứu và thực hiện dự án. Quá trình thực hiện một dự án phát triển bao gồm nhiều giai đoạn khác nhau:

– Xác định, đề xuất dự án

– Nghiên cứu tiền khả thi

– Nghiên cứu khả thi và thiết kế kỹ thuật dự án.

– Thi công thực hiện dự án.

– Quản lý và vận hành khai thác.

Mỗi một giai đoạn có các vấn đề môi trường đặt ra khác nhau, cho nên đánh giá tác động môi trường là một công việc được làm liên tục trong suốt quá thực hiện một dự án. Tương ứng với mỗi giai đoạn là những xem xét đánh giá môi trường với những mức độ sâu sắc và chi tiết khác nhau.

Trong đánh giá tác động môi trường thường chia ra ba mức độ:

– Lược duyệt môi trường (thường dùng trong giai đoạn đề xuất dự án);

– Đánh giá sơ bộ tác động môi trường (dùng trong NC tiền khả thi);

– Đánh giá tác động môi trường đầy đủ (dùng trong NC khả thi và thiết kế kỹ thuật).

Trong giai đoạn thi công và vận hành dự án thì việc ĐTM chủ yếu là giám sát những vấn đề môi trường để hiệu chỉnh đánh giá.

Trong đánh giá tác động môi trường các dự án, để đạt kết quả của đánh giá chính xác, phù hợp, không bỏ sót các tác động đáng kể (nhất là các tác động xấu), đưa ra được những biện pháp hiệu quả, khả thi để giảm thiểu các tác động xấu do dự án gây ra thì phải tuân thủ những nguyên tắc cơ bản sau đây:

• *Đánh giá tác động môi trường của dự án cần làm sớm, làm thường xuyên và song hành với các giai đoạn của dự án.*

• *Đánh giá một cách toàn diện (không gian, thời gian, tài nguyên và thành phần môi trường) và có sự tham gia của cộng đồng.*

• *Đánh giá xuất phát từ nguyên nhân tác động đến hậu quả cuối cùng của tác động.*

• *Đánh giá từ mức độ thấp đến cao, từ đơn giản đến phức tạp và chi tiết.*

1. Nguyên tắc làm sớm, thường xuyên và song song với các giai đoạn dự án

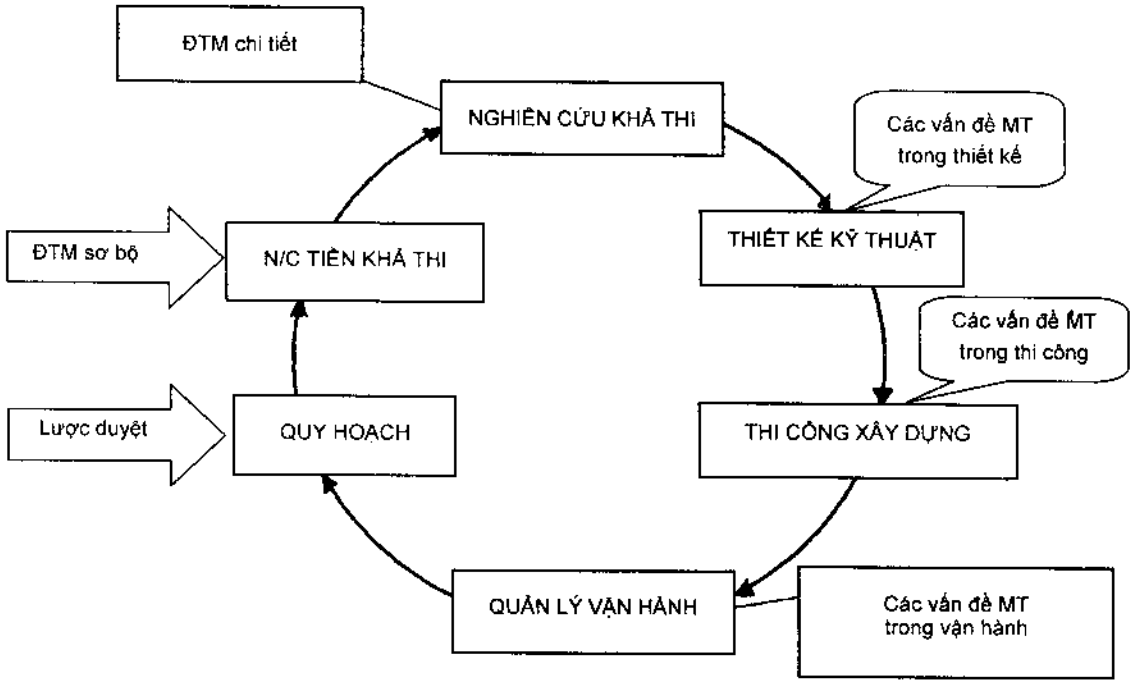
Như chúng ta đã biết, bất kỳ một hoạt động nào của con người (dưới các hình thức khác nhau) đều có ảnh hưởng đến một hoặc nhiều yếu tố môi trường tại nơi thực hiện hoạt động đó. Vì vậy đối với một dự án, để thực hiện nó phải là cả một chuỗi các hoạt động, hay là một chu trình dự án tức là từ khi nhận thức và đề xuất nó cho đến khi hoàn thành và sử dụng. Để hiểu rõ nguyên tắc này chúng ta phân tích đánh giá tác động môi trường qua chu trình của một dự án như sau.

Bất kỳ một dự án nào từ bắt đầu đến khi hoàn thành đưa vào sử dụng đều trải qua các giai đoạn: *đề xuất ⇒ nghiên cứu tiền khả thi ⇒ nghiên cứu khả thi ⇒ thiết kế kỹ thuật ⇒ thi công dự án ⇒ quản lí khai thác.* Trong giai đoạn khai thác thường có những điều chỉnh bổ sung những khiếm khuyết của dự án nên lại phải đề xuất các vấn đề, và lại lặp, do vậy quá trình thực hiện dự án còn được gọi là *chu trình dự án* (hình 8.2).

Phải làm sớm

Trong chu trình này, đánh giá tác động môi trường luôn phải làm sớm ngay từ khi quy hoạch và đề xuất dự án nhằm nêu ra các vấn đề môi trường chủ yếu liên quan đến dự án (công trình của dự án, ví dụ hồ chứa, đường giao thông,...) giúp cho hình thành đầy đủ khái niệm về dự án. Cũng qua các phương án khác nhau của quy hoạch/của đề xuất mà đánh giá, biết được phương án nào ít gây tác động xấu đến môi trường để đưa ra quyết định lựa chọn phương án cho hiệu quả toàn diện.

Ví dụ, trong quy hoạch phát triển thủy lợi của một lưu vực sông đề xuất dự án xây dựng hệ thống thủy lợi tưới, nhưng chưa xác định rõ nên dùng hồ chứa hay đập dâng, hoặc với quy mô nào là hợp lí nhất. Trong trường hợp này đánh giá môi trường có nhiệm vụ xem xét, so sánh về mặt môi trường của các phương án khác nhau (loại công trình, quy mô công trình,...) để đưa ra một phương án gây tác động tiêu cực thấp nhất, tất nhiên các hiệu quả khác phải đảm bảo tương đương nhau. Từ đó sẽ có quyết định về đề xuất dự án.



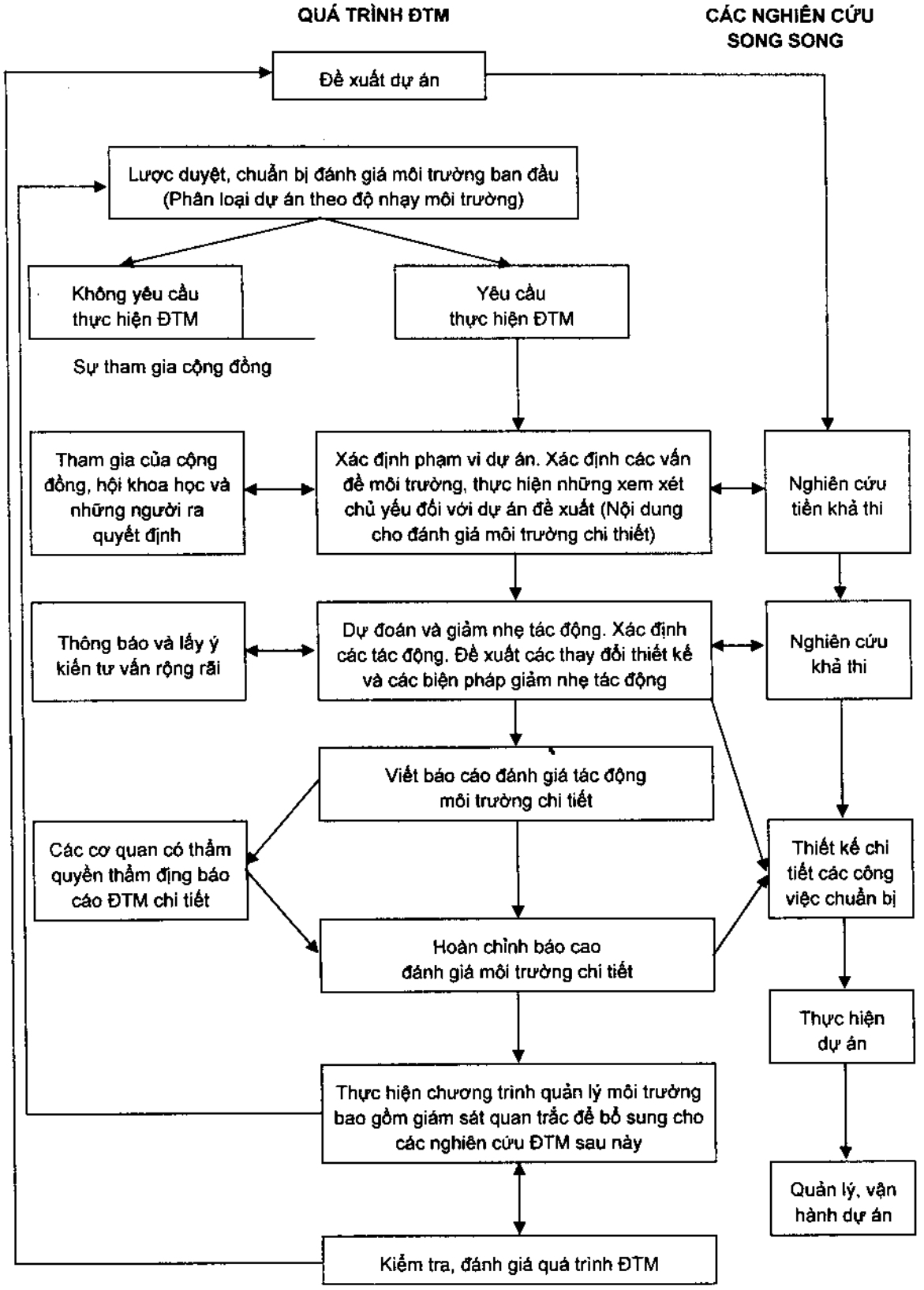
Hình 8.2. **Chu trình dự án và trình tự đánh giá tác động môi trường**

Như vậy, việc tham gia của đánh giá tác động môi trường ngay từ giai đoạn đầu của dự án sẽ có lợi ích là tiết kiệm được thời gian khi quyết định dự án, hạn chế những tác động môi trường xấu cho các giai đoạn nghiên cứu tiếp theo, với nghĩa đó sự tham gia của đánh giá này được coi như một sự *"sàng lọc"* quan trọng, nó giúp cho ta sớm vạch ra được một kế hoạch đánh giá môi trường và những vấn đề môi trường chủ yếu cần tập trung đánh giá sau này.

Phải làm thường xuyên và song song với dự án

Hoạt động của dự án được thực hiện trong suốt chu trình dự án, nên các tác động cũng vì thế mà liên tục xảy ra. Do vậy, *đánh giá tác động môi trường cũng phải được làm thường xuyên* và cùng lúc với các hoạt động của dự án Sau khi đề xuất dự án được chấp nhận, hoạt động chuẩn bị cho nghiên cứu tiền khả thi và tiếp theo là nghiên cứu khả thi và thiết kế kỹ thuật triển khai thì *đánh giá tác động môi trường cũng phải được thực hiện đồng thời (song song)* để sao cho những vấn đề môi trường do các nghiên cứu của dự án gây ra phải được phát hiện kịp thời cho mục đích hiệu chỉnh, hoặc tìm giải pháp giảm nhẹ.

Trong quá trình thi công (thực thi xây dựng các hạng mục cụ thể) và quản lí khai thác, đánh giá tác động môi trường có nhiệm vụ theo dõi, giám sát thường xuyên để xem các tác động/vấn đề môi trường có xảy ra như đã được đánh giá, dự đoán hay không. Từ đó có biện pháp điều chỉnh, khắc phục và rút kinh nghiệm, bài học cho những dự án tương tự khác.



Hình 8.3. **Quá trình ĐTM và các nghiên cứu song song của dự án [36]**

Như vậy, đánh giá tác động môi trường với nghiên cứu dự án luôn phải làm đồng thời để bổ sung, điều chỉnh cho nhau. *Không thể làm ĐTM trước rồi mới thực hiện nghiên cứu dự án, hoặc ngược lại không thể làm xong nghiên cứu dự án, tức dự án đã được quyết định, rồi mới làm đánh giá tác động môi trường, trong trường này việc đánh giá sẽ không có y' nghĩa nữa.* Bởi vì đánh giá ở đây có vai trò *tìm giải pháp giảm nhẹ tác động xấu,* trong đó có biện pháp điều chỉnh các thành phần, hay phương thức thực hiện dự án.

Mỗi giai đoạn nghiên cứu và thực hiện dự án đều có một yêu cầu cụ thể cho việc đánh giá tác động môi trường thể hiện qua sự chi tiết của các số liệu, tài liệu dùng cho đánh giá và sự chi tiết của các phân tích, dự báo, đánh giá các tác động, sự tham gia của chuyên gia và cộng đồng,... Quá trình cùng thực hiện nghiên cứu dự án và ĐTM là nguyên tắc khi thực hiện dự án phát triển nhằm hạn chế sự lãng phí về thời gian và kinh phí cho nghiên cứu dự án. Quá trình này được biểu thị như hình 8.3.

2. *Nguyên tắc toàn diện và có sự tham gia của cộng đồng*

Đánh giá toàn diện

Đánh giá tác động môi trường phải đảm bảo toàn diện trên các phương diện sau đây:

+ *Thực hiện một dự án cần có một không gian*, bao gồm các phần không gian cho xây dựng dự án và không gian chịu tác động của dự án. Thực tế không gian này chỉ có thể xác định một cách tương đối. Ví dụ khi thực hiện dự án hệ thống thủy lợi (gồm hồ chứa và hệ thống kênh) thì không gian gồm khu vực lòng hồ và thượng lưu, khu vực hạ lưu đập, khu vực được tưới và cả những khu vực lân cận chịu ảnh hưởng của dự án. Do vậy trong đánh giá tác động phải xem xét một cách toàn diện theo không gian, kể cả tác động trong và ngoài vùng dự án. Thậm chí đối với một số dự án khu công nghiệp còn phải đánh giá tác động tới không khí nữa.

+ *Đối với các dự án quy hoạch phát triển tài nguyên nước cần xem xét tới sự tích luỹ của các tác động theo không gian, đặc biệt là quy hoạch cho nhiều dự án khác nhau trên cùng một lưu vực hay cùng một vùng lãnh thổ.*

+ *Một dự án thực hiện thường kéo dài nhiều năm,* do vậy đánh giá tác động phải xét một cách toàn diện theo quá trình thời gian. Điều này một phần đã thể hiện trong nguyên tắc "*thường xuyên*" của ĐTM.

+ *Toàn diện theo các thành phần môi trường, các loại tài nguyên* là đặc biệt quan trọng trong ĐTM vì khi thực hiện dự án các tác động sẽ xảy ra đối với mọi tài nguyên và điều kiện môi trường vùng dự án với các mức độ khác nhau. Do vậy khi đánh giá tác động phải xem xét toàn diện đến:

– *Thành phần môi trường vật lý như địa hình, nguồn nước, đất đai, khoáng sản, không khí, khí hậu,...*

– *Thành phần môi trường sinh học như hệ động vật, thực vật hay các hệ sinh thái (HST nước, HST cạn).*

– Thành phần môi trường kinh tế, xã hội như dân cư, các giá trị sử dụng của con người (các hạ tầng cơ sở) và giá trị chất lượng cuộc sống của con người (việc làm, thu nhập, đời sống văn hoá tinh thần, điều kiện giáo dục và y tế,...).

Sự tham gia của cộng đồng

Mục tiêu của dự án phát triển là nâng cao điều kiện kinh tế, xã hội cho vùng dự án, trong đó cộng đồng là một trong những đối tượng vừa "*hưởng lợi*" lại vừa "*bị thiệt*", sự thiệt ở đây là do các tác động xấu của dự án gây ra. Mặt khác, một trong những mục đích của đánh giá tác động môi trường là giảm đến mức thấp nhất các tác động xấu đối với môi trường, có nghĩa là giảm tác động xấu cho cộng đồng vùng dự án. Do vậy, đánh giá những tác động của dự án cần có sự tham gia của cộng đồng. Cộng đồng ở đây được hiểu gồm chính quyền địa phương, những người bị ảnh hưởng (trực tiếp, gián tiếp) cả mặt lợi và mặt hại, đặc biệt là sự tham gia của những người dân bị ảnh hưởng xấu trực tiếp, ví dụ những người phải di chuyển khỏi khu vực công trình (hồ, kênh dẫn).

Cách thức tham gia của cộng đồng vào ĐTM có thể là:

+ Tham gia trực tiếp góp ý vào các phương án, các giải pháp giảm nhẹ tác động (ví dụ di dân tái định cư, tham gia lực lượng tại chỗ thực hiện dự án,...).

+ Tham gia góp ý vào kết quả ĐTM bằng các cuộc trao đổi phỏng vấn khi thông báo kết quả ĐTM, vì khác với các công việc tư vấn khác, về nguyên tắc các kết quả đánh giá tác động môi trường dự án phải được thông báo rộng rãi đối với cộng đồng địa phương.

3. Nguyên tắc đánh giá theo "nguyên nhân – kết quả"

Yêu cầu cơ bản của ĐTM là phải đánh giá được đầy đủ các tác động, không bỏ sót những tác động tiêu cực đáng kể (như đề cập trong nguyên tắc vừa nêu ở trên). Do vậy nguyên tắc đánh giá phải theo logic *"nguyên nhân – kết quả"*. Nguyên tắc này được thể hiện bởi quá trình sau:

Từ các *hoạt động phát triển* của dự án ⇒ tìm các *biến đổi môi trường* do các hoạt động gây ra ⇒ nhận biết *các tác động* tới tài nguyên và môi trường.

Theo nguyên tắc này, nguyên nhân của tác động môi trường gồm:

– Các hoạt động của dự án (theo từng giai đoạn dự án).

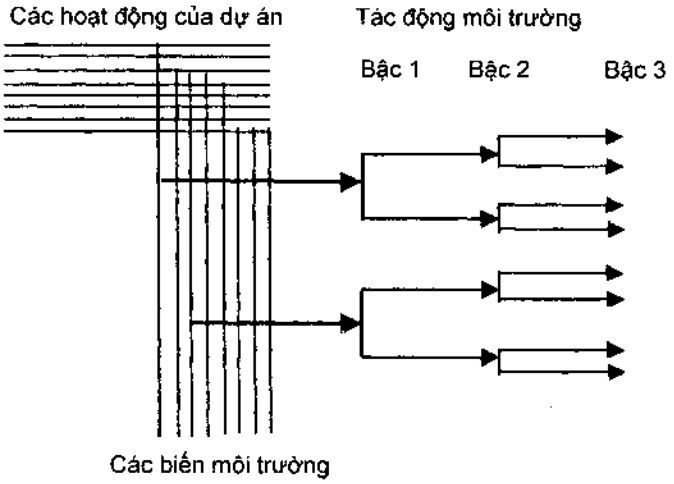
– Điều kiện môi trường vùng thực hiện dự án.

Còn kết quả là các biến đổi môi trường, các tác động môi trường cụ thể, các kết quả này tuỳ thuộc vào các nguyên nhân gây ra nó, có nghĩa là phạm vi, mức độ, ý nghĩa của tác động phụ thuộc vào đặc điểm, tính chất của hoạt động và điều kiện của các yếu tố môi trường tại đó. Nguyên tắc này thể hiện ở hình 8.4.

Như vậy để nhận biết, dự đoán và đánh giá cụ thể được tác động môi trường của dự án phải xuất phát từ các câu hỏi cơ bản: *Hoạt động của dự án, tức hoạt động đó cụ thể là gì? Làm khi nào? Và làm ở đâu? Điều kiện môi trường cụ thể tại nơi diễn ra hoạt động và lúc diễn ra hoạt động đó như thế nào?*

4. Nguyên tắc từ thấp đến cao, từ đơn giản đến phức tạp

Nguyên tắc này được thể hiện qua ba mức độ của việc đánh giá tác động môi trường cho một dự án: *(i). lược duyệt các vấn đề môi trường; (ii). đánh giá tác động môi trường sơ bộ; và đánh giá tác động môi trường chi tiết.* Khi đánh giá sơ bộ để biết những vấn đề môi trường/tác động môi trường nào là chủ yếu và xem xét sâu hơn thì phải xuất phát từ việc lược duyệt môi trường, và để biết cần phải đánh giá chi tiết những tác động nào lại phải căn cứ vào đánh giá sơ bộ. Có nghĩa là kết quả đánh giá của mức độ thấp hơn là cơ sở cho mức đánh giá cao hơn, điều này cũng có nghĩa là từ đơn giản đến phức tạp. Nguyên tắc này được thể hiện qua các mức độ đánh giá sau đây.



Hình 8.4. **Nguyên tắc nhận biết các tác động môi trường**

Lược duyệt các tác động môi trường

Lược duyệt các tác động môi trường là mức độ thấp nhất trong đánh giá tác động môi trường, nó được thực hiện cho mọi dự án trong quy định phải qua ĐTM. Nội dung lược duyệt là trên cơ sở các thông tin, số liệu có sẵn của dự án để *xác định những vấn đề môi trường/tác động môi trường có khả năng xảy ra nếu dự án được thực hiện nhằm đề xuất điều chỉnh dự án theo hướng tốt hơn.* Việc lược duyệt môi trường được thực hiện bằng cách: So sánh các dự án (với dự án tương tự đã thực hiện, với dự án thường không cần đánh giá tác động); hay ước đoán các tác động và phân tích.

Kết quả của lược duyệt môi trường được dùng để khẳng định có cần thực hiện các mức độ đánh giá cao hơn trong giai đoạn tiếp theo hay không.

Đánh giá sơ bộ tác động môi trường (ĐGSB)

Đánh giá tác động sơ bộ là mức cao hơn lược duyệt môi trường, nó được thực hiện khi mà lược duyệt kiến nghị phải tiếp tục đánh giá ở mức cao hơn. Để đánh giá sơ bộ tác động môi trường phải căn cứ vào các thông tin, số liệu sẵn có của dự án, và cần thiết phải thu thập thêm thông tin về tài nguyên, môi trường (từ các dự án, nghiên cứu khác trong vùng hoặc khảo sát tổng quan vùng dự án). Nội dung của giai đoạn này gồm:

+ Xác định các tác động chính của dự án đối với tài nguyên và môi trường trong vùng dự án.

+ Mô tả tác động và dự báo mức độ, phạm vi của tác động.

+ Nêu rõ tầm quan trọng của các tác động đó với người ra quyết định.

+ Sơ bộ đưa ra các giải pháp giảm thiểu tác động xấu.

Các phương pháp thường dùng cho mức độ đánh giá sơ bộ thường là *phương pháp danh mục và ma trận môi trường* (sẽ giới thiệu sau). Kết quả đánh giá sơ bộ sẽ cho ta kết luận là dự án có cần thực hiện mức độ đánh giá cao hơn hay không.

Đánh giá tác động môi trường chi tiết

Đánh giá chi tiết là mức độ cao nhất trong đánh giá tác động môi trường, ở đây phải xác định được nguồn gây tác động, phạm vi tác động, các nhân tố môi trường bị tác động, mức độ, y' nghĩa của tác động,... Để đánh giá tác động môi trường chi tiết cần trên cơ sở các thông tin, số liệu của nghiên cứu dự án, các số liệu điều tra thực địa chi tiết về tài nguyên, môi trường, nguồn ô nhiễm, kinh tế, xã hội,... của vùng dự án. Từ đó sử dụng các phương pháp mang tính định lượng để đánh giá đến mức có thể. Nội dung đánh giá chi tiết bao gồm:

1. Xác định/nhận dạng các tác động đến môi trường, bao gồm: các hoạt động quan trọng của dự án; điều kiện tài nguyên môi trường vùng dự án; các biến đổi môi trường do các hoạt động đó gây ra trên các mặt vật lý, sinh học, xã hội,... trong phạm vi dự án; các tác động đến tài nguyên thiên nhiên và chất lượng môi trường sống của con người.

2. Phân tích các nguyên nhân và hậu quả của các tác động để chọn những tác động quan trọng cần đánh giá.

3. Đánh giá tác động: bao gồm phạm vi tác động (không gian, thời gian); diễn biến theo thời gian, không gian; quy mô tác động, mức độ tác động. Đây là nội dung khó khăn nhất, cần cố gắng đánh giá định lượng tối đa bằng các phương pháp khác nhau và dựa vào các tiêu chuẩn về chất lượng môi trường theo quy định.

4. Đề xuất các biện pháp xử lý, giảm thiểu các tác động xấu: Trên cơ sở những tác động và tầm quan trọng của chúng đã xác định ở trên, kết hợp với những hiểu biết khoa học về công nghệ, kỹ thuật xử lý,... Từ đó mà đề xuất những biện pháp xử lý thích hợp và hiệu quả nhằm giảm tác động xấu tới tài nguyên, môi trường.

5. Đề xuất các nội dung quan trắc theo dõi diễn biến môi trường: Điều này rất cần thiết và quan trọng trong quá trình khai thác dự án, vì khi đánh giá tác động, dự báo tác động luôn có những sai số, cho nên theo dõi diễn biến môi trường nhằm hiệu chỉnh trong khai thác dự án để hạn chế tác động và nâng cao hiệu quả dự án.

Nguyên tắc này còn được thể hiện qua việc sử dụng các phương pháp thuộc loại đơn giản hay phức tạp để đánh giá tác động môi trường cho từng mức đánh giá được yêu cầu.

8.1.3.2. Các phương pháp kỹ thuật trong đánh giá tác động môi trường

Đánh giá tác động môi trường là một công việc phức tạp, khó khăn đòi hỏi rất nhiều tài liệu, số liệu, thông tin và nhiều kiến thức thuộc các lĩnh vực khác nhau từ khoa học tự nhiên, khoa học xã hội đến công nghệ, chính sách, pháp luật,...Mối quan hệ giữa các yếu tố môi trường trong khu vực dự án và giữa môi trường với các hoạt động cũng rất phức tạp, cho nên việc đánh giá tác động môi trường là khó định lượng một cách chính xác. Chỉ có khi xác định rõ các tác động môi trường của dự án mới sử dụng được các phương pháp kỹ thuật để đánh giá. Hiện nay có nhiều phương pháp kỹ thuật khác nhau để đánh giá, nhưng có thể chia ra hai nhóm:

a) Các phương pháp đánh giá nhanh: Đánh giá nhanh có nghĩa là không xem xét phân tích chi tiết, không cần nhiều tài liệu, thông tin chi tiết, và kết quả đánh giá chỉ đạt ở mức định tính. Thông thường nhóm này gồm các phương pháp đơn giản như: liệt kê các số liệu môi trường; danh mục kiểm tra các điều kiện môi trường; hay ma trận môi trường đơn giản. Các phương pháp này thường được dùng đánh giá môi trường trong các giai đoạn đề xuất và nghiên cứu tiền khả thi của dự án.

b) Các phương pháp đánh giá chi tiết: Các phương pháp này yêu cầu tài liệu, thông tin về dự án và môi trường vùng dự án rất chi tiết, việc đánh giá phải mất nhiều thời gian, nhân lực và kinh phí. Kết quả đánh giá có thể cho biết định lượng về tác động tới từng nhân tố, từng nhóm nhân tố hoặc tác động tổng hợp tới môi trường chung của dự án. Điều này cũng có nghĩa là các phương pháp này được dùng trong giai đoạn nghiên cứu khả thi và thiết kế kỹ thuật của dự án. Hiện nay thường dùng các phương pháp kỹ thuật để đánh giá định lượng: ma trận môi trường định lượng; mô hình vật lý và mô hình toán; chập bản đồ môi trường; phân tích lợi ích – chi phí mở rộng (kinh tế môi trường),...

8.1.3.3. Trình tự đánh giá tác động môi trường chung cho một dự án

Đánh giá tác động môi trường cho bất kỳ một dự án nào đều là một quá trình, nó chỉ khác nhau ở mức độ đánh giá đối với từng loại dự án cụ thể. Trình tự đánh giá tác động môi trường chung ở Việt Nam là:

1. Phân loại dự án trong đánh giá tác động môi trường

Việc đầu tiên là phải xem dự án có thuộc loại phải làm ĐTM chi tiết hay không? Hiện nay ở nước ta theo Luật Bảo vệ Môi trường các dự án phát triển được chia ra ba nhóm loại cho mục đích ĐTM:

1. Các dự án phải làm đánh giá môi trường chiến lược và thẩm định (xem Nghị định 80/CP) [43],[44].

2. Các dự án phải đánh giá tác động môi trường chi tiết, và báo cáo ĐTM phải thẩm định.

3. Các dự án còn lại chủ đầu tư chỉ lập, đăng ký và xác nhận bản cam kết bảo vệ môi trường qua cơ quan quản lí nhà nước có thẩm quyền xét duyệt.

2. Trình tự thực hiện một đánh giá tác động môi trường của dự án

Nếu dự án phải làm ĐTM chi tiết (mà dự án quy hoạch phát triển tài nguyên nước là thuộc loại phải làm ĐTM) thì trình tự thực hiện như sau:

a) Nếu hiểu theo trình tự các giai đoạn thực hiện dự án thì ĐTM cần thực hiện theo trình tự: *lược duyệt môi trường khi dự án được đề xuất; đánh giá tác động môi trường sơ bộ khi làm nghiên cứu tiền khả thi; đánh giá tác động môi trường chi tiết khi làm nghiên cứu khả thi; và xem xét, theo dõi, giám sát các vấn đề môi trường khi thiết kế kỹ thuật, thi công và vận hành khai thác.*

b) Nếu hiểu theo trình tự thực hiện ĐTM chi tiết cho một dự án cụ thể thì trình tự như sau:

(1) Công tác chuẩn bị bao gồm:

– Lập nhóm đánh giá tác động môi trường (của đơn vị thực hiện ĐTM độc lập với đơn vị tư vấn).

– Xác định phạm vi đánh giá của dự án

– Xác định các mối quan hệ cần thiết giữa đơn vị làm ĐTM với các đơn vị trung ương, địa phương.

– Lập đề cương chi tiết ĐTM và thu thập số liệu, tài liệu liên quan.

(2) Thực hiện các nội dung cụ thể:

– Nhận dạng các tác động trên cơ sở hoạt động dự án và điều kiện môi trường.

– Phân tích tác động và đánh giá mức độ tác động (bản chất tác động, tầm quan trọng, cường độ, phạm vi, thời gian xảy ra,...).

– Dự báo quy mô và diễn biến của tác động: định lượng các tác động, diễn biến theo không gian, thời gian (dùng các phương pháp kỹ thuật để dự báo, dự đoán như mô hình toán, mô hình vật lí,...).

– Đánh giá ý nghĩa của tác động, tức là vai trò của nó đối với môi trường chung của vùng dự án.

– Đề xuất các biện pháp giảm thiểu tác động xấu với mục tiêu tìm biện pháp tốt nhất, phù hợp nhất và không tác động bất lợi cho cộng đồng. Hình thức của các biện pháp giảm thiểu có thể là:

+ Điều chỉnh dự án: thay đổi phương án, giám sát môi trường, đền bù,...

+ Cải tạo điều kiện hạ tầng cơ sở,

+ Đề xuất chương trình giám sát môi trường vùng dự án nhằm theo dõi diễn biến các tác động, kiểm tra điều kiện sống (vệ sinh, cấp nước sạch, y tế cộng đồng, tham gia của giới,...).

+ Tăng đầu tư cho đào tạo cộng đồng địa phương vùng dự án

– Cung cấp các dịch vụ xã hội, công cộng, tư vấn để cộng đồng thích nghi với những thay đổi do dự án gây ra. Biện pháp giảm thiểu, cảnh báo sớm các thiệt hại môi trường có thể xảy ra.

(3) Trình bày và thông báo kết quả ĐTM

– *Lập hồ sơ báo cáo ĐTM, gồm báo cáo chung và báo cáo tóm tắt theo mẫu quy định chung, và các phụ lục kèm theo.*

– *Thông báo và phổ biến, vì tác động môi trường là vấn đề của cộng đồng do vậy đối tượng thông báo là rộng, từ các đơn vị, cơ quan trung ương, đến địa phương và người dân vùng dự án, đặc biệt là những người chịu tác động xấu của dự án. Hình thức thông báo bằng văn bản, truyền thông, hội thảo,...*

3. Phương pháp dùng trong đánh giá tác động môi trường

Hiện nay để ĐTM dự án có rất nhiều phương pháp khác nhau, mỗi phương pháp có những ưu điểm và tồn tại khác nhau. Do vậy tuỳ theo từng yêu cầu cụ thể (loại dự án, giai đoạn nghiên cứu,...) mà dùng phương pháp thích hợp. Các phương pháp đánh giá có thể phân ra hai nhóm loại:

(1) Nhóm các phương pháp đơn giản, chỉ dùng cho mức độ lược duyệt hoặc đánh giá sơ bộ tác động môi trường. Kết quả chỉ cho ta biết một cách định tính hoặc cấp độ của tác động. Yêu cầu số liệu, thông tin của nhóm phương pháp này không chi tiết, thường là dùng các tài liệu, số liệu có sẵn của dự án. Thuộc nhóm này gồm có một số phương pháp thông thường như:

– *Liệt kê số liệu thông số môi trường.*

– *Danh mục các điều kiện môi trường.*

– *Ma trận môi trường đơn giản.*

– *Sơ đồ mạng lưới,...*

(2) Nhóm các phương pháp phức tạp, thường được dùng cho mức độ đánh giá chi tiết và sơ bộ. Chúng cho kết quả định lượng các tác động, hoặc nhóm các tác động. Nhưng yêu cầu số liệu và thông tin khá chi tiết, nên thường phải thu thập, bổ sung nhiều số liệu từ công tác điều tra, khảo sát hiện trường vùng dự án. Các phương pháp thường dùng của nhóm này là:

- *Ma trận môi trường trọng số/định lượng.*
- *Mô hình toán.*
- *Chồng chập các bản đồ tác động môi trường.*
- *Phân tích lợi ích – chi phí mở rộng.*

8.1.4. Đánh giá tác động xã hội

8.1.4.1. Một số khái niệm

Đánh giá tác động của dự án đối với môi trường xã hội là đánh giá ảnh hưởng của việc thực hiện dự án tới tình hình kinh tế cũng như đời sống của cộng đồng dân cư trong khu vực dự án.

Mục tiêu của đánh giá tác động đến môi trường xã hội là để đảm bảo công bằng xã hội, duy trì lòng tin của nhân dân tới chính sách của Nhà nước và đảm bảo ổn định xã hội trong khu vực dự án.

Đánh giá các tác động của dự án tới môi trường xã hội rất quan trọng vì chúng ảnh hưởng tới hiệu quả của dự án. Hiện nay, trong đánh giá tác động môi trường các dự án ở nước ta, việc đánh giá tác động môi trường xã hội thường chưa được coi trọng đúng mức nên phần nào đó đã ảnh hưởng đến kết quả ĐTM của các dự án.

Đánh giá tác động môi trường xã hội đặc biệt quan trọng trong các trường hợp:

- Dự án có liên quan đến những bộ phận dân cư là các dân tộc thiểu số, hoặc nhân dân sống trong các vùng sinh thái nhạy cảm do mối quan hệ chặt chẽ giữa lối sống, nguồn lợi kinh tế, văn hoá, tập quán của họ đối với nguồn tài nguyên thiên nhiên trong vùng
- Các dự án dẫn tới việc phải tổ chức di dân và tái định cư bắt buộc với số lượng lớn dân cư trong vùng dự án. Các trường hợp này thường rất dễ gặp trong các dự án phát triển tài nguyên nước, đặc biệt là dự án xây dựng hồ chứa nước vừa và lớn.

Khi đánh giá tác động tới môi trường xã hội của dự án cần phải chú ý đến các khía cạnh sau đây:

1) Sự khác nhau trong cộng đồng: các nhóm dân cư khác nhau về mặt xã hội (như nghề nghiệp, giới tính, tình trạng kinh tế, tuổi tác, dân tộc) sẽ chịu tác động một cách khác nhau khi thực hiện dự án.

2) Sự khác nhau trong hệ thống sản xuất: các hệ thống sản xuất khác nhau (như thuỷ sản, nông nghiệp...) cũng sẽ chịu tác động một cách khác nhau khi thực hiện dự án.

3) Sự khác nhau trong phương thức sử dụng tài nguyên của cộng đồng dân cư: các cộng đồng dân cư sống trong vùng dự án đều có chủ quyền sử dụng các thành phần môi trường với mức độ khác nhau nên cũng bị ảnh hưởng khác nhau do thực hiện dự án.

4) Các vấn đề kinh tế xã hội của các dân tộc thiểu số nếu trong khu vực dự án có các dân tộc thiểu số cư trú và sinh sống...

5) Các vấn đề về di sản văn hoá, truyền thống dân tộc và giá trị của chúng nếu có và bị ảnh hưởng trong khu vực dự án.

6) Các vấn đề về thực hiện tái định cư bắt buộc và phản ứng của dân chúng nếu dự án phải di chuyển một bộ phận dân cư đến khu tái định cư. Việc thực hiện đền bù và lập kế hoạch tái định cư và sự chấp nhận của dân chúng.

7) Các vùng sinh thái nhạy cảm nếu các vùng này có bao gồm trong khu vực bị tác động của dự án như là: các vùng rừng quốc gia, rừng ngập mặn...; các vùng đất ven biển; các khu vực được bảo tồn đa dạng sinh học; các khu vực bảo tồn văn hoá truyền thống dân tộc, truyền thống lịch sử.

8.1.4.2. Các nội dung của đánh giá tác động môi trường xã hội

1) Mô tả điều kiện và hiện trạng kinh tế xã hội của dự án.

2) Phân tích để xác định các vấn đề xã hội chủ yếu cần ưu tiên xem xét đánh giá trong vùng dự án, từ đó chỉ ra các tác động chủ yếu đến môi trường xã hội trong vùng dự án cần đi sâu đánh giá.

3) Đánh giá mức độ và dự báo hậu quả của các tác động đó đối với kinh tế xã hội của vùng (theo các phương pháp định tính hoặc định lượng).

4) Đưa ra các giải pháp về quy hoạch, công nghệ, kế hoạch hành động, kế hoạch tái định cư... để giảm nhẹ các tác động tiêu cực về kinh tế xã hội đối với những cộng đồng dân cư bị ảnh hưởng do hoạt động của dự án. Cần có sự tham gia của cộng đồng dân cư, đặc biệt là những người bị ảnh hưởng trong khi nghiên cứu và hoạch định các giải pháp trong lĩnh vực này.

8.1.4.3. Các tác động môi trường xã hội chủ yếu cần xem xét và đánh giá

– Tác động đối với dân cư trong vùng bị ảnh hưởng phải di chuyển, tái định cư: cần xác định rõ khu vực dân cư bị ảnh hưởng phải di chuyển để thực hiện dự án, thành phần và đặc điểm dân cư, số lượng dân cư bị di chuyển, những thiệt hại của cải, cơ sở vật chất của họ, chính sách đền bù và thực hiện có công bằng, kế hoạch tái định cư có hợp lý phù hợp với dân cư hay không.

– Tác động làm thay đổi chất lượng cuộc sống cho cộng đồng dân cư trong vùng hưởng lợi do dự án mang lại, như làm thay đổi về thu nhập và phân phối thu nhập, tăng mức sống, cải thiện điều kiện nhà ở, điện, cấp nước, đi lại, thông tin, sức khoẻ, nâng cao đời sống văn hoá tinh thần cho cộng đồng dân cư.

– Tác động làm biến đổi các hoạt động kinh tế trong khu vực dự án: thay đổi hoạt động sản xuất và lưu thông của các ngành kinh tế trong khu vực như công nghiệp, nông nghiệp, lâm nghiệp, ngư nghiệp, du lịch dịch vụ...làm tăng nhanh tốc độ phát triển kinh tế của khu vực, đóng góp cho kinh tế của đất nước

– Tác động tới các giá trị văn hoá truyền thống, lịch sử, khảo cổ trong khu vực dự án.

8.1.4.4. Phương pháp đánh giá dự báo các tác động xã hội của dự án phát triển

Để dự báo tác động môi trường xã hội, tuỳ theo điều kiện dự án có thể sử dụng các phương pháp sau [38]:

1) Điều tra xã hội học tại hiện trường:

– Tiến hành điều tra thực tế trong nhân dân, các cơ quan tại địa phương thông qua phỏng vấn hoặc thu thập thông tin qua phiếu điều tra xã hội học.

– Nội dung điều tra tập trung vào: (i) những khía cạnh xã hội bị tác động của dự án, (ii) phạm vi các vùng dân cư bị tác động trực tiếp hoặc gián tiếp, và (iii) đối tượng dân cư bị tác động (mô tả những nơi và số người bị tác động, nguồn gốc và đặc trưng kinh tế xã hội, tôn giáo của họ).

– Tổng hợp phân tích các kết quả điều tra để rút ra các ý kiến đánh giá.

2) Tổng hợp, phân tích các số liệu thống kê về kinh tế, xã hội và các số liệu có liên quan khác.

3) Nghiên cứu nhân chủng học để đánh giá nguồn gốc, tập quán, tâm lý và mức độ tác động đối với các tộc người bị ảnh hưởng.

4) Sử dụng các phương pháp nghiên cứu kinh tế xã hội để đánh giá và dự báo các tác động môi trường xã hội khi có dự án.

5) So sánh tương tự với các dự án tương tự đã thực hiện ở nước ta.

8.1.4.5. Các biện pháp giảm thiểu tác động môi trường xã hội

Để giảm thiểu tác động môi trường xã hội cần phải giải quyết các vấn đề có liên quan đến ổn định chính trị, đảm bảo sự trợ giúp cần thiết khi có những tác động xấu: chính sách đền bù thiệt hại, chính sách tái định cư v.v.

Dưới đây là một ví dụ tác động của dự án phát triển đến đền bù tái định cư. Trong bảng 8.2 thống kê các loại thiệt hại chính của việc tái định cư và đưa ra những biện pháp nhằm giảm thiểu những thiệt hại này.

Bảng 8.2. Những loại hình thiệt hại chính của tái định cư và các biện pháp giảm thiểu

Loại thiệt hại	*Các biện pháp giảm thiểu*
1. Mất các phương tiện sản xuất, bao gồm đất đai, thu nhập và nguồn thu nhập.	Đền bù theo giá thay thế, hoặc thay thế những thu nhập và nguồn thu nhập bị mất. Thay thế thu nhập và những chi phí vận chuyển trong thời gian tái thiết, cộng với các biện pháp khôi phục mức sống.
2. Mất nhà cửa, có thể là mất toàn bộ các công trình, các hệ thống cộng đồng và các dịch vụ.	Đền bù nhà cửa bị thiệt hại và những tài sản gắn liền với nó theo giá thay thế; các phương án di chuyển kể cả xây dựng khu tái định cư nếu cần cùng với các biện pháp khôi phục mức sống.
3. Mất các tài sản khác.	Đền bù theo đơn giá thay thế hoặc thay thế.
4. Mất các tài nguyên, các giá trị sử dụng hiện có của cộng đồng, mất nơi cư ngụ, những giá trị văn hoá, giá trị truyền thống của cộng đồng	Thay thế nếu có thể được, hoặc đền bù theo giá thay thế, thực hiện các biện pháp khôi phục thu nhập cho họ.

8.1.5. Đánh giá môi trường chiến lược

8.1.5.1. Các khái niệm

Chính sách là "một loạt các hoạt động chung hoặc định hướng tổng thể được đề xuất mà chính quyền thực hiện hoặc sẽ thực hiện".

Quy hoạch là "một chiến lược nhìn xa, có mục đích hoặc một phác thảo làm rõ thêm và thực hiện chính sách".

Chương trình là "một sự tác dụng tổ chức, liên kết hoặc một kế hoạch thực hiện các cam kết, các đề xuất và/hoặc các hoạt động làm rõ thêm và thực hiện các chính sách".

Trong lĩnh vực đánh giá tác động môi trường, hiện nay có ba thuật ngữ hay được dùng là: (1) Đánh giá tác động môi trường (ĐTM), (Environmental Impacts Assessment– EIA), thường dùng cho các dự án phát triển; (2) Đánh giá môi trường tích lũy (ĐMT), (Cummulative Environmental Assessment– CEA); (3) Đánh giá môi trường chiến lược (ĐMC), (Strategic Environmental Assessment– SEA).

Đánh giá môi trường chiến lược

Theo Therivel et al (1992)[18] thì "Đánh giá tác động môi trường chiến lược là một quá trình được chính thức hóa, tổng hợp và toàn diện cho việc xác định các ảnh hưởng môi trường của một chính sách, một quy hoạch, hoặc chương trình và các phương án của nó." Hay "là việc phân tích, dự báo các tác động đến môi trường của dự án chiến lược, quy hoạch, kế hoạch phát triển trước khi phê duyệt nhằm bảo đảm phát triển bền vững".

Cũng có thể ĐMC là sự nâng cấp của đánh giá tác động môi trường dự án (ĐTM) và đánh giá môi trường tích lũy (ĐMT). Đánh giá môi trường chiến lược áp dụng cho các chính sách, kế hoạch/quy hoạch và chương trình môi trường hay phát triển. Đánh giá môi trường chiến lược nhằm đảm bảo các vấn đề môi trường đều được xem xét cặn kẽ và giải quyết thích đáng ở giai đoạn đầu của quy hoạch.

Bản chất của đánh giá môi trường chiến lược là đánh giá chính sách, kế hoạch/quy hoạch và chương trình môi trường hay phát triển để xác định hiệu quả của chúng, và cần đánh giá định kỳ về hiệu quả và qua đó "cảnh báo sớm" để có thể điều chỉnh để phục vụ tốt hơn các ưu tiên về môi trường. Đánh giá môi trường chiến lược tạo ra cơ hội cho các quốc gia trong đẩy mạnh kiểm tra việc sử dụng và phát triển các tài nguyên thiên nhiên.

Theo Nghị định số 80/2006/NĐ–CP ngày 09 tháng 8 năm 2006 của Chính phủ về việc quy định chi tiết và hướng dẫn thi hành một số điều của Luật Bảo vệ Môi trường [43], [44] (sau đây gọi là Nghị định số 80/2006/NĐ–CP), bao gồm:

a) Lập, thẩm định báo cáo đánh giá môi trường chiến lược;

b) Lập, thẩm định và phê duyệt báo cáo đánh giá tác động môi trường, báo cáo đánh giá tác động môi trường bổ sung; thực hiện và kiểm tra việc thực hiện các nội dung bảo vệ môi trường trong báo cáo đánh giá tác động môi trường, báo cáo đánh giá tác động môi trường bổ sung và các yêu cầu của quyết định phê duyệt;

c) Lập, đăng ký và xác nhận bản cam kết bảo vệ môi trường.

Đánh giá môi trường chiến lược có ba ưu điểm nổi bật là:

1) Giúp tăng cường đánh giá tác động môi trường (ĐTM) của các dự án

2) Giải quyết những ảnh hưởng môi trường mang tính tích luỹ và có quy mô lớn của các dự án.

3) Đưa được quan điểm bền vững vào "chu trình bên trong" của quá trình ra quyết định của các nhà lãnh đạo hoặc đầu tư.

Ngoài ra đánh giá môi trường chiến lược còn tạo điều kiện để đưa ra các cách tiếp cận phương án khác nhau, xác định phạm vi tác động (khu vực hay toàn cầu), và đánh giá môi trường chiến lược có các lợi ích cụ thể:

– Giúp xem xét các mục tiêu về môi trường trong việc lập các chính sách, quy hoạch và chương trình.

– Tạo điều kiện tham vấn giữa các cơ quan chính quyền và sự tham gia của công đồng về đánh giá các khía cạnh môi trường khi lập các chính sách, quy hoạch và chương trình.

– Khuyến khích xem xét các phương án thường bị bỏ qua hoặc không khả thi trong đánh giá môi trường chiến lược của dự án. Giúp xem xét một cách hiệu quả hơn các ảnh

hưởng và hoạt động thứ cấp và phụ thuộc. Tạo điều kiện xem xét những ảnh hưởng chậm và dài lâu.

Tuy nhiên, hiện nay để áp dụng và thực hiện đánh giá môi trường chiến lược cũng còn gặp rất nhiều khó khăn do thiếu kiến thức và kinh nghiệm của các cấp cũng như người thực hiện trực tiếp, thiếu sự phối hợp giữa các Bộ và cơ quan Chính phủ, và đặc biệt là những nhu cầu về chi phí và thời gian. Ngoài ra còn những khó khăn về thể chế và tổ chức thể hiện ở yêu cầu phối hợp hữu hiệu ở trong và ngoài Chính phủ, thiếu thông tin, chuyên gia, thiếu đường lối chỉ đạo hay cơ chế đảm bảo thực hiện trọn vẹn, và thiếu cả về phương pháp kỹ thuật.

8.1.5.2. Các phương pháp đánh giá môi trường chiến lược

Để thực hiện tốt đánh giá môi trường chiến lược cho một chính sách, quy hoạch hay chương trình phát triển nên kết hợp với những vấn đề sau đây:

1. Sử dụng phương pháp sàng lọc đơn giản để khởi đầu đánh giá môi trường chiến lược như phương pháp danh mục phân loại, câu hỏi sàng lọc sơ bộ hoặc kết hợp các phương pháp đơn giản.

2. Phát hiện những vấn đề môi trường quan trọng, lập đề cương thực hiện đánh giá môi trường chiến lược, xác định phương thức tiếp cận phải theo và xác lập những phương án khác để xem xét.

3. Đánh giá và so sánh các phương án, kể cả phương án không thực hiện, làm rõ cái lợi và cái hại để có thể xác định phương án môi trường khả thi nhất.

4. Tiến hành đánh giá chính sách hay phân tích ảnh hưởng ở mức độ cần thiết để xem xét các vấn đề môi trường và ảnh hưởng tích luỹ, so sánh các phương án và xác định các phương án giảm nhẹ hay biện pháp bù đắp cho những vấn đề còn lại.

5. Báo cáo kết quả đánh giá môi trường chiến lược cho người ra quyết định với những kiến nghị hỗ trợ để hoàn chỉnh báo cáo cho đầy đủ.

6. Kiểm tra lại báo cáo đánh giá môi trường chiến lược để bảo đảm thông tin đầy đủ và phù hợp với các yêu cầu ra quyết định.

7. Xác lập những điều kiện cần thiết tiếp theo cho việc giám sát tác động, bằng cách kiểm tra xem tình trạng môi trường được phê chuẩn đã được thực hiện hay chưa.

Trong đánh giá môi trường chiến lược cần phải có các chỉ báo để làm phương tiện mô tả tình trạng cơ bản, dự báo ảnh hưởng, so sánh các phương án và giám sát hiệu quả lâu dài của một chính sách, quy hoạch hay chương trình phát triển cụ thể. Các chỉ báo này phải đảm bảo các tiêu chuẩn:

– Có ý nghĩa cá thể hoặc tập thể, biểu thị những vấn đề chính về môi trường.

– Được dựa trên những nguyên tắc và giả định có căn cứ vững chắc, và những thông tin dễ thu thập và tốt nhất có ở một quy mô thích hợp.

– Cho phép thu thập cả thông tin định tính lẫn thông tin định lượng ở những phạm vi không gian khác nhau.

– Cho phép xem xét các phương án, cả riêng rẽ lẫn kết hợp.

– Cho phép đo đạc thông tin cơ bản cho dự báo và giám sát tác động,

– Kích thích sự tưởng tượng ở người ra quyết định và tăng khả năng hiểu sâu những lựa chọn.

– Đưa tới những kết quả dễ hiểu đối với người ra quyết định và nhân dân.

Các phương án được xem xét trong đánh giá môi trường chiến lược có thể bao gồm:

– "Không làm gì cả" hoặc "tiếp tục xu hướng hiện tại"

– Giảm nhu cầu khai thác sử dụng tài nguyên, ví dụ giảm nhu cầu dùng nước.

– Các phương án định cư khác nhau, ví dụ xây nhà mới ở thành phố hiện tại hay ở thành phố mới.

– Quy định các loại phát triển khác nhau cùng đạt một mục tiêu, ví dụ sản xuất năng lượng bằng khí đốt, than, gió vv...

– Các hình thức quản lý khác nhau, như quản lý chất thải bằng cách tái chế, đốt v.v.

– Kết hợp các hướng tiếp cận phát triển và quản lý làm hình mẫu theo chủ đề, như nhiều vận tải công cộng hơn hay là nhiều vận tải tư nhân hơn...

Cuối cùng, trong đánh giá môi trường chiến lược, phải đưa ra được các biện pháp giảm nhẹ tác động bất lợi tiềm tàng phù hợp, thông thường trong đánh giá môi trường chiến lược gồm có các biện pháp:

– Quy hoạch phát triển tương lai để tránh những địa điểm nhạy cảm.

– Đặt ra những ràng buộc hay xác lập một khuôn khổ cho những chính sách, quy hoạch và chương trình cấp thấp hơn. Điều này bao gồm những yêu cầu đối với đánh giá môi trường chiến lược của các chính sách, quy hoạch và các dự án, hoặc những yêu cầu cụ thể đối với việc thực hiện các dự án do các chính sách, quy hoạch phát triển đưa lại.

– Thành lập hay cấp vốn để thành lập những khu vực bảo tồn thiên nhiên hay giải trí mới.

– Đề ra những hướng dẫn quản lý để thực hiện các chính sách, quy hoạch và chương trình phát triển.

– Tái định cư những loài hay môi trường sống cho động vật hoang dã nhạy cảm/quý hiếm, hoặc khu giải trí địa phương

– Yêu cầu công nghệ "sản xuất sạch" để giảm chất ô nhiễm của các loại công nghiệp trong một quốc gia hay một vùng.

8.1.5.3. Kỹ thuật đánh môi trường chiến lược

Một số kỹ thuật được áp dụng cho đánh giá môi trường chiến lược (ĐMC) gồm những loại kỹ thuật đã dùng cho đánh giá tác động môi trường (ĐTM) ở cấp dự án, cũng như những kỹ thuật thường dùng để phân tích chính sách/đánh giá quy hoạch và chương trình phát triển. Ví dụ các kỹ thuật như lập kịch bản, bảng cân đối quy hoạch và phân tích chi phí lợi nhuận. Tuỳ theo những đặc điểm cụ thể của các chính sách, quy hoạch phụ thuộc vào ĐMC, có thể có những hiệu chỉnh cần thiết trong những kỹ thuật được chọn lựa từ cả hai nhóm trên. Một số ví dụ kỹ thuật gắn với những bước khác nhau trong chính sách, quy hoạch và việc tiến hành một nghiên cứu ĐMC. Trong đánh giá môi trường chiến lược không nên dùng một kỹ thuật đơn lẻ để thực hiện tất cả các bước trong một đánh giá môi trường chiến lược, mà nên dùng nhiều kỹ thuật khác nhau.

Một khía cạnh quan trọng của ĐMC là dự báo tác động. Ví dụ kỹ thuật dự báo tác động được dùng trong đánh giá môi trường chiến lược gồm có:

– Danh mục kiểm tra cho biết liệu các chính sách, quy hoạch, chương trình phát triển có ảnh hưởng tới môi trường nào đó hay không, biết thêm chi tiết về loại ảnh hưởng (tích cực, tiêu cực) và quy mô ảnh hưởng.

– Đánh giá tính tương thích và nhất quán, để thử nghiệm xem các tiểu thành phần khác nhau của các chính sách, quy hoạch, chương trình phát triển có thật tương thích với nhau không.

– Phân tích kịch bản cụ thể của các chính sách, quy hoạch, chương trình phát triển đề xuất.

– Chồng chập bản đồ hay hệ thông tin địa lý chứng tỏ, chẳng hạn, những địa điểm chịu ảnh hưởng của các chính sách, quy hoạch, chương trình phát triển.

– Sử dụng những chỉ số khác nhau, hay các chỉ báo và kỹ thuật để đánh giá, ví dụ chỉ số "bền vững môi trường sống".

– Sử dụng các mô hình toán để phân tích, đánh giá, dự báo tác động, ví dụ mô hình dự báo ô nhiễm không khí dựa trên những giả định về loại và số lượng xe cộ, tỷ lệ xe trên đường và sử dụng nhiên liệu.

– Ý kiến các chuyên gia về từng lĩnh vực của các tác động môi trường

Trong đánh giá môi trường nói chung có thể dùng nhiều phương pháp kỹ thuật khác nhau, bảng 8.3 và 8.4 tóm tắt, trên cơ sở tương đối, việc sử dụng một số kỹ thuật đánh giá tác động môi trường một dự án cụ thể, và đánh giá môi trường tích luỹ (ĐMT), cũng như đánh giá môi trường chiến lược cho các chính sách, quy hoạch hay chương trình.

Tóm lại, trong khi có thể lên danh mục các kỹ thuật cho đánh giá môi trường chiến lược (ĐMC), thì những kỹ thuật đó vẫn chưa được xây dựng tốt và điều chỉnh để thích

ứng với ĐTM cấp dự án. Cần có những khảo cứu so sánh về tính hữu dụng tương đối và hiệu quả của các loại kỹ thuật khác nhau trong đánh giá môi trường chiến lược.

8.5.1.4. Lập, thẩm định báo cáo đánh giá môi trường chiến lược

1. Lập báo cáo đánh giá môi trường chiến lược

• Cơ quan được giao nhiệm vụ lập dự án thuộc đối tượng phải lập báo cáo đánh giá môi trường chiến lược quy định tại Điều 14 của Luật Bảo vệ Môi trường (sau đây gọi là chủ dự án) thành lập tổ công tác về đánh giá môi trường chiến lược gồm các chuyên gia về môi trường, các nhà khoa học liên quan có trình độ, chuyên môn phù hợp với nội dung, tính chất của dự án để tiến hành công tác đánh giá môi trường chiến lược và lập báo cáo đánh giá môi trường chiến lược của chiến lược (quy hoạch, kế hoạch).

• Báo cáo đánh giá môi trường chiến lược phải được thể hiện theo đúng cấu trúc và đáp ứng những yêu cầu về nội dung quy định tại Phụ lục 1 kèm theo Thông tư này.

2. Gửi hồ sơ đề nghị thẩm định báo cáo đánh giá môi trường chiến lược

• Chủ dự án gửi hồ sơ đề nghị thẩm định báo cáo đánh giá môi trường chiến lược đến cơ quan tổ chức việc thẩm định quy định tại Khoản 7 Điều 17 của Luật Bảo vệ Môi trường.

• Số lượng và mẫu hồ sơ đề nghị thẩm định được quy định như sau:

+ 01 (một) văn bản đề nghị thẩm định báo cáo đánh giá môi trường chiến lược theo mẫu quy định tại Phụ lục 2 kèm theo Thông tư này;

+ 07 (bảy) bản báo cáo đánh giá môi trường chiến lược của dự án được đóng thành quyển theo mẫu quy định tại Phụ lục 3 kèm theo Thông tư này, có chữ ký kèm theo họ tên, chức danh của chủ dự án và đóng dấu ở trang bìa phụ của từng bản báo cáo;

+ 01 (một) dự thảo văn bản chiến lược (quy hoạch, kế hoạch).

• Trong trường hợp số lượng thành viên hội đồng thẩm định cần nhiều hơn 07 (bảy) người, hoặc trong trường hợp cần thiết khác do yêu cầu của công tác thẩm định, chủ dự án cần cung cấp thêm số lượng báo cáo đánh giá môi trường chiến lược theo yêu cầu của cơ quan tổ chức việc thẩm định.

3. Thẩm định báo cáo đánh giá môi trường chiến lược

• Sau khi nhận đủ hồ sơ hợp lệ và đáp ứng yêu cầu để thẩm định, cơ quan tổ chức việc thẩm định thành lập Hội đồng Thẩm định; số lượng thành viên hội đồng thẩm định được quyết định căn cứ vào quy định tại các khoản 2, 3 và 4 Điều 17 của Luật Bảo vệ Môi trường, tính chất, quy mô của dự án và những yêu cầu đặt ra về môi trường, nhưng phải bảo đảm ít nhất là 07 (bảy) thành viên.

***Bảng 8.3.* Các phương pháp hiệu quả trong các bước đánh giá môi trường chiến lược**

Bước	*Phương pháp, kỹ thuật áp dụng*
Khảo sát cơ bản	Báo cáo tình trạng môi trường và những tài liệu tương tự Tiềm năng, cảnh quan môi trường Địa điểm đối chứng
Sàng lọc/khoanh vùng	Danh mục kiểm tra chính thức/không chính thức Khảo sát, so sánh trường hợp Mạng lưới các ảnh hưởng môi trường Tham vấn cộng đồng hay chuyên gia
Xác định phương án	Chính sách, tiêu chuẩn, chiến lược môi trường Tiền lệ cam kết trước đây Kế hoạch vùng/địa phương Giá trị và những ưu tiên của quần chúng
Phân tích ảnh hưởng	Xây dựng kịch bản Đánh giá nguy cơ, rủi ro môi trường Các chỉ báo và tiêu chuẩn về môi trường Ma trận ảnh hưởng chính sách Mô hình dự báo và mô hình mô phỏng Khả năng GIS/phân tích môi trường sống Phân tích chi phí – lợi ích và những kỹ thuật đánh giá kinh tế khác Phân tích đa tiêu chuẩn
Cung cấp tư liệu cho việc ra quyết định	Ma trận ảnh hưởng – đan xen Phân tích sự tương thích Phân tích độ nhạy cảm Cây ra quyết định

• Trong thời hạn quy định tại khoản 1 và khoản 2 Điều 12 của Nghị định số 80/2006/NĐ–CP, cơ quan tổ chức việc thẩm định phải hoàn tất việc thẩm định báo cáo đánh giá môi trường chiến lược.

• Tổ chức và hoạt động của Hội đồng Thẩm định thực hiện theo Quy chế về Tổ chức và Hoạt động của Hội đồng Thẩm định. Báo cáo đánh giá môi trường chiến lược do Hội đồng Thẩm định thực hiện kèm theo các văn bản pháp quy của Nhà nước ban hành.

• Việc gửi báo cáo kết quả thẩm định được thực hiện theo quy định tại khoản 3 và khoản 4 Điều 10 của Nghị định số 80/2006/NĐ–CP.

Bảng 8.4. **Các kỹ thuật ĐTM sử dụng trong các loại đánh giá môi trường**

Phương pháp	*Sử dụng tương đối*		
	ĐTM dự án	*ĐMT*	*ĐMC*
Phép tương tự	H	M	L
Danh mục kiểm tra	H	M	M
Danh mục kiểm tra tập trung vào quyết định	M	L	L
Phân tích chi phí – lợi ích	L	O	O
Ý kiến chuyên gia	H	M	M
Hệ thống chuyên gia	L	O	O
Chỉ số/chỉ báo	M	L	M
Test phòng thí nghiệm	M	L	NA
Đánh giá cảnh quan	M	L	L
Xét duyệt tài liệu	M	L	L
Cân bằng khối lượng	H	L	L
Ma trận	H	L	M
Giám sát (cơ bản)	L	O	O
Mạng lưới	M	O	O
Chồng chập bản đồ	M	L	L
Chụp ảnh/ghép ảnh	M	L	L
Mô hình định tính	H	L	L
Mô hình định lượng	M	L	L
Đánh giá nguy cơ	L	L	L
Xây dựng kịch bản	L	O	L
Ngoại suy xu hướng	L	L	L

Ghi chú: O = Sử dụng hạn chế (rất ít)

H = Sử dụng tương đối cao NA = Không áp dụng được

M = Sử dụng vừa phải L = Sử dụng tương đối thấp

8.1.6 Tích hợp các vấn đề môi trường trong quy hoạch tài nguyên nước

1. Quy hoạch tài nguyên nước

Lưu vực sông là một đơn vị thủy văn hoàn chỉnh, trong đó một chu trình nước được thực hiện cùng với mọi diễn biến môi trường và các hoạt động đa dạng của con người. Lưu vực sông còn được coi là một hệ sinh thái hoàn thiện mà trong đó các thành phần vô sinh và hữu sinh tương tác qua lại với nhau để tạo nên sự tồn tại và phát triển chung của lưu vực. Trên mọi lưu vực sông con người đã và đang khai thác các nguồn tài nguyên và môi trường phục vụ cho mục đích tồn tại và phát triển của mình. Trong quá trình khai thác đó con người cũng tạo ra nhiều áp lực tiêu cực đối với lưu vực sông thông qua việc khai thác quá mức, thiếu quy hoạch, xả chất thải bừa bãi,...*Điều đó đặt con người trước những thách lức lớn: Liệu các lưu vực sông có còn là nguồn sống bền vững cho con người? Làm thế nào để duy trì và phát triển các nguồn tài nguyên và môi trường lưu vực sông cho mục đích phát triển của con người?...*

Nước là tài nguyên đặc biệt, nó chi phối toàn bộ các quá trình hoạt động trên lưu vực sông. Từ lâu, hàng loạt các công trình nhân tạo đã được xây dựng trên các lưu vực sông cho các mục đích khác nhau như giao thông, thủy điện, thủy lợi, nông nghiệp, văn hoá,... Nhưng thực tế các công trình này thường chỉ đáp ứng một số ít mục tiêu của từng ngành, từng khu vực trên lưu vực mà chưa thoả mãn mục tiêu tổng hợp cho toàn lưu vực. Do vậy chúng thường gây ra các mâu thuẫn trong khai thác, sử dụng và quản lý các tài nguyên và môi trường, gây lãng phí và thậm chí kìm hãm phát triển toàn diện.

Đặc biệt là những lưu vực sông lớn, những lưu vực sông đi qua nhiều vùng có điều kiện địa lí, khí hậu khác nhau và những lưu vực sông quốc tế thì việc sử dụng, khai thác và quản lí hiệu quả tài nguyên nước là công việc hết sức phức tạp và khó khăn. *Để giải quyết một phần khó khăn này, con người đã nhận thức rằng việc trước nhất phải làm là quy hoạch tổng hợp tài nguyên nước có xem xét đến khía cạnh bền vững môi trường cho lưu vực sông, từ đó mới định hướng sử dụng hợp lí và bền vững tài nguyên nước.*

Quy hoạch là bước/giai đoạn đầu tiên trong quá trình thực hiện một hoạt động phát triển (hay còn gọi là dự án). Quy hoạch được làm cho mọi đối tượng, tài nguyên với các mục đích khác nhau trên một khu vực hay một lưu vực sông. Tài nguyên đó có thể là đất, khoáng sản, nguồn nước, rừng,... Mục đích có thể là khai thác, sử dụng tài nguyên hay bảo vệ tài nguyên môi trường, thậm chí còn là phòng chống thiên tai.

Quy hoạch cho một tài nguyên nào đó thường được gọi là "*quy hoạch phát triển ngành*", ví dụ quy hoạch thủy lợi, quy hoạch nông nghiệp, quy hoạch sử dụng đất,... Quy hoạch phát triển phải được hiểu là "*quy hoạch của một ngành cụ thể, trên một không gian cụ thể và cho một thời gian cụ thể trong tương lai*", có nghĩa quy hoạch là đưa ra những việc cần làm cho tương lai trên cơ sở điều kiện hiện tại và những dự đoán về biến đổi tài nguyên và nhu cầu sử dụng trong tương lai cụ thể.

Quy hoạch phát triển ngành phải "trên cơ sở hiện trạng tài nguyên có sẵn của ngành đó và đặc điểm của nó, và nhu cầu phát triển kinh tế xã hội trong thời gian sắp tới để đưa ra các biện pháp khai thác, sử dụng và bảo vệ tài nguyên theo thứ tự ưu tiên phù hợp với nhu cầu phát triển".

Tài nguyên nước tham gia vào mọi quá trình phát triển kinh tế, xã hội của lưu vực sông, hơn nữa tài nguyên nước chứa trong nó nhiều tiềm năng mà con người có thể khai thác như cấp nước (tưới, sinh hoạt, công nghiệp, thủy sản), năng lượng, giao thông, giải trí,... nhưng đồng thời nó cũng tiềm ẩn nhiều hiểm hoạ như lũ lụt, hạn hán, nguồn gây bệnh,... Do vậy riêng đối với tài nguyên nước, theo quan điểm truyền thống đã có nhiều quy hoạch chuyên ngành trong lĩnh vực tài nguyên nước. Hiện nay với yêu cầu *phát triển bền vững* (bền vững đồng thời cả kinh tế, xã hội và môi trường) thì quy hoạch phát triển tài nguyên nước phải được hiểu và thực hiện theo *quan điểm tổng hợp*. Quy hoạch phát triển tổng hợp tài nguyên nước là *quy hoạch xem xét đồng thời nhiều mục tiêu cho nhiều ngành liên quan đến tài nguyên nước trên một lưu vực sông hay một khu vực lãnh thổ, sao cho sự phát triển các ngành vẫn đảm bảo, không gây mâu thuẫn với nhau và không làm xấu đi các điều kiện môi trường ".*

2. Dự án quy hoạch phát triển tài nguyên nước

Dự án quy hoạch phát triển tài nguyên nước là dự án quy hoạch trong lĩnh vực khai thác sử dụng và bảo vệ tài nguyên nước trên một lưu vực sông hay một khu vực nhất định. Theo phạm vi lưu vực sông thì một *quy hoạch phát triển tổng hợp tài nguyên nước có thể bao gồm quy hoạch thuỷ điện, quy hoạch cấp nước sinh hoạt, quy hoạch tưới, tiêu, quy hoạch chỉnh trị sông, quy hoạch phòng chống lũ lụt, quy hoạch xử lý nước thải.* Một số quy hoạch sâu theo chuyên ngành điển hình:

– *Quy hoạch thuỷ điện:* đưa ra phương án và các công trình thuỷ điện nhằm khai thác nguồn thuỷ năng của sông.

– *Quy hoạch tưới:* đưa ra phương án khai thác sử dụng nguồn nước, các công trình lấy và dẫn nước cho phát triển nông nghiệp trên lưu vực.

– *Quy hoạch tiêu nước:* đưa ra phương án và các công trình tiêu thoát nước úng do mưa cho lưu vực sông hay cho các khu vực đô thị hoặc nông thôn.

– *Quy hoạch phòng chống lũ:* đưa ra phương án và công trình phòng chống lũ và hạn chế thiệt hại của lũ lụt trên lưu vực.

– *Quy hoạch chỉnh trị sông:* đưa ra phương án và công trình chỉnh trị sông và cửa sông nhằm bảo vệ bờ sông không bị sạt lở do nước lũ, kiểm soát bồi, xói của lòng sông, cửa sông...

– *Quy hoạch xử lý nước thải:* đưa ra các giải pháp kỹ thuật để xử lý nước thải sinh hoạt và công nghiệp, nước thải các làng nghề và các thôn xóm vùng nông thôn nhằm kiểm soát và hạn chế ô nhiễm nước.

Các quy hoạch phát triển tài nguyên nước của một khu vực, hay một lưu vực sông thường do cơ quan quy hoạch các địa phương phối hợp với cơ quan quy hoạch ở trung

ương xây dựng. Trước đây, ở nước ta quy hoạch phát triển tài nguyên nước thường theo khu vực hay địa bàn hành chính, phổ biến nhất là địa bàn tỉnh, nhằm phục vụ cho phát triển kinh tế xã hội và dân sinh trong từng tỉnh. Ngày nay, theo quan điểm của phát triển bền vững thì tài nguyên nước phải quản lý và sử dụng một cách tổng hợp, thống nhất trên phạm vi toàn lưu vực sông, vì vậy quy hoạch phát triển tài nguyên nước theo lưu vực sông là đúng đắn và rất cần thiết.

Quy hoạch phát triển tổng hợp tài nguyên nước cần phải xem xét và so sánh nhiều phương án trong việc khai thác sử dụng và bảo vệ nguồn nước, phòng chống giảm nhẹ thiên tai về nước và với thời gian quy hoạch từ 10 năm đến 20 năm hay lâu hơn để chọn phương án hợp lý nhất nhằm đưa ra thứ tự ưu tiên cho từng dự án công trình.

8.1.7. Luật môi trường và các quy định ở Việt Nam

Luật Bảo vệ Môi trường của Việt Nam đã được Quốc hội thông qua ngày 29 tháng 11 năm 2005 tại văn bản số 52/2005/QH11. Luật bao gồm 136 điều quy định về các hoạt động bảo vệ môi trường, các chính sách, biện pháp và nguồn lực để bảo vệ môi trường, các quyền và nghĩa vụ của tổ chức cá nhân trong bảo vệ môi trường.

Luật cũng quy định về nội dung, tiêu chuẩn môi trường quốc gia, quy định về đánh giá tác động môi trường, các cam kết bảo vệ môi trường. Chương VII của Luật quy định về bảo vệ môi trường nước biển, nước sông và các nguồn nước khác (từ điều 55 đến điều 65) và quy định về thu gom nước thải (điều 81 và điều 82).

Ngày 9/8/2006 Chính phủ đã có Nghị định số 80/2006/NĐ-CP hướng dẫn thi hành Luật Môi trường. Đồng thời Bộ Tài nguyên Môi trường cũng ban hành thông tư hướng dẫn thực hiện Luật.

8.1.8. Giới thiệu tóm tắt RIAM – một công cụ đánh giá tác động môi trường

RIAM viết tắt của thuật ngữ tiếng Anh Rapid Impact Assessment Matrix, có nghĩa là Ma trận Đánh giá Tác động Nhanh. RIAM được Viện Thủy lực Đan Mạch (DHI) đưa ra năm 1996 [2][19] và từ đó đến nay đã được cải tiến nâng cấp. Đây là một công cụ đánh giá tác động môi trường có tiềm năng và được ứng dụng khá rộng rãi. Thực chất đây là một ma trận với hàng ngang là những nhân tố môi trường bị tác động với 4 nhóm khác nhau, còn hàng dọc là điểm số của tầm quan trọng, mức độ quan trọng của các tác động và tính chất của các tác động; các điểm số này sẽ được cho dựa vào các tiêu chuẩn đánh giá được định trước (xem bảng 8.5).

1. Các nhóm nhân tố môi trường trong RIAM

Khi dùng RIAM để đánh giá môi trường cần phải chọn các nhân tố chủ yếu chịu tác động, bao gồm:

a) Nhân tố vật lý/hóa học (P/C), chủ yếu là những nhân tố mang tính chất vụ sinh (như đất, nước, điều kiện địa hình,...) và những biểu hiện về suy thoái môi trường.

b) Nhân tố sinh học/sinh thái (B/E), là những yếu tố sinh học có khả năng tái tạo như các hệ sinh thái, tài nguyên tái tạo được, các biểu hiện ô nhiễm sinh học,...

c) Nhân tố xã hội/văn hóa (S/C), là những yếu tố liên quan đến con người, xã hội và phong tục tập quán, lịch sử,...

d) Nhân tố kinh tế/vận hành (E/O), là những nhân tố thể hiện sự phát triển kinh tế, quản lý các hoạt động có ảnh hưởng đến môi trường,...

Để nhận diện và xác định được các nhân tố, từ đó đánh giá và đưa ra được các giải pháp kiểm soát cần phải có các tiêu chuẩn đánh giá, trong RIAM chia ra 2 nhóm tiêu chuẩn sau đây:

Nhóm A: Gồm các tiêu chuẩn đánh giá tầm quan trọng của các nhân tố môi trường chịu tác động, các điểm đánh giá có thể thay đổi độc lập. Nhóm này có 2 tiêu chuẩn thường dùng, đó là:

1) Tầm quan trọng của các nhân tố môi trường bị tác động (A1), mức quan trọng chia thành 5 cấp theo phạm vi tác động theo thang điểm:

0– không quan trọng

1– chỉ quan trọng ở phạm vi cục bộ địa phương

2– tầm quan trọng vượt ngoài địa phương

3– tầm quan trọng đối với phạm vi quan tâm thuộc khu vực hoặc quốc gia.

4– tầm quan trọng trong phạm vi quan tâm của quốc gia hoặc thế giới.

2) Mức độ tác động của từng hoạt động tới từng nhân tố môi trường (A2), được chia thành 7 cấp theo tính chất của tác động (cả điểm dương và âm):

– 3– tác động tiêu cực là chính

– 2– làm thay đổi đáng kể theo hướng tiêu cực hiện trạng môi trường

– 1– có làm thay đổi tiêu cực nhân tố môi trường

0 – không tác động

+ 1– có cải thiện hiện trạng nhân tố môi trường

+ 2 – cải thiện đáng kể môi trường

+ 3 – tác động tích cực là chính.

Nhóm B: Gồm các tiêu chuẩn đánh giá tính chất của các tác động mà các điểm đánh giá này không thể thay đổi độc lập được. Nhóm này có 3 tiêu chuẩn được dùng bao gồm:

1) Tác động có tính chất theo thời gian (B1), đây là tác động nói lên tính chất tạm thời hay vĩnh viễn của tác động, nó được đánh giá theo thang điểm:

1– không thay đổi/không tác động

2– tạm thời

3– lâu dài

2) Tác động có tính chất đảo ngược (B2), tiêu chuẩn này được đánh giá theo ba cấp độ khác nhau tùy theo khả năng có thể đảo ngược được không:

1– không thay đổi/không tác động

2– có thể đảo ngược được

3– không thể đảo ngược được tác động.

3) Tác động có tính chất tích lũy, ký hiệu RV, tiêu chuẩn này nêu lên sự tích lũy tác động theo cả thời gian, không gian, nó đánh giá khả năng duy trì của của các nhân tố môi trường bị tác động.

1– không thay đổi/không tác động
2– không tích lũy hay tác động là đơn lẻ
3– tác động tích lũy hoặc tổng hợp.

Bảng 8.5. **Ma trận RIAM**

Nhóm nhân tố P/C	*P/C*	*P/C*	*P/C*	....	
A1 A2 B1 B2 B3 ES RV					
Nhóm nhân tố B/E					
A1 A2 B1 B2 B3 ES RV					
Nhóm nhân tố S/C					
A1 A2 B1 B2 B3 ES RV					
Nhóm nhân tố E/O					
A1 A2 B1 B2 B3 ES RV					

2. Hệ thống tính điểm trong RIAM

Đối với mỗi nhân tố môi trường, các giá trị điểm theo các tiêu chuẩn được xác định trên cơ sở các thông tin về nhân tố môi trường, các hoạt động của dự án và những thông tin khác. Sau khi xác định được giá trị các điểm cho các nhóm (theo 5 tiêu chuẩn), hệ thống tính điểm như sau:

– Các điểm thuộc nhóm A được nhân với nhau thể hiện ngay các trọng số của mỗi điểm.

– Các điểm trong nhóm B được cộng với nhau thành một tổng đơn giản để đảm bảo mỗi điểm riêng biệt không ảnh hưởng tới toàn bộ điểm.

– Tổng điểm của nhóm B được nhân với kết quả điểm của nhóm A để có điểm đánh giá cuối cùng cho từng nhân tố môi trường, gọi là ES, cụ thể như sau:

$$a1 \times a2 = aT;$$

$$b1 \times b2 \times b3 = bT;$$

$$aT \times bT = ES$$

Trong đó, a1, a2 là điểm các tiêu chuẩn độc lập của nhóm A; b1, b2, và b3 là điểm các tiêu chuẩn của nhóm B; aT là tích số điểm các tiêu chuẩn nhóm A; bT là tổng tất cả điểm của các tiêu chuẩn nhóm B; ES là điểm đánh giá của các tác động lên nhân tố môi trường.

3. Vùng đánh giá

Từ kết quả đánh giá như bảng 8.5, để tăng mức độ chắc chắn cho hệ thống đánh giá RIAM chia các điểm ES theo các cấp độ khác nhau tùy theo tính chất và giá trị các điểm, các vùng được biểu thị bằng chữ hoặc bằng số (xem bảng 8.6).

***Bảng 8.6.* Các cấp độ đánh giá theo vùng của RIAM**

Điểm môi trường ES	*Giá trị vùng theo chữ*	*Giá trị vùng theo số*	*Mô tả cấp đánh giá*
108–72	E	5	Tác động tích cực là chính
71–36	D	4	Tác động tích cực đáng kể
35–19	C	3	Tác động tích cực trung bình
10–18	B	2	Có tác động tích cực
1–9	A	1	Ít có tác động tích cực
0	N	0	Không có tác động
(–1) – (–9)	–A	–1	Ít có tác động tiêu cực
(–10) – (–18)	–B	–2	Có tác động tiêu cực
(–19) – (–35)	–C	–3	Tác động tiêu cực ở mức trung bình
(–36) – (–71)	–D	–4	Tác động tiêu cực đáng kể
(–72) – (–108)	–E	–5	Tác động tiêu cực là chính

Chương IX
LÝ THUYẾT QUYẾT ĐỊNH

9.1. Khái niệm

Như đã trình bày trong các chương trước, hệ thống tài nguyên nước là một hệ tồn tại nhiều yếu tố bất định. Những yếu tố bất định bao gồm:

– Bất định về mục tiêu: có thể là do mục tiêu khai thác hệ thống chưa rõ ràng, cũng có thể bài toán quy hoạch hệ thống là bài toán tối ưu đa mục tiêu.

– Bất định về thông tin, dẫn đến sự thiếu tin cậy của những kết quả nghiên cứu.

– Sự phức tạp của hệ thống tài nguyên nước, dẫn đến sự mô phỏng không đầy đủ hoặc sai lệch những quay luật tự nhiên của nó.

Trong trường hệ thống có nhiều yếu tố bất định thì việc lựa chọn phương án hợp lý nhất gặp rất nhiều khó khăn. Một bài toán tối ưu có thể có những lời giải khác nhau do ảnh hưởng của các yếu tố bất định đến việc mô tả bài toán. Mặt khác, đối với các bài toán đa mục tiêu sẽ có nhiều sự lựa chọn khác nhau. Bởi vậy, người làm quyết định rất khó đưa ra một quyết định hợp lý.

Lý thuyết quyết định là một phạm trù của lý thuyết phân tích hệ thống cung cấp những phương pháp phân tích và tiếp cận hệ thống để có cơ sở đưa ra những quyết định hợp lý.

Phân tích ra quyết định gồm những nội dung chính như sau:

(1) Phân tích tối ưu đa mục tiêu;

(2) Phân tích rủi ro;

(3) Hệ chuyên gia;

(4) Hệ thống hỗ trợ ra quyết định.

9.2. Tối ưu đa mục tiêu

Tối ưu đa mục tiêu đề cập đến các bài toán tối ưu đòi hỏi phải thoả mãn đồng thời nhiều mục tiêu. Bài toán có thể được phát biểu như sau:

Tìm

$$X = \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{Bmatrix} \quad (9.1)$$

Sao cho các hàm mục tiêu $f_1(X), f_2(X),..., f_k(X) \rightarrow \min$ (9.2)

Các ràng buộc

$$g_i(X) \leq 0 \quad i = 1, 2, ..., m \quad (9.3)$$

Với k là số hàm mục tiêu cần cực tiểu hoá

X là véctơ thông số hay biến điều khiển.

$g_i(X)$ là các ràng buộc xác định miền giải pháp khả thi.

Bài toán tối ưu đa mục tiêu có thể được biết đến như một bài toán cực tiểu hoá véctơ. Vấn đề cốt lõi của bài toán tối ưu đa mục tiêu là giá trị tối ưu sẽ không được xác định cho đến khi tất cả các hàm mục tiêu (thực sự) khác nhau được giải quyết. Ví dụ, giả sử chúng ta cần xác định một thiết kế tốt nhất cho hệ thống các hồ chứa với các mục tiêu là tăng thu nhập quốc dân, giảm thiểu số người chết do lũ lụt, tăng việc làm. Lời giải cho bài toán bao gồm cả những thiết kế đem lại nhiều lợi nhuận hơn nhưng lại kém về hiệu quả phòng chống lũ lụt. Vậy sẽ không thể xác định được thiết kế nào là tốt hơn khi các mục tiêu là rất khác nhau và được xem xét đánh giá dưới các mặt khác nhau. Chính vì thế việc đưa ra giải pháp nào phù hợp thường gây ra nhiều tranh cãi. Trong thực tế các hàm mục tiêu thường là mâu thuẫn với nhau, nên không thể tồn tại một véctơ X mà có thể cực tiểu hoá (hay cực đại hoá) được đồng thời tất cả các hàm mục tiêu. Vì thế, vấn đề chính đối với phân tích đa mục tiêu là loại ra các giải pháp xấu (chiếm phần lớn) thay cho việc đi tìm kiếm một giải pháp tốt nhất. Kết quả sẽ định ra được một tập nhỏ các giải pháp tốt trong miền khả thi cho các việc lựa chọn, xem xét tiếp theo. Nó chính là tập các giải pháp không ưu tiên (nondominated) hay còn gọi là giải pháp Pareto.

9.2.1 Các giải pháp không ưu tiên hay Pareto

Đặc điểm cơ bản của bài toán đa mục tiêu là miền khả thi phức tạp hơn rất nhiều so với bài toán đơn mục tiêu. Trong bài toán đơn mục tiêu, bất kỳ một tập đầu vào nào của véctơ X đều có thể tạo ra một tập kết quả có thể được biểu diễn bởi một đoạn thẳng từ xấu cho đến tốt nhất. Trong bài toán đa mục tiêu, bất kỳ một đầu vào nào cũng đều có thể xác định được một không gian đa chiều của các giải pháp khả thi. Do đó, trong bài toán tối ưu đa mục tiêu sẽ không thể chỉ có một giải pháp tối ưu mà nó tồn tại một tập các giải pháp tương đương nhau được gọi là các giải pháp không ưu tiên hay Pareto [19].

Một giải pháp khả thi X được gọi là tối ưu Pareto trong bài toán cực tiểu hoá đa mục tiêu khi không tồn tại bất cứ một giải pháp khả thi Y nào sao cho $f_i(Y) \leq f_i(X)$; i = 1, 2,,..., k, với $f_j(Y) < f_i(X)$ cho ít nhất một giá trị j. Nói cách khác, một véctơ khả thi X được gọi là tối

ưu Pareto khi không tồn tại một giải pháp khả thi Y có thể làm giảm một vài hàm mục tiêu mà không đồng thời gây ra sự tăng lên của ít nhất một hàm mục tiêu khác.

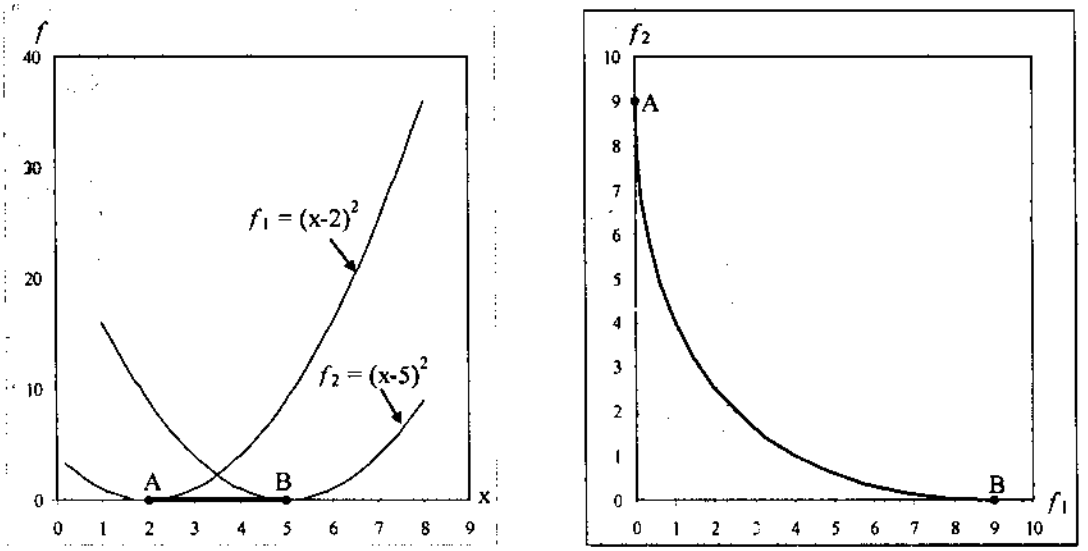
Như vậy rõ ràng trong bài toán tối ưu đa mục tiêu sẽ tồn tại một tập các giải pháp Pareto có các thuộc tính sau:

• Đối với giải pháp tối ưu ưu tiên (không phải Pareto), chúng ta hoàn toàn có thể tìm được ít nhất một giải pháp Pareto có tất cả các hàm mục tiêu là tốt hơn.

• Trong tập giải pháp tối ưu không ưu tiên (Pareto) sẽ không tồn tại bất kỳ giải pháp nào có tất cả các hàm mục tiêu tốt hơn các hàm mục tiêu của giải pháp không ưu tiên hay Pareto khác.

Thuộc tính thứ nhất chỉ ra rằng không gian hàm mục tiêu có thể được chia thành hai phần: các giải pháp "tốt" (không ưu tiên) và các giải pháp "xấu" (ưu tiên). Còn thuộc tính thứ hai cho thấy một giải pháp Pareto chỉ có thể tốt hơn giải pháp Pareto khác đối với một số hàm mục tiêu chứ không phải tất cả.

Hình 9.1 minh hoạ một bài toán đơn giản với hai hàm mục tiêu là $f_1 = (x-2)^2$ và $f_2 = (x-5)^2$ cần được cực tiểu hoá (x là thông số). Trong hình 9.1a, điểm A (x = 2) là điểm cực tiểu của hàm f_1, trong khi điểm B (x = 5) là điểm cực tiểu của hàm f_2. Giải pháp cho bài toán đa mục tiêu ở đây là tất cả các giá trị của x nằm giữa 2 và 5 (các điểm nằm trên đoạn thẳng nối hai điểm A và B). Các điểm này có đặc điểm là nếu dịch chuyển dọc theo đoạn thẳng từ điểm A đến điểm B thì hàm f_1 sẽ lần lượt nhận được các giá trị tăng dần từ 0 đến 9 và hàm f_2 lần lượt nhận được các giá trị giảm dần từ 9 xuống 0 (hình 9.1 b). Do các hàm mục tiêu đơn lẻ ở đây là những thực thể độc lập nên không thể xác định được giải pháp nào tốt nhất trong các giải pháp ở đây. Chúng được gọi là giải pháp Pareto.



a) Không gian biến điều khiển

b) Không gian hàm mục tiêu

Hình 9.1. **Minh hoạ giải pháp tối ưu Pareto**

9.2.2. Phân loại các phương pháp tối ưu đa mục tiêu

Có rất nhiều các phương pháp giải bài toán tối ưu đa mục tiêu được. Hầu hết các phương pháp này cơ bản dựa trên việc tạo ra tập các giải pháp tối ưu Pareto và sử dụng thêm các tiêu chuẩn hay điều kiện để lựa chọn ra được một giải pháp tối ưu Pareto phù hợp. Có thể phân các phương pháp tối ưu đa mục tiêu thành ba nhóm sau [2]: (a) Các phương pháp tạo ra tập các giải pháp không ưu tiên; (b) Phương pháp chọn trước mục tiêu ưu tiên (Methods based on prior articulation of preferences); (c) Phương pháp chọn mục tiêu ưu tiên theo cách loại trừ dần (Methods based on progressive articulation of preferences).

1. Các phương pháp tạo ra tổ hợp các giải pháp không ưu tiên (Pareto)

Phương pháp này bao gồm một véctơ của các hàm mục tiêu được sử dụng để tìm và tạo ra tổ hợp các giải pháp Pareto từ miền khả thi ban đầu. Với cách làm này, các phương pháp chỉ giải quyết các vấn đề tự nhiên thoả mãn các ràng buộc mà không cần xem xét đến sự ưu tiên của người ra quyết định. Đầu ra của bài toán sẽ là tổ hợp các giải pháp Pareto, giúp cho người ra quyết định giải quyết bài toán trên cơ sở các ràng buộc tự nhiên.

Có khá nhiều các phương pháp tạo ra tổ hợp các giải pháp Pareto, trong đó phổ biến nhất là 4 phương pháp sau:

– Phương pháp ràng buộc,

– Phương pháp trọng số,

– Phương pháp tuyến tính đa mục tiêu của Phillip

– Phương pháp tuyến tính đa mục tiêu của Zeleny

Hai phương pháp đầu sẽ chuyển bài toán đa mục tiêu thành dạng bài toán quy hoạch đơn mục tiêu, sau đó, tổ hợp các giải pháp Pareto có thể được tạo lập bằng cách thay đổi các giá trị của bộ trọng số. Phương pháp trọng số và phương pháp ràng buộc có thể giải được các bài toán có hàm mục tiêu và ràng buộc là phi tuyến. Các phương pháp này sẽ được trình bày chi tiết ở các phần tiếp theo.

Hai phương pháp còn lại chỉ có thể tạo ra tổ hợp giải pháp Pareto cho bài toán tuyến tính. Tuy nhiên, chúng không đòi hỏi việc chuyển đổi bài toán thành dạng quy hoạch đơn mục tiêu. Các phương pháp này sẽ điều khiển trực tiếp véctơ các mục tiêu để thu được tập các giải pháp Pareto.

2. Phương pháp chọn trước mục tiêu ưu tiên

Trong nhóm này, các thông tin về sự ưu tiên của các mục tiêu được sử dụng để phân bậc các mục tiêu từ đó loại ra một vài giải pháp không được ưu tiên. Mục đích của việc này là giảm bớt gánh nặng tính toán của các phương pháp tạo ra tập các giải pháp không ưu tiên. Các phương pháp được biết đến nhiều nhất trong nhóm này là:

– Phương pháp quy hoạch mục tiêu (Goal programming method)

– Phương pháp thỏa hiệp theo thứ tự ưu tiên (Surrogate Worth Trade–off Method)

– Hàm tiêu chuẩn (Utility function method)

– Tuyển chọn (Electre) I và II

3. Phương pháp chọn mục tiêu ưu tiên theo cách loại trừ dần

Thuật toán chung của nhóm phương pháp bao gồm việc tìm ra một giải pháp Pareto, tiếp nhận các phản ứng của người ra quyết định đối với giải pháp này, sửa đổi và lặp đi lặp lại các bước này cho đến khi người ra quyết định xác định ra được một giải pháp chấp nhận được. Các phương pháp này thông thường đòi hỏi người ra quyết định phải dồn tâm trí nhiều hơn trong việc xử lý giải pháp. Nó có ưu điểm là cho phép người ra quyết định nhận thức một cách sâu sắc hơn cấu trúc của bài toán. Một số phương pháp thuộc nhóm này như sau:

– Phương pháp dò tìm (Step)

– Phương pháp của Geoffrion

– Quy hoạch thoả hiệp (Compromise programming)

– Phương pháp SEMOPS

Theo Jain and Singh (2003) [2], phương pháp này không phù hợp đối với các bài toán thuộc lĩnh vực tài nguyên nước.

9.2.3. Phương pháp ràng buộc

Nội dung chính của phương ràng buộc dựa trên việc lựa chọn một hàm mục tiêu là hàm chính và sử dụng các hàm còn lại như các ràng buộc. Ví dụ, trong bài toán tối ưu điều khiển hồ chứa, hồ được vận hành sao cho đạt lượng điện phát ra là lớn nhất mà không ảnh hưởng đến lũ lụt ở hạ lưu. Như vậy, ở đây hàm mục tiêu chính là lượng điện phát ra, còn việc phòng chống lũ lụt ở hạ lưu là ràng buộc. Ràng buộc lũ lụt có thể được xác định thông qua mực nước và lưu lượng tại các điểm điều khiển ở hạ lưu hay tại hồ chứa. Việc dò tìm giải pháp tối ưu sẽ di chuyển trực tiếp đến điểm tối ưu của hàm mục tiêu đã lựa chọn trong khi thoả mãn các điều kiện tối thiểu (biên trên) của các hàm mục tiêu còn lại. Trong ví dụ trên, điều kiện ràng buộc thoả mãn yêu cầu phòng chống lũ là mực nước sông không được vượt quá cao trình đê chẳng hạn.

Trong bài toán đa mục tiêu, phương pháp ràng buộc sẽ thay thế (k–1) hàm mục tiêu thành (k – 1) các ràng buộc biên trên như sau

$$\text{Minimise } F_r(X) \qquad (9.4)$$

Ràng buộc

$$F_h(X) \le L_h \quad \text{với } h \ne r \tag{9.5}$$

r là số thứ tự của hàm mục tiêu chính.

h là chỉ số của các hàm mục tiêu còn lại

L_h là biên trên của hàm mục tiêu thứ h.

Giải pháp tối ưu có thể được xác định sau khi tất cả các hàm mục tiêu được xem xét như hàm mục tiêu chính và coi các hàm còn lại như là các ràng buộc.

9.2.4. Phương pháp trọng số

Phương pháp trọng số là một trong các phương pháp thuộc nhóm phương pháp tối ưu thông qua việc tạo ra các giải pháp Pareto. Phương pháp này dựa trên ý tưởng gán các trọng số cho các hàm mục tiêu khác nhau, kết hợp chúng thành một mục tiêu hội tụ duy nhất. Bài toán có thể được mô tả như sau:

$$\text{Minimise } F(X) = \sum_{i=1}^{N} w_i g_i(F_i(X)) \tag{9.6}$$

Với w_i là trọng số gán cho hàm mục tiêu thứ i.

$$0 \le w_i \le 1 \text{ và } \sum_{i=1}^{N} w_i = 1 \tag{9.7}$$

$g_i(\cdot)$, i = 1,...,N là các hàm chuyển đổi được gán cho các hàm mục tiêu.

Hàm chuyển đổi được sử dụng để bù đắp cho sự khác nhau về độ lớn, thứ nguyên của các mục tiêu trong hàm mục tiêu hội tụ. Các hàm chuyển đổi này có vai trò chuyển đổi sao cho mỗi mục tiêu có cùng mức độ ảnh hưởng đến hàm mục tiêu hội tụ.

Một số hàm chuyển đổi thông dụng: (i) hàm tổng trọng số, (ii) hàm khoảng cách, và (iii) hàm tiêu chuẩn (Utility) (Khu and Madsen, 2005 [21]):

Hàm tổng trọng số

$$g_{ws}(F(X)) = \sum_{i=1}^{N} \alpha_i F_i(X) \tag{9.8}$$

Hàm khoảng cách

$$g_D(F(X)) = \left[\sum_{i=1}^{N} \alpha_i F_i^k(X) \right]^{1/k} \tag{9.9}$$

Hàm tiêu chuẩn

$$g_U(F(X)) = \sum_{i=1}^{N} \alpha_i U_i(X) \tag{9.10}$$

Với α_i là các trọng số liên đới của mỗi hàm; k hệ số lựa chọn; U(X) hàm tiêu chuẩn phù hợp.

Trọng số w_i của hàm mục tiêu thứ i có thể được hiểu là giá trị quan hệ, hay vai trò của hàm mục tiêu thứ i khi so sánh với các hàm mục tiêu khác. Trong trường hợp các trọng số được hiểu như là sự diễn tả quyền ưu tiên của người ra quyết định đối với các mục tiêu thì giải pháp thu được sẽ tương đương với giải pháp thoả hiệp tốt nhất theo quyền ưu tiên đó. Hơn nữa, nó là một giải pháp Pareto được xác định từ bộ các trọng số dương. Các trọng số âm sẽ tương đương với việc chuyển đổi bài toán cực đại hoá mục tiêu thành bài toán cực tiểu hoá mà trong đó các giải pháp không ưu tiên tồn tại. Trong trường hợp tất cả các trọng số đều bằng 0 thì tất các các giải pháp x trong miền khả thi đều là giải pháp tối ưu, không có sự phân biệt giữa giải pháp ưu tiên hay không ưu tiên.

Tập Pareto có thể được ước tính thông qua việc sử dụng phương pháp trọng số bằng cách thi hành hàng loạt các tối ưu đơn lẻ với các tổ hợp trọng số khác nhau. Về mặt khái niệm việc tạo ra tập Pareto bằng phương pháp này khá đơn giản. Tuy nhiên trong thực tế thủ tục tạo ra tập này cũng đòi hỏi khá khắt khe. Nhiều bộ trọng số có thể tạo ra cùng một giải pháp Pareto. Hơn nữa việc di chuyển từ bộ trọng số này sang bộ trọng số khác có thể bỏ qua điểm Pareto cực trị.

9.2.5. Phương pháp quy hoạch mục tiêu (Goal programming)

Trong thực tế có rất nhiều bài toán tối ưu đa mục tiêu, trong đó có các mục tiêu đối lập (mâu thuẫn) không thể cực đại hay cực tiểu cùng một lúc trong miền khả thi. Trong tình huống đó, khoảng cách (độ lệch) từ các mục tiêu đơn lẻ đến điểm tối ưu được xem xét, từ đó người ra quyết định cố gắng đưa ra một giải pháp cân bằng giữa các mục tiêu. Phương pháp quy hoạch tuyến tính được sử dụng để giải các bài toán quyết định với các ràng buộc có mức độ quan trọng như nhau và giải pháp tối ưu nhất thiết phải thoả mãn toàn bộ các ràng buộc đó. Tuy nhiên, trong thực tế các ràng buộc thường có mức độ quan trọng khác nhau. Để giải quyết vấn đề này giải pháp Goal programming (GP) được sử dụng. Các mục tiêu này có thể không có cùng thứ nguyên. Do đó, cần phải thiết lập một hệ thống cấp bậc về mức độ quan trọng giữa các mục tiêu đối lập sao cho các mục tiêu kém quan trọng chỉ được xem xét khi các mục tiêu quan trọng đã được thoả mãn.

Trong bài toán GP, độ lệch giữa các mục tiêu đến điểm tối ưu trong miền khả thi sẽ được cực tiểu hoá, thay vì cố gắng cực đại hoá trực tiếp tiêu chuẩn tối ưu. Như vậy, thông số sẽ được biểu diễn bằng hai chiều, độ lệch âm và dương từ mỗi mục tiêu đơn lẻ. Lúc này, bài toán trở thành cực tiểu hoá hàm mục tiêu của các độ lệch dựa trên cơ sở tầm quan trọng và thứ tự ưu tiên của chúng.

Cần biết rằng một biến x_j bất kỳ (dương, âm hay bằng 0) đều có thể biểu diễn bằng sự chênh lệch của hai biến dương

$$x_j = x_j^+ - x_j^- \tag{9.11}$$

Trong đó:

$$x_j^+ = x_j \quad \text{nếu } x_j \geq 0 \tag{9.12}$$

$$x_j^+ = 0 \quad \text{nếu } x_j \leq 0 \tag{9.13}$$

Tương tự

$$x_j^- = 0 \quad \text{nếu } x_j \geq 0 \tag{9.14}$$

$$x_j^- = -x_j \quad \text{nếu } x_j \leq 0 \tag{9.15}$$

Trong bài toán GP nếu kết quả thu được lớn hơn giá trị đích mong muốn thì độ lệch sẽ là dương (d^+), ngược lại, nếu kết quả thu được nhỏ hơn giá trị đích mong muốn thì độ lệch sẽ là âm (d^-). Giải pháp tối ưu đạt được khi tổng các độ lệch này được cực tiểu hoá theo quyền ưu tiên của chúng.

Bài toán tối ưu hoá đa mục tiêu sẽ được toán học hoá theo GP như sau:

$$\min \quad \left[\sum_{j=1}^{k}\left(d_j^+ + d_j^-\right)^p\right]^{1/p}, \; p \geq 1 \tag{9.16}$$

Ràng buộc

$$g_j(X) \leq 0, \qquad j = 1, 2, ..., m \tag{9.17}$$

$$f_j(X) + d_j^+ - d_j^- = b_j, \; j = 1, 2, ..., k \tag{9.18}$$

$$d_j^+ \geq 0, \qquad j = 1, 2, ..., k$$

$$d_j^- \geq 0, \qquad j = 1, 2, ..., k$$

$$d_j^+ d_j^- = 0, \qquad j = 1, 2, ..., k$$

Trong đó: b_j là tập đích mong đợi cho mục tiêu j và d_j^+ và d_j^- là độ lệch dương và âm của đích j. Giá trị p được chọn bởi người ra quyết định. Thông thường đích của mục tiêu thứ j, b_j, được xác định bằng bài toán sau:

$$\min f_j(X) \tag{9.19}$$

Ràng buộc $g_j(X) \leq 0$, j = 1, 2,..., m (9.20)

Nếu lời giải của bài toán được xác định bởi X_j^*, thì giá trị b_j được xác định $b_j = f_j\left(X_j^*\right)$.

Một số điều cần chú ý khi giải bài toán GP:

– Mục tiêu của bài toán GP là cực tiểu hoá tổng các đích bằng cách cực tiểu các biến khoảng lệch thông qua việc sử dụng các hệ số quyền ưu tiên và các trọng số khác nhau. Do hàm mục tiêu không bao gồm việc cực đại hoá lợi nhuận hay giảm tối đa chi phí nên các hệ số hay các trọng số chỉ có nghĩa về mặt thứ tự sử dụng trong quy hoạch tuyến tính.

– Hàm mục tiêu được biểu diễn bằng cách gán các hệ số ưu tiên cho một biến nào đó. Các hệ số quyền ưu tiên là đa chiều bởi chúng mang ý nghĩa thứ tự hơn là số lượng.

– Giải pháp GP sẽ cho phép một vài đích có quyền ưu tiên thấp không cần thoả mãn để cho các đích có quyền ưu tiên cao hơn có thể đối lập với các đích có quyền ưu tiên thấp đạt được mục tiêu. Việc xếp hạng cho các biến độ lệch là bước quan trọng trong việc toán học hoá bài toán GP. Hệ số ưu tiên cao sẽ được gán cho những biến của mục tiêu quan trọng, còn những mục tiêu kém quan trọng hơn sẽ được gán hệ số ưu tiên thấp hơn. Do đó các mục tiêu thấp chỉ được xem xét khi các mục tiêu quan trọng đã đạt được.

9.2.6. Phương pháp thỏa hiệp theo thứ tự ưu tiên (SWT)

Các phương pháp tối ưu đa mục tiêu dựa trên việc đánh giá trực tiếp xếp theo thứ tự về tầm quan trọng của các giá trị tương đối hay lợi ích của các hàm mục tiêu. Vì thế chúng có thể được giải quyết khi chỉ có một hàm mục tiêu tổng hợp. Phương pháp này tương đương với việc tìm kiếm trực tiếp và tổng hợp các giá trị của các hàm mục tiêu theo một đơn vị đo đạc chung. Trong trường hợp quản lý hệ thống tài nguyên nước, người ra quyết định có thể không quan tâm đến việc đánh giá các giá trị tương đối đạt được của tất các các tổ hợp các mục tiêu mà chỉ quan tâm đến các giá trị tương đối của sự thay đổi của các hàm mục tiêu do thay đổi các quyết định vận hành. Thứ bậc về tầm quan trọng của các trị số nhờ vào sự dung hoà tuỳ theo người ra quyết định có thể được sử dụng như vật thay thế cho các tỷ số thực chưa biết của sự tăng thêm hay mất đi giữa các hàm mục tiêu. Các giá trị thay thế được coi là dương khi giá trị thực của tử số trong tỷ số thoả hiệp giữa hai mục tiêu bất kỳ được xem xét là lớn hơn giá trị thực của mẫu số trong tỷ số đó. Trong trường hợp ngược lại nó mang giá trị âm và mang giá trị là 0 nếu người ra quyết định không thể chỉ ra sự khác biệt giữa các giá trị tương đối của chúng.

Haimes và Hall đề xuất lựa chọn các trọng số tối ưu nên được thiết lập với việc nhận thức sự dung hoà phụ thuộc vào các cấp của hàm mục tiêu. Phương pháp SWT chỉ ra rằng lý thuyết tối ưu thường tập trung đề cập đến các giá trị tương đối tăng lên của các hàm mục tiêu hơn là các giá trị đích thực của chúng. Đặc điểm của phương pháp này là việc tạo ra các hàm dung hoà (Trade–off functions) thể hiện mối quan hệ giữa một trọng số của một hàm mục tiêu với giá trị của hàm mục tiêu đó.

Trong bài toán tối ưu hoá đa mục tiêu, nếu một hàm mục tiêu được coi là quan trong hơn và các hàm mục tiêu khác thoả mãn ở mức độ tối thiểu được coi là các ràng buộc, thì các nhân tử Lagrange liên quan tới (p–1) hàm mục tiêu ràng buộc sẽ có giá trị là 0 hay khác 0. Các nhân tử Lagrange khác 0 tương ứng với các giải pháp không ưu tiên còn các nhân tử Lagrange bằng 0 tương ứng với các giải pháp ưu tiên (hay các giải pháp kém hơn). Thêm vào đó tập các nhân tử Lagrange khác không biểu thị tập các tỷ số dung hoà (trade–off) giữa hàm mục tiêu chính và các hàm mục tiêu ràng buộc. Các nhân tử Lagrange là các hàm của cấp tối ưu thu được bởi hàm mục tiêu chính và mức độ thoả mãn của các hàm mục tiêu khác như là các ràng buộc. Kết quả tạo ra một ma trận nhân tử Lagrange của các hàm dung hoà.

Phương pháp này đã được trình bày ở Chương V.

9.2.7. Các thuật toán tiến hóa (heuristics): Thuật toán Gen

Như đã trình bày ở trên, các bài toán tuyến tính/phi tuyến có thể được giải bằng các phương pháp tìm kiếm cực trị địa phương. Ưu điểm của các phương pháp này là đơn giản và có thể cho kết quả tốt trong các bài toán tối ưu mà không gian tìm kiếm là đơn giản. Tuy nhiên, các phương pháp này dễ rơi vào điểm cực trị địa phương và chỉ đảm bảo hội tụ tại điểm cực trị toàn phần khi hàm tối ưu là hàm lồi, đơn trị. Thực tế lại cho thấy rất nhiều hàm không lồi và có vô số các điểm cực trị mà các phương pháp cổ điển không thể giải quyết được. Nó đòi hỏi phải có những công cụ tối ưu mạnh hơn để có thể tìm ra những giải pháp tối ưu toàn phần cho những bài toán phức tạp. Bắt đầu từ thập kỷ 90 các thuật toán tiến hoá (bao gồm cả thuật toán di truyền và chiến thuật tiến hoá) đã được áp dụng và chứng minh cho tối ưu hệ thống các bài toán hệ thống tài nguyên nước. Rất nhiều các nghiên cứu trong 2 thập kỷ gần đây như các lĩnh vực quan trắc nước ngầm, thiết kế mạng lưới phân phối nước, tối ưu hoá hồ chứa, quản lý lưu vực sông, kiểm soát ô nhiễm đã cho thấy khả năng ứng dụng mạnh mẽ của các phương pháp này.

Các thuật toán tiến hoá nói chung hình thành dựa trên quan niệm cho rằng, quá trình tiến hoá tự nhiên là quá trình hoàn hảo nhất, hợp lý nhất, và tự nó đã mang tính tối ưu. Quan niệm này có thể được xem như một tiên đề đúng, không chứng minh được, nhưng phù hợp với thực tế khách quan. Quá trình tiến hoá thể hiện tính tối ưu ở chỗ, thế hệ sau bao giờ cũng tốt hơn (phát triển hơn, hoàn thiện hơn) thế hệ trước. Tiến hoá tự nhiên được duy trì nhờ hai quá trình cơ bản: sinh sản và chọn lọc tự nhiên. Xuyên suốt quá trình tiến hoá tự nhiên thế hệ mới luôn được sinh ra để bổ sung thay thế thế hệ cũ. Cá thể nào phát triển hơn, thích ứng hơn với môi trường sẽ tồn tại. Cá thể nào không thích ứng được với môi trường sẽ bị đào thải. Sự thay đổi môi trường là động lực thúc đẩy quá trình tiến hoá. Ngược lại, tiến hoá cũng tác động trở lại góp phần làm thay đổi môi trường.

Các cá thể mới sinh ra trong quá trình tiến hoá nhờ sự lai ghép ở thế hệ cha mẹ. Một cá thể mới có thể mang những tính trạng của cha mẹ (di truyền), cũng có thể mang

những tình trạng hoàn toàn mới (đột biến). Di truyền và đột biến là hai cơ chế có vai trò quan trọng như nhau trong tiến trình tiến hoá, dù rằng đột biến xảy ra với xác suất nhỏ hơn nhiều so với hiện tượng di truyền. Các thuật toán tiến hoá tuy có những điểm khác biệt, nhưng đều mô phỏng 4 quá trình cơ bản: lai ghép, đột biến, sinh sản và chọn lọc tự nhiên.

1. Thuật toán di truyền (GA)

Thuật toán di truyền (GA) thuộc nhóm global search heuristics, là một trong các thuật toán tìm kiếm sử dụng công nghệ tính toán để tìm kiếm một cách chính xác hay gần đúng các giải pháp của bài toán tối ưu hay tìm kiếm. Đây là thuật toán đang nhận được sự quan tâm rất nhiều của các nhà nghiên cứu. Nó hoạt động như một quá trình tiến hoá tự nhiên của cộng đồng sinh học. Thuật toán di truyền đầu tiên được giới thiệu bởi Holland (1975), trên cơ sở quá trình chọn lọc tự nhiên của Đácuyn. Trong thuật giải di truyền các cá thể hay còn gọi là nhiễm sắc thể sẽ biểu diễn một giải pháp của bài toán (một cá thể chỉ có một nhiễm sắc thể). Thuật toán GA khác các thuật toán tối ưu truyền thống khác là nó duy trì và xử lý một tập các giải pháp (một quần thể) trong khi các phương pháp truyền thống chỉ xử lý một điểm trong không gian tìm kiếm. Chính vì thế mà GA có nhiều ưu điểm hơn khi giải các bài toán tối ưu hoá thực tế với nhiều biến số và không gian tìm kiếm phức tạp. Trong hầu hết các trường hợp, thuật toán di truyền có thể tiếp cận đến giải pháp tối ưu toàn bộ, tránh được khả năng sa vào bẫy của các cực trị địa phương.

Thuật toán di truyền dựa trên nguyên tắc di truyền và chọn lựa tự nhiên. Các yếu tố cơ bản của di truyền tự nhiên là tái sinh, lai ghép và đột biến đã được sử dụng trong thủ tục tìm kiếm. Việc tìm nghiệm tối ưu sẽ được thực hiện theo nhiều hướng bằng cách duy trì một tập những nghiệm cho phép và tạo ra sự trao đổi thông tin giữa các hướng tìm kiếm đó. Tập hợp các nghiệm cho phép sẽ trải qua quá trình tiến hoá, với mỗi đợt tìm kiếm thì tái sinh các nghiệm tốt hơn và các nghiệm xấu sẽ bị loại bỏ. Tiêu chí đánh giá mức độ tốt, xấu của các nghiệm dựa trên giá trị tương ứng của nghiệm đó của hàm mục tiêu. Như vậy hàm mục tiêu được dùng để đóng vai trò môi trường.

a) Trình tự áp dụng của thuật toán di truyền

– Đầu tiên các cá thể được tạo ra một cách ngẫu nhiên (nghiệm) để tạo nên một quần thể ban đầu. Kích thước của quần thể sẽ phụ thuộc vào từng bài toán. Theo Singiresu S. Rao (1996) nếu số lượng biến điều khiển là n thì thường kích thước của quần thể sẽ là 2n hay 4n. Do có rất nhiều cá thể được sử dụng như là các nghiệm cho phép nên thuật toán di truyền sẽ hạn chế được khả năng rơi vào bẫy địa phương.

– Mỗi giải pháp có thể được hiển thị thông qua hai phương pháp mã hoá: phương pháp mã hoá nhị phân và phương pháp mã hoá thực tương ứng với các nhiễm sắc thể trong di truyền tự nhiên. Mã hoá nhị phân là phương pháp mã hoá cơ bản trong đó các

giải pháp được mã hoá như một véctơ của chuỗi nhị phân. Ngược lại, thủ tục mã hoá thực một giải pháp lại như một véctơ các số thực.

– Sau khi mã hoá các tập gen điều khiển được áp dụng để nâng cao hiệu quả của các giải pháp bằng việc tạo ra các giải pháp mới (con cái) từ tập các phần tử bố mẹ. Điều này tương tự như hiện tượng di truyền và biến dị xảy ra trong quá trình tiến hoá của sinh vật.

– Các giải pháp được đánh giá bằng việc sử dụng các hàm mục tiêu, giải pháp tốt hơn sẽ nhận được xác suất lớn hơn để trở thành các giải pháp mới. Dựa trên các tiêu chuẩn cho trước, các giải pháp kém hơn sẽ bị thay thế bằng các giải pháp mới.

– Bằng cách này các giải pháp cuối cùng sẽ hội tụ tại giải pháp tối ưu hay các giải pháp tối ưu Pareto trong trường hợp tối ưu Pareto.

Việc tính toán sẽ dừng lại dựa trên điều kiện hội tụ (tìm được nghiệm tối ưu) hay thời gian tính toán kết thúc.

b) Biểu diễn lời giải (nhiễm sắc thể) cho bài toán tối ưu

Khi ứng dụng thuật toán di truyền vào thực tế việc mã hoá lời giải đóng một vai trò. Nó cùng với hàm mục tiêu tạo thành một mối liên kết giữa thuật toán và bài toán cần giải quyết. Nhiều bài toán đòi hỏi phải có việc biểu diễn lời giải thích hợp mới có thể cho lời giải tốt được. Có hai phương pháp biểu diễn lời giải: i) mã hoá nhị phân và ii) mã hoá thực. Biểu diễn nhị phân truyền thống thường giúp dễ dàng cho việc phân tích lý thuyết và cho phép xây dựng các toán tử di truyền đẹp, trong đó lời giải có thể được biểu diễn bởi các chuỗi của các số nhị phân. Nếu mỗi biến điều khiển x^i, i = 1,2,...,n được mã hoá bởi một chuỗi có độ dài là q thì véctơ biến điều khiển được biểu diễn bởi một chuỗi có tổng chiều dài là n, q. Nhìn chung, nếu một số nhị phân được mô tả bằng $b_q b_{q-1}...b_2 b_1 b_0$, với b_k = 0 hoặc 1, thì giá trị của nó sẽ tương đương với số thập phân y xác định như sau:

$$y = \sum_{k=0}^{q} 2^k b_k \tag{9.21}$$

Điều này cho thấy một biến liên tục x chỉ có thể được biểu diễn bởi một tập các giá trị rời rạc nếu sử dụng cách biểu diễn nhị phân. Nếu một biến x nằm trong khoảng $x^{(d)}$ và $x^{(t)}$ được biểu diễn bởi một chuỗi các số nhị phân có chiều dài là q thì giá trị thập phân của nó có thể được tính như sau:

$$x = x^{(d)} + \frac{x^{(t)} - x^{(d)}}{2^q - 1} \sum_{k=0}^{q} 2^k b_k \tag{9.22}$$

Do đó nếu một biến liên tục được biểu diễn với độ chính xác cao cần đòi hỏi véctơ lời giải nhị phân có chiều dài rất lớn. Nó sẽ làm cho thuật giải di truyền thực hiện rất kém hiệu quả. Điều này có thể được giải quyết thông qua việc thực hiện mã hoá lời giải với

các số thực. Tức là mỗi véctơ nhiễm sắc thể được mã hoá bằng một véctơ các số thực, có cùng độ dài như véctơ lời giải. Việc thực thi này sẽ mở rộng không gian tìm kiếm của thuật toán di truyền đến gần không gian thực của bài toán hơn. Điều này sẽ buộc các phép toán cũng phải được sửa đổi bằng cách sử dụng một số đặc trưng cụ thể của không gian thực. Ngoài ra, biểu diễn thực còn có khả năng biểu diễn những miền thật lớn (hay trường hợp những miền xác định không biết trước)

c) Xử lý hàm mục tiêu và các ràng buộc

Về cơ bản thuật toán di truyền giải quyết việc tìm điểm cực đại của một bài toán không ràng buộc. Đối với bài toán cực tiểu có ràng buộc, cần thiết phải xử lý thông qua hai bước chuyển.

Đầu tiên bài toán tối ưu gốc có ràng buộc sẽ được chuyển hoá thành bài toán không ràng buộc bằng cách sử dụng khái niệm hàm phạt. Lúc này bài toán tìm cực tiểu của một hàm f(x) có ràng buộc sẽ chuyển thành tìm cực tiểu của hàm f(x) + penalty(x) không có ràng buộc. Trong đó hàm phạt penalty(x) = 0 nếu x không vi phạm ràng buộc và penalty(x) > 0 ngược lại. Giá trị penalty(x) có thể mang là rất lớn để hạn chế việc vi phạm ràng buộc xảy ra. Ví dụ bài toán tối ưu hoá vận hành hồ chứa cho mục tiêu phát điện với ràng buộc là phòng chống lũ. Trong bài toán này hàm mục tiêu sẽ là cực đại hoá lượng điện phát ra (cực tiểu hoá lượng điện bị thiếu hụt do không thể phát với công suất tối đa). Ràng buộc phòng chống lũ có thể được biểu diễn thông qua mực nước hồ không được vượt quá cao trình đỉnh đập và mực nước hạ lưu không được vượt quá cao trình đê. Các ràng buộc này sẽ được chuyển thành hàm phạt khi các giá trị mực nước vi phạm ràng buộc này. Bài toán có thể được phát biểu như sau (Long et. al. 2007b [25]):

$$\text{Min } F = \left(\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{T}(HP_i - HP_{max})^2\right) + \left(\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{T} w_{pR}(R_i - R_{max})^2\right) + \left(\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{T} w_{pH}(H_i - H_{max})^2\right) \quad (9.23)$$

Trong đó

HP_i, i = 1,..., T là lượng điện phát ra trong khoảng thời gian i

T là tổng số bước thời gian.

HP_{max} là công suất phát điện tối đa của nhà máy.

R_i, i = 1,...,T là mực nước hồ tại thời điểm i.

R_{max} là cao trình đỉnh đập.

H_i, i = 1,...,T là mực nước hạ lưu tại thời điểm i.

H_{max} là cao trình đỉnh đê.

w_{pR} là trọng số gán cho hàm phạt mực nước hồ

$$w_{pR} = \begin{cases} 1 & \text{if } R_i \geq R_{max} \\ 0 & \text{if } R_i < R_{max} \end{cases} \quad (9.24)$$

w_{pH} là trọng số gán cho hàm phạt mực nước hạ lưu

$$w_{pH} = \begin{cases} 1 & \text{if } H_i \geq H_{max} \\ 0 & \text{if } H_i < H_{max} \end{cases} \quad (9.25)$$

Như vậy trong bài toán trên, các hàm phạt chỉ được xem xét đến khi các giá trị mực nước lớn hơn giá trị cho phép (vi phạm ràng buộc).

Bước chuyển thứ hai cho bài toán tìm cực tiểu hàm f(x) được thay thế bằng việc tìm cực đại hàm lượng giá F(x) với

$$F(x) = F_{max} - [f(x) + penalty(x)] = F_{max} - f'(x) \quad (9.26)$$

Trong đó F_{max} được chọn sao cho giá trị của nó lớn hơn giá trị lớn nhất của hàm f '(x) của quần thể các lời giải và F(x) được coi là hàm lượng giá của chuỗi nhiễm sắc thể.

d) Toán tử di truyền

Một thuật toán di truyền thường bao gồm 3 toán tử cơ bản: tái sinh, lai ghép và đột biến.

• *Toán tử tái sinh (reproduction)*

Đây là quá trình mà các cá thể được lựa chọn dựa trên giá trị thích nghi của chúng (giá trị hàm mục tiêu). Quá trình này có thể được xem như là quá trình chọn lọc trong tự nhiên. Trong quá trình này, mỗi cá thể được gán một xác suất của việc được lựa chọn bằng $f_i / \sum_{i=1}^{k} f_i$, với f_i là giá trị thích nghi hay giá trị hàm mục tiêu của cá thể thứ i còn k là số các cá thể trong quần thể. Những cá thể nào có giá trị thích nghi cao hơn sẽ có cơ hội lớn hơn để được lựa chọn cho các hoạt động tiếp theo. Do đó, cá thể nào có độ thích nghi cao thì sống, ngược lại thì chết.

• *Toán tử lai ghép (crossover)*

Toán tử lai ghép được thực hiện theo 2 bước:

– Các cặp chuỗi nhiễm sắc thể được lựa chọn ngẫu nhiên từ quần thể các chuỗi nhiễm sắc thể được tạo ra bởi toán tử tái sinh (thế hệ cha mẹ)

– Vị trí lai ghép được lựa chọn ngẫu nhiên dọc theo chiều dài chuỗi nhiễm sắc thể, sau đó các chuỗi được tiến hành lai ghép từ vị trí này. Quá trình này sẽ tạo ra hai chuỗi mới (con cái), mỗi một chuỗi mới sẽ được tạo ra bằng cách lấy phần bên trái của chuỗi này ghép với phần bên phải của chuỗi kia. Một ví dụ đơn giản về quá trình lai ghép trong thuật toán di truyền: chuỗi bố mẹ được biểu diễn bằng nhị phân có chiều dài chuỗi là 10

(Cha mẹ) X_1 = {0 1 0 0\1 1 0 1 0 1}

(Cha mẹ) X_2 = {1 0 1 1\0 0 0 1 1 0}

Kết quả của quá trình lai ghép với vị trí lai ghép là 4

(Con cái) X_3 = {0 1 0 0|000 1 1 0}

(Con cái) X_4 = {1 0 1 1/1 1 0 1 0 1}

Các chuỗi nhiễm sắc thể mới tạo ra sau quá trình lai ghép được đưa vào quần thể mới, và quá trình lại tiếp tục.

• *Toán tử đột biến*

Toán tử đột biến được áp dụng để tạo ra chuỗi nhiễm sắc thể mới theo một xác suất đặc biệt nào đó. Trong toán tử đột biến giá trị 0 sẽ được thay đổi thành 1, hay ngược lại tại một vị trí ngẫu nhiên trong chuỗi số hệ nhị phân.

Ba toán tử tái sinh, lai ghép, đột biến được áp dụng lặp nhiều lần để tạo ra những chuỗi nhiễm sắc thể mới, cho đến khi số lượng nhiễm sắc thể vượt quá kích thước quần thể. Đến đây có thể coi là một quần thể mới đã được tạo ra.

2. Thuật toán tiến hoá có sự hoán vị các cá thể (Shuffled Complex Evolution – SCE)

Thuật toán này tập hợp các ưu điểm của thuật toán di truyền kết hợp với khái niệm xáo nhóm được trình bày bởi Duan et al., 1992 [13]. Nó tạo ra một công cụ tìm kiếm mạnh mẽ và hiệu quả trong không gian thông số và được ứng dụng mạnh mẽ trong các mô hình thuỷ văn nhận thức.

Phương pháp này có thể được trình bày như sau:

(1) *Tạo mẫu*: Các mẫu gồm các điểm ví dụ như các tập thông số hoặc các tập biến điều khiển được tạo ra một cách ngẫu nhiên từ không gian thông số. Với mỗi tập thông số hàm mục tiêu sẽ được tính toán. Tập mẫu ban đầu sẽ có s = pm điểm với p là số nhóm và m là số điểm trong 1 nhóm.

(2) *Sắp xếp các điểm*: Sắp xếp s điểm theo thứ tự tăng dần của hàm mục tiêu sao cho điểm đầu là điểm có giá trị hàm mục tiêu nhỏ nhất và điểm cuối là điểm có giá trị hàm mục tiêu là lớn nhất (trong bài toán cực tiểu hoá).

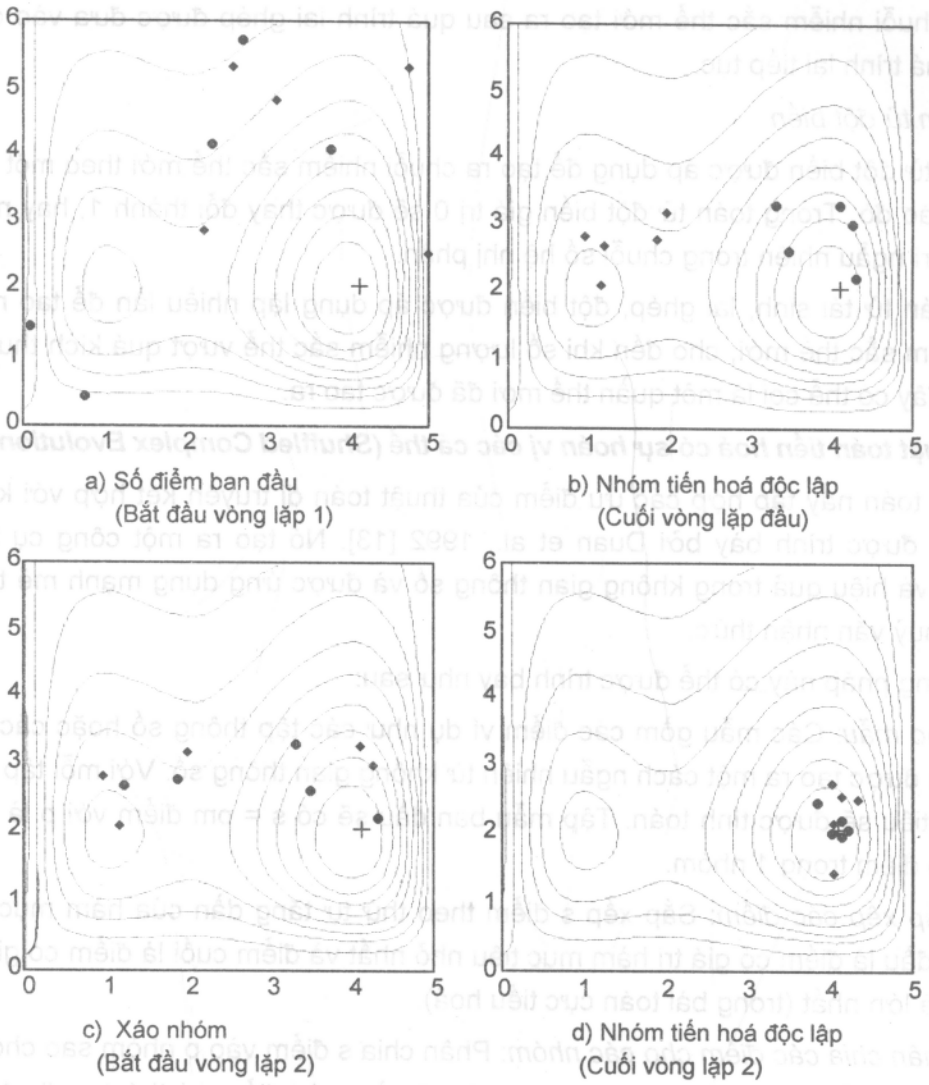
(3) *Phân chia các điểm cho các nhóm*: Phân chia s điểm vào p nhóm sao cho nhóm 1 bao gồm các điểm có thứ tự p(k–1) + 1, nhóm 2 gồm các điểm có thứ tự p(k–1) + 2 v.v, với k = 1,2...m.

(4) *Tiến hoá*: Tại nhóm nhỏ lựa chọn một cách ngẫu nhiên q điểm. Áp dụng phương pháp phân phối xác suất tam giác để gán các giá trị xác suất cho các điểm trong nhóm nhỏ (xác suất lớn cho những điểm có giá trị hàm mục tiêu nhỏ). Mỗi nhóm nhỏ sẽ tiến hoá theo thuật toán đơn hình (Nelder and Mead, 1965). Mỗi nhóm lớn sẽ tiến hoá β lần.

(5) *Xáo nhóm*: Tập hợp lại các điểm trong các nhóm đã tiến hoá vào mẫu s điểm và quay trở lại bước 2.

Lặp lại các bước 2÷5 cho đến khi một trong những các tiêu chuẩn dừng được thoả mãn: (i) số lần tối đa của quá trình tiến hoá; (ii) hội tụ trong không gian mục tiêu, (iii) hội tụ trong không gian tham số (Xem hình 9.2 và 9.3).

Trong lĩnh vực tối ưu hoá hệ thống tài nguyên nước, phương pháp GA và SCE là một trong những hướng tiếp cận tốt.



a) Số điểm ban đầu (Bắt đầu vòng lặp 1)

b) Nhóm tiến hoá độc lập (Cuối vòng lặp đầu)

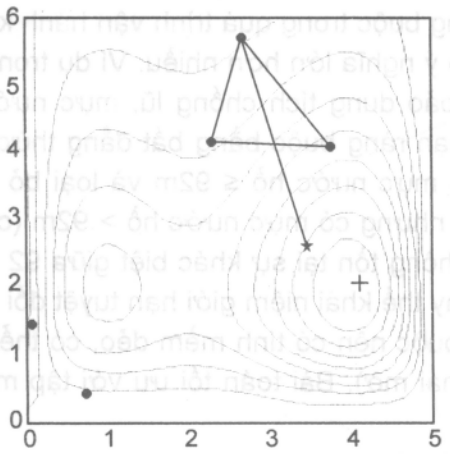
c) Xáo nhóm (Bắt đầu vòng lặp 2)

d) Nhóm tiến hoá độc lập (Cuối vòng lặp 2)

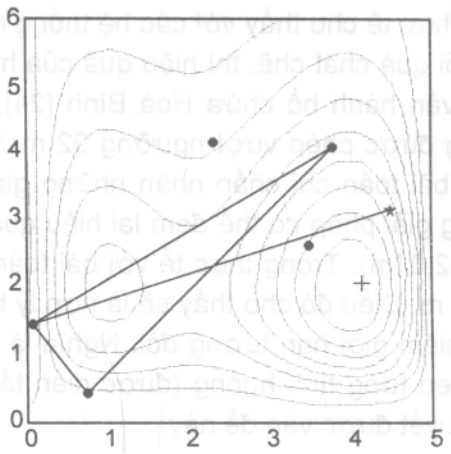
Hình 9.2. **Mô tả thuật toán SCE [13]**

3. Thuật toán logic mờ

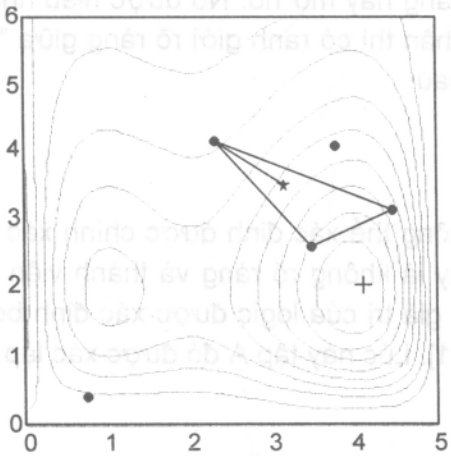
Bên cạnh các công nghệ tính toán, bài toán tối ưu hoá trong tài nguyên nước luôn xuất phát từ nhu cầu của quá trình lấy quyết định. Trong thực tế, quá trình này chủ yếu dựa vào các thông tin đầu vào như số liệu thuỷ văn, nhu cầu sử dụng nước... Các thông tin này phụ thuộc rất nhiều vào các yếu tố tự nhiên, khả năng quan trắc, đo đạc, dự báo... nên thường là không chính xác, biến động và bao gồm cả các dữ kiện có bản chất không rõ ràng, mờ. Ngoài ra, việc lấy quyết định còn phụ thuộc vào mức độ ưu tiên, thứ bậc, phân cấp của các đối tượng sử dụng nước, trong đó việc phân cấp thường biến động, thay đổi theo thời gian, nhu cầu của xã hội, dẫn đến bài toán tối ưu nhiều mức (multi–level). Điều này đặt ra cho các nhà nghiên cứu phát triển lý thuyết các bài toán tối ưu linh hoạt, mềm dẻo hơn có thể giải quyết được các bài toán mà số liệu đầu vào, hàm mục tiêu, ràng buộc là không chắc chắn, không chính xác và có tính biến động.



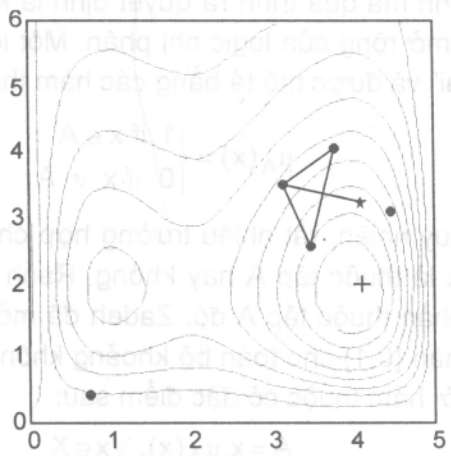
a) Thế hệ con đầu



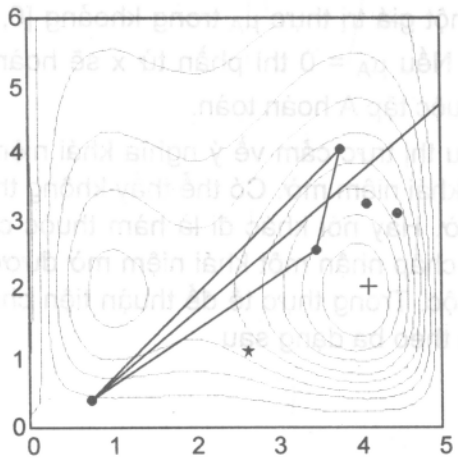
b) Thế hệ con thứ 2



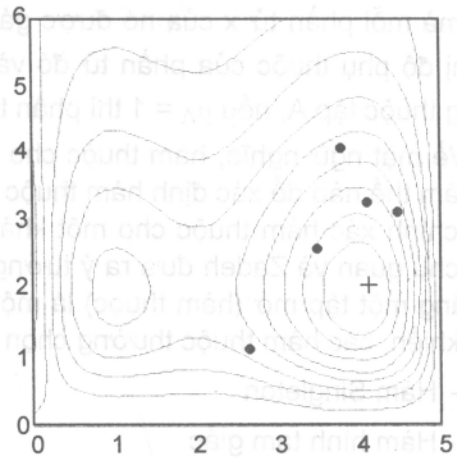
c) Thế hệ con thứ 3



d) Thế hệ con thứ 4



e) Thế hệ con thứ 5



f) Tiến hoá nhóm sau 5 bước

Hình 9.3. **Mô phỏng các bước tiến hoá tại mỗi nhóm [13]**

Thực tế cho thấy với các hệ thống mà các ràng buộc trong quá trình vận hành không đòi hỏi quá chặt chẽ, thì hiệu quả của hệ thống có ý nghĩa lớn hơn nhiều. Ví dụ trong bài toán vận hành hồ chứa Hoà Bình [24], để đảm bảo dung tích chống lũ, mực nước hồ không được phép vượt ngưỡng 92 m. Nếu giới hạn ràng buộc bằng bất đẳng thức kinh điển, bài toán chỉ chấp nhận những giải pháp có mực nước hồ ≤ 92m và loại bỏ ngay những giải pháp có thể đem lại hiệu quả cao hơn nhưng có mực nước hồ > 92m (chẳng hạn 92,01m). Trong thực tế với bài toán này sẽ không tồn tại sự khác biệt giữa 92 m và 92,01 m. Điều đó cho thấy sẽ là hợp lý hơn khi thay thế khái niệm giới hạn tuyệt đối bằng khái niệm giới hạn tương đối. Nghĩa là các ràng buộc nên có tính mềm dẻo, có thể thay đổi theo từng tình huống (được diễn tả ở trạng thái mờ). Bài toán tối ưu với tập mờ sẽ giải quyết được vấn đề này.

a) Lý thuyết tập mờ

Logic mờ được phát triển bởi Zadeh (1965) và nhìn chung được sử dụng trong các mô hình mà quá trình ra quyết định là không rõ ràng hay mơ hồ. Nó được hiểu như một phần mở rộng của logic nhị phân. Một logic nhị phân thì có ranh giới rõ ràng giữa "đúng" và "sai" và được mô tả bằng các hàm thuộc như sau:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x \in A \\ 0 & \text{if } x \notin A \end{cases} \tag{9.27}$$

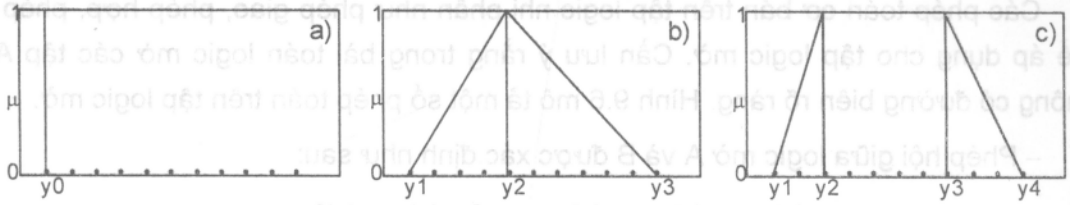
Tuy nhiên, rất nhiều trường hợp chúng ta không thể xác định được chính xác thành viên x là thuộc tập A hay không. Ranh giới ở đây là không rõ ràng và thành viên đó có một phần thuộc tập A đó. Zadeh đã mở rộng hai giá trị của logic được xác định bởi cặp nhị phân {0,1} cho toàn bộ khoảng không giữa [0,1]. Lúc này tập A đó được xác lập là tập mờ với hàm thuộc có đặc điểm sau:

$$A = x, \mu_A(x), \forall x \in X \tag{9.28}$$

Trong đó x là phần tử của tập A, μ_A là hàm thuộc mờ và X là miền của tập mờ. Do đó hàm thuộc mờ có thể mang bất cứ giá trị nào trong khoảng [0,1]. Vậy tập mờ là một tập hợp mà mỗi phần tử x của nó được gán thêm một giá trị thực μ_A trong khoảng [0, 1] để chỉ thị độ phụ thuộc của phần tử đó vào tập A. Nếu μ_A = 0 thì phần tử x sẽ hoàn toàn không thuộc tập A, nếu μ_A = 1 thì phần tử x sẽ thuộc tập A hoàn toàn.

Về mặt ngữ nghĩa, hàm thuộc cho phép biểu thị trực cảm về ý nghĩa khái niệm mờ. Vậy làm thế nào để xác định hàm thuộc cho một khái niệm mờ. Có thể thấy không thể xác định chính xác hàm thuộc cho một khái niệm mờ. Hay nói khác đi là hàm thuộc có tính chất chủ quan và Zadeh đưa ra ý tưởng về việc chấp nhận một khái niệm mờ được biểu thị bằng một tập mờ (hàm thuộc) là một ràng buộc. Trong thực tế để thuận tiện cho việc điều khiển, các hàm thuộc thường chọn đơn giản theo ba dạng sau

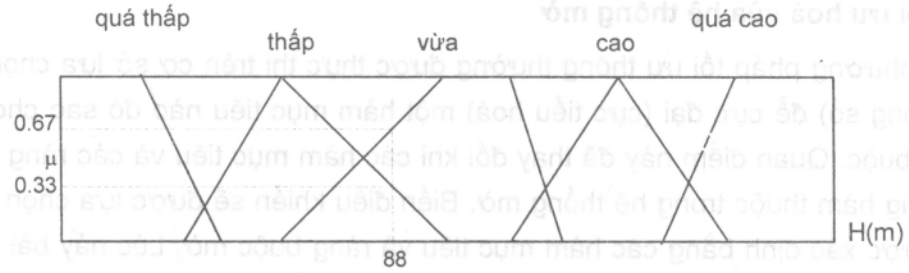
- Hàm Singleton
- Hàm hình tam giác
- Hàm hình thang



Hình 9.4. **Khái niệm tập mờ**
a) Singleton; b) Tam giác; c) Hình thang.

Ví dụ trong bài toán vận hành hồ chứa chống lũ cho hạ du, tuỳ theo mực nước hồ mà người điều khiển phải đóng, mở cống sao cho đảm bảo dung tích còn trống trong hồ có khả năng cắt được lũ đến. Do hồ có thể còn được sử dụng cho các mục đích khác nữa (ví dụ phát điện) dẫn đến việc xác định mực nước trong hồ có thể theo 5 dạng sau:

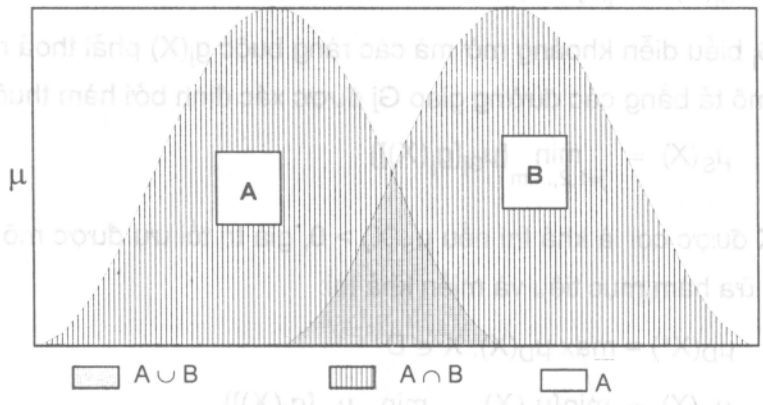
- Mực nước hồ quá thấp ($\mu_{\text{quá thấp}}$)
- Mực nước hồ thấp ($\mu_{\text{thấp}}$)
- Mực nước hồ vừa ($\mu_{\text{vừa}}$)
- Mực nước hồ cao (μ_{cao})
- Mực nước hồ quá cao ($\mu_{\text{quá cao}}$)



Hình 9.5. **Xác định các giá trị mờ của biến mực nước hồ [22]**

Như vậy, theo hình (9.5) khi mực nước hồ là 88m thì:

$$\mu_{\text{quá thấp}} = 0;\ \mu_{\text{thấp}} = 0.33;\ \mu_{\text{vừa}} = 0.67;\ \mu_{\text{cao}} = 0;\ \mu_{\text{quá cao}} = 0$$



Hình 9.6. **Một số phép toán trên tập logic mờ**

Các phép toán cơ bản trên tập logic nhị phân như phép giao, phép hợp, phép bù có thể áp dụng cho tập logic mờ. Cần lưu ý rằng trong bài toán logic mờ các tập A và B không có đường biên rõ ràng. Hình 9.6 mô tả một số phép toán trên tập logic mờ.

– Phép hội giữa logic mờ A và B được xác định như sau:

$$\mu_{A\cup B}(y) = \mu_A(y) \vee \mu_B(y) = \max[\mu_A(y), \mu_B(y)]$$

$$= \begin{cases} \mu_A(y) & \text{if } \mu_A > \mu_B \\ \mu_B(y) & \text{if } \mu_A < \mu_B \end{cases} \tag{9.29}$$

– Phép giao giữa logic mờ A và B được xác định như sau:

$$\mu_{A\cap B}(y) = \mu_A(y) \wedge \mu_B(y) = \min[\mu_A(y), \mu_B(y)]$$

$$= \begin{cases} \mu_A(y) & \text{if } \mu_A < \mu_B \\ \mu_B(y) & \text{if } \mu_A > \mu_B \end{cases} \tag{9.30}$$

– Phép bù của tập mờ $A \cup B$ được mô tả $\overline{A \cup B}$ và được xác định như sau:

$$\mu_{\overline{A\cup B}}(y) = 1 - \mu_{A\cup B}(y) \tag{9.31}$$

b) Tối ưu hoá của hệ thống mờ

Các phương pháp tối ưu thông thường được thực thi trên cơ sở lựa chọn biến điều khiển (thông số) để cực đại (cực tiểu hoá) một hàm mục tiêu nào đó sao cho thoả mãn các ràng buộc. Quan điểm này đã thay đổi khi các hàm mục tiêu và các ràng buộc được mô tả bằng hàm thuộc trong hệ thống mờ. Biến điều khiển sẽ được lựa chọn trong miền khả thi được xác định bằng các hàm mục tiêu và ràng buộc mờ. Lúc nấy bài toán tối ưu của hệ thống mờ được phát biểu như sau:

$$\text{Minimise } f(X) \tag{9.32}$$

Ràng buộc

$$g_j(X) \in G_j, \; j = 1,2,\ldots m \tag{9.33}$$

Trong đó G_j biểu diễn khoảng mờ mà các ràng buộc $g_j(X)$ phải thoả mãn. Do đó miền khả thi mờ, S, mô tả bằng các đường giao Gj được xác định bởi hàm thuộc

$$\mu_S(X) = \min_{j=1,2,\ldots,m} \{\mu_{Gj}[g_j(X)]\} \tag{9.34}$$

Do véctơ X được coi là khả thi nếu $\mu_S(X) > 0$, giá trị tối ưu được mô tả bởi giá trị lớn nhất của giao giữa hàm mục tiêu và miền khả thi:

$$\mu_D(X^*) = \max \mu_D(X), \; X \in D \tag{9.35}$$

Với

$$\mu_D(X) = \min\{\mu_f(X), \min_{j=1,2,\ldots,m} \mu_{Gj}[g_j(X)]\} \tag{9.36}$$

Giải pháp của bài toán tối ưu mờ chỉ có thể được xác định khi hàm thuộc của hàm mục tiêu và các ràng buộc đã biết. Trong các trường hợp phức tạp, sự trợ giúp và hợp tác của những người có kinh nghiệm là hết sức cần thiết cho việc xác định cấu trúc của các hàm thuộc. Các hàm thuộc tuyến tính thường được dùng trong trường hợp thiếu dữ kiện, dựa trên các biến mong đợi của hàm mục tiêu và ràng buộc. Chỉ khi các hàm thuộc này đã biết bài toán mới được xác định là bài toán tối ưu.

9.3. Ra quyết định theo phân tích độ tin cậy

Phân tích độ tin cậy dựa trên lý thuyết xác suất và thống kê toán học. Những kiến thức về lý thuyết và thống kê toán học đã được trình bày trong các giáo trình thuộc chương trình đào tạo đại học, người đọc có thể tìm hiểu trong các tài liệu có liên quan, chẳng hạn các giáo trình Thủy văn Công trình [27],[10], [12].

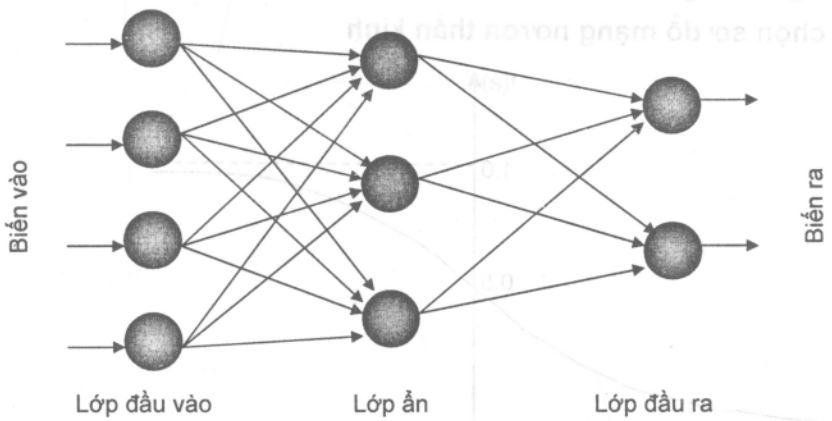
9.3.1. Phương pháp mô phỏng ngẫu nhiên

9.3.1.1. Thuật toán mạng nơron thần kinh (ANN)

ANN là một mô hình xây dựng trên cơ sở cấu trúc của bộ não và đã được ứng dụng rộng rãi trong các bài toán phân loại, tổng hợp, miêu tả, tổ hợp, tối ưu...

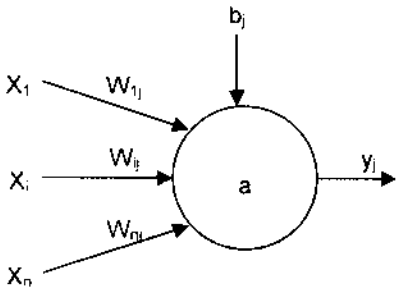
Cấu trúc của ANN dựa trên các nơ ron thần kinh và quá trình chuyển tải thông tin giữa chúng. ANN là các mạng lưới song song được kết nối với các bộ máy xử lý đơn giản (nơron) trong đó mỗi nơron đảm nhận một bộ số liệu đầu vào từ các nơron khác và tính toán kết quả đầu ra để truyền đến các nơron đầu ra. Do đó một mạng nơron có thể được mô tả bằng các cá thể nơron, mạng liên kết, trọng số liên kết giữa các nơron và hàm truyền của chúng.

a) Mạng nơron thần kinh quét xuôi



Hình 9.7. **Ví dụ về mạng nơron thần kinh 3 lớp [13]**

Một mạng nơron thần kinh quét xuôi có một lớp đầu vào, một lớp đầu ra và nằm giữa chúng là một hay nhiều lớp ẩn (hình 9.7). Mỗi nơron trong một lớp được kết nối với tất cả các nơron ở lớp kế tiếp. Số liệu đầu vào mạng được nhận bởi các nơron trong lớp đầu vào. Số liệu này chuyển qua các liên kết từ một nơron này sang nơron khác được thực hiện bằng các trọng số kiểm soát cường độ của tín hiệu truyền. Khi các trọng số này biến đổi, số liệu truyền trong mạng biến đổi theo và kéo theo sự thay đổi của đầu ra của mạng. Các nơ ron trong cùng một lớp sẽ chia sẻ các liên kết đầu vào và đầu ra nhưng không có sự liên kết giữa chúng.



Hình 9.8. **Xử lý tín hiệu tại các nút của ANN**

Xét một nơron đơn lẻ (hình 9.8). Tuỳ thuộc vào nơron ở lớp nào mà các giá trị đầu vào có thể là một biến đầu vào hay là n đầu ra của n nơron thuộc lớp trước x_i, i = 1,2...n. Tất cả các nơron đều nhận tín hiệu từ mỗi nơron thuộc lớp trước. Tại mỗi nơron thuộc lớp ẩn thứ j hay lớp đầu ra, các giá trị đầu vào sẽ được nhân với trọng số của nó w_{ij}, i = 1,2...n, sau đó được cộng với nhau. Giá trị thu được sẽ được chuyển thành tín hiệu đầu ra thông qua một hàm kích hoạt f(a).

Tổng các tín hiệu đầu vào được trình bày như sau:

$$a = \sum_{i=1}^{n} x_i w_{ij} - b_j$$

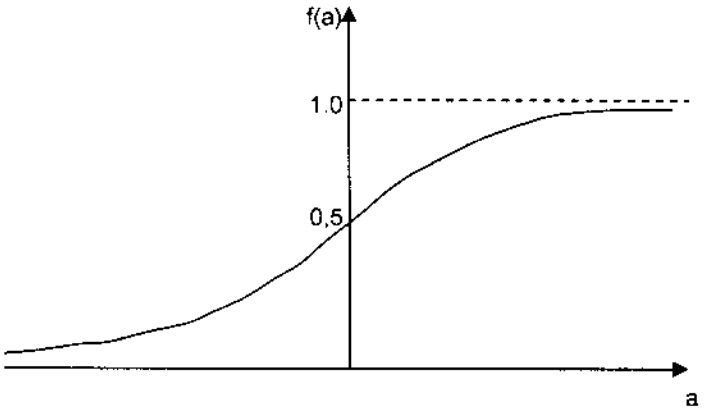
Với w_{ij} là các trọng số liên kết từ nơron thứ i trong lớp trước đến nơron hiện hành lớp j; b_j là ngưỡng của nơron lớp j.

Thông thường, tín hiệu đầu ra sẽ không được thiết lập nếu cường độ kích hoạt của nơron không vượt quá ngưỡng b_j.

Hàm kích hoạt phổ biến nhất được sử dụng là hàm logistic hay còn được gọi là hàm Sigmoid có dạng hình chữ S (hình 9.9)

Các giá trị đầu vào của hàm có thể biến đổi từ $-\infty$ đến $+\infty$ trong khi giá trị đầu ra luôn luôn nằm trong khoảng 0 đến 1.

b) Lựa chọn sơ đồ mạng nơron thần kinh



Hình 9.9. **Hàm kích hoạt logistic**

Việc lựa chọn sơ đồ mạng nơron thần kinh phù hợp đòi hỏi phải xác định nhiều nhân tố, như số lượng nơron tại các lớp khác nhau, số lượng lớp ẩn và loại hàm kích hoạt. Trên thực tế không có một giải pháp phân tích nào để xác định sơ đồ mạng tối ưu. Số lượng các nơron đầu vào và đầu ra được xác định tuỳ thuộc vào bài toán (số lượng các biến đầu vào, đầu ra). Trong khi đó số lượng lớp ẩn cũng như số nơron thuộc mỗi lớp ẩn nhìn chung là không rõ ràng.

Việc sử dụng mạng một lớp ẩn nhìn chung được khuyến nghị. Thực tế cho thấy, sử dụng nhiều hơn một lớp ẩn sẽ làm tăng số lượng thông số dẫn đến làm chậm quá trình kiểm định mà không nâng hiệu quả của mạng lên.

Việc lựa chọn số lượng nơron thuộc lớp ẩn phù hợp sẽ quyết định đến khả năng áp dụng thành công của mạng. Phương thức tốt nhất là thực hiện qua quá trình thử sai. Số nơron phù hợp có thể được tìm thấy thông qua việc kiểm định mạng và đánh giá các hoạt động của nó trong phạm vi thay đổi số lượng nơron thuộc lớp ẩn để thu được hiệu quả tốt nhất với số nơron ít nhất có thể.

c) Luyện mạng

Mục đích của việc luyện/học mạng là xác định ra bộ trọng số (w_i) và các ngưỡng (b_j) sao cho ANN có thể đưa ra các kết quả mong muốn. Quá trình này tương tự như việc kiểm định mô hình, do đó trọng số và ngưỡng có thể được coi như là các giá trị thông số của mạng nơron. Thuật toán luyện mạng điều chỉnh các trọng số sao cho với mỗi tín hiệu đầu vào, thì tín hiệu đầu ra của mạng gần với giá trị mục tiêu đầu ra. Ma trận các trọng số cuối cùng sẽ biểu thị những kiến thức học được của ANN về bài toán. Việc học sẽ được thi hành thông qua việc so sánh các giá trị đầu ra với các số liệu quan trắc. Có 3 phương pháp được sử dụng cho việc luyện mạng: học có thầy, học tăng cường và học không có thầy trong đó việc học có thầy là phương pháp chung nhất trong bài toán tài nguyên nước.

Có nhiều thuật toán luyện mạng, trong đó thuật toán lan truyền ngược có lẽ là thuật toán phổ biến nhất.

Một điều cần chú ý khi ứng dụng ANN là các số liệu đầu vào cần phải chuẩn hoá sao cho nó nằm trong khoảng [0, 1].

d) Ứng dụng ANN trong bài toán tối ưu tài nguyên nước

Cùng với tính bất định của số liệu đầu vào, sự phức tạp của đặc điểm địa lý và thuỷ văn trong các bài toán quy hoạch tài nguyên nước đòi hỏi phải áp dụng mô hình mô phỏng hiện đại, phức tạp. Tuy nhiên các mô hình này thường yêu cầu thời gian tính toán rất lớn, dẫn đến việc tối ưu hoá bài toán tài nguyên nước bằng phương pháp kết nối mô hình mô phỏng và thuật toán tối ưu là không khả thi. Đặc biệt cho những bài toán điều khiển, vận hành hệ thống với thời gian thực. Để giải quyết vấn đề này một thủ tục tối ưu hoá nhiều cấp đã được phát triển cho phép giảm thiểu tối đa thời gian tính toán cho bài toán tối ưu thông qua các mô hình thay thế. Trong trường hợp này ANN được luyện để

thay thế các mô hình mô phỏng trong việc ước tính các giá trị đầu ra phục vụ cho việc đánh giá hàm mục tiêu. Việc thay thế này sẽ giảm đáng kể thời gian tính toán mà không ảnh hưởng đến độ chính xác của bài toán.

9.3.1.2. Mô hình mô phỏng ngẫu nhiên

Mô phỏng là một quá trình sao lại các hoạt động của một hệ thống đã có hay dự kiến.

1. Phân loại các mô hình mô phỏng

Các mô hình mô phỏng có thể là mô hình vật lý, mô hình tương tự hay mô hình toán. Trong đó các mô hình toán là rất phổ biến và hữu dụng trong lĩnh vực tài nguyên nước. Ở đây chúng tôi chỉ đề cập đến mô hình toán.

Mô hình mô phỏng có thể phân thành mô hình tĩnh và mô hình động. Các mô hình động tính đến sự thay đổi thông số và các biến điều khiển trong vận hành hệ thống. Mô hình mô phỏng hệ thống tài nguyên nước được coi là mô hình động nếu chính sách vận hành của nó có thể thay đổi theo thời gian và nếu sự thay đổi đó tương ứng với nhu cầu của hệ thống và các thay đổi liên quan của các thông số. Trong khi ở mô hình tĩnh chúng được coi là cố định.

Các biến thuỷ văn có đặc tính là ngẫu nhiên. Dựa trên việc xem xét các đặc tính ngẫu nhiên mà các mô hình mô phỏng được phân ra thành các mô hình tất định và ngẫu nhiên.

Hai phương pháp quan trọng được sử dụng để giải quyết thuộc tính ngẫu nhiên trong mô hình mô phỏng là:

- Dòng chảy tổng hợp được tạo ra bởi các phương pháp thuỷ văn ngẫu nhiên sẽ được sử dụng như các số liệu đầu vào.
- Mô hình mô phỏng được kết nối với các mô hình khác cho phép giải pháp ngẫu nhiên.

Bên cạnh đó độ hội tụ có thể được sử dụng để phân loại các mô hình mô phỏng. Một mô hình có mức độ chi tiết cao sẽ phù hợp cho việc đánh giá sự vận hành của một hệ thống tài nguyên nước đã có. Mục tiêu chung của việc ứng dụng các loại mô hình này là nâng cao hiệu quả vận hành hệ thống. Trong trường hợp ngược lại, các mô hình mô phỏng với số liệu tập trung thích hợp với việc thiết kế các hệ thống tài nguyên nước.

2. Mô phỏng Monte Carlo

Thiết kế các hệ thống thực tế thường dựa trên các số liệu quan trắc lịch sử. Ví dụ các số liệu quan trắc dòng chảy được dùng trong việc xác định dung tích hồ chứa, hay các số liệu giao thông dùng để thiết kế đường vận tải. Tuy nhiên chuỗi số liệu này thường là không đủ dài và các đặc trưng số liệu quan trắc thường không lặp lại một cách hoàn toàn chính xác. Hoạt động của hệ thống phụ thuộc rất nhiều vào các giá trị cực trị của các biến đầu vào trong khi chuỗi số liệu lịch sử có thể không đại diện cho toàn bộ các đặc trưng của các biến đầu vào. Điều này sẽ dẫn đến những rủi ro khi sử dụng chuỗi số liệu lịch sử

trong việc đánh giá các hoạt động của hệ thống. Ví dụ, người quy hoạch sẽ không thể xác định được những thiệt hại do lượng nước cấp không đáp ứng được các nhu cầu trong suốt cuộc đời kinh tế của các hộ dùng nước bởi vì nó đòi hỏi chuỗi số liệu phải đủ dài.

Đối với nhiều hệ thống, các giá trị đầu vào, các thông số là ngẫu nhiên, các điều kiện ban đầu, điều kiện biên có thể là ngẫu nhiên mà tần suất của chúng đã biết. Với loại hệ thống này, số liệu đầu vào cho các thử nghiệm mô phỏng sẽ được tổng hợp nhân tạo trên cơ sở giữ nguyên các thuộc tính thống kê của các số liệu đầu vào tự nhiên. Đối với mỗi thử nghiệm hệ thống sẽ có những phản hồi khác nhau. Việc phân tích thông kê sẽ được thi hành dựa trên cơ sở các phản hồi thu nhận được từ nhiều thử nghiệm, để nhận thức, cũng như dự báo được những phản ứng của hệ thống. Cách tiếp cận này được gọi là mô phỏng Monte Carlo. Ưu điểm lớn nhất của mô phỏng Monte Carlo là có thể dễ dàng mô tả các số liệu đầu vào, đầu ra cũng như các thông số của hệ thống. Một ưu điểm nữa là nó có thể tiết kiệm được thời gian và kinh phí. Một điểm cần lưu ý là dù các số liệu tổng hợp nhân tạo không thể thay thế được các số liệu quan trắc thực tế nhưng nó là một công cụng rất hữu ích cho phép phân tích một cách chi tiết các thông tin trích dẫn từ số liệu thực tế.

3. Các bước thiết lập mô hình

Việc phát triển và ứng dụng mô hình mô phỏng thường tuân theo các bước sau:

a. Xác định bài toán

b. Mô tả hệ thống tài nguyên nước và mối quan hệ thuỷ văn giữa chúng

c. Quyết định cấu trúc mô hình, các số liệu đầu vào và các kết quả

d. Thiết kế mô hình

e. Thử nghiệm mô hình, trong trường hợp mô hình không phù hợp thì phải xem xét lại từ bước c.

f. Áp dụng mô hình cho bài toán

Một mô hình được coi là tốt nếu nó nhận thức được các phản ứng của hệ thống khi thay đổi phương thức điều khiển.

4. Ưu nhược điểm của mô hình mô phỏng

Ưu điểm:

– Giúp cho việc nhận thức được những hành xử của hệ thống một cách thấu đáo hơn.

– Cấu trúc của mô hình phù hợp với công việc thực nghiệm.

– Dễ dàng cung cấp các kịch bản vận hành hệ thống khác nhau.

– Thuận tiện trong việc sử dụng mô hình cho các dự án tương lai.

– Là cầu nối giữa người quản lý chính sách với những người nghiên cứu.

Nhược điểm:

– Một số mô hình mô phỏng đòi hỏi lượng số liệu lớn khó có thể đáp ứng được.

– Khi nghiên cứu các vấn đề chưa rõ ràng, mơ hồ bằng mô hình mô phỏng sẽ rất khó.

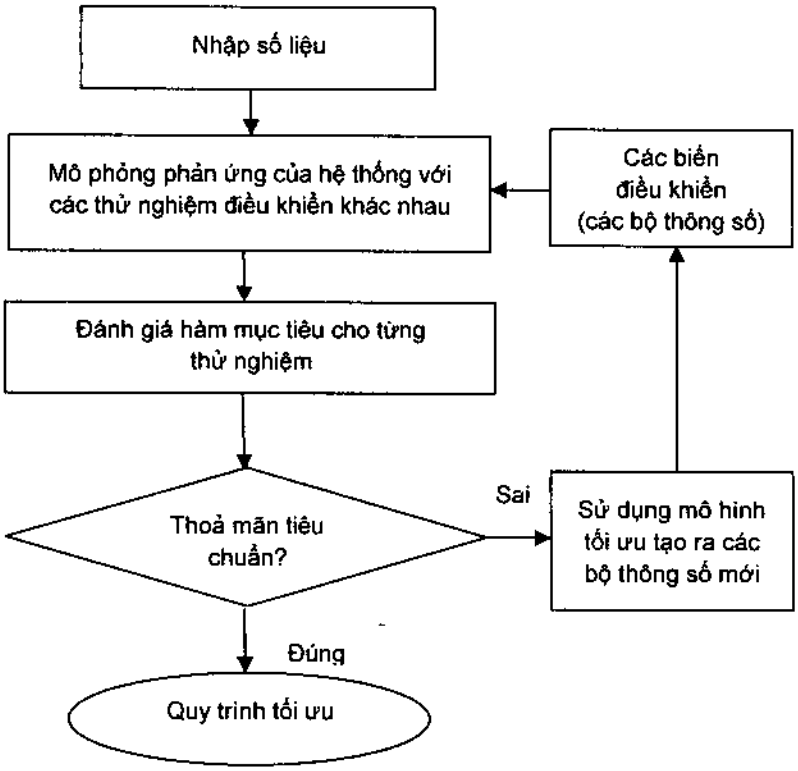
– Chi phí cho việc xây dựng hay sử dụng mô hình mô phỏng khá cao, nhất là đối với bài toán phức tạp.

– Đòi hỏi kiến thức và kinh nghiệm trong việc phân tích các kết quả của mô hình.

– Các loại mô hình và kết quả của chúng thường xuyên có thể không được chấp nhận bởi người sử dụng.

5. Mô hình kết hợp mô phỏng – tối ưu

Nhìn chung, các mô hình phân tích hệ thống có thể được phân chia ra thành các loại sau: các mô hình mô phỏng; các mô hình tối ưu; các mô hình kết hợp mô phỏng – tối ưu.



***Hình 9.10.* Sơ đồ phương pháp kết hợp mô hình mô phỏng – tối ưu trong quản lý vận hành hệ thống [24]**

Các mô hình mô phỏng có thể cho phép mô tả một cách chi tiết các đặc điểm vật lý, thuỷ văn của hệ thống tài nguyên nước. Các mô hình tối ưu lại có thể tìm kiếm các giải pháp tối ưu từ một số giới hạn các giải pháp trong vùng khả thi. Do đó, trong những năm gần đây việc kết nối kỹ thuật tối ưu hoá với các mô hình mô phỏng để tiến hành tìm kiếm

tối ưu ngày càng trở nên phổ biến (Yeh, 1985). Quy trình kết nối mô phỏng–tối ưu cho các bài toán quản lý hệ thống tài nguyên nước được trình bày trong hình 9.10. Đầu tiên, các tệp thông số cho việc thiết lập các quy tắc vận hành, điều khiển được phát ra một cách ngẫu nhiên (mỗi thông số đều nằm trong miền xác định hay còn gọi là miền khả thi). Hiệu quả của các phương án vận hành đó được đánh giá thông qua việc sử dụng mô hình mô phỏng hệ thống trên cơ sở các hàm mục tiêu đã định trước. Các số liệu đầu vào có thể là số liệu tổng hợp nhân tạo hay số liệu quan trắc thực tế. Tiếp đến, tệp thông số được thay đổi theo hướng tiếp cận các hàm mục tiêu bằng việc sử dụng thuật toán tối ưu. Quá trình này sẽ lặp đi lặp lại cho đến khi một trong các tiêu chuẩn kết thúc được thoả mãn. Các hàm mục tiêu phổ biến trong bài toán quy hoạch tài nguyên nước là: cực đại hoá các lợi nhuận đem lại từ việc cung cấp nước, cực tiểu hoá các tổn thất do thiếu nguồn nước hay các thiệt hại do việc quá dư thừa nước gây ra.

9.3.2. Hệ chuyên gia

Cũng như các thuật toán trí tuệ nhân tạo, hệ chuyên gia được sử dụng rất nhiều trong việc giải quyết các bài toán phức tạp. Nó rất thuận tiện cho các lĩnh vực có cấu trúc hạn chế đòi hỏi phải khai thác một hay nhiều cơ sở tri thức về lĩnh vực đó.

Djordjevic B. (1993) đã chỉ ra những lý do hệ chuyên gia ngày càng trở nên hữu ích trong các vấn đề đưa ra quyết định đối với quản lý nguồn nước:

– Các hệ thống tài nguyên nước được mở rộng thông qua việc kết nối các hệ thống bộ phận và trở nên có nhiều nhánh chiếm đóng một lãnh thổ rộng lớn.

– Đặc điểm đa mục tiêu của hệ thống tài nguyên nước ngày càng rõ và cùng với việc việc nhu cầu sử dụng nước ngày càng tăng, dẫn đến các mâu thuẫn giữa các hộ sử dụng nước ngày càng gay gắt.

– Độ tin cậy của hệ thống ngày càng trở nên mong manh cả về mặt thực hiện hệ thống và độ an toàn cấu trúc.

– Sự tương tác với các hệ thống khác và môi trường càng trở nên phức tạp, đặc biệt trong lĩnh vực xã hội và sinh thái.

– Việc đưa ra quyết định quản lý vận hành đòi hỏi ngày càng nhanh dẫn đến các quyết định sai sẽ tăng lên.

– Các mô hình quản lý ngày càng phức tạp hơn do số lượng các thành phần đầu vào trong véctơ quá trình tăng lên và bài toán cần được giải quyết trong môi trường không rõ ràng, mờ.

Chính sự kết hợp của các yếu tố trên đã làm cho các bài toán quản lý trở nên phức tạp. Sử dụng các mô hình toán sẽ rất hữu ích cho các yêu cầu điều khiển hệ thống ở một

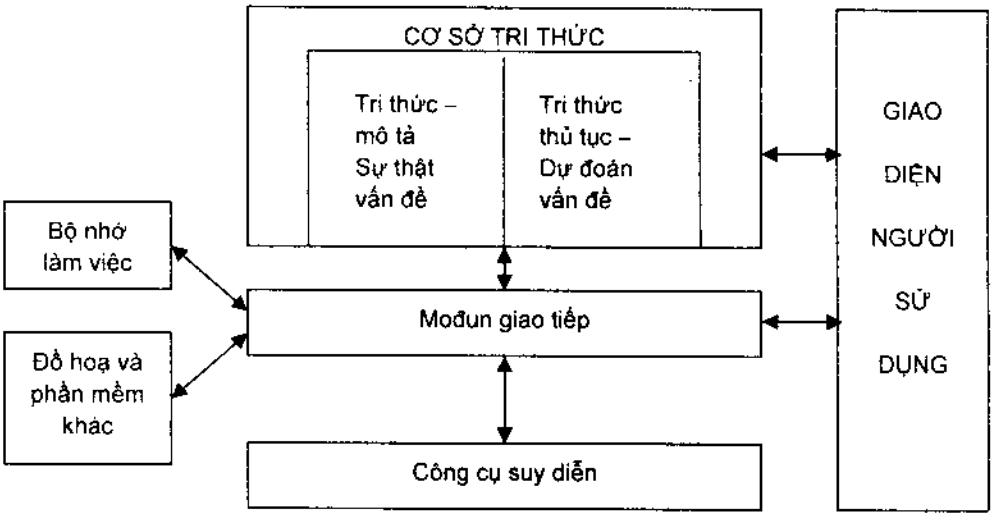
mức độ phức tạp nào đó. Điều này dẫn đến vấn đề chất lượng của hỗ trợ quyết định càng trở nên cần thiết và dường như hệ chuyên gia sẽ thoả mãn được các yêu cầu đó.

Một hệ chuyên gia (hình 9.11) bao gồm các thành phần sau:

1) Tri thức cơ sở bao gồm

– Tri thức mô tả: Cho biết vấn đề được thấy như thế nào. Nó cho thấy sự thật của vấn đề thông qua các khẳng định hay xâu các khẳng định đơn giản, mang giá trị đúng hay sai để mô tả vấn đề, đối tượng...

– Tri thức thủ tục: Mô tả cách vấn đề được giải quyết trong đó các luật, chiến lược, các lịch và các thủ tục là các dạng đặc trưng của tri thức này.



***Hình 9.11.* Cấu trúc cơ bản hệ chuyên gia [2]**

Các luật thuộc dạng tri thức thủ tục gắn thông tin đã cho với một vài hoạt động. Các hoạt động này có thể là sự khẳng định về thông tin mới hay là thủ tục sẽ được thực hiện. Nó mô tả cách giải quyết vấn đề thông qua câu lệnh logic IF... THEN.... Các luật thể hiện tri thức được phân thành các lớp luật liên quan đến tri thức quan hệ, khuyến cáo, may rủi, hướng dẫn... Các luật này có thể có dung biến hay không chắc chắn. Ngoài ra, trong tri thức thủ tục còn phải kể đến luật meta, đây là luật của các loại luật. Nó được dùng để mô tả cách thức dùng các luật khác.

2) Bộ nhớ làm việc là tập hoạt động hiện hành của tri thức cơ sở và có thể bao gồm cả modun quản lý tri thức.

3) Công cụ suy diễn (Inference Engine) là bộ xử lý trong hệ chuyên gia khớp các sự kiện trong bộ nhớ với tri thức lĩnh vực trong cơ sở tri thức. Trong hệ thống công cụ suy diễn được coi là modun giải quyết bài toán. Nó cũng có thể cung cấp những biện hộ cho những thông báo từ hệ chuyên gia.

4) Môdun giao tiếp cho phép sự trao đổi thông tin giữa các môđun khác và nó cũng có thể cung cấp giao diện cho người sử dụng và người thiết kế hệ thống.

5) Ngoài ra trong hệ thống còn có phần mềm đồ hoạ, phân tích số, phân tích thống kê, phân tích hệ thống và phần mềm mô phỏng.

Vai trò của hệ chuyên gia trong quản lý tài nguyên nước được thể hiện qua rất nhiều ứng dụng trong đó tập trung vào các vấn đề như phân tích và mô hình hoá hệ thống, vận hành hồ chứa, hệ thống quản lý lũ, quan trắc chất lượng nước.

9.4. Hệ thống hỗ trợ ra quyết định

9.4.1. Khái niệm về hệ thống hỗ trợ ra quyết định (DSS)

Trong quá trình lập các quy hoạch tài nguyên nước cho một vùng, một lưu vực sông người ra quyết định cần nhận dạng hệ thống nguồn nước, đánh giá động thái của hệ thống và có đủ các thông tin cần thiết để ra quyết định đúng. Thực chất quy hoạch tài nguyên nước là tìm kiếm phương án hợp lý nhằm thỏa mãn nhu cầu về nước. Để có một quyết định hợp lý, người ra quyết định cần xử lý một khối lượng lớn các thông tin về hệ thống, đó là một công việc khó khăn và tiêu tốn nhiều thời gian đối với người ra quyết định. Để ra quyết định, người ra quyết định cần phân tích các thông tin về hệ thống trên cơ sở các số liệu thu thập được, thiết bị sử lý thông tin, mô hình để phân tích động thái hệ thống và công cụ trợ giúp ra quyết định. Theo Larry W. Mays (1996) [3], quá trình phân tích ra quyết định có thể mô tả theo sơ đồ trên hình 9.12.

Trước đây, việc phân tích hệ thống người ra quyết định thường chỉ dựa vào những số liệu hạn chế và sơ cứng, công cụ ra quyết định và thiết bị xử lý thông tin bị hạn chế và không có sự liên kết giữa các nội dung được mô tả trên hình 9.12, ta gọi đó là phương pháp truyền thống. Với những hệ thống phức tạp và tồn tại nhiều yếu tố bất định như hệ thống nguồn nước thì phương pháp truyền thống rất hạn chế đến chất lượng của việc ra quyết định. Trong những năm gần đây, với mục đích nâng cao chất lượng của quá trình ra quyết định người ta đã phát triển một phương pháp mới được gọi là hệ thống trợ giúp ra quyết định. Sự phát triển hướng nghiên cứu trên đây dựa trên cơ sở những tiến bộ khoa học trong lĩnh vực công nghệ thông tin, tin học, công cụ và phương pháp tính toán hiện đại [27].

Hệ thống hỗ trợ ra quyết định (*Decision Support System* – DSS) cung cấp phương tiện cho các nhà ra quyết định có thể tác động trực tiếp đến cơ sở dữ liệu và mô hình phân tích hệ thống.

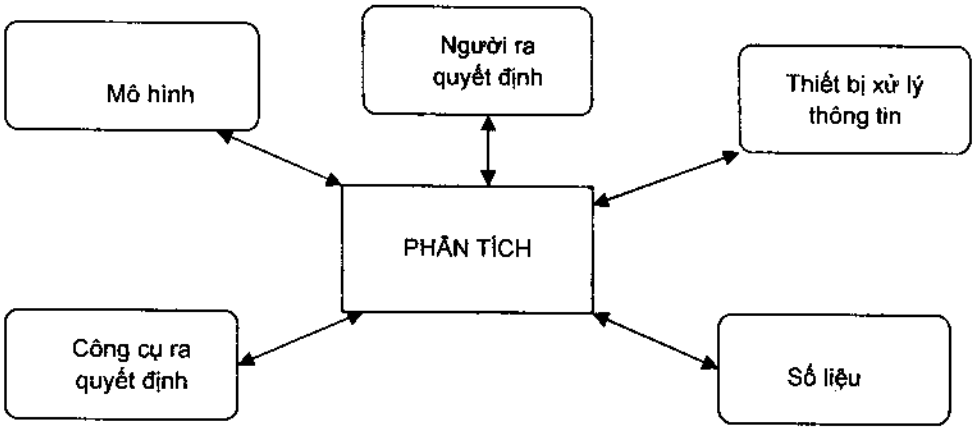
Lucks D.P đã đưa ra định nghĩa như sau:

Hệ thống hỗ trợ ra quyết định – DSS – là một hệ thống gồm các chương trình cơ sở dữ liệu, các mô hình xấp xỉ toán học tối ưu hoặc mô hình mô phỏng cùng với các thuật

toán tương ứng được thiết lập liên quan đến một vấn đề cụ thể, một địa điểm hoặc một vùng cụ thể nhằm trợ giúp cho việc tham khảo, quy hoạch, quản lý, vận hành, thiết kế cũng như việc ra quyết định xử lý các tranh chấp của các yêu cầu sử dụng tài nguyên nước [22].

Hệ thống hỗ trợ trong một tài liệu khác được định nghĩa như sau:

Hệ thống hỗ trợ ra quyết định – DSS – là một hệ thống thông tin tổng hợp bao gồm các phần cứng (hardware), mạng lưới thông tin, cơ sở dữ liệu, cơ sở mô hình, các phần mềm (software) và những người sử dụng DSS nhằm thu thập tổng hợp thông tin phục vụ cho việc ra quyết định (các nhà ra quyết định).



***Hình 9.12.* Sơ đồ quá trình phân tích ra quyết định [3]**

Hệ thống hỗ trợ ra quyết định DSS kết hợp việc sử dụng các mô hình và các kỹ thuật phân tích với việc đánh giá truyền thống. Việc thiết lập DSS nhằm mục đích dễ dàng sử dụng trong một hoàn cảnh có sự tác động qua lại và có thể thích nghi với sự thay đổi của môi trường cũng như sự tiếp cận các quyết định của người sử dụng. Ngoài ra, để nâng cao hiệu quả về mặt kinh tế, DSS cũng có thể tăng cường hiệu quả về mặt quản lý bằng việc sử dụng phân tích có điều kiện. Bảng 9.1 chỉ rõ sự khác biệt giữa phương pháp truyền thống và DSS.

***Bảng 9.1.* Sự khác nhau giữa phương pháp truyền thống và DSS**

Phương pháp truyền thống	*DSS (Decision Support System)*
(1) Những vấn đề được cấu trúc rõ ràng	(1) Những vấn đề không được cấu trúc rõ ràng
(2) Sử dụng phương pháp tính toán đơn giản	(2) Sử dụng các mô hình
(3) Cấu trúc cứng nhắc	(3) Cấu trúc có tương tác qua lại
(4) Thông tin hạn chế	(4) Có khả năng sử dụng thích nghi do thông tin được cập nhật thường xuyên
(5) Có thể nâng cao chất lượng quyết định bằng cách làm rõ ràng số liệu thô	(5) Có thể nâng cao chất lượng quyết định trên cơ sở sử dụng mô hình toán và các phần mềm trợ giúp ra quyết định

Thực chất quá trình ra quyết định là quá trình phân tích hệ thống được trợ giúp bởi DSS. Đối với các bài toán quy hoạch và quản lý nguồn nước thì mô hình mô phỏng và mô hình tối ưu hoá là rất cần thiết. Những mô hình toán đang được sử dụng rộng rãi hiện nay trong quy hoạch và quản lý nguồn nước đều được xây dựng theo dạng cấu trúc của DSS.

Quá trình phân tích hệ thống ra quyết định với sự hỗ trợ của DSS có thể mô tả như trên hình 9.12.

9.4.2. Các thành phần của hệ thống hỗ trợ ra quyết định

Việc thiết kế hệ thống hỗ trợ ra quyết định phụ thuộc rất nhiều vào mục tiêu mà nó phục vụ. Các thông tin cho người ra quyết định tuỳ thuộc vào vấn đề giải quyết và mức độ yêu cầu của việc ra quyết định. Do đó hệ thống hỗ trợ ra quyết định cần biết các thông tin nào được sử dụng và định dạng của chúng. Các công cụ phân tích trong hệ thống hỗ trợ ra quyết định bao gồm các mô hình về môi trường, kinh tế, xã hội. Theo Jain và Singh (2003) [2] các thành phần cơ bản của hệ thống hỗ trợ ra quyết định bao gồm:

– Các công cụ trợ giúp trong việc thiết kế hệ thống và xác định các chính sách vận hành

– Các mô hình tối ưu, mô phỏng để xác định giá trị của các biến quyết định hay sự thi hành của hệ thống theo số liệu đầu vào và các ràng buộc.

– Các thuật toán kiểm định mô hình môi trường.

– Các mô hình kinh nghiệm có thể sử dụng cho việc tính toán nhanh với số liệu hạn chế.

– Hệ thống thông tin địa lý cho việc phân tích và thể hiện số liệu không gian.

– Các hệ chuyên gia xử lý các điều luật và dữ liệu để đưa ra những kết luận và cung cấp những lý giải của nó.

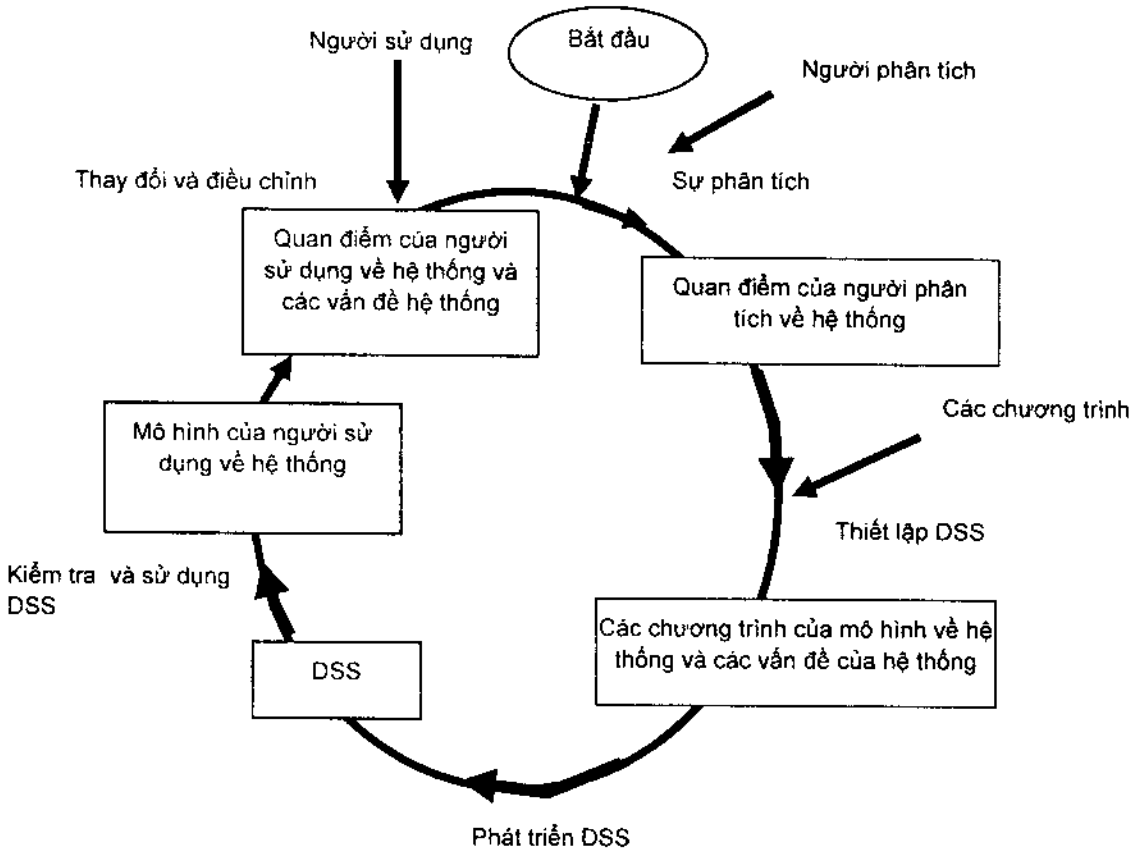
– Hệ thống thông tin quản lý (các công cụ phân tích và cơ sở dữ liệu)

– Các phần mềm thống kê, đồ họa, bảng tính cho việc phân tích và trình bày dữ liệu.

Các dữ liệu đầu vào và đầu ra của hệ thống hỗ trợ ra quyết định được trình bày dưới nhiều dạng khác nhau. Hầu hết các tương tác đầu vào thể hiện dưới dạng số có thể thu nhận được thông qua hệ thống các câu hỏi. Các kết quả đầu ra có thể dưới dạng bảng, văn cảnh, sơ đồ theo thời gian và không gian, các bản đồ, video...

Các số liệu đầu vào mô hình có thể là các thông số điều khiển như bước thời gian; thông số toàn cục như mật độ nước; số liệu động lực như các giai đoạn sông ngòi; số liệu phân bố không gian như bản đồ sử dụng đất. Các dữ liệu này sẽ được thu thập từ rất nhiều nguồn khác nhau, với các dạng và chất lượng khác nhau. Sự tích hợp của chúng trong một hệ thống thông tin thống nhất đòi hỏi một số lượng các công cụ để xử lý các số liệu gốc và lưu trữ chúng dưới dạng chung.

Hình 9.13 mô tả chu trình định hướng hệ thống hỗ trợ và quyết định DSS.



Hình 9.13. **Sơ đồ mô tả chu trình định hướng mô hình DSS [22]**

9.4.3. Hệ thống hỗ trợ ra quyết định trong quy hoạch và quản lý tài nguyên nước

Hệ thống hỗ trợ ra quyết định đã được thiết lập phục vụ cho công tác quản lý ở nhiều ngành kỹ thuật khác nhau. Mỗi một lĩnh vực kỹ thuật hoặc đối tượng cần quản lý có yêu cầu riêng về việc thiết lập DSS. Hệ thống hỗ trợ ra quyết định hiện được ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực quy hoạch và quản lý tài nguyên nước có những mảng chính như sau:

- Cơ sở dữ liệu của hệ thống
- Các mô hình hệ thống (được coi là công cụ phân tích hệ thống)
- Hệ thống thông tin và xử lý thông tin
- Các phần mềm

Các mảng trên thường được liên kết với nhau trong một phần mềm quản lý điều hành hoặc các mô hình toán về hệ thống.

Larry W. Mays đã đưa ra cấu trúc tổng quát của hệ thống DSS (xem hình 9.14) gồm những khối chính như sau:

– Công cụ đánh giá, bao gồm chọn tiêu chuẩn đánh giá, xây dựng kịch bản và kiểm tra đánh giá.

– Xác lập thông tin, bao gồm cơ sở dữ liệu và hệ thống thông tin địa lý GIS

– Công cụ xử lý thông tin, bao gồm mô phỏng hệ thống, và mô hình tối ưu

Rene F.Reitsma, Edith A.Zagona (eds.) trên cơ sở tổng hợp những công trình công bố về DSS đã đưa ra lược đồ tổng quát xây dựng hệ thống hỗ trợ ra quyết định gồm 8 bước như sau:

(1) Xác định sự cần thiết của phân tích hệ thống: Trên cơ sở xác định những vấn đề cần thiết phải phân tích, sơ bộ thiết kế hệ thống hỗ trợ ra quyết định và dự kiến những tài liệu có liên quan cho việc thiết kế DSS

(2) Xác lập đề cương, mục tiêu và thiết lập DSS: bao gồm việc lượng hoá mục tiêu, lựa chọn mô hình đối với bài toán đặt ra, thiết lập cấu trúc của DSS và xác lập GIS

(3 Chi tiết hoá các chức năng của DSS đã thiết lập

(4) Chi tiết hoá các phần mềm (Software) của DSS: Trên cơ sở chi tiết hoá các chức năng của DSS xây dựng các chương trình, thuật toán mô tả các chức năng và hoạt động của DSS, xây dựng cơ sở dữ liệu và xây dựng phần mềm của DSS.

(5) Phát triển DSS: Đây là bước khái quát hoá và hoàn thiện thiết kế DSS trên cơ sở những mục tiêu và nội dung cần phải phân tích.

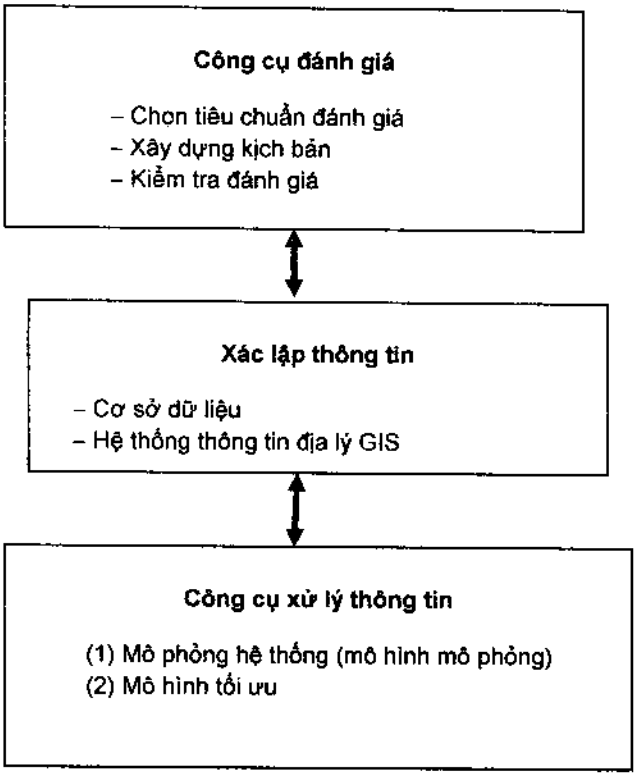
(6) Khởi động và thử nghiệm: Là sự thử nghiệm bản thiết kế DSS để phân tích tính khả dụng của bản thiết kế.

(7) Kiểm tra và bổ sung cho DSS đã thiết lập: Trên cơ sở kiểm tra với hệ thống thực để kiểm tra khả năng làm việc và chất lượng của DSS, từ đó bổ sung vào bản thiết kế của DSS.

(8) Đóng gói và tích hợp.

Thực chất, mô tả trên hình 9.14 thể hiện các bước phân tích hệ thống hệ thống trong đó vai trò của mô hình mô phỏng và mô hình tối ưu là các công cụ hữu hiệu, đóng vai trò rất quan trọng trong quá trình ra quyết định.

Hiện nay, những mô hình toán hệ thống như mô hình ISIS, MIKE11, HEC–ResSim v.v đều được xây dựng theo nguyên tắc hệ thống hỗ trợ ra quyết định, bởi vậy rất tiện dụng cho người sử dụng trong quá trình ra quyết định.



Hình 9.14. **Cấu trúc và mối liên kết giữa các khối của DSS [22]**

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Grigg N.S., *Water Resources Management: Principles, Regulations, and Cases*, McGraw–Hill, New York,1996, ISBN 0–0 7–024782–X.

[2] Jain, S.K and Singh, V.P, *Water Resources Planning and Management* (Delvelopment in Water Science), Elsevier Science, 2003, ISBN 0444514295.

[3] Mays, L.W, *Water Resource Handbook*, McGraw–Hill, New York, 1996, ISBN 0– 07–04 1150–6...

[4] Goodman,A.S, *Principles of Water Resources Planing*, Prentise–Hall,Inc,1984, ISBN 0 137 10616 5.

[5] Loucks, D.P, *Water Resources Systems Planning and Analysis*, Prentise–Hall, 1981, ISBN 0 139459235.

[6] James, L.D and Lee, R.R, *Economics of Water Resource Planning,* McGraw–Hill,1995. Library of Congress No 79 115145.

[7] Mays L.W., Tung Y.K, *Hydrosystems Engineering and Management*, McGraw–Hill, Inc, 1992, ISBN 0 070 41146 8.

[8] World Bank (1993): *Water Resource Planning*, A World Bank Policy Paper. The World Ba. Washington, D.C, ISBN 0 8213 2636 8.

[9] Branislav Djordjevic, *Cybernetics in Water Resources Management,* Water Resources Publications, Highlands Ranch, Colorado,1993, ISBN 0 918334 82 9.

[10] Chow, V.T, Maidment, D.R and Mays, L.W., *Applied Hydrology*, McGraw–Hill, 1998, ISBN 0–07–010810–2

[11] Daniel P. Louks, Jery R. Stedinger, Dougias A. Haith: *Water Resource Systemt Planning and Analysis,* International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering, Delft, the Netherlands,1981, ISBN 0 139 45923 5.

[12] Ponce, V.M, *Engieering Hydrology*, Prentise–Hall, 1981, ISBN 0 139459235

[13] Duan, Q., Sorooshian, S. and Gupta, V.,1994, *Optimal Use of the SCE–UA Global Optimization for Conceptual Rainfall–Runoff Models.* Water Resources Research 38(4):1015–1031.

[14] N. N. Moi xeep: *Các Vấn đề Toán học trong Phân tích Hệ thống,* Nauka – Mascova, 1981.

[15] E.P.Galianhin: *Tối ưu hoá trong Phân phối Nước cho Hệ thống Tưới.* Leningrat – 1981.

[16] B. G. Priazinskaia: *Mô hình Toán trong Lĩnh vực Nguồn Nước*, Nauka – Mascova, 1985

[17] Office of the Environment Asian Development Bank: *Environmental Gudelines for Agricultural and Natural Resources Development Projects*, 1991.

[18] Therivel, R., E. Wilson, S. Thompson, D. Hearney and D. Pritchard. 1992. *Strategic Environmental Assessment.* Earthscan, UK. pp. 13, 19–110, 29, 35–36, 41–42, 46.47, 54–55, 57, and 71–72.

[19] Singiresu S. R., 1996. *Engineering Optimization – Theory and Practice.* A Wiley–Interscience Publication.

[20] Yeh, W., 1985, *Reservoir Management and Operations models: A State–of–the–Art Review.* Water Resour. Res. 21(12: 1797–1818.

[21] Biswas, A.K, Jellali, M., and Stout G.E., (eds.) (1993): *Water for Sustainable Development in the Twenty–fist Century*, Oxford University Press (ISBN 0 19 563303 4).

[22] Loucks, D.P,1991, *Computer Aided Decission Support in Water Resources Planning and Management.* In Loucks D.P. and J.R. Costa (eds), Decission Support Systems: Water Resources Planning: Proceedings from the NATO Advanced Research Workshop on Computer–Aided Support Systems for Water Resources, Researc and Management. Ericeria, Portugal 28–28 September, 1990.

[23] Khu, S.T. and Madsen, H., 2005, *Multiobjective calibration with Pareto preference ordering: An application to Rainfall–runoff mode calibration.* Water Resour. Res. 41, W03004, doi:10.1029/2004/WR003041.

[24] Long, L. N., Madsen, H., and Rosbjerg, D. 2007a. *Simulation and optimisation modelling approach for operation of the Hoa Binh reservoir,* Vietnam. J. Hydrol., 336, 269–1181

[25] Long, L. N., Madsen, H., and Rosbjerg, D. 2007b. *Real–time reservoir operation for flood control and hydropower generation* – Case study: The Hoa Binh reservoir. In revision, Adv. Water Resour.

[26] Hoàng Tuỵ, *Phân tích Hệ thống và Ứng dụng*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1987.

[27] Hà Văn Khối, *Quy hoạch và Quản lý Nguồn Nước*, NXB Nông nghiệp, Hà Nội, 2005, 08–2006/CXB/642–223–NN.

[28] Hà Văn Khối – Đỗ Cao Đàm và NNK: *Thuỷ văn Công trình*, NXB Nông nghiệp, 1993.

[29] Hà Văn Khối, *Ứng dụng Lý thuyết Phân tích Hệ thống trong Quy hoạch và Điều khiển Hệ thống Thuỷ nông*, Tập bài giảng chuyên đề sau đại học, Trường Đại học Thuỷ lợi, 1992.

[30] Hà Văn Khối: *Quy hoạch và Quản lý Tài nguyên nước,* Giáo trình sau đại học, Trường Đại học Thuỷ lợi, Hà Nội, 7–2001.

[31] Hà Văn Khối,: *Thuỷ văn Công trình Nâng cao.* Bài giảng sau đại học, ĐHTL, năm 2002

[32] Hà Văn Khối, Nguyễn Ân Niên, Đỗ Tất Túc, *Thủy lực Sông ngòi,* NXB Giáo dục, năm 2007

[33] Hà Văn Khối và nnk, *Tính toán Thủy lực Cấp nước Mùa cạn Hạ du Sông Hồng,* Nghiên cứu điển hình – Giáo trình Thủy lực Sông ngòi, NXB Giáo dục, năm 2007.

[34] Hà Văn Khối, *Phân tích Hệ thống Nguồn Nước trong Kiểm soát Lũ Đồng bằng sông Hồng,* Nghiên cứu điển hình – Giáo trình Quy hoạch và Quản lý Nguồn Nước, NXB Nông nghiệp, Hà Nội, 2005.

[35] Hà Văn Khối, Lê Bảo Trung, *Ứng dụng Phương pháp Quy hoạch Động Hai chiều cho Bài toán Vận hành Hệ thống Hồ chứa Bậc thang Phát điện trên Sông Đà,* Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thuỷ lợi& Môi trường – ĐHTL, số 1 năm 2003

[36] Lê Thạc Cán và nnk, *Đánh giá Tác động Môi trường – Phương pháp luận và Kinh nghiệm Thực tiễn*, Hà Nội 1995.

[37] Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, *Hướng dẫn Đánh giá Tác động Môi trường các Dự án Phát triển Tài nguyên nước*, Hà Nội 5/1997.

[38] Nguyễn Văn Thắng, Lê Đình Thành, Nguyễn Văn Sỹ, *Môi trường và Đánh giá Tác động Môi trường,* Nhà xuất bản Nông nghiệp 2003.

[39] Lê Đình Thành, *Đánh giá Tác động Môi trường các Dự án Cải tạo Nâng cấp Hệ thống Thuỷ lợi*, Thông tin Khoa học – Công nghệ và Kinh tế Nông nghiệp và PT Nông thôn, 1998.

[40] *Việt Nam – Đánh giá Tổng quan Ngành Thuỷ lợi*, Báo cáo chính do WB, ADB, FAO, UNDP, NGO và IWRP lập, 1996

[41] Báo cáo nông nghiệp. *Dự án Quy hoạch Tổng thể Đồng bằng Sông Hồng* (VIE 89/034), Hà Nội, 2–1993

[42] *Báo cáo Dự án Nạo vét Sông Ninh Cơ*, Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, 2001.

[43] *Luật Bảo vệ Môi trường Việt Nam*, số 52/2005/QH11, năm 2005

[44] Nghị định 80/2006/NĐ–CP *Về việc Quy định Chi tiết và Hướng dẫn Thi hành Một số Điều của Luật Bảo vệ Môi trường*, năm 2006.

Chịu trách nhiệm xuất bản:
Chủ tịch HĐQT kiêm Tổng Giám đốc NGÔ TRẦN ÁI
Phó Tổng Giám đốc kiêm Tổng biên tập NGUYỄN QUÝ THAO

Chịu trách nhiệm nội dung:
GS.TS. HÀ VĂN KHỐI
PGS.TS. LÊ ĐÌNH THÀNH – TS. NGÔ LÊ LONG

Biên tập và sửa bản in:
PHẠM HÀ

Trình bày bìa:
BÙI QUANG TUẤN

Chế bản:
THÁI SƠN

GIÁO TRÌNH QUY HOẠCH VÀ PHÂN TÍCH HỆ THỐNG TÀI NGUYÊN NƯỚC

Mã số: 7K733M7 – DAI

In 1.000 bản (QĐ 94), khổ 19 x 27 cm, tại Công ty CP In Phúc Yên.
Địa chỉ : Đường Trần Phú, Thị xã Phúc Yên.
Số ĐKKH xuất bản : 900 – 2007/CXB/3 – 2000/GD.
In xong và nộp lưu chiểu tháng 12 năm 2007.

CÔNG TY CỔ PHẦN SÁCH ĐẠI HỌC - DẠY NGHỀ
HEVOBCO
Địa chỉ : 25 Hàn Thuyên, Hà Nội
Website : www. hevobco.com.vn

LONDON QUALITY CROWN QC 100
VƯƠNG MIỆN KIM CƯƠNG CHẤT LƯỢNG QUỐC TẾ
1957-2007 50 NĂM

GS. TS. HÀ VĂN KHỐI (Chủ biên)
PGS. TS. LÊ ĐÌNH THÀNH - TS. NGÔ LÊ LONG

Giáo trình

Quy hoạch và phân tích HỆ THỐNG TÀI NGUYÊN NƯỚC

DỰ ÁN TĂNG CƯỜNG NĂNG LỰC ĐÀO TẠO CHO TRƯỜNG ĐẠI HỌC THUỶ LỢI
CỦA CHÍNH PHỦ ĐAN MẠCH - DANIDA

WRU/SCB

ĐHTL
75.000