

TRƯỜNG ĐẠI HỌC THỦY LỢI

GS. TS. HÀ VĂN KHỐI

GIÁO TRÌNH
QUY HOẠCH VÀ QUẢN LÝ NGUỒN NƯỚC



NHÀ XUẤT BẢN NÔNG NGHIỆP
HÀ NỘI - 2005

Các tác giả đã biên soạn giáo trình này dựa trên đề cương môn học, các tài liệu giảng dạy với sự hỗ trợ của các chuyên gia tư vấn quốc tế. Giáo trình do GS. TS. Ngô Đình Tuấn và PGS. TS. Nguyễn Văn Tuấn phản biện. Hội đồng Khoa học và Đào tạo Trường Đại học Thủy lợi đã phê chuẩn cho xuất bản giáo trình này theo Quyết định số 1456/QĐ-ĐHTL-HĐKH&ĐT ngày 18/4/2005. Tiểu hợp phần "Hỗ trợ tăng cường năng lực cho Trường Đại học Thủy lợi" thuộc Chương trình Hỗ trợ ngành nước của DANIDA đã tài trợ kinh phí cho tư vấn quốc tế, trong nước và in ấn giáo trình.

MỤC LỤC

	Trang
Lời nói đầu	5
<i>Chương 1</i>	
Tài nguyên nước và vấn đề sử dụng tài nguyên nước	7
1.1. Tài nguyên nước và vấn đề khai thác tài nguyên nước	7
1.2. Khái niệm về hệ thống nguồn nước và đặc điểm của nó	10
1.3. Nhu cầu nước dùng và nhu cầu nước sinh thái	12
1.4. Đặc điểm chung về tài nguyên nước của Việt Nam	14
<i>Chương 2</i>	
Quy hoạch và quản lý nguồn nước	22
2.1. Nhiệm vụ của quy hoạch và quản lý nguồn nước	22
2.2. Các bài toán cơ bản về quy hoạch và quản lý nguồn nước	23
2.3. Chương trình nước quốc gia các dạng quy hoạch nguồn nước	25
2.4. Nội dung và các bước cơ bản lập quy hoạch nguồn nước	29
2.5. Khung luật pháp và thể chế trong quản lý tài nguyên nước	32
2.6. Yêu cầu phát triển bền vững tài nguyên nước	34
2.7. Phương pháp tiếp cận hệ thống trong quy hoạch và quản lý nguồn nước	36
2.8. Vai trò của mô hình hoá, những ưu điểm và hạn chế của nó	37
<i>Chương 3</i>	
Phân tích kinh tế trong quy hoạch phát triển nguồn nước	41
3.1. Nhiệm vụ và nội dung phân tích kinh tế trong phát triển nguồn nước	41
3.2. Một số khái niệm cơ bản	41
3.3. Các chỉ tiêu đánh giá hiệu quả kinh tế của dự án	49
3.4. Phân tích chi phí và lợi ích trong quy hoạch nguồn nước	52
3.5. Ví dụ về đánh giá hiệu quả kinh tế dự án	53
3.6. Giá nước và định giá nước	63

Chương 4

Mô hình hoá trong quy hoạch và quản lý nguồn nước	64
4.1. Quá trình lựa chọn phương án quy hoạch nguồn nước	64
4.2. Mô hình mô phỏng hệ thống	65
4.3. Mô hình tối ưu hoá trong quy hoạch nguồn nước	68
4.4. Thiết lập bài toán tối ưu hệ thống nguồn nước và phân loại	71
4.5. Tối ưu hóa đối với bài toán phát triển hệ thống nguồn nước	77
4.6. Bài toán tối ưu đa mục tiêu	79

Chương 5

Kỹ thuật phân tích hệ thống ứng dụng trong quy hoạch và quản lý nguồn nước	85
5.1. Lý thuyết phân tích hệ thống	85
5.2. Hệ thống phương pháp luận của lý thuyết phân tích hệ thống	90
5.3. Phân loại tổng quát các mô hình tối ưu	92
5.4. Phương pháp giải các bài toán quy hoạch tuyến tính	94
5.5. Quy hoạch phi tuyến	107
5.6. Quy hoạch động	134
5.7. Áp dụng phương pháp tối ưu hóa trong quy hoạch quản lý nguồn nước	150
5.8. Áp dụng mô hình mô phỏng trong quy hoạch nguồn nước	174

Chương 6

Hệ thống hỗ trợ ra quyết định	177
6.1. Khái niệm về hệ thống hỗ trợ ra quyết định (DSS)	177
6.2. Hệ thống hỗ trợ ra quyết định trong quy hoạch và quản lý nguồn nước	180
Tài liệu tham khảo	187

LỜI NÓI ĐẦU

Giáo trình “Quy hoạch và quản lý nguồn nước” được biên soạn theo khuôn khổ Chương trình Hỗ trợ ngành nước của Danida (WATERSPS), thuộc tiểu hợp phần Hỗ trợ nâng cao năng lực Trường Đại học Thủy lợi do Chính phủ Đan Mạch tài trợ. Giáo trình này phục vụ giảng dạy môn học Quy hoạch nguồn nước chương trình đại học và có thể sử dụng làm tài liệu tham khảo cho các học viên cao học và nghiên cứu sinh thuộc lĩnh vực phát triển nguồn nước.

Mục tiêu của Giáo trình là giới thiệu những khái niệm cơ bản về quy hoạch và quản lý nguồn nước, các phương pháp phân tích kinh tế kỹ thuật, phương pháp phân tích hệ thống trong quy hoạch và quản lý nguồn 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 nguồn nước. Phụ lục kèm theo giáo trình này là các ví dụ và nghiên cứu điển hình về các bài toán quy hoạch hệ thống hồ chứa lợi dụng tổng hợp, quy hoạch phòng lũ, các bài toán quản lý khai thác hệ thống nguồn nước.

Giáo trình gồm 6 chương với những nội dung chính như sau:

- 1. Các khái niệm và nội dung cơ bản về quy hoạch và quản lý nguồn nước*
- 2. Đặc điểm Tài nguyên nước và vấn đề quy hoạch quản lý nguồn nước của Việt Nam*
- 3. Phân tích kinh tế trong quy hoạch và phát triển nguồn nước*
- 4. Kỹ thuật phân tích hệ thống ứng dụng trong quy hoạch và quản lý nguồn nước*
- 5. Áp dụng phương pháp tối ưu hoá trong quy hoạch và quản lý nguồn nước*
- 6. Hệ thống hỗ trợ ra quyết định trong quy hoạch quản lý nguồn nước*

Các nghiên cứu điển hình sẽ được xuất bản riêng trong tập tài liệu hướng dẫn thực hành.

Trong quá trình chuẩn bị bản thảo của giáo trình này, tác giả đã nhận được sự hỗ trợ thường xuyên về mặt tài liệu và tư vấn chuyên môn của Chương trình hỗ trợ ngành nước của Danida (WATERSPS). Tác giả xin chân thành cảm ơn vì sự giúp đỡ này. Tác giả xin chân thành cảm ơn GS. TS. Ngô Đình Tuấn, GS. TS. Lê Thạc Cán đã đóng góp nhiều ý kiến quý báu để tác giả hoàn tất bản thảo lần cuối. Xin chân thành cảm ơn các đồng nghiệp, đặc biệt là PGS. TS. Nguyễn Văn Tuấn, PGS. TS. Đỗ Tất Túc, TS. Nguyễn Văn Thắng về những nhận xét và những ý kiến góp ý cho bản thảo của chúng tôi.

Đây là giáo trình được xuất bản lần đầu nên khó tránh khỏi những sai sót và khiếm khuyết. Rất mong sự góp ý của độc giả để nâng cao chất lượng của giáo trình trong những lần xuất bản sau.

GS. TS. HÀ VĂN KHỐI

Chương 1

TÀI NGUYÊN NƯỚC

VÀ VẤN ĐỀ SỬ DỤNG TÀI NGUYÊN NƯỚC

1.1. TÀI NGUYÊN NƯỚC VÀ VẤN ĐỀ KHAI THÁC 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 và có hạn, 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, thủy 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, 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 .

Sự phân bố nước trên hành tinh chúng ta theo số liệu ước tính của UNESCO năm 1978 (bảng 1-1) như sau: 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 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, trong 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 trên hình (1-1). Nước trên trái đất tồn tại trong một khoảng không gian gọi là thủy quyển. Nước vận động trong thủy quyển qua những con đường vô cùng phức tạp cấu tạo thành *tuần hoàn nước* còn gọi là *chu trình thủy văn*.

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.

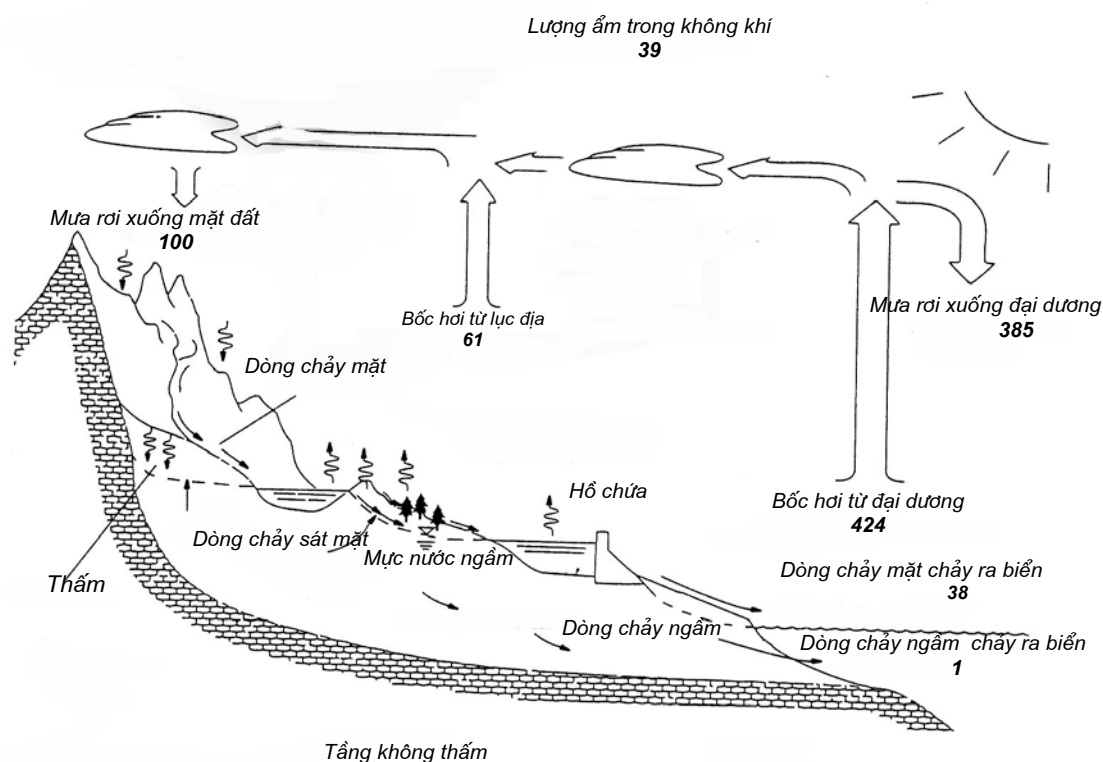
Có thể coi quá trình tuần hoàn nước là một hệ thống thủy văn, thực chất là quá trình chuyển từ mưa sang dòng chảy với các thành phần là nước rơi, bốc hơi, dòng chảy và các pha khác nhau của chu trình. Các thành phần này có thể được tập hợp thành các hệ thống con của chu trình lớn. Chu trình vòng tuần hoàn toàn cầu được mô tả trên hình (1-1). Theo sơ đồ tuần hoàn nước trên hình (1-1) 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 ngấm 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 ngấm 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.

Bảng 1-1: Ước lượng nước trên trái đất

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 ngấm				
- 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	16.500	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
6. Nước sinh học	510,0	1.120	0,0001	0,003
7. Nước trong khí quyển	510,0	12.900	0,001	0,04
Tổng cộng	510,0	1.385.984.610	100	
Nước ngọt	148,8	35.029.210	2,5	100



Vòng tuần hoàn nước và cân bằng nước toàn cầu với 100 đơn vị mưa trên lục địa

Hình 1-1: Sơ đồ cân bằng nước

(Chow V.T., David R. Madment và Larry W. Mays, Thủy văn ứng dụng, Đỗ Hữu Thành và Đỗ Văn Toàn dịch, Nhà xuất bản Giáo dục, 1994)

Ghi chú: Tương ứng với 100 đơn vị mưa trên lục địa có 38 đơn vị 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.

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...), Indônêxia, Philipin, Nhật Bản, Malaixia, Campuchia v.v...).

Một trong những đặc thù quan trọng nữa là: Nguồn nước có trữ lượng hàng năm không phải là vô tận, sự biến đổi của nó 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...

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 mới được coi là môi trường cần thiết cho sự sống của con người. Trong quá trình phát triển, 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, nguồn nước ngày càng có nguy cơ bị suy thoái và cạn kiệt, khi đó nước được coi là 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. KHÁI NIỆM VỀ HỆ THỐNG NGUỒN NƯỚC VÀ ĐẶC ĐIỂM CỦA NÓ

1.2.1. Hệ thống nguồn nước

Quá trình khai thác nguồn 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 nguồn nước. Mức độ khai thác nguồn 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 nguồn nước cần xem xét sự tác động qua lại giữa tài nguyên nước, phương thức khai thác và các biện pháp công trình. Bởi vậy, theo quan điểm hệ thống người ta định nghĩa hệ thống nguồn nước như sau:

“Hệ thống nguồn nước là một hệ thống phức tạp bao gồm tài nguyên nước, các biện pháp khai thác và bảo vệ nguồn nước, các yêu cầu về nước cùng với mối quan hệ tương tác giữa chúng cùng với sự tác động của môi trường lên nó”

(1) 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.

(2) Các biện pháp khai thác và bảo vệ nguồn nước: Bao gồm các công trình thủy lợi, các biện pháp cải tạo và bảo vệ nguồn nước, bao gồm cả biện pháp công trình và phi công trình, được cấu trúc tùy thuộc vào mục đích khai thác và bảo vệ nguồn nước.

(3) Các yêu cầu về nước: Bao gồm các hộ dùng nước, các yêu cầu về mức bảo đảm phòng chống lũ lụt, úng hạn, các 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 nguồn 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...

1.2.2. Đặc điểm của hệ thống nguồn nước

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

(1) Hệ thống nguồn nước là một hệ thống phức tạp, tồn tại một số lượng các tham số và các mối quan hệ giữa chúng. Hệ thống nguồn 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 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 nguồn 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 con người nghiên cứu về hệ thống, bao gồm các quy luật vật lý của nguồn 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 nguồn nước v.v...

(4) Bất động 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 quản lý nguồn nước.
- + Hệ thống nguồn 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 nguồn 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 nguồn nước 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 nguồn nước, nó trở thành một đối tượng nghiên cứu của lý thuyết phân tích hệ thống.

1.3. NHU CẦU NƯỚC DỪNG VÀ NHU CẦU NƯỚC SINH THÁI

Nước là nhu cầu không thể thiếu và là nguyên nhân chủ yếu của sự phát triển lịch sử loài người. Trong quá trình phát triển, 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 xã hội loài người. 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.

1.3.1. Yêu cầu dùng nước và phân loại

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

2. Yêu cầu sử dụng nước

Bao gồm các dạng sau:

- Khai thác thủy năng
- Giao thông thủy
- Phát triển du lịch
- Nuôi trồng thủy sản

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

1.3.2. 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 xem xét theo các mục đích như sau:

- Đảm bảo cân bằng sinh thái tự nhiên.
- Tái tạo một phần sinh thái do tác động xấu của sử dụng nước của con người.
- Cải tạo hoặc tạo ra một môi trường sinh thái mới có lợi cho con người.

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.

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 đặt ra.

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. Tần suất này hiện nay thường lấy bằng 90%.

1.4. 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 km², trong đó có 10 lưu vực có diện tích lớn hơn 10.000 km², đó là các sông: Hồng-Thái Bình, Bằng Giang-Kỳ Cùng, Mã, Cả, Thu Bồn, Ba, Đồng Nai, Cửu Long, Srêpok, Sê San (xem bảng 1-2). Theo thống kê ở bảng 1-2 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 Srêpok).

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 xấp xỉ 2000 mm, có nơi lượng mưa trung bình năm trên 3800 mm. Nhưng cũng có vùng mưa rất nhỏ, lượng mưa hàng năm đạt dưới 1500 mm, 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 km² 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 đồng bằng sông Hồng và sông Cửu Long.

3) Địa hình miền núi tạo ra tiềm năng đáng kể về thủy điện và dự 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.

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

1.4.1. Tài nguyên nước mặt

Việt Nam là một trong những nước có hệ thống sông ngòi chằng chịt là một trạng thái thuận lợi cung cấp nguồn nước mặt. Tổng lượng nước bình quân hàng năm chảy trên các sông suối Việt Nam kể cả từ ngoài lãnh thổ chảy vào theo số liệu đánh giá của WB và UNDP (Việt Nam - Đánh giá tổng quan ngành thủy lợi, Báo cáo chính do WB, ADB, FAO, UNDP, NGO và IWRP lập, 1996) là 879 tỷ m³, trong đó 75% lượng nước này thuộc lưu vực sông Hồng và sông Mê Kông. Theo kết quả nghiên cứu của đề tài KC-12 (1995) con số này là 835 tỷ m³. So với các nước láng giềng, lượng nước có 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.

Bảng 1-2: Thống kê diện tích lưu vực 10 sông lớn ở Việt Nam

(Việt Nam - Đánh giá tổng quan ngành thủy lợi, Báo cáo chính do WB, ADB, FAO, UNDP, NGO và IWRP lập, 1996, trang 15)

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	-

Việt Nam hầu như nằm ở cuối hạ lưu các sông lớn: Sông Hồng, sông Mê Kông, sông Mã, sông Cả, sông Đồng Nai. Chẳng hạn: Sông Mê Kông có 90% diện tích lưu vực nằm ở nước ngoài và cũng 90% lượng nước sông Mê Kông chảy vào Việt Nam từ nước ngoài; Sông Hồng có gần 50% diện tích lưu vực nằm ở Trung Quốc 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 ở vùng thượng nguồn gia tăng sử dụng nguồn 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 các hình thế thời tiết gây mưa lớn. Vì vậy, tình trạng lũ lụt là mối đe dọa thường xuyên đối với các vùng dân cư nằm ở hạ lưu các sông lớn, đặc biệt là vùng 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 Kông. Hàng năm, lũ của hai sông luôn đe dọa cuộc sống của hàng triệu người vùng châu thổ hai sông này. Lũ quét cũng là mối hiểm họa 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, là nguyên nhân gây ra tình trạng lũ lụt nghiêm trọng cho vùng hạ du sông.
2. Hầu hết các sông lớn đều có cửa sông nằm trong lãnh thổ Việt Nam. Thủy 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 dọa.
5. Lũ quét thường xuyên xảy ra gây thảm họa 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.

Ở nước ta có đến 70% số dân nằm trong vùng thường xuyên bị đe dọa 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%.

Tình trạng ô nhiễm nước mặt trong những năm gần đây gia tăng theo nhịp điệu phát triển công nghiệp. Tình trạng ô nhiễm nguồn 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 nguồn 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.

1.4.2. 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 nguồn nước mặt và tình trạng khai thác không hợp lý có thể là xấu đi chất lượng nguồn nước ngầm trong tương lai.

1.4.3. Những nét chính về phát triển nguồn nước trong tương lai

1.4.3.1. 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, nhịp độ đô thị hoá tăng nhanh thì nhu cầu cấp nước cho công nghiệp sẽ chiếm tỷ trọng lớn. Thêm vào đó tình trạng ô nhiễm nguồn nước do sử dụng nước sẽ có thể rất nghiêm trọng nếu không có biện pháp quản lý hiệu quả.

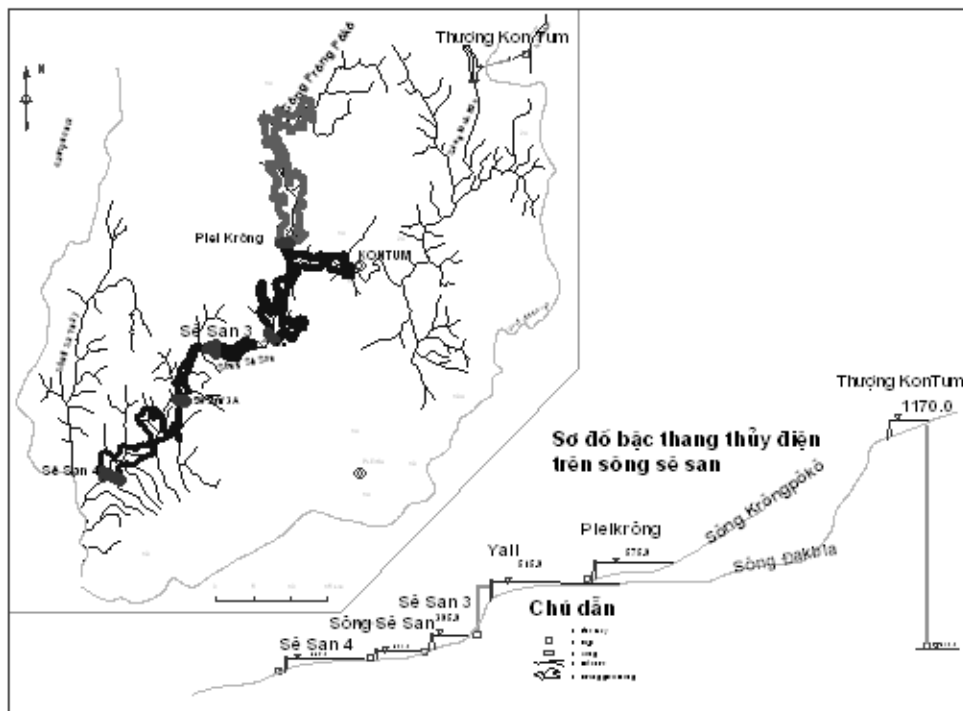
Nước sử dụng cho nông thôn hiện nay có chất lượng thấp cả về lượng và chất. Vì vậy, nước sạch cho nông thôn cũng cần đề cập đến trong các quy hoạch trong tương lai. Vùng nông thôn đồng bằng sông Cửu Long và các vùng núi cao là những đối tượng cần được xem xét ưu tiên trong chiến lược phát triển nguồn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

1.4.3.2. Phát triển năng lượng

Phát triển thủy năng hiện đang chiếm tỷ trọng lớn trong hệ thống năng lượng của Việt Nam. Tỷ trọng này còn giữ trong nhiều năm nữa. 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 Tuyên Quang, Sê San 3, Bản Vẽ... đang được xây dựng; thủy điện Sơn La và một số công trình thủy điện khác đang chuẩn bị khởi công và một loạt các nhà máy thủy điện khác sẽ được xây dựng trong vòng 15 năm tới. Trong bảng (1-3) thống kê một số công trình thủy điện lớn đã và sẽ được xây dựng trong những năm tới.

Bảng 1-3: Một số công trình thủy điện hiện có và dự kiến được xây dựng

Công trình hiện có hoặc đang xây dựng			Các công trình dự kiến		
Công trình	Lưu vực	Công suất lắp máy (MW)	Công trình	Lưu vực	Công suất lắp máy (MW)
Hoà Bình	S. Đà	1920	Sê San 3	S. Sê San	273
Thác Bà	S. Chảy	108	Sê San 3A	S. Sê San	100
Tuyên Quang	S.Lô	342	Sê San 4	S. Sê San	330
Sơn La	S.Đà	2400	Cần đơn	S.Đồng Nai	60
Thác Mơ	S. Bé	150	Hàm Thuận	S. Đồng Nai	34
Sông Hình	S. Ba	66	Đa Mi	S. Đồng Nai	36
Đa Nhim	S. Đồng Nai	160	Đồng Nai 4	S. Đồng Nai	64
Trị An	S. Đồng Nai	420	Bản Vẽ	S. Cả	-
Yaly	S. Sê San	700	Cửa Đạt	Sông Mã	120
Plei Krong	S. Sê San	120			

**Hình 1-2: Hệ thống hồ chứa phát điện trên sông Sê San**

1.4.3.3. 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 Bắc Bộ đã hình thành hệ thống đê điều rất đồ sộ, tuy nhiên lũ lụt vẫn là hiểm họa đối với vùng đồng bằng đông dân này. Hiện nay, các hồ chứa Hoà Bình, Thác Bà đã góp phần giảm thiệt hại do lũ gây ra nhưng cũng chỉ 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 chính 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. 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. 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.

1.4.4. Hiện trạng về khai thác và quản lý nguồn nước ở Việt Nam

Việc lập các quy hoạch nguồn nước ở nước ta đã bắt đầu từ những năm 60. Những quy hoạch lớn như quy hoạch khai thác nguồn 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 nguồn nước ở nước ta và mang lại hiệu quả cao cho phát triển nông nghiệp, thủy năng và phòng chống lũ lụt. 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. Theo thống kê của Cục Quản lý nước và công trình thủy lợi (nay là 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 m³. Tổng dung tích chứa trong các hồ phục vụ tưới là 5,2 tỷ m³. 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, Bái Thượng 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.

Với mức độ khai thác nguồn nước như hiện nay đã có dấu hiệu về sự suy thoái nguồn nước trên các lưu vực sông ở nước ta. Bởi vậy, vấn đề quy hoạch sử dụng hợp lý nguồn 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 nguồn nước.

Những tồn tại trong công tác lập quy hoạch nguồn nước và công tác quản lý nguồn nước hiện nay là:

- Quản lý nguồn nước đã được đề cập đến trong công tác quy hoạch phát triển nguồn 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 nguồn 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 còn đang ở giai đoạn nghiên cứu nhằm hoàn chỉnh các quy hoạch lưu vực sông.

Trong tương lai Việt Nam phải tăng cường hơn nữa công tác quản lý nguồn 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.

Một số định hướng về quy hoạch phòng lũ cho hạ du sông Hồng

Hiện trạng hệ thống công trình phòng chống lũ sông Hồng chưa đáp ứng yêu cầu phòng chống lũ cho hạ du. Cụ thể là:

- Hệ thống Đê - Sông là hệ thống công trình chủ lực chống lũ cho hạ du sông Hồng vẫn tiềm ẩn những nguy cơ sự cố khi có mực nước cao.
- Khả năng thoát lũ của hệ thống sông ngòi bị suy giảm do:
 - Lòng sông bị thu hẹp
 - Cửa sông bị bồi lấp và suy thoái
 - Xuất hiện nhiều vật cản
 - Xói lở và bồi lấp cục bộ
 - Hoạt động của hệ thống tiêu nội đồng bổ sung gây nước dâng
- Do khả năng thoát lũ của hệ thống sông ngòi bị suy giảm làm giảm hiệu quả cắt lũ của hệ thống hồ chứa thượng nguồn.

Do những lý do trên, quy hoạch hệ thống phòng lũ sông Hồng vẫn là vấn đề được tiếp tục nghiên cứu. Phương hướng quy hoạch phòng lũ sông Hồng có thể tóm tắt như sau:

1. Xây dựng các hồ chứa lớn trên thượng nguồn (Tuyên Quang và Sơn La, Lai Châu...).
2. Tìm giải pháp làm tăng khả năng thoát lũ vùng cửa sông.
3. Nạo vét lòng sông và bảo vệ bờ.
4. Tăng cường củng cố hệ thống đê điều.
5. Nghiên cứu các phương án phân chậm lũ, phân tán lũ.
6. Nâng cao chất lượng dự báo thủy văn theo hướng hiện đại hoá.
7. Nâng cao hiệu quả quản lý vận hành phòng chống lũ.
8. Bảo vệ rừng và chống xói mòn.

Vấn đề phòng lũ đồng bằng sông Cửu Long

Lưu vực sông Mê Kông có diện tích vào khoảng 795.000 km², trong đó diện tích lưu vực thuộc địa phận Việt Nam chiếm 10% diện tích lưu vực. Đồng bằng vùng châu thổ sông Cửu Long thuộc sông Mê Kông có diện tích 39.000 km², dân số hơn 15 triệu người là vùng thường xuyên bị úng và lũ đe dọa.

Lũ lớn trên hệ thống sông Cửu Long thường xuất hiện vào tháng 7, 12 hàng năm, lũ đồng bằng sông Cửu Long là loại lũ hiền, lên chậm và rút chậm. Lũ đồng bằng sông Cửu Long kéo dài và gây diện ngập lớn (25% diện tích châu thổ). Vùng đồng bằng sông Cửu Long thấp, không có đê (trừ một số bờ bao) nên không kiểm soát được lũ, vùng ngập lũ căng thẳng nhất là Tứ giác Long Xuyên và Đồng Tháp Mười.

Hiện trạng hệ thống công trình phòng lũ có thể tóm tắt như sau:

- Chỉ có các đê bao ở một số vùng ngập
- Đã hình thành hệ thống kênh thoát lũ cho vùng Tứ giác Long Xuyên và Đồng Tháp Mười. Hệ thống công trình kênh thoát lũ được bố trí biên giới với Campuchia và thoát lũ ra biển Tây.
- Hệ thống kênh rạch đồng bằng sông Cửu Long rất lớn nhưng khả năng thoát lũ của hệ thống sông ngòi rất hạn chế do vùng ngập lũ ở cao trình thấp, hiện tượng thủy triều rất phức tạp. Hiện tượng xói lở có thể phát triển rất phức tạp khi tiến hành xây dựng các đê bao hoặc các kênh thoát lũ.

Phương hướng quy hoạch phòng chống lũ cho đồng bằng sông Cửu Long là:

- 1) Phương châm chung: Vừa nghiên cứu các biện pháp phòng lũ vừa thực hiện phương châm chung sống với lũ và khai thác nguồn tài nguyên lũ.
- 2) Tìm giải pháp thoát lũ vùng đồng bằng.
- 3) Nạo vét lòng sông và bảo vệ bờ.
- 4) Nghiên cứu khả năng xây dựng đê bao ở một số vùng dân cư
- 5) Quy hoạch hợp lý các cụm dân cư vùng ngập lũ
- 6) Nâng cao chất lượng dự báo thủy văn
- 7) Tăng cường hiệu quả kiểm soát lũ lưu vực sông với sự hợp tác chặt chẽ giữa các quốc gia trên lưu vực sông. Cần phát huy hiệu lực của Ủy ban sông Mê Kông.

Chương 2

QUY HOẠCH VÀ QUẢN LÝ NGUỒN NƯỚC

2.1. NHIỆM VỤ CỦA QUY HOẠCH VÀ QUẢN LÝ NGUỒN NƯỚC

Quy hoạch nguồn 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 nguồn nước và phương thức quản lý nguồn nước nhằm đáp ứng các yêu cầu về nước và đảm bảo sự phát triển bền vững.

Quy hoạch và quản lý nguồn nước là lĩnh vực khoa học khá phức tạp. Trong thời đại hiện nay, việc khai thác nguồn nước liên quan không những phải đảm bảo sự đầu tư có hiệu quả mà còn phải đảm bảo sự phát triển bền vững. Nguồn 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 nguồn nước thường tồn tại các mâu thuẫn: mâu thuẫn giữa các ngành dùng nước, mâu 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 nguồn nước phải đảm bảo tối ưu về mặt đầu tư, thì ngày nay 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 nguồn nước thì vấn đề đặt ra không phải tìm phương án tối ưu mà cần phải tìm phương án hợp lý nhất - là phương án tối ưu kinh tế và thỏa mãn các yêu cầu phát triển bền vững.

Nhiệm vụ của các quy hoạch sử dụng nước là sự thiết lập một cân bằng hợp lý với hệ thống nguồn nước theo các tiêu chuẩn đã được quy định bởi các mục đích khai thác và quản lý nguồn nước.

Một quy hoạch hệ thống nguồn nước được gọi là hợp lý nếu thỏa mãn yêu cầu khai thác nguồn nước được đánh giá bởi “hệ thống chỉ tiêu đánh giá” với các tiêu chí sau:

- Sử dụng nguồn nước hiệu quả nhất và hợp lý nhất.
- Hiệu quả đầu tư cao, các phương án quy hoạch tối ưu nhất.
- Đáp ứng yêu cầu bảo vệ môi trường và sự phát triển bền vững tài nguyên nước.

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.

Tìm kiếm phương án tối ưu trong quy hoạch có thể được giải quyết nhờ áp dụng các phương pháp tối ưu hoá. Hiện nay, các phương pháp tối ưu hoá trong lĩnh vực quy hoạch nguồn nước đã được áp dụng tương đối phổ biến trên thế giới. Tuy vậy, không phải bài toán quy hoạch nào cũng có thể áp dụng được phương pháp tối ưu hoá. Trong trường hợp như vậy thì phương pháp mô phỏng sẽ hiệu quả hơn trong việc tìm nghiệm tối ưu. Thực ra, phương pháp mô phỏng không tìm nghiệm tối ưu mà tìm nghiệm hợp lý.

2.2. CÁC BÀI TOÁN CƠ BẢN VỀ QUY HOẠCH VÀ QUẢN LÝ NGUỒN NƯỚC

Quy hoạch và quản lý nguồn nước gồm ba loại bài toán: Quy hoạch hệ thống (hay còn gọi là thiết kế hệ thống), Phát triển nguồn nước và Quản lý nguồn nước. Dưới đây sẽ trình bày khái niệm về ba loại bài toán này.

2.2.1. Quy hoạch hệ thống (Thiết kế hệ thống)

Quy hoạch hệ thống nguồn nước là sự thiết lập cấu trúc của hệ thống nguồn nước bao gồm hệ thống công trình và hệ thống các yêu cầu về nước. Trong lĩnh vực nguồn nước công việc này được gọi là Quy hoạch hệ thống. Trong một số tài liệu còn có tên gọi là *Thiết kế hệ thống*, một ngôn từ được sử dụng trong thiết kế các loại hệ thống kỹ thuật khác. Mục tiêu của giai đoạn thiết kế hệ thống là xác định một cấu trúc hợp lý nhất của hệ thống nguồn nước, thoả mãn các mục tiêu khai thác và bảo vệ nguồn nước.

Khi lập các quy hoạch hệ thống, từ yêu cầu khai thác nguồn nước người làm quy hoạch phải xác định những loại công trình nào sẽ được xem xét 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. Ngoài ra cần xem xét các phương án phi công trình (trồng rừng, hệ thống chính sách...) nhằm bảo vệ và tái tạo nguồn nước.

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. Chẳng hạn ta cần lập quy hoạch đối với một hệ thống tiêu úng, về mặt 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 mặt 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 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 hai ngôn 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 nguồn nước còn “thiết kế công trình” là công tác thiết kế đối với một công trình cụ thể nào đó trong hệ thống.

2.2.2. Phát triển nguồn 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).

Lập quy hoạch phát triển nguồn 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 trong tương lai.
- Xây dựng quy hoạch về sử dụng nước và khai thác nguồn nước trong tương lai.
- Dự báo sự thay đổi về môi trường, sự suy thoái nguồn nước do các hoạt động dân sinh kinh tế và tác động do các biện pháp khai thác nguồn nước gây nên. Trên cơ sở đó lập các quy hoạch cho các biện pháp nhằm tái tạo nguồn nước, chống suy thoái về nguồn nước.
- Hoạch định các biện pháp cần thiết trong quản lý nguồn 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 nguồn nước.

2.2.3. Quản lý nguồn nước

Quản lý nguồn nước: Là sự xác định phương thức quản lý nguồn nước trên một vùng, một lãnh thổ hoặc một hệ thống sông một cách hiệu quả và đảm bảo yêu cầu về sự phát triển bền vững cho vùng hoặc lưu vực sông nhằm kiểm soát các hoạt động khai thác nguồn nước và những hoạt động dân sinh kinh tế có tác động tích cực và tiêu cực đến cân bằng sinh thái và suy thoái nguồn nước trên một vùng lãnh thổ hoặc lưu vực sông. Phương thức quản lý các hoạt động khai thác nguồn nước và các hoạt động dân sinh kinh tế trên một lưu vực sông gọi là Quản lý lưu vực sông.

Quản lý khai thác hệ thống công trình: Là sự thiết lập các phương thức quản lý khai thác hệ thống công trình, xây dựng chương trình điều hành, điều khiển hệ thống sau khi hệ thống công trình đã được xây dựng, đảm bảo tính hiệu quả của việc sử dụng nước và đảm bảo sự phát triển bền vững về nguồn nước. Quản lý hệ thống công trình thủy lợi bởi vậy chỉ là một nội dung của quản lý nguồn nước.

Để quản lý nguồn nước một cách có hiệu quả cần giải quyết các vấn đề chính như sau:

- Hoạch định hệ thống các chính sách, thể chế nhằm quản lý tốt nhất tài nguyên nước trên một lãnh thổ hoặc trên một lưu vực sông. Hệ thống chính sách bao gồm luật 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 tùy 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 kỹ thuật trợ giúp công tác quản lý nguồn nước bao gồm hệ thống quan trắc, 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 có cơ sở 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.

2.3. CHƯƠNG TRÌNH QUỐC GIA CÁC DẠNG QUY HOẠCH NGUỒN NƯỚC

2.3.1. Chương trình quốc gia về phát triển nguồn nước

Chương trình quốc gia về phát triển nguồn 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 nguồn 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, thủy điện, mỏ và các phát triển tư nhân.

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

- Xóa đói giảm nghèo;
- Tăng trưởng kinh tế;
- Phát triển khu vực;
- Duy trì môi trường lành mạnh;
- An ninh quốc gia...

Với các mục tiêu kế hoạch chung của quốc gia, các mục tiêu về nguồn 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.

2.3.2. Quy hoạch lưu vực về nguồn nước

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 quản lý tổ chức và vật chất các nguồn 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 nguồn nước trong lưu vực và sử dụng các nguồn nước này trong cũng như ngoài phạm vi lưu vực. Khi lập các quy hoạch lưu vực cần xem xét trong mối quan hệ sự liên đới với các lưu vực khác.

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

a. Quản lý các nguồn 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.

b. 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 nước lưu vực sông có thể bao gồm:

- Các quy định pháp luật về nước, thiết kế công trình và quản lý nguồn 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 nguồn 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, 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 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.

2.3.3. Quy hoạch chuyên ngành hoặc các quy hoạch cấp tiểu vùng

Quy hoạch nguồn nước cấp tiểu 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 chuyên ngành là quy hoạch chi tiết cho một đối tượng khai thác nguồn nước nào đó: Quy hoạch phòng lũ, quy hoạch khai thác thủy năng, quy hoạch cấp nước cho nông nghiệp... 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.

Hai loại quy hoạch này 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 và quy hoạch chuyên ngành phải được thực hiện trong khuôn khổ của quy hoạch lưu vực và quy hoạch quốc gia.

2.3.4. Hai giai đoạn lập quy hoạch

Quy hoạch lưu vực và chương trình 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 toàn bộ. 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.

2.3.4.1. Giai đoạn 1: Quy hoạch khung về nguồn nước

a. Quy hoạch khung lưu vực

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

- Tài liệu về các mục tiêu cụ thể vùng lưu vực trong khuôn khổ quốc gia
- Tiến hành đánh giá nguồn 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. Chương trình khung phát triển nguồn nước cấp quốc gia

Chương trình khung phát triển nguồn nước cấp quốc gia bao gồm các nội dung chính như sau:

- Kiểm tra và nâng cấp về mục đích và chính sách về nguồn nước 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 hiện hành, 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.

2.3.4.2. Giai đoạn 2: Hoàn tất quy hoạch về nguồn nước

Đây là giai đoạn nghiên cứu chi tiết các quy hoạch dựa trên những tài liệu nghiên cứu ở giai đoạn 1. Các nội dung chính trong giai đoạn này được liệt kê như sau.

a. Đối với quy hoạch lưu vực

- Đánh giá chọn lọc về nguồn nước phục vụ cho quy hoạch chi tiết
- Nâng cấp ước tính nhu cầu nước (hiện nay và trong tương lai) đã thực hiện ở giai đoạn 1
- Tiến hành mô phỏng hệ thống nguồn nước, tính toán cân bằng nước và những nhu cầu nước trong tương lai

- Hình thành các phương án quy hoạch, chương trình lựa chọn phát triển, quản lý và bảo vệ môi trường cho nguồn nước và những lựa chọn được khuyến nghị có lợi.

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 hiện hành, quy định, quy tắc hoạt động quyền sử dụng nước và thiết lập thể chế
- Tập hợp các tài liệu nói trên vào quy hoạch nguồn nước quốc gia và đề ra khuyến nghị.

2.4. NỘI DUNG VÀ CÁC BƯỚC CƠ BẢN LẬP QUY HOẠCH NGUỒN NƯỚC

2.4.1. Kiểm kê đánh giá tài nguyên nước

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. Công tác kiểm kê, đánh giá tài nguyên nước bao gồm:

- a) 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
- b) Đánh giá khả năng khai thác nước mặt và nước ngầm
- c) Đánh giá chất lượng nước
- d) Dự báo sự thay đổi nguồn nước mặt và nước ngầm trong tương lai
- e) Tính toán cân bằng nước hệ thống và lưu vực.

2.4.2. Xác định những yêu cầu về nước

Những yêu cầu về nước bao gồm:

- Yêu cầu nước cho nông nghiệp
- Yêu cầu nước cho phát triển công nghiệp
- Yêu cầu về chất lượng nước
- Yêu cầu phòng lũ, tiêu úng và giảm nhẹ thiên tai do lũ lụt gây ra
- Yêu cầu khai thác thủy năng
- Yêu cầu nước cho giao thông thủy, giải trí, du lịch

- Những yêu cầu liên quan đến cải tạo môi trường
- Yêu cầu nước sinh thái
- Đánh giá ảnh hưởng của phát triển dân sinh kinh tế đến chất lượng nước.

2.4.3. Hoạch định chiến lược và phương án khai thác nguồn nước

Quy hoạch nguồn nước được thiết lập theo các giai đoạn khác nhau, mỗi một giai đoạn tiếp theo các nghiên cứu sẽ chi tiết hơn giai đoạn trước. Nội dung chính của một quy hoạch theo các giai đoạn bao gồm:

- 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.

- 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. Trong giai đoạn này cần thiết phải sử dụng các mô hình mô phỏng đánh giá khả năng đạt được những chỉ tiêu đã đặt ra. Trên cơ sở kết quả nghiên cứu có thể điều chỉnh các mục tiêu ban đầu cùng với hệ thống chỉ tiêu khai thác hệ thống. Hai quá trình này được lặp lại nhiều lần cho đến khi xác định được một chiến lược và mục tiêu tương đối hợp lý.

- Lựa chọn các phương án có thể về biện pháp công trình và thiết kế hệ thống theo các phương án quy hoạch.

- 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 giai đoạn này 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... Từ đó, không loại trừ khả năng có thể phải điều chỉnh lại mục tiêu ban đầu.

2.4.4. 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;

- 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 nếu có;

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.

2.4.5. Mô hình hoá hệ thống nguồn nước

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 nguồn nước. Bởi vậy, việc thiết lập các mô hình toán cho hệ thống nguồn nước là không thể thiếu được trong quy hoạch và quản lý nguồn nước. Các mô hình toán cần được thiết lập bao gồm:

- Xây dựng các mô hình mô phỏng hệ thống tùy thuộc vào các mục tiêu khai thác và hệ thống các chỉ tiêu đánh giá
- Xây dựng các mô hình cân bằng nước hệ thống, bao gồm các mô hình về lượng và chất, nhằm trợ giúp cho công tác quản lý nguồn nước
- Các mô hình tối ưu hoá được thiết lập được 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 nguồn nước rất đa dạng, các mô phỏng cần được thiết lập 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 ính toán 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
- Mô hình tính toán nhiễm mặn và truyền chất
- Các mô hình tính toán chuyển tải phù sa và diễn biến lòng dẫn và cửa sông.
- Những mô hình trên là những mô hình thành phần mô tả một quá trình riêng rẽ. Khi phân tích hệ thống nguồn nước 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.

2.4.6. Phân tích đánh giá các phương án quy hoạch

1) Phân tích hiệu quả dự án thông qua các mô hình tối ưu kết hợp với phương pháp mô phỏng.

2) Đánh giá hiệu quả kinh tế của các dự án quy hoạch.

Khi thiết lập các dự án quy hoạch hệ thống nguồn nước có thể sử dụng các chỉ tiêu đánh giá hiệu quả kinh tế, các tiêu chuẩn về bảo vệ môi trường, phát triển dân sinh, các yêu cầu về chính trị xã hội. Khi đánh giá hiệu quả kinh tế của các phương án quy hoạch, phải xuất phát từ hai quan điểm khác nhau: quan điểm tài chính và quan điểm kinh tế. Cùng với nó là sự phân tích kinh tế và phân tích tài chính của một dự án.

3) Đánh giá tác động của dự án đến môi trường: Hiệu quả kinh tế của dự án là chỉ tiêu quan trọng, nhưng nó có thể không được thực thi nếu tác động xấu đến môi trường. Đánh giá tác động đến môi trường của một dự án quy hoạch bao gồm:

- Sự tác động đến môi trường nước, sự thay đổi tiểu khí hậu nếu có
- Ảnh hưởng đến các hoạt động dân sinh kinh tế của vùng dự án hoặc cả các vùng lân cận khi dự án được thực hiện
- Ảnh hưởng đến môi trường sinh thái
- Tác động về mặt văn hoá xã hội, tập quán, ảnh hưởng về mặt an ninh quốc gia, và cả các vấn đề chính trị.

2.4.7. Quyết định

Quyết định phương án quy hoạch gồm những nội dung sau:

- Quyết định quy hoạch dài hạn và ngắn hạn.
- Quyết định quá trình hoạt động của các dự án - Chiến lược và trình tự đầu tư phát triển.
- Xây dựng hệ thống chính sách quản lý sử dụng nguồn nước đảm bảo sự phát triển bền vững của vùng hoặc lưu vực.
- Thiết lập các mô hình quản lý nguồn nước.

2.5. KHUNG LUẬT PHÁP VÀ THỂ CHẾ TRONG QUẢN LÝ TÀI NGUYÊN NƯỚC

Nước là một tài nguyên thiết yếu và quan trọng của quốc gia nên việc quản lý tài nguyên nước cần được thực hiện trên cơ sở xây dựng khung thể chế và luật pháp phù hợp với tình hình thực tế của từng quốc gia.

2.5.1. Luật Tài nguyên nước và những văn bản dưới luật

2.5.1.1. Luật Tài nguyên nước

Sự phát triển thành công hay không của một quốc gia phụ thuộc vào năng lực quản lý các nguồn tài nguyên thiên nhiên chủ chốt của quốc gia đó, trong đó có tài nguyên nước là tài nguyên quan trọng thứ hai sau tài nguyên con người. Luật nước được coi là một văn bản pháp lý nhằm bảo vệ nguồn nước và sử dụng hợp lý nguồn nước. Ở nước ta trong những năm qua đã từng bước xây dựng và hoàn thiện dần khung

pháp lý đối với quản lý tài nguyên. Quốc hội thông qua Luật Tài nguyên nước ngày 20 tháng 5 năm 1998 và được Chủ tịch nước ký ban hành ngày 1 tháng 6 năm 1998.

Luật Tài nguyên nước của nước ta đã được xây dựng dựa trên chính sách về nước của quốc gia có xét đến các kinh nghiệm và bài học về luật Tài nguyên nước của các nước khác trên thế giới. Nội dung của Luật Tài nguyên nước phản ánh được phần lớn những quan điểm và nguyên tắc về quản lý tổng hợp tài nguyên nước mà quốc tế đã khuyến cáo phải thực hiện.

2.5.1.2. Các văn bản dưới luật

Để thực hiện Luật Tài nguyên nước, Chính phủ cần ban hành các văn bản nhằm cụ thể hoá những điều được ghi trong luật. Những văn bản dưới luật bao gồm các Nghị định, các Quy định về hoạt động quản lý nguồn nước, các Pháp lệnh của Nhà nước liên quan đến bảo vệ nguồn nước. Việt Nam đã ban hành một số Pháp lệnh bao gồm: Pháp lệnh khai thác và bảo vệ công trình thủy lợi sửa đổi; Pháp lệnh đê điều; Pháp lệnh phòng chống lụt bão v.v...

2.5.2. Khung thể chế quản lý tài nguyên nước

Để quản lý nước một cách có hiệu quả cần thiết phải hình thành hệ thống thể chế quản lý tài nguyên nước. Mỗi quốc gia có thể xây dựng khung thể chế cho phù hợp với tình hình của từng nước. Tuy nhiên, khung thể chế thường là những quy định về mặt tổ chức trong quản lý nguồn nước và vấn đề xã hội hoá trong quy hoạch và quản lý nguồn nước. Các quy định về mặt tổ chức bao gồm phương thức quản lý và tổ chức hành chính tham gia vào quá trình quản lý nước. Hiện nay có hai phương thức quản lý nước: quản lý nước theo địa phận hành chính và phương thức quản lý nước theo lưu vực sông. Quản lý nước theo lưu vực sông là một phương thức tiến bộ và hiệu quả nhất. Bởi vì lưu vực sông là một hệ thống nhất bao gồm không gian khép kín từ nguồn tới cửa sông, trên đó diễn ra tất cả các hoạt động từ tạo nguồn đến khai thác, sử dụng và bảo vệ tài nguyên nước của lưu vực. Khác với quản lý tài nguyên nước theo địa bàn hành chính, quản lý tài nguyên nước theo lưu vực sông là điều kiện cần thiết để khai thác và sử dụng bền vững tài nguyên nước lưu vực sông. Để thực hiện mô hình này cần thành lập tổ chức quản lý lưu vực sông, Ủy ban sông Mê Kông là một ví dụ điển hình của loại tổ chức này.

Mô hình quản lý tài nguyên nước theo lưu vực sông là một bước tiến mới, có nhiều ưu điểm hiện đang được áp dụng ngày càng phổ biến trên thế giới để thực hiện mục tiêu của phát triển bền vững.

2.5.3. Sự tham gia của cộng đồng

Trong quản lý nguồn nước vai trò của cộng đồng là rất quan trọng và nó được đề cập trong luật Tài nguyên nước. Vai trò của cộng đồng không dừng ở chỗ họ được tham gia vào quá trình khai thác và bảo vệ nguồn nước mà mong muốn của họ là được tham gia quyết định kế hoạch, thậm chí tham gia đầu tư dưới các dạng thích hợp. Các

hộ sử dụng nước và những người hưởng lợi nói chung cần được đào tạo cơ bản về kỹ thuật, quản lý tài chính. Hiện nay, các tổ chức về nước thường tạo điều kiện để các hội dùng nước được tham gia các lớp tập huấn trong thời gian ngắn để giúp các tổ chức ở địa phương tự khắc phục được điểm yếu trong quản lý nguồn nước của mình. Ở Việt Nam để nâng cao hiệu quả khai thác sử dụng tài nguyên nước, trong những năm gần đây sự tham gia của cộng đồng trong quản lý tài nguyên nước trên lưu vực sông đã được Nhà nước rất quan tâm.

2.5.4. Vấn đề giới trong quy hoạch và quản lý nguồn nước

Phụ nữ là lực lượng thường xuyên và trực tiếp có liên quan đến việc sử dụng nước. Đối với gia đình thường họ là người thiết thời hơn nam giới. Vấn đề nước sạch có liên quan đến sức khỏe cộng đồng đặc biệt là sức khỏe của phụ nữ. Phụ nữ có ít cơ hội được tiếp cận với các thông tin có liên quan đến việc sử dụng nước so với nam giới, đặc biệt đối với các nước chậm phát triển. Bởi vậy, việc cung cấp các thông tin đối với phụ nữ là rất cần thiết thông qua các lớp tập huấn về giới trong lĩnh vực quản lý nước. Thông qua các lớp tập huấn về giới, phụ nữ sẽ đóng vai trò quan trọng trong việc bảo vệ nguồn nước.

2.6. YÊU CẦU PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG TÀI NGUYÊN NƯỚC

2.6.1. 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 của 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 dọa 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”. Phát triển bền vững bao gồm các mặt chính sau đây:

- 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 như sau:

- 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 được, 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 khỏe, 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 (Brazil). 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.

2.6.2. Phát triển bền vững tài nguyên nước

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 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 quá 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 thủy 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. Các 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.

2.7. PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN HỆ THỐNG TRONG QUY HOẠCH VÀ QUẢN LÝ NGUỒN NƯỚC

Vấn đề quy hoạch và quản lý nguồn nước là một vấn đề phức tạp. Khi mà mức độ khai thác của con người đối với hệ thống nguồn 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 nguồn 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 phát triển của công cụ tính toán nhanh đã giúp

ích cho làm thay đổi về chất trong các nghiên cứu về hệ thống nguồn 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 nguồn nước. Mặc dù sự áp dụng lý thuyết phân tích hệ thống đối với các hệ thống nguồn nước mới chỉ bắt đầu vào những năm 70, nhưng đã tạo ra sự thay đổi về chất trong nghiên cứu, qui 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, lý thuyết phân tích hệ thống đã được ứng dụng rộng rãi trong qui hoạch nguồn nước ở nhiều quốc gia. Tuy nhiên, ở nước ta công việc này mới chỉ bắt đầu trong những năm gần đây.

Hiện nay, các tài liệu khoa học trên thế giới liên quan đến lĩnh vực quy hoạch và khai thác nguồn nước thường được trình bày theo quan điểm hệ thống với sự ứng dụng lý thuyết phân tích hệ thống. Bởi vậy, tiếp cận lý 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 qui hoạch và điều khiển hệ thống nguồn nước.

Các phương pháp tiếp cận với bài toán quy hoạch và quản lý nguồn nước với sự 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 sinh thái
- Sự đảm bảo về phát triển bền vững

2.8. VAI TRÒ CỦA MÔ HÌNH HOÁ, NHỮNG ƯU ĐIỂM VÀ HẠN CHẾ CỦA NÓ

Mô hình hoá hệ thống đóng vai trò quyết định khi lập các quy hoạch nguồn nước. Mô hình hoá hệ thống bao gồm mô hình mô phỏng và mô hình tối ưu. Mô hình mô phỏng mô tả các quá trình vật lý và hoạt động của hệ thống, mô hình tối ưu thiết lập nhằm tìm ra phương án tốt nhất trong số các phương án quy hoạch.

2.8.1. Mô hình mô phỏng hệ thống

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 vận động của hệ thống thực được suy ra từ những kết quả nghiên cứu trên hệ thống do người nghiên cứu tạo ra.

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 nguồn 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 nguồn nước.
5. Các giới hạn và ràng buộc của hệ thống: được mô tả bằng các biểu thức ràng buộc toán học.

2.8.2. Mô hình tối ưu

Khi phân tích hệ thống trong điều khiển, điều khiển hoặc phát triển hệ thống, cần phải xác định mục tiêu của nó. Mục tiêu khai thác hệ thống được mô tả và lượng hoá bằng một số các chỉ tiêu nào đó, gọi là *hệ thống chỉ tiêu đánh giá*. Hệ thống chỉ tiêu đánh giá là các chỉ tiêu mà hệ thống cần đạt được bao gồm hiệu quả khai thác do hệ thống mang lại và các ràng buộc kỹ thuật, kinh tế và môi trường mà nó phải thoả mãn. Hệ thống chỉ tiêu đánh giá bởi vậy 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 là một hoặc một số hữu hạn các hàm số mà nó cần được làm cực trị, có dạng:

$$F_j(X) \rightarrow \max (\min) \text{ với } j = \overline{1, m}; m \text{ là số hàm mục tiêu} \quad (2-1)$$

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

Trong đó X là một vec tơ các biến số nào đó của hệ thống:

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

+ 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:

$$F_j(Y(t)) \leq b_j \quad \text{với } j = \overline{1, m} \quad (2-2)$$

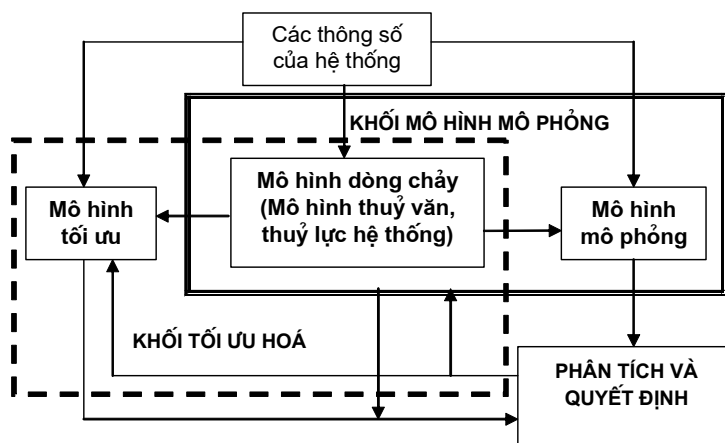
Trong đó F là hàm biểu diễn qua hàm ra của hệ thống $Y(t)$.

Biểu thức (2-2) được viết một cách tổng quát, tương ứng với dấu " $\leq$ " có thể được thay bằng dấu " $=$ " hoặc bằng dấu " $\geq$ ".

Trong đó m là số chỉ tiêu trong hệ thống chỉ tiêu đánh giá. Các hàm $F_j(Y(t))$ trong trường hợp này được coi là các biểu thức ràng buộc về 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 (2-1), số còn lại được mô tả như một ràng buộc của hệ thống về mục tiêu, có dạng (2-2).

Hệ thống chỉ tiêu đánh giá có dạng các hàm (2-1) và (2-2), 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.



Hình 2-1: Sơ đồ kết hợp phương pháp mô phỏng và phương pháp tối ưu hóa

(B. G. Priazinskaia: Mô hình toán trong lĩnh vực nguồn nước, Nayka - Mascova, 1985)

Mô hình tối ưu là công cụ phân tích hiệu quả kinh tế của phương án quy hoạch, cũng có thể là những hiệu quả không tính bằng tiền.

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 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.

Trong trường hợp phương pháp tối ưu hoá có những hạn chế nhất định người ta sử dụng phương pháp mô phỏng. 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 một không gian các phương án một cách đầy đủ.

Trong thực tế người ta thường 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 2-1).

Chương 3

PHÂN TÍCH KINH TẾ TRONG QUY HOẠCH PHÁT TRIỂN NGUỒN NƯỚC

3.1. NHIỆM VỤ VÀ NỘI DUNG PHÂN TÍCH KINH TẾ TRONG PHÁT TRIỂN NGUỒN NƯỚC

Phân tích kinh tế dự án nhằm mục đích tránh được sự đầu tư không hiệu quả và lãng phí vào các dự án được xây dựng. Đây là điều đặc biệt quan trọng trong những trường hợp mà tiền vốn để tài trợ cho dự án cơ bản mới đang bị thiếu hoặc phải vay vốn 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 (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)).

Goodman,A.S. Principles of Water Resources Planing. Prentise-Hall, Inc, 1984, ISBN 0 137 10616 5.

Nhiệm vụ của phân tích kinh tế là đánh giá hiệu quả của việc sử dụng khai thác 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

3.2. MỘT SỐ KHÁI NIỆM CƠ BẢN

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

a. 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 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: 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 thủy 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 nước, các loại 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.

b. 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 thủy 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.

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...

3.2.2. Khái niệm về chi phí và lợi ích

a. 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 ròng của công ty hoặc một cá nhân gọi là lợi ích.

b. Theo quan điểm kinh tế

Theo quan điểm kinh tế, bất cứ những gì làm giảm thu nhập 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 được sử dụng cho việc lát kênh dẫn nước của công trình thủy lợi là 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.

c. 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 trồng thủy 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 thủy 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.

3.2.3. 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 thủy lợi cao hơn giá trị của nó (là sự tăng thêm của sản phẩm xã hội 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 thủy 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 thủy 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 có thể lại không lãi đối với người đầu tư vào dự án thủy 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 tùy 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 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.

3.2.4. 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 lại 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.

Tại thời điểm cuối năm 2000, nếu chúng ta cho một người nào đó vay một số tiền 1.000.000 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 lại lũy 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 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 $S_n = S_0(1+r)^n$.

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 hiện tại 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 khấu hao (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 3-1: Phép tính đa hợp

Thứ tự năm	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

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:

$$S_0 = \frac{S_n}{(1+r)^n} \quad (3-1)$$

Như vậy, giá trị của đồng tiền không phải là giá trị bất biến theo thời gian. Khi đầu tư vào các dự án, các lợi ích mang lại thường chỉ thu được sau một thời gian nhất định kể từ khi dự án bắt đầu được thực thi. Bởi vậy, để so sánh lợi ích của dự án so với vốn đầu tư, 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 khấu hao.

Bảng 3-2: Phép tính khấu hao

Thứ tự năm	Năm	Số lượng cuối năm (đồng)	Hệ số	Số lượng đầu năm (đồng)
t5	2005	1.610.510	1.1	1.464.100
t4	2004	1.464.100	1.1	1.331.000
t3	2003	1.331.000	1.1	1.210.000
t2	2002	1.210.000	1.1	1.100.000
t1	2001	1.100.000	1.1	1.000.000

3.2.5. Tỷ lệ khấu hao

Giá trị r trong các phép tính đa hợp và phép tính khấu hao là số thập phân. Trong quan hệ tài chính, trong giao dịch vay vốn hoặc gửi tiền vào ngân hàng, r được gọi là tỷ lệ lãi suất.

Trong lĩnh vực đầu tư phát triển thường phải thực hiện các phép tính khấu hao nên r gọi là tỷ lệ khấu hao hay còn gọi là tỷ suất khấu hao. Trong tài liệu này chúng tôi sử dụng ngôn từ “tỷ lệ khấu hao”.

Trong đầu tư phát triển người ta sử dụng tỷ lệ khấu hao 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.

Tỷ lệ khấu hao phản ánh mức thu hồi vốn tối thiểu có thể chấp nhận được đối với một dự án.

Đối với phân tích tài chính tỷ lệ khấu hao thường liên quan đến hoạt động tài chính của công ty hoặc nhà nước, có liên quan đến quan hệ vốn vay tại ngân hàng hoặc vốn vay của nước ngoài. Tỷ lệ khấu hao không thể nhỏ hơn tỷ lệ lãi suất vay từ ngân hàng.

Đối với phân tích kinh tế tỷ lệ khấu hao phải phản ánh được tỷ lệ mà tiền tệ lưu động sẵn có của nền kinh tế quốc dân phải được huy động tối đa. Tỷ lệ khấu hao theo quan điểm kinh tế do Nhà nước quy định tùy thuộc vào trình độ phát triển và chiến lược đầu tư phát triển của nền kinh tế quốc dân. Ở Việt Nam tỷ lệ khấu hao hiện nay thường được chọn 10%/năm.

Trong nhiều trường hợp người ta gợi ý sử dụng “tỷ lệ khấu hao ưu đãi thời gian xã hội”, gọi tắt là tỷ lệ 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 việc đầu tư phát triển không phải cho thế hệ hôm nay mà còn vì sự phát triển xã hội trong tương lai của các thế hệ mai sau. Vì vậy, tỷ lệ ưu đãi thời gian xã hội

là một tỷ lệ thấp hơn. Tất nhiên, điều này còn tùy thuộc vào mức thu nhập quốc dân của mỗi nước và khả năng dư thừa vốn lưu động của nền kinh tế quốc dân.

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 bắt đầu thực hiện quy hoạch hoặc dự án) tương ứng là C_0 và B_0 :

$$C_0 = \frac{C_t}{(1+r)^{t-t_0}}, \quad B_0 = \frac{B_t}{(1+r)^{t-t_0}} \quad (3-2)$$

Nếu chọn thời điểm hiện tại bằng “0” ($t_0 = 0$) thì công thức (3-2) được viết lại theo dạng (3-3) như sau:

$$C_0 = \frac{C_t}{(1+r)^t}, \quad B_0 = \frac{B_t}{(1+r)^t} \quad (3-3)$$

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_0 (10 ⁶ đồng)	Lợi ích hàng năm B_t (10 ⁶ đồng)	Lợi ích quy đổi về thời điểm hiện tại B_0 (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	5.950.611	11.700.000	5.854.402

Nếu thời gian quy hoạch là T năm thường lấy bằng tuổi thọ của dự án quy hoạch hoặc đơn thuần là thời gian hoạt động của dự án sau khi được xây dựng dùng làm tiêu chuẩn phân tích kinh tế dự án, khi đó chi phí và lợi ích tổng cộng tính quy đổi về thời điểm hiện tại sẽ là:

$$C = \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad B = \sum_{t=1}^T \frac{B_t}{(1+r)^t} \quad (3-4)$$

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.

Trong bảng 3-3: cột (2) là chi phí hàng năm; 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; 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 dàng thấy rằng, công trình càng nhanh đưa vào khai thác càng mang lại lợi ích cao và càng nhanh hoàn vốn.

3.3. CÁC CHỈ TIÊU ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ KINH TẾ CỦA DỰ ÁN

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.

3.3.1. Giá trị thu nhập ròng tại thời điểm hiện tại NPV (Net Present 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:

$$NPV = B - C = \sum_{t=1}^T \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t} \quad (3-5)$$

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 (tỷ lệ khấu hao).

Nếu giá trị thu nhập ròng của một dự án là $NPV \geq 0$ 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 thì hiệu quả đầu tư càng cao.

3.3.2. 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.

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}} \quad (3-6)$$

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.

3.3.3. Chỉ số thu hồi vốn bên trong IRR (Internal Rate of Return)

Chỉ số thu hồi vốn bên trong (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 thu hồi vốn bên trong IRR chính là tỷ lệ khấu hao làm cho giá trị thu nhập ròng trong thời gian quy hoạch T bằng "0", tức là:

$$NPV = B - C = 0 \quad (3-7)$$

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:

$$NPV = B - C = \sum_{t=1}^T \frac{(B_t - C_t)}{(1 + IRR)^t} = 0 \quad (3-8)$$

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:

$$IRR \geq i_{cp}, \text{ trong đó } i_{cp} \text{ là tỷ lệ khấu hao cho phép.}$$

Tỷ lệ 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 tỷ lệ này không được vượt tỷ lệ 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 theo hai trường hợp sau:

- Nếu $IRR \geq i_{cp}$ thì việc đầu tư vào dự án không gây sự mất cân đối cho nền kinh tế quốc dân
- Nếu $IRR < i$ 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 tỷ lệ khấu hao 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 (thường là giá trị của tỷ lệ khấu hao r) 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.

3.3.4. Thời gian hoàn vốn

$$T_h = T_{xd} + \frac{K_0}{D} \quad (3-9)$$

Trong đó: Hiệu ích bình quân hàng năm:

$$D = \frac{\sum_{t=1}^T (B_t - C_{vht})}{T - t_{kt}} \quad (3-10)$$

t_{kt} - năm bắt đầu khai thác;

B_t - hiệu 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.

Một dự án được coi là chấp nhận được về mặt kinh tế nếu $T_h \leq$ giá trị cho phép.

3.4. PHÂN TÍCH CHI PHÍ VÀ LỢI ÍCH TRONG QUY HOẠCH NGUỒN NƯỚC

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 và lợi ích cũng bao gồm phân tích kinh tế và phân tích 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.

3.4.1. 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 đa dạng có thể 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 tùy 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...).

3.4.2. 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.

a. 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.

b. Lợi ích phát triển thủy năng

- Lợi ích 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 hạ giá thành điện năng do phát triển thủy năng và giảm ngoại tệ do nhập khẩu điện năng.
- Làm thay đổi chế độ dòng chảy vùng hạ du có lợi cho sản xuất nông nghiệp, giao thông thủy v.v...

c. Phát triển vận tải thủy

- 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.

d. 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 trồng thủy sản, cải tạo môi trường, thay đổi có lợi về môi trường sinh thái và các lợi ích khác cũng được phân tích tùy thuộc vào từng dự án cụ thể.

3.5. VÍ DỤ VỀ ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ KINH TẾ DỰ ÁN

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 Thủy lợi thực hiện năm 2000-2001 (Báo cáo Dự án nạo vét sông Ninh Cơ, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, Hà Nội, 4-2001).

3.5.1. 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 thủy 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. Lưu lượng sông và vùng hưởng lợi thể hiện trên hình 3-1.

Bảng 3-4: Diện tích tưới và tiêu theo đơn vị hành chính 2001

([13] Báo cáo Dự án nạo vét sông Ninh Cơ, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, Hà Nội, 4-2001)

TT	Đơn vị hành chính	F tưới (ha)	F tiêu (ha)
1	Huyện Xuân Trường	4.737	
2	Huyện Hải Hậu	16.551	16.315
3	Nam Ninh	8.927,5	18.343,5
4	Huyện Nghĩa Hưng		15425.0
	Tổng cộng	30176	50083.5

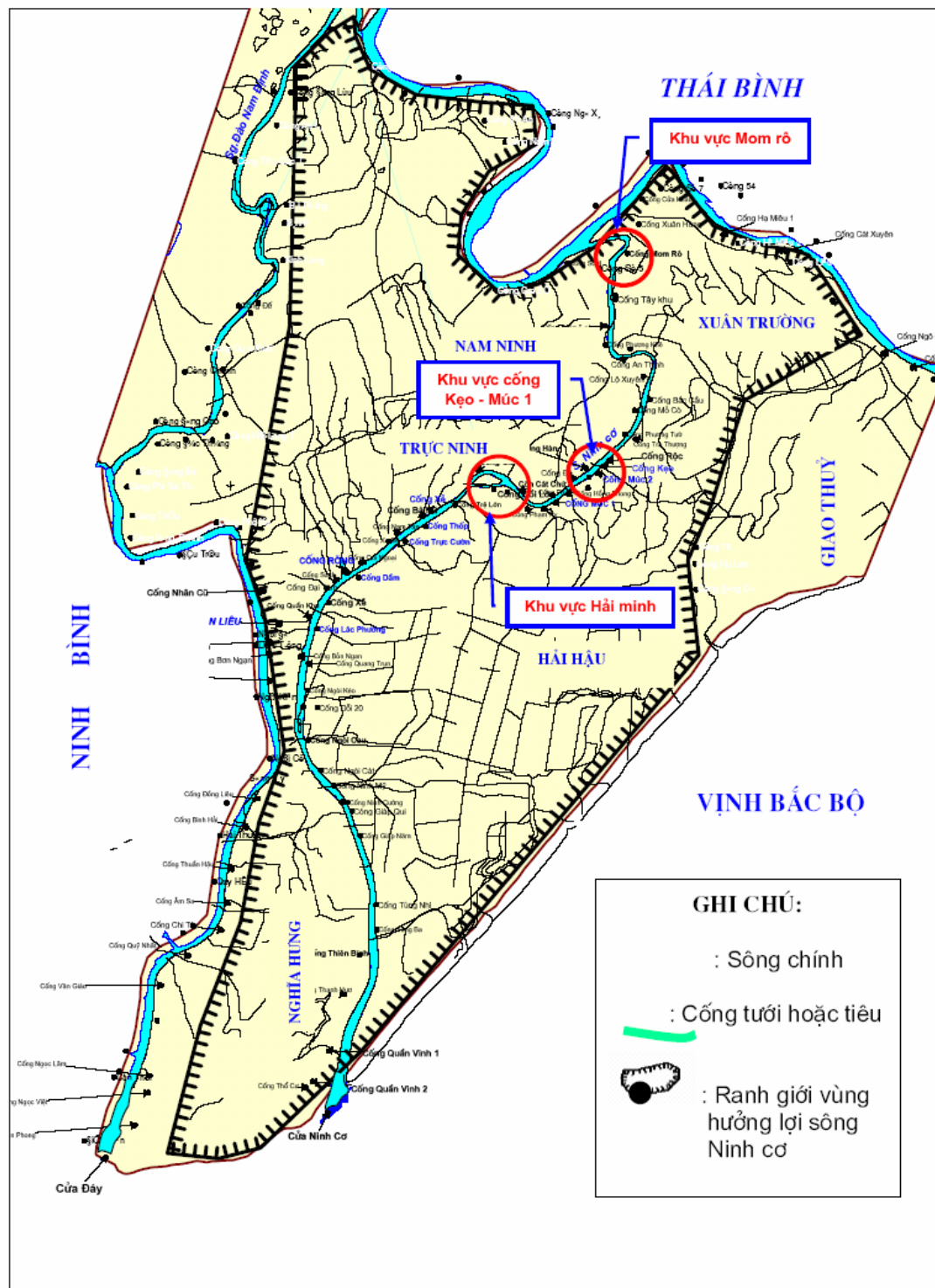
Trong những năm gần đây do hiện tượng bồi lấp ở cửa sông và các đoạn cục bộ lượng nước chuyển vào sông Ninh Cơ giảm gây ra hiện tượng nhiễm mặn sâu vào đất liền nên khả năng cấp nước cho các kênh dẫn rất căng thẳng, gây khó khăn cho quản lý vận hành cấp nước, đặc biệt là các vùng thuộc huyện Hải Hậu tỉnh Nam Định.

Bảng 3-5: Diện tích hạn hàng năm trong vùng tưới

Khu vực	Diện tích tưới (ha)	Tưới chủ động (ha)	Hạn theo thời tiết (ha)	Hạn thường xuyên (ha)
Xuân Trường	4.737,0	1.950	1.200	1.587,0
Hải Hậu	16.551,0	6.123	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 là 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 do thời tiết là 9.200 ha giảm năng suất từ 10%.



Hình 3-1: Bản đồ vùng dự án sông Ninh Cơ

(Báo cáo Dự án nạo vét sông Ninh Cơ, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, Hà Nội, 4-2001)

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 hữu (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.

Bảng 3-6: Tổng hợp khối lượng xây lắp chính

(Báo cáo Dự án nạo vét sông Ninh Cơ, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, Hà Nội, 4-2001)

TT	Loại công tác	Đơn vị	Nạo vét		Các kè bảo vệ bờ		Tổng cộng
			Mom Rô	Múc 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			887,0	1.683,5	2.570,5
4	Vải địa kỹ thuật	100m ²			47,8	60,8	108,5
5	Đá rôi	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	807,0
10	Đắp đê quai	m ³			955,5		955,5
11	Đắp đất					110,7	110,7

3.5.2. Đánh giá hiệu quả kinh tế

Cơ sở đánh giá

Đánh giá hiệu quả kinh tế được tiến hành trên cơ sở các giả định sau:

- Đời sống 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 của Nam Định quý IV/2001.
- Dự kiến khả năng phát huy hiệu quả của dự án:

- + Năm thứ nhất 60% thu nhập của dự án hàng năm;
- + Các năm còn lại đạt 100% hiệu quả.

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: 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 lấy bằng 3% Tổng vốn đầu tư xây dựng công trình.

Đánh giá lợi ích 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 tạo 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 7.560 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.

Xác định các chỉ tiêu hiệu quả của dự án

1. 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 - ròng tiền thu nhập năm thứ t (đồng);

C_t - 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.

2. 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 $B/C = 2,59$.

3. Chỉ số thu hồi vốn bên trong (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 $IRR = 29,5\%$.

4. Thời gian hoàn vốn

$$T_h = T_{xd} + \frac{K_0}{D}$$

Trong đó:

$$\text{Hiệu ích bình quân hàng năm: } D = \frac{\sum_{t=1}^T (B_t - C_{vht})}{T - t_{kt}}$$

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.

5. Tỷ số giá trị thu nhập ròng và vốn đầu tư ban đầu với $T=20$ năm $NPV/K=1,73$

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.

Nhận xét: Các chỉ tiêu kinh tế theo tính toán đều đạt hiệu quả kinh tế.

$$NPV > 0.$$

$$IRR > 10\% \quad B/C = 2,59 \geq 1 \quad T_h = 5 \text{ năm}$$

$$NPV/K > 0,1.$$

Với các chỉ tiêu kinh tế như trên cho thấy hiệu quả đầu tư của dự án tương đối cao.

Tổng hợp vốn đầu tư

Tổng vốn đầu tư xây dựng là **41.003.078.393 đồng**. Trong đó:

- Xây lắp: 28,831,372,430 đồng
- Chi khác: 8,317,069,519 đồng
- Dự phòng: 3,854,636,445 đồng

Các hạng mục vốn được thống kê trong bảng 3-7.

Bảng 3-7: Tổng hợp vốn đầu tư

(Báo cáo Dự án nạo vét sông Ninh Cơ, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, Hà Nội, 4-2001)

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 phụ thuộc 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 Dền 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
	<i>- Giai đoạn chuẩn bị đầu tư</i>	<u>416.583.035</u>	<u>41.658.303</u>	<u>458.241.338</u>
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
	<i>- Giai đoạn thực hiện đầu tư</i>	<u>6.787.386.252</u>	<u>678.738.625</u>	<u>7.442.315.353</u>
1	Chi phí khảo sát giai đoạn TKKT	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

TT	Hạng mục	Giá trị DT trước thuế	Thuế VAT	Giá trị sau thuế
	- <i>Giai đoạn kết thúc xây dựng</i>	<i>379.730.276</i>	<i>37.973.028</i>	<i>416.512.828</i>
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)

(Báo cáo Dự án nạo vét sông Ninh Cơ, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, Hà Nội, 4-2001)

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

(Báo cáo Dự án nạo vét sông Ninh Cơ, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, Hà Nội, 4-2001)

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 túy của 1 ha lúa vụ đông xuân và lợi ích mang lại trước và sau dự án

(Báo cáo Dự án nạo vét sông Ninh Cơ, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, Hà Nội, 4-2001)

Hạng mục	Đơn giá (đồng)	Đơn vị	Số lượng	Giá trị (đồng)
I. Thu nhập thuần túy 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
a. Chi phí lao động		công	265	5.300.000
b. Chi phí đầu vào				3.583.500
Gióng	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				560.000
d. Thủy lợi phí				403200
e. Thuế nông nghiệp				504.000
3. Giá trị thu nhập thuần túy				1.216.069,4
II. Thu nhập thuần túy sau khi có dự án				
1. Sản lượng thóc trên 1 ha (100%)	1.800	Kg	7.560	13.607.964
2. Tổng chi phí				10.642.460
a. Chi phí lao động	20.000	công	265	5.300.000
b. Chi phí đầu vào				3.583.500
Gióng	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. Thủy lợi phí				655.200
e. Thuế nông nghiệp				579.600
3. Giá trị thu nhập thuần túy				2.965.504
Lợi ích thực của 1 ha lúa sau khi có dự án:				1.749.434,60

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: 7.560 kg/ha
- Thu nhập tăng sau dự án trên 8242 ha bị hạn là: $8242 \times 1.749.434 = 14.418.839.973$ đồng.

3.6. GIÁ NƯỚC VÀ ĐỊNH GIÁ NƯỚC

Nước là loại hàng hoá đặc biệt và rất khó định giá. Theo quy luật giá trị thì giá trị của 1 m³ 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 phải chỉ phụ thuộc vào nhà sản xuất hoặc nhu cầu của người sử dụng nó 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; của 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 quan điểm tài chính, quan điểm kinh tế mà còn phải chú ý đến 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 4

MÔ HÌNH HOÁ TRONG QUY HOẠCH VÀ QUẢN LÝ NGUỒN NƯỚC

4.1. QUÁ TRÌNH LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN QUY HOẠCH NGUỒN NƯỚC

Lựa chọn các phương án của bài toán quy hoạch và quản lý nguồn nước thường được thực hiện theo các trình tự sau đây:

1. Xác định mục tiêu của bài toán quy hoạch hoặc quản lý hệ thống.
2. Xác lập tập các phương án có thể (phương án công trình, phương án cải tạo hệ thống, phương án vận hành hệ thống, phương án sử dụng nguồn nước...).
3. Mô phỏng hệ thống bằng mô hình mô phỏng.
4. 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.
5. Tìm phương án tối ưu nhất hoặc phương án hợp lý trong số các phương án chấp nhận được bằng phương pháp mô phỏng hoặc phương án tối ưu hoá.

Trình tự trên có thể mô tả trên sơ đồ 4-1.

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 có hiệu quả kinh tế cao nhất và thoả mãn các điều kiện kỹ thuật và các ràng buộc.

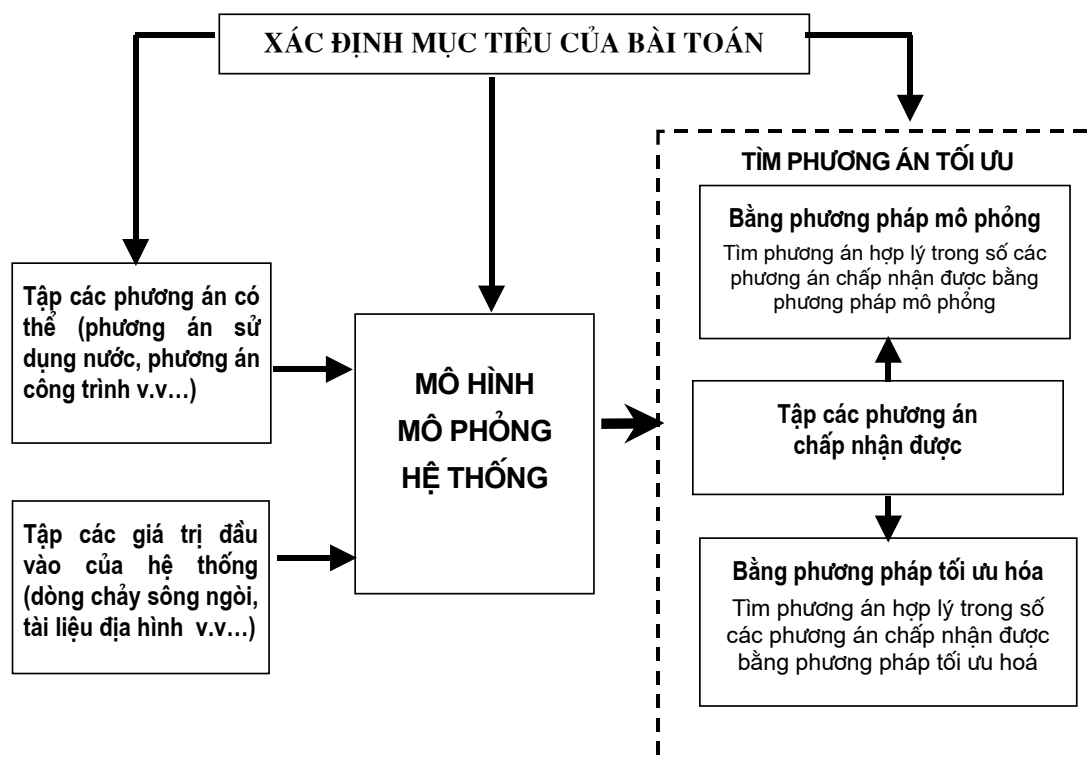
Phương pháp tối ưu hoá tìm phương án tối ưu bằng cách lập và giải bài toán tối ưu đối với bài toán đang xem xét.

Các phương pháp tối ưu hoá sau đây thường dùng trong quy hoạch và quản lý nguồn nước:

- Phương pháp quy hoạch tuyến tính;
- Phương pháp giải bài toán tối ưu phi tuyến có ràng buộc và không ràng buộc;

- Phương pháp quy hoạch động;
- Phương pháp dò tìm tối ưu.

Như vậy, để phân tích lựa chọn phương án quy hoạch một cách hợp lý nhất cần phải thiết lập các mô hình toán theo mục tiêu khai thác hệ thống. Ta phân biệt hai loại mô hình toán đối với hệ thống nguồn nước: mô hình mô phỏng và mô hình tối ưu hóa.



Hình 4-1: Sơ đồ mô tả quá trình lựa chọn phương án quy hoạch hoặc quản lý hệ thống

Mô hình mô phỏng mô tả quá trình vật lý và các hoạt động của hệ thống được xây dựng nhằm nhận thức hệ thống, xem xét động thái của hệ thống và phân tích khả năng đạt được của các mục tiêu khai thác hệ thống đã đặt ra. Mô hình tối ưu được thiết lập nhằm mục đích tìm phương án quy hoạch tối ưu bằng phương pháp tối ưu hoá.

4.2. MÔ HÌNH MÔ PHỎNG HỆ THỐNG

4.2.1. Khái niệm về mô phỏng

Quan điểm hệ thống hiện đại đòi hỏi phải xây dựng các mô hình hệ thống, đặc biệt đối với những hệ thống lớn và phức tạp. Các mô hình hệ thống nhằm mô tả các quá trình vật lý của hệ thống, các hoạt động của hệ thống và chế độ làm việc của hệ thống.

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 vận động 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 thống 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 mô phỏng là sự biểu đạt các quy luật của hệ thống 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 v.v... 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 họ thiết lập các mô hình mô phỏng. Tùy thuộc vào mục đích nghiên cứu mà biểu đạt và sự 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.

Mô hình mô phỏng đối với hệ thống bất kỳ có dạng sau:

$$Y = H (U, X, A) \quad (4-1)$$

$$\text{với ràng buộc: } G (Y, X, U, A) \leq 0 \quad (4-2)$$

trong đó: X - véc tơ các biến vào của hệ thống và là hàm của thời gian, $X = X(t)$,

$$X(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_j(t), \dots, x_n(t)) \quad j = \overline{1, n} \quad (4-3)$$

U - véc tơ các biến điều khiển và cũng là hàm của thời gian, $U = U(t)$,

$$U(t) = (u_1(t) , u_2(t) , \dots, u_i(t) , \dots, u_n(t)) \quad i = \overline{1, m} \quad (4-4)$$

Y - các biến ra của hệ thống, $Y = Y(t)$,

$$Y(t) = (y_1(t), y_2(t), \dots, y_{ip}(t) , \dots, y_p(t)) \quad ip = \overline{1, p} \quad (4-5)$$

A - véc tơ các thông số mô hình mô phỏng hệ thống,

$$A = (a_1, a_2, \dots, a_{iL}, \dots, a_L) \quad i_L = \overline{1, L} \quad (4-6)$$

G - véc tơ biểu thị các hàm ràng buộc của hệ thống, ta có thể viết:

$$G_{jg}(Y, X, U, A) \leq 0; \quad j_g = \overline{1, Ng} \quad (4-7)$$

H - ký hiệu biểu thị dạng hàm của mô hình mô phỏng.

4.2.2. Thiết lập mô hình mô phỏng

Việc thiết lập mô hình mô phỏng được tiến hành theo những bước sau đây:

1. Thu thập thông tin về hệ thống, xác định mục tiêu khai thác và lập sơ đồ hệ thống theo mục tiêu đã định.
2. Xác lập cấu trúc hệ thống và mô tả bằng sơ đồ các mối quan hệ giữa các thành phần trong hệ thống.
3. Chọn các thông số của hệ thống đặc trưng cho mối quan hệ giữa các thành phần của hệ thống và thiết lập các biểu thức toán học, các biểu thức logic của các quá trình trên. Mô hình toán của hệ thống bao gồm các mô hình thành phần và sự ghép nối giữa chúng. Do đó cần xác định:
 - + Phương thức mô tả các mô hình thành phần, bao gồm:
 - Mô phỏng các quy luật và các quá trình vật lý của hệ thống.
 - Mô phỏng các quá trình tác động vào hệ thống để đạt mục tiêu.
 - Mô phỏng hàm mục tiêu khi mục tiêu khai thác đối với hệ thống đã xác lập.
 - + Sự lắp ghép các mô hình thành phần.
 - + Các biểu thức logic mô tả cho chiến lược điều khiển hệ thống và thỏa mãn các ràng buộc của hệ thống.
4. Kiểm tra sự hợp lý của mô phỏng và xác định các tham số của mô hình theo tài liệu quan trắc được.

Hiện nay tồn tại khá nhiều mô hình mô phỏng được sử dụng rộng rãi trong quy hoạch và quản lý nguồn nước. Điển hình là các mô hình loại HEC: HEC1, HEC2, ..., HEC6, HEC-HMS, HEC-RESIM; các mô hình họ MIKE: MIKE11, MIKE21, MIKE-BASIN và rất nhiều các mô hình khác.

4.2.3. Sử dụng mô hình mô phỏng xác lập mục tiêu và phương thức khai thác

Đây là bước đi đầu tiên trong phân tích và thiết kế hệ thống nguồn 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:

- 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.
- Phương thức khai thác nguồn nước trên hệ thống.
- 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.
- Tập các phương án có thể: các phương án công trình và các phương án khai thác sử dụng nguồn nước.
- Các giới hạn và ràng buộc của hệ thống: được mô tả bằng các biểu thức ràng buộc toán học.

Có thể nói mô hình mô phỏng là công cụ để nhận thức hệ thống và định hướng quy hoạch và quản lý hệ thống nguồn nước.

4.3. MÔ HÌNH TỐI ƯU HOÁ TRONG QUY HOẠCH NGUỒN NƯỚC

Phương pháp tối ưu hoá trong quy hoạch nguồn nước được sử dụng khá rộng rãi trên thế giới và được trình bày trong nhiều tài liệu có liên quan (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). 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; Mays L.W., Tung Y.K., *Hydrosystems engineering and management*, McGraw-Hill, Inc, 1992, ISBN 0 070 41146 7; Grigg N.S., *Water Resources Management: Principles, Regulations, and Cases*, McGraw-Hill, 1996. ISBN 0 070 41146 7).

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. Sau khi xác định được mục tiêu của bài toán quy hoạch thì vấn đề quan trọng nhất cần đặt ra là xây dựng hàm mục tiêu của bài toán quy hoạch còn gọi là thiết lập bài toán tối ưu. Mô hình mô tả hàm mục tiêu được gọi là mô hình tối ưu. Việc xây dựng hàm mục tiêu tùy thuộc vào nhiệm vụ của bài toán quy hoạch và tính phức tạp của hệ thống. Trong thực tế thường gặp các bài toán đa mục tiêu do những mục đích khai thác khác nhau. Dưới đây sẽ trình bày các dạng cơ bản của hàm mục tiêu đối với bài toán thiết kế hệ thống, phát triển hệ thống và quản lý điều hành hệ thống nguồn nước.

4.3.1. Mô tả tổng quát bài toán tối ưu hệ thống

Giả sử có hệ thống có cấu trúc nào đó. Gọi $X(t)$ là véc tơ các thông tin vào, $U(t)$ là véc tơ điều khiển, $Y(t)$ là véc tơ các thông tin ra, $Z(t)$ là véc tơ biến trạng thái, A là véc tơ thông số cấu trúc của hệ thống. Ta có :

$$\begin{aligned} X(t) &= (x_1(t), x_2(t), \dots, x_{n1}(t)) \\ U(t) &= (u_1(t), u_2(t), \dots, u_{n2}(t)) \\ Y(t) &= (y_1(t), y_2(t), \dots, y_{n3}(t)) \\ Z(t) &= (z_1(t), z_2(t), \dots, z_{n4}(t)) \\ A &= (a_1, a_2, \dots, a_{n5}) \end{aligned} \quad (4-8)$$

Mô hình mô phỏng hệ thống có dạng :

$$Y(t) = H(X(t), U(t), Z(t), A) \quad (4-9)$$

Cần thiết kế và điều khiển hệ thống sao cho cực trị một hàm mục tiêu nào đó :

$$F(X(t), Y(t), Z(t), U(t), A) \rightarrow (\text{cực trị}) \quad (4-10)$$

Với ràng buộc :

$$G_j(X(t), Y(t), Z(t), U(t), A) \leq b_j \quad j = \overline{1, m} \quad (4-11)$$

Ta có thể chia ra làm ba loại bài toán khác nhau.

a. Bài toán thiết kế

Đối với bài toán thiết kế thường quy định trước chế độ làm việc của hệ thống, do đó véc tơ $U(t)$ đã biết trước và quy luật thay đổi của biến trạng thái $Z(t)$, $X(t)$ cũng đã biết. Hàm mục tiêu (4-10) khi đó chỉ còn một loại biến là véc tơ A .

Như vậy các biểu thức từ (4-9) đến (4-11) có thể viết dưới dạng giản hoá, tức là không cần mô tả các biến đã biết trong phương trình tổng quát:

Ta có hàm mục tiêu sẽ là:

$$F(a_1, a_2, \dots, a_n) \rightarrow \text{cực trị} \quad (4-12)$$

A

Với ràng buộc:

$$G_j(a_1, a_2, \dots, a_n) \leq b_j \quad j = \overline{1, m} \quad (4-13)$$

Trong đó: $A = (a_1, a_2, \dots, a_n) \quad (4-14)$

là tham số cấu trúc tối ưu của hệ thống.

Ta gọi bài toán này là bài toán thiết kế.

b. Bài toán điều khiển

Giả thiết hệ thống đã được thiết kế, tức là các thông số cấu trúc A đã biết trước. Nếu ta thay (4-9) vào (4-10) ta có dạng giản hoá:

$$F(X(t), Z(t), U(t)) \rightarrow \text{cực trị} \quad (4-15)$$

$$\text{với ràng buộc: } Y(X(t), Z(t), U(t)) \leq b_j, j = \overline{1, m} \quad (4-16)$$

Ta cần phải tìm véc tơ $U(t)$ để làm tối ưu mục tiêu nào đó đang được xem xét.

Bài toán như vậy có tên gọi là bài toán điều khiển hệ thống.

c. Bài toán thiết kế tổng quát

Đối với bài toán thiết kế thực ra việc định ra trước các giá trị làm việc của hệ thống là không hợp lý, vì rằng các thông số cấu trúc của hệ thống có mối quan hệ chặt chẽ với chế độ làm việc của nó và quy luật thay đổi của các biến vào $X(t)$. Do đó cần giữ nguyên phương trình dạng tổng quát (4-9) đến (4-11). Tuy nhiên tìm nghiệm của dạng bài toán này không đơn giản, không những do tính phức tạp của nó mà còn do sự bất định về mục đích khai thác hệ thống nữa. Trong trường hợp đó có thể dùng phương pháp mô phỏng để tìm nghiệm hợp lý.

4.3.2. Vấn đề thiết lập hàm mục tiêu và các ràng buộc của bài toán tối ưu

a. 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 kho nước được thiết kế 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. Đối với bài toán tưới trên đây có thể có hai cách thiết lập hàm mục tiêu:

- Hàm mục tiêu là một hàm số mà nó cần nhận giá trị cực trị (lớn nhất hoặc nhỏ nhất). Nếu $W(t)$ chưa định trước, tức là diện tích cần tưới chưa định rõ ta có thể đặt hàm mục tiêu theo dạng:

$$J = F(a_1, a_2, \dots, a_n) \rightarrow \max \quad (4-17)$$

Trong đó: J - hiệu ích mang lại lớn nhất. Trong bài toán phân phối nước nếu $a_1, a_2, \dots, a_n$ đã định trước ta có:

$$J_1 = F(W(t)) \rightarrow \max \quad (4-18)$$

với $W(t)$ là véc tơ lượng nước được phân phối cho các khu tưới:

$$W(t) = (w_1(t), w_2(t), \dots, w_n(t))$$

- Hàm mục tiêu được nhận các giá trị trong giới hạn nào đó. Nếu yêu cầu về tưới $W(t)$ đã định ta cần xác định cấu trúc và thông số của hệ thống công trình sao cho:

$$P\{W_c(t) \geq W(t)\} \geq [P] \quad (4-19)$$

Trong đó P là ký hiệu xác suất, $W_c(t)$ là lượng nước mà kho nước có thể đáp ứng với lượng nước đến khác nhau. Biểu thức (4-19) có nghĩa là xác suất đảm bảo đủ nước phải lớn hơn mức cho phép p .

b. Ràng buộc của hệ thống

Các biểu thức ràng buộc (4-13) hoặc (4-16) mô tả giới hạn hoạt động của hệ thống khi thiết kế và điều khiển nó. 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 kho nước phát điện với mục tiêu đặt ra là tổng điện năng của nhà máy trong thời kỳ vận hành là lớn nhất. Tức là:

$$J = \int_0^T E(t) dt \rightarrow \max \quad (4-20)$$

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

Điều kiện (4-20) cần thỏa mãn với các ràng buộc sau:

- Mức nước trong kho nước không được vượt quá mức nước dâng bình thường H_{tb} và không nhỏ hơn mức nước chết H_o , đây là ràng buộc về kỹ thuật:

$$H_o \leq Z(t) \leq H_{tb} \quad (4-21)$$

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

$$q_{\min} \leq q(t) \leq q_{\max} \quad (4-22)$$

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

$$q_x(t) \geq q_{cp} \quad (4-23)$$

4.4. THIẾT LẬP BÀI TOÁN TỐI ƯU HỆ THỐNG NGUỒN NƯỚC VÀ PHÂN LOẠI

4.4.1. Bài toán tổng quát quy hoạch tối ưu hệ thống nguồn nước

Giả sử ta lập quy hoạch phát triển nguồn 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 nguồn 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 phí 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 Hoà 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:

$$Z = \sum_{t=0}^T \sum_{j=1}^n (1+r)^{-t} (B_{tj} - C_{tj}) \rightarrow \max \quad (4-24)$$

- B_{tj} là lợi ích thu nhập ròng mang lại tại nút quy hoạch thứ j tại 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; $(1+r)^{-1}$ 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 (4-24) cho thấy nếu lợi ích càng chậm được mang lại thì lợi ích thu nhập ròng càng giảm.

Hàm mục tiêu (4-24) 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 nguồn 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.

4.4.2. Bài toán quy hoạch tối ưu (Bài toán thiết kế hệ thống)

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. Đây là bài

toán thiết kế hệ thống (xem chương 2). Nếu chưa tính đến lợi ích mang lại và chưa xét đến chiến lược đầu tư trong tương lai thì dạng (4-24) trở thành bài toán cực tiểu vốn đầu tư.

$$Z = \sum_{j=1}^n C_j \rightarrow \min \quad (4-25)$$

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.

4.4.3. Bài toán phân phối nước tối ưu

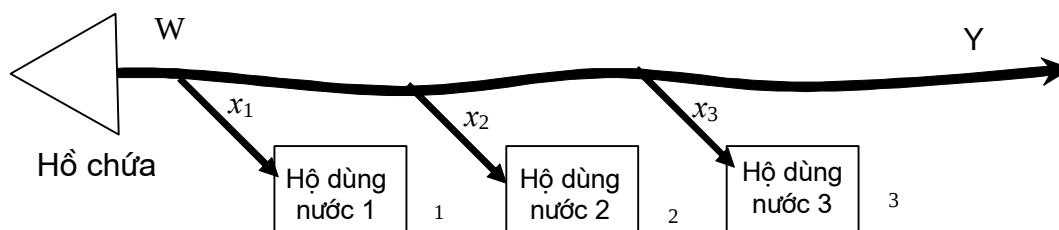
Khi khả năng khai thác đã xác định, cần xem xét phương thức sử dụng tài nguyên nước tối ưu. Nếu chưa xem xét chiến lược đầu tư mà chỉ phân tích phương thức sử dụng nước tốt nhất thì hàm mục tiêu (4-24) trở thành bài toán cực đại lợi ích kinh tế mang lại trong quy hoạch sử dụng nước:

$$Z = \sum_{j=1}^n B_j \rightarrow \max \quad (4-26)$$

Đây là bài toán sử dụng tối ưu nguồn 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 thỏa 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 và là hàm số của lượng nước được cấp tương ứng x_1, x_2, x_3 .

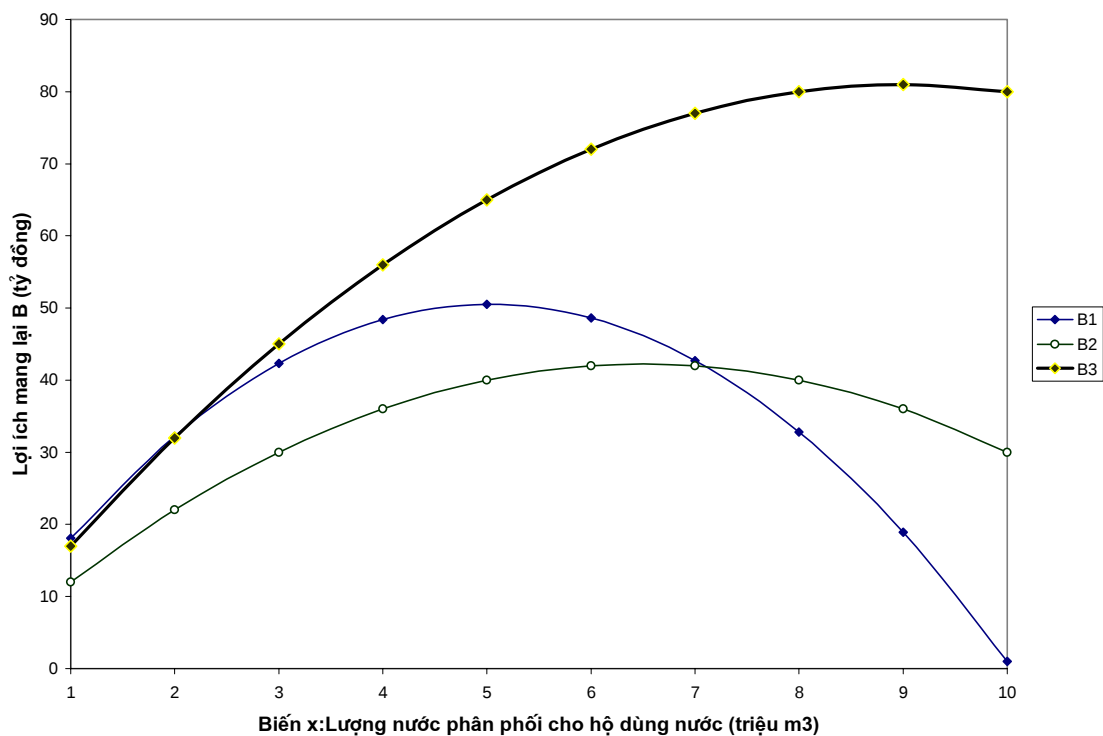


Hình 4-2

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 4-3 và có thể khái quát hoá như hàm số bậc 2 đối với các biến số x_i , có dạng:

$$B_i(x_i) = a_i x_i - b_i x_i^2 \quad i = 1, 2, 3 \quad (4-27)$$

Cần xác định phương thức phân phối nước trên hệ thống sao cho tổng lợi ích mang lại là lớn nhất.



Hình 4-3

Ràng buộc về cân bằng nước của hệ thống có dạng:

$$x_1 + x_2 + x_3 + Y = W \quad (4-28)$$

Hàm $B(x_1, x_2, x_3)$ là hàm mục tiêu cần được cực đại có dạng:

$$B = \sum_{i=1}^3 (B_i(x_i) = a_i x_i - b_i x_i^2) \rightarrow \max \quad i = 1, 2, 3 \quad (4-29)$$

Như vậy bài toán tối ưu có thể viết dưới dạng tổng quát:

$$\text{Max}_X B = \sum_{i=1}^3 (B_i(x_i) = a_i x_i - b_i x_i^2) \quad (4-30)$$

Với ràng buộc:

$$\sum_{i=1}^3 x_i + Y = W \quad (4-31)$$

4.4.4. Tối ưu hóa trong quản lý vận hành hệ thống

4.4.4.1. Khái niệm hàm mục tiêu

Trong giai đoạn quản lý hệ thống nguồn nước cần phải xác định phương án phân phối nước và điều hành hệ thống một cách hợp lý.

Bài toán quản lý vận hành hệ thống được đặt ra như sau: Giả sử các yêu cầu về nước (tưới, tiêu, cấp nước v.v...) đã được ấn định trước với mức $W_i(t)$, với $i=1, 2, 3, \dots, n$, trong đó n là số các yêu cầu về nước đối với hệ thống. Lấy một số ví dụ minh họa như sau: Một hồ chứa nước cần cấp nước cho 3 hộ dùng nước với mỗi hộ dùng nước có yêu cầu cấp nước tương ứng là W_1, W_2, W_3 , ta có $n=3$.

Trong thực tế thường gặp 3 loại bài toán như sau:

- Dạng thứ nhất: điều hành hệ thống sao cho một hàm hoặc một phiếm hàm nào đó mà nó cần được làm cực trị, hàm mục tiêu trong trường hợp đó có thể có dạng:

$$J = \int_0^T F(U, Z, X)dt \rightarrow \min \text{ (hoặc max)} \quad (4-32)$$

- Dạng thứ hai: điều hành hệ thống sao cho hệ thống đạt trạng thái đã ấn định trước, được biểu diễn dưới dạng bất đẳng thức hoặc đẳng thức:

$$F(U, Z, X) \geq B \quad (4-33)$$

- Dạng thứ ba: là tổ hợp của hai dạng trên

Một bài toán có thể được điều khiển với hai hoặc nhiều mục tiêu khác nhau, và được biểu diễn bằng một trong hai dạng trên. Trong trường hợp đó ta có bài toán điều khiển đa mục tiêu. Đa mục tiêu có thể được đặt ra do cùng một chủ thể điều khiển, cũng có thể được đặt ra bởi nhiều chủ thể điều khiển.

Các dạng hàm (4-32) và (4-33) được gọi là hàm mục tiêu. Bài toán điều khiển mà hàm mục tiêu có dạng (4-32) gọi là bài toán điều khiển tối ưu.

Ví dụ 1:

Giả sử ta cần điều khiển lưu lượng nước qua nhà máy thủy điện trong các tháng mùa kiệt sao cho tổng điện năng đạt được là lớn nhất. Gọi E là tổng điện năng đạt được trong thời gian khai thác; E_i là điện năng đạt được ở tháng thứ i , ta có hàm mục tiêu:

$$E = \sum_{i=1}^n E_i = \sum_{i=1}^n N_i (V_i, q_i, Q_i) \Delta t \rightarrow \max \quad (4-34)$$

$V(t) = (v_1(t), v_2(t), \dots, v_n(t))$ là các dung tích của hồ chứa

$q(t) = (q_1(t), q_2(t), \dots, q_n(t))$ là lưu lượng lấy ra từ các hồ chứa bao gồm lưu lượng vào các cống lấy nước và lưu lượng xả xuống hạ lưu.

$Q(t) = (Q_1(t), Q_2(t), \dots, Q_n(t))$ là lưu lượng tự nhiên chảy vào các hồ chứa.

Ví dụ 2:

Cần điều khiển các công trình xả lũ trong thời kỳ lũ sao cho mực nước ở các tuyến hạ du công trình kho nước phòng lũ không vượt quá một mực nước cho phép tại tuyến đó khi xuất hiện lũ nhỏ hơn hoặc bằng lũ thiết kế phòng lũ. Khi đó hàm mục tiêu của bài toán là các bất đẳng thức có dạng:

$$Z_j(t) \leq [Z]_j \quad (4-35)$$

Ví dụ 3:

Giả sử cần điều khiển lưu lượng nước qua hồ chứa xuống hạ du sao cho cực đại năng lượng điện trong mùa lũ được mô tả bằng phương trình (4-34) và thỏa mãn yêu cầu phòng lũ cho hạ du theo tiêu chuẩn phương trình (4-35) khi lũ xảy ra trên hệ thống không vượt quá lũ thiết kế phòng lũ. Trong trường hợp này có bài toán đa mục tiêu với hai hàm mục tiêu có dạng khác nhau.

4.4.4.2. Khái niệm về ràng buộc của bài toán điều khiển

Hệ thống được điều khiển thường phải chấp nhận một giới hạn nào đó được gọi là miền điều khiển. Có hai dạng ràng buộc như sau:

- Ràng buộc về điều khiển: véc tơ điều khiển $U(t) = (u_1(t), u_2(t), \dots, u_m(t))$ trong bất kỳ bài toán điều khiển nào cũng không thể chọn tùy ý mà thường được ràng buộc bởi các giới hạn nhất định. Các giới hạn đó được biểu thị bởi các bất đẳng thức có dạng:

$$G_u(U, Z, X) \leq B_u \quad (4-36)$$

trong đó $G_u(U, Z, X)$ là véc tơ các hàm ràng buộc; B_u là véc tơ các hằng số. Dạng (4-36) được viết dưới dạng khai triển như sau:

$$\begin{aligned} G_{u1}(U, Z, X) &\leq B_{u1} \text{ với các } B_{u1}, B_{u2}, \dots, B_{um} \text{ là các hằng số.} \\ G_{u2}(U, Z, X) &\leq B_{u2} \\ &\dots\dots\dots \\ G_{um}(U, Z, X) &\leq B_{um} \end{aligned} \quad (4-37)$$

Chẳng hạn đối với kho nước lưu lượng qua công trình trong một số trường hợp có thể bị ràng buộc bởi các biểu thức có dạng sau:

$$q_{j\min} \leq q_{xj}(t) \leq q_{j\max} \quad (4-38)$$

- Ràng buộc về trạng thái: Véc tơ biến trạng thái của hệ thống thay đổi tùy thuộc và sự thay đổi của điều khiển $U(t)$. Tuy nhiên, trạng thái của hệ thống cũng chỉ được thay đổi trong giới hạn nhất định, và được biểu thị cũng bằng các ràng buộc dạng bất đẳng thức:

$$\begin{aligned} G_{x1}(U, Z, X) &\leq B_{x1} && \text{với các } B_{x1}, B_{x2}, \dots, B_{xL} \text{ là các hằng số.} \\ G_{x2}(U, Z, X) &\leq B_{x2} \\ &\dots\dots\dots \\ G_{xL}(U, Z, X) &\leq B_{xL} \end{aligned} \quad (4-39)$$

Chẳng hạn khi điều khiển đối với hệ thống kho nước, thì dung tích trong mỗi kho nước chỉ có thể thay đổi trong giới hạn lớn nhất và nhỏ nhất của nó:

$$V_{j\min} \leq V_j(t) \leq V_{j\max} \quad (4-40)$$

4.5. TỐI ƯU HÓA ĐỐI VỚI BÀI TOÁN PHÁT TRIỂN HỆ THỐNG NGUỒN NƯỚC

Đây là bài toán tổng quát nhất của quy hoạch nguồn nước. Đối với một vùng, miền hoặc lưu vực sông, với tiềm năng nguồn 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 nguồn 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 mà 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 phân bài toán lớn thành những bài toán con có số biến ít hơn và đỡ phức tạp hơn về cách tìm nghiệm.

4.5.1. Bài toán chiến lược 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.

4.5.1.1. Khi chưa tính đến chi phí quản lý vận hành (bài toán loại A)

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 $W_{\max}$. 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 thỏa 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:

Ví dụ một hệ thống có 4 công trình sẽ được xây dựng. Vốn đầu tư xây dựng C và khả năng cấp nước W_c đã biết. Giả sử các công trình được xây dựng phải đáp ứng yêu cầu nước $W(t)$. 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:

$$F = \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T x_{it} C_{it} (1+r)^{-t} \rightarrow \min \quad (4-41)$$

Trong đó:

C_{it} - chi phí xây dựng đối với công trình thứ i :

$C_{it} = 0$ nếu nó không được xây dựng vào năm t ;

$C_{it} = C_i$ nếu nó được xây dựng vào năm t ;

r - hệ số triết khấu, t là biến thời gian tính theo năm;

x_{it} - 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} để dễ dàng trong quá trình tính toán.

4.5.1.2. Có tính đến chi phí quản lý vận hành (bài toán loại b)

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:

$$F = \sum_{t=0}^T (1+r)^{-t} \sum_{i=1}^n (a_i + c_i + b_i w_{it}) \rightarrow \min \quad (4-42)$$

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:

$$\sum_{i=1}^n w_{it} \geq W(t) \quad (4-43)$$

- Chương trình thỏa mãn yêu cầu về nước của công trình thứ i vào năm t không vượt quá năng lực của công trình là w_i :

$$0 \leq w_{it} \leq w_i \quad (4-44)$$

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 công trình 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 (4-42) 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 chi phí quản lý vận hành công trình.

4.6. BÀI TOÁN TỐI ƯU ĐA MỤC TIÊU

4.6.1. Khái niệm

Khi lập các dự án quy hoạch và điều khiển hệ thống nguồn 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 véc tơ X :

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (4-45)$$

Giả sử có m mục tiêu khai thác. Cần thỏa mãn điều kiện:

$$g_j(X) \leq b_j \text{ với } j = 1, 2, \dots, m \quad (4-46)$$

Với các điều kiện tối ưu riêng:

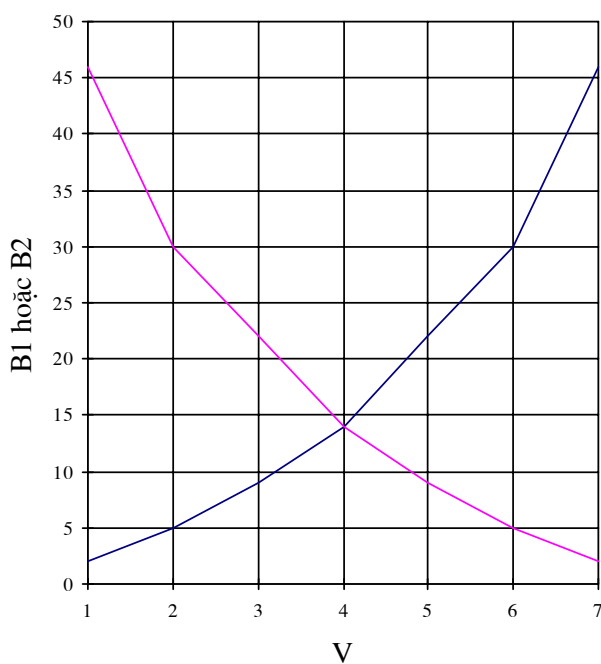
$$\begin{array}{l}
 f_1(X) \rightarrow \min (\max) \\
 f_2(X) \rightarrow \min (\max) \\
 \dots\dots\dots \\
 f_i(X) \rightarrow \min (\max) \\
 \dots\dots\dots \\
 f_m(X) \rightarrow \min (\max)
 \end{array}
 \quad (4-47)$$

Như vậy, mỗi một mục tiêu khai thác đều cần khai thác hệ thống sao cho tối ưu mục tiêu của mình. Các mục tiêu mô tả trong biểu thức (4-47) 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 (4-47) gọi là bài toán đa mục tiêu.

Ta xét một ví dụ về thiết kế hệ thống kho nước.

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.



Hình 4-4: Quan hệ $B_1 = f_1(V)$ và $B_2 = f_2(V)$

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 kho nước thượng lưu. Ta có bài toán tối ưu hai hàm mục tiêu:

$$B_1(V) \rightarrow \max \quad (4-48)$$

và
$$B_2(V) \rightarrow \max \quad (4-49)$$

Trong đó V là véc tơ các dung tích phòng lữ:

$$V = (V_1, V_2, V_3, \dots, V_j, \dots, V_n) \quad (4-50)$$

Khi tổng dung tích phòng lữ của các kho nước trên hệ thống càng lớn thì hiệu quả phòng lữ 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 lữ và phát điện đối với một kho nước độc lập có thể minh họa trên hình 4-4.

4.6.2. 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 (N. N. Moiseyev: Các vấn đề toán học trong phân tích hệ thống, Nayka - Maslova, 1981).

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 thỏa hiệp tốt nhất giữa các mục tiêu.

Phương pháp trọng số

Với phương pháp trọng số người ta đưa hàm mục tiêu dạng (4-47) về dạng một hàm mục tiêu có dạng:

$$F(X) = c_1 f_1(X) + c_2 f_2(X) + \dots + c_i f_i(X) + \dots + c_n f_n(X) \quad (4-51)$$

Hay là:
$$F(X) = \sum_{i=1}^n c_i f_i(X) \quad (4-52)$$

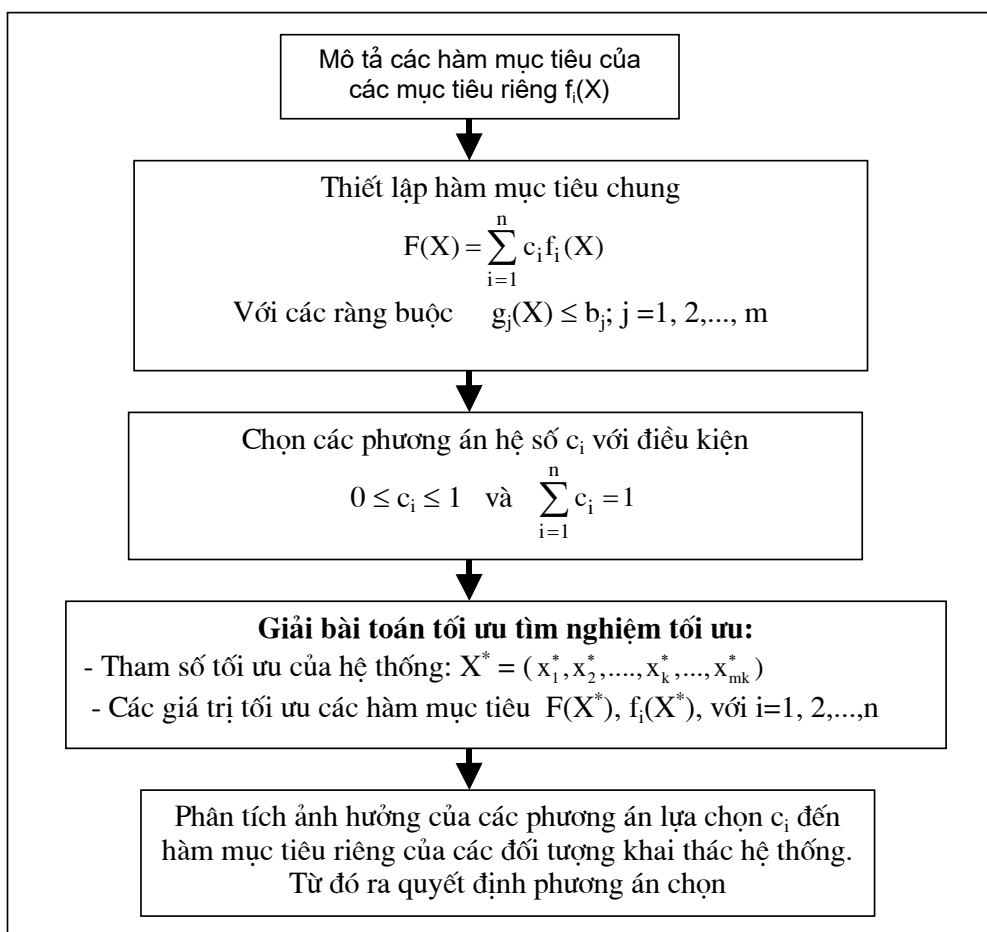
Với
$$0 \leq c_i \leq 1 \text{ và } \sum_{i=1}^n c_i = 1 \quad (4-53)$$

Ràng buộc:
$$g_j(X) \leq b_j \text{ với } j = 1, 2, \dots, m \quad (4-54)$$

Các hệ số c_i được chọn tùy thuộc vào mức độ ưu tiên của từng mục tiêu. Quyền lợi của mỗi mục tiêu bị xâm hại tùy thuộc vào mức độ ưu tiên của các mục tiêu khác.

Khi giải bài toán tối ưu dạng (4-52), 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 thỏa hiệp chấp nhận được giữa các mục tiêu.

Sơ đồ chọn các hệ số c_i được mô tả trên hình 4-5.



Hình 4-5: Sơ đồ xác định phương án tối ưu theo phương pháp trọng số

Phương pháp sử dụng các chỉ số tiêu chuẩn

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. Giả sử có bài toán nhiều hàm mục tiêu có dạng:

$$\begin{aligned}
 &f_1(X) \rightarrow \min \\
 &f_2(X) \rightarrow \min \\
 &\dots\dots\dots \\
 &f_i(X) \rightarrow \min \\
 &\dots\dots\dots \\
 &f_m(X) \rightarrow \min
 \end{aligned}
 \tag{4-55}$$

Với ràng buộc:

$$g_j(X) \leq b_j \text{ với } j = 1, 2, \dots, m \quad (4-56)$$

Trong đó: $X = (x_1, x_2, \dots, x_k, \dots, x_{mk})$ là véc tơ m_k tham số của hệ thống.

Giả sử chọn một hàm mục tiêu riêng, chẳng hạn $f_1(X)$, mà nó cần được cực tiểu, ta có:

$$f_1(X) \rightarrow \min \quad (4-57)$$

Các mục tiêu còn lại cần thỏa mãn điều kiện:

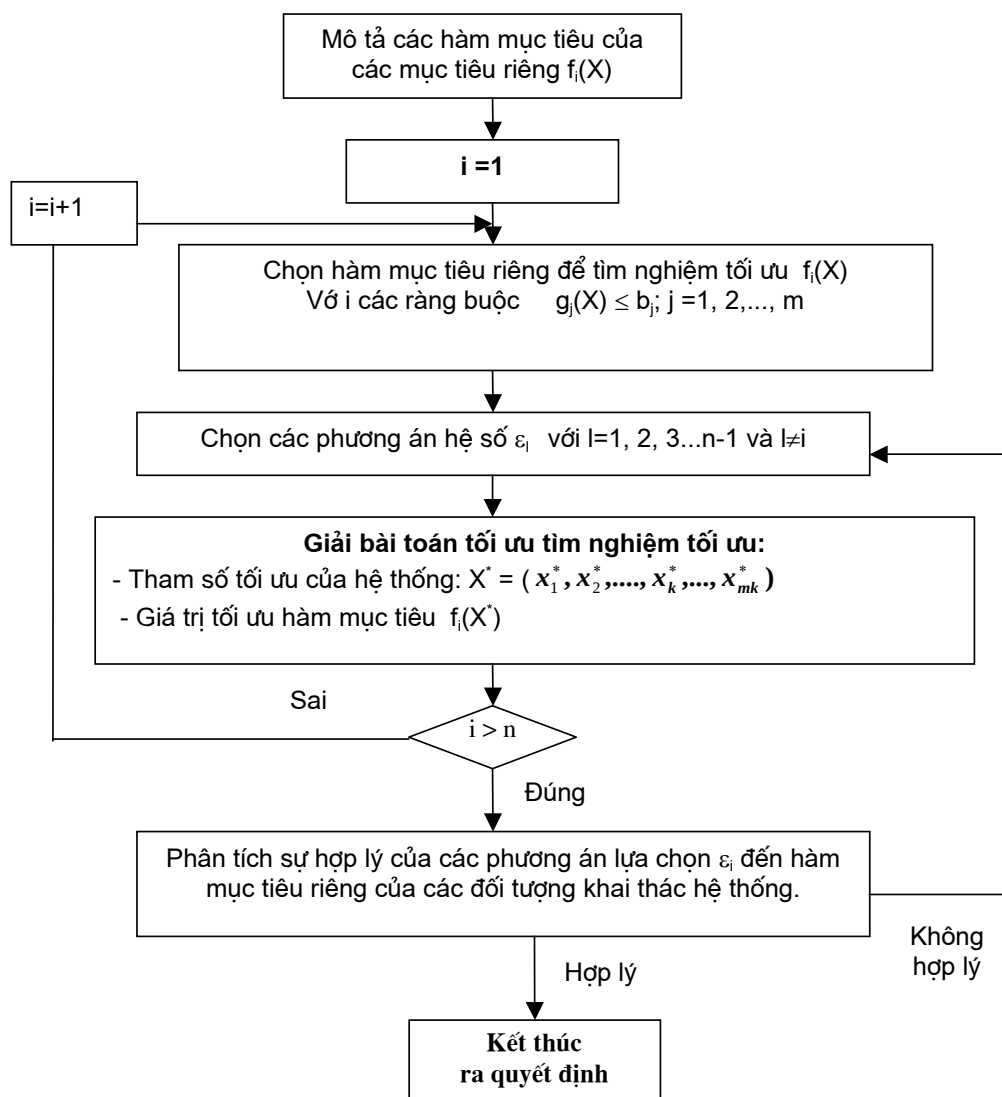
$$\begin{aligned} f_2(X) &\leq f_2^*(X) = \varepsilon_1 \\ f_3(X) &\leq f_3^*(X) = \varepsilon_2 \\ &\dots\dots\dots \\ f_i(X) &\leq f_i^*(X) = \varepsilon_i \\ &\dots\dots\dots \\ f_n(X) &\leq f_n^*(X) = \varepsilon_n \end{aligned} \quad (4-58)$$

Các giá trị $\varepsilon_i = f_i^*(X)$ với $i = 1, 2, \dots, n$ là các giá trị ấn định trước đối với hàm mục tiêu thứ i . Việc ấn định các giá trị $\varepsilon_i = f_i^*(X)$ trong biểu thức (4-58) 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 $f_i^*(X)$ sao cho thỏa 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 họ được ấn định trước theo biểu thức (4-58). 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 $\varepsilon_i = f_i^*(X)$ ta có thể viết:

$$f_i(X) \rightarrow \min \quad (4-59)$$

với $f_l(X) \leq \varepsilon_l \quad l \neq i; \quad l = \overline{1, n-1}$



Hình 4-6: Sơ đồ mô tả quá trình lựa chọn các giá trị ε_i trong quá trình tìm nghiệm

Chương 5

KỸ THUẬT PHÂN TÍCH HỆ THỐNG ỨNG DỤNG TRONG QUY HOẠCH VÀ QUẢN LÝ NGUỒN NHÂN LỰC

5.1. LÝ THUYẾT 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) - 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.

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 kỹ 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 của vận trù học và lý thuyết điều khiển.

5.1.1. 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 làm cực trị một hàm mục tiêu nào đó, có dạng:

$$F(X) \rightarrow \min (\max) \quad (5-1)$$

hoặc $F(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n) \rightarrow \min (\max) \quad (5-2)$

với các ràng buộc:

$$g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq b_1 \quad (5-3)$$

$$g_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq b_2 \quad (5-4)$$

$$g_3(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq b_3 \quad (5-5)$$

$$\dots\dots\dots$$

$$g_j(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq b_j \quad (5-6)$$

$$\dots\dots\dots$$

$$g_m(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq b_m \quad (5-7)$$

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

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

$$X = (x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (5-8)$$

khi đó hệ từ (5-2) đến (5-7) có thể viết lại dưới dạng gọn hơn:

$$F(X) \rightarrow \min (\max) \quad (5-9)$$

$$\text{với } g_j(X) \leq b_j \quad J = \overline{1, m} \quad (5-10)$$

Nghiệm tối ưu của bài toán sẽ là:

$$X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_i^*, \dots, x_n^*) \quad (5-11)$$

Nếu hệ (5-9), (5-10) thỏa mãn, ta có nghiệm tối ưu của bài toán.

Các biểu thức toán học (5-9), (5-10) gọi là mô hình tối ưu. Các phương pháp toán học đối với bài toán tối ưu (5-9), (5-10) gọi là các phương pháp tối ưu. 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 (5-9) và (5-10) 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 giả 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 hóa.

5.1.2. 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:

$$\frac{dS}{dt} = f(x, s, u, t) \quad (5-12)$$

Trong đó $x=x(t)$ là tác động từ bên ngoài (nhiều) 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:

$$u = u(x(t), s(t), t) \quad (5-13)$$

Cũng có thể biến điều khiển $u(t)$ chỉ phụ thuộc vào một hoặc hai biến số của (5-13), chẳng hạn:

$$u = u(x(t), t); \quad u = u(s(t), t) \quad \text{hoặc} \quad u = u(t); \quad u = u(s(t)); \quad u = u(x(t)). \quad (5-14)$$

Phương trình (5-12) 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 làm 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 (5-12), từ trạng thái ban đầu $S_0 = S(t_0)$ đến trạng thái $S_T = S(T)$ sao cho đạt cực trị một phiếm hàm nào đấy có dạng:

$$J = \int_0^T F(x, u, s, t) dt \rightarrow \max (\min) \quad (5-15)$$

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 tùy thuộc vào lớp bài toán được nghiên cứu.

Nghiệm của bài toán điều khiển tối ưu là véc tơ điều khiển tối ưu:

$$U^* = U^*(t) \quad (5-16)$$

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

$$S^* = S^*(t) \quad (5-17)$$

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 họa 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 tua bin $q_{tb}(t)$ sao cho tổng công suất của trạm thủy 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:

$$\frac{dV}{dt} = (Q(t) - q_r(t)) dt \quad (5-18)$$

Với: $q_{ra}(t) = q_{tb}(t) + q_{xa}(t) + q_{ut}(t)$

Hàm mục tiêu có dạng:

$$J = \int_{t_0}^{t_n} N(t) dt = \int_{t_0}^{t_n} 8,5 q_{tb}(t) H(t) dt \rightarrow \max \quad (5-19)$$

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

Trong đó:

$Q(t)$, $q_{ut}(t)$ - lưu lượng đến hồ và lưu lượng tổn thất là các đại lượng ngẫu nhiên (nhiều ngẫu nhiên);

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

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

V - dung tích hồ tại thời điểm t đóng vai trò biến trạng thái, $V = V(t)$;

$q_{\min}$ - lưu lượng nhỏ nhất cần xả xuống hạ du để đảm bảo yêu cầu cấp nước cho hạ du;

$q_{\max}$ - giá trị lớn nhất xả qua tuabin phụ thuộc vào khả năng tháo qua các tổ máy.

Giả bài toán tối ưu trên sẽ tìm được điều khiển tối ưu là quá trình lưu lượng qua tua bin $q_{tb}^* = q_{tb}^*(t)$, 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.

5.1.3. 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 (thuộc phạm trù lý thuyết phân tích hệ thống), 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 - 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:

- Hệ thống các quan điểm
- Hệ thống các phương pháp phân tích
- Hoàn thiện các phương pháp tối ưu hóa
- 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. *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.*

Phân tích hệ thống có thể hiểu là những tập hợp các phương pháp phân tích nhằm tìm lời giải tối ưu khi thiết kế hoặc điều khiển một hệ thống nào đó.

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 ra 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 quá trình tìm kiếm lời giải hợp lý cho bài toán đã đặt ra.

5.2. HỆ THỐNG PHƯƠNG PHÁP LUẬN CỦA LÝ THUYẾT 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 chuẩn và các phương pháp phi hình thức. Dưới đây, sẽ trình bày hệ thống phương pháp luận của lý thuyết phân tích hệ thống.

5.2.1. Phương pháp mô phỏng và phương pháp tối ưu hóa trong phân tích hệ thống

Phân tích hệ thống, đặc biệt là hệ thống nguồn nước sử dụng hai công cụ chính là phương pháp tối ưu hoá và phương pháp mô phỏng. Phương pháp tối ưu hoá có những hạn chế nhất định, để khắc phục những hạn chế của phương pháp tối ưu hoá, người ta áp dụng các phương pháp mô phỏng, một phương pháp rất đặc thù và có hiệu lực của lý thuyết phân tích hệ thống.

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. Sự 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. Như vậy, phương pháp mô phỏng chỉ tìm nghiệm trong tập hữu hạn các tình huống, bởi vậy nghiệm của bài toán có thể không trùng với nghiệm tối ưu. Do đó, phương pháp mô phỏng không cho nghiệm tối ưu mà chỉ cho nghiệm gần tối ưu. Cũng vì vậy, nghiệm của bài toán được gọi là lời giải hợp lý chứ không gọi là lời giải tối ưu. Các hàm mục tiêu thiết lập cho phương pháp tối ưu và phương pháp mô phỏng có dạng tương tự nhau hoặc có dạng khác nhau, nhưng hệ thống chỉ tiêu đánh giá được đưa vào như nhau đối với hàm mục tiêu. Sự khác biệt của hai phương pháp này là ở chỗ:

- Phương pháp mô phỏng không giải bài toán tối ưu mà chỉ tìm các giá trị khả dĩ 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 khi sử dụng phương pháp mô phỏng.

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

5.2.2.1. 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 "trôi", mà nó không nhận biết được nếu chỉ phân tích các quá trình riêng rẽ của hệ thống.

(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 động do sự tác động ngẫu nhiên từ bên ngoài.

(3) Với các hệ thống lớn, 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 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) Thừa nhận tính bất định, lý thuyết phân tích hệ thống chú trọng 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.

5.2.2.2. 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.

Quá trình tiếp cận hệ thống 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.

5.3. PHÂN LOẠI TỔNG QUÁT CÁC MÔ HÌNH TỐI ƯU

Hiện nay tồn tại khá nhiều các 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 nguồn nước. Do đó trong tài liệu này chúng tôi chỉ trình bày một số phương pháp điển hình cho các dạng áp dụng được.

5.3.1. 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:

$$F(X) \rightarrow \min (\max) \quad (5-20)$$

Với hệ các biểu thức ràng buộc:

$$g_j(X) \leq b_j, \text{ với } j = 1, 2, \dots, m \quad (5-21)$$

Hệ (5-20) và (5-21) có thể viết dưới dạng đầy đủ:

$$F(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n) \rightarrow \min (\max) \quad (5-22)$$

với các ràng buộc:

$$\dot{Z} = [\dot{z}_1(x), \dot{z}_2(x) \dots \dot{z}_n(x)]^T$$

$$\dot{z}_i(x) = dz_i(x)/dx$$

5.4. PHƯƠNG PHÁP GIẢI CÁC BÀI TOÁN QUY HOẠCH TUYẾN TÍNH

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.

5.4.1. Một số ví dụ

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:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \quad (5-29)$$

Gọi x_{ij} ($x_{ij} \geq 0$) 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:

$$Z = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (5-30)$$

Các ràng buộc của bài toán sẽ là:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n x_{ij} &= b_j \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} &= a_i \\ x_{ij} &\geq 0 \end{aligned} \quad (5-31)$$

Ví dụ 2: Bài toán thực đơn

Giả sử 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 1 đơn vị mỗi thức ăn và giá mỗi loại thức ăn như ở bảng 5-1.

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	
		P1	P2
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

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:

$$Z = c_1 x_1 + c_2 x_2 \rightarrow \min \quad (5-32)$$

Và các ràng buộc:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 \geq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 \geq b_2 \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 \geq b_3 \\ a_{41}x_1 + a_{42}x_2 \geq b_4 \\ x_i \geq 0; \quad i = 1, 2, 3, 4 \end{cases} \quad (5-33)$$

5.4.2. Hai dạng cơ bản của quy hoạch tuyến tính

5.4.2.1. Dạng chính tắc

Nếu hàm mục tiêu và ràng buộc (5-20) và (5-21) 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 là:

$$F(X) = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_i x_i + \dots + c_n x_n \rightarrow \min \quad (5-34)$$

Với c_i là hằng số với biến thứ i .

Với ràng buộc là:

$$g_j(X) = a_{j1}x_1 + a_{j2}x_2 + \dots + a_{jn}x_n = b_j; \quad j = \overline{1, m} \quad (5-35)$$

và $x_i \geq 0$ với $i = 1, 2, \dots, n$.

Với b_j là hằng số với ràng buộc thứ j ; a_{ji} là các hằng số.

Trong trường hợp bài toán cần tìm cực đại (max), phải nhân hàm mục tiêu với (-1) để đưa về bài toán tối ưu dạng chính tắc.

Bài toán tìm cực đại (5-21) có dạng:

$$F(X) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_ix_i + \dots + c_nx_n \rightarrow \max \quad (5-36)$$

Với c_i là hằng số với biến thứ i .

Với ràng buộc là:

$$g_j(X) = a_{j1}x_1 + a_{j2}x_2 + \dots + a_{jn}x_n = b_j; j = \overline{1, m} \quad (5-37)$$

và $x_i \geq 0$ với $i=1, 2, \dots, n$;

được đưa về dạng chính tắc với hàm mục tiêu:

$$\max F(X) = \min(-F(X))$$

tức là:

$$F_1(X) = -F(X) = -c_1x_1 - c_2x_2 - \dots - c_ix_i - \dots - c_nx_n \rightarrow \min$$

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:

$$\begin{cases} x_1 - x_2 + 7x_3 + x_4 = 100 \\ 2x_1 + 3x_2 - x_3 + 10x_4 = 800 \\ x_i \geq 0; i = 1 \div 4 \end{cases}$$

Được đưa về dạng chính tắc 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:

$$\begin{cases} x_1 - x_2 + 7x_3 + x_4 = 100 \\ 2x_1 + 3x_2 - x_3 + 10x_4 = 800 \\ x_i \geq 0; i = 1 \div 4 \end{cases}$$

5.4.2.2. Dạng chuẩn tắc

Dạng chuẩn tắc là dạng mà ràng buộc là bất đẳng thức, tức là:

$$g_j(X) = a_{j1}x_1 + a_{j2}x_2 + \dots + a_{ji}x_i + \dots + a_{jn}x_n \leq b_j; j = \overline{1, m} \quad (5-38)$$

và $x_i \geq 0$ với $i = 1, 2, \dots, n$.

5.4.2.3. Đưa bài toán QHTT về dạng chuẩn tắc và dạng chính tắc

+ Nếu ràng buộc có dạng $g_j(X) \geq b_j$; Nhân 2 vế của biểu thức ràng buộc với (-1) , đưa bài toán về dạng chuẩn với ràng buộc dạng (5-21).

+ Đưa bài toán chuẩn tắc về dạng chính tắc:

Bài toán dạng chuẩn 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:

$$g_j(X) + x_{n+j} = 0; \quad j = \overline{1, m} \quad (5-39)$$

trong đó: x_{n+j} là biến phụ;

và $x_i \geq 0$ với $i = 1, 2, \dots, n$.

5.4.3. Định lý cơ bản và các định nghĩa về quy hoạch tuyến tính

5.4.3.1. Định lý cơ bản của quy hoạch tuyến tính

Định lý (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:

$$F(X) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_1x_1 + \dots + c_5x_5 \rightarrow \min \text{ với } n = 5$$

với các ràng buộc đẳng thức:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{15}x_5 = b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{25}x_5 = b_2$$

$$a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + \dots + a_{35}x_5 = b_3 \rightarrow \text{Số ràng buộc } m = 3$$

Do đó nghiệm tối ưu có 3 biến khác không, hai biến còn lại có giá trị không.

Chẳng hạn nghiệm là: $X^* = (*, *, 0, 0, *)$.

Nếu bài toán tối ưu tuyến tính dạng chính tắc có nghiệm thì nghiệm của bài toán sẽ nằm ở các điểm cực biên: các đỉnh tam giác (đối với bài toán phẳng) 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.

5.4.3.2. Khái niệm về ph- ơng án cơ sở chấp nhận đ- ợc

a. 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 tùy ý với giả thiết là $x_i \geq 0$, với $i=1 \rightarrow m$, 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.

b. Ph- ơng án cơ sở

Là phương án mà các biến tự do được chọn bằng không, tức là ta giả định $x_j = 0$ với mọi j thuộc biến tự do.

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 không của biến tự do vào phương trình.

c. Ph- ơng án cơ sở chấp nhận đ- ợc

Là phương án cơ sở có các biến cơ sở nhận các giá trị dương.

d. Ví dụ

Xét bài toán QHTT

$$Z = 6x_1 + 2x_2 - 5x_3 + x_4 + 4x_5 - 3x_6 + 12x_7 \rightarrow \min$$

Với các ràng buộc:

$$\begin{aligned} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 &= 4 \\ x_1 + x_5 &= 2 \\ x_3 + x_6 &= 3 \\ 3x_2 + x_3 + x_7 &= 6 \\ x_i &\geq 0, i = 1, 2, \dots, 7 \end{aligned} \quad (5-40)$$

Chọn biến cơ sở:

Ph- ơng 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 (5-40) tìm được giá trị các biến là $X = (0, 0, 0, 4, 2, 3, 6)$.

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 (5-40) 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 **không phải là phương án cơ sở chấp nhận được**.

5.4.4. Giải bài toán quy hoạch tuyến tính

5.4.4.1. 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.

Bài toán:

Tìm nghiệm tối ưu $X = (x_1, x_2)$ sao cho hàm mục tiêu:

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 \rightarrow \max \quad (5-41)$$

Các ràng buộc:

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 \geq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 \geq b_2 \\ x_i \geq 0; i = 1, 2 \end{cases} \quad (5-42)$$

Cách giải

Cách giải bài toán phẳng được tiến hành như sau:

1. Vẽ miền chấp nhận được (miền D mà X thỏa mãn ràng buộc (5-40), 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 .

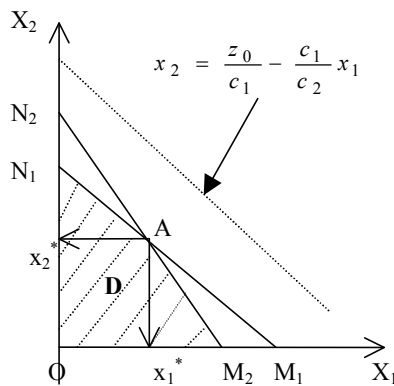
2. Vẽ các đường cùng mục tiêu (đường mức):

+ Cho một giá trị cụ thể $Z = Z_0$. Vẽ đường $x_2 = \frac{Z_0}{c_2} - \frac{c_1}{c_2}x_1$

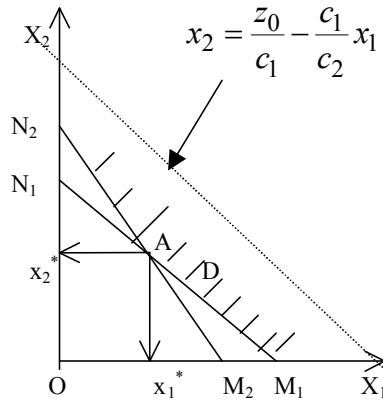
- + Thay đổi giá trị Z_0 ta được các đường song song. Trên mỗi đường hàm mục tiêu có cùng giá trị. Giá trị Z_0 càng lớn thì đường x_2 càng xa điểm “0”.

3. Tìm nghiệm tối ưu:

- + Di chuyển đường Z_0 (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.



Hình 5-1



Hình 5-2

Trường hợp mở rộng: Đối với bài toán có n biến $x_1, x_2, \dots, x_n$ với m ràng buộc.

- + Nghiệm tối ưu là tọa độ của một đỉnh hay nhiều đỉnh miền cho phép. Miền đa diện 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

Giả sử có khu tưới với diện tích 1800 ha được quy hoạch gieo trồng 2 nhóm cây:

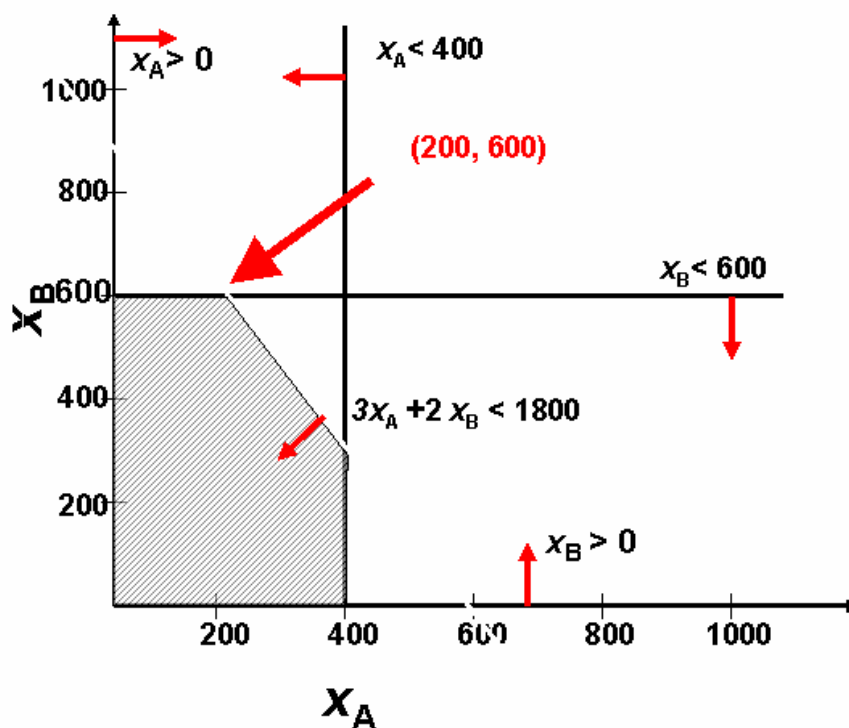
- Nhóm A: Để gieo trồng 1 ha loại cây trồng này cần đến 3 ha diện tích đất (trên mỗi ha có 1/3 diện tích được gieo trồng và đất trống chiếm 2/3 diện tích). Giá trị tiền thu được trên mỗi ha gieo trồng là 300USD/ha. Diện tích lớn nhất gieo trồng loại cây này là 400 ha.

- Nhóm B: Để gieo trồng 1 ha loại cây này cần đến 2 ha diện tích đất (trên mỗi 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 500USD/ha. Diện tích 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.

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:

$$\begin{aligned} \text{Maximize } Z &= 300x_A + 500x_B \\ x_A &\leq 400 \\ x_B &\leq 600 \\ 3x_A + 2x_B &\leq 1800 \\ x_A &\geq 0 \quad x_B &\geq 0 \end{aligned}$$



Hình 5-3

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 $Z_{\max} = 300 \times 200 + 500 \times 600 = 360.000$ \$.

5.4.4.2. Phương pháp 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.

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 (5-43) – Dạng tìm **min** (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.

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_ix_i + \dots + c_nx_n \rightarrow \min \quad (5-43)$$

Với ràng buộc:

$$\begin{cases} \mathbf{a}_{11}\mathbf{x}_1 + \mathbf{a}_{12}\mathbf{x}_2 + .. + \mathbf{a}_{1i}\mathbf{x}_i + + \mathbf{a}_{1n}\mathbf{x}_n = \mathbf{b}_1 \\ \mathbf{a}_{21}\mathbf{x}_1 + \mathbf{a}_{22}\mathbf{x}_2 + ... + \mathbf{a}_{2i}\mathbf{x}_i + + \mathbf{a}_{2n}\mathbf{x}_n = \mathbf{b}_2 \\ \\ \mathbf{a}_{j1}\mathbf{x}_1 + \mathbf{a}_{j2}\mathbf{x}_2 + ... + \mathbf{a}_{ji}\mathbf{x}_i + + \mathbf{a}_{jn}\mathbf{x}_n = \mathbf{b}_j \\ \\ \mathbf{a}_{m1}\mathbf{x}_1 + \mathbf{a}_{m2}\mathbf{x}_2 + ... + \mathbf{a}_{mi} + ... + \mathbf{a}_{mn}\mathbf{x}_n = \mathbf{b}_m \end{cases} \quad (5-44)$$

Hoặc viết gọn dưới dạng:

$$g_j(X) = a_{j1}x_1 + a_{j2}x_2 + \dots + a_{jn}x_n = b_j; \quad j = \overline{1, m} \quad (5-45)$$

Giả sử có phương án cơ sở chấp nhận được X với các biến cơ sở tương ứng là $x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_m$ (ký hiệu tổng quát là $x_j, j = 1, 2, \dots, m$). 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 trên cơ sở giải hệ m phương trình (5-45) với các biến tự do lấy bằng không.
- Cột cuối cùng ghi hệ số θ tính theo công thức (5-48) (xem ở mục sau).

- Dòng trên cùng ghi giá trị các hệ số của hàm mục tiêu c_i với $i = 1, 2, \dots, n$. Giá trị này đối với các biến lấy bằng không nếu biến đó vắng mặt trong hàm mục tiêu.

- Dòng thứ 2: ghi tên các biến x_i với $i = 1, 2, \dots, n$

- Các ô tương ứng từ cột 4 đến cột 8 ghi hệ số của các số hạng của hệ phương trình ràng buộc (5-44). Hệ số này sẽ bằng không nếu phương trình ràng buộc vắng mặt biến tương ứng.

- Dòng cuối cùng là dòng ước lượng các phần tử tương ứng với các biến tính theo công thức:

$$\Delta_i = \sum_{j=1}^m c_j a_{ji} - c_i \quad \text{với } i = 1, 2, \dots, n \quad (5-46)$$

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 chọn đầu tiên được gọi là phương án xuất phát.

Bảng 5-2: Bảng đơn hình đối với bài toán tìm min

(1)		(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Hệ số c_j	Dòng thứ	Tên biến cơ sở	Giá trị của biến cơ sở	c_1	.....	c_i		c_n	Hệ số 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	

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 lập đơn hình đối với phương án chấp nhận được như sau.

1. Kiểm tra tiêu chuẩn tối ưu:

Nếu các phần tử của dòng ước lượng là không dương ($\Delta_i \leq 0$, với mọi $i = 1, 2, \dots, n$) thì phương án cơ sở chấp nhận được đang xét là tối ưu, thuật toán kết thúc. Điều này có thể đúng ngay trong lần thử đầu tiên (bảng xuất phát).

2. 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 ứng với nó đều không dương ($a_{ji} \leq 0$, với $j = 1, 2, \dots, m$) thì hàm mục tiêu của bài toán không bị chặn dưới. Thuật toán kết thúc và vô nghiệm.

Nếu ở 2 bước trên không xảy ra phải tìm dòng xoay và cột xoay để lập bảng đơn hình mới.

3. Tìm cột xoay

Cột xoay của biến đổi sẽ là cột có giá trị ước lượng lớn nhất và không âm:

$$\Delta_{j_0} = \max (\Delta_i \text{ với } i = 1, 2, \dots, n) > 0 \quad (5-47)$$

Cột tương ứng x_{j_0} gọi là cột xoay, các phần tử của cột xoay là a_{ji_0} .

4. Tìm dòng xoay

Tính giá trị θ_j :

$$\theta_j = \begin{cases} x_j / a_{ji_0}, & \text{nếu } a_{ij} > 0 \\ +\infty, & \text{nếu } a_{ij} \leq 0 \end{cases} \quad (5-48)$$

Dòng xoay sẽ là dòng có giá trị θ_j nhỏ nhất:

$$\theta_0 = \min (\theta_j) \quad (5-49)$$

Phần tử giao điểm của dòng xoay và cột xoay gọi là phần tử xoay, ký hiệu là $a_{j_0 i_0}$

- Đặt $a_{j_0}^k$ là các giá trị thuộc cột xoay (cột i_0) của bảng đơn hình đang xét (gọi là bảng cũ), $j = 1, 2, \dots, m$.

- Đặt $a_{i_0}^k$ là các giá trị của dòng xoay (dòng j_0) của bảng đơn hình đang xét (bảng cũ), $i = 1, 2, \dots, n$.

5. 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 mới. Cách làm như sau:

i) Chọn biến mới thay thế cho biến cơ sở thuộc dòng xoay.

ii) 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:

$$a_{j_0 i}^{k+1} = a_{j_0 i}^k / a_{j_0 i_0} \text{ với } j = 1, 2, \dots, m \quad (5-50)$$

$a_{j_0 i}^{k+1}$, $a_{j_0 i}^k$ là giá trị của phần tử mới và phần tử cũ thuộc dòng xoay.

iii) Các phần tử ở vị trí cột xoay của bảng mới đều bằng không, ngoại trừ giá trị phần tử ở vị trí phần tử xoay bằng 1.

iv) Giá trị của các phần tử còn lại được tính từ phần tử cũ theo công thức:

$$a_{ji}^{k+1} = a_{ji}^k - a_{ji_0}^k a_{ij_0}^k / a_{i_0j_0} \quad (5-51)$$

$$\Delta_i^{k+1} = \Delta_i^k - a_{ij_0}^k \Delta_{i_0}^k / a_{i_0j_0} \quad (5-52)$$

Trong đó:

- a_{ji}^{k+1} - giá trị của phần tử tại ô (ij) của bảng mới;
- a_{ji}^k - giá trị của phần tử tại ô (ij) của bảng cũ;
- $a_{ji_0}^k$ - 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;
- $a_{ij_0}^k$ - 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} - giá trị ước lượng của bảng mới tại cột thứ i đang xét;
- Δ_i^k - giá trị ước lượng của bảng cũ cột thứ i đang xét;
- Δ_{i_0} - giá trị ước lượng của bảng cũ cột ứng với cột xoay i_0 ;
- $a_{i_0j_0}$ - 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.

3. Ví dụ minh họa

Giải bài toán QHTT có dạng:

$$Z = x_1 - 6x_2 + 32x_3 + x_4 + x_5 + 10x_6 + 100x_7 \rightarrow \min \quad (5-53)$$

Với các ràng buộc dạng phương trình tuyến tính:

$$\begin{cases} x_1 + 0x_2 + 0x_3 + x_4 + 0x_5 + 6x_6 + 0x_7 = 9 \\ 3x_1 + x_2 - 4x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 2x_6 + x_7 = 2 \\ x_1 + 2x_2 + 0x_3 + 0x_4 + x_5 + 2x_6 + 0x_7 = 6 \\ x_i \geq 0; i = 1, 2, \dots, 7 \end{cases} \quad (5-54)$$

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 (5-54) 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 (5-47) và (5-48) tìm được cột (4) là cột xoay, dòng (3) là dòng xoay, phân tử xoay có giá trị $a_{j_0 i_0} = 3$ (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 (5-47) và (5-49) ở bảng đơn hình mới (5-4) tìm được cột (5) là cột xoay, dòng (3) là dòng xoay, phân tử xoay có giá trị $a_{j_0 i_0} = 1/3$ (có dấu @).

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 biến cơ sở	Giá trị biến cơ sở	1 x_1	-6 x_2	32 x_3	1 x_4	1 x_5	10 x_6	100 x_7	Hệ số θ_j
(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	

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 x_1	-6 x_2	32 x_3	1 x_4	1 x_5	10 x_6	100 x_7	Hệ số θ_j
(2)	1	x_4	25/3	0	-1/3	4/3	1	0	16/3	-1/3	$+\infty$
(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 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	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	

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 là bảng cũ của bảng (5-5).

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 (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 $X^* = (0, 2, 0, 9, 2, 0, 0)$, giá trị tối ưu của hàm mục tiêu là $Z^* = -1$.

5.5. QUY HOẠCH PHI TUYẾN

5.5.1. Khái niệm về quy hoạch lồi

5.5.1.1. 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:

$$x = \lambda x_1 + (1-\lambda) x_2; \quad 0 \leq \lambda \leq 1 \quad (5-55)$$

Hình 5-4 minh hoạ tập lồi thỏa mãn biểu thức dạng (5-55). Hình 5-5 không thỏa mãn biểu thức dạng (5-55) không phải tập lồi.

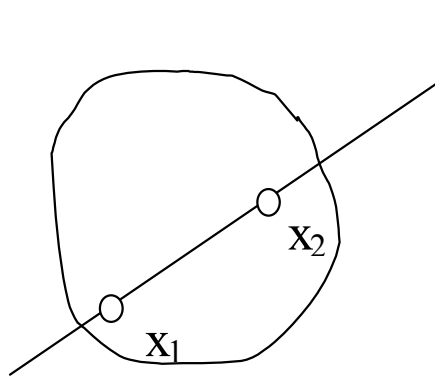
5.5.1.2. Hàm lồi

a. Định nghĩa

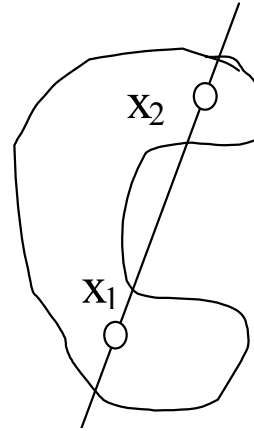
Hàm $f(x)$ là hàm lồi trên tập lồi C nếu với mọi cặp (x_1, x_2) thuộc C và mọi λ thuộc $[0,1]$, ta có:

$$f[\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2] \leq \lambda f(x_1) + (1-\lambda)f(x_2) \quad (5-56)$$

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).



Hình 5-4

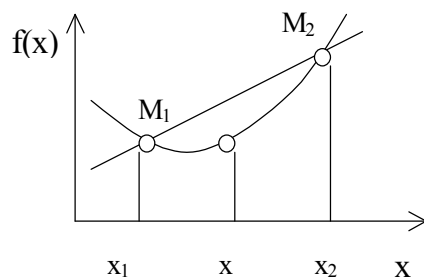


Hình 5-5

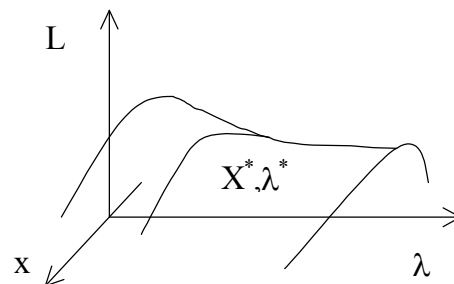
b. Cực trị của hàm lồi

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.



Hình 5-6



Hình 5-7

5.5.2. Bài toán quy hoạch lồi tổng quát

5.5.2.1. Phát biểu bài toán

Tìm $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ sao cho hàm mục tiêu:

$$F(X) = F(x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \min \quad (5-57)$$

Với ràng buộc $X \in C$; $g_j(X) \leq 0$ với $j=1, 2, \dots, m$ (5-58)

Trong đó C là tập lồi; F, g là các hàm lồi trên C .

5.5.2.2. Điều kiện tối - u

a. Miền nghiệm chấp nhận được

$$D = \{ x \in C; g_j(X) \leq 0 \} \quad j=1, 2, \dots, m$$

b. Điểm yên ngựa (hình 5-7)

$$\text{➤ Hàm Lagrange } L(X, \lambda) = F(X) + \sum_{j=1}^m \lambda_j g_j(X) \quad (5-59)$$

với véc tơ $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m)$

$$\text{➤ Điểm yên ngựa của hàm } L(X, \lambda) \text{ là điểm } (x^*, \lambda^*)$$

$$\text{với } X \in D; \lambda \geq 0 \text{ sao cho } L(X, \lambda^*) \leq L(x^*, \lambda^*) \leq L(x^*, \lambda) \quad (5-60)$$

c. Điều kiện cần và đủ của tối - u

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 Slater:

Với mọi X_0 thuộc C thoả mãn ràng buộc $g_j(X) < 0$ với $j=1, 2, \dots, m$

Điều kiện cần và đủ để X^* trở thành nghiệm tối ưu là tồn tại một véc tơ m chiều, không âm:

$$\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m) \text{ sao cho cặp } (X^*, \lambda^*) \text{ là điểm yên ngựa của hàm Lagrange } L(X, \lambda^*).$$

5.5.2.3. Khái niệm về quy hoạch lõm

Hàm $F(X)$ là hàm lõm nếu hàm $-F(X)$ là hàm lồi.

Hàm $F(X)$ là lõm khi:

$$F[\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2] \geq \lambda F(x_1) + (1-\lambda)F(x_2) \quad (5-61)$$

Với mọi $x_1, x_2 \in R^n$ và mọi λ nằm trong khoảng $0 \leq \lambda \leq 1$

5.5.3. Bài toán quy hoạch phi tuyến tổng quát

Phát biểu bài toán

Bài toán quy hoạch phi tuyến tổng quát có dạng: Tìm giá trị tối ưu (max hoặc min) của hàm mục tiêu

$$F(X) \rightarrow \min \quad (5-62)$$

với ràng buộc :

$$g_j(X) \leq b_j; j=1, 2, \dots, m \quad (5-63)$$

Trong đó: $X = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in R^n$; các hàm $F(X)$ và $g_j(X)$ là phi tuyến.

Tập các nghiệm chấp nhận được:

$$D = \{X \in R^n : g_j(X) \leq b_j; j = 1, 2, \dots, m\} \quad (5-64)$$

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 $g_j(X) \geq b_j; j=1, 2, \dots, m$ có thể đưa về dạng:

$$g_j(X) \leq -b_j; j=1, 2, \dots, m$$

5.5.4. Tối ưu của bài toán phi tuyến tổng quát

Tối ưu toàn bộ (tối ưu tuyệt đối):

$$\max: F(X^*) \geq F(X); X \in D \quad (5-65)$$

$$\min: F(X^*) \leq F(X); X \in D$$

Tối ưu địa phương (tối ưu tương đối):

Nếu tồn tại lân cận V của X^* sao cho:

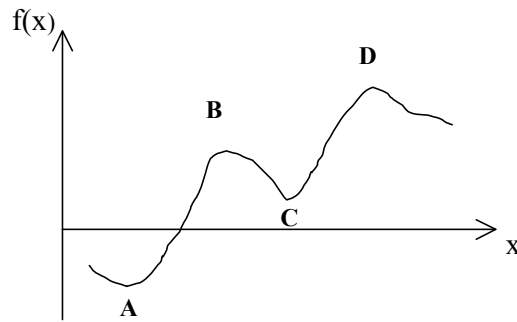
$$\max: F(X^*) \geq F(X); X \in D \cap V \quad (5-66)$$

$$\min: F(X^*) \leq F(X); X \in D \cap V$$

X^* là nghiệm tối ưu; $F(X^*)$ là giá trị tối ưu của hàm mục tiêu $F(X)$.

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.

**Hình 5-8**

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:

- Các phương pháp gradient có dùng đạo hàm.
- Các phương pháp trực tiếp không dùng đạo hàm.

5.5.5. Bài toán quy hoạch phi tuyến không có ràng buộc

5.5.5.1. Bài toán

$$F(X)=F(x_1, x_2, x_3, \dots, x_i, \dots, x_n) \rightarrow \min \quad (5-67)$$

Trong đó: $X = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in E^n$

5.5.5.2. Điều kiện cần và đủ của tối - u địa ph- ơng

a. Điều kiện cần

Nghiệm tối ưu phải là những điểm mà:

- $\nabla_x F(X_0)$ (các điểm dừng) (5-68)
- Hàm $F(X_0)$ khả thi tại X_0

Trong đó : $\nabla_x F(X_0)$ là các đạo hàm riêng cấp 1, tức là:

$$\nabla_x F(X_0) = \begin{pmatrix} \frac{\partial F(X)}{\partial x_1} \\ \frac{\partial F(X)}{\partial x_2} \\ \dots \\ \frac{\partial F(X)}{\partial x_n} \end{pmatrix} \quad (5-69)$$

b. Điều kiện đủ

Những điểm dừng phải thỏa 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:

$$H(F(X_o)) = \begin{vmatrix} \frac{\partial^2 F}{\partial x_1^2} & \frac{\partial^2 F}{\partial x_1 \partial x_2} & \dots & \frac{\partial^2 F}{\partial x_1 \partial x_i} & \dots & \frac{\partial^2 F}{\partial x_1 \partial x_n} \\ \frac{\partial^2 F}{\partial x_2 \partial x_1} & \frac{\partial^2 F}{\partial x_2^2} & \dots & \frac{\partial^2 F}{\partial x_2 \partial x_i} & \dots & \frac{\partial^2 F}{\partial x_2 \partial x_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial^2 F}{\partial x_j \partial x_1} & \frac{\partial^2 F}{\partial x_j \partial x_2} & \dots & \frac{\partial^2 F}{\partial x_j \partial x_i} & \dots & \frac{\partial^2 F}{\partial x_j \partial x_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial^2 F}{\partial x_n \partial x_1} & \frac{\partial^2 F}{\partial x_n \partial x_2} & \dots & \frac{\partial^2 F}{\partial x_n \partial x_i} & \dots & \frac{\partial^2 F}{\partial x_n^2} \end{vmatrix} \quad (5-70)$$

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:

$$\Delta_n \begin{vmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix} > 0, \dots, \Delta_2 = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} > 0; \Delta_1 = a_{11} > 0 \quad (5-71)$$

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 $x_1^0 = 2; \quad x_2^0 = 1$

$$\text{Tính được: } \frac{\partial^2 F}{\partial x_1 \partial x_2} = 0; \quad \frac{\partial^2 F}{\partial x_1^2} = 2; \quad \frac{\partial^2 F}{\partial x_2^2} = 2$$

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 $X_0 = (2,1)$.

5.5.6. Giải bài toán tối ưu phi tuyến không ràng buộc bằng phương pháp sử dụng đạo hàm

Có hai loại 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 Powell; phương pháp Nelder và Mead v.v...

5.5.6.1. 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:

$$X^{(k+1)} = X^{(k)} - \lambda^{(k)} \nabla F(X^{(k)}) \quad (5-72)$$

Trong đó:

$k \geq 0$: bước lặp thứ k .

$\lambda^{(k)} > 0$: là hệ số xác định độ dài của bước đi theo hướng gradient. Có thể chọn $\lambda = \text{const}$ cho cả quá trình lặp, hoặc có thể chọn giá trị tối ưu của λ theo 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 tùy 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:

$$\nabla f(x) = 2x. \text{ Chọn } x^{(0)} = 1 \rightarrow 2x^{(0)} = 2 \neq 0$$

$$x^{(1)} = x^{(0)} - \lambda \nabla f(x^{(0)}) = 1 - 2\lambda; \lambda > 0.$$

$$\nabla f(x^{(1)}) = 2x^{(1)} = 2(1 - 2\lambda);$$

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 $f(x^*) = 3$.

5.5.6.2. Phương pháp hướng dốc nhất

Phương pháp hướng dốc nhất được thực hiện theo trình tự sau:

Chọn điểm xuất phát; tính $\nabla F(X^{(k)})$; $\|\nabla F(X^{(k)})\|$.

Tính véc tơ đơn vị theo hướng $\nabla F(X^{(k)})$:

$$S^{(k)} = \frac{\nabla F(X^{(k)})}{\|\nabla F(X^{(k)})\|}$$

Đặt $X^{(k)} = X^{(k)} - \lambda_k S^{(k)}$

Dùng tối ưu hoá 1 tham số:

$$F(X^{(k+1)}) = F(\lambda_k) \rightarrow \min \text{ từ đó tìm được giá trị tối ưu } \lambda_k^*.$$

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 $\|\nabla F(X^{(k)})\|$:

$$\frac{\partial F}{\partial x_1} = 47; \quad \frac{\partial F}{\partial x_2} = 50$$

$$\|\nabla F(X^{(k)})\| = \sqrt{47^2 + 50^2} = 68,6$$

Tính véc tơ đơn vị theo hướng $\nabla F(X^{(k)})$:

$$S^{(k)} = \frac{\nabla F(X^{(k)})}{\|\nabla F(X^{(k)})\|} = \frac{1}{68,6} \begin{bmatrix} 47 \\ 50 \end{bmatrix} = (0,658; 0,729)^T$$

Véc tơ $S^{(k)}$ vuông góc với đường cùng mục tiêu của $F(X)$ tại $X^{(k)} = (-0,5; 0,5)$

Đặt $X^{(k)} = X^{(k)} - \lambda_k S^{(k)}$

$$\text{hay : } X^{(k+1)} = \begin{bmatrix} -0,5 \\ 0,5 \end{bmatrix} - \lambda_k \begin{bmatrix} 47 \\ 50 \end{bmatrix}$$

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.

5.5.6.3. 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.

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 nguồn 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:

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)} \quad (5-73)$$

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 có dạng:

$$|x_{n+1} - x_n| \leq \varepsilon \quad (5-74)$$

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 phương trình với n phương trình tương ứng với n biến số chưa biết:

$$f_i(X) = 0 \quad \text{với } i = \overline{1, n} \quad (5-75)$$

Hoặc dưới dạng véc tơ $F(X) = 0$.

Trong đó X là véc tơ $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$

Nghiệm gần đúng của hệ phương trình trên tại lần lặp thứ n là:

$$X_n = X_{n-1} - J(X_{n-1})^{-1} F(X_{n-1}) \quad (5-76)$$

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} :

$$J(X_{n-1}) = \begin{vmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial x_1} & \frac{\partial F_1}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial F_1}{\partial x_n} \\ \frac{\partial F_2}{\partial x_1} & \frac{\partial F_2}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial F_2}{\partial x_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial F_n}{\partial x_1} & \frac{\partial F_n}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial F_n}{\partial x_n} \end{vmatrix} \quad X = X_{n-1} \quad (5-77)$$

Phương pháp lặp Newton - Raphon được dùng nhiều trong phương pháp giải các phương trình vi phân. Trong lĩnh vực nguồn nước được ứng dụng giải các bài toán về chuyển động của nước ngầm.

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:

$$\nabla_x F(X^{(k)}) = \begin{bmatrix} \frac{\partial F(X)}{\partial x_1} \\ \frac{\partial F(X)}{\partial x_2} \\ \dots \\ \frac{\partial F(X)}{\partial x_n} \end{bmatrix} \quad (5-78)$$

- Tính ma trận Hessian theo giá trị ban đầu:

$$H(F(X^{(k)})) = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 F}{\partial x_1 \partial x_2} & \dots & \frac{\partial^2 F}{\partial x_1 \partial x_n} \\ \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial^2 F}{\partial x_n \partial x_1} & \dots & \frac{\partial^2 F}{\partial x_n \partial x_n} \end{bmatrix} \quad (5-79)$$

- Chọn giá trị mới: $X^{(k+1)} = X^{(k)} + \lambda_k^* H(F(X^{(k)})) \cdot \nabla_x F(X^{(k)}) = X^{(k)} + \lambda_k^* \cdot S^{(k)}$.

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:

$$F(X) = 4x_1 + x_2 + \frac{1}{x_1} + \frac{1}{x_2} \rightarrow \min \quad (5-80)$$

Giải:

1. Chọn điểm xuất phát: giá trị ban đầu của $X^{(0)} = (1,13; 3,56)$.

2. Tính giá trị đạo hàm cấp 1 tại vị trí xuất phát:

$$\nabla_x F(X^{(0)}) = \begin{bmatrix} 4 - \frac{1}{x_1^2} \\ 1 - \frac{1}{x_2^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,21 \\ 0,92 \end{bmatrix}$$

Tương ứng với giá trị xuất phát được chọn $X^{(0)} = (1,13; 3,56)$.

3. Tính ma trận Hessian theo giá trị ban đầu:

$$H(F(X^{(0)})) = \begin{bmatrix} \frac{2}{x_1^3} & 0 \\ 0 & \frac{2}{x_2^3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,41 & 0 \\ 0 & 0,04 \end{bmatrix}$$

$$\text{Giá trị: } H^{-1}(F(X^{(0)})) = \begin{bmatrix} 0,71 & 0 \\ 0 & 25 \end{bmatrix}$$

4. Chọn giá trị mới: $X^{(1)} = X^{(0)} + \lambda_k^* H^{-1}(F(X^{(0)})) \cdot \nabla_x F(X^{(0)})$

$$X^{(1)} = \begin{bmatrix} 1,13 \\ 3,56 \end{bmatrix} - \lambda_k \begin{bmatrix} 2,71 & 0 \\ 0 & 25 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 4,21 \\ 0,92 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,13 \\ 3,56 \end{bmatrix} - \lambda_k \begin{bmatrix} 2,28 \\ 23 \end{bmatrix} \rightarrow \lambda_k^* = 0,112$$

$$\text{Chọn được biến mới là: } X^{(1)} = \begin{bmatrix} 1,13 \\ 3,56 \end{bmatrix} - 0,112 \begin{bmatrix} 2,28 \\ 23 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,88 \\ 0,98 \end{bmatrix}$$

Sau khi chọn biến mới $X^{(1)}$ lặp tiếp 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 phải mất 20 bước mới đạt điểm tối ưu.

5.5.7. 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 thỏa 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 là phương pháp dò tìm trực tiếp theo bước. Trong tài liệu này sẽ trình bày một số phương pháp thường được áp dụng trong lĩnh vực phát triển nguồn nước.

5.5.7.1. 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 tọa độ của véc tơ X .

1. Bài toán: Tìm giá trị của véc tơ $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ sao cho:

$$F(X) \rightarrow \min \text{ với } X \in R^n$$

2. Cách giải

Giải bài toán trên theo các bước thực hiện như sau:

(1) Lựa chọn tọa độ ban đầu làm điểm xuất phát:

$$x^0 = (x_0^1, x_2^0, \dots, x_n^0) \quad (5-81)$$

Tương ứng ta có:

$$F(x^0) = F(x_0^1, x_2^0, \dots, x_n^0) \quad (5-82)$$

(2) Chọn một biến bất kỳ trong véc tơ 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 .

$$\text{Ta có: } x_1^1 = x_1^0 + \Delta x_1 \quad (5-83)$$

(3) Tính giá trị $F_1 = F(x_1^0 + \Delta x_1, x_2^0, \dots, x_n^0)$

$$\text{và tính } \Delta F_1 = F_1 - F(X^0) \quad (5-84)$$

(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.

$$\text{Tức là lấy } x_1^1 = x_1^0 + \Delta x_1 \quad (5-85)$$

- 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 $F_1 = F(x_1^0 - \Delta x_1, x_2^0, \dots, x_n^0)$ và $\Delta F_1' = F_1 - F(X^0)$

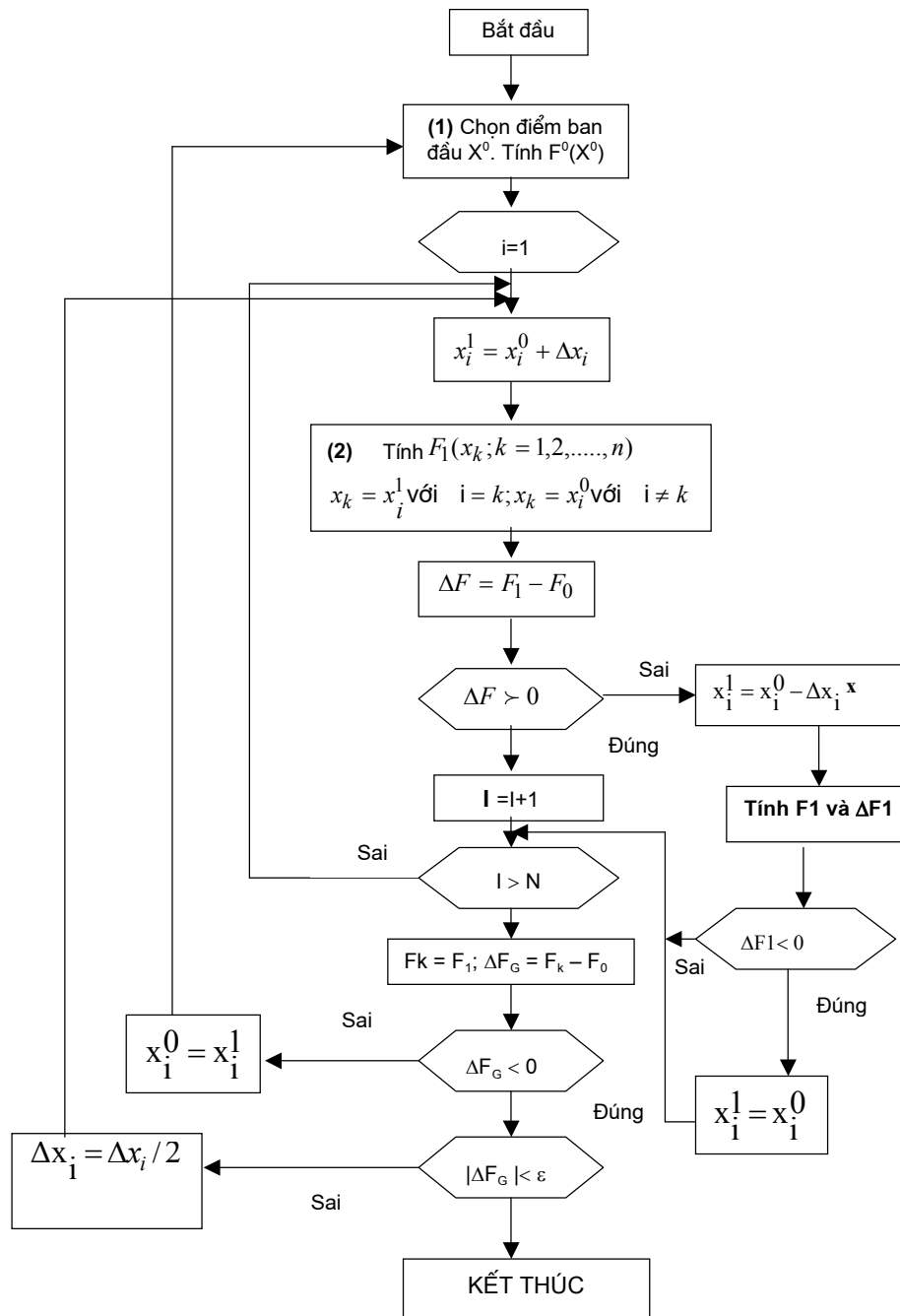
Nếu $\Delta F_1' < 0$, chứng tỏ hướng dò tìm đúng, ta cố định điểm đó và dò tìm cho biến tiếp theo, tức là:

$$x_1^1 = x_1^0 - \Delta x_1 \quad (5-86)$$

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":

$$x_1^1 = x_1^0 \quad (5-87)$$

và dò sang biến tiếp theo.



Hình 5-9: Sơ đồ tính dò tìm tối ưu theo phương pháp Hooke-Jeeves

(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 (5-85)÷(5-87). 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 $F_2 = F(x_1^1, x_2^0 + \Delta x_2, x_3^0, \dots, x_n^0)$

(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 tọa độ x_2 và dò tìm cho biến tiếp theo, tức là chọn: $x_2^1 = x_2^0 + \Delta x_2$ (5-88)

$\Delta F_2 \geq 0$. Hướng dò tìm không đạt phải lùi.

Ta chọn $x_2^1 = x_2^0 - \Delta x_2$ và tính $F_2 = F(x_1^1, x_2^0 - \Delta x_2, x_3^0, \dots, x_n^0)$

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:

$$x_2^1 = x_2^0 - \Delta x_2 \quad (5-89)$$

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:

$$x_2^1 = x_2^0 \quad (5-90)$$

và chuyển sang dò tìm cho biến sau.

(7) Tiếp tục làm như các bước trên đây cho đến cuối cùng là x_n . Ta kết thúc lần lặp thứ nhất.

(8) Sau khi đã kết thúc lần lặp thứ nhất, tính giá trị $F(X_1)$, với:

$$X^1 = (x_1^1, x_2^1, \dots, x_n^1) \quad (5-91)$$

(9) Kiểm tra điều kiện :

$$\Delta F = F(X^1) - F(X^0) < 0 \quad (5-92)$$

- Nếu (5-92) không thỏa mãn, hướng dò tìm không thỏa mãn, chuyển sang bước (10).
- Nếu (5-92) thỏa 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:

$$\text{Nếu } |\Delta F| \leq \varepsilon \quad (5-93)$$

Trong đó ε là số dương cho trước tùy ý (sai số của kết quả dò tìm điểm cực trị)

- Nếu (5-93) thỏa mãn, kết thúc công việc dò tìm và nghiệm tối ưu của bài toán là:

$$X^* = (x_1^*, x_2, \dots, x_n^*) \quad (5-94)$$

- Nếu $|\Delta F| > \varepsilon$, 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 tọa độ ban đầu cho lần dò tìm tiếp theo là điểm kết thúc đối với lần dò tìm trước, tức là: $X^0 = X^1$, đồng thời bước dò tìm được chọn như lần dò tìm trước đó, tức là:

$$\text{lấy } \Delta x_i^2 = \Delta x_i^1 \quad i = \overline{1, n}$$

(10) Trong trường hợp $\Delta F \geq 0$, chúng tỏ hướng dò tìm không đạt do đã vượt quá điểm có giá trị min. Kiểm tra điều kiện:

$$\Delta x_i^k \leq \varepsilon_i \quad \text{với mọi } i \quad (5-95)$$

với ε_i là sai số cho trước đối với các Δx_i với mọi i .

Nếu (5-95) thỏa mãn, kết thúc dò tìm và nghiệm của bài toán.

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 (5-93) và (5-95).

5.5.7.2. Ph- ơng pháp dò tìm theo mẫu

1. Bài toán:

Tìm giá trị của véc tơ $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 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 $k=0$):

Công đoạn I: Tìm thăm dò bước 1

Được chia thành các bước nhỏ như sau:

Bước 1: Lựa chọn tọa độ ban đầu làm điểm xuất phát:

$$\mathbf{X}^{(k)} = (x_1^{(k)}, x_2^{(k)}, \dots, x_n^{(k)}) \quad (5-96)$$

(Nếu bắt đầu từ điểm xuất phát $k=0$ thì tọa độ là: $\mathbf{X}^{(0)} = (x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)})$)

Tương ứng ta có:

$$F(\mathbf{X}^{(k)}) = F(x_1^{(k)}, x_2^{(k)}, \dots, x_n^{(k)}) \quad (5-97)$$

Bước 2: Chọn một biến bất kỳ trong véc tơ $\mathbf{X}$ 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 .

$$\text{Ta có: } x_1^{(k+1)} = x_1^{(k)} + \Delta x_1 \quad (5-98)$$

Bước 3: Tính giá trị $F_1 = F(x_1^{(k)} + \Delta x_1, x_2^{(k)}, \dots, x_n^{(k)})$

$$\text{và tính } \Delta F_1 = F_1 - F(\mathbf{X}^{(k)}) \quad (5-99)$$

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.

$$\text{Tức là lấy } x_1^{(k+1)} = x_1^{(k)} + \Delta x_1 \quad (5-100)$$

- Nếu $\Delta F_1 \geq 0$ hướng dò này không về được min (không đạt). Ta phải dò theo hướng ngược lại (lùi) lấy: $x_1^{(k+1)} = x_1^{(k)} - \Delta x_1$

$$\text{Tiếp tục tính } F_1 = F(x_1^{(k)} + \Delta x_1, x_2^{(k)}, \dots, x_n^{(k)}) \text{ và } \Delta F_1' = F_1 - F(\mathbf{X}^{(k)})$$

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:

$$x_1^{(k+1)} = x_1^{(k)} - \Delta x_1 \quad (5-101)$$

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":

$$x_1^{(k+1)} = x_1^{(k)} \quad (5-102)$$

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 (5-100)÷(5-102). 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 $F_2 = F(x_1^{(k+1)}, x_2^{(k)} + \Delta x_2, x_3^{(k)}, \dots, x_n^{(k)})$

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 tọa độ x_2 và dò tìm cho biến tiếp theo, tức là chọn

$$x_2^{(k+1)} = x_2^{(k)} + \Delta x_2 \quad (5-103)$$

$\Delta F_2 \geq 0$. Hướng dò tìm không đạt phải lùi.

Ta chọn $x_2^{(k+1)} = x_2^{(k)} - \Delta x_2$ và tính $F_2 = F(x_1^{(k+1)}, x_2^{(k)} - \Delta x_2, x_3^{(k)}, \dots, x_n^{(k)})$

Tính $\Delta F_2' = F_2 - F_1$

- Nếu $\Delta F_2' < 0$. Hướng dò tìm đạt yêu cầu và cố định điểm đó và chọn:

$$x_2^{(k+1)} = x_2^{(k)} - \Delta x_2 \quad (5-104)$$

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:

$$x_2^{(k+1)} = x_2^{(k)} \quad (5-105)$$

và chuyển sang dò tìm cho biến sau.

Bước 7: Tiếp tục làm như các bước trên 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 mỗi bước nào đó thì giá trị cũ được thay thế bằng giá trị mới trong những so sánh sau đó. Nếu hàm mục tiêu không được cải thiện thì giữ nguyên giá trị cũ.

Công đoạn II: Tìm theo mẫu

Sau khi đã kết thúc lần lặp ở công đoạn I, ta xác định được giá trị:

$$X^{(k+1)} = (x_1^{(k+1)}, x_2^{(k+1)}, \dots, x_n^{(k+1)}) \quad (5-106)$$

ở bước tìm theo mẫu ta lấy:

$$X^{(k+2)} = mX_2^{(k+1)} - X^{(b)} \quad X^{(k+2)} = mX^{(k+1)} - X^{(b)} \quad (5-107)$$

Tức là:

$$x_i^{(k+2)} = m x_i^{(k+1)} - x_i^{(b)} \quad (5-108)$$

Dò theo mẫu sẽ có tọa độ mới là:

$$X^{(k+2)} = (x_1^{(k+2)}, x_2^{(k+2)}, \dots, x_n^{(k+2)}) \quad (5-109)$$

Tính hàm mục tiêu: $F(X^{(k+2)}) = F(x_1^{(k+2)}, x_2^{(k+2)}, \dots, x_n^{(k+2)})$

Trong đó:

$x_i^{(b)}$ - điểm cơ sở ở lần lặp đầu $X^{(b)} = X^{(k)}$;

m - số biến dò tìm cần thiết. Thí dụ với $F(x_1, x_2)$ thì $m=2$.

Bước thăm dò theo mẫu chỉ để xác định tọa 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 2.

Công đoạn III: Thăm dò bước 2

Bước 1: Thăm dò ở bước 2 được thực hiện theo các bước tương tự như thăm dò ở bước 1, điểm xuất phát là điểm thăm dò theo mẫu $X^{(k+2)}$. Thăm dò ở bước 2 được thực hiện đến biến thứ n sẽ được tọa độ mới:

$$X^{(k+3)} = (x_1^{(k+3)}, x_2^{(k+3)}, \dots, x_n^{(k+3)}) \quad (5-110)$$

Và tính: $F(X^{(k+3)}) = F(x_1^{(k+3)}, x_2^{(k+3)}, \dots, x_n^{(k+3)})$

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:

$$X^{(b)} = X^{(k+1)} \quad (5-111)$$

Tiếp tục thăm thăm dò theo mẫu (quay lại Công đoạn II) nhưng điểm xuất phát là $X^{(k+3)}$, lấy:

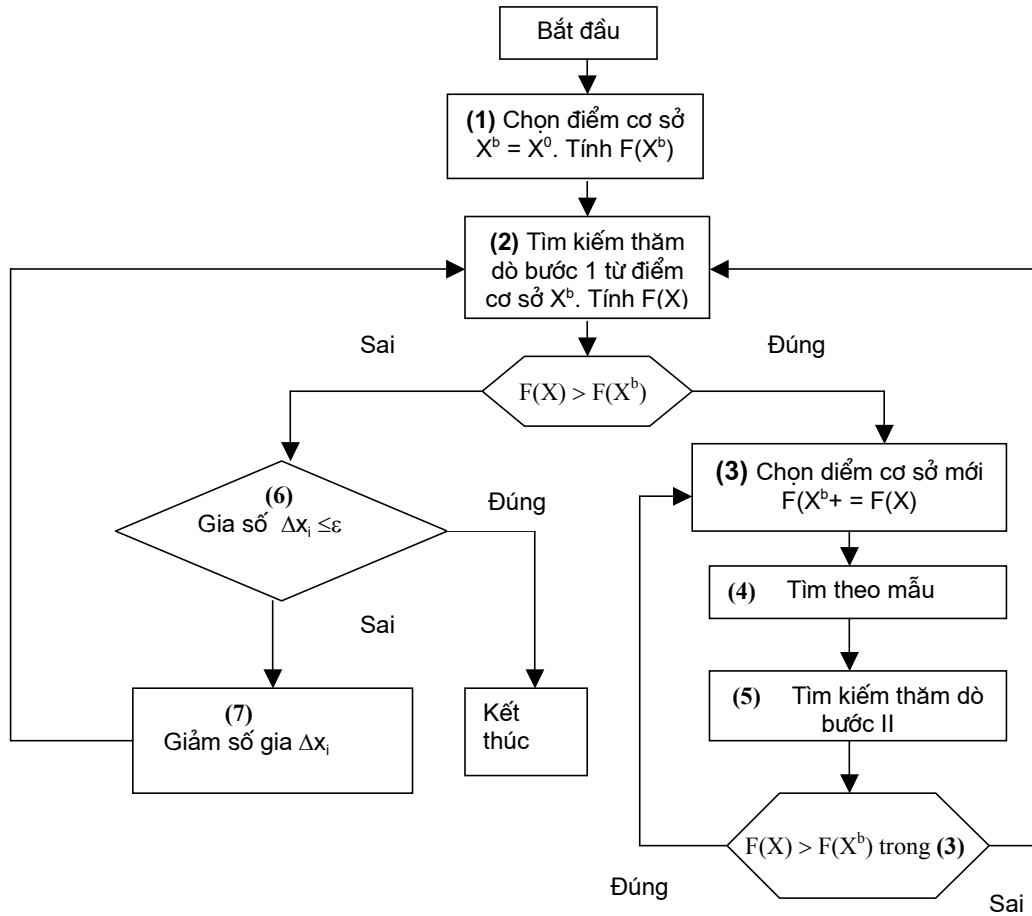
$$X^{(k+4)} = mX^{(k+3)} - X^{(b)} = mX^{(k+3)} - X^{(k+1)}$$

Tức là:

$$x_i^{(k+4)} = m x_i^{(k+3)} - x_i^{(b)} = m x_i^{(k+3)} - x_i^{(k+1)} \quad (5-112)$$

- Nếu $F(X^{(k+3)}) > F(X^{(k+1)})$, thì thăm dò theo mẫu được coi là thất bại. Khi quay lại thăm dò bước 1 (quay lại Công đoạn I) sao cho xác định hướng mới có hiệu quả. Nhưng điểm xuất phát bây giờ là điểm xuất phát của thăm dò bước 2 của lần thất bại này ($X^{(k+2)}$).

Nếu tiếp tục thăm dò ở bước 1 liên tiếp không cho hướng mới thành công sẽ phải giảm giá trị của Δx_i cho đến khi hoặc cho hướng mới có hiệu quả, hoặc khi a_i nhỏ hơn một giá trị cho phép.



Hình 5-10a: Sơ đồ thuật toán dò tìm trực tiếp - Dò theo mẫu

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 sơ đồ hình 5-10a.

Phương pháp này khác với phương pháp dò tìm Hooke-Jeeves ở 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 tọa độ đã di chuyển tới làm tọa độ xuất phát cho lần dò tìm tiếp theo, còn 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 người ta thực hiện nhiều lần dò tìm với tọa độ ban đầu được chọn khác nhau.

3. Ví dụ minh họa

Bài toán:

Tìm giá trị của véc tơ $X = (x_1, x_2)$ 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):

Công đoạn I: Tìm thăm dò bước 1

Bước 1: Lựa chọn tọa độ ban đầu làm điểm xuất phát:

$$X^0 = (2, 0; 2, 8) \quad \text{Chọn } \Delta X = (0, 6; 0, 84)$$

$$\text{Tính: } F(X^0) = 0,059$$

Bước 2: Chọn một biến bất kỳ trong véc tơ X và dò tìm hướng có thể cho biến ấy. Ta bắt đầu biến đầu tiên x_1 . Giả sử ta tăng giá trị Δx_1 .

$$\text{- Ta có: } x_1^{(1)} = x_1^{(0)} + \Delta x_1 = 2,0 + 0,6 = 2,6$$

$$\text{- Tính giá trị } F_1 = F(x_1^{(1)} + \Delta x_1, x_2^{(0)}) = F(2,6, 2,8) = 0,048 < F(X^0) = 0,059$$

Hướng di chuyển không đạt.

$$\text{lấy: } x_1^{(1)} = x_1^{(0)} - \Delta x_1 = 2,0 - 0,60 = 1,4$$

$$\text{- Tính giá trị } F_1 = F(x_1^{(1)} - \Delta x_1, x_2^{(0)}) = F(1,4, 2,8) = 0,073 > F(X^0) = 0,059$$

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 $F_1 = F(x_2^{(0)} - \Delta x_2, x_1^{(1)}) = F(1,4; 1,96) = 0,104 > F(X^0) = 0,059$

Hướng di chuyển đạt yêu cầu.

Như vậy, tìm thăm dò bước 1 đạt và lấy $X^{(1)} = (1,4; 1,96)$

Công đoạn II: Tìm theo mẫu

Tính theo mẫu ta lấy:

$$x_i^{(k+2)} = m x_i^{(k+1)} - x_i^{(b)}$$

Ta có: $x_1^{(2)} = 2x_1^{(1)} - x_1^{(0)}$ 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 tọa độ mới là:

$$X^{(2)} = (x_1^{(2)}, x_2^{(2)}) = (0,8; 1,12)$$

Tính hàm mục tiêu: $F(X^{(2)}) = F(x_1^{(2)}, x_2^{(2)}) = 0,22$

Công đoạn III: Thăm dò bước 2

Thăm dò ở bước 2 được thực hiện theo các bước tương tự như thăm dò ở bước 1, điểm xuất phát là điểm thăm dò theo mẫu $X^{(2)}$. Thăm dò ở bước 2 được thực hiện đến biến thứ n sẽ được tọa 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.

Như vậy, tìm thăm dò bước 2 đạt và lấy $X^{(3)} = (0,2; 0,28)$

Và tính: $F(X^{(3)}) = F(x_1^3, x_2^3) = F(0,2; 0,28) = 0,67$

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 có kết quả.

Điểm cơ sở mới bây giờ là: $X^{(b)} = X^{(1)} = (1,4; 1,96)$

Tiếp tục thăm dò theo mẫu với điểm xuất phát là $X^{(3)}$, lấy:

$$X^{(4)} = mX^{(3)} - X^{(1)} = mX^{(3)} - X^{(1)}$$

Tức là:

$$x_1^{(4)} = 2(0,2) - 1,4 = -1; \quad x_2^{(4)} = 2(0,28) - 1,96 = -1,4$$

$$\text{Tính } F(X^{(4)}) = F(-1; -1,4) = 0,51$$

Tìm thăm dò bước 2 với điểm xuất phát là $X^{(4)} = (-1; -1,4)$ và $F(X^{(4)}) = 0,51$

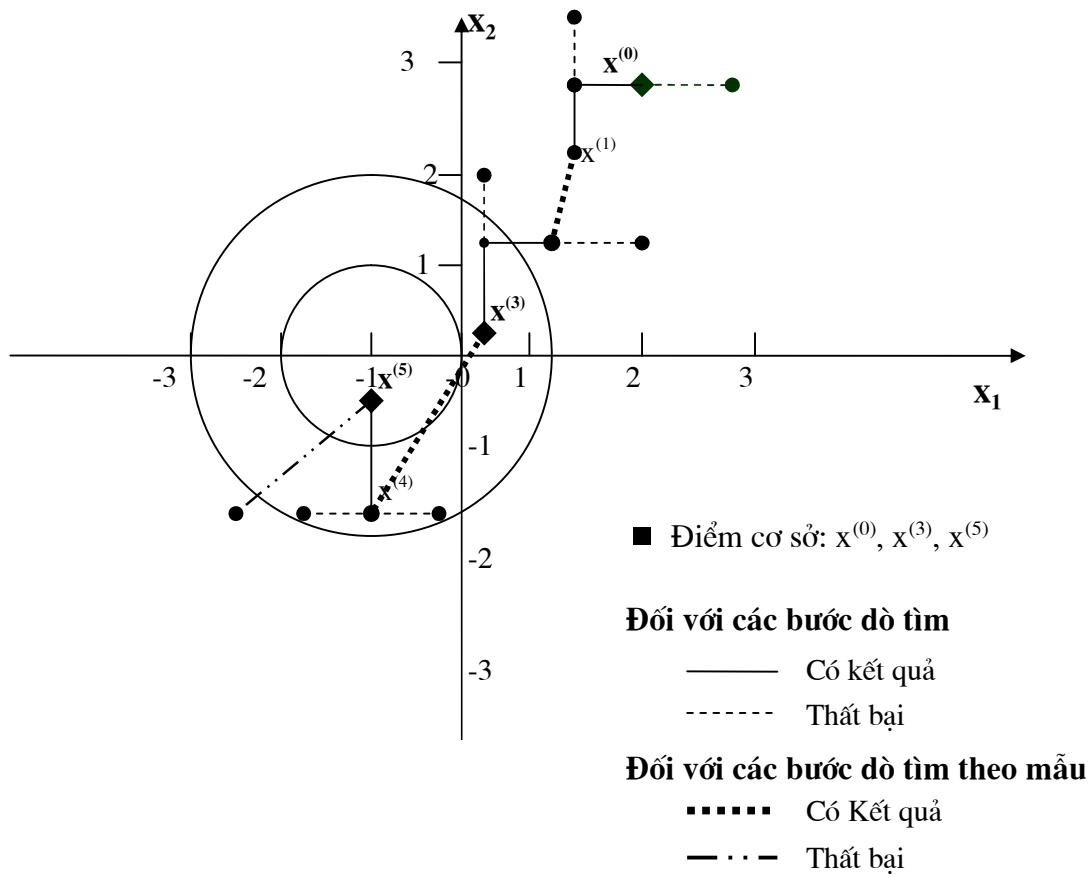
- Tính giá trị $F_1 = F(x_1^{(4)} + \Delta x_1, x_2^{(4)}) = F(-1,4; -1,4) = 0,43 < F(X^4) = 0,51$

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 $x_1^{(5)} = -1$.



Hình 5-10b: Minh họa quá trình dò tìm theo mẫu theo ví dụ

- Ta có: $x_1^{(5)} = x_1^{(4)} + \Delta x_1 = -1 + 0,6 = -0,4$

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: $F(X^{(5)}) = 3,18 > F(X^{(3)}) = 0,6$. 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 $X^{(b)} = X^{(3)}$

$$x_1^{(6)} = 2(-1) - 0,2 = -2,2; \quad x_2^{(6)} = 2(-0,56) - 0,28 = -1,5.$$

Tìm được $F(X^{(6)}) = F(-2,2; -1,4) = 0,29$

Tiếp tục thăm dò bước 2 so sánh 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 2 có kết quả nhưng kết quả tìm mẫu được coi là không thành công.

Do vậy, ta phải dò tìm bước 1 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:

$$X^* = (-1,0; 0,0) \text{ và } F(X^*) = \infty.$$

5.5.8. 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.

5.5.8.1. Bài toán ràng buộc đẳng thức

Phát biểu bài toán

Bài toán tối ưu với ràng buộc đẳng thức có dạng:

$$F(X) \rightarrow \min \quad (5-113)$$

$$\text{Ràng buộc:} \quad g_j(X) = b_j \quad j = \overline{1, m} \quad (5-114)$$

$$\text{Với:} \quad X = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in R^n \quad (5-115)$$

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:

$$L(X, \lambda) = F(X) + \sum_{j=1}^m \lambda_j [g_j(X) - b_j] \quad (5-116)$$

trong đó : $L(X, \lambda)$ là hàm Lagrange; λ là véc tơ nhân tử Lagrange:

$$\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_j, \dots, \lambda_m)$$

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 (5-117), tức là:

$$\min(\max) L(X, \lambda) = \min(\max) F(X) \quad (5-117)$$

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:

$$\frac{\partial L}{\partial x_i} = \frac{\partial F}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\sum_{j=1}^m \lambda_j (G_j(X) - b_j) \right) \quad (5-118)$$

$$\Rightarrow \frac{\partial L}{\partial x_i} = \frac{\partial F}{\partial x_i} + \sum_{j=1}^m \lambda_j \frac{\partial G_j(X)}{\partial x_i} = 0 \quad i = \overline{1, n} \quad (5-119)$$

$$\text{và} \quad \frac{\partial L}{\partial \lambda_K} = \sum_{j=1}^m (G_j(X) - b_j) \frac{\partial \lambda_j}{\partial \lambda_K} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{\partial L}{\partial \lambda_K} = (G_K(X) - b_K) \quad K = \overline{1, m} \quad (5-120)$$

$$\text{vì với } j \neq K \text{ có } \frac{\partial \lambda_j}{\partial \lambda_K} = 0$$

Như vậy ta phải giải hệ $n + m$ phương trình sẽ tìm ra $n + m$ nghiệm của x_i và λ_j .

5.5.8.2. 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:

$$F(X) \rightarrow \min \quad (5-121)$$

$$\text{với } G_j(X) \leq b_j \quad j = \overline{1, m} \quad (5-122)$$

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 $g_j(X) \geq b_j; j=1, 2, \dots, m$ có thể đưa về dạng:

$$g_j(X) \leq -b_j; j = 1, 2, \dots, m$$

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:

$$G_j(X) + x_j = b_j \quad J = \overline{1, m} \quad (5-123)$$

$$\text{với } x_j \geq 0$$

Khi đó hàm Lagrange có dạng (5-124). Như vậy ta đã đưa về dạng bài toán ràng buộc đẳng thức, được giải tương tự như trường hợp (5.5.7.1):

$$L(X, \lambda) = F(X) + \sum_{j=1}^m \lambda_j (G_j(X) - b_j + x_j) \quad (5-124)$$

Hay là:

$$L(X, \lambda) = L(x_1, x_2, \dots, x_n; \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_j, \dots, \lambda_m; x_{n+1}, x_{n+2}, \dots, x_{n+m}) \quad (5-125)$$

trong đó các giá trị của $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_j, \dots, \lambda_m)$ và của $X_j = (x_{n+1}, \dots, x_{n+j}, \dots, x_{n+m})$ là các biến số.

Bài toán không ràng buộc dạng (5-125) bây giờ đã có số biến tăng lên và là $n+2m$ biến số. Như vậy, thay vì giải bài toán (5-121) với có n biến số với ràng buộc (5-122) ta có bài toán không ràng buộc (5-124) với $n+2m$ biến số. Sau khi đưa bài toán tối ưu về dạng không có ràng buộc ta có thể sử dụng một trong những phương pháp giải đã trình bày ở trên đối với bài toán tối ưu không có 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.

5.5.8.3. 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:

$$F(X) \rightarrow \min \quad (5-126)$$

$$\text{với } G_j(X) \leq b_j \quad J = \overline{1, m} \quad (5-127)$$

$$\text{và } h_k(X) = 0$$

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 $g_j(X) \geq b_j; j = 1, 2, \dots, m$ có thể đưa về dạng:

$$g_j(X) \leq -b_j; j = 1, 2, \dots, m$$

Phương pháp giải

Trong trường hợp này thiết lập hàm Lagrange có dạng:

$$L(X, \lambda, \mu) = F(X) + \sum_{j=1}^m \lambda_j [g_j(X) - b_j + x_j] + \sum_{k=1}^{mk} \mu_k h_k(X) \quad (5-128)$$

Với $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_{mk})$ 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.

Các bài toán tối ưu hoá dạng cổ điển có thể được giải với nhiều phương pháp khác nhau.

5.6. QUY HOẠCH ĐỘNG

5.6.1. Khái niệm chung

Phương pháp quy hoạch động dựa trên nguyên lý của 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.

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 của 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 quy hoạch và quản lý nguồn 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**, được viết dưới dạng tổng của các hàm thành phần, và mỗi hàm thành phần chỉ chứa một biến độc lập, tức là:

$$Z(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{j=1}^n z(x_j) \quad (5-129)$$

Hoặc có thể viết dưới dạng khai triển:

$$Z = z_1(x_1) + z_2(x_2) + \dots + z_j(x_j) + \dots + z_n(x_n) \quad (5-130)$$

5.6.2. Phương pháp quy hoạch động với bài toán phân bố tài nguyên

5.6.2.1. 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:

$$Z = z_1(x_1) + z_2(x_2) + \dots + z_j(x_j) + \dots + z_n(x_n) \quad (5-131)$$

tức là hàm mục tiêu là tổng các hàm mà trong đó chỉ chứa một biến số. Trong (5-131), các giá trị $x_1, x_2, \dots, x_n$ là các tài nguyên của mỗi đối tượng nhận được theo một phương án phân phối nào đó thoả mãn điều kiện sau:

$$X^T = x_1 + x_2 + \dots + x_j + \dots + x_n \quad (5-132)$$

Cần xác định chiến lược phân bố tài nguyên cho các đối tượng sử dụng sao cho hàm mục tiêu (5-131) đạt giá trị lớn nhất, tức là:

$$J = \max_{X^T} Z = \max \sum_{j=1}^n z_j(x_j) \quad (5-133)$$

5.6.2.2. Phương pháp giải của Bellman

Thuật toán tối ưu được giải theo 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.

a. 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:

$$F = z_2(x_2) + z_1(x_1) \rightarrow \max \quad (5-134)$$

Hoặc là:

$$Z_2(X_2^T) = \max_{x_2} (z_2(x_2) + z_1(x_1)) \quad (5-135)$$

Với điều kiện tổng số tài nguyên phân cho hai đối tượng đầu tiên không được vượt quá giá trị X_2^T , tức là:

$$x_1 + x_2 = X_2^T \leq X^T \quad (5-136)$$

Trong đó: X_2^T - 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 (5-135) được viết dưới dạng:

$$Z_2(X_2^T) = \max_{x_2} (z_2(x_2) + z_1(X_2^T - x_2)) \quad (5-137)$$

Giải phương trình (5-137) 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) bảng 5-6.
- Tính giá trị $x_1 = X_2^T - x_2$ (cột (4) bảng 5-6).
- Tính giá trị $z(x_1)$ và $z(x_2)$: cột (5) và (6).
- Tính giá trị của F : cột (7)
- Tương ứng với mọi 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 (5-136). 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 (5-137) 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 (*)).

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:

$$X_2^* = X_2^*(X_2^T) \text{ và } z_2(X_2^T) \quad (5-138)$$

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:

$$Z_3(X_3^T) = \max_{X_3} (z_3(x_3) + z_2(X_3^T - x_3)) \quad (5-139)$$

Tiếp tục thực hiện đến bước thứ j ta có công thức tổng quát:

$$Z_j(X_j^T) = \max_{X_j} (z_j(x_j) + z_{j-1}(X_j^T - x_j)) \quad (5-140)$$

$$\text{Với ràng buộc: } X_j^T = X_{j-1}^T + x_j \quad (5-141)$$

Từ (5-141) có: $X_{j-1}^T = X_j^T - x_j$, do đó công thức (5-140) có thể viết dưới dạng khác:

$$Z_j(X_j^T) = \max_{X_j} (z_j(x_j) + z_{j-1}(X_{j-1}^T)) \quad (5-140a)$$

Ở giai đoạn cuối khi $j = n$ ta có:

$$Z_n = Z_n(X_n^T) = \max_{X_n} (z_n(x_n) + z_{n-1}(X_n^T - x_n)) \quad (5-142)$$

$$\text{với } X_n^T = X^T = X_{n-1}^T + x_n \quad (5-143)$$

Đến giai đoạn này giá trị Z_n chính là giá trị cực đại của hàm mục tiêu Z .

Bảng 5-6: Các giá trị có thể 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}	$X_{14}^{(4)}$	$X_{14}^{(4)}$	$z(x_{24})$	$z(x_{24}) + X_{14}^{(4)}$

Đối với một giai đoạn thứ j bất kỳ với $j = 1, 2, 3, \dots, j, \dots, n$; với sự biến đổi của đại lượng X_j^T , tương tự như giai đoạn thứ hai ta có 2 cặp quan hệ:

$$X_j^* = X_j^*(X_j^T) \text{ và } z_j = z_j(X_j^T) \quad (5-144)$$

Đến đối tượng cuối cùng lập được quan hệ:

$$X_n^* = X_n^*(X_n^T) \text{ và } z_n = z_n(X_n^T) \quad (5-145)$$

Với những cặp như vậy sẽ thiết lập 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.

b. B ớc tính ng ợc

Quá trình tìm nghiệm $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ 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 5-2 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 (5-145):

$$X_{n-1}^* = X_{n-1}^*(X_{n-1}^T) \text{ tìm được } X_{n-1}^*.$$

- Tiếp tục như vậy cho đến đối tượng đầu tiên tìm được các giá trị tối ưu:

$$X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*). \quad (5-146)$$

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_{2i}^*	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_{2m}^*	X_{3m}^T	$Z_3(X_{3m}^T)$	X_{3m}^*	...	X_{nm}^T	$Z_n(X_{nm}^T)$	X_{nm}^*

Ví dụ:

Bài toán: Một trạm thủy 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 phải làm việc. Tức là, công suất nhỏ nhất của trạm thủy điện sẽ là:

$$N_{\min} = \sum_{j=1}^3 N_j = 50 \text{ MW} \quad (5-147)$$

Gọi công suất của các máy phát là N_j , ta có tổng công suất lớn nhất của các máy phát là:

$$\sum_{j=1}^3 N_j = N_{\max}^T \quad (5-148)$$

Quan hệ giữa lưu lượng và công suất của mỗi tổ máy $Q_j = f_j(N_j)$, với $j = 1, 2, \dots, n$, cho trong bảng (5-8).

Bảng 5-8: Quan hệ công suất lưu lượng của các tổ máy

C. 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 $N_{\max}^T = 300 \text{ MW}$.

Hàm mục tiêu theo bài toán đặt ra được viết dưới dạng sau:

$$Q_n = \sum_{j=1}^3 Q_j(N_j) \Rightarrow \min \quad (5-149)$$

$$\text{Với ràng buộc là: } 50 \text{ MW} \leq \sum_{j=1}^3 N_j \leq N_{\max}^T \quad (5-150)$$

Cách giải:

B- ớc tính xuôi:

Trước tiên ta xét phân phối công suất cho hai tổ máy.

Hàm mục tiêu đối với 2 tổ máy sẽ là:

$$Q_2(N_2^T) = \max_{N_2} (Q_2(N_2) + Q_1(N_2^T - N_2)) \quad (5-151)$$

$$\text{Với} \quad N_2^T - N_2 = N_1 \quad (5-152)$$

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 thỏa mãn ràng buộc:

$$50\text{MW} \leq N_2^T \leq 200\text{MW} \quad (5-153)$$

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 5-10). 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:

$$Q_3(N_3^T) = \max_{N_3} (Q_3(N_3) + Q_2(N_3^T - N_3)) \quad (5-154)$$

Để giảm khối lượng tính toán (vì đây là ví dụ minh họa) ta chọn bước tính toán $h = 50\text{MW}$.

Tổng công suất 3 tổ máy sẽ nằm trong khoảng:

$$50\text{MW} \leq N_3^T \leq 300\text{MW}$$

Theo phương trình (5-154) ta lập bảng (5-11) 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.

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 máy với công suất tổng cộng là 250 MW, thì phương án tối ưu tương ứng sẽ là phương án 5 trong bảng (5-11).

B- ớc tính ng- ợc:

Theo thuật toán ngược tìm được lời giải của bài toán ghi ở bảng (5-13).

Bảng 5-9: Các phương án phân phối công suất cho hai tổ máy đầu tiên

TT	N_2^T	N2	$N1 = N_2^T - N_2$	$Q_1(N1)$	$Q_2(N2)$	$F = Q_1(N_1) + Q_2(N_2)$
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
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

TT	N_2^T	N2	$N1 = N_2^T - N_2$	$Q_1(N1)$	$Q_2(N2)$	$F = Q_1(N1) + Q_2(N2)$
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	N2	$Q_2^T = \max F$	TT	N_2^T	N2	$Q_2^T = \max F$
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

5.6.3. 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.

5.6.3.1. 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 5-11). 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: $i = 1, \dots, m$. 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 tùy thuộc vào dạng của bài toán: có thể là năng lượng cần tiêu hao, có thể là năng lượng sinh ra trong quá 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 sử dụng 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:

$$F = Z(x_{n,i}, X_0) \rightarrow \max (\min) \quad (5-155)$$

Quỹ đạo tương ứng sẽ là quỹ đạo tối ưu.

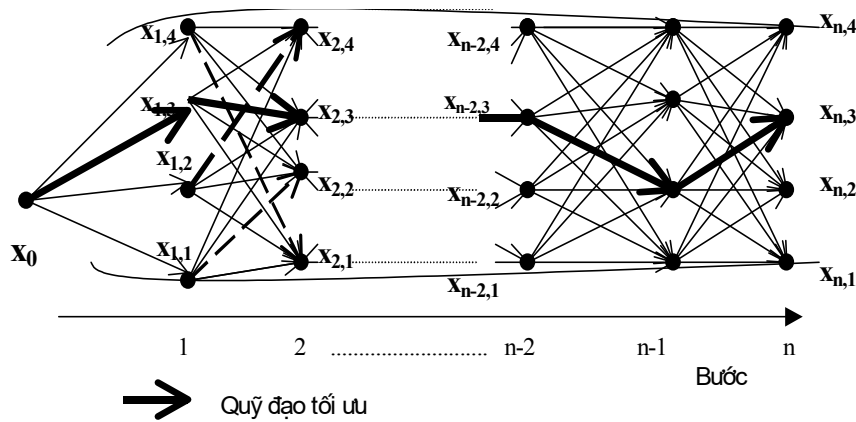
Ta chia thời kỳ $t_0 \div t_n$ ra nhiều thời đoạn nối tiếp nhau, giả sử ta chia làm n thời đoạn. Ở mỗi thời đoạn, trạng thái của đối tượng có thể là bất kỳ trong giới hạn hoạt động của nó (xem hình 5-11). Ký hiệu $x_{j,i}$ là trạng thái có thể của đối tượng ở thời đoạn thứ j (chỉ số chỉ thời đoạn); i 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:

$$x_{\min}^i \leq x_{j,i} \leq x_{\max}^i \quad \text{với } i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m$$

Trong đó, $x_{\min}^i$ và $x_{\max}^i$ 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 để 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 tọa độ ban đầu x_0 đến trạng thái $x_{j,i}$, nhưng chỉ có một quỹ đạo tối ưu.



Hình 5-11

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 x_0 đến trạng thái bất kỳ $(x_{j-1,k})$ 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 này bằng tổng năng lượng tối ưu để hệ thống di chuyển từ x_0 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.

5.6.3.2. Phương pháp giải

a. 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_0 đến 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 $i = \overline{1, m}$.

Ở thời đoạn đầu tiên, ta chưa tìm trạng thái tối ưu.

Sang giai đoạn thứ hai, đối tượng cũng có thể di chuyển đến trạng thái bất kỳ $x_{2,i}$. 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 đến trạng thái $x_{2,i}$ cho giá trị tối ưu về năng lượng, tức là:

$$Z_2(x_{2,i}) = \max_{x_{2,i}} (z_2(x_{2,i}, x_{1,k}) + z_1(x_{1,k}, x_0)) \quad (5-156)$$

với $k = 1, 2, \dots, m$; và $i = 1, 2, \dots, m$ (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 x_0 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 giai đoạn 1 đến trạng thái bất kỳ $x_{2,i}$ ở giai 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 ($i = 1, m$) có một giá trị $x_{1,k}^*$. Ta sẽ có m quỹ đạo đạt tối ưu đến các trạng thái $x_{2,i}$ với $i = 1, 2, \dots, m$.

$$\text{Đặt} \quad Z_1(x_{1,k}) = z_1(x_{1,k}, x_0) \quad (5-157)$$

Ta có thể viết lại biểu thức (5-156) dưới dạng sau:

$$Z_2(x_{2,i}) = \max_{x_{2,i}} (z_2(x_{2,i}, x_{1,k}) + Z_1(x_{1,k})) \quad (5-158)$$

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 được thoả mãn được mô tả theo biểu thức sau:

$$Z_3(x_{3,i}) = \max_{x_{3,i}} (z_3(x_{3,i}, x_{2,k}) + Z_2(x_{2,k})) \quad (5-159)$$

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.

$z_3(x_{3,k}, x_{2,k})$ 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 giai 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_0 qua nó đến trạng thái $x_{3,i}$ bất kỳ ở giai đoạn 3. Như vậy, đến giai đoạn 3, ta có quỹ đạo tối ưu $x_0 - x_{1,k}^* - x_{2,k}^* - x_{3,i}$. 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:

$$Z_j(x_{j,i}) = \max_{x_{j-1,k}} (z_j(x_{j,i}, x_{j-1,k}) + Z_{j-1}(x_{j-1,k})) \quad (5-160)$$

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 x_0 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 x_0 , đến trạng thái bất kỳ $x_{j,i}$ là:

$$x_0 - x_{1,k}^* - x_{2,k}^* - x_{3,k}^* - \dots - x_{j,i}. \text{ Và có cặp quan hệ } x_{j-1,k}^* \sim x_{j,i}$$

Đến thời đoạn cuối cùng $j = n$, ta có :

$$Z_n(x_{n,i}) = \max_{x_{n-1,k}} (z_n(x_{n,i}, x_{n-1,k}) + Z_{n-1}(x_{n-1,k})) \quad (5-161)$$

Trong đó: $x_{n,i}$ là trạng thái cần đạt được ở thời đoạn cuối với $i = 1, 2, \dots, m$. Giá trị $Z_n(x_{n,i})$ 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 giai đoạn cuối. Tại thời đoạn cuối, với mỗi trạng thái được ấn định trong số các trạng thái có thể i (với $i = 1, 2, \dots, m$) 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:

$$Z_n = \max(Z_n(x_{n,i}); i = 1, 2, \dots, m) \quad (5-162)$$

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.

b. 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 $x_{n-1,k}^*$, ta tiếp tục dùng bảng quan hệ tìm ra chuỗi các trạng thái tối ưu (quỹ đạo tối ưu từ) x_{n-1}^* đến x_n^* :

$$(x_0^*, x_1^*, x_2^*, \dots, x_j^*, \dots, x_n^*) \quad (5-163)$$

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	$x_{1,k}^* \sim x_{2,m}$	$x_{2,k}^* \sim x_{3,m}$	.	$x_{n-1,k}^* \sim x_{n,m}$

5.7. ÁP DỤNG PHƯƠNG PHÁP TỐI ƯU HÓA TRONG QUY HOẠCH QUẢN LÝ NGUỒN NƯỚC

Phương pháp tối ưu hóa khi áp dụng trong quy hoạch và quản lý nguồn nước rất đa dạng. Trong tài liệu này trình bày một số ứng dụng cụ thể để minh họa cho phương pháp tối ưu hóa.

5.7.1. Tối ưu với bài toán thiết kế hệ thống

Ví dụ 1: Bài toán thiết kế hệ thống hồ chứa cấp n ôc

Giả sử thiết kế hệ thống gồm 3 hồ chứa và có nhiệm vụ cấp nước cho vùng A với quá trình lưu lượng cần là $q(t)$. Xác định dung tích hiệu dụng của 3 hồ sao cho chi phí xây dựng công trình là nhỏ nhất. Sẽ có 3 công trình hồ chứa được đưa vào xem xét trong bài toán quy hoạch và có 3 loại khả năng phương án công trình:

1. Xây dựng hồ chứa 1 và hồ chứa 2 với quy mô tương ứng là V_1 và V_2 :

$$V_{c1} \leq V_1 \leq V_{1bt}; V_{c2} \leq V_2 \leq V_{2bt}$$

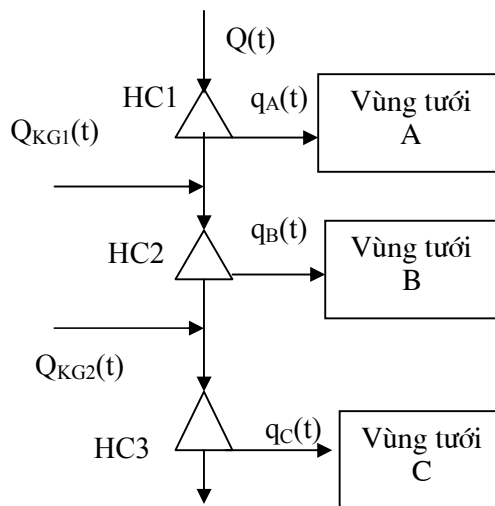
V_{c1}, V_{c2} - dung tích chết của hồ HC1 và HC2

V_{1bt}, V_{2bt} - dung tích lớn nhất cho phép tương ứng với mực nước dâng bình thường cho phép của hai hồ.

2. Xây dựng hồ 2 và hồ 3 với quy mô V_2 và V_3 : $V_{c3} \leq V_3 \leq V_{3bt}$

Với V_{c3} là dung tích chết của hồ HC3; V_{3bt} là dung tích lớn nhất cho phép của hồ HC3 tương ứng với mực nước dâng bình thường cho phép.

3. Xây dựng cả 3 hồ chứa với quy mô V_1, V_2 và V_3 .



Hình 5-12: Sơ đồ hệ thống cấp nước tưới

HC1, HC2, HC3 - hồ chứa; $Q(t)$ là quá trình lưu lượng đến thiết kế tuyến hồ HC1;

$Q_{KG1}(t), Q_{KG2}(t)$ là các quá trình lưu lượng khu giữa thiết kế;

$q_A(t), q_B(t), q_C(t)$ là quá trình lưu lượng theo yêu cầu tưới của vùng A, B, C;

Vùng A, B, C - vùng tưới.

Có thể áp dụng phương pháp quy hoạch động giải bài toán này.

Gọi các giá trị V_1, V_2, V_3 là các quy mô dung tích hiệu dụng của mỗi công trình. Khi đó theo điều kiện địa hình dung tích lớn nhất và nhỏ nhất của dung tích hiệu dụng $V_{h1dh}, V_{h2dh}, V_{h3dh}$ là:

$$0 \leq V_1 \leq V_{h1dh} = V_{1bt} - V_{1c}$$

$$0 \leq V_2 \leq V_{h2dh} = V_{2bt} - V_{2c}$$

$$0 \leq V_3 \leq V_{h3dh} = V_{3bt} - V_{3c}$$

$V_{h1dh}, V_{h2dh}, V_{h3dh}$ là dung tích hiệu dụng địa hình nằm giữa dung tích chết và dung tích tương ứng với mực nước dâng bình thường $V_{1bt}, V_{2bt}, V_{3bt}$.

Cần xác định quy mô công trình cho các công trình được đưa vào quy hoạch sao cho cực tiểu hàm mục tiêu:

$$J = \min_{V^T} C = \min \sum_{j=1}^3 C_j(V_j) \quad (5-164)$$

Phương pháp giải bài toán được thực hiện theo các bước tính xuôi và tính ngược.

a. B ớc tính xuôi

Các phương án xây dựng đầu tiên: Chi phí xây dựng hồ đầu tiên được viết dưới dạng:

$$C_1(V_1^T) = c_1(V_1) \quad (5-165)$$

Với các ràng buộc:

$$\text{- Về cấp nước} \quad q_c(t) = q_A(t) \quad (5-166)$$

$$\text{- Về địa hình} \quad 0 \leq V_1 \leq V_{h1dh}; \quad (5-167)$$

Đối với hồ đầu tiên mới có một đối tượng nên chưa xét tối ưu, giá trị V_1 nhận giá trị bất kỳ trong giới hạn cho phép của nó, $c_1(V_1)$ là vốn đầu tư đối với hồ HC1 với quy mô V_1 .

Xác định giá trị dung tích hiệu dụng nhỏ nhất và lớn nhất của HC1:

- Dung tích nhỏ nhất của hồ HC1 phải đảm bảo đủ cấp nước lấy tại thượng lưu hồ là $q_A(t)$. Tiến hành tính toán điều tiết cho hồ HC1 được dung tích hiệu dụng tối thiểu đủ cấp nước theo yêu cầu $q_A(t)$ là $V_{h1(min)}$
- Giả sử hồ HC2 và HC3 là đập dâng, khi đó hồ HC1 phải có dung tích điều tiết bổ sung đủ lớn để cấp nước theo $q_B(t)$ và $q_C(t)$. Giả sử tính điều tiết cho hệ thống được dung tích hiệu dụng lớn nhất hồ HC1 là V_{h1T} . Đối chiếu với dung tích hiệu dụng lớn nhất cho phép theo địa hình V_{h1dh} :
 - Nếu $V_{h1T} \geq V_{h1dh}$ thì $V_{h1max} = V_{h1dh}$ (vì dung tích hồ không thể vượt mực nước dâng bình thường cho phép).

- Nếu $V_{h1T} < V_{h1dh}$ thì $V_{1max} = V_{h1T}$ (hồ chứa HC1 chỉ cần dung tích lớn nhất V_{h1T} đã đủ cấp nước cho toàn hệ thống).

Giả sử ta chia biên độ dung tích hồ HC1 thành n1 cấp (để tiện theo dõi ta giả định chia thành 4 mức: n1= 4) là $V_{11}, V_{12}, V_{13}, V_{14}$ với điều kiện:

$$V_{h1min} \leq V_{11}, V_{12}, V_{13}, V_{14} \leq V_{h1max} \quad (5-168)$$

Tương ứng sẽ có vốn đầu tư xây dựng là $C_1(V_{11}), C_1(V_{12}), C_1(V_{13}), C_1(V_{14})$.

Cho ví dụ bằng số:

Phương án bố trí dung tích hai hồ đầu tiên: Phương trình tối ưu có điều kiện khi bố trí dung tích hiệu dụng hai hồ đầu tiên được viết dưới dạng:

$$C_2(V_2^T) = \min_{V_2} (c_2(V_2) + c_1(V_1)) \quad (5-169)$$

Bảng 5-15: Dung tích hiệu dụng và chi phí xây dựng hồ HC1

Phương án dung tích (triệu m ³)	$V_{11}=V_{h1min}=1,0$	$V_{12}= 4,0$	$V_{13}= 7,0$	$V_{14}=V_{h1max}= 10$
$C_1(V_i)$ (tỷ đồng)	$C_1(V_{11})= 10,0$	$C_1(V_{12})= 15,0$	$C_1(V_{13})= 20,0$	$C_1(V_{14})= 30,0$

Phương trình (5-169) được viết dưới dạng phương trình truy hồi:

$$C_2(V_2^T) = \min_{V_2} (c_2(V_2) + C_1(V_1^T + V_2)) \quad (5-170)$$

Với ràng buộc: $(V_2^T) = V_1^T + V_2$, từ đó suy ra:

$$V_2 = V_2^T - V_1^T = V_2^T - V_1 \text{ (vì trong trường hợp xem xét hai hồ đầu tiên thì } V_1^T = V_1)$$

Trong đó V_1 và V_2 là quy mô công trình của hồ số HC1 và hồ số HC2 có thể chọn bất kỳ sao cho nằm trong giới hạn có thể của nó; V_2^T là dung tích tổng cộng của hai hồ đầu tiên; $c_1(V_1), c_2(V_2)$ là chi phí xây dựng hồ thứ nhất và thứ hai với quy mô V_1 và V_2 ; $C_2(V_2^T)$ là giá trị tối ưu có điều kiện phương án 2 hồ đầu tiên.

Với điều kiện tổng dung tích của hai hồ đầu tiên nằm trong khoảng giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của nó:

$$\min V_2^T \leq V_2^T = (V_1 + V_2) \leq \max V_2^T \quad (5-171)$$

Trong đó: $\min V_2^T, \max V_2^T$ tương ứng là dung tích tổng cộng nhỏ nhất và lớn nhất của hai hồ đầu tiên.

Xác định $\min V_2^T, \max V_2^T$:

Tổng dung tích nhỏ nhất của hồ HC1 và HC2 phải đảm bảo đủ cấp nước lấy tại thượng lưu hồ HC1 là $q_A(t)$ và hồ HC2 là $q_B(t)$, tương ứng với hồ HC1 có dung tích tối thiểu là V_{h1min} . Tiến hành tính toán điều tiết cho hồ HC1 và hồ HC2 được dung tích hiệu dụng tổng cộng của hai hồ là:

$$\min V_2^T = 3,0 \text{ triệu m}^3$$

Xác định $\max V_2^T$:

Tổng dung tích hiệu dụng lớn nhất của hai hồ tương ứng với trường hợp hồ HC3 là đập dâng (dung tích hiệu dụng bằng “0”). Khi đó hai hồ chứa phải đảm HC1 và HC2 phải điều tiết bổ sung đảm bảo cấp đủ nước tưới cho cả 3 khu tưới. Tính toán điều tiết cho hai hồ chứa HC1 và HC2 theo điều kiện trên được tổng dung tích hiệu dụng cho hai hồ trên là $\max V_{2tt}^T$. Tổng dung tích hiệu dụng của hai hồ $\max V_2^T$ không thể lớn hơn dung tích cho phép do điều kiện địa hình. Bởi vậy:

$$\text{- Nếu } \max V_{2tt}^T \geq V_{2dh}^T = V_{h1dh} + V_{h2dh} \quad \text{thì} \quad \max V_2^T = V_{2dh}^T$$

$$\text{- Nếu } \max V_{2tt}^T < V_{2dh}^T = V_{h1dh} + V_{h2dh} \quad \text{thì} \quad \max V_2^T = V_{2tt}^T$$

Giả sử thông qua tính toán được $\max V_2^T = 10 \text{ tỷ m}^3$. Giá trị của dung tích hiệu dụng tổng cộng nằm trong khoảng:

$$3,0 \text{ triệu m}^3 = \min V_2^T \leq V_2^T \leq \max V_2^T = 10 \text{ triệu m}^3$$

Giả sử chia giá trị V_2^T thành 3 mức: 3,0; 5,0; 10,0 (triệu m^3)

Sẽ có các tổ hợp sau đây của dung tích hai hồ chứa đầu tiên (bảng 5-15):

Các giá trị có ký hiệu (*) là các giá trị cho kinh phí nhỏ nhất được xác định theo công thức (5-169). Các phương án tối ưu đối với 3 mức của tổng dung tích V_2^T được thống kê trong bảng (5-16). Trong bảng (5-16), mỗi phương án tối ưu của một mức tương ứng sẽ là giá trị tối ưu của V_1 và V_2 .

Bảng 5-15: Các tổ hợp phân phối dung tích hai hồ chứa đầu tiên và giá trị tối ưu

V_2^T (triệu m ³)	$V_1^T = V_1$ (triệu m ³)	$C_1(V_1)$ (tỷ đồng)	V_2 (triệu m ³)	$C_2(V_2)$ (tỷ đồng)	$C_2(V_2^T) = C_1(V_1) + C_2(V_2)$ (tỷ đồng)
$V_2^T = 3,0$	1,0	10,0	2,0	16,0	26,0 (*)
$V_2^T = 5,0$	1,0	10,0	4,0	22,0	32,0
	4,0	15,0	1,0	8,0	23,0 (*)
$V_2^T = 10,0$	1,0	10,0	9,0	36,0	46,0
	4,0	15,0	6,0	28,0	43,0
	7,0	20,0	3,0	15,0	35,0
	10	30,0	0,0 (đập dâng)	2,0	32,0 (*)

Phương án bố trí dung tích ba hồ chứa: Phương trình tối ưu có điều kiện có dạng:

$$C_3(V_3^T) = \min (c_3(V_3) + C_2(V_2^T)) \quad (5-172)$$

Với ràng buộc: $V_3^T = V_2^T + V_3 \quad (5-173)$

Từ đó xác định $V_3 = V_3^T - V_2^T$

Bảng 5-16: Phương án tối ưu theo các mức của V_2^T

Phương án dung tích (triệu m ³)	$V_2^T = 3,0$	$V_2^T = 5,0$	$V_2^T = 10,0$
$\min C_2(V_2^T)$ (tỷ đồng)	26,0	23,0	32,0
V_1	1,0	4,0	10,0
V_2	2,0	1,0	0,0

Trong đó: V_3 là dung tích hồ thứ 3; V_3^T là dung tích tổng cộng của 3 hồ chứa; $c_3(v_3)$ là chi phí xây dựng hồ thứ 3 với quy mô v_3 ; $C_3(V_3^T)$ là giá trị tối ưu phương án 3 hồ; $C_2(V_2^T)$ là giá trị tối ưu có điều kiện khi xem xét các phương án 2 hồ đầu tiên. Giá trị tối ưu $C_3(V_3^T)$ là giá trị tối ưu cuối cùng, giá trị này phụ thuộc vào biến chọn V_3 . Bởi vậy, cần phải thực hiện bước cuối cùng: chọn trong số các giá trị $C_3(V_3^T)$ một giá trị nhỏ nhất và đó chính là giá trị tối ưu của hàm mục tiêu.

Bảng 5-17: Dung tích hiệu dụng của hồ HC3 và kinh phí xây dựng tương ứng

Tổng dung tích hiệu dụng hồ HC1+HC2 (triệu m ³)	Phương án 1 $V_2^T = 3,0$	Phương án 2 $V_2^T = 5,0$	Phương án 3 $V_2^T = 10,0$
Kinh phí xây dựng cực tiểu hai hồ HC1+ HC2 $\min C_2(V_2^T)$ (tỷ đồng)	26,0	23,0	32,0
Dung tích hiệu dụng hồ HC3: V_3 (triệu m ³)	7,0	5,0	0,0 (đập dâng)
Kinh phí xây dựng hồ HC3: $C_2(V_3)$ (tỷ đồng)	30,0	26,0	3,0
Tổng kinh phí xây dựng 3 hồ (tỷ đồng)	56,0	49,0	35,0 ^(*)

Hồ HC3 là hồ bậc cuối cùng nên dung tích của hồ HC3 phải đảm bảo đủ cấp nước cho vùng tưới C với $q_C(t)$ với sự điều tiết bổ sung của hai hồ phía trên. Với mỗi phương án tổng dung tích hiệu dụng của hai hồ HC1 và HC2 là V_2^T trong bảng (5-16) sẽ có tương ứng 1 giá trị dung tích hiệu dụng của hồ HC3. Tính toán điều tiết cho hệ 3 hồ chứa với các phương án V_2^T sẽ được dung tích hiệu dụng tương ứng của hồ HC3. Trong bảng (5-17) thống kê kết quả xác định V_3 , kinh phí xây dựng kèm theo của hồ HC3 và kinh phí tổng cộng xây dựng cả 3 hồ theo các mức khác nhau của V_2^T (đã tối ưu ở bước tính toán trước).

b. B ớc tính ng ợc

Theo kết quả tính toán ở giai đoạn cuối cùng thống kê trong bảng (5-17) cho thấy phương án 3 là phương án tối ưu nhất, kinh phí xây dựng tổng cộng nhỏ nhất là 35 tỷ đồng. Suy ngược lại các giá trị tối ưu có điều kiện ở bảng (5-16) cho kết quả dung tích hiệu dụng các hồ chứa như sau:

Hồ HC1: Dung tích hiệu dụng $V_1 = 10$ triệu m³; hồ HC2 và HC3 đều có dung tích hiệu dụng bằng “0”. Như vậy, chỉ nên xây dựng hồ chứa HC1 còn các vị trí còn lại chỉ nên làm đập dâng.

Ví dụ 2: Xác định độ sâu công tác có lợi nhất của hệ thống hồ chứa bậc thang phát điện

Trong ví dụ này xem xét bài toán tối ưu cho hệ thống hồ chứa bậc thang phát điện.

Độ sâu công tác có lợi nhất của mỗi hồ chứa trong hệ thống bậc thang phát điện được lựa chọn sao cho làm cực đại tổng công suất đảm bảo của hệ thống trạm thủy điện của các hồ chứa trong bậc thang:

$$F(h_1, h_2, \dots, h_j, \dots, h_n) = \sum_{j=1}^n Np_j \rightarrow \max = F(h_1, h_2, \dots, h_j, \dots, h_n) \quad (5-174)$$

Hàm mục tiêu (5-174) có tham biến nghiệm là các độ sâu công tác.

Hàm mục tiêu của bài toán này có dạng không tách được nên không thể ứng dụng phương pháp quy hoạch động.

Bài toán có thể giải bằng phương pháp lập của trực tiếp đối với véc tơ:

$$H = (h_1, h_2, \dots, h_n).$$

Giải bài toán trên theo các bước thực hiện như sau:

(1) Lựa chọn toạ độ ban đầu làm điểm xuất phát:

$$H^0 = (h_1^0, h_2^0, \dots, h_n^0) \quad (5-175)$$

Tương ứng ta có:

$$F(H^0) = F(h_1^0, h_2^0, \dots, h_n^0) \quad (5-176)$$

(2) Chọn một biến bất kỳ trong véc tơ H và dò tìm hướng có thể cho biến ấy. Ta bắt đầu biến đầu tiên h_1 , các biến khác được giữ nguyên giá trị ban đầu. Giả sử ta tăng giá trị của h_1 một giá trị Δh_1 .

Ta có:
$$h_1^1 = h_1^0 + \Delta h_1 \quad (5-177)$$

(3) Tính giá trị
$$F_1 = F(h_1^0 + \Delta h_1, h_2^0, \dots, h_n^0)$$

và tính
$$\Delta F_1 = F_1 - F(H^0) \quad (5-178)$$

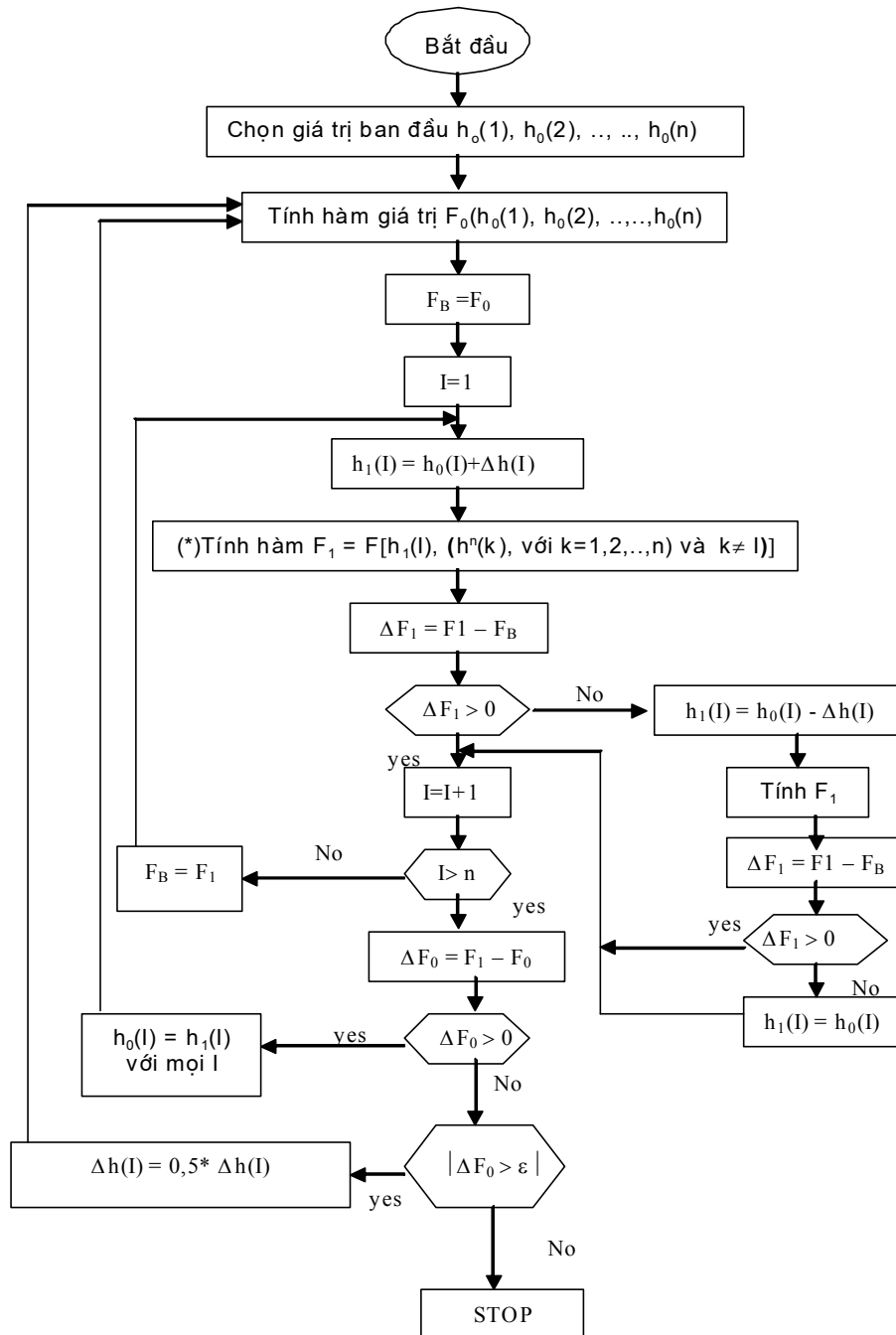
(4) Kiểm tra điều kiện:

- Nếu $\Delta F_1 \geq 0$ chứng tỏ hướng di chuyển là đúng ta cố định điểm đó với h_1 và dò sang biến khác.

Tức là lấy
$$h_1^1 = h_1^0 + \Delta h_1 \quad (5-179)$$

- Nếu $\Delta F_1 < 0$ hướng dò này không về được max (không đạt). Ta phải dò theo hướng ngược lại (lùi) lấy:
$$h_1^1 = h_1^0 - \Delta h_1$$

Tiếp tục tính
$$F_1 = F(h_1^0 - \Delta h_1, h_2^0, \dots, h_n^0) \text{ và } \Delta F' = F_1 - F(H^0)$$



Hình 5-13: Phương pháp lập trực tiếp xác định độ sâu công tác có lợi nhất

Nếu $\Delta F_1' \geq 0$, chúng ta hướng dò tìm đúng, ta cố định điểm đó và dò tìm cho biến tiếp theo, tức là:

$$h_1^1 = h_1^0 - \Delta h_1 \quad (5-180)$$

Nếu $\Delta F_1' < 0$, hướng dò tìm không đạt, tức là rơi vào tình trạng "tiến thoái lưỡng nan". Trong trường hợp này ta giữ nguyên biến h_1 , tức là "không tiến cũng không lùi":

$$x_1^1 = x_1^0 \quad (5-181)$$

và dò sang biến tiếp theo.

(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 (5-179)÷(5-181). Giả sử chọn một gia lượng Δh_2 cho biến thứ hai ta có:

$$\text{Chọn } h_1^2 = h_1^0 + \Delta h_2 \quad \text{và tính } F_2 = F(h_1^1, h_2^0 + \Delta h_2, h_3^0, \dots, h_n^0)$$

$$(6) \text{ Tính: } \Delta F_2 = F_2 - F_1$$

Nếu $\Delta F_2 \geq 0$ hướng di chuyển đạt yêu cầu, ta cố định tọa độ h_2 và dò tìm cho biến tiếp theo, tức là chọn

$$h_2^1 = h_2^0 + \Delta h_2 \quad (5-182)$$

Nếu $\Delta F_2 < 0$, hướng dò tìm không đạt phải lùi.

$$\text{Ta chọn } h_2^1 = h_2^0 - \Delta h_2 \quad \text{và tính } F_2 = F(h_1^1, h_2^0 - \Delta h_2, h_3^0, \dots, h_n^0)$$

$$\text{Tính } \Delta F_2' = F_2 - F_1$$

- Nếu $\Delta F_2' \geq 0$ hướng dò tìm đạt yêu cầu và cố định điểm đó chọn:

$$h_2^1 = h_2^0 - \Delta h_2 \quad (5-183)$$

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:

$$h_2^1 = h_2^0 \quad (5-184)$$

và chuyển sang dò tìm cho biến sau.

(7) Tiếp tục làm như các bước trên đây cho đến cuối cùng là h_n . Ta kết thúc lần lặp thứ nhất.

(8) Sau khi đã kết thúc lần lặp thứ nhất, tính giá trị $F(H_1)$, với:

$$H^1 = (h_1^1, h_2^1, \dots, h_n^1) \quad (5-185)$$

(9) Kiểm tra điều kiện:

$$\Delta F = F(H^1) - F(H^0) > 0 \quad (5-186)$$

- Nếu (5-186) không thoả mãn, hướng dò tìm không thoả mãn, chuyển sang bước (10).
- Nếu (5-186) 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:

$$\text{Nếu } |\Delta F| \leq \varepsilon \quad (5-187)$$

Trong đó ε là số dương cho trước tùy ý (sai số của kết quả dò tìm điểm cực trị)

- Nếu (5-187) thoả mãn, kết thúc công việc dò tìm và nghiệm tối ưu của bài toán là:

$$H^* = (h_1^*, h_2^*, \dots, h_n^*) \quad (5-188)$$

- Nếu $|\Delta F| > \varepsilon$, 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 tọa độ ban đầu cho lần dò tìm tiếp theo là điểm kết thúc đối với lần dò tìm trước, tức là: $H^0 = H^1$, đồng thời bước dò tìm được chọn như lần dò tìm trước đó, tức là:

$$\text{lấy } \Delta h_i^2 = \Delta h_i^1 \quad i = \overline{1, n}$$

(10) Trong trường hợp $\Delta F < 0$, chứng tỏ hướng dò tìm không đạt do đã vượt quá điểm có giá trị min. Kiểm tra điều kiện:

$$\Delta h_i^k \leq \varepsilon_i \quad \text{với mọi } i \quad (5-189)$$

Trong đó: k là chỉ số chỉ lần lặp; ε_i là sai số cho trước đối với các Δh_i với mọi i .

Nếu (5-189) thoả mãn, kết thúc dò tìm và nghiệm của bài toán.

Trong trường hợp ngược lại cần chia nhỏ bước dò tìm bằng cách chọn:

$$\Delta h_i^k = \frac{1}{2} \Delta h_i^{k-1}$$

và tiếp tục quay lại từ bước đầu tiên, cho đến khi đạt được các điều kiện (5-188) và (5-189).

5.7.2. Tối ưu hoá trong bài toán phân phối nước

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 có thể không 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 đó.

Gọi w_j là lượng nước cấp cho vùng thứ j ; $j = 1$ đến n , sao cho thoả mãn ràng buộc:

$$\sum_{j=1}^n w_j = W^T \quad (5-190)$$

Cần tìm phương án phân phối nước sao cho là cực đại hàm mục tiêu có dạng:

$$F = f_1(w_1, w_{x1}, s_1, A_1) + \dots + f_j(w_j, w_{xj}, s_j, A_j) + \dots + f_n(w_n, w_{xn}, s_n, A_n) \rightarrow \max \quad (5-191)$$

Trong đó:

w_{vj} - lượng nước mà có thể khai thác được ở trong vùng;

s_j - vốn cần đầu tư bao gồm chi phí cho yêu cầu về nước, phân bón v.v...;

A_j - thông số hình thức đặc trưng cho phương án cây trồng.

Giả thiết rằng:

$$w_j + w_{vj} = D_j \quad (5-192)$$

Trong đó:

D_j - lượng nước cần phụ thuộc vào các phương án cây trồng.

Các hàm $f_j(\cdot)$ là lợi ích mang lại với phương án phân phối nước. Hàm lợi ích $f(\cdot)$ có thể lợi ích thu được của 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).

Phương pháp giải

Việc giải bài toán tối ưu dạng (5-191) 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 hai mức (xem hình 5-14). 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 , $j = 1, \dots, n$, các cấp dưới nhận được chỉ tiêu w_j sẽ tìm phương án tối ưu cho hệ thống con đang xét và cho phản hồi lên cấp trung tâm là $\bar{f}_j(w_j)$.

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:

$$f_j(w_j, w_{vj}, s_j, A_j) \quad (5-193)$$

Trong đó:

Mục tiêu đạt được của vùng thứ j là làm cực trị hàm (5-193) với ràng buộc hàm (5-192). Cấp trung tâm sẽ quan tâm đến giá trị cực đại của $f_j(w_j)$, Ta có:

$$\bar{f}(w_j) = \max f_j(w_j, w_{vj}, s_j, A_j) \quad (5-194)$$

sao cho thoả mãn ràng buộc (5-192). Giá trị w_j là phương án phân phối nước cho vùng thứ j được coi là đã biết khi giải bài toán tối ưu (5-194), nghiệm của bài toán đối với 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 các 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:

$$\max F(w) = \bar{f}_1(w_1) + \bar{f}_2(w_2) + \dots + \bar{f}_n(w_n) \quad (5-195)$$

Với ràng buộc dạng (5-190).

Trong đó: $W = (w_1, w_2, \dots, w_j, \dots, w_n)$

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 5 biến và 1 bài toán tối ưu n biến. Với cách như vậy sẽ làm giảm sự phức tạp của bài toán tối ưu.

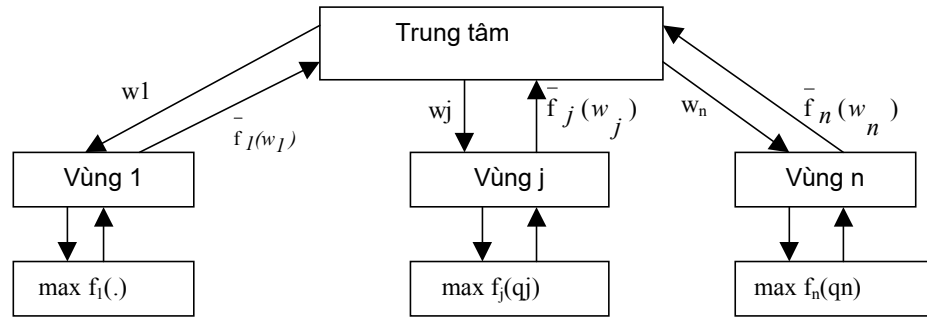
Các bước giải bài toán trên như sau:

(1) Đối với mỗi hệ thống con thứ j , giả định những giá trị w_j khác nhau ($w_{j1}, w_{j2}, \dots, w_{jm}$), với mỗi giá trị w_{ji} tiến hành tìm cực trị hàm mục tiêu dạng (5-194) được các giá trị $\bar{f}_j(w_j)$.

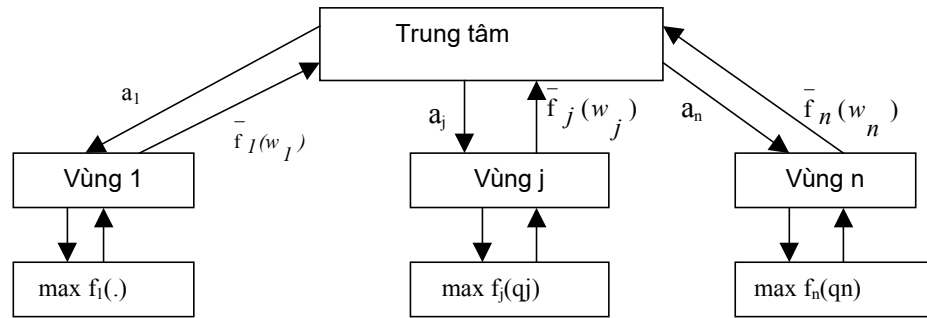
(2) Với mỗi vùng j như vậy vẽ được một quan hệ hàm tối ưu giữa $\bar{f}_j(w_j)$ với các w_j (hình 5-15).

(3) Giải bài toán tối ưu toàn hệ thống dạng (5-195).

Bài toán tối ưu dạng (5-195) 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.



Hình 5-14a: Sơ đồ phân cấp hệ thống theo quan điểm phân tích kinh tế



Hình 5-14b: Sơ đồ phân cấp hệ thống theo quan điểm phân tích tài chính

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:

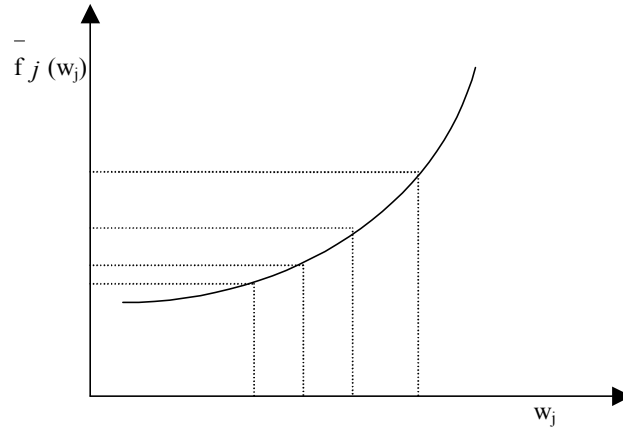
Giả sử công ty quản lý thủy nông cần định giá nước cho các vùng là a_j , $j = 1, 2, \dots, n$. Với giá nước ấn định cho từng vùng, các vùng sẽ phải xem xét khả năng dùng nước với giá như vậy và quyết định lượng nước dùng w_j . Đây là giá trị tối ưu mà họ có thể dùng để tối ưu hàm mục tiêu cục bộ dạng (5-194). Phản hồi của từng con lên trung tâm (Công ty) là giá trị tối ưu $\bar{f}_j(w_j)$ bằng:

$$\bar{f}_j(w_j) = a_j w_j$$

Và hàm mục tiêu với cấp trung tâm có dạng:

$$F = \sum_{j=1}^n a_j w_j \quad (5-196)$$

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 (5-196) phải đạt giá trị cực đại.



Hình 5-15: Quan hệ $\bar{f}_j(w_j) \sim w_j$

1. Phương pháp dò tìm tối ưu

Bài toán tối ưu dạng (5-195) với ràng buộc dạng (5-190) có thể đưa về dạng bài toán không có ràng buộc bằng cách lập hàm Lagrange:

$$L(W, \lambda) = F(W) + \lambda (W - g(W)) \quad (5-197)$$

Trong đó $g(W) = w_1 + w_2 + \dots + w_n$.

Với λ là nhân tử Lagrange.

Bài toán tối ưu dạng (5-197) được giải bằng các phương pháp dò tìm tối ưu, Trong đó:

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_j, \dots, w_n)$$

Với phương pháp dò tìm tối ưu sẽ tìm được nghiệm tối ưu λ^* và W^* :

$$W^* = (w_1^*, w_2^*, \dots, w_n^*)$$

2. Phương pháp quy hoạch động

Hàm mục tiêu của bài toán (5-195) là hàm tách được. Bởi vậy, có thể áp dụng phương pháp quy hoạch động để giải bài toán tối ưu với bài toán. Ta viết lại hàm mục tiêu với dạng sau:

$$Z = \bar{f}_1(w_1) + \bar{f}_2(w_2) + \dots + \bar{f}_n(w_n) \quad (5-198)$$

Với ràng buộc:

$$W^T = w_1 + w_2 + \dots + w_n. \quad (5-199)$$

Phương pháp quy hoạch động được giải quyết bằng cách sử dụng công thức truy hồi của Bellman:

$$Z_j(W_j^T) = \max(\bar{f}_j(w_j) + Z_{j-1}(W_j^T - w_j)) \quad (5-200)$$

trong đó: $0 \leq W_j^T \leq W^T$

Các giá trị $\bar{f}_j(w_j)$ được tra trên biểu đồ (5-15).

Bài toán tối ưu được giải theo nhiều giai đoạn, đầu tiên xem xét sự phân phối nước cho 2 vùng, sau đó là 3, 4 vùng v.v..., cho đến n vùng. Sau đó thực hiện phép tính ngược tìm được nghiệm tối ưu.

3. 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:

a. Bài toán phân phối nước theo quan điểm phân tích tài chính

Theo quan điểm phân tích tài chính, hàm mục tiêu có dạng (5-196), với ràng buộc (5-190), và có thể viết lại như sau:

$$\max F = a_1 w_1 + a_2 w_2 + \dots + a_j w_j + \dots + a_n w_n \quad (5-201)$$

Với ràng buộc:

$$w_1 + w_2 + \dots + w_j + \dots + w_n = W^T \quad (5-202)$$

Đây là dạng bài toán tuyến tính có thể giải được theo phương pháp quy hoạch tuyến tính.

b. 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 (5-191) có thể viết hàm mục tiêu dưới dạng:

$$F = \sum_{j=1}^m (B_j y_j - C_j) A_j - c_s \sum_{i=1}^{N_t} S_i - c_q \sum_{i=1}^{N_t} W_{n_i} \quad (5-203)$$

Trong đó:

A_j - diện tích cây trồng loại j;

B_j - giá thành một đơn vị sản phẩm cây trồng thứ j;

Y_j - năng suất loại cây trồng thứ j;

C_j - chi phí cho một đơn vị diện tích loại cây trồng thứ j (không tính chi phí nước;

C_s, C_q - giá nước mặt và nước ngầm;

S_i - lượng nước mặt được sử dụng;

W_q - lượng nước ngầm được sử dụng;

m - số loại cây trồng;

N_t - 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 (5-203).

Với các ràng buộc:

- *Ràng buộc về diện tích:*

Tổng diện tích canh tác không vượt quá diện tích canh tác có thể A .

$$\text{Nếu gọi } \lambda_j = \frac{A_j}{A} \text{ thì phải có } \sum_{i=1}^m \lambda_j \leq 1 \quad (5-204)$$

- *Ràng buộc về nhu cầu nước theo thời gian:*

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:

$$\sum_{i=1}^m A_j R_{ji} \leq \eta_s S_i + \eta_q W_{ji} \quad (5-205)$$

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:

$$\sum_{i=1}^{N_t} S_i \leq W_c \quad (5-206)$$

- *Ràng buộc về nước ngầm:*

Tương tự như nước mặt

$$\sum_{i=1}^{N_t} W_i \leq W_q \quad (5-207)$$

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:*

Tùy thuộc vào điều kiện cụ thể của từng vùng diện tích cây trồng loại j nào đó phải nằm trong giới hạn nhất định:

$$A_{\min} \leq A_j \leq A_c \quad (5-208)$$

$A_{\min}$ 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 (5-203) đến (5-208) đều có dạng tuyến tính nên có thể áp dụng phương pháp quy hoạch tuyến tính để giải.

5.7.3. Tối ưu với bài toán phát triển nguồn nước

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 $W_{\max}$. 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: Ví dụ một hệ thống có 4 công trình sẽ được xây dựng. Vốn đầu tư xây dựng C và khả năng cấp nước W_c tương ứng cho ở bảng 5-18. Giả sử các công trình được xây dựng phải đáp ứng yêu cầu nước $W(t)$ được cho trong bảng 5-19. 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:

$$F = \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T x_{it} C_{it} (1+r)^{-t} \rightarrow \min \quad (5-209)$$

Trong đó:

C_{it} - 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 - hệ số chiết khấu, t biến là thời gian tính theo năm.

x_{it} - 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} để dễ dàng trong quá trình tính toán.

Với các số liệu ở 2 bảng (5-18) và (5-19), có 3 phương án về đầu tư xây dựng để đảm bảo được yêu cầu nước phát triển theo thời gian $W(t)$.

Bảng 5-18: Vốn đầu tư và khả năng cấp nước của các công trình

(Trong ví dụ chi phí: tính theo đơn vị (tỷ đồng); còn khả năng cấp nước và nhu cầu nước tính theo đơn vị thể tích bằng 1 triệu m³)

Công trình	1	2	3	4
Chi phí xây dựng C	20,0	35,0	40,0	50,0
Khả năng cấp nước Wc	1,0	2,0	3,0	4,0

Bảng 5-19: Nhu cầu nước theo thời gian (10 năm)

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
W (t)	5	5	5	5	6	6	6	6	6	10

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 (5-20).

Bảng 5-20: 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

Phương pháp giải

Có thể giải bài toán theo hai phương pháp: Phương pháp so sánh trực tiếp và phương pháp quy hoạch động.

a. 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 (5-21) và so sánh các tài liệu tính được trong bảng trên chọn ra giá trị nhỏ nhất.

Bảng 5-21: 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

b. Phương pháp quy hoạch động

Phương pháp quy hoạch động với biến trạng thái thường được áp dụng đối với các loại bài toán có biến là hàm của thời gian. Bài toán này được mô tả theo thuật quy hoạch động như sau: Hàm mục tiêu (5-209) được viết lại dưới dạng khác:

$$Z = Z(S_n, S_0) \rightarrow \min \quad (5-210)$$

$$\text{Với } W_c(t) \geq W(t) \text{ với mọi } t. \quad (5-211)$$

Trong đó S_0 là trạng thái công trình tại thời điểm ban đầu; S_n là trạng thái công trình ở năm thứ n (năm cuối cùng của quy hoạch). Điều đó có nghĩa là với trạng thái hệ thống công trình ban đầu là S_0 thì phải có chiến lược phát triển hệ thống công trình như thế nào để đưa hệ thống từ trạng thái S_0 đến trạng thái S_n để tổng chi phí là nhỏ nhất và vẫn có thể đảm bảo nhu cầu nước trong quá trình đó là $W(t)$. Trạng thái ban đầu trong trường hợp này S_0 là một tập hợp trống (không có công trình).

Bước tính xuôi:

Trước tiên ta xem xét các phương án công trình ở năm đầu tiên. Giả sử ở năm đầu tiên ta có I_1 phương án công trình đáp ứng yêu cầu cấp nước sau năm đầu tiên (trong ví dụ trên có 3 phương trình $I_1 = 3$). Ta có chi phí xây dựng công trình năm đầu tiên là $z_1(S_{1,k}, S_0)$, trong đó $S_{1,k}$ là trạng thái công trình sau năm đầu tiên, chỉ số k là số phương án công trình; $k = 1, 2, \dots, k, I_1$.

Tiếp tục xem xét sự phát triển công trình sau 5 năm (thời đoạn quy hoạch lấy theo thời gian 5 năm). Đối với thời đoạn thứ I_2 phương án công trình được chọn sao cho khi nó kết hợp với trạng thái $S_{1,k}$ (với $k = 1, 2, \dots, I_1$) của giai đoạn 1 làm thỏa mãn nhu cầu nước ở thời đoạn thứ 2, các phương án công trình được xây dựng thêm ở cuối

giai đoạn 2 là $S_{2,i}$, với $i = 1, 2, \dots, I_2$. Khi đó ta có tổng chi phí xây dựng cho mỗi một phương án kết hợp là:

$$Z_2(S_{2,i}) = \min_{x_{2,i}} (z_2(S_{2,i}, S_{1,k}) + z_1(S_{1,k}, S_0)) \quad (5-212)$$

Trong đó:

$z_1(S_{1,k}, S_0)$ - chi phí xây dựng tính đến cuối giai đoạn 1 với I_1 phương án bất kỳ $S_{1,k}$ ở thời đoạn đầu tiên;

$z_2(S_{2,i}, S_{1,k})$ - chi phí xây dựng ở giai đoạn 2 với phương án công trình $S_{1,k}$ ở giai đoạn 1 và phương án $S_{2,i}$ ở giai đoạn 2.

Với mỗi trạng thái thứ i ở thời đoạn thứ 2, sẽ tìm được một giá trị tối ưu $S_{1,k}^*$ ở thời đoạn thứ nhất để có sự kết hợp $S_0 - S_{1,k}^* - S_{2,i}$ là tối ưu. Tương ứng với mỗi trạng thái thứ i ($i = \overline{1, I_2}$) có một giá trị $S_{1,k}^*$. Ta sẽ có I_2 phương án kết hợp tối ưu khi phương án công trình ở giai đoạn 2 là $S_{2,i}$ với $i = 1, 2, \dots, I_2$.

$$\text{Đặt} \quad Z_1(S_{1,k}) = z_1(S_{1,k}, S_0) \quad (5-213)$$

Ta có thể viết lại biểu thức (5-51) dưới dạng sau :

$$Z_2(S_{2,i}) = \min_{S_{2,i}} (z_2(S_{2,i}, S_{1,k}) + z_1(S_{1,k})) \quad (5-214)$$

Trong đó: $Z_1(S_{1,k})$ - giá trị vốn đầu tư xây dựng với phương án $S_{1,k}$, ở cuối giai đoạn đầu tiên.

Theo kết quả tìm được, ta lập được cặp quan hệ $S_{1,k}^* \sim S_{2,i}$.

Đến giai đoạn bất kỳ thứ j ta có biểu thức tổng quát của bài toán tối ưu có điều kiện như sau:

$$Z_j(S_{j,i}) = \min_{S_{j,i}} (z_j(S_{j,i}, S_{j-1,k}) + z_{j-1}(S_{j-1,k})) \quad (5-215)$$

Trong công thức truy hồi tổng quát giá trị hàm $Z_j(S_{j,i})$ đã quy đổi về giá trị hiện tại, tức là:

$$Z_{j-1}(S_{j-1,k}) = \sum_{i=1}^n (1+r)^{-1} x_{it} C_{it} \quad (5-216)$$

C_{it} là chi phí của tất cả các công trình được đưa vào phương án tính tại thời điểm bất kỳ; $x_{it} = 0$ thì coi như công trình không được thực hiện.

Tương tự như tất cả các thời đoạn trên, ở giai đoạn bất kỳ thứ j , có thể tìm được một trạng thái công trình ở giai đoạn trước nó $j - 1$ là $S_{j-1,k}^*$ để khi kết hợp với phương án công trình ở bước thứ j là $S_{j,i}$ cho giá trị tối ưu. Như vậy, đến giai đoạn thứ j ta có một chiến lược tối ưu phát triển hệ thống công trình từ trạng thái ban đầu S_0 đến trạng thái bất kỳ $S_{j,i}$ là:

$$S_0 - S_{1,k}^* - S_{2,k}^* - S_{3,k}^* - \dots - S_{j,i}^*. \text{ Và có cặp quan hệ } S_{j-1,k}^* \sim S_{j,i}$$

Đến giai đoạn cuối cùng $j = n$, ta có:

$$Z_n(S_{n,i}) = \min(Z_n(S_{n,i}, S_{n-1,k}) + Z_{n-1}(S_{n-1,k})) \quad (5-217)$$

Trong đó: $S_{n,i}$ là phương án công trình ở giai đoạn cuối với $i = 1, 2, \dots, I_n$. Giá trị $Z_n(S_{n,i})$ chính là giá trị tối ưu của hàm mục tiêu, để đưa hệ thống từ trạng thái ban đầu đến trạng thái $S_{n,i}$ bất kỳ ở giai đoạn cuối. Tại thời đoạn cuối, với mỗi trạng thái được ấn định trong số các trạng thái có thể i (với $i = 1, 2, \dots, I_n$) của nó, sẽ tương ứng có một kết hợp tối ưu các phương án công trình bắt đầu từ trạng thái ban đầu.

Tại giai đoạn cuối cùng cần xác định phương án nào trong số các trạng thái $S_{n,i}$ để có tối ưu toàn cục. Khi đó, giá trị tối ưu sẽ là cực trị của các giá trị tối ưu trong số I_n trạng thái tối ưu có điều kiện ở giai đoạn cuối, tức là:

$$Z_n = \min(Z_n(S_{n,i}); i = 1, 2, \dots, I_n) \quad (5-218)$$

B ớc tính ng ược

Với trạng thái S_n nào đó, tiến hành bước tính ngược sẽ tìm được phương án tối ưu:

$$S_0^*, S_1^*, S_2^*, \dots, S_j^*, \dots, S_n^* \quad (5-219)$$

Cách giải bài toán trên đây là bài toán chưa kể đến chi phí 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:

$$F = \sum_{t=0}^T (1+r)^{-t} \sum_{i=1}^n (a_i + c_i + b_i w_{it}) \rightarrow \min \quad (5-220)$$

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:

$$\sum_{i=1}^n w_{it} \geq W(t) \quad (5-221)$$

- Chương trình thỏa mãn yêu cầu về nước của công trình thứ i vào năm t không vượt quá năng lực của công trình là w_i :

$$0 \leq w_{it} \leq w_i \quad (5-222)$$

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 công trình 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 (5-220) 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 chi phí quản lý vận hành công trình. Công thức truy hồi theo nguyên lý Bellman vẫn có dạng:

$$Z_j(S_{j,i}) = \min_{S_{j,i}} (z_j(S_{j,i}, S_{j-1,k}) + Z_{j-1}(S_{j-1,k})) \quad (5-223)$$

$$\text{Trong đó: } Z_j(S_{j,i}) = g_j z_j(S_{j,i}, S_{j-1,k}) + h(S_{j-1}, S_{j-1,k}) \quad (5-224)$$

$$g_j(S_{j,i}, S_{j-1,k}) = \sum_{k=1}^K (a_{kt})(1+r)^{-t} \quad (5-225)$$

$$h_j(S_{j,i}, S_{j-1,k}) = \sum_{k=1}^K b_{kt} w_{kt} (1+r)^{-t} \quad (5-226)$$

a_{kt} - chi phí quản lý cho công trình thứ k được xây dựng vào thời điểm t ;

c_{kt} - chi phí xây dựng công trình thứ k nếu nó được xây dựng vào thời điểm t ;

b_{kt} - chi phí vận hành cho một đơn vị lượng nước w_{kt} của kế hoạch cấp nước của công trình thứ k tại thời điểm t .

Ví dụ minh họa

Giả sử phải xác định chiến lược đầu tư phát triển hệ thống công trình đáp ứng yêu cầu nước của vùng trong tương lai với dung lượng nước dùng cho trong bảng (5-22). Trong giai đoạn tính toán thiết kế hệ thống đã chọn được 8 phương án công

trình có thể đảm bảo cấp nước theo nhu cầu trên. Khả năng cấp nước và chi phí đầu tư cơ bản thống kê trong bảng (5-23).

Bảng 5-22: Yêu cầu về nước theo thời gian với thời đoạn 5 năm

Thời gian ($\Delta t=5$ năm)	1	2	3	4
Nhu cầu nước (10^6m^3)	100,0	180,0	250,0	300,0

Bảng 5-23: Chi phí xây dựng và quản lý vận hành

Công trình	Tuổi thọ công trình	Năng lực cung cấp w_i (10^6m^3)	Chi phí xây dựng và quản lý công trình c_i+a_i (10^9 đồng)	Chi phí vận hành b_i (đồng/ 10^6m^3)
1	100	91,250	16,000	28.000
2	100	73,000	15,000	25.000
3	100	54,750	6,000	20.000
4	100	45,625	7,500	12.000
5	100	40,150	8,000	15.000
6	100	36,500	10,000	12.000
7	100	32,850	10,000	10.000
8	100	18,250	15,000	24.000

Bảng 5-24: Chi phí xây dựng và quản lý vận hành

Công trình	Lượng nước cấp được cho từng giai đoạn với phương án xây dựng công trình phụ trách (10^6m^3)			
	1	2	3	4
1	0	70,265	91,225	68,225
2	0	0	0	73,000
3	54,375	54,750	54,750	54,750
4	45,625	45,625	45,625	45,625
5	0	0	40,150	40,150
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	18,250	18,250
Tổng số	100,000	180,000	250,000	300,000

Yêu cầu xây dựng chiến lược phát triển hệ thống công trình sao cho tổng chi phí xây là nhỏ nhất. Hệ số chiết khấu $r = 6,125\%$.

Theo thuật toán quy hoạch động tối ưu hàm mục tiêu dạng (5-220) tính được kết quả chiến lược đầu tư xây dựng hệ thống công trình ghi trong bảng (5-24). Theo kết quả ở bảng (5-24) công trình thứ 6 và thứ 7 không đưa vào dự án quy hoạch (không

cần xây dựng). Chiến lược tối ưu sẽ là: Giai đoạn 5 năm đầu xây dựng công trình 3 và 4; giai đoạn 2 xây dựng công trình số 1; giai đoạn 3 xây dựng công trình số 5 và số 8; giai đoạn 5 năm cuối xây dựng công trình số 2 còn lại.

5.8. ÁP DỤNG MÔ HÌNH MÔ PHỎNG TRONG QUY HOẠCH NGUỒN NƯỚC

Mô hình mô phỏng là một công cụ quan trọng khi lập các quy hoạch hoặc quản lý nguồn nước. Như đã trình bày ở trên, phương pháp mô phỏng không tìm lời giải bằng mô hình tối ưu mà sử dụng mô hình mô phỏng để tìm lời giải tối ưu. Khác với phương pháp tối ưu hoá, phương pháp mô phỏng sử dụng mô hình mô phỏng để tìm giá trị lớn nhất (bài toán tìm cực đại) hoặc nhỏ nhất (bài toán tìm cực tiểu) trong số các phương án có thể bằng cách so sánh trực tiếp các giá trị tính toán. Nghiệm của bài toán chưa chắc đã trùng với nghiệm tối ưu toán học (nghiệm của phương pháp tối ưu hoá), do đó nó chỉ là giá trị gần tối ưu và thường gọi là nghiệm hợp lý.

Giả sử ta giải bài toán tối ưu hoá bằng phương pháp mô phỏng khi thiết kế hệ thống công trình. Quá trình phân tích tính toán xác định phương án thiết kế hệ thống được thực hiện theo các bước và chu trình 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 mô phỏng.

Bước 7: Kiểm tra sự chấp nhận được của phương án tối ưu và phân tích quyết định phương án quy hoạch.

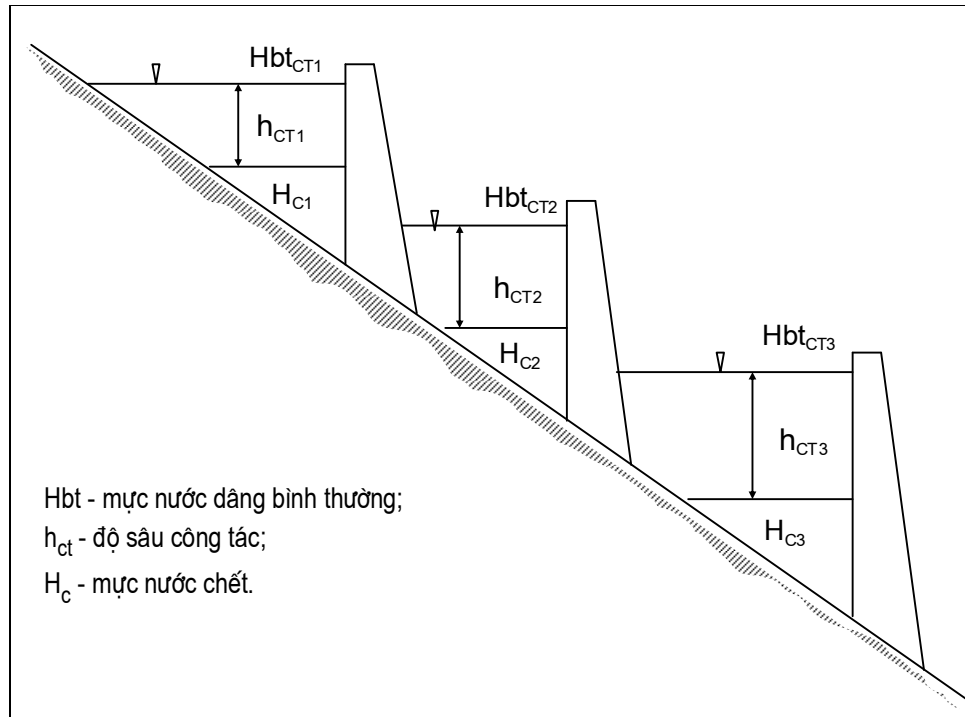
Để minh họa cho nguyên lý trên ta xem xét ví dụ về thiết kế hệ thống hồ chứa bậc thang phát điện.

Giả sử có 3 hồ chứa bậc thang phát điện với các mực nước dâng bình thường đã ấn định là H_{bt_1} , H_{bt_2} , H_{bt_8} .

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:

$$F(h_{CT1}, h_{CT2}, h_{CT3}) = \sum_{i=1}^3 N_{Pi} \rightarrow \max \quad (5-227)$$

Trong đó N_{Pi} là công suất đảm bảo của hồ thứ i .



Hình 5-16: Sơ đồ hệ thống hồ chứa bậc thang phát điện

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:

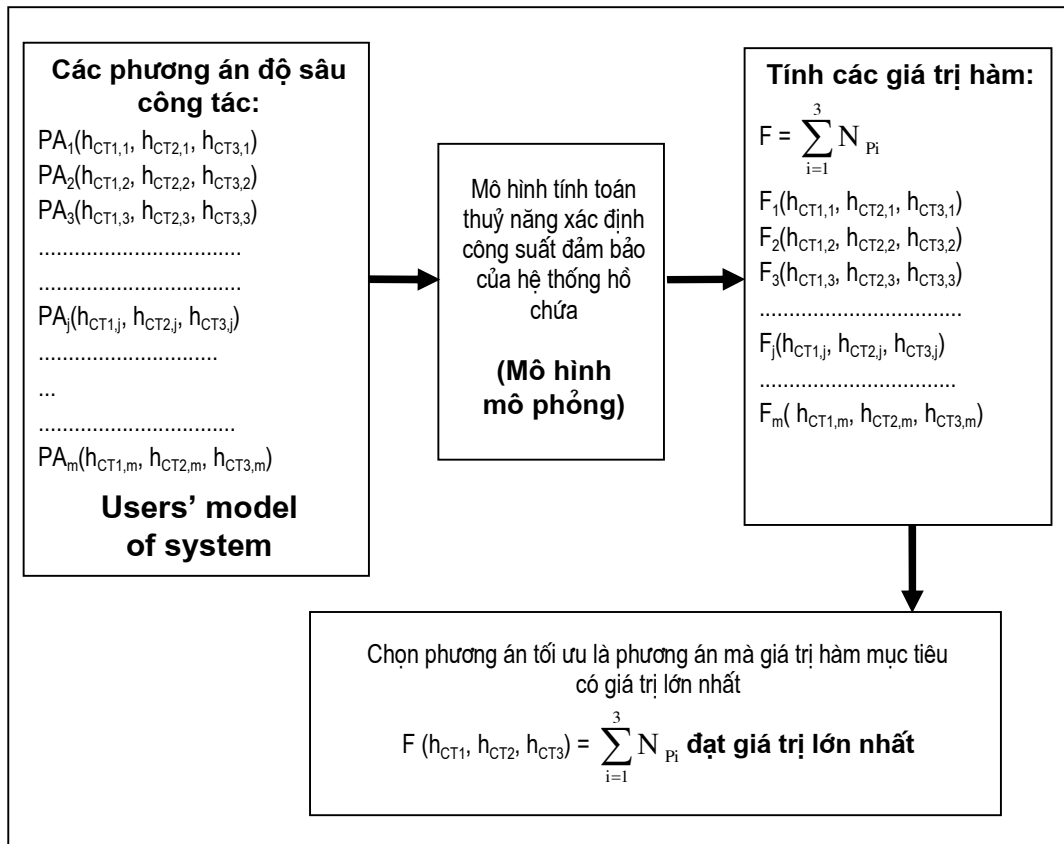
Bước 1: Lựa chọn các phương án có thể của các độ sâu công tác h_{CT1} , h_{CT2} , h_{CT3} . Giả sử có m phương án

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 (5-227) đạt giá trị lớn nhất.

Các bước xác định nghiệm tối ưu theo phương pháp mô phỏng của bài toán này mô tả trên hình (5-17).

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.



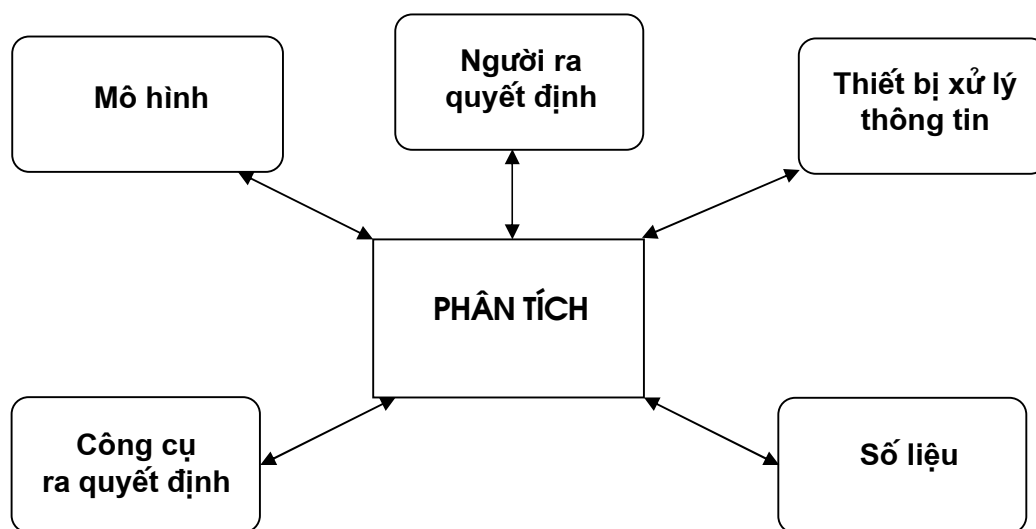
Hình 5-17: Sơ đồ tổng quát xác định nghiệm tối ưu bằng phương pháp mô phỏng

Chương 6

HỆ THỐNG HỖ TRỢ RA QUYẾT ĐỊNH

6.1. KHÁI NIỆM VỀ HỆ THỐNG HỖ TRỢ RA QUYẾT ĐỊNH (DSS)

Trong quá trình lập các quy hoạch nguồn 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 nguồn 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 xử lý thông tin, mô hình để phân tích động thái hệ thống và công cụ trợ giúp ra quyết định. Theo **Larry W. Mays**: Water Resource Handbook, McGraw-Hill, 1996, ISBN 0 07 04 1150 6, quá trình phân tích ra quyết định có thể mô tả theo sơ đồ trên hình (6-1).

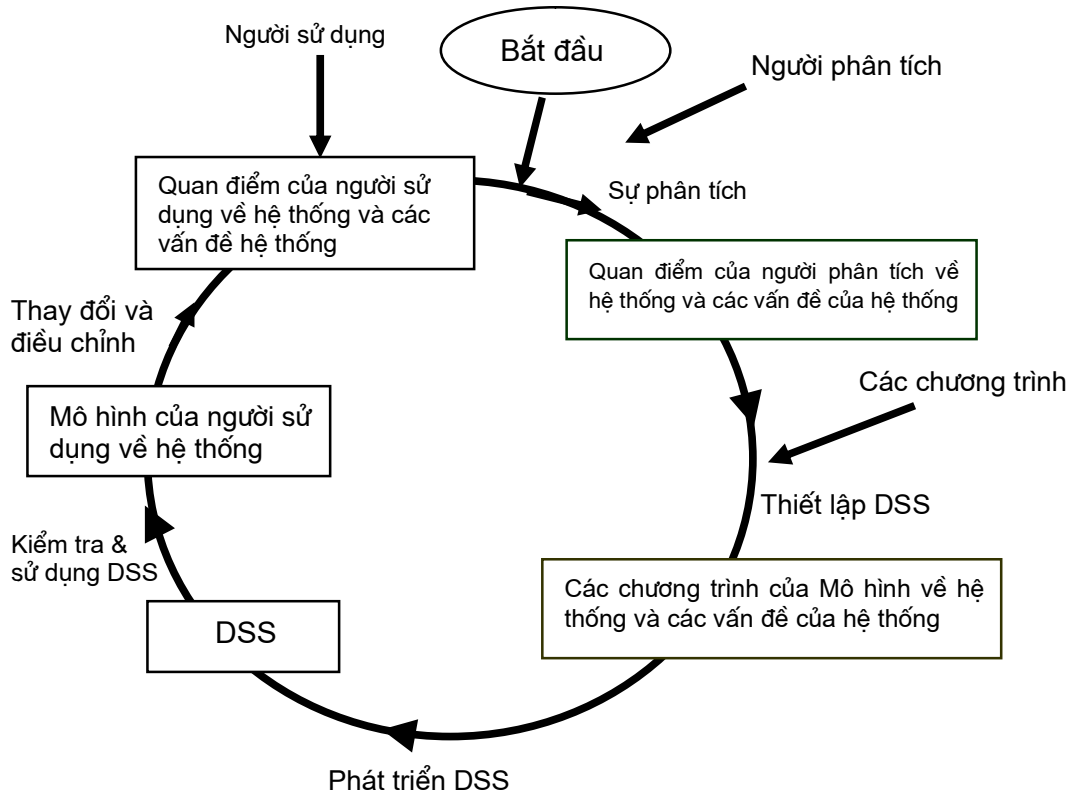


Hình 6-1: Sơ đồ quá trình phân tích ra quyết định

Larry W. Mays: Water Resource Handbook, McGraw-Hill, 1996, ISBN 0 07 04 1150 6

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 6-1, 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.

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.



Hình 6-2: Sơ đồ mô tả chu trình định hướng mô hình DSS

Lucks, D.P and J.R Costa (eds.) (1990): Decision Support Systems: Water Resources Planning. Proc. of ARD. Vidago (Portugal), Springer-Verlag (ISBN-0.38753097.5).

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 **Lucks, D.P and J.R Costa (eds.)** (1990): Decision Support Systems: Water Resources Planning. Proc. of ARD. Vidago (Portugal), Springer-Verlag (ISBN 0.38753097.5).

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).

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.

Trên sơ đồ hình 6-3 chỉ rõ sự khác biệt của phương pháp truyền thống và DSS.

Phương pháp truyền thống	DSS (Decision Support System)
- Những vấn đề được cấu trúc rõ ràng - Sử dụng phương pháp tính toán đơn giản - Cấu trúc cứng nhắc - Thông tin hạn chế - Có thể nâng cao chất lượng quyết định bằng cách làm rõ ràng số liệu thô	- Những vấn đề không được cấu trúc rõ ràng - Sử dụng các mô hình - Cấu trúc có tương tác qua lại - Có khả năng sử dụng thích nghi do thông tin được cập nhật thường xuyên - 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

Hình 6-3: Sự khác nhau giữa phương pháp truyền thống và DSS

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.

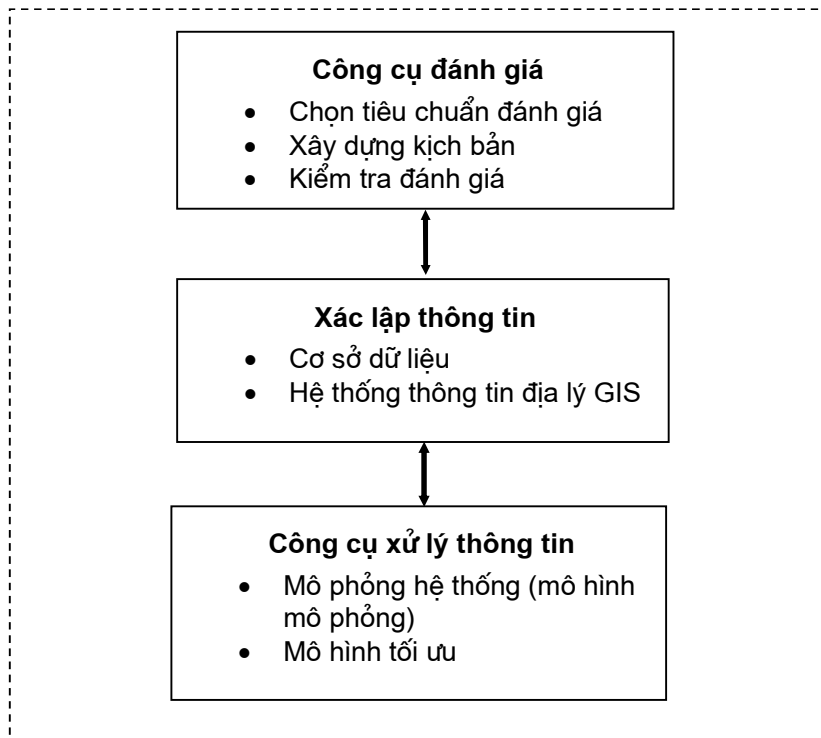
Quá trình phân tích hệ thống ra quyết định với sự hỗ trợ của DSS có thể mô tả trên hình 6-1.

6.2. HỆ THỐNG HỖ TRỢ RA QUYẾT ĐỊNH TRONG QUY HOẠCH VÀ QUẢN LÝ NGUỒN 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 nguồn nước có những mảng chính như sau:

1. Cơ sở dữ liệu của hệ thống
2. Các mô hình hệ thống (được coi là công cụ phân tích hệ thống)
3. Hệ thống thông tin và xử lý thông tin
4. 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.



Hình 6-4: Cấu trúc và mối liên kết giữa các khối của DSS

Loucks, D.P. 1991. Computer Aided Decision Support in Water Resources Planning and Management. In Loucks D.P. and J.R. Costa (eds), Decision Support Systems: Water Resources Planning: Proceedings from the NATO Advanced Research Workshop on Computer-Aided Support Systems for Water Resources, Research and Management. Erice, Portugal 24-28 September, 1990.

Larry W. Mays đã đưa ra cấu trúc tổng quát của hệ thống DSS (xem hình 6-4) 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.

6.2.1. Cơ sở dữ liệu

Cơ sở dữ liệu được lưu giữ nhờ một phần mềm Ngân hàng dữ liệu. Môđun này đóng vai trò của một cơ sở dữ liệu có chức năng lưu trữ, cho phép cập nhật (sửa chữa, thêm, bớt) dữ liệu. Các loại dữ liệu được quản lý bao gồm:

+ Các tài liệu khí tượng-thủy văn: Lượng mưa, lượng bốc hơi, độ ẩm không khí tương đối, nhiệt độ không khí, số giờ nắng, tốc độ gió, lưu lượng, mực nước...

+ Các tài liệu liên quan đến sử dụng nước: Khu tưới, khu tiêu, đặc tính đất đai, cơ cấu cây trồng...

- + Tài liệu về hệ thống công trình: Hồ chứa, cống điều tiết, cống lấy nước, trạm bơm, kênh mương, các loại công trình khác như cầu máng, xiphông...
 - + Tài liệu dân sinh-kinh tế và yêu cầu dùng nước của các ngành;
 - + Tài liệu vận hành tưới/tiêu phòng lũ... của hệ thống;
 - + Các bản đồ GIS (Hệ thống thông tin địa lý) thể hiện các loại số liệu trên.
- + Ngoài ra, một số loại tài liệu như hồ sơ thiết kế, quy hoạch hệ thống, các văn bản pháp quy liên quan đến hệ thống, quy trình vận hành, các hình ảnh và phim video cũng được quản lý trong môđun dưới dạng các trang HTML (ngôn ngữ đánh dấu siêu văn bản được sử dụng trên Internet).

Các thông tin do môđun quản lý được cập nhật tiện lợi thông qua các khung nhập liệu. Các số liệu lưu giữ trong ngân hàng dữ liệu được thiết kế sao cho có thể trao đổi thông tin phục vụ cho từng phần mềm ứng dụng khác: mô hình mô phỏng, phân tích dữ liệu v.v...

Chức năng của ngân hàng dữ liệu phục vụ cho mục đích tra cứu thông tin. Ngoài ra, người sử dụng có thể tra cứu toàn bộ các thông tin trong cơ sở dữ liệu một cách tùy biến thông qua tra cứu trên các bản đồ GIS. Thông tin tra cứu có thể được thể hiện qua các bảng biểu, các dạng đồ thị hoặc thể hiện trên bản đồ GIS, các dạng hồ sơ và tư liệu khác như hình ảnh, phim v.v...

6.2.2. Mô hình toán

Mô hình toán là mảng quan trọng trong hệ thống trợ giúp ra quyết định. Mô hình toán bao gồm mô hình mô phỏng và các mô hình tối ưu hoá.

Mô hình mô phỏng được sử dụng để phân tích hệ thống nguồn nước theo các tác động khác vào hệ thống. Mô hình mô phỏng bao gồm các mô hình thành phần được liên kết với nhau hoặc được sắp xếp thành các môđun riêng cấu trúc trong một phần mềm chung. Mô hình mô phỏng hệ thống bao gồm những mô hình tính nhu cầu nước, chuyển tải nước trong hệ thống sông (mô hình thủy văn, mô hình thủy lực), mô hình chất lượng nước, mô hình tính toán hiệu quả kinh tế...

Mô hình tối ưu hoá được sử dụng để tính toán và xác định phương án tối ưu của bài toán quy hoạch hoặc điều hành hệ thống.

6.2.3. Hệ thống trao đổi thông tin

Hệ thống truyền tin thường được thiết lập trong quản lý hệ thống nguồn nước. Hệ thống trao đổi thông tin thường được thiết kế hoạt động theo nguyên tắc tự động hóa.

Hệ thống đo đạc quan trắc và trao đổi thông tin được thiết kế rất đa dạng phụ thuộc vào công cụ truyền tin (mạng Internet, kỹ thuật Radar, ảnh vệ tinh...). Có thể minh họa cấu trúc của hệ thống đo đạc và trao đổi thông tin đơn giản dưới đây (hình 6-5, 6-6, 6-7).

Hệ thống trao đổi thông tin có nhiệm vụ tự động truyền thông tin đo đặc quan trắc, truyền các lệnh điều khiển hệ thống. Các thông tin của hệ thống được liên kết với mạng cơ sở dữ liệu và mạng mô hình toán.

a. Thiết bị trao đổi thông tin có thể là hữu tuyến hay vô tuyến

Hệ thống truyền tin dạng vô tuyến được mô tả trên hình 6-5 và 6-6. Tính năng hoạt động của hệ thống như sau:

- Tất cả các thiết bị phần cứng đều phải có chương trình điều khiển (**Driver**) để truyền/nhận thông tin dưới dạng mã và số: bao gồm các thông tin đo đặc, các dữ liệu hệ thống và các lệnh điều khiển.

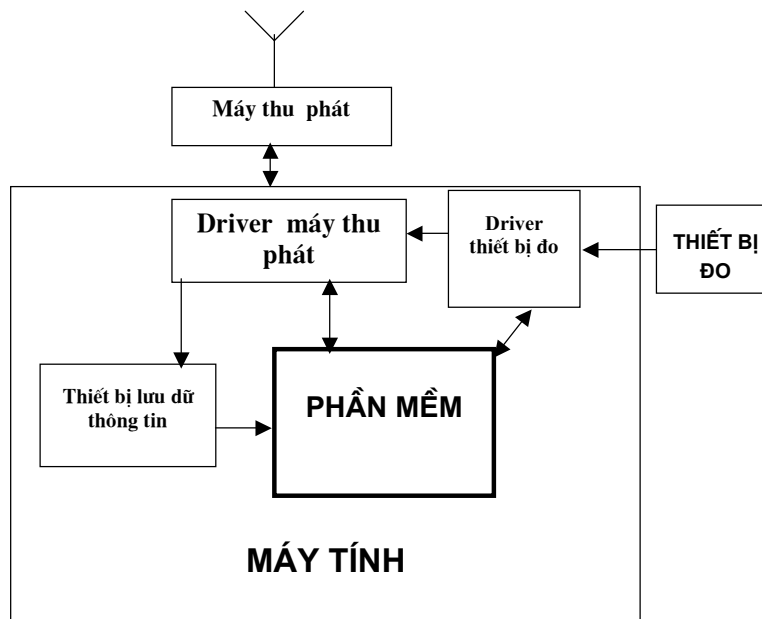
- Truyền thông tin đo tại trạm đo theo thời gian quy định dưới dạng số của các đặc trưng mực nước, mưa, độ ẩm không khí v.v...

- Các thiết bị phải có chức năng truyền tin theo dạng “truyền số” các dữ liệu, “truyền lệnh” điều khiển, “truyền tệp thông tin” của các dữ liệu lưu trữ từ trạm đo về trung tâm và ngược lại.

- Chế độ truyền thông tin và lưu giữ thông tin trong thiết bị đo nên được quy định theo chế độ đo các đặc trưng khí tượng thủy văn và các đặc trưng khác của hệ thống.

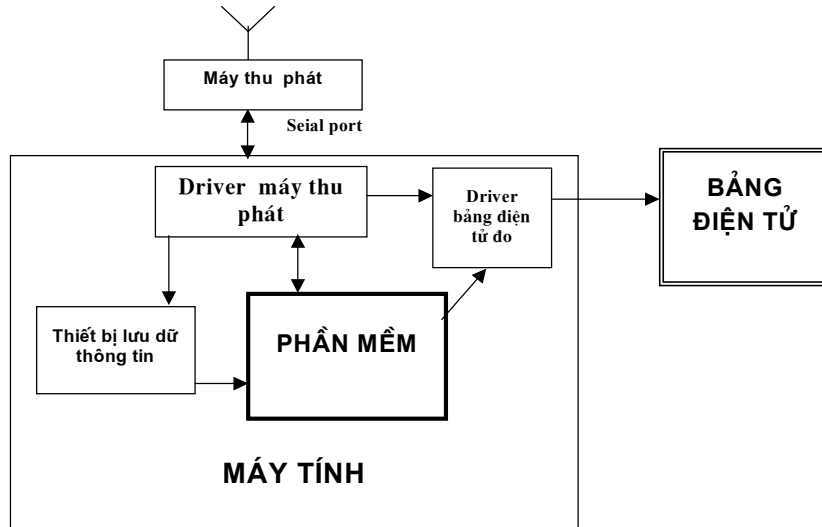
- Một tập tin truyền từ trạm đo về trung tâm và ngược lại phải bao gồm mã đặc trưng được truyền, mã của đặc trưng thời gian tương ứng, giá trị của đặc trưng và địa chỉ trao đổi thông tin.

b. Sơ đồ liên kết giữa mạng phần cứng và phần mềm



Hình 6-5: Sơ đồ liên kết tại trạm đo

Tại trạm đo: Máy tính tại trạm đo sẽ được cài đặt phần mềm cơ sở dữ liệu, có chức năng lưu trữ số liệu đo đạc tại trạm đo và cập nhật các thông tin khác của hệ thống tại vùng quản lý của trạm đo.



Hình 6-6: Sơ đồ liên kết tại trung tâm

Sơ đồ liên kết tại trạm đo được trình bày trên hình 6-5. Sơ đồ có các thành phần liên kết sau:

Một **Driver thiết bị đo** có chức năng thu tin từ thiết bị đo và:

- Chuyển thẳng thông tin qua **Driver** của máy phát để phát tin về trung tâm
- Chuyển thông tin trực tiếp vào Phần mềm máy tính.

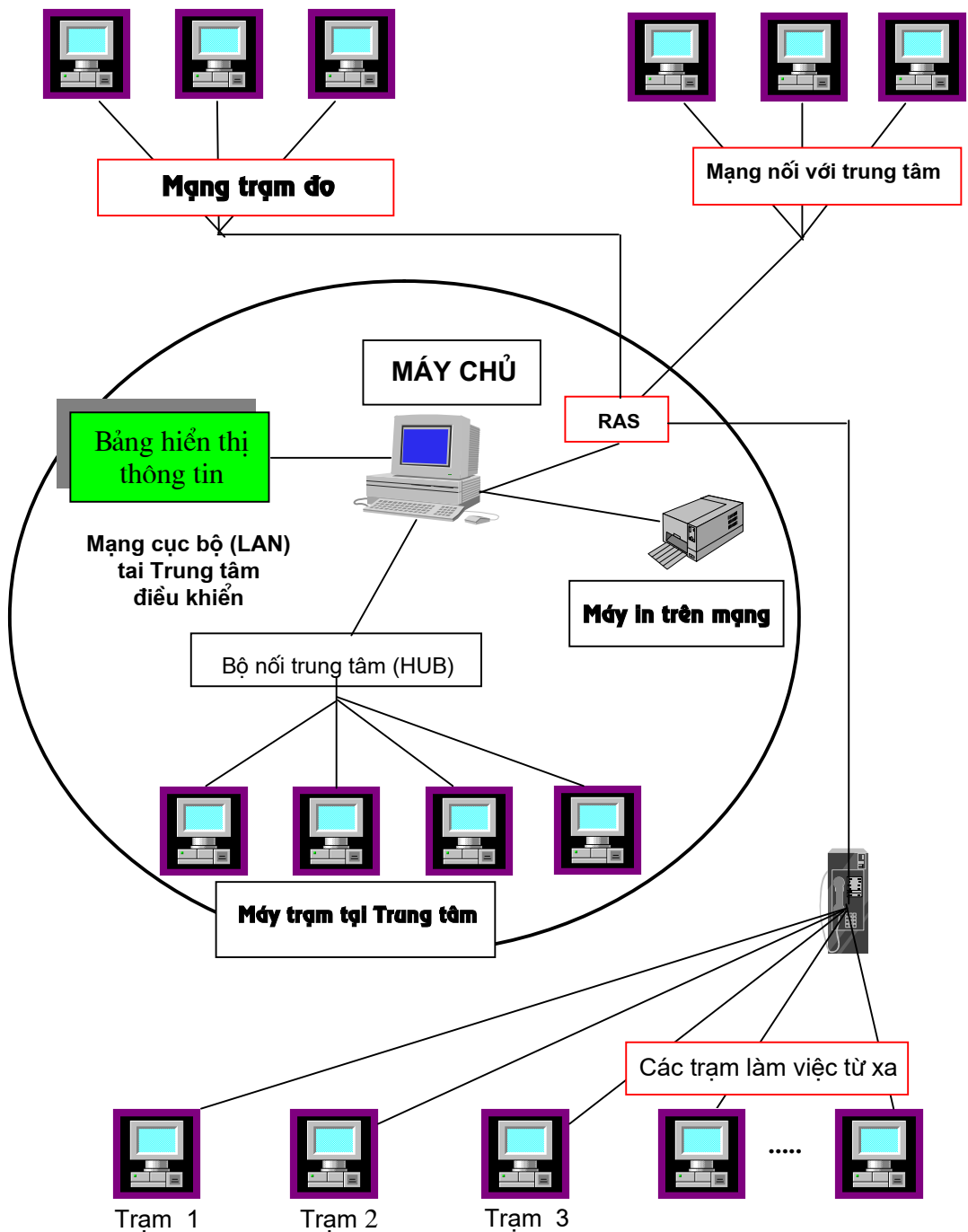
Một **Driver máy phát** có chức năng:

- Chuyển thẳng các thông tin thu nhận từ trung tâm vào phần mềm điều hành (Khi máy tính đang làm việc) hoặc chuyển qua thiết bị lưu dữ thông tin để chuyển vào máy tính khi máy tính bắt đầu làm việc.

- Chuyển thông tin từ trạm đo về qua phần mềm máy tính về trung tâm.

- Chuyển trực tiếp các thông tin đo đạc của thiết bị đo về trung tâm.

Một Thiết bị lưu dữ thông tin có chức năng lưu dữ thông tin truyền về từ trung tâm khi máy tính trạm đo không làm việc và tự động chuyển thông tin thu được vào phần mềm điều hành khi máy tính bắt đầu làm việc.



Hình 6-7: Hệ thống truyền tin hữu tuyến

Tại trung tâm: Máy tính tại trung tâm sẽ được cài đặt phần mềm Hệ điều hành cùng Ngân hàng dữ liệu, có chức năng thực hiện các kết quả tính toán các phương án điều hành, lưu trữ số liệu đo đạc và các dữ liệu khác truyền về từ các trạm đo, cập nhật các thông tin khác của hệ thống và phát các mệnh lệnh từ trung tâm tới các trạm đo. Sơ đồ liên kết tại trung tâm được trình bày trên hình 6-6. Sơ đồ có các thành phần liên kết sau:

Một **Driver của máy thu phát** có chức năng:

- Chuyển thẳng các thông tin thu nhận từ các trạm đo vào phần mềm điều hành của máy trung tâm (Khi máy tính đang làm việc) hoặc chuyển qua thiết bị lưu trữ thông tin để chuyển vào máy tính trung tâm khi máy tính bắt đầu làm việc.
- Chuyển thông tin từ trạm đo qua **Driver bảng điện tử** đến Bảng điện tử.
- Chuyển thông tin điều khiển đến các trạm đo.

Một Driver của bảng điện tử có chức năng chuyển thông tin từ các trạm đo hoặc từ phần mềm điều hành tại trung tâm đến bảng điện tử. Hệ thống truyền tin vô tuyến có cấu trúc gồm một mạng rộng và một mạng nội bộ (xem hình 6-7).

6.2.4. Phần mềm hỗ trợ ra quyết định

Phần mềm hỗ trợ ra quyết định được thiết kế theo nguyên tắc liên kết tất cả các mảng của hệ thống hỗ trợ ra quyết định. Trong thực tế, phần mềm trợ giúp ra quyết định trong quy hoạch và quản lý nguồn nước thường có những mảng chính như sau:

- Mô hình mô phỏng hệ thống
- Cơ sở dữ liệu có chức năng lưu trữ số liệu phục vụ tra cứu và được liên kết với mô hình mô phỏng để phục vụ tính toán. Cơ sở dữ liệu được liên kết với hệ thống thông tin địa lý (GIS).

Hiện nay, những mô hình toán hệ thống như mô hình ISIS, MIKE11, HEC-RESIM 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.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] **Branislav Djordjevic:** Cybernetics in Water Resources Management, Water Resources Publications, Highlands Ranch, Colorado, 1993, ISBN 0 918334 82 9.
- [2] **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).
- [3] **Goodman,A.S.** Principles of Water Resources Planing. Prentise-Hall, Inc, 1984, ISBN 0 137 10616 5.
- [4] **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.
- [5] **Larry W. Mays:** Water Resource Handbook, McGraw-Hill, 1996, ISBN 0 07 04 1150 6.
- [6] **Mays L.W., Tung Y.K.,** *Hydrosystems engineering and management*, McGraw-Hill, Inc, 1992, ISBN 0 070 41146 7.
- [7] 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 24-28 September, 1990.
- [8] **Grigg N.S.,** Water Resources Management: Principles, Regulations, and Cases, McGraw-Hill, 1996. ISBN 0 070 41146 7.
- [9] **James, L.D and Lee, R.R:** Economics of Water Resource Planning, McGraw-Hill, 1996. Library of Congress No 79 115146.
- [10] **Loucks, D.P, Stedinger, J.R:** Water Resources Systems Planning and Analysis, Prentice-Hiall, 1981. (ISBN: 0 139 45923 5).
- [11] **World Bank (1993):** Water Resource Planning, A World Bank Policy Paper. The World Ba. Washington, D.C.
- [12] *Báo cáo nông nghiệp.* Dự án qui hoạch tổng thể đồng bằng sông Hồng (VIE 89/034), Hà Nội, 2-1993.
- [13] Báo cáo Dự án nạo vét sông Ninh cơ, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, Hà Nội, 4- 2001.
- [14] *Báo cáo về kinh tế vùng đồng bằng sông Hồng.* Dự án qui hoạch tổng thể đồng bằng sông Hồng (VIE 89/034), Hà Nội, 2-1994.
- [15] **Chow V.T., David R. Maidment và Larry W. Mays,** *Thủy văn ứng dụng*, Đỗ Hữu Thành và Đỗ Văn Toàn dịch, Nhà xuất bản Giáo dục, 1994.
- [16] **N. N. Moi xeeep:** Các vấn đề toán học trong phân tích hệ thống, Nayka - Mascova, 1981.
- [17] **E.P .Galianhin:** Tối ưu hóa trong phân phối nước cho hệ thống tưới. Leningrat - 1981.
- [18] **B. G. Priazinskaia:** Mô hình toán trong lĩnh vực nguồn nước, Nayka - Mascova, 1985.
- [19] Việt Nam - Đánh giá tổng quan ngành thủy lợi, Báo cáo chính do WB, ADB, FAO, UNDP, NGO và IWRP lập, 1996.

Chịu trách nhiệm xuất bản:
NGUYỄN CAO DOANH

Phụ trách bản thảo:
PHẠM KHÔI - HOÀNG NAM BÌNH

Trình bày bìa:
NGỌC NAM

NHÀ XUẤT BẢN NÔNG NGHIỆP

167/6 - Phương Mai - Đống Đa - Hà Nội
ĐT: 8524506 - 8523887 Fax: (04) 5760748
Email: NXB.Nongnghiep.BT3@gmail.com

CHI NHÁNH NXB NÔNG NGHIỆP

58 Nguyễn Bình Khiêm - Q.1, TP. Hồ Chí Minh
ĐT: 8297157 - 8299521 Fax: (08) 9101036

Mã số: $\frac{63-630}{NN-2006} - \frac{642}{223} - 06$

In 520 bản khổ 19 x 27 cm tại Xưởng in NXB Nông nghiệp. Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch xuất bản số 08-2006/CXB/642-223/NN do Cục Xuất bản cấp ngày 15/12/2005. In xong và nộp lưu chiểu quý I/2006.