

# TỐI ƯU HÓA HỆ THỐNG VÀ KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG TRONG QUẢN LÝ TÀI NGUYÊN NƯỚC

Lê Hùng Nam

Phó Vụ trưởng - Vụ Quản lý Nguồn nước và Nước sạch nông thôn - Tổng cục Thủy lợi

## TÓM TẮT

Hài hòa các mục tiêu sử dụng trong quy hoạch, quản lý hệ thống nguồn nước trước diễn biến bất thường của điều kiện tự nhiên, yêu cầu của phát triển dưới tác động chi phối của yếu tố thị trường đang là vấn đề bức xúc hiện nay ở nước ta. Qua rà soát, đánh giá kết quả ứng dụng phương pháp mô hình toán mô phỏng, phương pháp mô hình toán tối ưu trong quản lý tài nguyên nước, hệ thống hồ chứa nước bài viết đã đề xuất sử dụng tối ưu phi tuyến kết hợp phân tích tối ưu Pareto trong nghiên cứu ứng dụng nhằm tìm lời giải cho bài toán quy hoạch và quản lý hệ thống nguồn nước. Công nghệ GAMS được đánh giá là một công cụ phù hợp phục vụ cho phân tích, tính toán tối ưu các hệ thống lưu vực sông và hồ chứa phức tạp ở Việt Nam. Để phát triển nghiên cứu, triển khai ứng dụng phương pháp luận và công cụ tối ưu hệ thống vào thực tiễn ở Việt Nam, ngoài ưu tiên đầu tư cho công tác đào tạo, nghiên cứu triển khai ứng dụng thì, đặc biệt, cần tạo môi trường tốt cho hoạt động trao đổi thông tin giữa nhà nghiên cứu với đội ngũ cán bộ quản lý, vận hành hệ thống công trình cũng như các bên hưởng lợi liên quan để hiểu rõ được tính ưu việt của tối ưu hóa hệ thống đồng thời phải đảm bảo chuyển tải được thông tin về tính minh bạch, rõ ràng phương pháp luận tối ưu, tính mềm dẻo đơn giản của công cụ và tính định lượng của hiệu quả ứng dụng phương pháp luận tối ưu và công cụ tối ưu hóa hệ thống đến người có thẩm quyền ra quyết định.

## I. MỞ ĐẦU

Diễn biến bất thường của dòng chảy các lưu vực sông gần đây, đặc biệt là suy giảm nguồn nước mùa cạn dẫn đến nhu cầu bức thiết nghiên cứu khai thác nâng cao hiệu quả sử dụng hệ thống công trình thủy lợi và nâng cao hiệu quả sử dụng nước là một nội dung quan trọng (Tô Trung Nghĩa và Lê Hùng Nam, 2007).

Trên thế giới cũng như ở nước ta, hệ thống nguồn nước và công trình khai thác sử dụng nước đã được quan tâm đầu tư phát triển - đến nay công tác quản lý nguồn nước đã mang lại các kết quả vô cùng to lớn phục vụ cho mục tiêu phát triển đất nước trong suốt quá trình lịch sử. Cùng với quá trình phát triển của lịch sử, của nhu cầu phục vụ các hoạt động phát triển kinh tế - xã hội thì hệ thống nguồn nước và công trình khai thác nguồn nước được xây dựng phục vụ đa mục tiêu. Quá trình phát triển của các mục tiêu phục vụ, nhu cầu sử dụng cùng với tác động của nền kinh tế thị trường đã làm tăng mức độ phức tạp trong hoạt động quản lý, vận hành hệ thống nguồn nước. Tranh chấp trong chia sẻ nguồn nước giữa các mục tiêu sử dụng, giữa phát triển và bảo tồn nguồn nước ngày càng trở nên phức tạp yêu cầu có hướng tiếp cận phù hợp trong phân bổ, chia sẻ nguồn nước phục vụ mục tiêu phát triển. Mâu thuẫn trong chia sẻ nguồn nước, tranh chấp trong khai thác, sử dụng nguồn nước gần đây có thể kể đến như giữa phát triển công trình thủy lợi phục vụ đa mục tiêu cấp nước cho đô thị, công nghiệp, tưới, phòng chống lũ

với phát triển, khai thác hệ thống công trình hồ chứa thủy điện ngày càng bộc lộ rõ và cần đầu tư nghiên cứu giải quyết.

Để điều hòa, phân bố nguồn nước giữa các mục tiêu sử dụng trong nghiên cứu quy hoạch cũng như quản lý có thể vận dụng mô hình mô phỏng hoặc mô hình tối ưu. Mô hình toán mô phỏng có khả năng cho biết *Hệ thống sẽ phản hồi như thế nào theo các kịch bản đề ra?* Tuy vậy mô hình toán mô phỏng không thể trả lời câu hỏi *Vậy hệ thống phản hồi như vậy đã tốt nhất hay chưa?* mô hình toán tối ưu sẽ trả lời cho câu hỏi này (Hillier và Liebman, 2001, Mays và Tung, 1992, Helweg và Labadie, 1977). Lĩnh vực tối ưu hóa hệ thống được xem là một trong những lĩnh vực nghiên cứu thu hút tập trung các nhà nghiên cứu trong suốt lịch sử phát triển. Đến nay tối ưu hóa hệ thống trong quản lý, phân bố và sử dụng các nguồn tài nguyên hạn hẹp, trong đó có nguồn nước, vẫn được đặc biệt tập trung đầu tư.

Phát triển của tối ưu hóa hệ thống liên quan đến cơ sở toán học, khả năng về công nghệ phần mềm, phần cứng, con người, đầu vào số liệu. Sự phát triển của các yếu tố nêu trên thời gian vừa qua đã bước đầu và sẽ tạo điều kiện cho khả năng triển khai áp dụng vào quản lý phân bổ tối ưu tài nguyên nước phục vụ phát triển kinh tế xã hội ở nước ta.

Nội dung bài viết sẽ phân tích, đánh giá quá trình phát triển và ứng dụng của phương pháp tối ưu hóa hệ thống trong quản lý phân bổ nguồn nước nói chung và khả năng triển khai ứng dụng trong quản lý tài nguyên nước ở nước ta.

## II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Bài viết tiến hành đánh giá quá trình phát triển phương pháp tối ưu hóa toán học, đặc biệt tập trung vào tối ưu phi tuyến trong quản lý, vận hành hệ thống - sẽ đi vào các nội dung phương pháp tối ưu, công cụ ứng dụng, khả năng về

số liệu, thực tế triển khai ứng dụng trong thực tế. Với việc đánh giá một số ứng dụng tối ưu hóa hệ thống ở trong nước và ngoài nước bài viết sẽ đưa ra các khuyến cáo trong phát triển, ứng dụng công nghệ tối ưu hóa hệ thống trong quản lý, khai thác hợp lý tài nguyên ở Việt Nam.

## III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 1. Phương pháp tối ưu

Khởi đầu từ cuộc cách mạng công nghiệp nền kinh tế thế giới phát triển nhanh chóng cả về phạm vi độ lớn cũng như về tính phức tạp. Cùng với các lợi ích mà quá trình phát triển đem lại chúng cũng đã dẫn đến tình trạng các đối tượng, ngành kinh tế, phát triển một cách tự phát lẫn lộn nhau về nhiều mặt đặc biệt là trong vấn đề chia sẻ các nguồn tài nguyên liên quan. Thông thường cùng với tình hình phát triển của đối tượng cũng đồng thời với sự thất bại, biến mất của một số đối tượng khác - một số đối tượng vẫn cùng tồn tại với các nguy cơ đối đầu tiềm ẩn. Một vấn đề liên quan là khi quá trình phát triển đến mức trở nên phức tạp sẽ dẫn đến tình trạng rất khó phân chia tài nguyên cho các đối tượng để cùng phát triển đồng thời một cách hiệu quả. Từ việc cần thiết phải tìm một hướng giải quyết đã dẫn đến yêu cầu cần có một phương pháp giải quyết bài toán vận hành hệ thống tối ưu. Tài nguyên nước cũng như vậy, việc phân chia nguồn nước giữa các mục tiêu, các ngành sử dụng nước, là một hệ thống động phức tạp và sẽ càng phức tạp khi chịu tác động bởi yếu tố thị trường.

Đối với bài toán cấp nước cho các mục tiêu sử dụng thì loại mô hình toán thông dụng phải kể đến là mô hình mô phỏng cân bằng nước và mô hình phân bổ tối ưu nguồn nước. Mục tiêu sử dụng ở đây có thể hiểu bao gồm cấp nước sinh hoạt, công nghiệp, tưới, giao thông thủy, phát điện, môi trường. Như đã nêu ở phần trên mô

hình tối ưu sẽ giúp tìm được lời giải hài hòa có tính “tối ưu hơn” so với mô hình toán mô phỏng.

Phương pháp tối ưu hệ thống được trình bày trong nhiều tài liệu tra cứu. Ứng dụng mô hình điều khiển tối ưu hệ thống tài nguyên nước được biết đến qua các nghiên cứu từ những năm 60 của thế kỷ XX tập trung và có thể phân theo dạng mô hình tối ưu được sử dụng để mô phỏng hệ thống. Một số phương pháp tối ưu được tập trung phát triển và đưa vào ứng dụng phổ biến như tối ưu tuyến tính, tối ưu mạng, tối ưu động (“quy hoạch động” theo một số tài liệu Việt Nam), tối ưu biến số nguyên/biến gián đoạn, tối ưu phi tuyến. Ngoài ra còn phải kể đến lý thuyết trò chơi, lý thuyết chuỗi Markov, lý thuyết xếp hàng, lý thuyết quản lý hàng hoá tồn kho... Có thể mô tả bài toán tối ưu tổng quát như sau:

Tìm cực trị hàm mục tiêu  $F(\mathbf{X})$

Thỏa mãn ràng buộc  $C_j(\mathbf{X}) \geq \varepsilon_j$

Hai phương pháp tối ưu được nhắc đến nhiều nhất là tối ưu tuyến tính và tối ưu động (Yakowits, 1982), các ứng dụng cụ thể của hai phương pháp này đã được ghi chép và xuất bản nhiều trong thời gian qua. Phương pháp tối ưu tuyến tính được chú ý ở giai đoạn khởi đầu. Phát triển của tối ưu tuyến tính đã được xem là một trong những tiến bộ quan trọng nhất của thế kỷ XX. Tối ưu tuyến tính đã có những bước tiến bất thường từ những năm 50. Trong suốt quá trình phát triển, đặc biệt trong giai đoạn đầu, đến nay lý thuyết tối ưu tuyến tính đã góp phần phát triển kinh tế thế giới, phạm vi ứng dụng lý thuyết tối ưu tuyến tính trong các ngành kinh tế vẫn phát triển.

Lý thuyết tuyến tính cho phép mô tả bài toán tối ưu với các ràng buộc và hàm mục tiêu có dạng tuyến tính, trong khi tối ưu động yêu cầu các quá trình tối ưu thường có dạng đơn giản phải được phân đoạn thành các giai đoạn, tại các giai đoạn biến tối ưu nhận các trạng thái riêng biệt. Một

số ứng dụng cụ thể của tối ưu động có thể kể đến như nghiên cứu của Young trong vận hành hồ chứa (Young, 1967), nghiên cứu vận hành hệ thống liên hồ chứa cho lưu vực sông Gunpowder River, Baltimore, Mỹ (Karamouz et. al, 1992). Tối ưu động, hay quy hoạch động theo một số tài liệu ở Việt Nam, là một trong những phương pháp tối ưu được tập trung chú ý trong nhiều tài liệu nghiên cứu. Tối ưu động cung cấp một kỹ thuật có tính hệ thống để xác định tối ưu cho tập hợp các hành động cho một quá trình (các giai đoạn) với trạng thái khác nhau. Cùng với tối ưu tuyến tính thì tối ưu động cũng được giới thiệu rộng rãi trong các chương trình giảng dạy các bậc đại học và trên đại học cùng với các ví dụ ứng dụng sinh động. Tuy vậy thực tế ứng dụng cho thấy khi hệ thống nghiên cứu phức tạp việc ứng dụng hai loại tối ưu nêu trên, đặc biệt là tối ưu động, sẽ bất lợi - khó mô tả hệ thống thực.

Một nội dung đặc biệt quan trọng là tối ưu phi tuyến. Vì một giả thuyết cơ bản của tối ưu tuyến tính là tất cả các mô tả toán (hàm mục tiêu, ràng buộc) phải ở dạng tuyến tính. Tuy vậy hệ thống thực cần mô tả hầu hết phi tuyến do vậy thường không thể sử dụng giả thiết này. Hầu hết các bài toán thực mô tả hiện tượng tự nhiên đều ở một mức độ phi tuyến nào đó, do vậy hầu hết các bài toán tối ưu cần mô tả đều ở dạng phi tuyến.

Hiện chưa có một phương pháp giải nào có thể áp dụng cho tất cả các bài toán tối ưu phi tuyến. Tuy nhiên giải pháp cho bài toán phi tuyến được cải tiến liên tục bởi phát triển và sử dụng một số giả thiết cho một số bài toán tối ưu phi tuyến thường gặp. Phương pháp giải bài toán tối ưu phi tuyến hiện vẫn còn là một vấn đề còn rộng mở mà khả năng con người có thể khám phá hoàn toàn vẫn còn rất xa vời. Nhiều tài liệu đã cung cấp hướng giải quyết bài toán tối ưu phi tuyến quan trọng thường gặp trong thực tế nghiên cứu, ứng dụng.

Nhìn chung các tài liệu các giới thiệu về vận hành hệ thống đã cung cấp đầy đủ các thông tin



về lý thuyết, phương pháp giải cùng như một bộ các ứng dụng thực tiễn sinh động về tối ưu hệ thống đã được ứng dụng thành công trong nhiều ngành kinh tế khác nhau, đặc biệt là về tối ưu tuyến tính, tối ưu phi tuyến và tối ưu động. Tuy vậy thông thường các ứng dụng trong quản lý nguồn nước chỉ được nhắc đến trong các tạp chí nghiên cứu, các sách chuyên môn về tài nguyên nước.

Ở Việt Nam tài liệu giảng dạy về vận hành tối ưu hệ thống trong quy hoạch và quản lý tài nguyên nước có thể kể đến xuất bản của các tác giả Hà Văn Khôi, Phó Đức Anh và Đặng Hữu Đạo. Các tài liệu này được dùng làm giáo trình giảng dạy sinh viên thạc sỹ ngành công trình, thủy nông cải tạo đất, thủy điện và thủy văn công trình tại Trường Đại học Thủy lợi trình bày các nội dung về phân tích hệ thống nguồn nước nhằm mục đích trang bị phương pháp tính toán quy hoạch và quản lý nguồn nước. Hệ thống tài liệu này sau khi giới thiệu về bài toán tối ưu tuyến tính, tối ưu động (quy hoạch tuyến tính và quy hoạch động theo cách gọi của tác giả) đã đi vào giới thiệu cách ứng dụng trong quy hoạch hệ thống nguồn nước như vận hành cấp nước, phòng lũ. Mặc dù các tài liệu nêu trên được soạn thảo chủ yếu dành cho sinh viên các ngành đào tạo của Trường Đại học Thủy lợi nhưng các ví dụ minh họa chưa hoàn toàn tập trung vào hệ thống tài nguyên nước.

Có thể nói nghiên cứu vận hành tối ưu hệ thống tài nguyên nước đã được phát triển mạnh mẽ và rất đa dạng. Đối với từng bài toán, việc chọn phương pháp thích hợp để giải phụ thuộc vào dạng hàm mục tiêu, ràng buộc và số lượng các biến tối ưu. Tùy thuộc vào đặc điểm của bài toán tối ưu nghiên cứu của hai tác giả Edgar và Himmelblau (1988) đã đề xuất các bước xây dựng và giải bài toán tối ưu hệ thống như sau:

**Bước 1:** Phân tích bản chất bài toán để có thể

thấy rõ được các đặc tính riêng biệt để có thể xác định hệ thống biến tối ưu.

**Bước 2:** Xác định tiêu chuẩn tối ưu, thiết lập hàm mục tiêu từ biến tối ưu đã xác định và các hệ số tương ứng.

**Bước 3:** Phát triển hệ thống các quan hệ toán học mô phỏng, liên hệ giữa các biến tối ưu, số liệu vào ra và các hệ số tương ứng, bao gồm các ràng buộc dưới dạng đẳng thức, bất đẳng thức - gọi chung là các ràng buộc - có thể sử dụng các quan hệ vật lý, hàm kinh nghiệm.

**Bước 4:** Trong trường hợp phạm vi của bài toán quá lớn cần (i) Phân ra thành những phần nhỏ để mô phỏng hơn, (ii) Đơn giản hoá hàm mục tiêu hoặc cách mô phỏng.

**Bước 5:** Ứng dụng kỹ thuật giải tương thích.

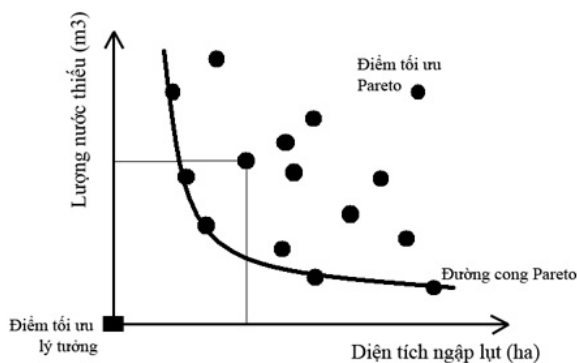
**Bước 6:** Kiểm tra kết quả, phân tích độ nhạy của mô hình bằng cách thay đổi hệ số cũng như các giả thiết.

Một số bài toán không bắt buộc phải theo sát các bước trên, tuy vậy nên xem xét, cân nhắc cụ thể từng bước khi tiến hành xây dựng mô hình.

Thực tế bài toán điều khiển tối ưu hệ thống là xác định giá trị của một tập hợp các biến tối ưu để đạt cực trị giá trị hàm mục tiêu đồng thời phải thoả mãn tất cả các ràng buộc liên quan. Rất nhiều các phương pháp đã được xây dựng nhằm mục đích giải các bài toán điều khiển tối ưu. Với ứng dụng thực tiễn, phạm vi của bài toán tối ưu có thể lên đến hàng trăm, hàng nghìn, hàng trăm nghìn các biến tối ưu cùng các ràng buộc. Hệ thống này đòi hỏi phải thực hiện một số lần tính toán cực kỳ lớn - thông thường không thể giải được bằng tính tay, thủ công.

Một vấn đề lớn cần được quan tâm giải quyết đó là với bài toán tối ưu đa mục tiêu. Với bài toán tối ưu đơn mục tiêu nhiệm vụ chính là tìm

điểm cực trị của hàm mục tiêu - trong khi tối ưu đa mục tiêu nếu cố gắng thay đổi giá trị của một mục tiêu, thông thường, sẽ tác động thay đổi, thường theo hướng bất lợi, đến các giá trị mục tiêu khác. Ví dụ trong quản lý hồ chứa đa mục tiêu sử dụng cấp nước, chống lũ khi gia tăng mục tiêu chống lũ có thể phải dành một dung tích phòng lũ lớn, đồng thời phải kéo dài thời gian ở cuối mùa lũ để mực nước hồ chứa phải giữ ở mực nước thấp - để thỏa mãn mục tiêu gia tăng độ an toàn phòng lũ sẽ, đồng thời, dẫn đến rủi ro cao tại đầu mùa khô tiếp theo hồ sẽ không tích được đến mực nước dâng bình thường theo thiết kế gây thiệt hại cho mục tiêu cấp nước của hồ chứa trong mùa cạn tiếp theo sau. Việc gia tăng nhiệm vụ này (phòng lũ hoặc cấp nước) sẽ đồng thời làm giảm khả năng đáp ứng mục tiêu kia.



**Hình 1.** Đường cong Pareto hai mục tiêu cấp nước và chống lũ

Giải quyết vấn đề giữa các mục tiêu đối kháng, để đạt được mục tiêu tổng thể (một mục tiêu) có thể quy các giá trị các mục tiêu sử dụng về một đơn vị tính, có thể quy ra đơn vị tiền tệ và giải bài toán như một bài toán tối ưu đơn mục tiêu sử dụng. Khó khăn khi giải quyết theo hướng này nằm ở chỗ việc quy các mục tiêu về một đơn vị tính thông thường không được thuyết phục. Để giải quyết vấn đề nêu trên gần đây một hướng tiếp cận khác khá khả quan là xây dựng mặt cong tối ưu Pareto trong không gian đa chiều. Mặt cong tối ưu Pareto được tạo bởi các “trạng thái tối ưu” hoặc có thể gọi là các “điểm tối ưu” của hệ thống phục vụ cho các nhà hoạch định

xem xét đưa ra các quyết định quản lý, vận hành hệ thống tài nguyên nước.

Một cách hiểu tối ưu Pareto như sau, giá trị  $x^*$  được gọi là điểm tối ưu Pareto nếu không tồn tại giá trị biến tối ưu  $x$  thỏa mãn các ràng buộc để có thể cải thiện một số hàm mục tiêu mà không tác động xấu đến ít nhất một hàm mục tiêu khác. Thực tế phương pháp lựa chọn này thường không dẫn đến một lời giải duy nhất mà thường hình thành một tập hợp các điểm tối ưu Pareto. Mặt cong trong không gian đa chiều tạo bởi các điểm tối ưu Pareto được gọi là mặt cong Pareto. Trên cơ sở mặt cong Pareto nhà hoạch định sẽ cân nhắc và quyết định phương án chọn.

## 2. Công cụ giải bài toán tối ưu

Cùng với các tài liệu tham khảo về phương pháp tối ưu hệ thống, một số công cụ giải bài toán tối ưu hệ thống bằng máy tính cá nhân cũng đã được phát triển khá phong phú, đại diện có thể liệt kê như sau:

- Phần mềm LINDO dùng để giải bài toán tối ưu tuyến tính, tối ưu tuyến tính biến nguyên, tối ưu hàm bậc hai.

- Ngôn ngữ máy tính LINGO dùng để thiết kế và giải các dạng tối ưu tuyến tính, tối ưu tuyến tính biến nguyên, tối ưu phi tuyến.

- Hệ thống GAMS được thiết kế để giải các bài toán lớn về tối ưu tuyến tính, tối ưu phi tuyến, tối ưu biến nguyên.... GAMS là một loại ngôn ngữ lập trình bậc cao được sử dụng để quản lý số liệu, mô phỏng hệ thống cùng với một bộ các thư viện toán giải tối ưu.

Trước đây LINDO đã được sử dụng khá rộng. Tuy nhiên gần đây công nghệ GAMS ngày càng được chú ý đưa vào nghiên cứu ứng dụng, đặc biệt trong quy hoạch và quản lý tài nguyên nước nhờ tính mềm dẻo và khả năng ứng dụng bao quát sẵn có của công nghệ.



Như đã trình bày ở trên lý thuyết tối ưu phi tuyến đã được phát triển mạnh có khả năng giải được hầu hết các bài toán của thực tiễn đề ra. Một số công cụ giải bài toán phi tuyến đã được phát triển khá hoàn chỉnh như LINGO, GAMS, CALSIM, PERL.

Cụ thể phục vụ cho quản lý nguồn nước một số công cụ, phần mềm đã được phát triển như MIKE BASIN OPTIMISATION (Đan Mạch), RESSIM (Mỹ) phục vụ mô phỏng các hệ thống nguồn nước nói chung. Hệ thống các công cụ mô hình toán thiết kế cho chung hệ thống nguồn nước, hoặc thiết kế riêng cho một hệ thống nguồn nước cụ thể đã được đưa vào ứng dụng thành công trong nhiều nghiên cứu tuy vậy khi đưa vào ứng dụng các công cụ này thông thường người sử dụng bắt buộc phải qua các bước rất vất vả nhằm xử lý, đơn giản hóa hệ thống mô phỏng để sao cho “vừa” với khả năng của công cụ (thường đã được cố định).

Để giải quyết điểm tồn tại này thì các công cụ như LINGO, GAMS, CALSIM, PERL được triển khai ứng dụng khá rộng rãi trong quy hoạch và quản lý nguồn nước. Thực chất đây là hệ thống các ngôn ngữ máy tính có khả năng xây dựng mô hình toán kết nối với bộ thư viện các công cụ giải bài toán tối ưu hệ thống. Mặc dù phải tốn công sức phát triển bộ mã chương trình máy tính mô hình nhưng các công cụ này cho phép người sử dụng mô tả chi tiết các đặc thù của hệ thống cần mô phỏng do vậy các ứng dụng của các công cụ như LINGO, GAMS, CALSIM, PERL được phát triển rộng khắp trên toàn thế giới trong đó có các ứng dụng quy hoạch và quản lý nguồn nước. Theo đánh giá của hai tác giả Mays và Tung thì GAMS là một trong những công cụ phù hợp để giải bài toán vận hành phân bổ tối ưu nguồn nước (Mays và Tung, 1992).

### 3. Số liệu đầu vào

Như mọi công việc phân tích đánh giá, nghiên cứu ứng dụng mô hình toán hay mô hình toán tối ưu hóa hệ thống thì chất lượng nguồn số liệu đầu vào sẽ quyết định chất lượng, độ tin cậy của kết quả đầu ra từ tính toán mô hình. Gần giống mô hình toán mô phỏng hệ thống nguồn nước thông thường thì yêu cầu số liệu đầu vào mô hình chính gồm các loại số liệu khí tượng thủy văn, số liệu về quy mô các hộ sử dụng nước, số liệu thông số vật lý hệ thống công trình khai thác sử dụng nước.

Số liệu nguồn nước, dòng chảy, mưa có thể coi là đảm bảo cho hầu hết các hệ thống sông lớn ở Việt Nam - ngoài ra có thể bổ sung, phục hồi nhờ các phương pháp tính, mô hình toán thông thường. Thông số, đặc tính công trình khai thác sử dụng nước chủ yếu là các thông số cơ bản được lưu trữ trong các hồ sơ thiết kế công trình.

Thông tin, số liệu về nhu cầu và hoạt động sử dụng nước của các hoạt động kinh tế, thông thường, sẽ là các đầu vào được quan tâm nhất đối với mô hình toán mô phỏng và đặc biệt đối với mô hình toán tối ưu hệ thống. Ở đây có thể kể đến số liệu về nhu cầu sử dụng nước cho các mục đích sử dụng nước khác nhau, hiệu quả sử dụng nước cho các mục đích sử dụng nước. Thông thường nhu cầu sử dụng nước được xác định dựa trên quy mô hoạt động sản xuất ứng với các điều kiện tác động của yếu tố thời tiết có tác động và với trình độ khoa học công nghệ của hoạt động sử dụng nước... thường được tính bằng khối lượng nước trên một đơn vị quy mô hoạt động sản xuất ( $m^3/ha$  đất trồng lúa vụ đông - xuân,  $l/người/ngày$  cho cấp nước sinh hoạt) hoặc có thể là quy mô hoạt động sản xuất được bảo vệ, duy trì như diện tích đất khu công nghiệp, đô thị được bảo vệ tránh tác động của lũ.

Mô hình toán tối ưu có điểm khác cơ bản với mô hình toán mô phỏng là phải đạt được cực trị của hàm tối ưu - tối đa lợi nhuận hoặc tối thiểu thiệt hại tính bằng đơn vị tiền tệ, đơn vị sản phẩm...

Để mô tả hệ thống nguồn nước sát với hệ thống thực các ràng buộc bao hàm các yếu tố trên, thông thường, cần phải xác định được giá trị kinh tế của tài nguyên tiêu hao, bị sử dụng trên đơn vị sản phẩm thu được qua hoạt động sản xuất. Cụ thể ở đây có thể là giá trị/lợi nhuận thu được trên một m<sup>3</sup> nước sử dụng tưới cho lúa nước, cho cây trồng cạn, cho cấp nước sinh hoạt, cho cấp nước công nghiệp.... Đây là một nội dung phức tạp trong tính toán tối ưu kinh tế hiện nay trên thế giới và đặc biệt là ở Việt Nam. Tính toán giá trị kinh tế của nước cho các mục tiêu sử dụng nước thời gian vừa qua, có thể, đánh giá là chưa được quan tâm đúng mức. Một số đề tài nghiên cứu khoa học có đưa vào nội dung tính toán kinh tế của nước. Đặc biệt gần đây Nghiên cứu phương pháp tính giá trị kinh tế của nước cho các hộ sử dụng nước khác nhau tại lưu vực sông Hồng (Đào Xuân Học và Đào Văn Khiêm, 2006) đã tính toán giá trị kinh tế của nước sử dụng cho các mục đích cấp nước sinh hoạt, công nghiệp, tưới, nuôi trồng thủy sản ngoài ra còn ước tính thiệt hại kinh tế do ô nhiễm nước thải gây ra. Kết quả ứng dụng thử nghiệm được áp dụng tính toán cho một số vùng đặc trưng trên lưu vực sông Hồng - Thái Bình - cụ thể như giá trị kinh tế của nước phục vụ tưới được tính toán cho các hệ thống thủy lợi sông Nhuệ, Núi Cốc và Liễn Sơn; giá trị kinh tế của nước cho cấp nước sinh hoạt đô thị thành phố Hà Nội và cấp nước sinh hoạt nông thôn cho Nam Định, Hải Dương, Vĩnh Phúc - phương pháp và kết quả của đề tài nghiên cứu cần được triển khai nhân rộng ở Việt Nam.

Ngoài giá trị kinh tế của nước, khi mô tả các ràng buộc trong bài toán tối ưu một thông số quan trọng khác có thể gọi là giá trị biên của nước ứng với các quy mô của hoạt động sản xuất.

#### 4. Ứng dụng thực tiễn

##### *Trên thế giới*

Ứng dụng phương pháp tối ưu trong quản lý tài nguyên nước được chú ý tập trung, đặc biệt là các ứng dụng trong quy hoạch và quản lý hệ thống hồ chứa. Để giải quyết vấn đề suy giảm nguồn nước lưu vực sông Aral là lưu vực sông quốc tế chảy qua các quốc gia Trung Á thuộc Liên bang Xô Viết cũ, mâu thuẫn trong chia sẻ, khai thác sử dụng, mâu thuẫn giữa quốc gia thượng nguồn với quốc gia nằm ở hạ du Nghiên cứu chia sẻ lợi ích trong hợp tác khai thác và bảo vệ nguồn nước sông Aral vùng Trung Á đã sử dụng bài toán mô phỏng tối ưu hệ thống hồ chứa đã đề xuất giải pháp quản lý, vận hành với mục tiêu hài hòa các ràng buộc đồng thời đảm bảo lợi ích phát điện, tưới và bảo vệ môi trường.

Có thể kể đến công cụ CALSIM (Close et. al, 2003) do Cục Tài nguyên nước Bang California phối hợp với Cục Cải tạo nguồn nước liên bang Mỹ phát triển phục vụ công tác quy hoạch và quản lý hệ thống nguồn nước Bang California qua kết hợp ngôn ngữ lập trình, thư viện giải tối ưu tuyến tính và thành phần đồ họa. CALSIM đã được chọn thay thế Hệ thống mô hình quy hoạch nguồn nước bang và vùng thung lũng trung tâm California (DWRSIM) trước đây. Nghiên cứu về phân bổ dung tích chống lũ của hệ thống 8 hồ chứa lưu vực sông Paranaiba - Grande (diện tích lưu vực 375.000 km<sup>2</sup>) ở Brazil sử dụng phương pháp tối ưu kết hợp phân tích thống kê (Marien et. al, 1994) đã đề xuất phương án phân bổ dung tích chống lũ cho từng hồ chứa theo thời gian đảm bảo mục tiêu chống lũ của hệ thống liên hồ chứa. Trong nghiên cứu này thuần túy chỉ xem xét đến hiệu quả chống lũ mà chưa tính đến hiệu quả phát điện của hệ thống 8 hồ chứa. Nghiên cứu của Rinaldi và Soncini - Sessa về vận hành hệ thống đơn hồ chứa Como phục vụ chống lũ, phát điện lưu vực sông Adda miền Bắc nước Ý. Nghiên cứu đã phân tích số

liệu vận hành trong quá khứ, đánh giá các thiệt hại cũng như hiệu ích đến các mặt phát điện, mức độ ngập lũ, cấp nước cho nông nghiệp để xây dựng mặt cong tối ưu Pareto trong không gian ba chiều (phát điện, thiệt hại ngập lũ, cấp nước) làm cơ sở so sánh hài hòa giữa được với mất, giúp cho nhà hoạch định có thể chọn được các phương án vận hành hồ Como tốt hơn so với quá khứ hài hòa các mục tiêu sử dụng, giữa chống lũ cho hạ du và phát triển kinh tế vùng ven lòng hồ (Guariso et. al, 1986).

Ngo Le Long (2006) đã ứng dụng công cụ mô hình toán MIKE 11 & AUTOCAL kết hợp mô phỏng thủy động lực học (MIKE 11), dò tìm giải pháp vận hành tối ưu (AUTOCAL) hài hòa mục tiêu phát điện và chống lũ trong điều hành hồ Hòa Bình, Việt Nam. Kết quả nghiên cứu cải thiện đáng kể lượng điện phát mà không ảnh hưởng đến an toàn phòng lũ cho hạ du. Nghiên cứu cũng đề xuất khung điều hành theo thời gian thực bao gồm dự báo theo thời gian thực dòng chảy vào hồ trong thời gian mùa lũ.

### Tại Việt Nam

Quá trình nghiên cứu trước đây của các cơ quan như Viện Quy hoạch Thủy lợi, Viện Khoa học Thủy lợi, Viện Cơ học xây dựng các quy trình vận hành hệ thống hồ chứa lớn trên lưu vực sông Hồng-Thái Bình trong mùa lũ bằng cách sử dụng công cụ mô hình mô phỏng kết hợp với xử lý số liệu các kịch bản tổ hợp lũ tính toán thử dần các phương án nhằm đảm bảo các ràng buộc thông số vật lý của hệ thống hồ, các ràng buộc về mực nước lũ trong các giai đoạn mùa lũ - đồng thời trên cơ sở kết quả tính toán đã định lượng tác động đến làm tăng giảm sản lượng điện của các hệ thống các nhà máy thủy điện trên hệ thống để đề xuất quy trình. Đây có thể coi là phương pháp thông thường, truyền thống sử dụng công cụ mô hình toán thủy động lực học trong sông kết hợp phương pháp phân tích thống kê toán học.

Phương pháp nêu trên đã được vận dụng xây dựng quy trình vận hành liên hồ chứa trên sông Hồng - từ tổ hợp 02 hồ Hòa Bình + Thác Bà, đến tổ hợp 03 hồ Hòa Bình + Thác Bà + Tuyên Quang và gần đây là vận hành tổ hợp 04 hồ Sơn La + Hòa Bình + Thác Bà + Tuyên Quang;

Năm 2006, đề tài Nghiên cứu cơ sở khoa học và thực tiễn điều hành cấp nước cho mùa cạn đồng bằng sông Hồng của các tác giả Lê Kim Truyền và Hà Văn Khôi đã tính toán điều phối hệ thống 04 hồ chứa trong mùa cạn cấp nước cho hạ du trên cơ sở phát triển mô hình toán mô phỏng điều tiết hồ chứa độc lập, bậc thang hồ chứa, cùng với ứng dụng mô hình toán mô phỏng MIKE 11 trường hợp năm dòng chảy thiết kế 85% - đề tài đã xây dựng quy trình điều tiết liên hồ chứa trong mùa cạn phục vụ cấp nước các ngành kinh tế kết hợp phát điện;

Kết hợp ứng dụng mô hình toán tối ưu và mô hình toán mô phỏng tại Viện Quy hoạch Thủy lợi (Tô Trung Nghĩa và Lê Hùng Nam, 2008) đã mô tả vận hành hệ thống hồ chứa trên sông Hồng trong mùa cạn - từ kết quả tính toán tối ưu hệ thống sử dụng công nghệ GAMS đã mô phỏng và giải bài toán tối ưu phi tuyến các ràng buộc và tối ưu hệ thống 03 hồ chứa lớn trên lưu vực sông Hồng - Thái Bình - từ đó xây dựng quy trình điều tiết hệ thống hồ chứa lớn trong mùa cạn hàng năm trên lưu vực sông Hồng - Thái Bình. Kết quả nghiên cứu đã đề xuất các phương án vận hành các hồ chứa lớn trên lưu vực sông Hồng - Thái Bình tại từng tuần (10 ngày) trong suốt mùa cạn tùy thuộc vào điều kiện đầu mùa khô của hệ thống và cập nhật qua từng giai đoạn của mùa khô. Kết quả nghiên cứu cho thấy để đảm bảo nguồn nước cho vụ đông xuân hàng năm sẽ tác động không đáng kể đến sản lượng điện phát của hệ thống hồ chứa (Kết luận này cũng tương đồng với kết quả tính từ nghiên cứu của các tác giả Lê Kim Truyền và Hà Văn Khôi năm 2006).



Trường hợp sơ đồ tính cho lưu vực sông Hồng-Thái Bình với 68 biên dòng chảy vào, 358 biên nhập lưu khu giữa, 36 hồ chứa, 1152 nút lấy nước, 93 nút yêu cầu dòng chảy môi trường, 12 nút phân lưu. Thực tế khi giải tối ưu hệ thống phân bổ nguồn nước lưu vực sông Hồng - Thái Bình bộ công cụ giải của GAMS đã sử dụng ma trận tối ưu với khoảng 160 000 phương trình ràng buộc và khoảng 140 000 biến tối ưu (xem Bảng 1).

Trước đó công nghệ GAMS cũng đã được ứng dụng đề xuất phương án phân bổ tối ưu nguồn nước phục vụ các mục tiêu sử dụng nước cho lưu vực sông Đồng Nai (Son, Huy và Ringler,

2002), cho vùng Thượng du sông Thái Bình (Tô Trung Nghĩa et. al, 2006). Ngoài ra có thể kể đến một số nghiên cứu gần đây như Nghiên cứu điều hành đơn hồ chứa phục vụ đa mục tiêu tưới, phát điện, phòng lũ và cấp nước cho hạ du của hai tác giả Nguyễn Thế Hùng và Lê Hùng (2011) đã đưa vào ứng dụng tối ưu động kết hợp phân tích tối ưu Pareto - triển khai ứng dụng thử nghiệm cho hai hồ chứa A Vương và Định Bình. Các nghiên cứu do Bộ Tài nguyên và Môi trường gần đây sử dụng phương pháp mô hình toán mô phỏng xây dựng quy trình vận hành các hệ thống liên hồ chứa.

**Bảng 1.** Tóm tắt kết quả, quy mô bài toán tối ưu phân bổ nguồn nước lưu vực sông Hồng-Thái Bình (Tô Trung Nghĩa và Lê Hùng Nam, 2008)

```
GAMS Rev 146 x86/MS Windows          01/05/09 09:58:00 Page 5
General Algebraic Modeling System
Model Statistics SOLVE md6061 Using NLP From line 26499

MODEL STATISTICS
BLOCKS OF EQUATIONS   56  SINGLE EQUATIONS  162,262
BLOCKS OF VARIABLES  34  SINGLE VARIABLES  142,988
NON ZERO ELEMENTS   414,363  NON LINEAR N-Z   52,632
DERIVATIVE POOL     1,158  CONSTANT POOL     559
CODE LENGTH         428,412

SOLVE SUMMARY
MODEL md6061  OBJECTIVE obj
TYPE NLP      DIRECTION MAXIMIZE
SOLVER CONOPT FROM LINE 26499
**** SOLVER STATUS  1 NORMAL COMPLETION
**** MODEL STATUS  2 LOCALLY OPTIMAL
**** OBJECTIVE VALUE  46514.4878
RESOURCE USAGE, LIMIT  1438.859 100000.000
ITERATION COUNT, LIMIT 6815 100000
EVALUATION ERRORS     0 0
```

Đánh giá nghiên cứu, ứng dụng công nghệ tối ưu hóa trong quy hoạch, quản lý nguồn nước trên thế giới cho thấy tối ưu hóa hệ thống nguồn nước rất được chú ý, đặc biệt đối với tối ưu hóa hệ thống hồ chứa. Tuy vậy, ứng dụng thực tế của phương pháp tối ưu vào các hệ thống công trình của chính phủ hoặc công trình phục vụ mục đích công cộng còn ở phạm vi hẹp - lí do chính là đối với các hệ thống này chưa được xác định rõ mục tiêu vận hành khai thác, hay nói cách khác mục tiêu bị chi phối bởi nhiều yếu tố phức tạp - người có thẩm quyền ra quyết định cũng như cán bộ được giao nhiệm vụ vận hành, thông thường vì lí do an toàn, hành động theo thông lệ từ trước là sử dụng kinh nghiệm hoặc kết quả từ mô hình mô phỏng. Trong khi đó với khu vực tư nhân khi mục tiêu kinh tế, lợi nhuận chịu tác động mạnh theo quy luật thị trường thì phương pháp tối ưu được triển khai ứng dụng mạnh mẽ và đã đem lại lợi ích to lớn.

## KẾT LUẬN

Bài viết đã cung cấp một cách nhìn chung về phương pháp tối ưu, công cụ tối ưu, yêu cầu về số liệu và ứng dụng phương pháp tối ưu trong quản lý nguồn nước trên thế giới và tại Việt Nam. Kinh nghiệm thế giới cho thấy tối ưu tuyến tính, tối ưu động có ưu điểm về tính học thuật trong khi tối ưu phi tuyến gần hơn với ứng dụng giải quyết các vấn đề của thực tiễn hoạt động kinh tế. Đặc biệt tối ưu phi tuyến có khả năng áp dụng cho các hệ thống phức tạp mà tối ưu tuyến tính, tối ưu động hạn chế trong khả năng ứng

dụng. Sử dụng mô hình toán tối ưu kết hợp phân tích tối ưu Pareto thích hợp để cung cấp các giải pháp phục vụ quá trình ra quyết định ở giai đoạn quy hoạch cũng như giai đoạn quản lý nguồn nước. Về công cụ mô hình hóa, kết quả nghiên cứu cho thấy công nghệ GAMS có nhiều điểm nổi trội như mềm dẻo khi mô tả đặc thù các hệ thống thực, có thể giải quyết bài toán lớn, giải nhiều dạng bài toán tối trong đó có tối ưu phi tuyến, tối ưu tuyến tính, tối ưu động.

Trước yêu cầu của cơ chế thị trường cùng với diễn biến phức tạp của điều kiện tự nhiên, nguồn nước thời gian tới cần có hướng ưu tiên triển khai nghiên cứu, ứng dụng công nghệ tối ưu trong công tác quy hoạch, quản lý tài nguyên nói chung, tài nguyên nước nói riêng và đặc biệt chú ý đến quản lý vận hành hệ thống hồ chứa. Tuy nhiên, để có môi trường thuận lợi cho phương pháp tối ưu phát triển cần thiết (i) trước hết, phải có sự trao đổi sâu, thường xuyên giữa cán bộ nghiên cứu với cán bộ quản lý, vận hành hệ thống và đảm bảo thông tin cụ thể minh chứng tính hiệu quả của phương pháp, công cụ được chuyển đến các nhà hoạch định; (ii) phải phát triển các công cụ, mô hình mềm dẻo, mô tả sát nhất với thực tế hệ thống. Ngoài ra, cần đầu tư triển khai tập trung chương trình đào tạo, nghiên cứu ứng dụng về lĩnh vực tối ưu hóa hệ thống trong quản lý, bảo vệ tài nguyên thiên nhiên tại các trường đại học, viện nghiên cứu, có cơ chế khuyến khích các thành phần kinh tế tham gia vào lĩnh vực này.