BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PTNT

VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM

NGUYỄN QUANG AN

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG BÀI TOÁN TỐI ƯU VẬN HÀNH TRỮ NƯỚC TƯỚI ĐỂ GIẢM THIỂU ẢNH HƯỞNG CỦA HẠN HÁN TỚI SẢN XUẤT NÔNG NGHIỆP VÙNG HẠ DU SÔNG CẢ - NGHIÊN CỨU ĐIỂN HÌNH TẠI HỆ THỐNG THỦY LỢI LÊ XUÂN ĐÀO

TÓM TẮTLUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

CHUYÊN NGÀNH: KỸ THUẬT TÀI NGUYÊN NƯỚC

MÃ SỐ: 9 58 02 12

HÀ NỘI, NĂM 2018

Công trình được hoàn thành tại:
VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM

Người hướng dẫn khoa học:
1. PGS. TS. Nguyễn Tùng Phong
2. PGS. TS. Trần Chí Trung

Phản biện 1:
Phản biện 2:
Phản biện 3:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án cấp:
……..
Họp tại:
VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM
171 Tây Sơn, Phường Trung liệt, Quận Đống Đa, Hà Nội
Vào hồi: …… giờ ……phút, ngày …… tháng ….. năm 2018.

Có thể tìm đọc luận án tại:
- Thư viện Quốc gia Việt Nam
- Thư viện Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của luận án

Trước đây, nước được coi như là một nguồn tài nguyên vô tận. Qua quá trình phát triển của nhân loại, với sự bùng nổ về dân số, sự phát triển mạnh mẽ kinh tế xã hội và đời sống sản xuất, tình trạng thiếu hụt nước giờ đây đã trở thành một mối lo ngại hàng đầu của con người. Điều này đòi hỏi ở các nhà quản lý, các nhà hoạch định chiến lược phát triển phải có được sự thay đổi hợp lý nhằm sử dụng hiệu quả tài nguyên nước.

Hiện nay, các nghiên cứu liên quan đến việc sử dụng nước hiệu quả cho nông nghiệp tại hạ lưu các con sông chủ yếu tập trung vào việc cải thiện kỹ thuật tưới, thay đổi giống và cơ cấu cây trồng hoặc chỉ là những mô hình thu trữ nước nhỏ, phục vụ cho các cây trồng có khả năng chịu hạn cao mà chưa tập trung vào vấn đề nghiên cứu thu trữ nước mùa mưa và cung cấp một cách tối ưu nhất cho mùa khô.

Vì vậy, đề tài: "Nghiên cứu bài toán tối ưu vận hành trữ nước tưới để giảm thiểu ảnh hưởng của hạn hán tới sản xuất nông nghiệp vùng hạ du sông Cả - Nghiên cứu điển hình tại hệ thống thủy lợi Lê Xuân Đào" là có ý nghĩa khoa học và thực tiễn.

2. Mục tiêu của luận án

❖ Xác định đươc nhu cầu và khả năng cấp nước của hệ thống tưới trong mùa kiệt và đề xuất giải pháp thu trữ nước hợp lý phục vụ sản xuất nông nghiệp.

❖ Ứng dụng bài toán tối ưu xây dựng kế hoạch vận hành theo thời gian thực cho giải pháp được đề xuất bảo đảm cung cấp đủ nước tưới trong mùa kiệt, tiết kiệm chi phí trong vận hành hệ thống.

3. Phạm vi và đối tượng nghiên cứu

Luận án tập trung nghiên cứu giải pháp thu trữ nước, và xây dựng thuật toán vận hành tối ưu điều tiết nước theo thời gian thực cho vùng 9 xã thuộc kênh Lê Xuân Đào, hệ thống thủy lợi Nam Nghệ An là một trong những vùng bị hạn hán nặng nhất trong hệ thống.

4. Phương pháp nghiên cứu và cách tiếp cận

Phương pháp khảo sát, thu thập số liệu; Phương pháp kế thừa; Phương pháp (xác suất) thống kê; Phương pháp mô hình toán; Phương pháp tối ưu hóa trong quản lý vận hành hệ thống.

5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của nghiên cứu

Ý nghĩa khoa học: Xây dựng được phương pháp luận và các thuật toán tối ưu để vận hành hệ thống tưới trong mùa kiệt bằng biện pháp thu trữ nước.Trong nghiên cứu về vận hành hệ thống, thuật toán tìm kiếm giải pháp tối ưu đã được lập bằng ngôn ngữ lập trình Matlab. Thuật toán này lấy ***thuật toán di truyền sắp xếp các nghiệm không trội*** NSGA II (Deb 2000) làm cơ sở, bài toán được chuyển về tìm tham số của một dạng hàm vận hành đã được đề xuất với mục tiêu tối ưu hóa 2 chỉ tiêu về tổng lượng tiêu và lượng nước thiếu hụt mà luôn mâu thuẫn nhau trong thực tế.

Ý nghĩa thực tiễn: Luận án đề xuất được giải pháp và kế hoạch vận hành tối ưu cho hệ thống kênh phục vụ tưới cho mùa khô vùng 9 xã phía Đông nam của huyện Hưng Nguyên, tỉnh Nghệ An. Giải pháp này có thể ứng dụng cho các vùng khác có điều kiện tương tự.

6. Những đóng góp mới của luận án

1. Đã xây dựng được bài toán tối ưu hỗ trợ ra quyết định vận hành trữ nước tưới để giảm thiểu ảnh hưởng của hạn hán tới sản xuất nông nghiệp.
2. Đề xuất được giải pháp và kế hoạch vận hành tối ưu cho hệ thống thủy lợi Lê Xuân Đào trong mùa kiệt.

Các kết quả của luận án có thể tham khảo và áp dụng được cho các hệ thống tương tự.

7. Bố cục của luận án

Luận án được trình bày trong 3 chương chính như sau:

Chương 1. Tổng quan

Chương 2. Phương pháp luận và công cụ nghiên cứu

Chương 3. Kết quả nghiên cứu

CHƯƠNG I. TỔNG QUAN

1.1 Hạn hán và những tác động của hạn hán đối với nông nghiệp

1.1.1 Hạn hán và nguyên nhân

Hạn hán là một hiện tượng phổ biến tại hầu hết các vùng địa lý trên trái đất, là dạng thiên tai phức tạp và có ảnh hưởng đến nhiều người nhất. Theo Trung tâm quản lý hạn Châu Âu (European Drought Centre), hạn là hiện tượng khí hậu xảy ra khi lượng nước sẵn có trong tự nhiên thấp dưới mức trung bình trong một thời gian dài. Các nhà nghiên cứu của Trung tâm Giảm nhẹ hạn hán Quốc gia thuộc trường đại học Lebrasca-Licoln – Mỹ đã phân hạn hán thành 4 loại: hạn khí tượng, hạn thủy văn, hạn nông nghiệp và hạn kinh tế xã hội. Mức hạn có thể được phân theo nhiều cách khác nhau, tuy nhiên về cơ bản là dựa trên số liệu thống kê nhiều năm của lượng mưa vào các năm hạn.Các yếu tố cơ bản để phân loại tình trạng hạn hán bao gồm:

- Lượng mưa (tháng, mùa).
- Mực nước ngầm.
- Mực nước/dung tích hồ chứa.
- Mực nước, lưu lượng trên sông suối.

1.1.2 Một số tác động của hạn hán đối với sản xuất nông nghiệp trên Thế giới

Ở miền nam Châu Âu, kết quả dự tính cho thấy tình trạng nhiệt độ cao và hạn hán có thể xấu đi ở khu vực khan hiến nguồn nước mặt và khu vực có sóng nhiệt.Châu Phi là một trong những khu vực điển hình về hạn hán gây ra đói nghèo đối với người dân ởlục địa này. Hoa Kỳ, những năm bị hạn hán, thiệt hại về kinh tế ở nước này là rất nghiêm trọng,các nghiên cứu đã thống kê mức thiệt hại hàng năm do

hạn hán khoảng 6-8 tỷ USD/năm. Tại Trung Quốc, năm 1941, hạn hán làm gần ba triệu người chết.Tại Ấn Độ, năm 1769 đến 1770, hạn làm cho 5 triệu người chết vì đói và dịch bệnh.Tại Nhật Bản, năm 1994 có một đợt sóng nhiệt độ cao kéo dài gây nên hạn nặng trên 1/3 lãnh thổ của nước này. Năm 1982-1983, Australia xảy ra đợt hạn hán tồi tệ nhất của nước này trong thế kỷ XX.Trong những năm 1997, 1998 do ảnh hưởng của hiện tượng El-Ninô, các nước trong khu vực Đông Nam Á hầu như không có mưa, nhiệt độ không khí cao là nguyên nhân chính gây cháy rừng ở nhiều nơi, điển hình là Inđônêsia và Malaysia.

1.1.3 Những tác động của hạn hán đối với sản xuất nông nghiệp ở Việt Nam

Ở Việt Nam, hạn hán xẩy ra ở cả vùng mưa nhiều cũng như vùng mưa ít, trong thời gian mùa khô thậm chí ngay trong mùa mưa.Hạn hán xuất hiện tại các vùng sinh thái cũng rất khác nhau. Vùng đồng bằng và trung du Bắc bộ thường gặp hạn hán trong vụ đông xuân, rất hiếm khi gặp hạn hán vụ mùa; vùng Trung bộ từ Nghệ An đến Bình Định thường xẩy ra hạn vụ hè thu, vùng Nam Trung Bộ thường gặp hạn hán vụ đông xuân; miền tây Nam Bộ thường gặp hạn hán vào cuối vụ đông xuân, đầu vụ hè thu, miền đông Nam Bộ thường gặp hạn hán vào vụ đông xuân; vùng Tây Nguyên thường gặp hạn hán vào vụ đông xuân và đầu vụ hè thu.Theo đánh giá của chương trình hành động giảm nhẹ thiên tai của Việt Nam thì hạn hán là thiên tai gây tổn thất nghiêm trọng thứ 3 sau bão và lũ.

1.1.4 Tình hình hạn trong khu vực nghiên cứu

Trong những năm gần đây tình hình hạn hán tại huyện Hưng Nguyên đặc biệt là các xã: Hưng Châu, Hưng Lợi, Hưng Yên, Hưng Phúc,

Hưng Mỹ diễn ra gay gắt, lượng mưa mùa khô liên tục giảm mạnh, năm sau thấp hơn năm trước. Cùng với tác động của gió Lào nên hạn hán tại vùng này càng khốc liệt hơn. Trong những năm gần đây, tình hình hạn hán xảy ra thường xuyên hơn, nghiêm trọng hơn trong đó có thể thống kê những đợt hạn hán nặng như hạn năm 1983, 1987, 1988, 1990, 1992, 1993, 1998, 2003, 2004, 2010 đặc biệt hạn rất nghiêm trọng vào năm 1993, 1998 và năm 2010.

1.2 Các nghiên cứu và giải pháp chống hạn hán

1.2.1 Thế giới

Vấn đề nghiên cứu, dự báo và dự tính hạn hán, hiện nay được thực hiện ở hầu khắp các quốc gia trên thế giới, tuy nhiên do tính phức tạp trong bản chất của hiện tượng này nên chưa có một phương pháp thống nhất nào trong nghiên cứu hạn hán.

Nhiều chính phủ các nước trên thế giới cũng đã giành các khoản chi lớn cho các dự án thuỷ lợi cấp nước, chống hạn, như dự án xây dựng đập At-soan trên sông Nine ở Ai Cập. Trung Quốc đã thành lập Hiệp hội cảnh báo thảm hoạ thiên tai lâu đời nhất thế giới cùng với Hoa Kỳ. Israel và Ấn Độ cũng là những nước đạt được nhiều thành tựu trong nghiên cứu về các giải pháp chống hạn, công nghệ tưới tiết kiệm nước.Việc kết hợp các biện pháp nông - lâm nghiệp với các kỹ thuật thu trữ nước tại các vùng thiếu nước được nhiều nước nghiên cứu và ứng dụng như: Ấn Độ, Sri Lanka, Ai Cập, Kenya…

1.2.2 Việt Nam

Ở Việt Nam, từ nhiều năm qua, các nhà quản lý và các nhà khoa học đã tập trung rất nhiều vào việc nghiên cứu đưa ra các giải pháp phòng chống hạn hán. Trong đó tập trung vào các giải pháp cơ bản:

- Xây dựng các công trình khai thác tổng hợp để điều tiết dòng chảy mùa mưa, mùa khô.

- Nâng mức đảm bảo của các hệ thống công trình thuỷ nông, công trình cấp nước.
- Quản lý và nâng độ che phủ các khu rừng phòng hộ, rừng đầu nguồn.
- Kiểm soát việc xả, thải nước độc hại vào các nguồn nước.
- Vận hành hiệu quả các hệ thống thuỷ lợi.
- Nâng cao chất lượng công tác dự báo khí tượng thuỷ văn, nhất là dự báo dài hạn.
- Nâng cao nhận thức và sự tham gia của cộng đồng.
- Quản lý nhu cầu dùng nước.

1.3 Bài toán tối ưu

1.3.1 Tổng quan bài toán tối ưu

Mục tiêu của bài toán tối ưu được biểu diễn bởi hàm: f (x) $\rightarrow$ min (max) với x là một biến hoặc vecto biến x = (x1, x2, ..., xn)

Biến x hoặc vector biến x = (x1, x2, ..., xn) thường có yêu cầu phải thỏa mãn một số điều kiện nào đó. Tập hợp các điều kiện của các biến thì được gọi là điều kiện ràng buộc và được biểu diễn bởi miền D (miền ràng buộc).

Dạng tổng quát của bài toán tối ưu:

Làm cực tiểu/cực đại một hàm mục tiêu: f (x) $\rightarrow$ min (max) (1)

Thỏa mãn các điều kiện ràng buộc x $\in$ D (2)

Yêu cầu: Tìm x để thỏa mãn (2) và làm cực tiểu/ cực đại hàm mục tiêu (1). x (một bộ các giá trị cụ thể của (x1, x2,..., xn)), thỏa mãn điều kiện (1) & (2) gọi là phương án tối ưu. Nếu x chỉ thỏa mãn điều kiện (2) gọi x là phương án chấp nhận được hay phương án.

(*) Vận hành tối ưu hệ thống tài nguyên nước, hiện nay, đang phát triển mạnh mẽ và đa dạng với rất nhiều phương pháp giải khác nhau. 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. Năm 1988, Edgar và Himmelblau 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.

Bước 4: Trong trường hợp phạm vi của bài toán quá lớn cần (i) phân ra thành những phần nhỏ dễ mô phỏng hơn, (ii) đơn giản hóa 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.

1.3.2 Các kỹ thuật tối ưu hóa

Hiện nay, có hai cách tiếp cận để giải bài toán tối ưu, là:

- Cách tiếp cận tối ưu ngẫu nhiên ẩn ISO (Implit Stochastic Optimization).
- Cách tiếp cận tối ưu ngẫu nhiên hiện ESO (Explicit Stochastic Optimization).

Các kỹ thuật tối ưu thường được sử dụng:

- Quy hoạch tuyến tính LP (Linear Programming)
- Quy hoạch phi tuyến NLP (Nonlinear Programming)
- Quy hoạch động DP (Dynamic Programming)
- Tìm kiếm (Meta heuristic)

Giới thiệu thuật toán NSGA II

Kỹ thuật tối ưu tìm kiếm: Thuật toán di truyền sắp xếp các nghiệm không trội NSGAII là một cải tiến NSGA (None Dominated Sorting Genetic Algorithm).

- **Ứng dụng thuật toán NSGA II trong thực tế**

Với các ưu điểm vượt trội so với các thuật toán khác, trong thực tế, trên thế giới đã áp dụng thuật toán NSGA II khá nhiều trong lĩnh vực tài nguyên nước. Một số nghiên cứu điển hình như: Năm 2006, hai nhà khoa học Taesoon Kim và Jun-Haeng Heođã sử dụng thuật toán NSGA II trong nghiên cứu tối ưu hóa hệ thống nhiều hồ chứa thuộc lưu vực sông Han, Hàn Quốc. Năm 2006, Md. Atiquzzaman, Shie-Yui Liong, M.ASCE, và Xinying Yusử dụng NSGA II nghiên cứu ra quyết định thay thế trong mạng phân phối tài nguyên nước. Năm 2016, Feifei Zheng; Aaron C. Zecchin; Holger R. Maier; and Angus R. Simpsonđã nghiên cứu so sánh về chất lượng tìm kiếm và quá trình hội tụ của 3 thuật toán NSGA II, thuật toán SAMOD và Borg áp dụng cho 6 hệ thống phân phối nước...

1.3 Tổng quan ứng dụng tối ưu vận hành hệ thống tưới tiêu trên thế giới

Trong mấy năm gần đây, các nhà khoa học trên thế giới đã tập trung nhiều vào các công trình nghiên cứu tối ưu cho ngành nước. Các mô hình tối ưu hóa, kể cả các mô hình tối ưu hóa động cho các hệ thống tài nguyên nước của các quốc gia, đặc biệt là các hệ thống của các quốc gia đang phát triển như Ấn Độ, Trung Quốc, Ả Rập, Banglades, Brazin, … Các mô hình tối ưu hóa này được sử dụng cho hầu hết các lĩnh vực liên quan đến tài nguyên nước như tưới, phát điện, nuôi trồng thủy sản, cấp nước sinh hoạt, … và cả sự điều tiết phân bổ nhu

cầu nước giữa các ngành này trên cùng một lưu vực. Hay có thể nói, các công trình nghiên cứu ứng dụng kỹ thuật tối ưu hóa cả tĩnh lẫn động đang được sử dụng rộng rãi trong ngành kỹ thuật quản lý tài nguyên nước trên Thế giới.

1.4 Tổng quan ứng dụng tối ưu vận hành hệ thống tưới tại Việt Nam

Tại Việt Nam, sự tranh chấp về nguồn nước ngày càng gay gắt. Cạnh tranh giữa sử dụng nguồn nước cho phát điện và các nhu cầu tiêu thụ nước khác, nhất là cho sản xuất nông nghiệp ở hạ du một số lưu vực sông lớn như sông Hồng, sông Mã, sông Cả, sông Vu Gia - Thu Bồn...đã trở nên căng thẳng.Việc ứng dụng tối ưu hóa vào bài toán phân bổ tài nguyên nước đã được thực hiện ở nhiều lưu vực sông ở Việt Nam từ năm 2000.Như các lưu vực sông: Đồng Nai; lưu vực sông Hồng – Thái Bình, lưu vực sông Lá Buông, Năm 2010, lưu vực sông Bé, lưu vực sông Srepok, lưu vực sông Ba.

Kết luận chương 1

Hiện tại, ở Việt Nam, để giải quyết bài toán hạn, chủ yếu tập trung vào việc nghiên cứu các kỹ thuật sử dụng tiết kiệm nước như các kỹ thuật tưới tiết kiệm. Cũng có một số nghiên cứu về các biện pháp tích trữ nước vào mùa mưa để sử dụng cho các tháng mùa kiệt, tuy nhiên, hầu như các nghiên cứu này chỉ dừng ở mức độ nghiên cứu các giải pháp thu trữ, cố gắng đảm bảo tích được một lượng nước đủ để đáp ứng cho nhu cầu cây trồng vào mùa khô mà chưa đi sâu vào nghiên cứu giải pháp tích trữ nước tối ưu để tận dụng lượng nước mùa mưa mà không gây lãng phí

CHƯƠNG II. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Giới thiệu khu vực nghiên cứu

2.1.1 Sơ lược khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cưunằm ở hạ lưu sông Cả gồm 9 xã nằm phía Đông Nam của huyện Hưng Nguyên, thuộc hệ thống Nam - Nghệ An.Khu vực nghiên cứu (hình 2.1) nằm trong khoảng 18^0 35 phút đến 18^0 47 phút vĩ độ Bắc và 105^0 35 phút đến 105^0 40 phút kinh độ Đông.

Nguồn: Sở NN&PTNT Nghệ An

Hình 2.1. Bản đồ khu vực nghiên cứu

2.1.2 Hiện trạng phát triển nông nghiệp vùng nghiên cứu

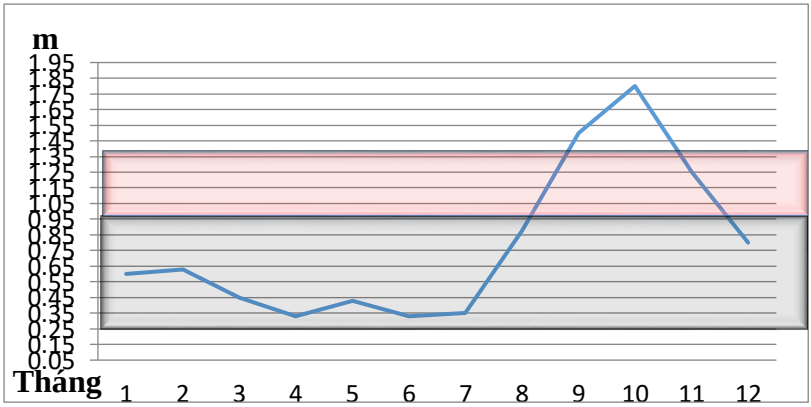
Vùng 9 xã kênh Lê Xuân Đào có tổng số diện tích tự nhiên là 4.637,6 ha, trong đó:nông nghiệp: 2.475,41 ha; Lâm nghiệp: 31,47 ha; đất chuyên dùng: 752,93 ha; đất thổ cư: 162,46 ha; đất chưa sử dụng: 1.197,28 ha.

2.1.3 Hiện trạng và ảnh hưởng của hạn hán

Trong khoảng 15 năm gần đây, hạn hán xảy ra thường xuyên và nghiêm trọng hơn. Có thể thống kê những đợt hạn hán nặng như năm

1983, 1987, 1988, 1990, 1992, 1993, 1998, 2003, 2004, 2010 đặc biệt hạn rất nghiêm trọng vào năm 1993, 1998 và năm 2010.

Các tháng thường xuyên thiếu nước là tháng 1 đến tháng 8, khi mà mực nước Nam Đàn xuống thấp, giao động từ 0,2m đến 0,7m. Hình 2.2 biểu diễn mực nước thượng lưu cống Nam Đàn trung bình tháng năm 2010



Hình 2.2. Biểu đồ Diễn biến mực nước thượng lưu cống Nam Đàn trung bình tháng (Năm 2010)

2.2 Nội dung nghiên cứu và cách tiếp cận

Với mục tiêu là đề xuất được giải pháp trữ nước mùa mưa để sử dụng cho mùa khô và tối ưu điều tiết thời gian thực cho hệ thống như đã nêu ở trên. Tác giả tập trung nghiên cứu các nội dung chính sau:

Nội dung 1: Đánh giá hiện trạng hệ thống.

Nội dung 2: Xác định nhu cầu nước.

Nội dung 3: Tính toán lượng nước thiếu hụt trong mùa kiệt

Nội dung 4: Đề xuất giải pháp thu trữ nước

Nội dung 5: Phương án tối ưu điều tiết thời gian thực trên hệ thống

2.3 Phương pháp và công cụ nghiên cứu

2.3.1 Tính toán nhu cầu nước

Hiện nay có nhiều phương pháp tính toán lượng bốc thoát hơi nước cho cây trồng. FAO đã đề xuất 4 phương pháp tính tuỳ thuộc vào điều kiện khí hậu, tình hình tài liệu thực đo để áp dụng cho nhiều vùng khác nhau. Theo đánh giá của các chuyên gia thì phương pháp Penman thường cho kết quả tốt nhất. Căn cứ thực tế đó, tác giả chọn phương pháp Penman để tính toán lượng bốc hơi. Việc tính toán nhu cầu nước dựa vào chương trình CROPWAT của FAO.

2.3.2 Tính toán thủy lực

Để tính toán thủy lực trên các hệ thống sông hiện nay có nhiều mô hình tính toán.Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng mô hình MIKE11 để tính toán mực nước, lưu lượng lũ, kiệt cho các mạng sông trong vùng.

2.3.4 Xây dựng bài toán vận hành tối ưu trên hệ thống

Khí hậu trong khu vực là bất thường và rất khó dự báo, nếu như mùa lũ nhỏ và kết thúc sớm mà lại trữ lượng nước trong kênh nhỏ vào cuối mùa lũ thì sẽ không đủ nước trong mùa kiệt hoặc nếu như mùa lũ lớn và kết thúc muộn mà lại trữ lượng nước trong kênh lớn thì tổn thất tiêu trong hệ thống là rất lớn.

Vì vậy, mục tiêu của bài toán ở đây là đi tìm một hàm vận hành thời gian thực để tối ưu hóa và hài hòa cả hai mục tiêu trên.

Để tính toán được lượng nước tích trữ, tác giả xây dựng ***hàm quyết định lượng nước lấy vào hệ thống*:**

$$[uI_t] = \mathbf{f}(s_t, SYS, \text{ENSO index}, WLNĐ_t, t); \quad (2.1)$$

Trong đó, uI_t được tính như sau:

$$uI_t = uI_t\text{min} + (uI_t\text{max} - uI_t\text{min})\, x_1 \; ; \quad (2.2)$$

Hàm tang hyperbolic: $\text{Tanh}(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} = x_1$ (2.3)

$$x = s_t.w_{11} + (\text{ENSO index}).w_{12} + WLNĐ_t.w_{13} + t.w_{14} + d_1 \quad (2.4)$$

Trong đó:

uI_t: Giá trị biến quyết định lấy vào hệ thống trong bước thời gian t;

x: Biến trung gian

W_{ij}: trọng số của lớp đầu vào; **$0 < w_{ij} < 1$**

Y: Đầu vào của hàm kích hoạt mạng

d: Độ lệch của đầu vào lớp ẩn

t: thời điểm tính toán

$WLNĐ_{t:}$ Mực nước Nam Đàn tại thời điểm t;

s_t : Dung tích trên kênh tại thời điểm t;

SYS: các đặc điểm vật lý của hệ thống;

ENSO index: Số liệu về chỉ số ENSO được cung cấp bởi tổ chức IRI.

2.3.4.1 Xây dựng hàm mục tiêu cụ thể cho khu vực nghiên cứu

Hàm mục tiêu 1: Lượng nước thiếu hụt cho cây trồng trong khu vực nghiên cứu phải là nhỏ nhất

$$\mathbf{Min} \sum_{i=1}^{N} (W_{thiếu_i}) \quad (2.5)$$

if Wd > Ir then $W_{thiếu_i}$ **= $Wd_i - Ir_i$, else** $W_{thiếu_i}$ **= 0**

Trong đó:

$W_{thiếu_i}$: Lượng nước thiếu hụt

$Wd_{i:}$ Nhu cầu nước của cây trồng

Ir_i: Lượng nước tưới

Hàm mục tiêu 2: Lượng nước tiêu phải là nhỏ nhất

$$\mathbf{Min} \sum \mathbf{W_{tiêu}} \quad (2.6)$$

$\mathbf{W_{tiêu_t} = f(s_t, R, T_{req}, SYS) + uI_{t-1}}$ **if** $\mathbf{uI_t < 0}$ (2.7)

Else $\mathbf{W_{tiêu_t} = f(s_t, R, T_{req}, SYS)}$

$\mathbf{T_{req}}$: Ngưỡng tiêu

2.3.4.2 Ràng buộc

Ràng buộc: $\boldsymbol{I_t + R_t + S_t = IR + W_{lost} + W_{tiêu} + E_t + S_{t+1}}$ (2.8)

I_t : Lượng nước đến, phụ thuộc vào U_I

$uI_{min} \leq uI \leq uI_{max}$;

uI_{min}phụ thuộc vào mực nước trong kênh và năng lực bơm ra của hệ thống

uI_{max}phụ thuộc vào mực nước cống Nam Đàn và năng lực lấy vào của hệ thống

s_t : Dung tích trên kênh tại thời điểm tính toán t;

s_{t+1} : Dung tích trên kênh tại thời điểm t + 1;

R_t : Lượng mưa tại thời điểm tính toán;

IR = uIR x S; (2.9)

S: Diện tích cây trồng;

E_t : Lượng bốc hơi tại thời điểm tính toán;

W_{lost} : Lượng nước tổn thất tại thời điểm tính toán;

W_{lost} = s_t x K_{th}; (2.10)

K_{th}: Hệ số thấm;

$W_{tiêu}$: Lượng nước tiêu;

$W_{tiêu}$= f(s_t , R)(2.11)

2.3.4.3 Khung xây dựng giải pháp tối ưu và thuật toán di truyền NSGA II

NSGA là viết tắt của ***thuật toán di truyền sắp xếp các nghiệm không trội.***Các ký hiệu và thuật toán trong thuật toán NSGA II được cải tiến từ thuật toán NSGA.Cụ thể quá trình tối ưu hóa như sau:

Các biến:

P_t: Quần thể cha;

Q: Quần thể con được tạo thành từ các cá thể trong P_t;

F_j: Biến chứa nghiệm không trội, với j=1, …, R;

N: Số lượng cá thể trong quần thể P_t;

Thuật toán:

Bước 1: Tạo ngẫu nhiên quần thể cha P_0 với $\left| P_0 \right|$ = N; Gán t = 0;

Bước 2: Áp dụng toán tử chéo hóa và đột biến đối với các cá thể trong quần thể P_0 để tạo quần thể con Q_0 với $\left| Q_0 \right|$ = N;

Bước 3: Nếu điều kiện dừng thỏa mãn thì dừng và xuất các cá thể trong quần thể P_t.

Bước 4: Đặt R_t= $P_t \cup Q_t$

Bước 5: Dùng thuật toán sắp xếp các nghiệm không trội – NSGA để nhận diện các biến chứa các nghiệm không trội F_1, F_2, …, F_k trong R_t

Bước 6: Với mỗi i = 1, …, k ta thực hiện các bước sau:

- Tính khoảng cách quy tụ của các nghiệm trong F_i
- Tạo quần thể P_{t+1} như sau :

  Nếu $\left| P_{t+1} + F_i \right| \leq N$ thì thiết lập $P_{t+1} = P_t \cup F_i$

  Nếu $\left| P_{t+1} + F_i \right| > N$ thì bổ sung N - P_{t+1} nghiệm mà có các cá thể khác quy tụ là ít nhất từ quần thể F_i vào P_{t+1}

Bước 7: Sử dụng toán tử lựa chọn vòng nhị phân dựa trên khoảng cách quy tụ trên nghiệm x để lựa chọn các cá thể cha từ quần thể P_{t+1}. Áp dụng toán tử chéo hóa và đột biến đối với quần thể P_{t+1} để tạo quần thể con Q_{t+1} với $\left| Q_{t+1} \right| = N$.

Bước 8: Gán t. Quay lại bước 3.

Kết luận chương 2

Các phương pháp nghiên cứu đã được sử dụng trong luận án là các phương pháp có cơ sở khoa học chặt chẽ. Để giải quyết theo các phương pháp này, tác giả đã sử dụng một loạt các công cụ tiên tiến như Cropwat, Mike 11, Mike Basin và đặc biệt là kỹ thuật tối ưu đa mục tiêu NSGA II. Kết quả của một hàm tối ưu đa mục tiêu sẽ cho ta một mặt Pareto là tập hợp của các nghiệm tối ưu không trội, mỗi nghiệm là một giải pháp vận hành tối ưu cho hệ thống.Chương 2 đã mô tả chi tiết các kỹ thuật được áp dụng trong nghiên cứu, đưa ra được khung giải pháp tối ưu và trình tự thực hiện cũng như giải thích rõ ràng thuật toán sẽ được sử dụng.Việc ứng dụng kỹ thuật tối ưu trong xây dựng giải pháp vận hành cho một hệ thống tưới là mới và ***thuật toán di truyền sắp xếp các nghiệm không trội NSGA II*** là chưa được sử dụng để tính toán cho bất kỳ hệ thống nào ở Việt Nam.

CHƯƠNG III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1 Giải pháp thu trữ nước phục vụ cho sản xuất nông nghiệp trong mùa kiệt

3.1.1 Kết quả tính toán nhu cầu nước

3.1.1.1Nhu cầu nước cho trồng trọt

Trên cơ sở các tài liệu về khí tương và cơ cấu cây trồng, sử dụng chương trình CROPWAT.7, tính toán nhu cầu nước cho các loại cây trồng ứng với tần suất 75% và 85% được kết quả như bảng 3.1.

Bảng 3.1. Nhu cầu nước cho trồng trọt vùng nghiên cứu

Đơn vị: $10^6 m^3$

Vùng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Tổng
Tần suất 75%													
Vùng VII	23.18	18.34	28.16	45.99	34.12	37.08	41.59	12.26	3.14	0.00	0.49	29.72	274.07
Tần suất 85%													
Vùng VII	22.94	20.52	30.25	45.24	34.85	41.22	44.70	10.76	5.20	0.01	0.65	31.04	287.37

3.1.1.2Nhu cầu nước cho chăn nuôi

Căn cứ vào chỉ tiêu cấp nước cho chăn nuôi và số lượng đàn gia súc, tính toán được nhu cầu cấp nước cho chăn nuôi theo các tháng vùng nghiên cứu như bảng 3.2.

Bảng 3.2. Nhu cầu nước cho chăn nuôi

Đơn vị: $10^6 m^3$

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Tổng
Nhu cầu	0.40	0.36	0.40	0.39	0.40	0.39	0.40	0.40	0.39	0.40	0.39	0.40	4.71

3.1.1.3Nhu cầu nước cho thủy sản

Căn cứ diện tích nuôi trồng thủy sản vùng nghiên cứu là 4282ha, trong đó: Thủy sản nước ngọt là 3.942ha và nước lợ là 340ha và tiêu chuẩn cấp nước, kết quả tính toán nhu cầu cấp nước cho thủy sản như sau.

Bảng 3.3. Nhu cầu nước cho nuôi trồng thủy sản

Đơn vị: $10^6 m^3$

Tháng	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**Tổng**
Nhu cầu	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	4.250

Từ kết quả tính toán nhu cầu nước cho các hộ dùng nước, tổng hợp nhu cầu nước cả năm cho toàn vùng với tần suất 75% là: 525,46 triệu mét khối và với tần suất 85% là 547,62 triệu mét khối.

3.1.1.4 Nhu cầu nước cho sinh hoạt

Căn cứ vào chỉ tiêu cấp nước cho sinh hoạt, tính toán được nhu cầu sử dụng nước trong khu vực nghiên cứu như sau:

Bảng 3.4. Nhu cầu nước cho sinh hoạt

Đơn vị: $10^6 m^3$

Tháng	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**Tổng**
Nhu cầu	3.20	2.89	3.20	3.10	3.20	3.10	3.20	3.20	3.10	3.20	3.10	3.20	37.67

Như vậy, tổng nhu cầu nước cho sinh hoạt toàn vùng là vào khoảng 37,67 triệu m^3

3.1.2 Kết quả tính toán lượng nước thiếu hụt

Với tần suất 75%, lượng nước thiếu hụt thường xuất hiện từ tháng 12 đến tháng 7 năm sau, tháng thiếu hụt lớn nhất là tháng 7 với 0,83 triệu m^3, tháng thiếu ít nhất là tháng 12 với 0,35 triệu m^3, tổng hợp cả năm toàn vùng thiếu 2,31 triệu m^3.Với tần suất 85%, tháng thiếu hụt lớn nhất là tháng 4 với 1,51 triệu m^3, tháng thiếu ít nhất là tháng 1 với 0,42 triệu m^3, tổng hợp cả năm toàn vùng thiếu 7,58 triệu m^3. 9 xã thuộc vùng nghiên cứu thiếu hụt cả năm là 1,65 triệu m^3.

3.1.3 Đề xuất phương án trữ nước cho mùa kiệt

Hiện nay, nhiều biện pháp thu trữ nước được áp dụng trên thế giới cũng như ở Việt Nam. Một số biện pháp như xây dựng các hồ điều hòa, sử dụng các kênh sẵn có để trữ nước,… Qua nghiên cứu và khảo sát, tác giả đề xuất mở rộng các kênh theo bảng 3.5:

Bảng 3.5. Kích thước kênh đề xuất

Tên kênh	**Kích thước đề xuất (m)**			**H.S Máim**	**Khả năng trữ (m^3)**
	L	B	H		
Kênh 12/9 (đoạn 1)	2.500	8,0	4,0	1,5	**124.294**
Kênh 12/9 (đoạn 2)	1.800	5,0	4,0	1,5	**79.558**
Lê Xuân Đào	3.500	6,0	4,0	1,5	**124.385**
Hạnh Phúc	1.800	6,0	4,0	1,5	**63.969**
Tiến thắng	18.300	22,0	3,5	1,5	**1.255.380**
Hưng Nghĩa		22,0	3,5	1,5	
Tổng cộng					**1.647.586**

3.2 Xây dựng hàm vận hành thời gian thực cho hệ thống 9 xã kênh Lê Xuân Đào để trữ nước cho vùng nghiên cứu

Hệ thống kênh trong khu vực nghiên cứu là khép kín và liên kết chặt chẽ với nhau. Kênh Lê Xuân Đào nằm ở cuối nguồn, trạm bơm Hưng Châu đặt ở cuối kênh Lê Xuân Đào, có nhiệm vụ tiêu nước cho cả khu vực. Việc tính toán vận hành cho hệ thống phải phụ thuộc vào

lượng nước đến, mưa và năng lực của cả hệ thống, đặc biệt là kênh Lê Xuân Đào nơi đặt trạm bơm Hưng Châu.

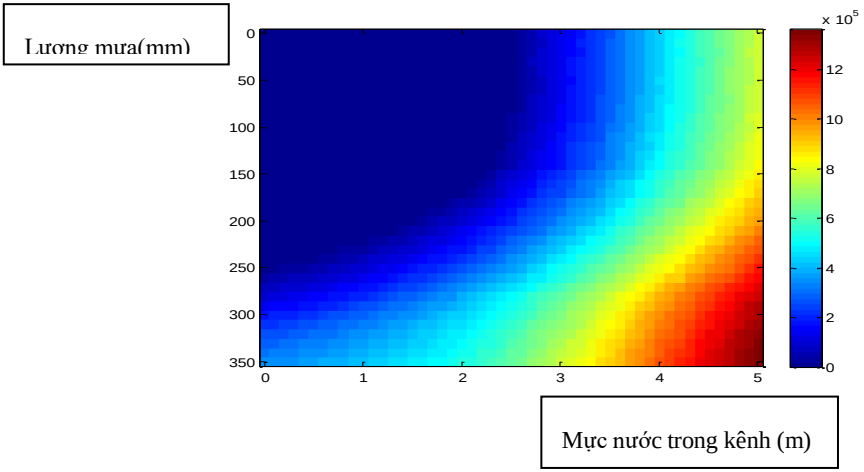
3.2.1 Mô hình tiêu

Mô hình tiêu được viết trong chương trình Matlab. Các số liệu bao gồm: số liệu mưa 50 năm (1960 – 2010) của trạm Vinh; mặt cắt các kênh theo các kích thước được đề xuất mở rộng; mực nước ban đầu của hệ thống.Để xây dựng mô hình tiêu cho hệ thống, nếu sử dụng Mike 11 trực tiếp thì quá trình tính toán sẽ mất rất nhiều thời gian. Vì thế, tác giả đề suất xây dựng ma trận bảng tra là kết quả được tính độc lập từ Mike 11. Cụ thể việc xây dựng bảng tra thông qua 2 bước:

Bước 1: Thiết lập mô hình tiêu Mike 11 cho hệ thống

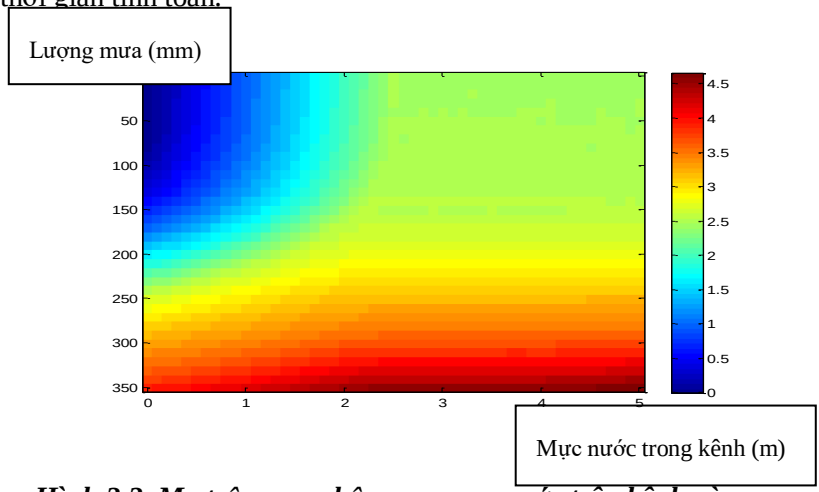
Bước 2: Ứng dụng mô hình Mike 11 xây dựng ma trận tiêu

Tổng cộng đã có 1.836 kịch bản, ra được 2 kết quả về (i) quan hệ tổng lượng tiêu ngày theo lượng mưa ngày và mực nước trong kênh đầu ngày; (ii) quan hệ mực nước cuối ngày trên kênh, lượng mưa ngày và mực nước trong kênh đầu ngày, như hình 3.1:



Hình 3.1. Ma trận quan hệ mưa, mực nước trên kênh và lượng nước cần tiêu

Biểu đồ biểu thị một số kết quả điển hình của bảng tra quan hệ mưa, mực nước trên kênh Lê Xuân Đào và lượng nước cần tiêu.Ma trận tiêu này là một bảng tra ứng với từng trận mưa và mực nước đầu ngày trên kênh sẽ cho ta 1 kết quả về lượng nước cần tiêu.Ma trận tiêu thay thế sẽ đảm bảo yêu cầu về mặt khối lượng và giảm rất nhiều thời gian tính toán.



Hình 3.2. Ma trận quan hệ mưa, mực nước trên kênh và mực nước cuối ngày trên kênh

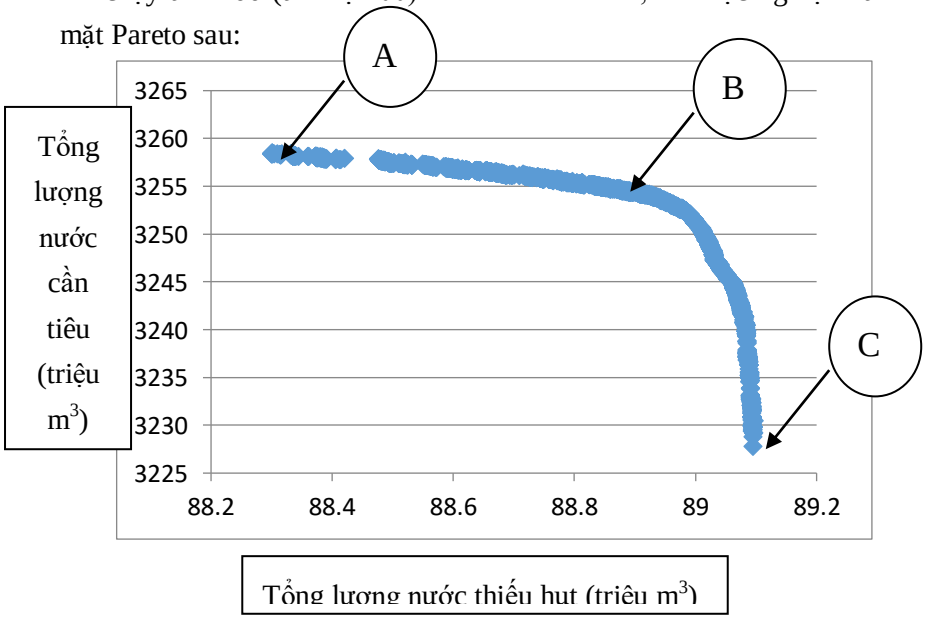
Hình 3.2 là ma trận quan hệ mưa, mực nước trên kênh và mực nước cuối ngày trên kênh là một bảng tra ứng với từng trận mưa và mực nước đầu ngày trên kênh sẽ cho ta 1 kết quả là mực nước cuối ngày trên kênh.Kết quả này sẽ là số liệu đầu vào cho việc tính toán lưu lượng tiêu ngày hôm sau.

3.2.2 Tính toán các số liệu đầu vào mô hình

Sau khi áp dụng các công thức, sử dụng Matlab để xây dựng mô hình, với chuỗi thời gian 50 năm (18.250 ngày), có các kết quả về tổng lượng xả, dung tích thật của hệ thống, dòng chảy đến, dòng chảy vào do mưa và tổng lượng bốc hơi mặt thoáng trên kênh. Các kết quả như sau:

3.2.3 Mặt Pareto và giải pháp vận hành

Toàn bộ khung giải pháp đã được viết trên ngôn ngữ Matlab tính toán trên 1 chuỗi thời gian 50 năm, theo ngày, tổng cộng 18.250 bước. Trong quá trình chạy mô hình tính toán bằng thuật toán NSGA II đến thế hệ gần 200 và 200 thì mặt pareto không có sự phát triển thêm và gần như là dừng lại vì thế NCS cho dừng quá trình chạy tại lần chạy thứ 200 (thế hệ 200). Sau khi tính toán, ra được nghiệm là mặt Pareto sau:



Như vậy, với kết quả là một tập hợp các nghiệm tối ưu không trội sẽ cho ra 5.000 giải pháp tối ưu trên không gian hàm mục tiêu của tổng lượng nước tiêu và lượng nước thiếu hụt. Với tính toán này, tổng lượng nước thiếu hụt trong 50 năm dao đông từ 88,3 triệu m^3 đến 89,1 triệu m^3; tổng lượng nước cần tiêu dao động từ 3.228 triệu m^3 đến 3.258 triệu m^3.

Có 3 xu thế của giải pháp vận hành cho hệ thống nhưng luôn đảm bảo tính tối ưu: (1)Phương án lượng nước thiếu hụt nhỏ, (2) phương

án lượng bơm tiêu nhất, và (3) phương án cân bằng giữa lượng nước thiếu hụt và lượng nước tiêu. Chọn 3 phương án A, B, C điển hình cho 3 xu thế, có thể thấy trên mặt pareto.

3.2.4 Ứng dụng tính toán cho năm điển hình

Tác giả lựa chọn năm 2014 là năm để tính toán thử nghiệm. Kết quả tính toán được tổng lượng nước tiêu cả năm là 65.17531 triệu m^3 và tổng lượng nước thiếu hụt là 1.785331 triệu m^3.So sánh với cả 3 điển hình vận hành đại diện của mặt tối ưu pareto là A, B và C để thử nghiệm cho năm 2014 đều cho thấy các các kết quả tốt hơn.

Kết luận chương 3

Trên cơ sở các nghiên cứu tổng quan về cả thực tiễn và phương pháp luận đã được đưa ra trong chương II, tác giả đã tính toán cân bằng nước tổng thể cho toàn vùng, chỉ ra lượng thiếu hụt ứng với các tần suất điển hình và đưa ra giải pháp quy hoạch cần thiết cho khu vực nghiên cứu, nâng dung tích trữ của kênh từ hơn 400.000 m^3 lên hơn 1,6 triệu m^3 đáp ứng nhu cầu bổ sung nước cho các tháng mùa kiệt. Mặc dù những yếu tố kinh tế chưa được xem xét đến nhưng giải pháp này cũng đã đưa ra được những cơ sở cho các nghiên cứu tiếp theo, đồng thời cũng đã tập hợp và hệ thống một bộ số liệu cần thiết để cho nghiên cứu giải pháp vận hành cho hệ thống.

Kết quả sau 200 thế hệ, với một số lượng đủ lớn, khoảng 5.000 cá thể trong quần thể, quá trình tìm kiếm đã hội tụ đến một mặt pareto có mật độ nghiệm và tính đa dạng khá cao. Từ mặt pareto này, 3 nghiệm điển hình đã được lựa chọn để thử nghiệm cho năm 2014 với kết quả là tốt hơn.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận

Với tình hình khí hậu diễn bất thường, phát triển kinh tế nhanh, nhu cầu nước đòi hỏi ngày một cao về mức độ và yêu cầu.Các giải pháp cho hệ thống tưới tiêu mang tính truyền thống như quy trình vận hành (một giải pháp tĩnh) trong tương lai sẽ không còn phù hợp, điều này đòi hỏi các giải pháp phải mang tính thích ứng cao hơn trong cả thiết kế và vận hành.

Để đảm bảo đưa được yếu tố ngẫu nhiên của dòng chảy đến, tác giả đã tiến hành mô phỏng trên một chuỗi số liệu 50 năm với bước thời gian ngày. Sau hơn 5 ngày tính toán, thuật toán đã thành công khi tìm được mặt pareto bao gồm các nghiệm tối ưu không trội trong không gian hàm mục tiêu của tổng lượng tiêu và lượng nước thiếu hụt. Các giải pháp tối ưu này đã được kiểm tra cho năm 2014 và thể hiện tính vượt trội rõ rệt khi giúp giảm được lượng tiêu cũng như giảm được lượng thiếu hụt nước. Như vậy, với mặt pareto này sẽ giúp các bên có liên quanlựa chọn được một giải pháp vận hành phù hợp và giao cho nhà vận hành triển khai thực hiện trong thực tế.

Kiến nghị

Kỹ thuật tính toán là kỹ thuật tiên tiến, đòi hỏi phải có các thiết bị hỗ trợ với cấu hình đủ mạnh để xử lý. Trong nghiên cứu, tác giả đã xử dụng máy tính chip Xeo E5 V2567, 32 lõi tính, RAM 128 G, CACHE 32 Mb, bộ nhớ 20 TB, là một máy chuyên dụng, cấu hình cao, nhưng cũng phải mất hơn 5 ngày tính toán mới cho ra kết quả.

DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ ĐƯỢC CÔNG BỐ

1. **Nguyễn Quang An**, Sử dụng thuật toán NSGA II tối ưu vận hành trữ nước mùa mưa sử dụng cho mùa khô trên hệ thống kênh chính vùng 9 xã kênh Lê Xuân Đào, hệ thống thủy lợi Nam Nghệ An. Tạp chí Khoa học và công nghệ Thủy lợi,Viện Khoa học Thủy lợi, số 39 (tháng 8/2017).
2. **Nguyễn Quang An,** Xâm nhập mặn hạ du sông Cả và vai trò điều tiết của các hồ chứa thượng nguồn. Tại chí Tài nguyên nước, tháng 8 năm 2017.
3. **Nguyễn Quang An**, Nguyễn Xuân Lâm, Đánh giá tác động điều tiết hồ chứa đến xâm nhập mặn hạ du lưu vực sông Mã, Tạp chí Khoa học và công nghệ Thủy lợi,Viện Khoa học Thủy lợi, số 22 (tháng 8/2014).
4. Nguyễn Quang Trung, **Nguyễn Quang An**, Các giải pháp giảm thiểu tác động của dòng chảy kiệt, chống hạn và ngăn mặn vùng hạ lưu sông Cả, tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi, Viện Khoa học Thủy lợi, số 21 (tháng 6/2014).
5. Hà Hải Dương, **Nguyễn Quang An**, Đinh Thùy Linh, Tác động của biến đổi khí hậu đến các lĩnh vực nông nghiệp và giải pháp ứng phó. Sách chuyên khảo, Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội, năm 2012.
6. **Nguyễn Quang An**, Đề xuất giải pháp giảm thiểu ô nhiễm môi trường cho hệ thống sông Nhuệ, sông Đáy. Kỹ yếu hội thảo lần thứ 8 về ”Sử dụng nước nông nghiệp bền vững và đa mục tiêu cho đồng lúa (INWEPF) tổ chức tại Malaysia, tháng 11 năm 2011.