

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

TRẦN HỮU TÍNH

ÁP DỤNG CÁC PHƯƠNG PHÁP THÔNG MINH NHÂN TẠO
TÍNH TOÁN QUY HOẠCH MỞ RỘNG TỐI ƯU LƯỚI ĐIỆN

Chuyên ngành: KỸ THUẬT ĐIỆN

Mã số chuyên ngành: 9520201

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ

TP. HỒ CHÍ MINH - 2024

Công trình được hoàn thành tại **Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp.HCM**

Người hướng dẫn khoa học 1: PGS TS. VÕ NGỌC ĐIỀU

Người hướng dẫn khoa học 2: PGS TS. QUYỀN HUY ÁNH

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp.HCM

vào ngày 20 tháng 05 năm 2024

DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

1. **Huu Tinh Tran**, Ngoc Dieu Vo, and Huy Anh Quyen, ‘A Pseudo-Gradient Particle Swarm Optimization Approach Applied to Transmission Expansion Planning’, *12th GMSARN Int. Conf. Ener. Connect. Environ. Develop. ECED 2017*, Energy – E76, 2017.
2. Dieu Ngoc Vo, Tri Phuoc Nguyen, **Tinh Huu Tran**, and Hai Minh Nguyen, ‘A Hybrid Particle Swarm Optimization and Differential Evolution for Security-Constrained Optimal Power Flow’, *12th GMSARN Int. Conf. Ener. Connect. Environ. Develop. ECED 2017*, Energy – E75, 2017.
3. Quy Truong Xuan, Dieu Vo Ngoc, and **Huu Tinh Tran**, ‘Pseudo-Gradient Integrated in Particle Swarm Optimization for Solving Security Constrained Optimal Power Flow Problem’, *12th GMSARN Int. Conf. Ener. Connect. Environ. Develop. ECED 2017*, Energy – E82, 2017.
4. **Tính, T. H.**, Hiếu, T. N., & Thiện, V. M. (2019), ‘Đánh Giá Độ Tin Cây Hệ Thống Điện Có Xét Đến Cường Độ Cắt Cường Bức’, *TNU Journal of Science and Technology*, 195(02), 89-94.(ĐH Thái Nguyên)
5. **Tính, T. H.**, Điều, V. N., & Ánh, Q. H. (2020), ‘Tổng Quan Quy Hoạch Mở Rộng Lưới Điện Truyền Tải’, *TNU Journal of Science and Technology*, 225(06), 223-228.(ĐH Thái Nguyên)
6. **Tính, T. H.**, Điều, V. N., & Ánh, Q. H. (2021), ‘Quy Hoạch Hệ Thống Điện Có Xét Đến Tối Ưu Hóa Độ Dự Trữ’, Tạp chí khoa học đại học Sài, No. 75, pp. 89-95.
7. **Tran, H.**, Vo, N., Quyen, H., & Pham, T. Transmission System Expansion Planning in Consideration of Reliability Criteria and Optimal Reserve. *In International Conference on Advanced Mechanical Engineering, Automation and Sustainable Development*, pp. 918-923, 2021(Scopus – Q4). Cham: Springer International Publishing.
8. **Huutinh Tran**, Ngocdieu Vo, Huyanh Quyen, ‘Optimal Transmission Expansion Planning Using Crow Search Algorithm’, *The 4th Inter. Conf. on Engi. Technolo. Innov. Resear. ICETIR 2022*, pp.1-6, 2022.
9. **Huutinh Tran**, Ngocdieu Vo, Huyanh Quyen, ‘A Search Method for Power Transmission System Planning Problem in Ben Tre Province, Viet Nam’, *In International Conference on Advanced Engineering Theory and Applications.*, pp. 333-344, 2022. (Scopus – Q4). Singapore: Springer Nature Singapore.
10. **Huutinh Tran**, Ngocdieu Vo, Huyanh Quyen, ‘A Cuckoo Search Algorithm for Transmission Expansion Planning’, *Proceedings of 2023 International Conference on System Science and Engineering ISBN: 979-8 3503-2294-1*, 2023.

MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài

Điện năng là một trong những dạng năng lượng không thể thiếu trong đời sống và sản xuất của loài người. Trong xã hội hiện đại, con người không thể sống thiếu điện năng. Bởi vì, nếu không có điện năng thì hầu hết các thiết bị và máy móc trong sinh hoạt, công nghiệp không thể hoạt động được. Do đó, nhu cầu điện năng phục vụ cho đời sống và sản xuất không chỉ tăng về số lượng mà còn chất lượng với giá thành hợp lý nhất.

Nhiệm vụ của hệ thống điện là sản xuất, truyền tải và phân phối điện năng đáp ứng yêu cầu của phụ tải một cách liên tục, chất lượng với giá thành hợp lý. Các nhà máy điện thường đặt ở xa các trung tâm phụ tải. Để có thể truyền tải điện năng từ nhà máy điện đến các hộ tiêu thụ và phân phối điện năng cho chúng ta cần thiết phải có lưới điện truyền tải và phân phối. Do đó, vấn đề cải tạo lưới điện là công việc cần thiết, không thể thiếu trong công tác phát triển hệ thống điện. Bài toán quy hoạch mở rộng lưới điện là trả lời những câu hỏi “nơi nào cần quy hoạch và mở rộng?”, “công suất cần mở rộng là bao nhiêu?”, “tổng chi phí cho quy hoạch là bao nhiêu?”, “độ tin cậy của hệ thống điện được cải thiện như thế nào sau khi tiến hành quy hoạch?”, v.v... Trong 3 thập kỷ qua, đã có rất nhiều giải thuật và phương pháp chứng minh hiệu quả giải bài toán quy hoạch hệ thống điện cũng như lưới truyền tải như: Tối ưu hóa đàn kiến, thuật toán di truyền, tối ưu hóa bầy đàn, tìm kiếm Tabu, liệt kê ẩn 0 - 1, tìm kiếm hòa điệu, tìm kiếm phân tán, ... Các phương pháp thông minh nhân tạo được áp dụng nhằm rút ngắn thời gian tìm kiếm và tìm nghiệm tối ưu toàn thể chính xác. Tuy nhiên, do cũng còn có một số hạn chế trong tính toán khi ứng dụng vào thực tế. Các phương pháp giải bài toán có sự tác động qua lại giữa các biến. Đồng thời, số lượng các biến rất lớn và các ràng buộc rất phức tạp nên các công cụ tối ưu sẽ khó giải quyết cho những bài toán tối ưu lớn.

L luận án này, nội dung nghiên cứu giải các bài toán quy hoạch mở rộng lưới điện, chọn lựa các phương pháp có ưu điểm để giải bài toán quy hoạch mở rộng lưới điện có xét các ràng buộc trong thời gian ngắn và nghiệm tìm được tốt nhất. Ngoài ra, nghiên cứu này xây dựng phương pháp mới dựa vào sự tìm kiếm của các loài động vật trong tự nhiên vào giải bài toán quy hoạch mở rộng hệ thống lưới điện để tìm giải pháp tối ưu nhất.

2. Các mục tiêu nghiên cứu

a. Mục tiêu chung

Áp dụng các phương pháp thông minh nhân tạo để tính toán tối ưu bài toán quy hoạch mở rộng lưới điện.

b. Mục tiêu cụ thể

Nghiên cứu bài toán quy hoạch mở rộng lưới điện truyền tải và quy hoạch lưới điện phân phối.

Nghiên cứu áp dụng thuật toán cận biên và nhánh vào giải bài toán quy hoạch mở rộng lưới điện truyền tải và chứng minh hiệu quả thuật toán thông qua các lưới điện thực ở khu vực Đồng Bằng Sông Cửu Long (ĐBSCL) và các tỉnh trong khu vực ĐBSCL cụ thể tỉnh Bến Tre, Hậu Giang.

Nghiên cứu xây dựng mới thuật toán tìm kiếm tối ưu dựa vào các hành vi tìm kiếm con quạ, tìm kiếm chim tu hú nhằm mục tiêu sẽ tìm được giải pháp tối ưu trong bài toán quy hoạch mở rộng lưới điện truyền tải.

Nghiên cứu áp dụng thuật toán PSO cải tiến vào bài toán quy hoạch lưới điện phân phối và kiểm tra hiệu quả của phương pháp PSO cải tiến bằng cách so sánh với nhiều phương pháp khác cùng mạng điện.

3. Nhiệm vụ nghiên cứu

Quy hoạch mở rộng lưới điện nhằm đáp ứng nhu cầu phụ tải.

Xây dựng các phương pháp tối ưu hóa thông minh nhân tạo giải bài toán quy hoạch mở rộng lưới điện truyền tải và phân phối.

Các phương pháp được áp dụng vào giải bài toán quy hoạch lưới điện có kết quả tối ưu hóa sẽ đáp ứng được yêu cầu của hàm mục tiêu đề ra là tối thiểu tổng chi phí đầu tư, chi phí vận hành.

4. Phạm vi và giới hạn

Các vấn đề được xem xét khi quy hoạch: chi phí đầu tư, chi phí vận hành và độ tin cậy hệ thống điện sau khi quy hoạch mở rộng lưới điện.

Quy hoạch mở rộng lưới điện được dựa trên kết quả dự báo phụ tải đã có. Các vấn đề được giải quyết bài toán điều kiện xác lập.

Áp dụng phương pháp cận biên và nhánh vào giải bài toán TEP được kiểm chứng qua mạng điện thực ở các tỉnh Bến Tre, Hậu Giang và vùng Đồng Bằng Sông Cửu Long; Kết quả làm cơ sở chứng minh khả năng hiệu quả các phương pháp thông minh nhân tạo CS, CSA và áp dụng vào giải bài toán quy hoạch lưới điện truyền tải chứng minh cùng mạng điện.

Các phương pháp thông minh nhân tạo được chứng minh tính hiệu quả sẽ kiểm chứng qua các mạng điện chuẩn Garver 6 nút, IEEE 25 nút, mạng điện được công bố quốc tế miền nam Brazil 46 nút và mạng điện hình tia 32 nút.

Bài toán TEP xem xét các điều kiện ràng buộc về cân bằng dòng điện nút, giới hạn phân bố công suất trên đường dây, quyền ưu tiên, giới hạn góc pha điện áp nút và chỉ số độ tin cậy.

Bài toán quy hoạch lưới điện phân phối xem xét các điều kiện ràng buộc về giới hạn về điện áp nút, phân bố công suất truyền tải, công suất phát, cấu trúc mạng điện hình tia, cân bằng công suất các nút, dung lượng đường dây, công suất trạm, công suất nguồn phát phân tán, giới hạn ngân sách.

5. Hướng tiếp cận và phương pháp nghiên cứu

Áp dụng các phương pháp nghiên cứu tham khảo tài liệu, tính toán lý thuyết kết hợp mô phỏng.

Xử lý thống kê với sự hỗ trợ của Microsoft Excel.

Mô phỏng trên nền tảng Matlab, Powerworld, Fortran.

6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

Xây dựng được các phương pháp thông minh nhân tạo giải bài toán quy hoạch mở rộng tối ưu lưới điện.

Ứng dụng phần mềm Matlab để tính toán bài toán tối ưu quy hoạch mở rộng lưới điện bằng các phương pháp thông minh nhân tạo.

Kết quả tối ưu sẽ đáp ứng được yêu cầu của hàm mục tiêu đề ra là tối thiểu tổng chi phí đầu tư, chi phí vận hành và đồng thời sẽ thỏa mãn điều kiện ràng buộc đánh giá được chỉ số độ tin cậy sau khi quy hoạch.

Thuật toán đơn giản và có tính hiệu quả có thể giải được nhiều bài toán quy hoạch lưới điện.

Việc nghiên cứu phát triển các thuật toán thông minh nhân tạo để giải bài toán quy hoạch mở rộng tối ưu lưới điện hiện nay sẽ giải quyết nhanh và hiệu quả bài toán quy hoạch mở rộng tối ưu lưới điện.

7. Cấu trúc của luận án

Luận án được sắp xếp thành 5 chương

Mở đầu

Chương 1: Tổng quan

Chương 2: Quy hoạch mở rộng lưới điện truyền tải xét đến độ tin cậy

Chương 3: Quy hoạch lưới điện truyền tải DC

Chương 4: Quy hoạch lưới điện phân phối

Chương 5: Kết luận và hướng phát triển

Chương 1. TỔNG QUAN

1.1. Khái quát về bài toán quy hoạch tối ưu lưới điện truyền tải

Nghiên cứu này khảo sát các quy hoạch mở rộng lưới điện truyền tải (LĐTT) [1] xét ở nhiều khía cạnh khác nhau.

1.2. Độ tin cậy trong quy hoạch mở rộng lưới điện truyền tải

Trong nhiều năm qua, công tác quy hoạch hệ thống điện được rất nhiều nhà khoa học quan tâm nhằm đáp ứng được nhu cầu phụ tải trong tương lai. Bài toán đặt ra cho có nhà quản lý và vận hành hệ thống điện là quy hoạch làm sao để giảm được chi phí đầu tư thấp nhất và vận hành an toàn. Chính vì vậy, quy hoạch hệ thống điện cần xét các điều kiện về chỉ tiêu độ tin cậy là cực kỳ quan trọng. Hiện nay có nhiều phương pháp giải bài toán quy hoạch hệ thống truyền tải có xét đến độ tin cậy đã có nhiều kết quả hiệu quả như sau:

- Thuật toán cận biên và nhánh [2-7].
- Thuật toán tối ưu hóa bầy đàn (PSO) [8].
- Thuật toán di truyền (GA) [9].
- Thuật toán bước nhảy con ếch (SFLA) [10].
- Thuật toán tối ưu hóa đàn kiến (ACO) [11].
- Thuật toán tiến hóa vi phân (DE) [12].

Công tác quy hoạch mở rộng hệ thống truyền tải sử dụng tiêu chí độ tin cậy được xây dựng như sau: quy trình đề xuất là bước đầu tiên trong việc chuẩn bị kế hoạch mở rộng hệ thống truyền tải sử dụng các phương pháp đánh giá xác suất các chỉ số độ tin cậy để đảm bảo độ tin cậy của lưới điện. Vấn đề mô hình hóa lưới điện được xác định thành tập số nguyên và xem xét sự không chắc chắn của bài toán thông qua mô hình xác suất.

1.3. Quy hoạch lưới điện truyền tải DC

Mục tiêu chính quy hoạch mở rộng LĐTT là đạt được tối thiểu tổng chi phí đầu tư nhưng phải đáp ứng nhu cầu phát triển phụ tải và độ tin cậy khi vận hành. Hiện nay, quy hoạch mở rộng LĐTT được xây dựng thành bài toán đa mục tiêu nên không thể giải bằng phương pháp cổ điển. Một số thuật toán đã được đề xuất để giải quyết các vấn đề liên quan đến quy hoạch mở rộng LĐTT sử dụng phương pháp meta-heuristic được phát triển mạnh mẽ bao gồm các thuật toán như sau:

- Thuật toán tối ưu hóa đàn kiến (ACO) [13].
- Thuật toán kết nối mạng nơron nhân tạo [14].
- Thuật toán thuộc địa bầy ong nhân tạo (ABC) [15].
- Thuật toán tiến hóa vi phân (DE) [16].
- Thuật toán bước nhảy con ếch (SFLA) [17].
- Thuật toán di truyền (GA) [18,19,20,24,25].
- Thuật toán tìm kiếm tabu (TSA) [21].
- Thuật toán liệt kê 0-1 (Zero - One) [22].
- Thuật toán tối ưu hóa bầy đàn (PSO) [23].

Bài toán quy hoạch lập trình tuyến tính có thể được giải quyết hiệu quả bằng thuật toán kép phức tạp. Kết quả của giải pháp phức tạp hệ số Lagrange kết hợp với mỗi ràng buộc đạt được hiệu quả. Hàm mục tiêu tìm kiếm được cung cấp có tính đến cả khía cạnh tài chính và kỹ thuật.

1.4. Quy hoạch lưới điện phân phối

Quy hoạch lưới điện phân phối liên quan đến nhiều nhiệm vụ khác nhau trong số đó là:

- Tìm vị trí trạm biến áp và nguồn cung cấp.
- Phân bổ trạm biến áp và công suất cung cấp.
- Phân bổ công suất tải điện.

Các nhiệm vụ này phải được thực hiện đồng thời tối ưu hóa các mục tiêu khác nhau như chi phí kinh tế và độ tin cậy của hệ thống. [28-32].

Quy hoạch lưới điện phân phối phù hợp không chỉ cung cấp chi phí thấp mà còn phải đáp ứng ba yêu cầu chính về kỹ thuật: giới hạn sụp áp, giới hạn công suất trạm biến áp và nguồn cung cấp và cấu hình hình tia.

Trong nhiều năm qua có rất nhiều phương pháp áp dụng vào bài toán quy hoạch lưới điện phân phối. Hiện nay phương pháp thông minh nhân tạo được áp dụng quy hoạch lưới điện phân phối điện đã được phát triển vì đạt được mức độ chính xác và cho ra lời giải tối ưu. Các phương pháp thông minh nhân tạo bao gồm như sau:

- Thuật toán tối ưu hóa bầy đàn (PSO) [28,29,34].
- Thuật toán di truyền (GA) [33].

Ưu điểm nổi bật khác của quy hoạch mở rộng hệ thống phân phối bằng thuật toán tiến hóa vi phân là đưa ra một số giải pháp không bị chi phối, cho phép các nhà quản lý và vận hành hệ thống quyết định sử dụng giải pháp tốt nhất dựa trên sự quan trọng của các mục tiêu khác nhau và có xét đến điều kiện giới hạn ngân sách.

1.5. Các phương pháp đã áp dụng cho bài toán quy hoạch mở rộng lưới điện

Các nhược điểm được chú ý trong quy hoạch mở rộng lưới điện truyền tải sử dụng các phương pháp [18-23].

- Các nhà nghiên cứu đã không quan tâm đến vấn đề quy hoạch công suất phản kháng trong quy hoạch mở rộng lưới điện truyền tải, mặc dù nó là thông tin rất quan trọng.
- Điều kiện không chắc chắn khi thay đổi nguồn phát không được xét đến và luôn giả định rằng đáp ứng được.
- Các phương pháp quy hoạch mở rộng lưới điện truyền tải đều được mô phỏng trong mô hình HTĐ một chiều.
- Các ràng buộc về độ tin cậy và chuẩn an toàn không được xét đến trong nhiều phương pháp trước.
- Thiết bị điều khiển linh hoạt hệ thống điện xoay chiều trong quy hoạch mở rộng lưới điện truyền tải không được xem xét phù hợp.

Thật vậy, các nghiên cứu được công bố gần đây được đánh giá từ nhiều quan điểm khác nhau nhằm mục đích chung là đáp ứng nhu cầu phát triển phụ tải trong tương lai.

1.6. Các nội dung nghiên cứu và đóng góp của luận án

Trong nội dung luận án này sẽ xem xét các nội dung sau đây:

Nghiên cứu bài toán quy hoạch mở rộng lưới điện truyền tải xem xét các điều kiện ràng buộc về độ tin cậy, bài toán quy hoạch mở rộng lưới điện DC với xem xét các điều kiện ràng buộc về cân bằng dòng điện nút, giới hạn phân bố công suất trên đường dây, quyền ưu tiên, giới hạn góc pha điện áp nút và quy hoạch lưới điện phân phối giới hạn về điện áp nút, phân bố công suất truyền tải, công suất phát, cấu trúc mạng điện hình tia, cân bằng công suất các nút, dung lượng đường dây, công suất trạm, công suất nguồn phát phân tán, giới hạn ngân sách.

Nghiên cứu sẽ áp dụng thuật toán cận biên và nhánh để giải quyết bài toán quy hoạch và mở rộng lưới điện truyền tải có ràng buộc về độ tin cậy vào lưới điện thực ở tỉnh Bến Tre, Hậu Giang và vùng Đồng Bằng Sông Cửu Long.

Nghiên cứu sẽ tìm ra các điểm mạnh của thuật toán CS, CSA nhằm tìm giải pháp tối ưu bài toán quy hoạch lưới điện truyền tải DC được chứng minh trên hệ thống điện chuẩn; điều này sẽ giúp cho các nhà quản lý vận hành hệ thống điện dễ dàng quản lý khi các phụ tải tăng trưởng phức tạp.

Nghiên cứu thuật toán PSO cải tiến áp dụng giải bài toán quy hoạch lưới điện phân phối vào hệ thống mạng điện chuẩn nhằm để cải thiện khả năng tìm kiếm toàn cục và hạn chế sự hội tụ sớm đến mức tối thiểu cục bộ.

Chương 2. QUY HOẠCH MỞ RỘNG LƯỚI ĐIỆN TRUYỀN TẢI CÓ XÉT ĐỘ TIN CẬY

2.1. Giới thiệu bài toán

Bài toán quy hoạch mở rộng lưới điện truyền tải phải đạt được các điều kiện mô hình nguồn phát điện và đáp ứng nhu cầu phụ tải sử dụng điện trong tương lai và cần tập hợp các đường dây kết nối mới để giảm thiểu tổng chi phí đầu tư và phải phụ thuộc vào các ràng buộc về độ tin cậy. Xây dựng kế hoạch mở rộng lưới điện truyền tải có thể được xây dựng dưới dạng bài toán lập trình số nguyên có xét đến độ tin cậy được trình bày nội dung dưới đây.

2.2. Mô hình bài toán

2.2.1. Hàm mục tiêu

Thông thường bài toán quy hoạch mở rộng lưới điện truyền tải là hàm tối thiểu tổng chi phí đầu tư C^T cùng với việc đầu tư mới đường dây truyền tải [5] được mô tả như sau:

$$\text{minimize } C^T = \sum_{(x,y) \in \rho} \left[\sum_{i=1}^{m(x,y)} C_{(x,y)}^{(i)} U_{(x,y)}^{(i)} \right] \quad (2.1) \quad U_{(x,y)}^{(i)} = \begin{cases} 1 & P_{(x,y)} = P_{(x,y)}^{(0)} + P_{(x,y)}^{(i)} \\ 0 & P_{(x,y)} \neq P_{(x,y)}^{(0)} + P_{(x,y)}^{(i)} \end{cases} \quad (3.2) \quad P_{(x,y)}^i = \sum_{j=1}^i \Delta P_{(x,y)}^j \quad (2.3)$$

2.2.2. Điều kiện ràng buộc về tiêu chuẩn chỉ số độ tin cậy của lưới điện

$$LOLE_{SYS}(P_{(x,y)}^{(i)}, \Phi) \leq_R LOLE \quad (2.4)$$

$$LOLE_{SYS} = \sum_{i=1}^n K_i P_i (C_i - L_i) \quad (2.5)$$

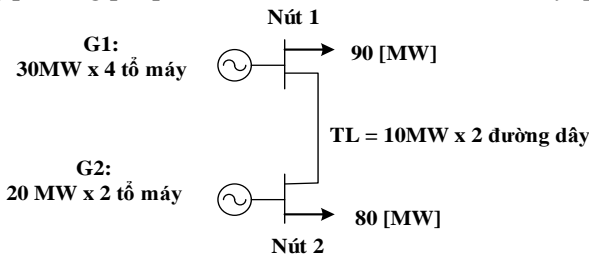
$$LOLE_{SYS} = \sum_{i=1}^n P_k t_k \quad (2.6)$$

$$LOLE_{SYS} = \sum_{i=1}^n (t_k - t_{k-1}) P_k \quad (2.7)$$

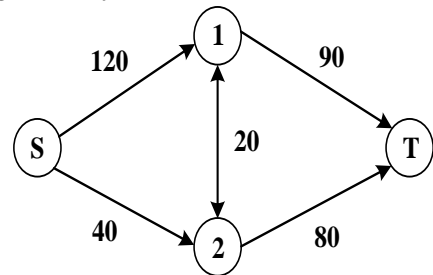
2.3. Áp dụng phương pháp cận biên và nhánh

2.3.1. Mô hình hóa lưới điện

Hệ thống điện (HTĐ) bao gồm nhiều phần tử rời rạc. Để xác định tập hợp tối ưu quy hoạch hệ thống truyền tải bằng phương pháp toán, mô hình hóa HTĐ là cực kỳ quan trọng của công việc này[6].



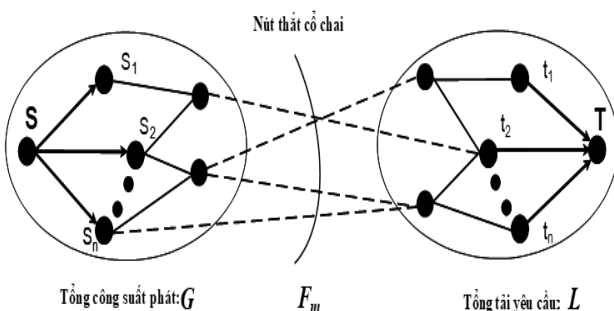
Hình 2.1 Sơ đồ đơn tuyến hệ thống điện



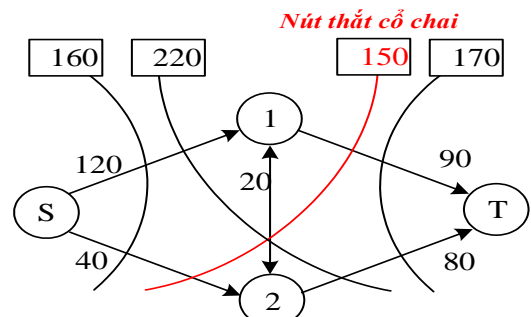
Hình 2.2 Sơ đồ mạng tương đương

2.3.2. Lý thuyết dòng cực đại và mặt cắt tối thiểu

Để xác định mặt cắt tối thiểu nằm ở đâu trong mạng, nơi ấy sẽ cần được mở rộng. Do đó, công tác quy hoạch cũng như vận hành cần phải xác định được nút thắt cổ chai như trình bày ở Hình 2.3.

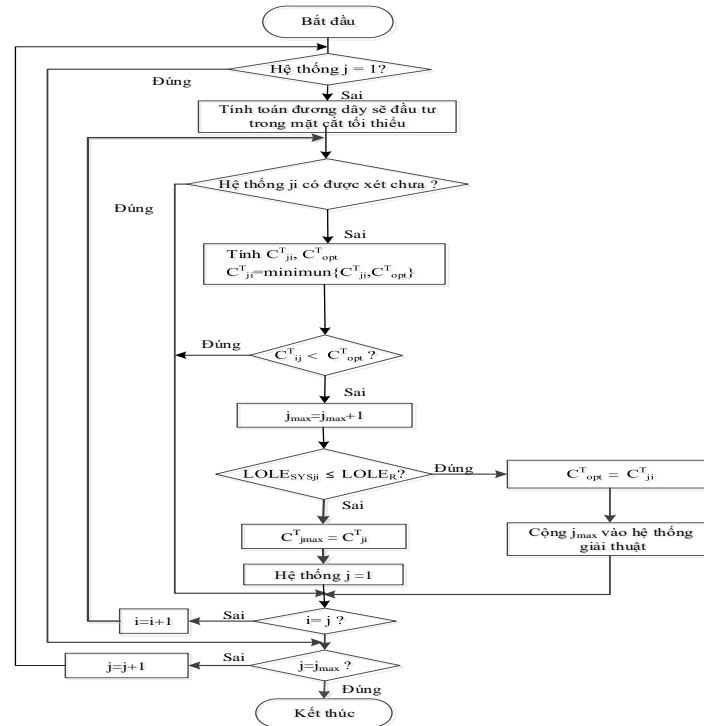


Hình 2.3 Sơ đồ mô phỏng hệ thống điện tổng quát



Hình 2.4 Mặt cắt tối thiểu

2.3.3. Xây dựng lưu đồ thuật toán



Hình 2.5 Lưu đồ thuật toán của thuật toán cận biên và nhánh

2.4. Kết quả tính toán và thảo luận

2.4.1. Kết quả tính toán cho lưới điện Đồng bằng sông Cửu Long

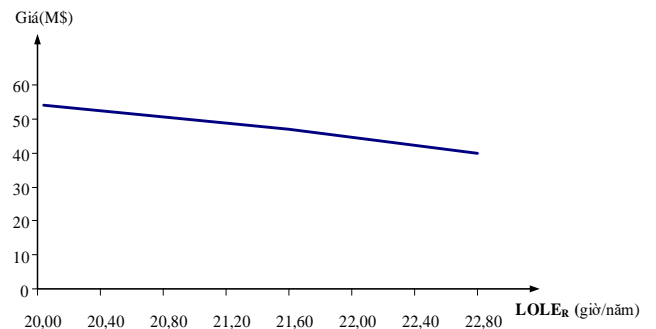
Áp dụng thuật toán giải bài toán quy hoạch lưới điện có mức điện áp từ 220KV trở lên trong vùng ĐBSCL trên cơ sở kế hoạch xây dựng và vận hành những đường dây 500 KV. Kết quả đạt được cho thấy tất cả các chỉ số độ tin cậy như trình bày tại Bảng 2.1.

Bảng 2.1 Chỉ tiêu độ tin cậy của hệ thống

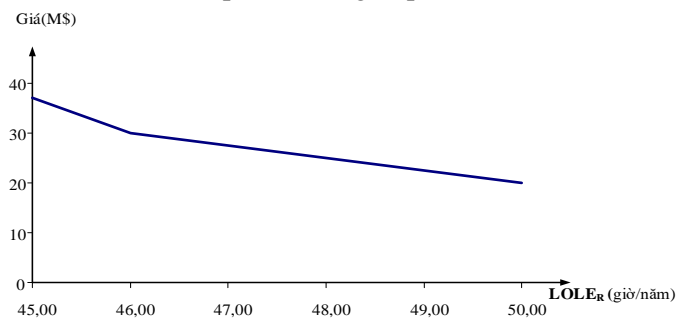
TH	LOLE _R giờ/năm	EENS MWh/năm	ELC MW/Cu r.năm	LOLE _{sys} giờ/năm	EIR pu
N-1TL	22,0	10.710.400	5.013	21,4	0,867
	21,0	10.074.200	4.871	20,7	0,875
	20,0	9.454.600	4.724	20,0	0,883
N-2TL	50,0	24.498.900	4.954	49,5	0,696
	46,0	19.943.700	4.383	45,5	0,753
	45,0	19.119.200	4.268	44,8	0,763

Bảng 2.2 Tối ưu hóa quy hoạch hệ thống truyền tải

TH	LOLE _R giờ/năm	Yêu cầu mở rộng đường dây	Giá M\$
N-1TL	22,0	T ¹ ₃₂₋₁₄ , T ² ₃₂₋₁₄ , T ¹ ₉₋₁₀ , T ¹ ₁₁₋₁₂	40
	21,0	T ¹ ₃₂₋₁₄ , T ² ₃₂₋₁₄ , T ¹ ₉₋₁₀ , T ¹ ₁₁₋₁₂ , T ¹ ₆₋₇	47
	20,0	T ¹ ₃₂₋₁₄ , T ² ₃₂₋₁₄ , T ¹ ₉₋₁₀ , T ¹ ₁₁₋₁₂ , T ¹ ₆₋₇ , T ¹ ₁₅₋₁₆	64
N-2TL	50,0	T ¹ ₃₂₋₁₄ , T ¹ ₉₋₁₀	20
	46,0	T ¹ ₃₂₋₁₄ , T ¹ ₉₋₁₀ , T ¹ ₁₁₋₁₂	30
	45,0	T ¹ ₃₂₋₁₄ , T ¹ ₉₋₁₀ , T ¹ ₁₁₋₁₂ , T ¹ ₆₋₇	37

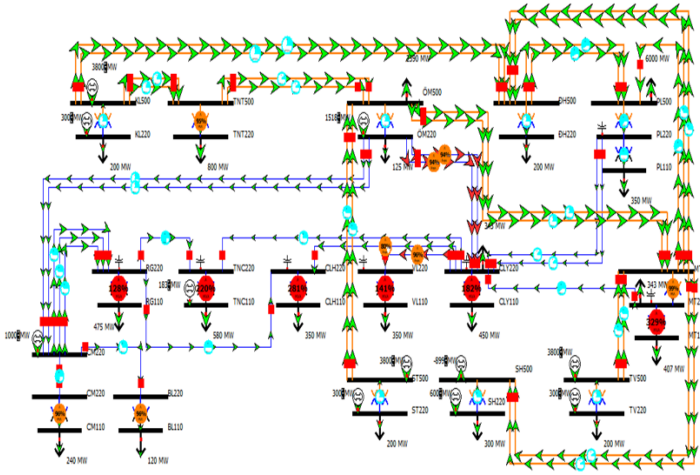


Hình 2.6 Mối quan hệ của chỉ tiêu độ tin cậy và tổng chi phí ở trường hợp 1

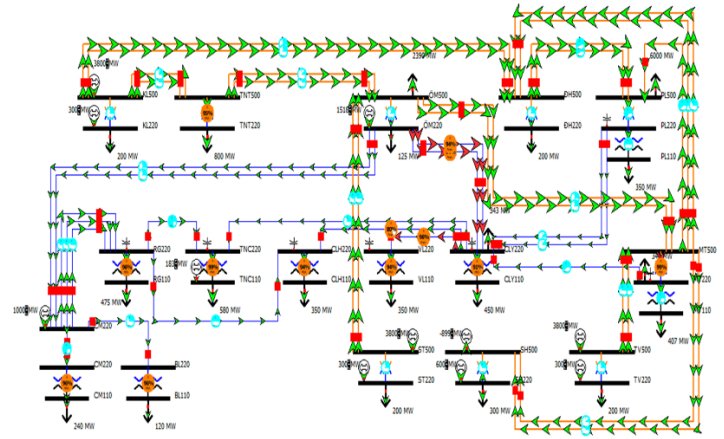


Hình 2.7 Mối quan hệ của chỉ tiêu độ tin cậy và tổng chi phí ở trường hợp 2

Sử dụng phần mềm PowerWorld nhằm kiểm tra độ ổn định và khả năng tải của đường dây và máy biến áp sau khi cải tạo có bị quá tải như trước khi cải tạo hay không, thông số điện áp sau khi cải tạo.



Hình 2.8 Hệ thống điện trước khi quy hoạch



Hình 2.9 Hệ thống sau mở rộng thêm 7 tuyến với $rLOLE = 20,00$ (giờ/năm)

Hình 2.15 thể hiện khi phụ tải tăng các vị trí kết nối RG220 – RG110, TNC220 – TNC110, CLH220 – CLH110, VL220 – VL110, CLY220 – CLY110, MT220 – MT110 vượt quá tải trên 100% và Hình 2.16, kết quả cho thấy hệ thống sau khi quy hoạch được đầu tư thêm 7 tuyến mới T^1_{32-14} , T^2_{32-14} , T^1_{9-10} , T^1_{1-5} , T^1_{11-12} , T^1_{6-7} , T^1_{15-16} nên không có nơi vào bị quá tải đều này chứng minh rằng kết quả đề xuất mở rộng đầu tư mới là phù hợp đáp ứng nhu cầu phụ tải.

2.4.2. Kết quả tính toán cho lưới điện tỉnh Bến Tre

Thực hiện quy hoạch mở rộng tối ưu lưới điện tỉnh Bến Tre cấp điện áp 220kV và 110kV. Kết quả đạt được cho thấy tất cả các chỉ số độ tin cậy của hệ thống điện sau khi quy hoạch.

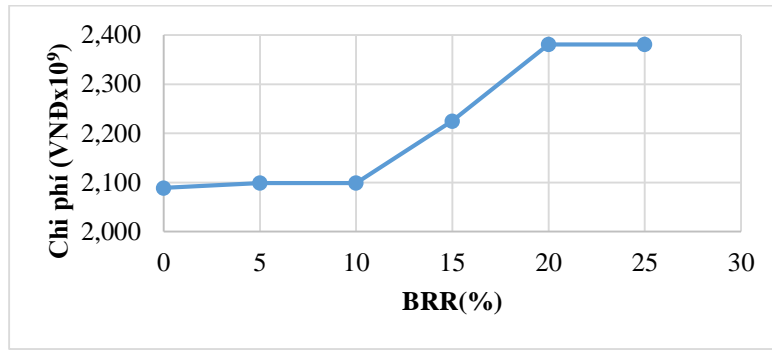
Bảng 2.3 Chỉ tiêu độ tin cậy của hệ thống

TH	Năm	$LOLE_R$ giờ/năm	EENS MWh/năm	ELC MW/ Cur.năm	$LOLE_{SYS}$ giờ/năm	EIR pu
N-1TL	2024	20,0	0	0	0	1
	2030	20,0	60.284,8	100.000	602,848	0,988
	2045	20,0	54.693,2	100.000	564,932	0,990
N-2TL	2024	20,0	0	0	0	1
	2030	20,0	0	0	0	1
	2045	20,0	0	0	0	1

Bảng 2.4 Tối ưu quy hoạch hệ thống truyền tải

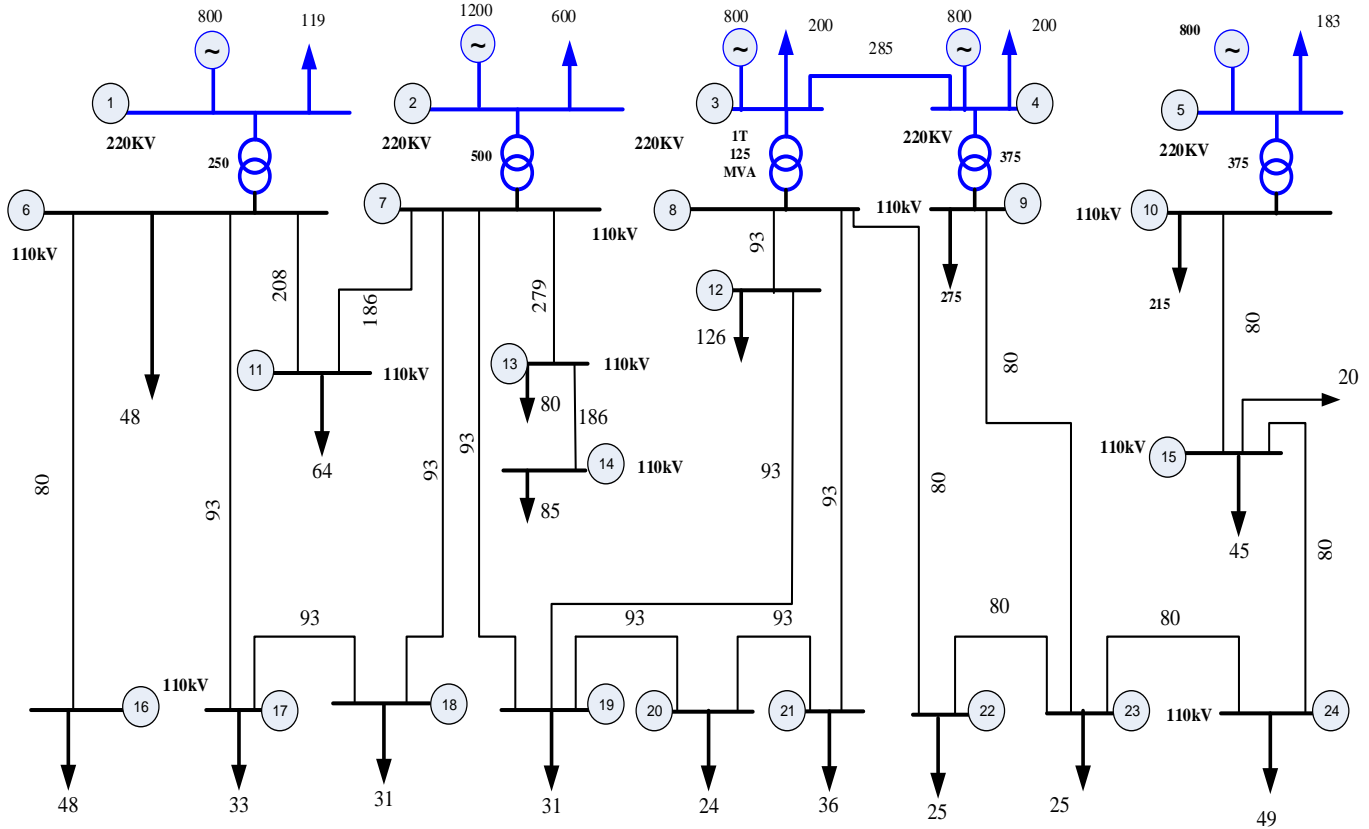
TH	Năm	$LOLE_R$ giờ/năm	Yêu cầu mở rộng đường dây	Chi phí M\$
N-1TL	2024	20,0	T^1_{1-9}	1
	2030	20,0	T^1_{1-9}	1
	2045	20,0	T^1_{1-9}	1
N-2TL	2024	20,0	T^1_{1-9}	1
	2030	20,0	$T^1_{1-9}, T^1_{2-10}, T^1_{3-12}, T^1_{4-11}, T^1_{5-14}, T^1_{6-13}, T^1_{7-15}, T^1_{8-16}, T^1_{6-2}$	10
	2045	20,0	$T^1_{1-9}, T^1_{2-10}, T^1_{3-12}, T^1_{4-11}, T^1_{5-14}, T^1_{6-13}, T^1_{7-15}, T^1_{8-16}, T^1_{6-2}$	10

Sơ đồ lưới điện sau khi quy hoạch trường hợp hệ thống điện N-1TL thể hiện theo Hình 2.10 đến Hình 2.11; các đường vẽ nét liền thể hiện đường dây, trạm biến áp hiện hữu và các đường nét đứt khúc màu đỏ thể hiện đường dây, trạm biến áp cần đầu tư mở rộng thêm đáp ứng nhu cầu phụ tải.



Hình 2.14 Đường cong tổng chi phí đầu tư theo yêu cầu độ dự trữ BRR(%)

Sơ đồ đơn tuyến hệ thống truyền tải sẽ được mở rộng nhằm đáp ứng yêu cầu phụ tải tăng như trình bày tại Hình 2.15.

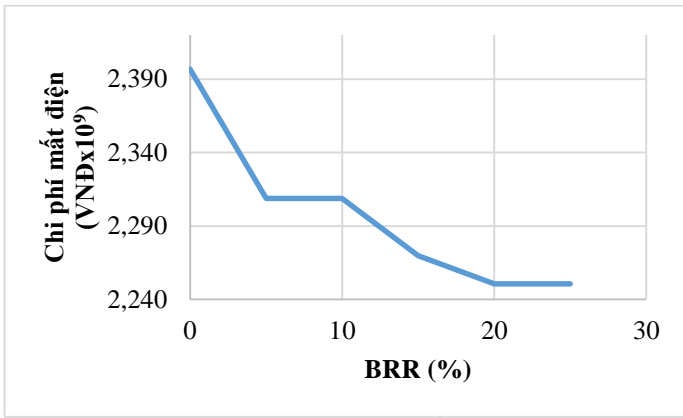


Hình 2.15 Sơ đồ đơn tuyến hệ thống truyền tải (BRR=5%)

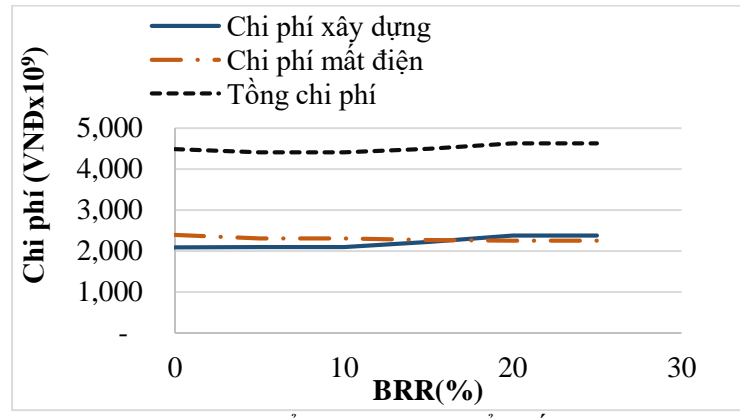
Đánh giá, đường cong chi phí mất điện và BRR tối ưu, IEAR = 3.000 (VNĐ/kWh)

Bảng 2.6 Chỉ tiêu độ tin cậy và tổng chi phí

TH	BRR (%)	Chi phí xây dựng VNĐ.10 ⁹	EENS MWh/ngày	EENS MWh/năm	Chi phí cúp điện VNĐ10 ⁹	Tổng chi phí VNĐ.10 ⁹
3	10	2.099	210,855	76.962,08	2.308,86	4.407,86
4	15	2.225	207,285	75.659,03	2.269,77	4.494,77
5	20	2.381	205,524	75.016,26	2.250,49	4.631,49
6	25	2.381	205,524	75.016,26	2.250,49	4.631,49
1	0	2.089	218,878	79.890,47	2.396,71	4.485,71
2	5	2.099	210,855	76.962,08	2.308,86	4.407,86



Hình 2.16 Đường cong chi phí mất điện khách hàng

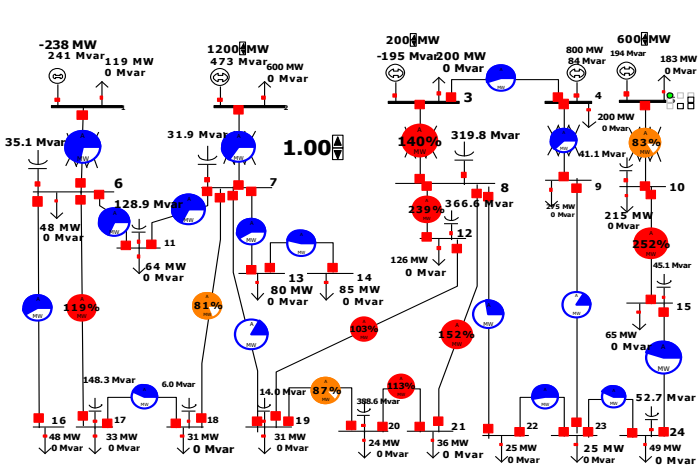


Hình 2.17 Đường cong tổng chi phí và điểm tối ưu độ tin cậy

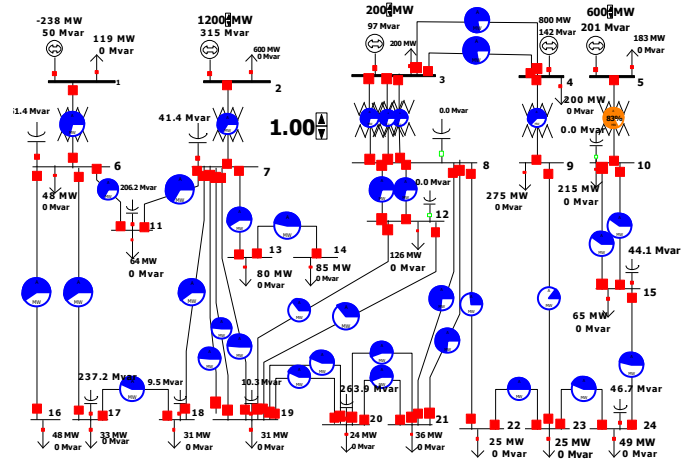
Như vậy, qua áp dụng thuật toán trên kiểm tra giá trị tối ưu trong quy hoạch hệ thống truyền tải của tỉnh Hậu Giang, giá trị độ dự trữ tối ưu của hệ thống điện quy hoạch tại $BRR = 5\%$ và 10% .

d. Kiểm tra phân bố công suất bằng phần mềm PowerWorld

Hình 2.18. chỉ ra đường dây và trạm biến áp mang quá tải trên 90% . Hình 2.19. là hình thể hiện lưới điện đã được đầu tư mở rộng theo yêu cầu của độ dự trữ $BRR = 5\%$.



Hình 2.18 Hệ thống trước khi kiểm tra quy hoạch



Hình 2.19 Hệ thống sau khi kiểm tra quy hoạch với độ dự trữ $BRR=5\%$

Qua kết quả nghiên cứu cho thấy rằng, đã áp dụng thành công phương pháp xem xét điều kiện tối ưu độ dự trữ trong quy hoạch hệ thống truyền tải và tương tự như trên sử dụng công cụ phần mềm PowerWorld để kiểm tra hệ thống trước và sau khi quy hoạch đầu tư mở rộng mới theo Hình 2.30 thể hiện khi phụ tải tăng lên theo kết quả dự báo phụ tải các tuyến kết nối 6-17, 3-8, 8-12, 12-19, 20-21, 8-21, 10-15 vượt quá tải trên 100% dung lượng và Hình 2.3 kết quả cũng cho thấy hệ thống sau khi quy hoạch đã được cải thiện không có nơi vào bị quá tải, chính vì vậy kết quả đề xuất mở rộng đầu tư mới là phù hợp đáp ứng nhu cầu phụ tải.

2.5. Kết luận chương 2

Nội dung trên tập trung giải quyết bài toán TEP xét đến độ tin cậy trong quy hoạch hệ thống truyền tải bằng phương pháp cận biên và nhánh. Sử dụng công cụ phần mềm PowerWorld để kiểm chứng lại hệ thống sau khi quy hoạch.

Nghiên cứu này còn xét thêm độ dự trữ trong quy hoạch hệ thống truyền tải kết quả đã được chứng minh trên hệ thống điện thực tại tỉnh Hậu Giang thuộc ĐBSCL.

Phương pháp cận biên và nhánh áp dụng bài toán TEP đã được nghiên cứu, thực hiện và công bố trong công trình số [4-7] và công trình số [9]. Trong chương 3. trình bày các phương pháp thông minh nhân tạo CS, CSA vào giải bài toán TEP ở mô hình DC với hàm mục tiêu tối thiểu tổng chi phí đầu tư nhằm thỏa ràng buộc về kinh tế và vận hành.

Chương 3: QUY HOẠCH MỞ RỘNG LƯỚI ĐIỆN TRUYỀN TẢI DC

3.1. Giới thiệu bài toán

Mô hình DC là mô hình phổ biến nhất được sử dụng để mô hình hóa bài toán TEP vì nó ít phức tạp hơn và giải quyết dễ dàng hơn, không cần nhiều thời gian; đồng thời, mô hình DC có độ chính xác tương đối cao.

3.2. Mô hình bài toán

3.2.1. Hàm mục tiêu

Hàm mục tiêu của quy hoạch mở rộng lưới điện là tối thiểu tổng chi phí đầu tư nhằm thỏa ràng buộc về kinh tế và vận hành. Mô hình DC cổ điển được sử dụng cho TEP được định dạng như sau:

$$TC = \sum_{i,j \in \Omega} \beta \times cl_{ij} \times n_{ij} \quad (3.1) \quad cl_{ij} = (clf_{ij} + clv_{ij}) \times l \quad (3.2)$$

3.2.2. Các ràng buộc

$$P_i = \sum_{j=1}^{NB} P_{ij} + d_i \quad (i=1,2,\dots,NB), \quad (\forall i, j \in \Omega) \quad (3.3) \quad |(\theta_i - \theta_j)| \times |\gamma_{ij}| \leq P_{ij}^{max} \quad (3.6)$$

$$\sum_{y=1}^{N_{u_i+N_{c_i}}} P_{y_i} = d_i + \sum_{j=1}^{NB} \gamma_{ij} \times (n_{ij}^0 + n_{ij}) \times (\theta_i - \theta_j) \quad (3.4) \quad 0 \leq n_{ij} \leq n_{ij}^{max} \quad (3.7)$$

$$(n_{ij}^0 + n_{ij}) \times |(\theta_i - \theta_j)| \times |\gamma_{ij}| \leq (n_{ij}^0 + n_{ij}) \times P_{ij}^{max} \quad (3.5) \quad |\theta_i| \leq |\theta_i^{max}| \quad (3.8)$$

3.3. Áp dụng các phương pháp thông minh nhân tạo

3.3.1. Mô tả các thuật toán

Thuật toán Tìm kiếm chim tu hú (CS) là một trong những thuật toán tự nhiên ra đời gần đây nhất được phát triển bởi Yang và Deb vào tháng 12/2009 [23]. Ngoài ra, thuật toán này được nâng cao bởi cái gọi là các chuyến bay Lévy, hơn nữa bởi quãng đường đẳng hướng đơn giản ngẫu nhiên. [26].

Thuật toán Tìm kiếm con quạ (CSA) là một trong những thuật toán tìm kiếm trong tự nhiên được xây dựng thuật toán bởi Alireza Askarzadeh vào tháng 3/2016 [27]. CSA là thuật toán về cách giấu thức ăn và có thể nhớ lại nơi cất giấu thức ăn từ vài tháng trước; con quạ có khả năng đánh lừa kẻ khác để bảo vệ thức ăn bằng cách dẫn đến một nơi khác.

3.3.2. Mô hình toán của các thuật toán

3.3.2.1. Thuật toán Tìm kiếm chim tu hú (CS)

Hệ thống tự nhiên thì rất phức tạp, do đó không thể xây dựng được mô hình chính xác bởi thuật toán máy tính trong sự hình thành cơ bản. Một quả trứng đại diện cho một giải pháp và được lưu trữ trong cùng một tổ.

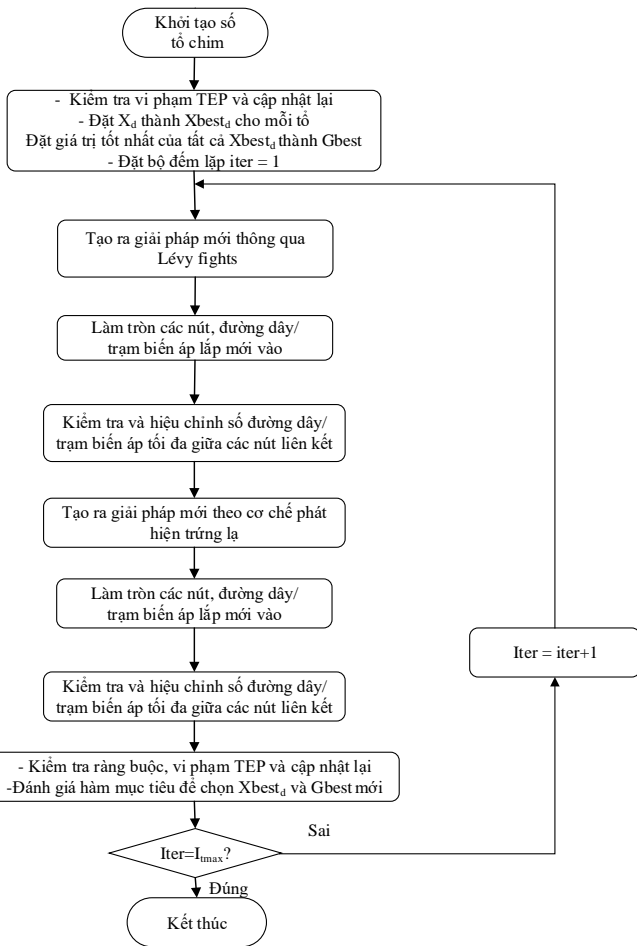
i. Chim tu hú tìm kiếm tổ cho phù hợp nhất để đẻ trứng để tối đa hóa tỉ lệ sống sót. Một chiến lược lựa chọn tinh hoa được áp dụng để có những quả trứng tốt nhất (giải pháp tốt nhất gần giá trị tối ưu) để những quả trứng loài chim khác có cơ hội phát triển và trở thành (thế hệ kế tiếp) chim tu hú trưởng thành.

ii. Số lượng của tổ loài chim khác được đặt vào. Các loài chim khác phát hiện ra những quả trứng không phải của chúng (giải pháp không tốt từ giá trị tối ưu) với xác suất của $p_a \in [0,1]$ và các quả trứng này được ném ra ngoài hoặc tổ được bỏ lại và một tổ mới hoàn thiện được xây dựng ở vị trí mới. Quả trứng trưởng thành và sống ở thế hệ tiếp theo.

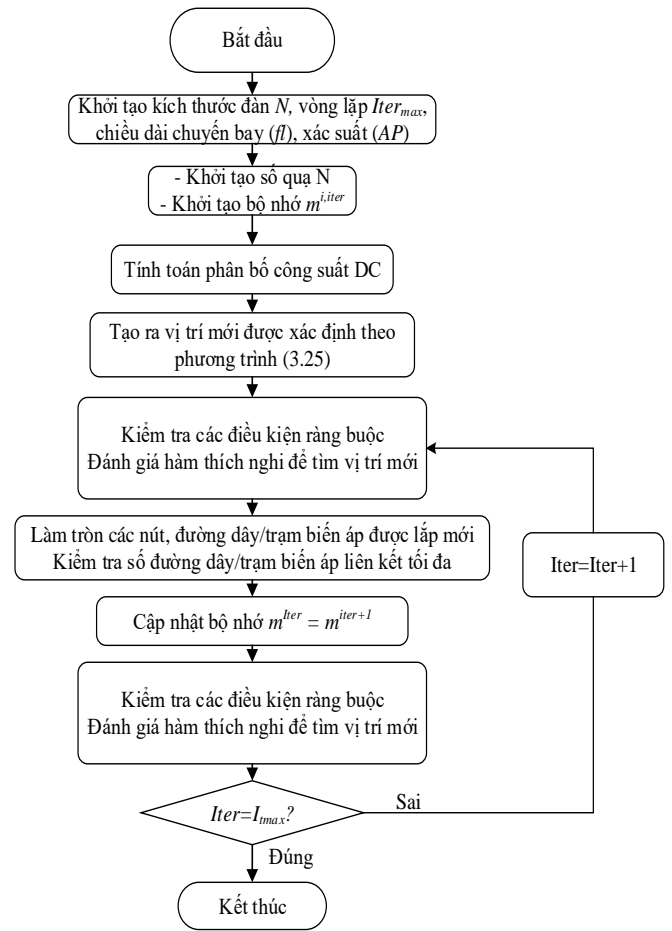
3.3.2.2. Thuật toán Tìm kiếm con quạ (CSA)

Các nguyên tắc của CSA được liệt kê gồm: các con quạ sống trong sự hình thành của một đàn, các con quạ nhớ nơi cất giấu của chúng, các con quạ đuổi theo các loài khác để trộm cắp và các con quạ sẽ bảo vệ chỗ giấu của chúng khỏi bị trộm cắp trong điều kiện có thể.

3.3.3. Áp dụng các thuật toán vào bài toán



Hình 3.1 Lưu đồ thuật toán CS - TEP



Hình 3.2 Lưu đồ thuật toán CSA – TEP

3.4. Kết quả tính toán và thảo luận

3.4.1. Áp dụng thuật toán Tìm kiếm con quạ

a. Thông số hệ thống điện Garver 6 nút

Áp dụng thuật toán CSA giải bài toán TEP được kiểm tra trên hệ thống Garver 6 nút được thể hiện theo hệ thống điện chuẩn Garver có 6 nút và 15 nhánh liên kết [13]. Tổng nhu cầu phụ tải là 760MW và thông số được cho trong Bảng 3.1. thể hiện thông số nguồn và các vị trí tải; Bảng 3.2. thể hiện số nhánh liên kết giữa các nút.

Bảng 3.1 Thông số nguồn phát và nhu cầu tải của hệ thống Garver 6 nút.

Nút	Công suất nguồn phát (MW)		Công suất nhu cầu tải (MW)
	Tối đa	Mức độ	
1	150	50	80
2	-	-	240
3	360	165	40
4	-	-	160
5	-	-	240
6	600	545	-

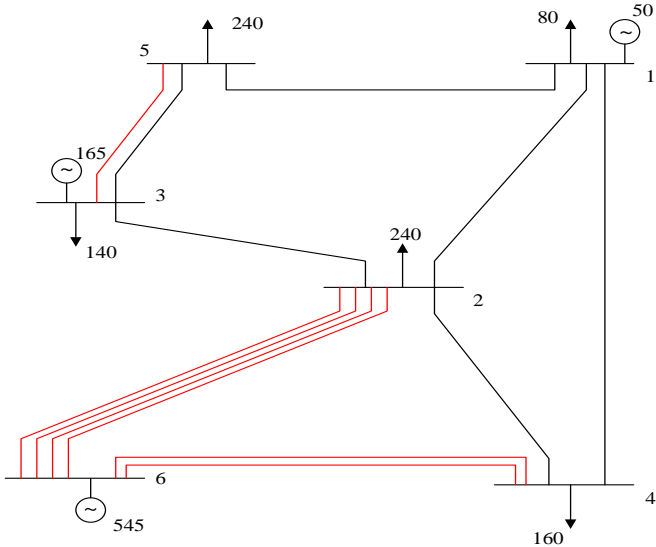
Bảng 3.2 Thông số các nhánh liên kết của hệ thống điện Garver 6 nút.

Nhánh	n_{ij}^0	r (p.u)	x (p.u)	P_{ij}^{max} (MW)	Chi phí đầu tư ($10^3\$$)
-------	------------	-----------	-----------	---------------------	-----------------------------

1-2	1	0,10	0,40	100	40
1-3	0	0,09	0,38	100	38
1-4	1	0,15	0,60	80	60
1-5	1	0,17	0,20	100	20
1-6	0	0,05	0,68	70	68
2-3	1	0,10	0,20	100	20
2-4	1	0,08	0,40	100	40
2-5	0	0,01875	0,31	100	31
2-6	0	0,15	0,30	100	30
3-4	0	0,15	0,59	82	59
3-5	1	0,25	0,20	100	20
3-6	0	0,12	0,48	100	48
4-5	0	0,16	0,63	75	63
4-6	0	0,0375	0,30	100	30
5-6	0	0,15	0,61	78	61

b. Các bước áp dụng thuật toán tìm kiếm con quạ vào TEP và kết quả

Các bước của thuật toán tìm kiếm CSA có thể được mô tả như sau: biến x sẽ là vị trí cất giấu thức ăn sẽ chọn một vị trí khả thi như một giải pháp. Số dân số được cố định là 15 cho tất cả các hệ thống, xác suất dự phòng được đặt 0,1 và chiều dài chuyến bay fl là 2. Số vòng lặp tối đa cho CSA là 500 đối với hệ thống. Sơ đồ Hình 3.3. thể hiện các đường màu đỏ cần đầu tư mở rộng mới. Kết quả tối ưu được so sánh với các thuật toán thông minh nhân tạo [13].



Hình 3.3 Hệ thống điện Garver 6 nút sau khi quy hoạch

Bảng 3.3 Kết quả tối ưu chi phí đầu tư

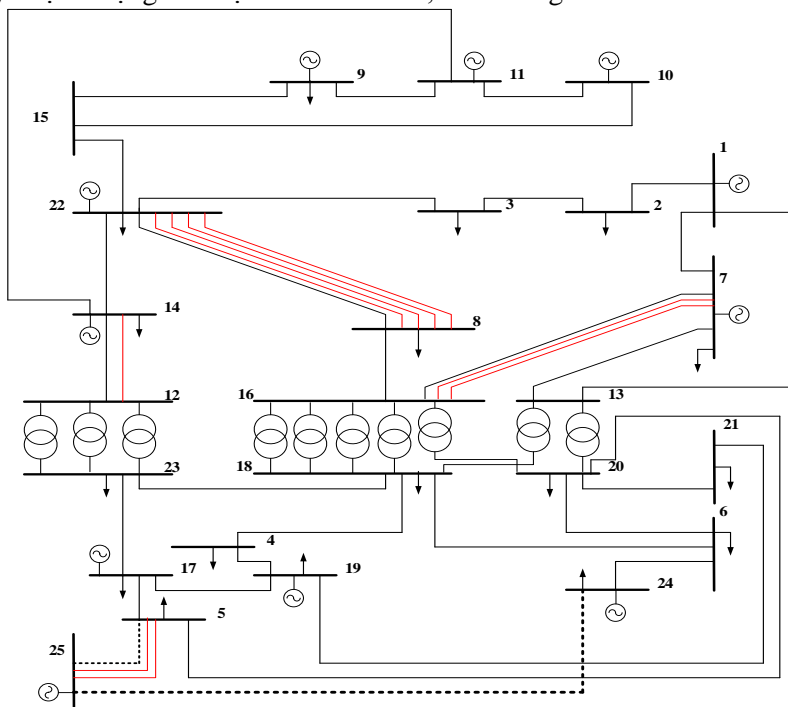
Phương pháp	n_{ij}	Chi phí đầu tư ($10^3\$$)			Độ lệch chuẩn	Thời gian tính (s)
		Xấu	Trung bình	Tốt		
GA	7	368	227	200	41,27	46,686
TS	7	244	218	200	26,56	36,983
CSA	7	200	200	200	0	15,72

Các kết quả thu được đều có các chi phí đầu tư thu được bằng phương pháp CSA thấp hơn, thời gian tính toán ngắn hơn. Điều này chứng minh rằng phương pháp CSA có tìm được giải pháp tối ưu hơn các phương pháp khác.

3.4.2. Áp dụng thuật toán Tìm kiếm chim tu hú

a. Các bước áp dụng thuật toán tìm kiếm chim tu hú vào TEP và kết quả hệ thống điện chuẩn IEEE 25 nút

Thuật toán CS để có được giải pháp tối ưu cho mạng điện chuẩn IEEE 25 nút, có bốn tham số chính phải xác định trước là số lượng tổ 36, số lần lặp lại tối đa các nhánh liên kết 4, hệ số phân phối 1,5 và xác suất trùng ngoại lai được phát hiện trong tổ giá trị của nó thay đổi từ 0,1 đến 0,9 với kích thước bước là 0,1. Số vòng lặp tối đa cho CS là 5000. Hệ thống điện sau khi quy hoạch mạng thể hiện theo Hình 3.4, các đường nét liền màu đỏ là cần đầu tư mở rộng.



Hình 3.4 Hệ thống điện chuẩn IEEE 25 nút sau khi quy hoạch

Kết quả thống kê so sánh phương pháp CS và phương pháp ABC cùng mạng điện chuẩn IEEE 25 nút được quan tâm đến chi phí đầu tư, độ lệch chuẩn thể hiện trong Bảng 3.5. Bên cạnh đó, kết quả của phương pháp còn được so sánh với các phương pháp ANN, GA&TS, DEA, CGA về chi phí đầu tư được thể hiện trong Bảng 3.6.

Bảng 3.5 Kết quả tối ưu chi phí đầu tư mạng điện chuẩn IEEE 25 nút

TT	Kết quả quy hoạch	Phương pháp ABC	Phương pháp CS
		Chi phí đầu tư (\$)	Chi phí đầu tư (\$)
1	Tốt (\$)	112.046.000	111.371.000
2	Trung bình (\$)	113.847.250	111.371.000
3	Xấu (\$)	115.201.000	111.371.000
4	Độ lệch chuẩn	1.095.358	0

Bảng 3.6 So sánh các kết quả các phương pháp được kiểm tra cùng mạng điện chuẩn IEEE 25 nút

TT	Phương pháp	Chi phí đầu tư tối ưu (\$)
1	ANN,GA&TS	114.560.000
2	DEA	114.383.000
3	CGA	114.526.000
4	ABC	112.046.000
5	CS	111.371.000

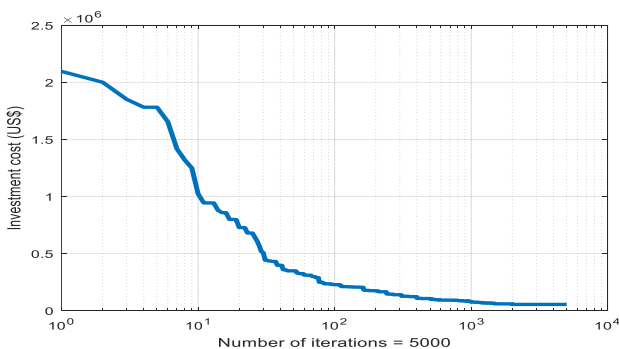
Các kết quả thu được điều có các chi phí đầu tư thu được bằng phương pháp CS đều thấp hơn. Điều này chứng minh rằng phương pháp CS có chất lượng giải pháp tốt hơn.

b. Các bước áp dụng thuật toán tìm kiếm chim tu hú vào TEP và kết quả hệ thống điện miền nam Brazil 46 nút

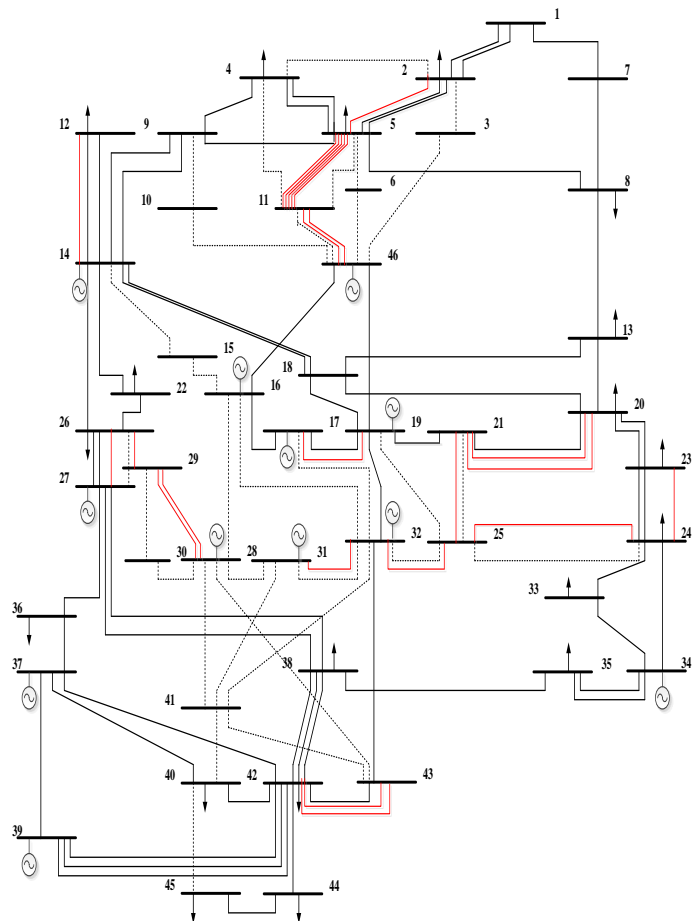
Thuật toán CS để có được giải pháp tối ưu cho mạng điện Brazil 46 nút, có bốn tham số chính phải được xác định trước là số lượng tổ 79, số lần lặp lại tối đa các nhánh liên kết khoảng từ 5000 đối với hệ thống, hệ số phân phối 1,5 và xác suất trúng ngoại lai được phát hiện trong tổ giá trị của nó thay đổi từ 0,7 đến 0,9 với kích thước bước là 0,1.

Bảng 3.7 Kết quả hệ thống quy hoạch mở rộng lưới điện Brazil 46 nút

Từ nút	Đến nút	Đường dây thêm mới	Chi phí (10 ³ \$)	Chi phí đầu tư (10 ³ \$)
2	5	1	2.581	2.581
5	11	5	6.167	30.835
11	46	2	8.178	16.356
12	14	1	5.106	5.106
17	19	1	8.715	8.715
20	21	2	8.178	16.356
23	24	1	5.308	5.308
24	25	1	8.178	8.178
25	32	1	37.109	37.109
26	27	1	5.662	5.662
29	30	2	8.178	16.356
31	32	1	7.052	7.052
42	43	2	8.178	8.178
Tổng chi phí đầu tư (10³\$)				175.970



Hình 3.5 Tổng chi phí đầu tư so với số vòng lặp



Hình 3.6 Hệ thống điện Brazil 46 nút sau khi quy hoạch

Kết quả thống kê thuật toán Tìm kiếm CS được áp dụng giải bài toán TEP về chi phí đầu tư, độ lệch chuẩn thể hiện trong Bảng 3.8. Bên cạnh đó, kết quả của phương pháp còn được so sánh với các phương pháp BF-DEA, GA về chi phí đầu tư được thể hiện trong Bảng 3.9 và so sánh giải thuật HS [28] .

Bảng 3.8 Kết quả tối ưu chi phí đầu tư mạng điện Brazil 46 nút

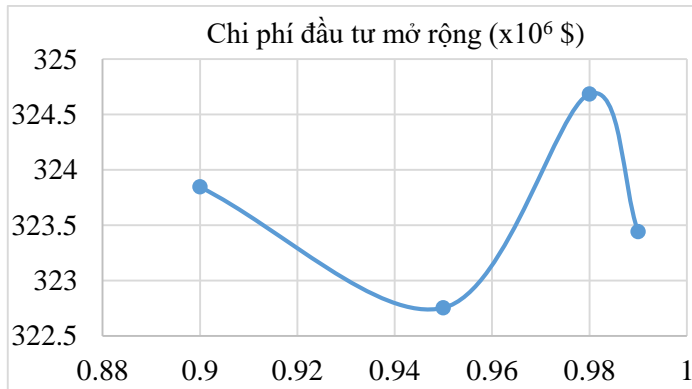
TT	Kết quả quy hoạch	Phương pháp CS
		Chi phí đầu tư ($10^3\$$)
1	Tốt (\$)	175.970.000
2	Trung bình (\$)	175.970.000
3	Xấu (\$)	175.970.000
4	Độ lệch chuẩn	0

Bảng 3.9 So sánh các kết quả các phương pháp được kiểm tra cùng mạng điện Brazil 46 nút

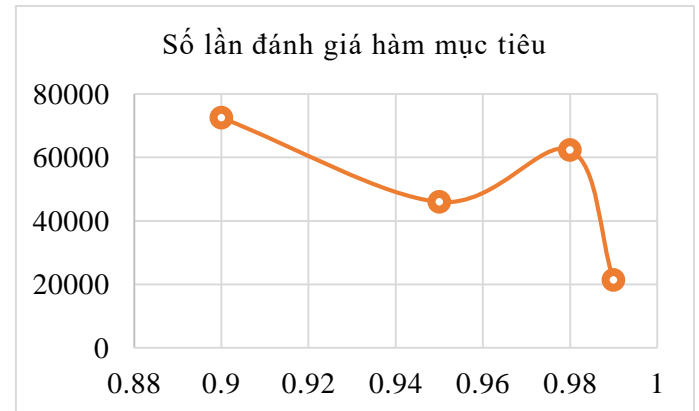
TT	Phương pháp	Số lần đánh giá hàm mục tiêu	Chi phí đầu tư tối ưu ($10^3\$$)
1	HS	$2,40 \cdot 10^5$	337.809.000
2	BF-DEA	$2,98 \cdot 10^5$	361.863.000
3	GA	$2,67 \cdot 10^6$	432.350.000
4	CS	$5,40 \cdot 10^4$	175.970.000

Bảng 3.10 So sánh kết quả của phương pháp HS và CS số cá thể là 50

Phương pháp	HS				CS				
	P_a	0,99	0,98	0,95	0,9	0,99	0,98	0,95	0,9
Chi phí đầu tư mở rộng ($\times 10^6 \$$)		337,809	337,809	337,809	340,679	323,443	324,687	322,755	323,847
Độ lệch chuẩn		21,39	18	15,55	48	19,2	18,7	13,4	36,67
Số lần đánh giá hàm mục tiêu		239.550	96.800	172.600	230.700	21.380	62.242	45.966	72.416



Hình 3.7 Đồ thị thể hiện chi phí mở rộng hệ thống điện của CS số cá thể là 50

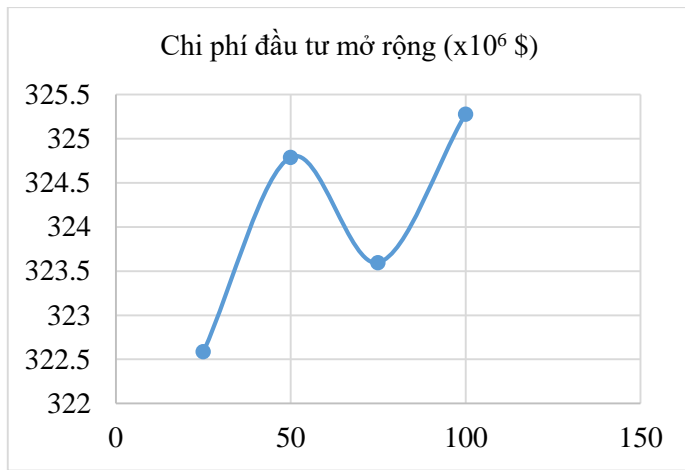


Hình 3.8 Đồ thị thể hiện đánh giá hàm mục tiêu hệ thống điện của CS số cá thể là 50

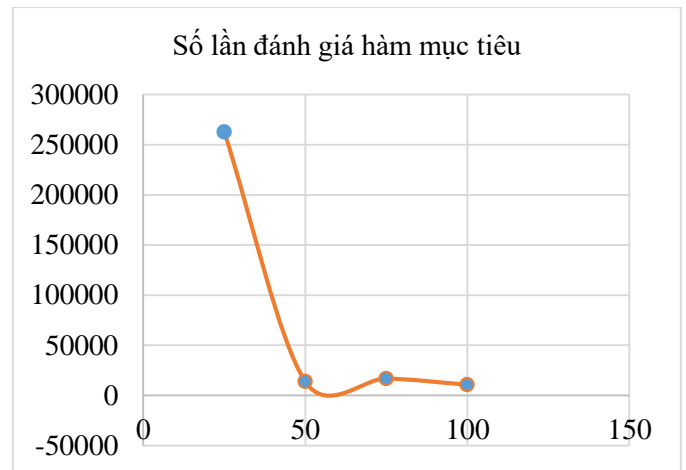
Nghiên cứu này chọn số lượng được thay đổi từ 25 đến 100 cá thể là 50, xác suất tối ưu có giá trị 0,98 cho các bài toán quy hoạch mở rộng lưới điện truyền tải. Kết quả tính toán thuật toán tìm kiếm CS được so sánh giải thuật HS [28]

Bảng 3.11 So sánh kết quả của phương pháp HS và CS với p_a là 0,98

Phương pháp	HS				CS				
	Số cá thể	25	50	75	100	25	50	75	100
Chi phí đầu tư mở rộng ($\times 10^6 \$$)		340,679	337,809	337,809	337,809	322,588	324,791	323,597	325,280
Độ lệch chuẩn		42	18	29,5	17,809	39,5	17,6	25,6	16,2
Số lần đánh giá hàm mục tiêu		79.900	96.800	117.975	155.300	262.996	13.787	16.900	10.620



Hình 3.9 Đồ thị thể hiện chi phí mở rộng hệ thống điện của CS với p_a là 0,98



Hình 3.10 Đồ thị thể hiện đánh giá hàm mục tiêu hệ thống điện của CS với p_a là 0,98

Theo Bảng 3.11 thể hiện so sánh kết quả bốn trường hợp số cá thể 25, 50, 75, 100 cho thấy rằng chi phí đầu tư, độ lệch chuẩn, giá trị hàm thích của phương pháp CS thấp hơn phương pháp HS. Hình 3.9 và Hình 3.10 lần lượt thể hiện số cá thể càng tăng thì chi phí càng tăng, đánh giá hàm thích được giảm khi được xét cùng giá trị xác suất bằng 0,98. Vì vậy, chứng minh được rằng sự hiệu quả của phương pháp CS được xem xét cùng hệ thống điện.

3.5. Kết luận chương 3

Kết quả cho thấy rằng thuật toán CSA và CS áp dụng cho bài toán TEP được đề xuất cung cấp giải pháp đạt tốt hơn trong tất cả các trường hợp với số lần đánh giá hàm mục tiêu.

Phương pháp CSA đã áp dụng giải bài toán TEP chứng minh qua mạng điện chuẩn Garver 6 nút, các kết quả cho chứng minh tính hiệu quả phương pháp CSA tối ưu hơn các phương pháp khác giải cùng mạng điện.

Bên cạnh đó, phương pháp Tìm kiếm CS cũng đã giải bài toán TEP được chứng minh trên các hệ thống mạng điện IEEE 25 nút và Brazil 46 nút các kết quả đạt được chi phí tối thiểu nhất.

Hơn thế nữa, các kết quả tính toán được bằng phương pháp Tìm kiếm CS đã so sánh với nhiều phương pháp khác giải cùng mạng điện cho thấy hiệu quả tối ưu chi phí đầu tư thấp, thời gian tính toán ngắn hơn. Điều này chứng minh rằng phương pháp CSA, CS có chất lượng giải pháp tốt hơn. Phương pháp CSA, CS áp dụng bài toán TEP đã được nghiên cứu, thực hiện và công bố trong công trình số [1], [8] và công trình số [10]. Trong chương 4 trình bày phương pháp MPSO giải bài toán quy hoạch lưới điện phân với hàm đa mục tiêu kế hoạch đầu tư, độ tin cậy và tổn thất hệ thống với nhiều điều kiện ràng buộc.

Chương 4. QUY HOẠCH LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI

4.1. Giới thiệu bài toán

Quy hoạch lưới điện phân phối có hai loại quy hoạch theo quy hoạch kinh nghiệm hiểu biết: quy hoạch ngắn hạn và dài hạn[29-34]. Mục đích của quy hoạch ngắn hạn là đảm bảo rằng hệ thống có thể liên tục cung cấp điện cho khách hàng bằng cách bổ sung hệ thống phân phối để được thực hiện trong tương lai gần.

4.2. Mô hình bài toán

4.2.1 Hàm mục tiêu

a. *Tối thiểu chi phí đầu tư và vận hành*

Chi phí đầu tư và vận hành được xây dựng theo công thức

(4.1) và (4.2) được biểu diễn như sau:

$$Cost_{Investment}(X) = \sum_{t=1}^{N_{Stage}} C_{NPV}^t \left(\sum_{k=1}^{N_B^t} IC_k + \sum_{S=1}^{N_S^t} IC_S + \sum_{dg=1}^{N_D^t} IC_{dg} \right) \quad (4.1)$$

$$Cost_{Operation}(X) = \sum_{t=1}^{N_{Stage}} C_{NPV}^t \left(\sum_{k=1}^{N_B^t} OC_k + \sum_{S=1}^{N_S^t} OC_S + \sum_{dg=1}^{N_D^t} OC_{dg} \right) \quad (4.2)$$

$$F_1(X) = Cost_{investment} + Cost_{Operation} \quad (4.3)$$

b. *Tối thiểu năng lượng không được phân phối*

$$END_i = P_i \sum_{i,j \in V, j \neq i} (U_{j,i} + U'_{j,i}) \quad (4.4)$$

$$END(X) = \sum_{t=1}^{N_{Stage}} \sum_{j=1}^{N_{bus}^t} END_j^t \quad (4.5)$$

$$F_2(X) = END \quad (4.6)$$

d. *Tối thiểu chỉ số ổn định điện áp dựa trên công suất ngắn mạch*

$$S_{sc,j} = \frac{E_{th,j}}{Z_{th,j}} \quad (4.9)$$

$$I_{SCC,j} = \frac{S_{sc \min,j}}{S_{sc}} \quad (4.10)$$

c. *Tối thiểu tổn thất công suất*

$$P_{Loss}(X) = \sum_{t=1}^{N_{Stage}} \sum_{k=1}^{N_{branch}^t} (R_k^t \times |I_k^t|^2) \quad (4.7)$$

$$F_3 = P_{Loss} \quad (4.8)$$

$$F_4 = \sum_{t=1}^{N_{Stage}} \frac{1}{N_{bus}^t} \sum_{i=1}^{N_{bus}^t} I_{SCC,i}^t \quad (4.11)$$

$$v_j^{\min} \leq v_j \leq v_j^{\max} \quad (4.12)$$

$$PF_k \leq PF_k^{\max} \quad (4.13)$$

Cấu trúc của hệ thống phân phối nên được bố trí hình tia do sơ đồ bảo vệ đơn giản của mạng phân phối. Với mục đích này, ma trận tỷ lệ nhánh - thanh cái được sử dụng để kiểm tra cấu trúc của mạng.

4.2.2. Các ràng buộc

a. *Giới hạn điện áp tại nút*

$$v_j^{\min} \leq v_j \leq v_j^{\max} \quad (4.14)$$

b. *Phân bố công suất truyền tải của các nhánh*

$$PF_k \leq PF_k^{\max} \quad (4.15)$$

c. *Công suất phát của nguồn phát phân tán*

$$P_{dg} \leq P_{dg}^{\max} \quad (4.16)$$

d. *Cấu trúc hình tia của lưới điện phân phối*

Cấu trúc của lưới điện phân phối nên được bố trí hình tia do sơ đồ bảo vệ của lưới điện phân phối đơn giản. Với mục đích này, ma trận nhánh – nút được sử dụng để kiểm tra cấu trúc của mạng. Ma trận nhánh – nút của A là ma trận $N_{branch} \times N_{bus}$ trong đó hàng thứ k tương ứng với nhánh k trong mạng và cột thứ j của ma trận tương ứng với thanh cái j trong hệ thống điều này có một nhánh rời khỏi nút. Ma trận nhánh – nút được tính như sau:

Nếu nhánh k (tương ứng với hàng thứ k) rời khỏi nút thứ j (tương ứng với cột thứ j) thì phần tử ma trận (a_{kj}) bằng 1.

- Nếu nhánh thứ k (tương ứng với hàng thứ k) liên kết tới nút thứ j (tương ứng với cột thứ j) thì phần tử ma trận (a_{kj}) sẽ là -1 .
- Tất cả các trường hợp còn lại sẽ bằng 0 .
- Khi số nút nhiều hơn số nhánh trong lưới điện phân phối hình tia, cột đầu tiên của ma trận nhánh – nút nên được xóa để có một ma trận vuông A' .
- Nếu các yếu tố quyết định của ma trận nhánh – nút A' là 1 hoặc -1 , đồ thị của lưới điện sẽ được hình tia.

4.3. Áp dụng phương pháp thông minh nhân tạo

4.3.1. Thuật toán PSO

Trong thuật toán PSO ban đầu, mỗi phần tử riêng lẻ được gọi là "vị trí của cá thể" và có thể chuyển động trong không gian đa chiều. Thuật toán dựa trên mô phỏng các hoạt động tìm kiếm nguồn thức ăn của một đàn chim [30].

4.3.2. Thuật toán PSO cải tiến

a. Thuật toán PSO cải tiến

$$v_i^{iter+1} = k. [\omega. v_i^{iter} + c_1. rand(). (x_i^{best} - x_i^{iter}) + c_2. rand(). (x^{Gbest} - x_i^{iter})] \quad (4.17)$$

$$x_i^{iter+1} = x_i^{iter} + v_i^{iter+1} \quad (4.18)$$

b. Chiến lược đa mục tiêu

$$\forall m \in \{1, 2, \dots, N_{Obj}\}, F_m(X_1) \leq F_m(X_2), \quad (4.19)$$

$$\exists n \in \{1, 2, \dots, N_{Obj}\}, F_n(X_1) < F_n(X_2), \quad (4.20)$$

$$\mu_{F_m}(X) = \begin{cases} 1 & , F_m(X) \leq F_m^{min} \\ 0 & , F_m(X) \geq F_m^{max} \\ \frac{F_m^{max} - F_m(X)}{F_m^{max} - F_m^{min}} & , F_m^{min} \leq F_m(X) \leq F_m^{max} \end{cases} \quad m = 1, 2, \dots, N_{Obj} \quad (4.21)$$

$$N_\mu(i) = \frac{\sum_{m=1}^{N_{Obj}} w_m \times \mu_{F_m}(X_i)}{\sum_{i=1}^{N_{rep}} \sum_{m=1}^{N_{Obj}} w_m \times \mu_{F_m}(X_i)} \quad (4.22)$$

4.4. Kết quả tính toán và thảo luận

Nghiên cứu vấn đề đa mục tiêu quy hoạch mở rộng lưới điện phân phối có xét đến nguồn phát phân tán được áp dụng cho hệ thống phân phối gồm 2 nguồn cung cấp, 32 thanh cái, 5 nhánh, 5 dây chuyển mạch, 32 thiết bị chuyển mạch [34]. Hệ thống này ban đầu có một trạm biến áp với công suất 2.600 kW có thể nâng cấp lên tới 4.355 kW. Ngoài ra, nó còn chứa 15 nhánh có thể nâng cấp và 12 tuyến để lắp đặt các nhánh mới đã được liệt kê trong Bảng 4.1.

Bảng 4.1 Thông số các nhánh liên kết mới

Số nhánh mới	Từ thanh cái	Đến thanh cái	R (Ω)	X (Ω)	U (giờ/năm)	U' (giờ/năm)
1	19	34	0,1	0,2	0,5	0,08
2	20	34	0,15	0,2	0,7	0,07
3	21	34	0,1	0,3	0,9	0,05
4	22	34	0,2	0,25	1	0,05
5	23	35	0,1	0,2	0,6	0,02
6	24	35	0,1	0,3	0,8	0,04
7	25	35	0,15	0,2	0,7	0,01
8	26	35	0,2	0,25	0,1	0,05

9	21	36	0,2	0,25	1	0,07
10	22	36	0,1	0,2	1	0,07
11	23	36	0,1	0,3	1	0,04
12	24	36	0,15	0,2	0,8	0,03

Bảng 4.2 Thông tin nhu cầu của các thanh cái mới

Số thanh cái mới	Nhu cầu công suất tác dụng (kW)	Nhu cầu công suất phản kháng (kVAr)
34	300	250
35	100	30
36	200	80

Bảng 4.3 Giá trị hàm mục tiêu trong tất cả các trường hợp

Trường hợp	Số trường hợp phụ	Trọng số				F ₁ (\$)	F ₂ (kWh/năm)	F ₃ (kW)	F ₄ (pu)
		w ₁	w ₂	w ₃	w ₄				

Trường hợp I		-	-	-	-	12254	48527	432,5161	0,009
Trường hợp II		-	-	-	-	149308	13290,3	151,3026	0,0088
Trường hợp III		-	-	-	-	155806	15846	95,49416	0,0088
Trường hợp IV		-	-	-	-	90576	30148	200,1479	0,008496
Trường hợp V	1	0,33	0,33	0,33	-	33879	46063,98	373,5442	-
	2	0,2	0,4	0,4	-	30633	46093,13	362,3144	-
	3	0,4	0,2	0,4	-	42360	41248,43	250,3062	-
	4	0,4	0,4	0,2	-	37998	42670,78	322,403	-
Trường hợp VI	1	0,33	-	0,33	0,33	105364	-	174,8745	0,009013
	2	0,2	-	0,4	0,4	105364	-	174,8745	0,009013
	3	0,4	-	0,2	0,4	105364	-	174,8745	0,009013
	4	0,4	-	0,4	0,2	105364	-	174,8745	0,009013
Trường hợp VII	1	-	0,33	0,33	0,33	-	31545,28	187,5481	0,00864
	2	-	0,2	0,4	0,4	-	30746,8	186,3287	0,008646
	3	-	0,4	0,2	0,4	-	27239,08	158,1417	0,008741
	4	-	0,4	0,4	0,2	-	31545,28	187,5481	0,00864
Trường hợp VIII	1	0,33	0,33	-	0,33	46578	43919,7	-	0,009134
	2	0,2	0,4	-	0,4	46578	43919,7	-	0,009134
	3	0,4	0,2	-	0,4	83201	30970	-	0,009091
	4	0,4	0,4	-	0,2	50325	48861,78	-	0,008934
Trường hợp IX	1	0,25	0,25	0,25	0,25	108885	47032,6	146,4991	0,008831
	2	0,1	0,3	0,3	0,3	111264	41338,4	141,6119	0,008835
	3	0,3	0,1	0,3	0,3	105984	30993,68	166,3473	0,008925
	4	0,3	0,3	0,1	0,3	105984	30993,68	166,3473	0,008925
	5	0,3	0,3	0,3	0,1	108885	47032,6	146,4991	0,008831

- Các mục tiêu F1 và F3 có cùng giá trị xấp xỉ. Do đó, nghiên cứu này có thể được xem xét từ kết quả của các trường hợp I, III và VII của Bảng 4.3. Trong trường hợp I và III khi mỗi F2 hoặc F3 được tối thiểu hóa từng vị trí; trường hợp còn lại cũng đang gần với giá trị tối thiểu. Trong trường hợp VII, các hệ số khác nhau cho F2 và F3 không làm thay đổi đáng kể các giải pháp thu được. Chính vì vậy, các giá trị hàm mục tiêu này là tương đương nhau.

- Các giá trị hàm mục tiêu F1 và F2 là các hàm mục tiêu đối lập nhau. Thật vậy, trong khi sản lượng lưới điện của các DG giảm, chi phí I & O đã giảm nhưng END đã được tăng lên được chứng minh các trường hợp I, II, V-2, V-3, VIII-2 và VIII-3 theo Bảng 4.3

- Các giá trị hàm mục tiêu F1 và F3 là các hàm mục tiêu đối lập nhau. Thật vậy, trong khi sản lượng lưới điện của các DG được tăng lên, chi phí I & O đã tăng lên nhưng tổn thất công suất giảm được chứng minh các trường hợp I, III, V-2 và V-4 theo Bảng 4.3.

- Giá trị của hàm mục tiêu F2 đối lập với giá trị của hàm mục tiêu F4. Để giảm thiểu END, các DG nên tạo ra công suất tác dụng nhiều hơn. Do đó, chỉ số ổn định điện áp (VSI) sẽ được tăng lên được chứng minh trong các trường hợp II, IV, VIII-3 và VIII-4 theo Bảng 4.3.

- Chỉ số ổn định điện áp có giá trị nhỏ trong mọi trường hợp. Do đó, trường hợp V-1 có sự trao đổi phù hợp giữa tất cả các hàm mục tiêu.

Bảng 4.4 Tối ưu hóa công suất của nguồn phát phân tán

trong trường hợp $w_1 = w_2 = w_3 = 0,33$ và $w_4 = 0$

Giai đoạn	Thanh cái 18	Thanh cái 32	Thanh cái 33
1	210	180	120
2	210	180	80
3	210	180	30

Công suất phân phối nguồn phát (kW)

Bảng 4.3 Kết quả phân tích độ tin cậy

Hệ số U và U'	Số nút thêm vào	Tổng dung lượng DG	END (kWh/năm)	Tổn thất công suất (kW)
0,6	10	0	28077	342
0,8	9	0	36875	362

0,9	14	0	41613	316
1	14	330	46064	374
1,1	8	660	46963	308
1,2	6	990	49411	374
1,4	11	330	597391	322

Kết quả đánh giá ảnh hưởng của các thông số độ tin cậy đến kết quả MDEP, bài toán tối ưu hóa đã được nghiên cứu với các giá trị khác nhau của U và U' . Vì vậy, các giá trị của U và U' đã được nhân với các hệ số 0,6, 0,8, 0,9, 1, 1,1, 1,2 và 1,4 cho trường hợp bài toán tối ưu hóa đa mục tiêu với các giá trị trọng số bằng nhau cho các hàm mục tiêu ($w_1 = w_2 = w_3 = 0,33$). Kết quả mô phỏng END và các giá trị chi phí có liên quan trực tiếp đến các yếu tố U và U' . Theo công thức (4.15), giá trị mất điện U và U' không liên quan đến nhau. Tuy nhiên, do các hàm mục tiêu đã được tối ưu hóa với giá trị trọng số như nhau, nên sự thay đổi trong các hàm mục tiêu của chi phí và tổn thất điện năng là phù hợp. Bảng 4.5 đã thể hiện các giá trị hàm mục tiêu, dung lượng công suất lắp đặt DG và số lượng đường dây nối lại cho mỗi giá trị U và U' .

Bảng 4.6 Giá trị GD, SP và DM cho các thuật toán tối ưu khác nhau trong 2 & 3 chiều mặt trước Pareto

Thuật toán	MPSO			PSO			GA		
	GD	SP	DM	GD	SP	DM	GD	SP	DM
Cost-Loss	0,0022	0,0153	$3,36 \cdot 10^{14}$	0,0037	0,0218	$3,33 \cdot 10^{14}$	0,0082	0,0279	$5,49 \cdot 10^{13}$
Cost-END	0,0168	0,0822	$1,20 \cdot 10^{14}$	0,0109	0,0461	$4,25 \cdot 10^{13}$	0,0129	0,053	$3,61 \cdot 10^{13}$
Cost-VSI	0,0352	0,1152	$1,95 \cdot 10^{13}$	0,0381	0,0992	$1,05 \cdot 10^{13}$	0,2683	0,3678	$5,10 \cdot 10^{12}$
Cost-END-Loss	$4,75 \cdot 10^{-4}$	0,0064	$6,50 \cdot 10^{14}$	0,0049	0,0241	$1,97 \cdot 10^{13}$	0,0052	0,021	$1,84 \cdot 10^{13}$
Cost-END-VSI	0,0039	0,0168	$1,06 \cdot 10^{14}$	0,0068	0,0225	$4,05 \cdot 10^{13}$	0,0121	0,0225	$3,17 \cdot 10^{13}$
Cost-Loss-VSI	0,0027	0,0113	$8,81 \cdot 10^{13}$	0,0036	0,0242	$1,03 \cdot 10^{14}$	0,0039	0,0228	$8,59 \cdot 10^{13}$
END-Loss-VSI	0,0382	0,0830	$7,44 \cdot 10^7$	0,3057	0,5257	$7,30 \cdot 10^7$	0,4005	0,5787	$4,13 \cdot 10^6$

Trong Bảng 4.6. thể hiện thuật toán MPSO thu được hiệu suất Pareto tốt hơn so với các thuật toán PSO, GA. Điều này là do hầu hết các giá trị SP và GD của thuật toán MPSO thấp hơn các giá trị thu được từ các thuật toán PSO, GA. Hơn thế nữa, các giá trị của số liệu DM của thuật toán MPSO lớn hơn các giá trị thu được bởi các thuật toán PSO, GA, chứng minh rằng hiệu suất Pareto thu được bởi thuật toán MPSO tối ưu hơn.

4.5. Kết luận chương 4

Chương 4 nghiên cứu nâng cao độ tin cậy và mức độ ổn định điện áp của lưới điện phân phối, chỉ số độ tin cậy và chỉ số chỉ số ổn định điện áp dựa trên SCC đã được đưa vào bài toán MDEP. Theo đó, trong MDEP được đề xuất, END tổn thất điện năng tác dụng và VSI đã được chọn làm các hàm mục tiêu để tối ưu hóa. Phương pháp Fuzzy đã được sử dụng từ các giải pháp Pareto thu được.

Phương pháp được đề xuất có thể phù hợp với các mục tiêu đối lập của bài toán MDEP theo cách giúp giải quyết các bài toán của quy hoạch hệ thống về độ tin cậy và an toàn của lưới phân phối.

Ngoài ra, nghiên cứu này đã cho thấy tính hiệu quả của MPSO được đề xuất trong việc tạo ra các giải pháp Pareto tối ưu một cách hiệu quả. Trong chương 5 trình bày các kết quả đạt được các phương pháp đề xuất khi áp dụng vào giải bài toán quy hoạch lưới điện truyền tải và lưới điện phân phối, đề xuất hướng phát triển phương pháp mới trong quy hoạch mở rộng lưới điện thỏa điều kiện kinh tế - kỹ thuật.

Chương 5: KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

5.1. Kết luận

Trong luận án này, nghiên cứu xây dựng mới các thuật toán giải bài toán quy hoạch mở rộng lưới điện truyền tải, lưới điện phân phối hiện nay đã giải quyết nhanh và chính xác.

- Nghiên cứu áp dụng các thuật toán cận biên và nhánh để giải bài toán quy hoạch và mở rộng hệ thống truyền tải có ràng buộc về chuẩn độ tin cậy và độ dự trữ vào lưới điện thực ở ĐBSCL. Hơn thế nữa, nghiên cứu đã áp dụng các thuật toán cận biên và nhánh để giải bài toán quy hoạch và mở rộng hệ thống truyền tải có ràng buộc về chuẩn độ tin cậy vào lưới điện thực ở tỉnh Bến Tre thuộc khu vực ĐBSCL và đã giải bài toán quy hoạch mở rộng lưới điện có ràng buộc chuẩn độ tin cậy và độ dự trữ vào lưới điện thực Hậu Giang thuộc khu vực ĐBSCL.

- Thuật toán tìm kiếm CSA áp dụng cho bài toán quy hoạch ở các mạng điện chuẩn Garver 6 nút; Kết quả đã so sánh chi phí đầu tư, độ lệch chuẩn, thời gian tính toán với các phương pháp GA, TS cho thấy được hiệu quả của phương pháp đạt được giá trị tối ưu hơn.

- Thuật toán tìm kiếm CS áp dụng cho bài toán quy hoạch mở rộng lưới điện truyền tải được chứng minh trên mạng điện chuẩn IEEE 25 nút; mạng điện miền nam Brazil 46 nút.; Kết quả đã thu được chi phí đầu tư, độ lệch chuẩn có giá trị tối ưu.

- Quy hoạch tối ưu lưới điện phân phối dài hạn với nguồn phát phân tán được áp dụng cho hệ thống phân phối hình tia 32 nút. Quy hoạch lưới điện phân phối từ phương pháp tiếp cận heuristic đề xuất được so sánh với mô hình thu được bằng cách sử dụng mô hình tối ưu đầy đủ cùng một lưới điện phân phối.

Tóm lại, luận án tập trung nghiên cứu chỉ tập trung nghiên cứu giải bài toán quy hoạch mở rộng lưới điện truyền tải xét đến độ tin cậy, xây dựng được phương pháp thông minh nhân tạo mới được áp dụng bài toán quy hoạch lưới điện truyền tải DC, và giải bài toán quy hoạch lưới điện phân phối. Điểm mạnh của phương pháp CS, CSA được áp dụng là ít nguồn dữ liệu đầu vào, có nhiều điều kiện ràng buộc, tìm được các vị trí cần đầu tư mở rộng và giải được bài toán quy hoạch hệ thống truyền tải với hệ thống điện phức tạp. Các kết quả được so sánh với các phương pháp khác đã được áp dụng để chứng minh rằng kết quả các giải pháp tìm đạt được độ tin cậy cao.

5.2. Hướng phát triển

Các kết quả giải quyết bài toán quy hoạch lưới điện truyền tải thực tế sử dụng dụng phương pháp cận biên và nhánh. Nghiên cứu sẽ sử dụng thuật toán CS, CSA giải quyết bài toán quy hoạch lưới điện truyền tải ở khu vực ĐBSCL kết quả tính sẽ được xem xét Đề án phát triển điện lực quốc gia thời kỳ 2021 - 2030 tầm nhìn đến 2050.

- Áp dụng thuật toán CS, CSA để giải quyết bài toán quy hoạch lưới điện trên cùng các hệ thống điện nhằm có thể so sánh được hiệu quả của hai thuật toán.

- Xây dựng mới thuật toán CS, CSA giải bài toán quy hoạch mở rộng lưới điện truyền tải, xem xét thêm điều kiện thêm vào nguồn phát từ năng lượng tái tạo.

- Quy hoạch tối ưu lưới điện phân phối dài hạn với nguồn phát phân tán sẽ được áp dụng cho hệ thống phân phối hình tia sử dụng thuật toán MPSO đề xuất và kết quả sẽ được so sánh với mô hình thu được bằng cách sử dụng mô hình tối ưu cùng một lưới điện phân phối.

Từ các hướng phát nghiên cứu trên, các kết quả nghiên cứu được dự kiến sẽ công bố trên các tạp chí khoa học uy tín trong và ngoài nước.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Reza Hemmati, Rahmat-Allah Hooshmand and Amin Khodabakhshian, “*State-of-the-art of transmission exPansion planning: Comprehensive review*” *Renew Sustainable Energy Rev.*, vol 23, March 2013, pp.312–319.
- [2]. Rider, M. J., A. V. Garcia, and R. Romero. "*Transmission system exPansion planning by a branch-and-bound algorithm.*" *IET Gener. Transm. Distrib.*, 2.1 (2008): 90-99.
- [3]. Zoppei, Reinaldo T., et al. "*A Branch and Bound Algorithm for Transmission Network Expansion Planning Using Nonconvex Mixed-Integer Nonlinear Programming Models.*" *IEEE Access* 10 (2022): 39875-39888.
- [4]. Sousa, Aldir S., and Eduardo N. Asada. "*A Heuristic method based on the branch and cut algorithm to the transmission system exPansion planning problem.*" *Power and Energy Society General Meeting, 2011 IEEE.*
- [5]. Kang, S., Tran, T., Park, J., Cha, J., Park, D., & Billinton, R. (2004). “*The best line choice for transmission system expansion planning on the side of the highest reliability level.*” *KIEE International Transactions on Power Engineering*, 4(2), 84-90.
- [6]. Truongtin, T., Dong-Hoon, J., Jin-Boo, C., Robert, T., & Roy, B. (2005).”*A study on optimal reliability criterion determination for transmission system expansion planning.*” *KIEE International transactions on power engineering*, 5(1), 62-69.
- [7]. Choi, Jaeseok, et al. "*A method for transmission system exPansion planning considering probabilistic reliability criteria.*" *IEEE Transactions on Power Systems* 20.3 (2005): 1606-1615.
- [8]. Haryono, T. "*Novel binary PSO algorithm based optimization of transmission exPansion planning considering power losses.*" *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 128. No. 1. IOP Publishing, 2016.
- [9]. Garcés, Lina, and Rubén Romero. "*Specialized genetic algorithm for transmission network exPansion planning considering reliability.*" *Intelligent System Applications to Power Systems, 2009. ISAP'09. 15th International Conference on*. IEEE, 2009.
- [10]. Alaei, S., et al (2016). “*Stochastic transmission exPansion planning incorporating reliability solved using SFLA meta-heuristic optimization technique.*” *CSEE Journal of Power and Energy Systems*, 2(2), 79-86.
- [11]. da Silva, A. M. L., Rezende, L. S., da Fonseca Manso, L. A., & de Resende, L. C. (2010). *Reliability worth applied to transmission expansion planning based on ant colony system*. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 32(10), 1077-1084.
- [12]. Alhamrouni, Ibrahim, et al. "*Transmission exPansion planning using AC-based differential evolution algorithm.*" *IET Gener. Transm. Distrib.*, 8.10(2014):1637-1644.
- [13]. Leeprechanon, N., Limsakul, P., & Pothiya, S. (2010). “*Optimal transmission exPansion planning using ant colony optimization.*” *Journal of Sustainable Energy & Environment*, 1(2), 71-76.
- [14]. Yoshimoto, Katsuhisa, Keiichiro Yasuda, and Ryuichi Yokoyama. "*Transmission exPansion planning using neuro-computing hybridized with genetic algorithm.*" *Evolutionary Computation*, 1995., Vol. 1. IEEE, 1995.
- [15]. Rathore, Chandrakant, et al. "*Artificial Bee Colony Algorithm based static transmission exPansion planning.*" *Energy Efficient Technologies for Sustainability (ICEETS), 2013 International Conference on*. IEEE, 2013.
- [16]. Georgilakis, Pavlos S. "*Market-based transmission exPansion planning by improved differential evolution.*" *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, 32.5 (2010): 450-456.

- [17]. Eghbal, Mehdi, TaPan Kumar Saha, and Kazi Nazmul Hasan. "Transmission expansion planning by meta-heuristic techniques: a comparison of shuffled frog leaping algorithm, PSO and GA." Power and energy society general meeting, 2011 IEEE.
- [18]. Abdelaziz, Ahmd R. "Genetic algorithm-based power transmission expansion planning." Electronics, Circuits and Systems, 2000. ICECS 2000. The 7th IEEE International Conference on. Vol. 2. IEEE, 2000.
- [19]. Gallego, R. A., A. Monticelli, and R. Romero. "Transmission system expansion planning by an extended genetic algorithm." IEE Proc.-Gener. Transm. Distrib., 145.3 (1998): 329-335.
- [20]. Sadegheih, A., and P. R. Drake. "System network planning expansion using mathematical programming, genetic algorithms and tabu search." Energy Conv. Mana. 49.6(2008):1557-1566.
- [21]. Gallego, et al. "Tabu search algorithm for network synthesis." IEEE Trans. Power Syst 15.2 (2000): 490-495.
- [22]. Romero, R., and A. Monticelli. "A zero-one implicit enumeration method for optimizing investments in transmission expansion planning." IEEE Trans. Power Syst 9.3 (1994): 1385-1391.
- [23]. Kavitha, D., and K. Shanti Swarup. "Transmission expansion planning using LP-based Particle swarm optimization." Power India Conference, 2006 IEEE.
- [24]. Gallego, Luis A., et al. "High-performance hybrid genetic algorithm to solve transmission network expansion planning." IET Generation, Transmission & Distribution 11.5 (2016): 1111-1118.
- [25]. López, Jaime Andrés López, Jesús María López-Lezama, and Nicolás Muñoz-Galeano. "A Hybrid Genetic Algorithm Applied to the Transmission Network Expansion Planning Considering Non-conventional Solution Candidates." Journal of Applied Science and Engineering 22.3 (2019): 569-578.
- [26]. Yang, X.-S., Deb, S.: "Cuckoo search via Lévy flights". Proc. World Congress on Nature and Biologically Inspired Computing (NaBIC 2009), India, 2009, pp. 210–214.
- [27]. Askarzadeh, Alireza. "A novel metaheuristic method for solving constrained engineering optimization problems: crow search algorithm." Computers & Structures 169 (2016): 1-12.
- [28]. Verma, A., B. K. Panigrahi, and P. R. Bijwe. "Harmony search algorithm for transmission network expansion planning." IET Gener. Transm. Distrib., 4.6 (2010): 663-673.
- [29]. Guo, C.X., Cao, Y.J., "An improved particle swarm optimization algorithm for optimal reactive power dispatch", Power Engineering Society General Meeting,(1), pp272 – 279, 2005.
- [30]. Aghaei, Jamshid, et al. "Distribution expansion planning considering reliability and security of energy using modified PSO (Particle Swarm Optimization) algorithm." Energy 65 (2014): 398-411.
- [31]. S. Wong, K. Bhattacharya and J. D. Fuller, "Electric power distribution system design and planning in a deregulated environment." IET Generation Transmission and Distribution, vol. 3, pp. 1061-1078, 2009.
- [32]. Bin Humayd, Abdullah. "Distribution system planning with distributed generation: Optimal versus heuristic approach." MS thesis. University of Waterloo, 2011.
- [33]. Chuang, H. J., Tsai, et al. (2014). *Optimal expansion planning of distribution substations using loading gravity with genetic algorithm*. In Proceedings of the 2nd International Conference on Intelligent Technologies and Engineering Systems (ICITES2013) (pp. 11-18). Springer International Publishing.
- [34]. Nayeripour, M., Hasanvand, S., & Fallahzadeh-Abarghouei, H. (2016). "Optimal expansion planning of distribution system capacity with respect to distributed generations." International Journal of Renewable Energy Research (IJRER), 6(3), 817-824.