

A MATHEMATICAL MODEL TO OPTIMIZE THE LOCATION PLANNING OF FUTURE WATER SUPPLY FACTORIES IN CAN THO CITY AND NEIGHBOR DISTRICTS WITH MAINTAINING PRESENT ACCESSIBILITY

Ta Phuong Thao, Huynh Van Canh, Vo Vu Luan, Nguyen Thang Loi*

Can Tho University

ARTICLE INFO		ABSTRACT
Received:	24/4/2021	Environmental pollution and the increasing complexity in migration have put a lot of pressure on the planning of domestic water supply systems in the big cities. With the desire of building a highly reliable scientific base in future water supply network decision-making, this paper proposes a two-step approach with a minimum number of future domestic water supply facilities and planning the location of future water plants with maintaining present accessibility. A combination of the Shortest Path, k-median and the population forecasting model will be implemented with data that is collected from the Can Tho city and neighboring districts. The results have showed a water distribution network configuration supports to against the population explosion in the future.
Revised:	20/7/2021	
Published:	21/7/2021	
KEYWORDS		
Facility location		
Linear programming		
Population forecast		
Accessibility		
K-median		

XÂY DỰNG MÔ HÌNH TOÁN ĐỂ TỐI ƯU HOÁ HOẠT ĐỘNG HOẠCH ĐỊNH VỊ TRÍ CÁC NHÀ MÁY CUNG CẤP NƯỚC TRONG TƯƠNG LAI TẠI THÀNH PHỐ CẦN THƠ VÀ CÁC HUYỆN LÂN CẬN VỚI VIỆC DUY TRÌ KHẢ NĂNG TIẾP CẬN HIỆN TẠI

Tạ Phương Thảo, Huỳnh Văn Cảnh, Võ Vũ Luân, Nguyễn Thắng Lợi*

Trường Đại học Cần Thơ

THÔNG TIN BÀI BÁO		TÓM TẮT
Ngày nhận bài:	24/4/2021	Ô nhiễm môi trường và các diễn biến ngày càng phức tạp trong vấn đề di cư đã tạo nhiều áp lực lên công tác hoạch định hệ thống cung cấp nước sinh hoạt tại các địa phương, đặc biệt là các thành phố lớn. Với mong muốn xây dựng một cơ sở khoa học có độ tin cậy cao trong quá trình ra quyết định về mạng lưới cung cấp nước trong tương lai, bài báo này đề xuất một quy trình hai bước với mục đích tối thiểu số lượng các cơ sở cung cấp nước sinh hoạt trong tương lai và hoạch định vị trí các nhà máy cung cấp nước trong tương lai với việc duy trì khả năng tiếp cận hiện tại. Một sự kết hợp giữa mô hình toán tìm đường đi ngắn nhất (Shortest Path), thuật toán phân cụm (k-median) và mô hình dự báo về dân số sẽ được thực hiện với các dữ liệu được thu thập từ địa bàn Cần Thơ và các huyện lân cận. Kết quả đã tạo ra một cấu hình mạng lưới phân phối nước sạch giúp phản ứng linh hoạt với sự bùng nổ dân số có thể phát sinh trong tương lai.
Ngày hoàn thiện:	20/7/2021	
Ngày đăng:	21/7/2021	
TỪ KHÓA		
Vị trí cơ sở		
Mô hình tuyến tính		
Dự báo dân số		
Khả năng tiếp cận		
K-median		

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.4429>

* Corresponding author. Email: ntloi@ctu.edu.vn

1. Giới thiệu

Ngày nay, để đảm bảo ổn định công tác sản xuất kinh doanh và phục vụ cung cấp nước sạch cho các doanh nghiệp lớn nhỏ, hộ dân thì việc hoạch định và ra quyết định vị trí của một cơ sở công cộng hay xác định địa điểm mới của một cơ sở công cộng được nghiên cứu. Nói cách khác, việc thiết kế mạng lưới chuỗi cung ứng nhằm đạt được tính tối ưu đã và đang được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm. Chính vì thế, thách thức đặt ra là làm thế nào để xây dựng được một mạng lưới hệ thống các nhà máy nước để có thể đáp ứng được nhu cầu của khách hàng, mang lại hiệu quả cao nhất với chi phí thấp nhất.

Thời gian gần đây, các mô hình tối ưu mạng lưới chuỗi cung ứng khép kín và logistics ngược cũng đã được mở rộng và phát triển trong các nghiên cứu như: Daskin và cộng sự (2012) [1] đã nghiên cứu quy hoạch vị trí cơ sở công cộng nhằm giảm thiểu được chi phí và có đạt được hiệu quả. Miralinaghi và cộng sự (2017) [2] đã nghiên cứu để giải quyết mô hình lập kế hoạch tập trung mạnh mẽ có thể dẫn đến thiết kế đáng tin cậy hơn so với kế hoạch danh nghĩa, mô hình này được giải quyết bằng thuật toán di truyền tính toán hiệu quả. Các tác giả đã đạt được thành công trong việc giải quyết bài toán hoạch định vị trí mới của các cơ sở. Zhaomiao và cộng sự (2016) [3] đã thiết lập các phương pháp mô hình hóa và tính toán để hỗ trợ vấn đề lập kế hoạch đầu tư cơ sở hạ tầng EV do doanh nghiệp điều hành, trong đó hệ thống cơ sở hạ tầng được hình thành bởi các hành động tập thể của nhiều thực thể quyết định không nhất thiết phải phối hợp với nhau. Yawei và cộng sự (2019) [4] có một cách tiếp cận mới để xác định vị trí của các trạm sạc BEV trong khu vực đô thị được đề xuất. Cách tiếp cận dựa trên phân tích chi tiết về nhu cầu sạc BEV, bảo hiểm tính phí và tiềm năng áp dụng, cũng như trên một loại mô hình phân bổ vị trí sáng tạo. Sự hữu ích của phương pháp này được thể hiện đối với một tập hợp các trường hợp giả thuyết sao chép các thành phần thiết yếu của các vấn đề về vị trí trạm sạc trong thế giới thực. Theo Geurs và cộng sự (2004) [5], khả năng tiếp cận được đo chính xác là khoảng cách từ điểm cầu đến cơ sở đó. Phép đo khả năng tiếp cận là một trong những phép đo điển hình, là tổng khoảng cách có trọng số được tính bằng cách cộng từ mỗi điểm cầu đến cơ sở gần nhất của nó theo nghiên cứu của Rahman và Smith (2000) [6]. Bằng cách sử dụng phép đo này, cơ sở có xu hướng nằm trong những khu vực mật độ có dân số cao. Nguyễn Thắng Lợi và cộng sự (2019) [7] đã nghiên cứu xây dựng mô hình toán về vấn đề tối ưu hóa cấu hình mạng lưới chuỗi cung ứng khép kín. Để giải quyết vấn đề đặt ra, một mô hình tuyến tính nguyên kết hợp (Mixed-Integer Linear Programming - MILP) được đề xuất. Một nghiên cứu cụ thể về các sản phẩm hộp mực sử dụng trong máy in hoặc máy photocopy cho các cơ quan và trường thành phố Cần Thơ cũng như các huyện lân cận được tiến hành để kiểm tra tính linh hoạt và hiệu quả của các mô hình vào các tình huống thực tế. Kết quả hiển thị một cấu hình chuỗi cung ứng bao gồm các nhà cung ứng, nhà sản xuất ngoài, nhà máy và các trung tâm như: trung tâm phân phối, trung tâm tái chế và trung tâm thu gom. Thông qua các nghiên cứu được đề cập, các tác giả vẫn chưa xem xét các biến động theo thời gian của các tham số và các số liệu còn mang tính chất kiểm chứng, không được thu thập từ thực tế. Các vấn đề sẽ được giải quyết trong bài báo này.

Bài báo này được thực hiện với mong muốn hoạch định được hệ thống các nhà máy cung cấp nước hiệu quả tối ưu. Với mục tiêu này, một mô hình lập trình tuyến tính và 2 mô hình được trình bày để giảm thiểu tổng chi phí trước khi kết hợp với bộ số liệu được thu thập từ thực tế. Kết quả thu được là một trường hợp điển hình trên địa bàn thành phố Cần Thơ và các huyện lân cận.

Nội dung được trình bày tiếp theo là phương pháp nghiên cứu. Các kết quả và bàn luận sẽ giúp vấn đề trình bày được rõ ràng hơn. Cuối cùng là nội dung kết luận và hướng mở rộng có thể được thực hiện tiếp theo bài báo này.

2. Phương pháp nghiên cứu

Trong bài báo này, phương pháp số, mô hình toán học tối ưu hóa sẽ được sử dụng để thiết lập một mạng lưới phân phối nước sử dụng trong sinh hoạt tại địa bàn thành phố Cần Thơ và các

huyện lân cận. Đặc điểm nổi bật của các mô hình toán chính là sự điều chỉnh và kết hợp để phù hợp hơn với các giả thuyết được đặt ra từ trước. Cụ thể, một mô hình Shortest Path cải tiến (Mô hình 1) để thiết lập các địa điểm tiềm năng sẽ được trình bày trước tiên. Từ kết quả của mô hình toán này, một mô hình toán dự báo về vấn đề nhập cư, di cư và phát triển dân số trong tương lai sẽ bổ sung cho mô hình phi tuyến nguyên hỗn hợp (Mô hình 2) trong việc xác định cấu hình của mạng lưới phân phối nước sinh hoạt.

2.1. Mô hình 1: Mô hình xác định địa điểm tiềm năng dựa vào lưu lượng vận chuyển

Vấn đề đường đi ngắn nhất là một trong những bài toán phổ biến trong mạng lưới. Mục tiêu của vấn đề này là xác định ít nhất đường dẫn chỉ phí qua mạng từ nút xuất phát được xác định trước đến nút cuối được xác định trước. Theo đó Santos và cộng sự (2007) [8] đã nghiên cứu một thuật toán tối ưu mới cho việc vấn đề đường đi ngắn nhất bị ràng buộc được giới thiệu. Các bài kiểm tra tính toán mở rộng được trình bày để so sánh thuật toán của tác giả với hai thuật toán thường được sử dụng nhất để giải nó. Kết quả chỉ ra rằng thuật toán mới có thể giải quyết một cách tối ưu các trường hợp sự cố lớn và thường vượt trội so với các trường hợp trước đó về thời gian giải và bộ nhớ máy tính các yêu cầu. Faro và Giordano (2016) [9] đề xuất một tập hợp các thuật toán giải quyết rất nhanh vấn đề đường đi ngắn nhất của tất cả các cặp ở cả chế độ giao thông tự do và tắc nghẽn, cho các mạng lưới đường có kích thước vừa và lớn, do đó cho phép các hệ thống dựa trên vị trí đối phó với các trường hợp khẩn cấp và các điều kiện giao thông quan trọng ở các khu vực thành phố và đô thị, nơi có mạng lưới giao thông thường từ hàng trăm đến hàng nghìn nút. Các con đường để tránh bị kẹt trong tắc đường được tính toán bằng cách sử dụng mô phỏng sự lan truyền sóng xung kích, thay vì dữ liệu lịch sử. Trong bài báo này, nhóm tác giả chúng tôi cải tiến mô hình Shortest Path cơ bản thành mô hình xác định được các địa điểm tiềm năng. Mô hình này được trình bày cụ thể như sau:

Các giả thuyết áp dụng cho việc giải mô hình

Địa điểm được lựa chọn sẽ được giả định nằm tại khu vực đặt các cơ quan hành chính của từng địa phương cụ thể, giúp cho việc xác định khoảng cách giữa các địa điểm được thuận lợi hơn. Tuyến đường di chuyển giữa hai địa điểm là cố định và chỉ tồn tại duy nhất một con đường để di chuyển. Các địa điểm tiềm năng được xem xét trong mô hình không thay đổi địa giới hành chính trong 10 năm tới. Tất cả các địa điểm đều có thể được chọn để mở nhà máy. Số lượng ước tính cần mở sẽ là: 6 nhà máy. Tập chung chủ yếu các địa điểm trong khu vực thành phố Cần Thơ, quãng đường có thể vận chuyển giữa 2 địa điểm liền kề nhau không vượt quá 40 km.

Các tham số trong mô hình

O : Tập hợp các điểm nguồn - các điểm bắt đầu khi di chuyển.

D : Tập hợp các điểm đích - các điểm kết thúc khi di chuyển.

T : Tập hợp các điểm trung chuyển - các điểm trung gian khi di chuyển.

V : Tập hợp các điểm xem xét.

t_{ij} : Lưu lượng vận chuyển giữa các điểm i đến j .

d_{ij} : Khoảng cách thực tế từ điểm i đến điểm j

A : Tập hợp các cung đường (i, j) .

n_{ij} : Lượng vận chuyển từ điểm i đến j .

Các biến quyết định

$x_{ij}^{od} = 1$ nếu có đường đi từ i đến j , 0 nếu không có đường đi từ i đến j .

y_{od} : Đường vận chuyển tối ưu từ điểm o đến d . Với $o, d \in V$.

Hàm mục tiêu

Mục tiêu là tối thiểu hóa tổng khoảng cách di chuyển giữa các địa điểm với việc xem xét các điểm dự kiến có tiềm năng là điểm bắt đầu và cũng có thể là điểm kết thúc.

$$\text{Min } Z = \sum_{o,d \in V} n_{od} x_{od} \quad (1)$$

Ràng buộc

Điểm nguồn và điểm đích

$$\sum_{j \in V} (x_{ij}^{od} - x_{ji}^{od}) = \begin{cases} 1 & \text{nếu } i \in O \\ 0 & \text{nếu } i \in T \\ -1 & \text{nếu } i \in D \end{cases} \quad \forall o, d \in V \text{ and } \forall (i, j) \in A. \quad (2)$$

Khoảng cách tối ưu

$$\sum_{(i,j) \in A} x_{ij}^{od} \cdot d_{ij} = y_{od} \quad \forall o \in O, \forall d \in D. \quad (3)$$

Lưu lượng vận chuyển qua các địa điểm

$$\sum_{o,d \in V} x_{ij}^{od} \cdot n_{ij} = t_{ij} \quad \forall (i, j) \in A. \quad (4)$$

Trong đó, các ràng buộc (2), (3) và (4) được chuyển đổi từ mô hình Shortest Path cơ bản. Khi đó, nhóm tác giả đã tích hợp xem xét điểm nguồn ban đầu và điểm kết thúc của một tuyến đường vận chuyển cụ thể trong việc xem xét ràng buộc liên quan đến từng đoạn đường cụ thể. Do đó, các biến số thay vì chỉ liên quan đến hai tập hợp (bao gồm điểm bắt đầu đoạn đường và điểm kết thúc đoạn đường), sẽ được tích hợp xem xét liên quan đến bốn tập hợp (bao gồm tập hợp các điểm bắt đầu và tập hợp các điểm kết thúc của tuyến đường cụ thể được xem xét).

2.2. Dự báo dân số trong tương lai

Theo Shang và cộng sự (2016) [10], các mô hình thành phần dự báo dân số thường được sử dụng để mô hình hóa sự phát triển của dân số theo độ tuổi và đặc biệt hữu ích để làm nổi bật thành phần nhân khẩu học đóng góp nhiều nhất vào sự thay đổi dân số. Gần đây, hầu hết sự chú ý dành cho việc ước tính bốn thành phần nhân khẩu học cụ thể là: tỷ lệ tử vong, khả năng sinh sản, di cư và nhập cư. Nhiều phương pháp có quan điểm xác định, có thể khá hạn chế trong thực tế. Phương pháp thống kê mà tác giả đề xuất là hồi quy logarit kép (double logarithmic regression model), trong đó cả tỷ lệ tử vong và di cư đều được mô hình hóa và dự báo chung cho nữ và nam. Theo Takahagi và cộng sự (2016) [11], ở Nhật Bản, các dịch vụ này liên quan mật thiết đến cuộc sống của con người chủ yếu do chính quyền địa phương quản lý và cung cấp, trong khi chính quyền trung ương có trách nhiệm về phúc lợi xã hội, quốc phòng, ngoại giao, v.v. Mặt khác, quan sát sự thay đổi dân số trong vài năm qua cho thấy, sự gia tăng dân số chỉ đang diễn ra ở một số khu vực nhất định (chủ yếu ở các khu vực đô thị lớn và vùng lân cận). Bên cạnh đó, sự suy giảm dân số đáng kể chủ yếu tập trung ở các khu vực nông thôn đã dẫn đến chi phí dịch vụ công cho mỗi người được chính quyền địa phương chi trả tăng lên đáng kể. Chính quyền địa phương cần dự báo chính xác sự gia tăng dân số để có các biện pháp giải quyết các vấn đề xã hội tại khu vực. Mô hình hồi quy logarit kép được sử dụng để đưa ra các chỉ số dự báo dân số hàng năm một cách rõ ràng.

Dự báo dân số tương lai trong một khu vực bất kỳ. Tiến hành giả định rằng dân số sẽ tăng dân phụ thuộc thời gian t (t được tính bằng năm). Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả chúng tôi sử dụng mô hình hồi quy logarit kép để dự báo dân số trong tương lai, mô hình cụ thể như sau:

$$\ln p = b + a \times \ln t. \quad (5)$$

Trong đó, p là dân số, b là số chặn, a là hệ số hồi quy. Tham số a và b trong phương trình được ước tính bằng cách sử dụng dữ liệu dân số tại khu vực trong các năm trước.

Để ước tính tham số a và b trong phương trình, ta đã sử dụng dữ liệu dân số giữa 2010 đến 2018 ở mỗi khu vực. Từ giá trị p , ta sẽ ước tính được hệ số hồi quy a , số chặn b , hệ số R^2 trong tất cả các khu vực tiềm năng được lựa chọn. Bằng cách tiến hành chạy hồi quy tuyến tính bằng phần mềm Microsoft Excel 2010 để tìm ra hệ số hồi quy a , số chặn b và hệ số R^2 .

2.3. Mô hình 2: Mô hình xác định số lượng nhà máy nên mở (k -median)

Drezner (1995) [12] đã phát triển mô hình p -median tiên bộ. Trong mô hình này, vị trí cơ sở duy nhất đã được tìm thấy bằng cách xem xét giảm thiểu tổng khoảng cách trọng số nhu cầu trong nhiều thời kỳ. Mô hình này đã được xác minh bằng cách tìm 2 địa điểm cơ sở tại 4 điểm nhu cầu trong 2 thời kỳ. Ngoài ra, Drezner đã tìm thấy 5 địa điểm cơ sở tại 100 điểm yêu cầu trong 5 khoảng thời gian là vấn đề chung. Wey (2003) [13] đã áp dụng mô hình p -median lũy tiến

cho vị trí bãi đỗ xe. Wey (2003) [13] dự đoán các nhu cầu đỗ xe khác nhau (ví dụ: dân cư, thương mại) bằng cách sử dụng mô hình hồi quy. Sử dụng chúng làm trọng lượng trong mô hình, ông đã tìm thấy 2 vị trí đỗ xe trong 2 khoảng thời điểm (tức là năm 2000, 2006). Trong bài báo này, nhóm tác giả chúng tôi áp dụng mô hình k- median cùng với dự báo dân số tương lai để có thể xác định cụ thể số lượng cơ sở được mở với tổng khoảng cách từ địa điểm nhà máy đến các vùng nhu cầu là ngắn nhất, cụ thể như sau:

Các giả thuyết áp dụng cho việc giải mô hình

Vị trí các địa điểm tiềm năng xem xét được đặt tại các vị trí địa giới hành chính địa phương. Dân số dự báo trong các khu vực tiềm năng dựa vào mô hình hồi quy logarit kép, không xem xét các mô hình dự báo dân số khác. Các tiêu chí lựa chọn thông qua việc tích hợp các quy định của nhà nước.

Các tham số trong mô hình

p_i : Dân số chuẩn trên điểm cầu i .

c_{ij} : Khoảng cách từ i đến j .

k : Số lượng cơ sở.

w : Trọng số trong khu vực mật độ dân số cao.

$1 - w$: Trọng số trong khu vực mật độ dân số thấp.

Các biến quyết định

$x_{ij} = 1$ nếu cơ sở được phục vụ bởi cơ sở j , 0 nếu cơ sở không được phục vụ bởi cơ sở j

$y_i = 1$ nếu nhà máy được đặt, 0 nếu nhà máy không được đặt

z = khoảng cách tối đa

Hàm mục tiêu

Mục tiêu giảm thiểu tổng khoảng cách có trọng số nhu cầu cầu trong nhiều thời kì để đặt nhà máy.

$$\text{Minimize } w \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} p_i c_{ij} x_{ij} + (1 - w)z. \quad (6)$$

Ràng buộc

Giới hạn về số lượng cơ sở:

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = 1, \forall i \in I. \quad (7)$$

$$\sum_{j \in J} y_i = k. \quad (8)$$

$$x_{ij} \leq y_i, \forall i \in I, \forall j \in J. \quad (9)$$

Khoảng cách tối đa giữa điểm cầu i và cơ sở gần nhất j :

$$c_{ij} x_{ij} \leq z, \forall i \in I, \forall j \in J. \quad (10)$$

Yêu cầu nhị phân cho các biến quyết định:

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \forall i \in I, \forall j \in J.$$

$$y_i \in \{0,1\}, \forall i \in I, \forall j \in J.$$

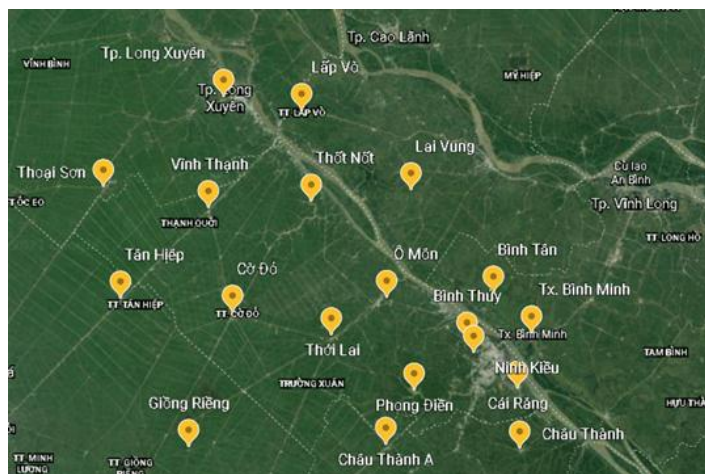
3. Kết quả và bàn luận

3.1. Áp dụng cho mô hình 1

Các địa điểm coi như các nút trong mạng lưới giao thông và được ký hiệu theo số thứ tự tương ứng để có thể dễ dàng theo dõi. Trong đó, các nút $i, j \in V$ với $V = \{1 \dots 19\}$. Các ký hiệu cụ thể về các nút được trình bày trong bảng 1 và hình 1.

Bảng 1. Ký hiệu các nút với địa điểm tương ứng

Ký hiệu	Quận/ Huyện	Ký hiệu	Quận/ Huyện	Ký hiệu	Quận/ Huyện
$i = 1$	Bình Thủy	$i = 7$	Phong Điền	$i = 13$	Châu Thành A
$i = 2$	Cái Răng	$i = 8$	Thới Lai	$i = 14$	Long Xuyên
$i = 3$	Ninh Kiều	$i = 9$	Vĩnh Thạnh	$i = 15$	Thoại Sơn
$i = 4$	Ô Môn	$i = 10$	Bình Tân	$i = 16$	Tân Hiệp
$i = 5$	Thốt Nốt	$i = 11$	Bình Minh	$i = 17$	Giồng Riềng
$i = 6$	Cờ Đỏ	$i = 12$	Châu Thành	$i = 18$	Lai Vung
				$i = 19$	Lấp Vò



Hình 1. Vị trí phân bố các trung tâm quận, huyện xem xét

Khoảng cách giữa một số địa điểm cụ thể được trình bày ở bảng 2. Khoảng cách cuối cùng được đưa ra chính là khoảng cách di chuyển ngắn nhất giữa các địa điểm.

Bảng 2. Khoảng cách giữa các trung tâm quận, huyện

																			ĐVT: Km
Địa điểm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	0	13	8	15	38	39	20	23	53	30	21	26	31	54	78	65	57	47	53
2	13	0	7	25	48	49	15	33	63	24	16	13	19	64	88	75	62	57	63
3	8	7	0	22	45	46	17	30	60	22	14	20	25	61	85	71	64	55	59
4	15	25	22	0	23	24	17	8	38	44	35	38	33	39	63	50	42	33	38
5	38	48	45	23	0	27	40	30	22	36	44	61	55	17	41	39	52	18	15
6	39	49	46	24	27	0	36	17	14	67	59	62	35	38	39	27	27	42	37
7	20	15	17	17	40	36	0	20	50	36	27	28	17	56	75	63	49	57	55
8	23	33	30	8	30	17	20	0	31	52	43	46	25	47	56	44	35	44	45
9	53	63	60	38	22	14	50	31	0	61	74	76	49	24	25	22	41	40	23
10	30	24	22	44	36	67	36	52	61	0	9	37	43	53	76	78	85	34	45
11	21	16	14	35	44	59	27	43	74	9	0	29	35	59	83	87	78	41	53
12	26	13	20	38	61	62	28	46	76	37	29	0	29	77	101	88	75	70	76
13	31	19	25	33	55	35	17	25	49	43	35	29	0	72	74	60	46	73	70
14	54	64	61	39	17	38	56	47	24	53	59	77	72	0	26	42	65	34	15
15	78	88	85	63	41	39	75	56	25	76	83	101	74	26	0	25	54	56	37
16	65	75	71	50	39	27	63	44	22	78	87	88	60	42	25	0	32	57	40
17	57	62	64	42	52	27	49	35	41	85	78	75	46	65	54	32	0	67	63
18	47	57	55	33	18	42	57	44	40	34	41	70	73	34	56	57	67	0	19
19	53	63	59	38	15	37	55	45	23	45	53	76	70	15	37	40	63	19	0

Sau khi đưa các số liệu vào mô hình toán đã xây dựng, mô hình viết bằng phần mềm Cplex tích hợp với phần mềm Microsoft Excel được sử dụng để giải quyết bài toán. Kết quả phân tích 13 địa điểm cụ thể sẽ được dự kiến trở thành địa điểm tiềm năng cho việc bố trí các nhà máy sẽ được thể hiện ở bảng 3.

Với lưu lượng di chuyển qua các nút là theo thứ tự giảm dần, ta có thể xác định được các vị trí các cơ sở mục tiêu tiềm năng. Dựa vào lượng vận chuyển và điều kiện số lượng trường học tại các khu vực. Lựa chọn được 13 địa điểm bao gồm: Ô Môn, Ninh Kiều, Thốt Nốt, Cái Răng, Cờ Đỏ, Thới Lai, Long Xuyên, Bình Minh, Vĩnh Thanh, Bình Thủy, Châu Thành, Châu Thành A, Phong Điền.

Bảng 3. Lưu lượng vận tải qua các địa điểm

STT	Địa điểm	Số lần đi qua	STT	Địa điểm	Số lần đi qua
1	Ồ Môn	1042	11	Châu Thành	108
2	Ninh Kiều	630	12	Châu Thành A	159
3	Thốt Nốt	338	13	Phong Điền	147
4	Cái Răng	331	14	Bình Tân	127
5	Cờ Đỏ	315	15	Lấp Vò	125
6	Thới Lai	309	16	Lai Vung	118
7	Bình Thủy	245	17	Thoại Sơn	116
8	Long Xuyên	188	18	Giồng Riềng	100
9	Bình Minh	123	19	Tân Hiệp	85
10	Vĩnh Thạnh	117			

3.2. Áp dụng cho mô hình 2

Ta lấy số liệu xem xét thời điểm dân số năm 2018 tại 13 địa điểm tiềm năng. Bảng 4 hiện thị rõ tham số p_i tại 13 địa điểm tiềm năng.

Bảng 4. Tham số p_i

STT	Quận/ Huyện	p_i	STT	Quận/Huyện	p_i
1	Bình Thủy	160.579	7	Phong Điền	96.378
2	Cái Răng	145.154	8	Thới Lai	119.742
3	Ninh Kiều	325.276	9	Vĩnh Thạnh	111.393
4	Ồ Môn	163.363	10	Bình Minh	110.301
5	Thốt Nốt	188.484	11	Châu Thành	98.895
6	Cờ Đỏ	131.678	12	Châu Thành A	114.292
			13	Long Xuyên	292.935

Ta chọn 2 tham số w và $(1 - w)$ ở hiện tại để sử dụng khi giải bài toán được thể hiện trong bảng 5.

Bảng 5. Trọng số trong khu vực mật độ dân số cao và thấp tại hiện tại

Giai đoạn	Dân số cao	Dân số thấp
Hiện tại	$0,71(w_p)$	$0,29(1-w_p)$

Kết quả sau khi chạy mô hình bằng phần mềm Cplex tích hợp với phần mềm Excel cho thấy, vị trí cần xây dựng 6 nhà máy mới bao gồm: Cái Răng, Ninh Kiều, Thốt Nốt, Cờ Đỏ, Thới Lai, Vĩnh Thạnh. Bên cạnh đó, để xác nhận kết quả của mô hình là khả thi, nhóm tác giả chúng tôi cho tiến hành chạy phần mềm Cplex thay đổi tham số p_i , vì tình hình dân số có thể thay đổi chênh lệch so với mức dự báo. Trong quá trình tính toán cho chạy mô hình, phân tích độ nhạy, nhóm tác giả nhận thấy rằng vị trí các cơ sở nhà máy xây dựng vẫn được đảm bảo. Với các địa điểm tiềm năng này, dự báo trong tương lai sẽ còn được tồn tại rất lâu nếu tình hình dân số ổn định như ngày nay.

4. Kết luận

Nghiên cứu sử dụng hai phần mềm ứng dụng Ilog Cplex Studio 12.0 và Microsoft Excel để tiến hành giải mô hình toán tối ưu hóa đã được xây dựng trong nghiên cứu dựa trên số liệu thực tế thu thập được tại địa bàn thành phố Cần Thơ và các huyện lân cận. Trên cơ sở đó, kết quả đã mô tả được vị trí, số lượng, cơ sở thiết bị các nhà máy cấp thoát nước hiện có tại thành phố Cần Thơ và các vùng lân cận. Bên cạnh đó, kết quả từ mô hình dự báo giúp định hình cơ bản hiện trạng phân bố dân cư trong hiện tại và tương lai, xem xét dân cư phân bố trong tương lai, làm tiền đề có việc xây dựng được một mô hình toán tối ưu hóa mạng lưới các nhà máy cấp thoát nước tại khu vực thành phố Cần Thơ và các vùng lân cận. Kết quả từ mô hình toán sẽ giúp các nhà hoạch

định kinh tế và chính sách tìm ra các giải pháp hỗ trợ, là đầu vào cho việc ra quyết định về quản lý và quy hoạch mạng lưới tối ưu với vị trí của các nhà máy sẽ được phân bố một cách hiệu quả trong tương lai. Tuy nhiên, đề tài chỉ mới xem xét các yếu tố về khoảng cách và chi phí phát sinh chỉ được xác định ở một thời điểm cụ thể, do đó, nghiên cứu trong tương lai có thể xem xét nhiều yếu tố tác động hơn và xem xét các yếu tố chi phí dựa vào số liệu dự báo chính xác hơn.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả chân thành cảm ơn Trường Đại học Cần Thơ đã tạo điều kiện để thực hiện nghiên cứu này: TSV2020-30.

Nghiên cứu sinh Nguyễn Thắng Lợi được tài trợ bởi Tập đoàn Vingroup và hỗ trợ bởi chương trình học bổng đào tạo thạc sĩ, tiến sĩ trong nước của Quỹ Đổi mới sáng tạo Vingroup (VINIF), Viện Nghiên cứu Dữ liệu lớn (VinBigdata), mã số VINIF.2020.TS.26.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] M. S. Daskin and A. T. Murray, "Modeling Public Sector Facility Location Problems," *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 46, no. 2, p. 111, 2012.
- [2] M. Miralinaghi, Y. Lou, B. B. Keskin, and A. Zarrinmehr, "Refueling station location problem with traffic deviation considering route choice and demand uncertainty," *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 42, no. 5, pp. 3335-3351, 2017.
- [3] G. Zhaomiao, J. Deride, and Y. Fan, "Infrastructure planning for fast charging stations in a competitive market," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 68, pp. 215-227, 2016.
- [4] H. Yawei, K. M. Kockelman, and K. A. Perrine, "Optimal locations of U.S. fast charging stations for long-distance trip completion by battery electric vehicles," *Journal of Cleaner Production*, vol. 214, pp. 452-461, 2019.
- [5] K. Geurs and B. Wee, "Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions," *Journal of Transport Geography*, vol. 12, no. 2, pp. 127-140, 2004.
- [6] S. U. Rahman and D. K. Smith, "Use of location allocation models in health service development planning in developing nations," *European Journal of Operational Research*, vol. 123, pp. 437-452, 2000.
- [7] L. T. Nguyen, T. T. Tham, and T. H. Doan, "An Optimization Model of Closed-Loop Supply Chain Network: A Case Study of Printers Cartridges in Can Tho City and Neighboring Districts," (in Vietnamese), *TNU Journal of Science and Technology*, vol. 195, no. 2, pp. 3-10, 2019.
- [8] L. Santos, J. C. Rodrigues, and J. R. Current, "An improved solution algorithm for the constrained shortest path problem," *Transportation Research Part B*, vol. 41, no. 7, pp. 756-771, 2007.
- [9] A. Faro and D. Giordano, "Algorithms to find shortest and alternative paths in free flow and congested traffic regimes," *Transportation Research Part C*, vol. 73, pp. 1-29, 2016.
- [10] H. L. Shang, P. W. F. Smith, J. Bijak, and A. Wiśniewski, "A multilevel functional data method for forecasting population, with an application to the United Kingdom," *International Journal of Forecasting*, vol. 32, pp. 629-649, 2016.
- [11] W. Takahagi, Y. Sumitani, and H. Takahashi, "Method of Determining Future Facility Location with Maintaining Present Accessibility," *Industrial Engineering & Management Systems*, vol. 15, pp. 197-205, 2016.
- [12] Z. Drezner, "Dynamic facility location: The progressive p-median problem," *Location Science*, vol. 3, no. 1, pp. 1-7, 1995.
- [13] W. M. Wey, "Dynamic parking facility location with time-dependent demands: The progressive p-median problem," *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, vol. 4, pp. 461-469, 2003.