

Một đánh giá định lượng về khả năng sử dụng hỗn hợp và tiếp cận dịch vụ trong vùng đệm của tuyến Metro số 01 Bến Thành – Suối Tiên

Phạm Chánh Toàn^{1,2*}, Nguyễn Xuân Long^{1,2}

¹Bộ môn Cầu Đường, Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Bách Khoa Thành Phố Hồ Chí Minh

²Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

TỪ KHOÁ

Quy hoạch giao thông đô thị
Hệ thống giao thông công cộng
Khả năng tiếp cận
Quy hoạch đô thị định hướng giao thông công cộng
Sử dụng đất

TÓM TẮT

Quy hoạch đô thị định hướng giao thông công cộng (TOD) là một trong những chiến lược quan trọng nhằm hướng đến phát triển đô thị bền vững. Không chỉ mang lại lợi ích lớn trong việc di chuyển, hệ thống Metro còn có tác động mạnh mẽ đến vùng phát triển xung quanh nhà ga, trong vùng ảnh hưởng có thể lên đến 2 km. Bến Thành – Suối Tiên là tuyến Metro đầu tiên của thành phố Hồ Chí Minh, mang ý nghĩa quan trọng trong việc thay đổi hành vi di chuyển, thúc đẩy giá trị sử dụng đất và dịch vụ, cũng như hướng đến phát triển bền vững. Nghiên cứu này với mục tiêu áp dụng 2 nhóm chỉ số chính về sử dụng đất và khả năng tiếp cận đến nhà ga, đánh giá qua 2 khía cạnh này cho 12 nhà ga thuộc tuyến Metro Bến Thành – Suối Tiên. Dữ liệu được thu thập qua 2 hình thức chính là quay video hiện trường kết hợp bảng hỏi khảo sát. Nghiên cứu áp dụng phân tích tương quan, thuật toán phân cụm K-means, và biểu đồ radar nhằm phân tích các đặc điểm và mối liên hệ tiềm năng giữa các biến quan sát. Kết quả cho thấy 12 nhà ga được phân loại thành 2 cụm với những đặc điểm khác nhau về mức độ phát triển và khả năng tiếp cận. Đóng góp một góc nhìn quan trọng trong việc triển khai các chiến lược quy hoạch đô thị trong tương lai.

KEYWORDS

Urban Transit Planning
Urban Transit System
Accessibility
Transit-Oriented Development
Land-use

ABSTRACT

Transit-Oriented Development (TOD) is one of the key strategies for promoting sustainable urban development. Beyond providing significant benefits for mobility, metro systems exert a strong influence on the surrounding development areas, with an impact radius of up to 2 km. The Ben Thanh – Suoi Tien line is the first metro route in Ho Chi Minh City, playing an essential role in shaping travel behavior, enhancing land use and service values, and advancing sustainability. This study aims to apply two main groups of indicators, land use and accessibility to stations - to evaluate 12 stations along the Ben Thanh – Suoi Tien Metro Line. Data were collected through two primary methods: field video recording and survey questionnaires. The study employs correlation analysis, the K-means clustering algorithm, and radar charts to analyze the characteristics and potential relationships among observed variables. The findings reveal that the 12 stations are classified into two clusters, each exhibiting distinct features in terms of development levels and accessibility. This research contributes an important perspective to the implementation of future urban planning strategies.

1. Giới thiệu

Việc áp dụng chiến lược quy hoạch đô thị định hướng giao thông công cộng mang lại nhiều lợi ích cho khu vực đô thị, bao gồm tăng khả năng tiếp cận, giảm thời gian di chuyển, tăng tính an toàn và thúc đẩy phát triển dịch vụ quanh khu vực nhà ga [1]. Cách tiếp cận này với mục đích tạo ra các khu đô thị nén tập trung, với mật độ vừa và cao với mong muốn tận dụng khả năng di chuyển của nhà ga Metro, tạo nên khu vực thu hút đầy đủ các loại hình dịch vụ từ bán lẻ, giải trí, y tế, giáo dục, hành chính. Người dân sống trong khu vực này có thể tiếp cận đầy đủ mọi loại hình dịch vụ qua việc đi bộ chỉ từ 5 đến 10 phút, gọi là khu vực TOD [2]. Trên thế giới, hành vi di chuyển của con người

được khám phá qua nhiều nghiên cứu thực nghiệm, bị ảnh hưởng bởi nhiều khía cạnh khác nhau từ môi trường đô thị, sở thích, chính sách và thậm chí là đặc điểm tính cách. Để hướng tới thay đổi hành vi di chuyển của người dân thành phố hồ chí minh, tuyến metro số 1 Bến Thành – Suối Tiên được xây dựng nhằm mang lại các tác động lên môi trường xây dựng, đồng thời là các chính sách hỗ trợ để người dân thay đổi thói quen từ sử dụng phương tiện cá nhân như xe máy sang phương tiện giao thông công cộng như Metro. Không dừng lại ở khía cạnh di chuyển, tác động của nhà ga Metro lên mật độ và sự đa dạng sử dụng đất cũng đã được đề cập trong nhiều nghiên cứu. Yunkyun Choi và Subhrajit Guhathakurta [3] nghiên cứu trường hợp của 4400 nhà ga ở Hoa Kỳ, bao gồm các chỉ số về mật độ dân số và các cơ sở dịch vụ, mật

*Liên hệ tác giả: pctoan.sdh241@hcmut.edu.vn

Nhận ngày 30/09/2025, sửa xong ngày 16/10/2025, chấp nhận đăng ngày 17/10/2025

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.06.2025.1109>

độ của các hoạt động để chỉ ra 4 loại hình TOD khác nhau. Mỗi liên hệ giữa mô hình quy hoạch TOD và khả năng sử dụng đất cũng được chỉ ra trong nhiều nghiên cứu khác như Yue Liang và cộng sự [5], Zekun Lia và cộng sự [6], Xi Tong và cộng sự [6]. Bên cạnh đó, các nghiên cứu về môi trường xây dựng, đặc biệt là môi trường xây dựng quanh nhà ga ngày càng được quan tâm. Nghiên cứu của Tianyue Wan và cộng sự đã trình bày một khung phân tích và đánh giá về mối quan hệ giữa môi trường xây dựng trong góc nhìn của quy hoạch TOD [7]. Các giải pháp về quy hoạch sử dụng đất cho khu vực TOD còn được đánh giá là quy hoạch bền vững [8].

Khi đạt được khả năng sử dụng đất với mật độ nhất định quanh khu vực nhà ga Metro, khả năng tiếp cận là vấn đề quan trọng cần được đánh giá. Trong dự án TOD ở Băng Cốc (Thái Lan), Khin Thiri Kyaw Nyunt và Natachai Wongchavalidkul đã dùng 3 nhóm chỉ số bao gồm mật độ, sự đa dạng và thiết kế. Trong đó, khoảng cách tiếp cận đến công việc, các loại hình dịch vụ đã được sử dụng như các chỉ báo quan trọng nói lên đặc điểm của khả năng tiếp cận từ nhà ga Metro [9]. Cùng khu vực châu Á, Vani Arliani và cộng sự đã sử dụng nhóm chỉ số về khả năng tiếp cận cho các nhà ga ở Jakarta, Indonesia qua mô hình hồi quy. Kết quả nghiên cứu cho thấy việc đánh giá khả năng tiếp cận bên trong khu vực TOD là cực kì quan trọng vì nó đóng góp 40 % vào chỉ số TOD [10]. Việc phát triển dịch vụ và khả năng tiếp cận cũng mang lại nhiều hiệu quả tích cực cho khu vực dân cư [11], đồng thời tác động đến mức độ đáng sống [12] và việc chọn lựa sống ở khu vực thuộc ảnh hưởng của nhà ga Metro [13]. Đây cũng là khía cạnh được đề cập trong nhiều nghiên cứu về tiềm năng phát triển của các chiến lược TOD, như Alexis Conesa [14] và Enrica Papa [15]. Mặc dù có nhiều đặc điểm khác nhau làm nên sự thành công của các dự án TOD, tuy nhiên vấn đề sử dụng đất và tiếp cận để đáp ứng các nhu cầu về nơi ở và sử dụng dịch vụ cơ bản luôn được quan tâm.

Đối với tuyến Metro mới như Bến Thành – Suối Tiên, để đạt được các mục tiêu phát triển bền vững trong tương lai, việc đánh giá mức độ đa dạng và khả năng tiếp cận dịch vụ từ nhà ga là vô cùng cần thiết. Nghiên cứu này với mục đích khám phá đặc điểm phát triển và sử dụng hỗn hợp các loại hình dịch vụ quanh nhà ga Metro, cũng như mức độ sử dụng đất hỗn hợp và khả năng tiếp cận từ nhà ga Metro. Phân tích dựa trên 2 nhóm dữ liệu chính: 1) nhóm dữ liệu từ quay video các tuyến đường trong bán kính 600 mét quanh nhà ga Metro và 2) dữ liệu thu thập từ bảng hỏi khảo sát 360 hộ dân sống trong khu vực bán kính 600 mét quanh nhà ga Metro. Dữ liệu được phân tích dựa trên 2 phương pháp chính là phân tích tương quan và thuật toán phân cụm K-means. Kết quả được mô tả thông qua biểu đồ radar để cho thấy đặc điểm phát triển riêng biệt của từng nhà ga.

2. Các nghiên cứu trước đây

2.1. Mật độ và mức độ đa dạng trong đánh giá dự án TOD

Trong các nghiên cứu đánh giá định lượng cho các dự án TOD, điển hình như mô hình node-place của Luca Bertolini [16], mô hình 3D của Cervero [17]. Mật độ luôn là yếu tố quan trọng đầu tiên được đề

cập. Điều này phù hợp với khái niệm ban đầu được đưa ra bởi Peter Calthorpe “khu vực TOD được định nghĩa là khu vực có mật độ vừa và cao” [2]. Mật độ thông thường được đánh giá qua 2 khía cạnh chính là mật độ dân số và dịch vụ. Paul Chorus và Luca Bertolini khi đánh giá dự án Metro ở Tokyo, trong khía cạnh sử dụng đất – chỉ số đầu tiên được đề cập là mật độ dân số, tiếp đến là mật độ và sự phân bố các loại hình dịch vụ như bán lẻ, khách sạn, ăn uống [18]. Tương tự cho dự án Metro ở Lisbon, David và cộng sự dùng bộ chỉ số về mật độ dân cư và các loại hình dịch vụ để đánh giá và phân loại theo sự phát triển của hệ thống Metro, chỉ ra 6 loại hình TOD từ mô hình đánh giá [19]. Ở Thượng Hải, với sự phân bố không đồng đều của mật độ dân số, Mingxuan Dou và cộng sự dùng 2 chỉ số bao gồm mật độ dân số và tổng số dân quanh khu vực bán kính ảnh hưởng của nhà ga Metro, đồng thời là số lượng người làm việc trong các loại hình dịch vụ khác nhau trong bán kính 600 mét tính từ tâm nhà ga. Từ đó, áp dụng thuật toán phân cụm cho hệ thống Metro, cho kết quả 5 mức độ phát triển khác nhau, từ khu vực trung tâm ra ngoại thành [20].

2.2. Khả năng tiếp cận dịch vụ từ nhà ga Metro

Trong nhiều nghiên cứu, khả năng tiếp cận được xem xét như một khía cạnh quan trọng, nói lên mức độ thuận tiện, dễ dàng và là một phần của sự thành công trong dự án TOD. Hao Wu và cộng sự ngoài đánh giá khả năng của hệ thống giao thông và sử dụng đất, còn đánh giá khả năng tiếp cận thông qua hình thức đi bộ trong trường hợp nghiên cứu của hệ thống Metro Sydney [21]. Khả năng tiếp cận này còn được lồng ghép vào các mô hình đánh giá định lượng phát triển sau này, như mô hình butterfly – phát triển từ mô hình node-place. Trong nghiên cứu đánh giá khả năng tiếp cận của Freke Caset và cộng sự, khả năng tiếp cận được đánh giá qua nhiều khía cạnh, qua giao thông công cộng, qua phương tiện cá nhân như xe hơi, và qua xe đạp. Kết quả cho thấy hệ thống Metro Brussels được phân thành 7 cụm với những đặc điểm phát triển khác nhau [22]. Khả năng tiếp cận cao còn được xem như đặc điểm của một hệ thống Metro và khu vực TOD thân thiện, càng dễ dàng tiếp cận, dự án TOD càng được xem là hiệu quả. Mengyuan Zhang và Jinwoo Lee đã nghiên cứu trường hợp của Metro Burwood, với chỉ số tiếp cận bằng xe đạp, trong vùng ảnh hưởng thuộc bán kính 500 mét và 2 km quanh nhà ga Metro. Nghiên cứu cũng nhấn mạnh tầm quan trọng của việc xem xét các cách tiếp cận qua loại hình phương tiện khác ngoài đi bộ trong khu vực TOD [23].

3. Phương pháp nghiên cứu

3.1. Khu vực nghiên cứu

Là một phần của chiến lược phát triển hệ thống đường sắt đô thị thành phố Hồ Chí Minh. Tuyến Metro số 1 Bến Thành – Suối Tiên với chiều dài 19.7 km, với tổng cộng 14 nhà ga, với 3 ga ngầm dài 2.6 km ở trung tâm thành phố và 11 ga trên cao. Kéo dài từ quận 1 đến Depot Long Bình. Dự án này được phê duyệt lần đầu tiên vào năm 2007, được khởi công vào năm 2008 và đi vào hoạt động từ tháng 12 năm 2024.

3.2. Khung phân tích

Nghiên cứu sử dụng bộ chỉ số tham khảo từ 3 nghiên cứu chính, bao gồm Kamruzzaman và cộng sự [23], Amini Pishro và cộng sự [24], và Sriram Mangu và cộng sự [25]. Trong việc thu thập các chỉ số về mật độ, một cuộc khảo sát kết hợp quay video dọc theo tất cả các tuyến đường thuộc bán kính 600 mét quanh nhà ga Metro đã được thực hiện, theo Mingxuan Dou và cộng sự [20]. Bên cạnh đó, bảng hỏi khảo sát về khả năng tiếp cận đến các loại hình dịch vụ cũng được thực hiện. Ở mỗi nhà ga, 30 hộ dân đã thực hiện khảo sát, tổng số mẫu cho 14 nhà ga là 420 mẫu. Tuy nhiên, dữ liệu của 2 nhà ga Thảo Điền và An Phú (gồm 60 mẫu) không đạt chất lượng để đưa vào phân tích nên đã bị loại khỏi nghiên cứu. Dữ liệu dùng cho nghiên cứu này bao gồm 360 mẫu của 12 nhà ga còn lại.

Bộ dữ liệu sẽ được chuẩn hóa min-max từ 0 đến 1, để đưa các nhóm dữ liệu về cùng đơn vị đánh giá. Sau đó tiến hành phân tích tương quan Spearman [26] – tương quan Spearman hỗ trợ phân tích dữ liệu mà không cần tuân theo quy luật tuyến tính hay phân phối chuẩn, phù hợp với bộ dữ liệu gồm 12 nhà ga, sau đó áp dụng thuật toán phân cụm K-means [27] để đánh giá mức độ và đặc điểm phát triển của 12 nhà ga. Sau khi phân cụm, giá trị của 16 chỉ số đánh giá của các nhà ga Metro sẽ được biểu thị qua biểu đồ radar. Dữ liệu được chuẩn hóa theo công thức sau, theo Mingxuan Dou [20]:

$$X^* = \frac{X' - \min(X_1; X_n)}{\max(X_1; X_n) - \min(X_1; X_n)}$$

Trong đó:

X^* : giá trị đã chuẩn hóa

X' : giá trị đang xét

X_1 : giá trị đầu trong bảng dữ liệu

X_n : giá trị cuối trong bảng dữ liệu

Bộ chỉ số đánh giá chi tiết được trình bày trong mục 3.3.

3.3. Bộ chỉ số đánh giá

Chỉ số sử dụng hỗn hợp (A10) khi kết hợp với thuật toán phân cụm, nhằm đánh giá liệu các nhà ga có những đặc điểm phát triển nào, và có thể trở thành các trung tâm phát triển dịch vụ khác nhau không. Khi mức độ sử dụng hỗn hợp dần về 1, tức là các dịch vụ trong bán kính 600 mét được phân bố đều. Khi giá trị sử dụng hỗn hợp thấp, tức là trong khu vực chỉ số một hoặc một số loại hình dịch vụ nổi trội, phân bố không đều. Mức độ sử dụng hỗn hợp các chức năng được tính toán theo công thức, theo Vale và cộng sự, 2018 [19]:

$$A10 = 1 - \frac{(a - b/d) - (a - c/d)}{2}$$

Trong đó:

$a = \max(A1, A2, A3, \dots, A9)$

$b = \min(A1, A2, A3, \dots, A9)$

$c = (A1 + A2 + A3 + \dots + A9)/9$

$d = (A1 + A2 + A3 + \dots + A9)$

4. Kết quả

4.1. Phân tích tương quan

Kết quả phân tích tương quan cho thấy, số lượng nhà ở (A1) có mối tương quan âm với số lượng khách sạn (A3), với $r = -0.719$. Chỉ số A4 – số lượng các cơ sở kinh doanh (công ty) có mối tương quan dương với hầu hết các loại hình dịch vụ khác, với A5 – số lượng cơ sở giải trí ($r = 0.681$), A6 – số lượng nhà hàng, quán ăn ($r = 0.774$), A7 – số lượng cơ sở hành chính ($r = 0.643$), A8 – số lượng cơ sở giáo dục ($r = 0.794$), A9 – số lượng cơ sở bán lẻ ($r = 0.648$). Số lượng cơ sở giải trí có mối tương quan dương với A6 – số lượng nhà hàng, quán ăn ($r = 0.697$), A7 – số lượng cơ sở hành chính ($r = 0.738$). Số lượng nhà hàng, quán ăn có mối liên hệ tích cực với A7 – số lượng cơ sở hành chính ($r = 0.780$), A8 – số lượng cơ sở giáo dục ($r = 0.709$), A9 – số lượng cơ sở bán lẻ ($r = 0.860$), B4 – thời gian đi bộ từ nhà ga đến trung tâm thương mại ($r = 0.591$). Số lượng cơ sở giáo dục có mối liên hệ với thời gian đi bộ từ nhà ga đến bệnh viện ($r = 0.632$), đến cửa hàng tiện lợi ($r = 0.628$), đến hiệu sách, thư viện ($r = 0.585$).

Đối với nhóm chỉ số thuộc khả năng tiếp cận, các chỉ số này đều có mối liên hệ mạnh mẽ với nhau, với p-value hầu hết nhỏ hơn 0.01. Các loại hình dịch vụ tiếp cận bao gồm bệnh viện, ngân hàng, cửa hàng tiện lợi, trung tâm thương mại, hiệu sách, thư viện, và công viên.

4.2. Phân tích phân cụm

Áp dụng thuật toán phân cụm K-means cho 12 nhà ga Metro. Kết quả cho thấy 12 nhà ga được phân thành 2 cụm chính. Cụm 1 bao gồm Bến Thành, Nhà Hát Thành Phố, Ba Son, Công viên Văn Thánh, và Tân Cảng. Cụm 2 bao gồm các nhà ga Rạch Chiếc, Phước Long, Bình Thái, Thủ Đức, và Khu Công Nghệ Cao. Kết quả phân cụm được trình bày trong bảng 2.

Dựa trên biểu đồ cụm (giảm chiều còn Dim1 = 51.2 % và Dim2 = 21.5 %, tổng giải thích khoảng 72.7 %), dữ liệu tách thành hai nhóm rõ rệt và không chồng lấn. 2 cụm được phân biệt khá rõ ràng (hình 4a).

Trong biểu đồ vector PCA, nhóm chỉ số được chia thành 2 nhóm chính, theo mật độ dịch vụ và theo khả năng tiếp cận. Kết quả từ biểu đồ cũng cho thấy chỉ số A1 – số lượng nhà ở trong bán kính 600 mét quanh nhà ga và A2 – Số lượng chung cư trong bán kính 600 mét quanh nhà ga không thuộc nhóm mật độ dịch vụ (hình 4b).

So sánh giá trị trung bình 2 cụm, tất cả các chỉ số thuộc cụm 1 đều cao hơn cụm 2. Sự khác biệt lớn giữa 2 cụm của 12 nhà ga thuộc nhóm sử dụng hỗn hợp nằm ở các chỉ số A3 - số lượng khách sạn, A4 - số lượng cơ sở kinh doanh, A6 - số lượng nhà hàng, quán ăn, A7 - số lượng cơ sở hành chính, A9 - số lượng cơ sở bán lẻ. Giá trị trung bình của các chỉ số sử dụng hỗn hợp được trình bày trong Bảng 3.

Đối với nhóm chỉ số khả năng tiếp cận, tất cả các chỉ số chuẩn hóa đều có sự khác biệt rất lớn trong giá trị trung bình (từ nhỏ nhất – 0.265 đến lớn nhất – 0.881). Giá trị trung bình của các chỉ số khả năng tiếp cận được trình bày trong Bảng 4.

4.3. Đặc trưng cụm

Đối với cụm nhà ga số 1 gồm 5 nhà ga từ Bến Thành đến Tân Cảng, nhóm nhà ga này thể hiện sự cân bằng hơn trong việc phân bố sử dụng hỗn hợp dịch vụ lẫn khả năng tiếp cận trong bán kính 600 mét. Ga Bến Thành có các chỉ số sử dụng hỗn hợp như A3, A4, A5, A7, A9 ở mức rất cao, cho thấy sự hiện diện dày đặc của khách sạn, kinh doanh, giải trí, hành chính và bán lẻ. A6 - số lượng nhà hàng khá cao (0.86). Ngược lại A1-A2 (nhà ở và chung cư) rất thấp (0.00 - 0.01). Khả năng tiếp cận B1 - B6 ở mức đồng đều cao (0.76 - 0.85). Ga Nhà hát Thành phố nổi bật ở A5 (0.95), A6 - A7 (1.00). Nhóm B1-B6 đều cao (0.79 - 0.83). Hai chỉ số thấp đáng chú ý là A1 (0.08) và A2 (0.00), tương tự ga Bến Thành. Ga Ba Son có chỉ số hỗn hợp A10 rất cao (0.92); nhóm tiếp cận B1-B6 đạt mức rất cao (0.95 - 1.00). Tuy nhiên, một số thành phần sử dụng hỗn hợp thấp bao gồm A1 (0.00), A9 (0.00) và A4 (0.10). Công viên Văn Thánh có các chỉ số với giá trị cao trải đều, đặc biệt A1 - A2 (1.00), A9 (0.90) và A6 (0.73). Khả năng tiếp cận B1 - B6 đạt ngưỡng cao (0.95, phần lớn = 1.00). A3 thấp (0.03). Ga Tân Cảng với giá trị A2 nổi bật (0.85), các B1 - B2 cao (0.79 - 0.81); các chỉ số khác ở mức trung bình. Một số thành phần thấp gồm A3 (0.01), A7 (0.08) và A10 (0.10).

Đối với cụm nhà ga số 2, gồm 7 nhà ga từ Rạch Chiếc đến Bến xe Suối Tiên, nhóm này thể hiện đặc trưng của khu vực ven đô thị, với mức độ hỗn hợp thấp hơn so với cụm trung tâm. Các chỉ số A nhìn chung dao động ở mức trung bình - thấp, trong khi nhóm chỉ số thuộc khả năng tiếp cận có sự biến thiên rõ, phản ánh chênh lệch về khả năng tiếp cận và dịch vụ giữa các khu vực. Ga Rạch Chiếc có các chỉ số sử dụng hỗn hợp thấp (giá trị A1 - A5 khoảng 0.09 - 0.19). Chỉ số A8 đạt 0.19 và A9 = 0.01, phản ánh sự hiện diện giới hạn của các hoạt động dịch vụ - thương mại. Nhóm B1 - B6 dao động từ 0.48 đến 0.64, cho thấy khả năng tiếp cận ở mức trung bình khá. Ga Phước Long có mức độ đồng đều giữa các chỉ số A, hầu hết dưới 0.20, với A2 (0.18) và A5 (0.16). Các chỉ số khả năng tiếp cận (B1 - B6) gần như bằng 0. Ga Bình Thái thể hiện giá trị trung bình trong nhóm cụm 2. Các chỉ số A1 - A2 ở mức 0.34 - 0.37, cao hơn một chút so với các ga lân cận, giá trị A5 và A6 cũng đạt lần lượt 0.26 và 0.32. Nhóm B1 - B6 ở mức rất thấp (0.03 - 0.15).

Ga Thủ Đức có chỉ số nổi bật ở A5 (0.46), A6 (0.61) và A7 (0.67), phản ánh mức độ phát triển dịch vụ, giải trí và hoạt động đô thị đa dạng hơn. Nhóm B1 - B6 dao động từ 0.28 - 0.57, thể hiện khả năng tiếp cận khá, đặc biệt B4 = 0.57. Đây là một trong những ga có giá trị hỗn hợp cao nhất trong cụm. Ga Khu công nghệ cao có các chỉ số A1 - A5 rất thấp (0.03 - 0.13), ngược lại, nhóm B1 - B6 đạt từ 0.46 đến 0.64. Ga Đại học Quốc gia có các chỉ số A thấp (0.00 - 0.17). Tuy nhiên, nhóm chỉ số khả năng tiếp cận đạt khoảng 0.36 - 0.60, thể hiện khả năng tiếp cận tương đối tốt do gần các trục giao thông chính. Ga Bến xe Suối Tiên - điểm cuối tuyến, có hầu hết các chỉ số A thấp (0.02 - 0.13), ngoại trừ A2 (0.13) và A3 (0.05) thể hiện sự hiện diện nhỏ của khu dân cư và

dịch vụ phụ trợ. Các chỉ số khả năng tiếp cận đa phần thấp, tuy nhiên có giá trị B4 = 0.77 cao nhất nhóm.

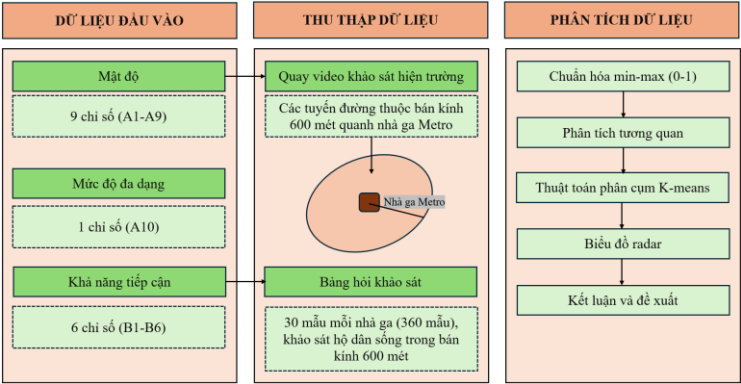
5. Thảo luận và kết luận

Đối với trường hợp của ga Ba Son, tuy là nhà ga ở khu vực trung tâm nhưng lại có sự hạn chế trong khả năng sử dụng hỗn hợp dịch vụ. Chọn khu vực nghiên cứu với khoảng cách đi bộ 600 mét (theo Peter Calthorpe), ga Ba Son có phần diện tích lớn nằm trong khu vực sông. Đó là lý do dẫn đến sự hạn chế trong số lượng cơ sở dịch vụ. Tuy nhiên, cảnh quan từ sông và khu vực phát triển xung quanh mang lại nhiều giá trị trong sử dụng đất và dịch vụ cho khu vực này. Kết quả phân cụm cho thấy sự khác biệt thể hiện rõ ràng theo 2 cụm, phân bố từ trung tâm thành phố đến ngoại thành. Tương tự nghiên cứu của Mingxuan Dou và cộng sự [20], các nhà ga với giá trị sử dụng hỗn hợp mật độ cao luôn phân bố ở trung tâm, giảm dần giá trị khi càng xa nội thành. Nghiên cứu của Vale và cộng sự [19] cũng chỉ ra các loại hình phát triển của TOD, các nhà ga với loại hình TOD đô thị, thể hiện sự cân bằng hơn, trong khi các ga ngoại thành thể hiện sự kém phát triển cũng như kém cân bằng hơn.

Nghiên cứu với mục đích áp dụng các chỉ số đánh giá mật độ dịch vụ và khả năng tiếp cận đến dịch vụ quanh nhà ga Metro qua khả năng đi bộ. Thông qua việc áp dụng phân tích tương quan và thuật toán phân cụm K-means. Kết quả cho thấy 12 nhà ga Metro thuộc tuyến Metro số 1 Bến Thành - Suối Tiên được phân thành 2 cụm riêng biệt. Cụm nhà ga 1 bao gồm các ga phát triển mạnh, nằm ở trung tâm cũng như các khu vực phát triển mới, thể hiện sự cân bằng hơn ở cả mật độ dịch vụ và khả năng tiếp cận. Cụm nhà ga này bao gồm 5 nhà ga Bến Thành, Nhà Hát Thành Phố, Ba Son, Công viên Văn Thánh, và Tân Cảng. Cụm nhà ga 2 bao gồm 7 nhà ga với đặc trưng kém phát triển cũng như kém cân bằng hơn, bao gồm Rạch Chiếc, Phước Long, Bình Thái, Thủ Đức, Khu Công nghệ Cao, Đại học Quốc gia và Suối Tiên. Trong kết quả phân tích PCA, chỉ số A1 (số lượng nhà ở) và A2 (số lượng chung cư) không được chia thành 2 cụm như mật độ dịch vụ và khả năng tiếp cận. Trong các đánh giá tương lai, các nhóm chỉ số này cần được đánh giá một cách độc lập và xem xét đầy đủ các chỉ báo hơn. Nghiên cứu này vẫn tồn tại các hạn chế, bộ chỉ số được đếm thủ công qua video dọc theo các tuyến đường quanh bán kính 600 mét quanh nhà ga Metro có thể tồn tại các thiên lệch. Khảo sát hộ dân chỉ bao gồm 30 mẫu cho mỗi nhà ga, có thể chưa phản ánh toàn bộ mức độ tiếp cận của cả khu vực. Tuy nhiên, nghiên cứu đã trình bày tổng quát các đặc điểm phát triển và phân bố dịch vụ của khu vực chịu ảnh hưởng của nhà ga Metro. Đồng thời cung cấp một khám phá về tiềm năng phát triển quy hoạch TOD quanh hệ thống Metro tại thành phố Hồ Chí Minh. Góp phần trở thành tài liệu tham khảo cho các quy hoạch đô thị hướng đến phát triển bền vững trong tương lai.



Hình 1. Tuyến Metro số 1 Bến Thành – Suối Tiên.



Hình 2. Khung phân tích của nghiên cứu.

Bảng 1. Các chỉ số đánh giá được dùng trong nghiên cứu.

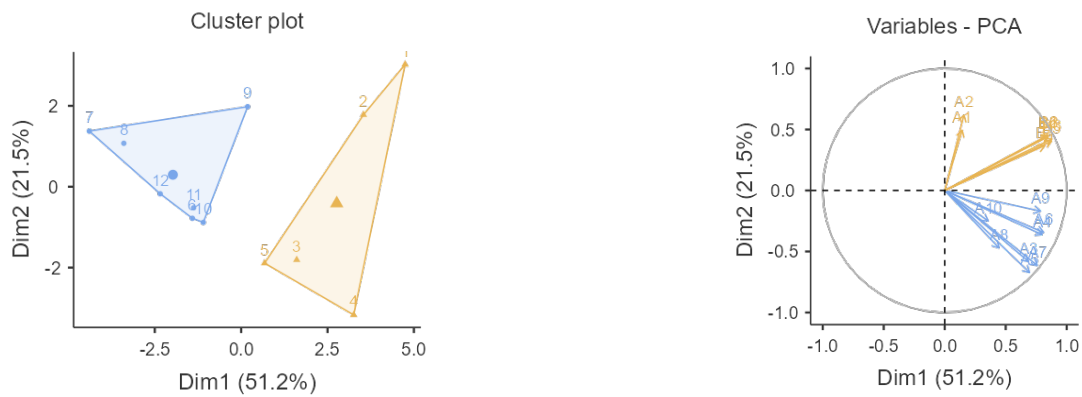
Kí hiệu	Ý nghĩa	Thu thập	Tài liệu tham khảo
A1	Số lượng nhà ở trong bán kính 600 mét quanh nhà ga	Quay video các tuyến đường trong bán kính 600m quanh nhà ga	Kamruzzaman và cộng sự, 2021 [23]
A2	Số lượng chung cư trong bán kính 600 mét quanh nhà ga		Kamruzzaman và cộng sự, 2021 [23]
A3	Số lượng khách sạn trong bán kính 600 mét quanh nhà ga		Amini Pishro và cộng sự, 2022 [24]
A4	Số lượng cơ sở kinh doanh trong bán kính 600 mét quanh nhà ga		Amini Pishro và cộng sự, 2022 [24]
A5	Số lượng cơ sở giải trí trong bán kính 600 mét quanh nhà ga		Amini Pishro và cộng sự, 2022 [24]
A6	Số lượng nhà hàng, quán ăn trong bán kính 600 mét quanh nhà ga		Amini Pishro và cộng sự, 2022 [24]
A7	Số lượng cơ sở hành chính trong bán kính 600 mét quanh nhà ga		Amini Pishro và cộng sự, 2022 [24]
A8	Số lượng cơ sở giáo dục trong bán kính 600 mét quanh nhà ga		Amini Pishro và cộng sự, 2022 [24]
A9	Số lượng cơ sở bán lẻ trong bán kính 600 mét quanh nhà ga		Amini Pishro và cộng sự, 2022 [24]
A10	Mức độ sử dụng hỗn hợp các chức năng	Bảng hỏi khảo sát hộ dân sống trong khu vực bán kính 600m quanh nhà ga	Vale và cộng sự, 2018 [19]
B1	Thời gian đi bộ từ nhà ga đến bệnh viện		Sriram Mangu và cộng sự, 2025 [25]
B2	Thời gian đi bộ từ nhà ga đến ngân hàng		Sriram Mangu và cộng sự, 2025 [25]
B3	Thời gian đi bộ từ nhà ga đến cửa hàng tiện lợi		Sriram Mangu và cộng sự, 2025 [25]
B4	Thời gian đi bộ từ nhà ga đến trung tâm thương mại		Sriram Mangu và cộng sự, 2025 [25]
B5	Thời gian đi bộ từ nhà ga đến hiệu sách, thư viện		Sriram Mangu và cộng sự, 2025 [25]
B6	Thời gian đi bộ từ nhà ga đến công viên		Sriram Mangu và cộng sự, 2025 [25]

MA TRẬN TƯƠNG QUAN	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	B1	B2	B3	B4	B5	B6
A1	1															
A2	0.574	1														
A3	-0.719*	-0.462	1.000													
A4	-0.032	0.221	0.188	1.000												
A5	-0.172	0.035	0.511	0.681*	1.000											
A6	0.126	-0.025	0.137	0.774*	0.697*	1.000										
A7	-0.095	-0.167	0.240	0.643*	0.738*	0.780*	1.000									
A8	0.018	0.083	-0.079	0.794*	0.557	0.709*	0.714*	1.000								
A9	0.301	-0.035	0.011	0.648*	0.494	0.860**	0.657*	0.530	1.000							
A10	-0.112	-0.168	0.042	0.200	0.448	0.182	0.647*	0.509	0.140	1.000						
B1	-0.238	0.056	0.175	0.585*	0.256	0.490	0.531	0.632*	0.273	0.189	1.000					
B2	-0.228	0.053	0.130	0.509	0.146	0.434	0.451	0.548	0.329	0.144	0.956**	1.000				
B3	-0.196	-0.011	0.218	0.578*	0.259	0.524	0.555	0.628*	0.371	0.182	0.979**	0.956**	1.000			
B4	-0.371	-0.039	0.404	0.473	0.420	0.524	0.591*	0.477	0.308	0.084	0.853**	0.823**	0.860**	1.000		
B5	-0.214	-0.098	0.241	0.496	0.263	0.560	0.560	0.585*	0.434	0.196	0.928*	0.954*	0.967*	0.858*	1.000	
B6	-0.245	-0.102	0.284	0.476	0.231	0.524	0.538	0.512	0.420	0.133	0.923**	0.956**	0.965**	0.881**	0.991**	1.000

Hình 3. Kết quả ma trận tương quan. (Ghi chú: **p-value < 0.001; *p-value < 0.05)

Bảng 2. Kết quả phân cụm của 12 nhà ga.

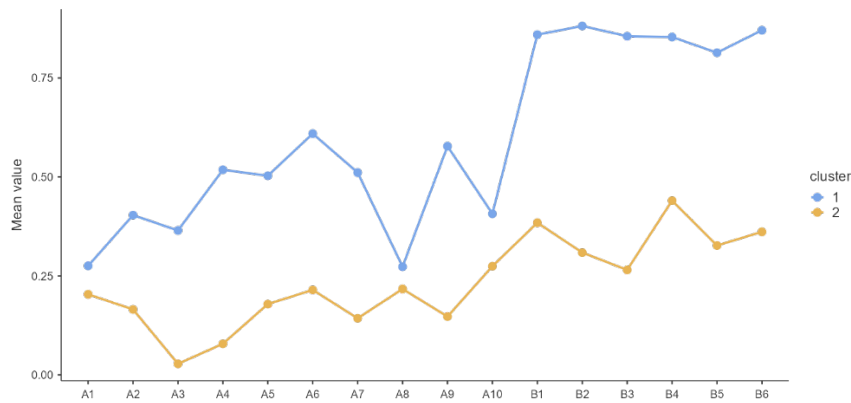
Tên nhà ga	Kết quả	Tên nhà ga	Kết quả
Bến Thành	1	Thủ Đức	2
Nhà Hát Thành Phố	1	Khu Công Nghệ Cao	2
Ba Son	1	Đại học Quốc gia	2
Công viên Văn Thánh	1	Suối Tiên	2
Tân Cảng	1		
Rạch Chiếc	2		
Phước Long	2		
Bình Thái	2		



(a) Biểu đồ phân cụm

(b) Biểu đồ phân tích PCA

Hình 4. Kết quả phân cụm K-means.



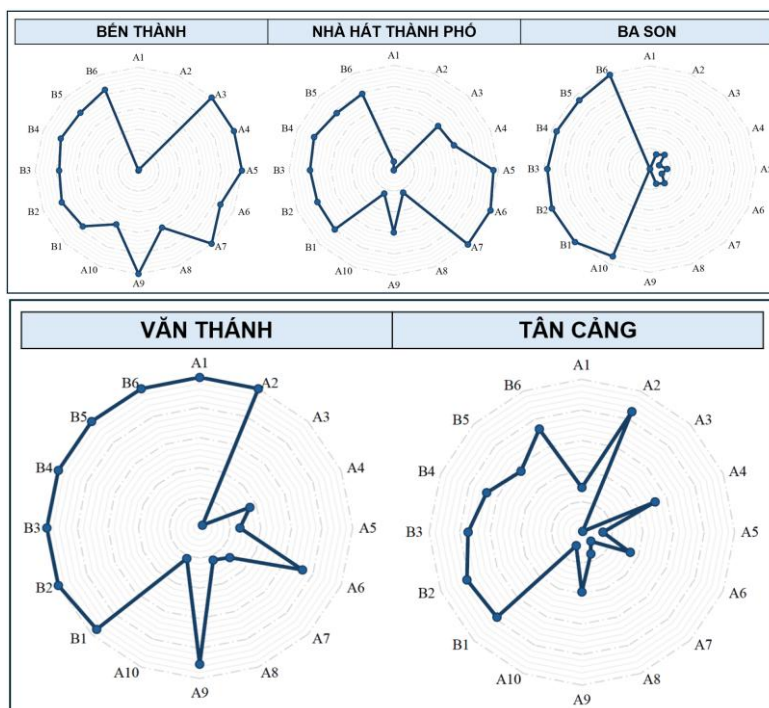
Hình 5. Giá trị trung bình của 2 cụm.

Bảng 3. Giá trị trung bình 2 cụm của chỉ số sử dụng hỗn hợp.

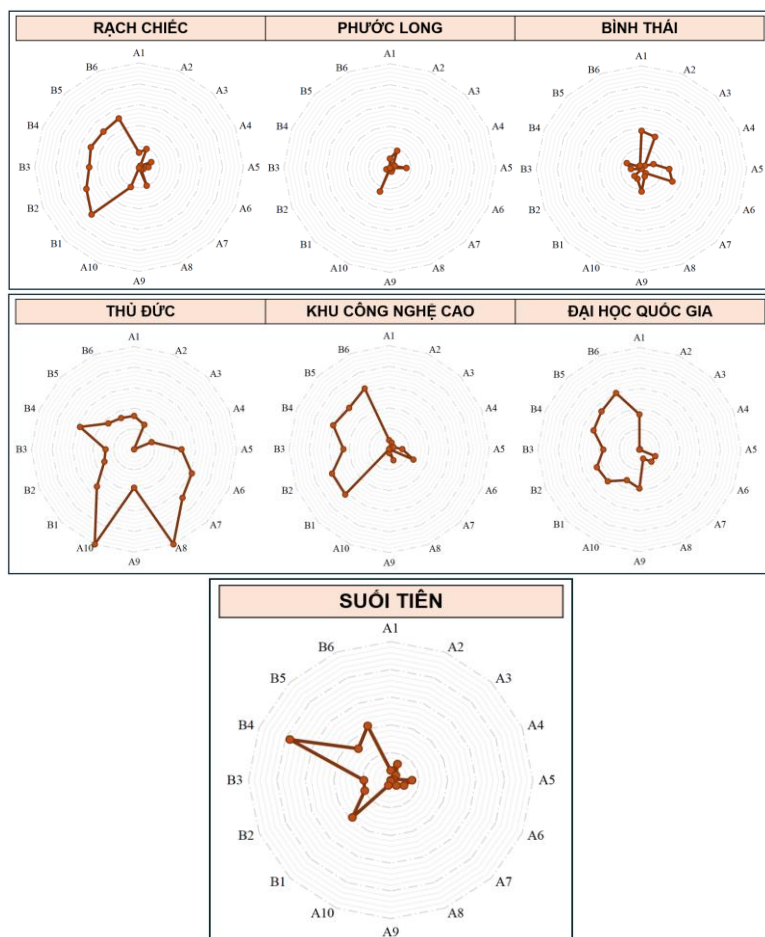
Cụm	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
1	0,275	0,403	0,365	0,518	0,503	0,609	0,511	0,273	0,578	0,407
2	0,203	0,165	0,028	0,079	0,179	0,215	0,143	0,217	0,147	0,274

Bảng 4. Giá trị trung bình 2 cụm của chỉ số khả năng tiếp cận.

Cụm	B1	B2	B3	B4	B5	B6
1	0,860	0,881	0,856	0,853	0,814	0,871
2	0,384	0,309	0,265	0,440	0,327	0,361



Hình 6. Đặc điểm mật độ và tiếp cận của cụm nhà ga 1.



Hình 7. Đặc điểm mật độ và tiếp cận của cụm nhà ga 2.

Tài liệu tham khảo

- [1]. R. B. Noland, K. Ozbay, S. DiPetrillo, S. Iyer, and M. Alan, *Measuring benefits of transit-oriented development*, Mineta Transportation Institute, Report No. CA-MNTRC-14-1142, 2014.
- [2]. P. Calthorpe, *The Next American Metropolis*, vol. 23. New York, NY: Princeton Architectural Press, 1993.
- [3]. Y. Choi and S. Guhathakurta, "Unraveling the diversity in transit-oriented development," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 182, p. 104020, 2024. doi: 10.1016/j.tra.2024.104020.
- [4]. Y. Liang, M. Du, X. Wang, and X. Xu, "Planning for urban life: A new approach of sustainable land use plan based on transit-oriented development," *Evaluation and Program Planning*, vol. 80, p. 101811, 2020. doi: 10.1016/j.evalprogplan.2020.101811.
- [5]. Z. Li, Z. Han, J. Xin, X. Luo, S. Su, and M. Weng, "Transit oriented development among metro station areas in Shanghai, China: Variations, typology, optimization and implications for land use planning," *Land Use Policy*, vol. 82, pp. 269–282, 2019. doi: 10.1016/j.landusepol.2018.12.003.
- [6]. X. Tong, Y. Wang, E. H. Chan, and Q. Zhou, "Correlation between transit-oriented development (TOD), land use catchment areas, and local environmental transformation," *Sustainability*, vol. 10, no. 12, p. 4622, 2018. doi: 10.3390/su10124622.
- [7]. T. Wan, W. Lu, and P. Sun, "Equity impacts of the built environment in urban rail transit station areas from a transit-oriented development perspective: a systematic review," *Environmental Research Communications*, vol. 5, no. 9, p. 092001, 2023. doi: 10.1088/2515-7620/acf8b2.
- [8]. X. Ma, X. Chen, X. Li, C. Ding, and Y. Wang, "Sustainable station-level planning: An integrated transport and land use design model for transit-oriented development," *Journal of Cleaner Production*, vol. 170, pp. 1052–1063, 2018. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.09.182.
- [9]. K. T. K. Nyunt and N. Wongchavalidkul, "Evaluation of relationships between ridership demand and Transit-Oriented Development (TOD) indicators focused on land use density, diversity, and accessibility: A case study of existing metro stations in Bangkok," *Urban Rail Transit*, vol. 6, no. 1, pp. 56–70, 2020. doi: 10.1007/s40864-019-00122-2.
- [10]. V. Arliani, A. Sjafruddin, I. Santoso, and H. Winarso, "Impact of internal accessibility on value creation in transit-oriented development (TOD) area," *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, vol. 25, p. 101106, 2024. doi: 10.1016/j.trip.2024.101106.
- [11]. V. Arliani, A. Sjafruddin, I. Santoso, and H. Winarso, "Accessibility and land use effect of residential area with different TOD typology to value creation," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 1294, no. 1, p. 012006. IOP Publishing, 2024. doi: 10.1088/1755-1315/1294/1/012006.
- [12]. M. Arefi and N. Nasser, "Urban design, safety, livability, & accessibility," *Urban Design International*, vol. 26, no. 1, pp. 1–2, 2021. doi: 10.1057/s41289-021-00155-9.
- [13]. M. Kamruzzaman, D. Baker, S. Washington, and G. Turrell, "Determinants of residential dissonance: Implications for transit-oriented development in Brisbane," *International Journal of Sustainable Transportation*, vol. 10, no. 10, pp. 960–974, 2016. doi: 10.1080/15568318.2016.1191094.
- [14]. A. Conesa, "The accessibility assessment and the regional range of transit-oriented development," *Journal of Transport and Land Use*, vol. 11, no. 1, pp. 119–141, 2018. doi: 10.5198/jtlu.2018.850.
- [15]. E. Papa and L. Bertolini, "Accessibility and transit-oriented development in European metropolitan areas," *Journal of Transport Geography*, vol. 47, pp. 70–83, 2015. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2015.07.003.
- [16]. L. Bertolini, "Spatial development patterns and public transport: the application of an analytical model in the Netherlands," *Planning Practice and Research*, vol. 14, no. 2, pp. 199–210, 1999. doi: 10.1080/02697459915724.
- [17]. R. Cervero and K. Kockelman, "Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design," *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 2, no. 3, pp. 199–219, 1997. doi: 10.1016/S1361-9209(97)00009-6.
- [18]. P. Chorus and L. Bertolini, "An application of the node place model to explore the spatial development dynamics of station areas in Tokyo," *Journal of Transport and Land Use*, vol. 4, no. 1, pp. 45–58, 2011. doi: 10.5198/jtlu.v4i1.145.
- [19]. D. S. Vale, C. M. Viana, and M. Pereira, "The extended node-place model at the local scale: Evaluating the integration of land use and transport for Lisbon's subway network," *Journal of Transport Geography*, vol. 69, pp. 282–293, 2018. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2018.05.004.
- [20]. M. Dou, Y. Wang, and S. Dong, "Integrating network centrality and node-place model to evaluate and classify station areas in Shanghai," *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 10, no. 6, p. 414, 2021. doi: 10.3390/ijgi10060414.
- [21]. H. Wu, J. B. Lee, and D. Levinson, "The node-place model, accessibility, and station level transit ridership," *Journal of Transport Geography*, vol. 113, p. 103739, 2023. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2023.103739.
- [22]. F. Caset, D. S. Vale, and C. M. Viana, "Measuring the accessibility of railway stations in the Brussels Regional Express Network: A node-place modeling approach," *Networks and Spatial Economics*, vol. 18, no. 3, pp. 495–530, 2018. doi: 10.1007/s11067-018-9409-y.
- [23]. M. Kamruzzaman, B. Giles-Corti, J. De Vos, F. Witlox, F. Shatu, and G. Turrell, "The life and death of residential dissonants in transit-oriented development: A discrete time survival analysis," *Journal of Transport Geography*, vol. 90, p. 102921, 2021. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2020.102921.
- [24]. A. Amini Pishro, Q. Yang, S. Zhang, M. Amini Pishro, Z. Zhang, Y. Zhao, ... and W. Li, "Node, place, ridership, and time model for rail-transit stations: A case study," *Scientific Reports*, vol. 12, no. 1, p. 16120, 2022. doi: 10.1038/s41598-022-20209-4.
- [25]. S. Mangu, B. R. Kadali, S. S. Subbarao, and J. J. Lin, "Evaluation of transit-oriented development based on 9D's approach in developing countries context," *Transport Policy*, vol. 163, pp. 138–151, 2025. doi: 10.1016/j.tranpol.2025.01.010.
- [26]. C. Wissler, "The Spearman correlation formula," *Science*, vol. 22, no. 558, pp. 309–311, 1905. doi: 10.1126/science.22.558.309.
- [27]. A. Likas, N. Vlassis, and J. J. Verbeek, "The global k-means clustering algorithm," *Pattern Recognition*, vol. 36, no. 2, pp. 451–461, 2003. doi: 10.1016/S0031-3203(02)00060-2.