

Đánh giá căng thẳng nhiệt và tiếng ồn cảm nhận trong môi trường xây dựng dọc tuyến Metro Bến Thành - Suối Tiên, Thành phố Hồ Chí Minh

Đoàn Diệp Thùy Dương¹, Nguyễn Bình Minh^{1*}, Phạm Chánh Toàn²

¹ Trường Đại học Khoa học Xã hội và Nhân văn, Đại học Quốc gia, Thành phố Hồ Chí Minh

² Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia, Thành phố Hồ Chí Minh

TỪ KHOẢ

Cảm nhận căng thẳng về nhiệt độ
Cảm nhận về tiếng ồn
Môi trường xây dựng
Quy hoạch đô thị
Tuyến metro

TÓM TẮT

Nghiên cứu này đánh giá mức độ căng thẳng cảm nhận do nhiệt độ và tiếng ồn trong môi trường xây dựng, dựa trên khảo sát 150 cư dân và người lao động sinh sống dọc theo tuyến metro Bến Thành - Suối Tiên tại Thành phố Hồ Chí Minh. Sử dụng bảng hỏi có cấu trúc, các chỉ số được xây dựng bao gồm cảm nhận căng thẳng nhiệt độ (PHS), tiếng ồn được cảm nhận (PN) và môi trường xây dựng được cảm nhận (PBE). Phân tích tương quan cho thấy mối liên hệ có ý nghĩa thống kê giữa cảm nhận về nhiệt độ và tiếng ồn, cũng như mối liên hệ của các yếu tố này với các thuộc tính của môi trường xây dựng. Kết quả phân tích phương sai (ANOVA) chỉ ra rằng khả năng tiếp cận không gian xanh yên tĩnh và điều kiện nhà ở có liên quan đến mức độ căng thẳng thấp hơn được cảm nhận. Phân tích phân cụm K-means xác định các nhóm đối tượng khác nhau, đặc trưng bởi các mô hình tiếp xúc và chiến lược ứng phó khác nhau. Kết quả nghiên cứu nhấn mạnh tầm quan trọng của quy hoạch đô thị tích hợp, trong đó đồng thời xem xét các yếu tố liên quan đến nhiệt độ và tiếng ồn, đặc biệt tại các đô thị nhiệt đới đang đô thị hóa nhanh.

KEYWORDS

Perceived thermal stress
Perceived noise stress
Built environment
Urban planning
Metro line

ABSTRACT

This study evaluates levels of heat stress and noise stress in relation to the built environment based on a survey of 150 residents and workers living along the Ben Thanh -Suoi Tien metro line in Ho Chi Minh city. Using a structured questionnaire, indicators were developed for perceived heat stress (PHS), perceived noise (PN), and perceived built environment (PBE). Correlation analysis reveals statistically significant associations between perceptions of heat and noise, as well as their relationships with built environment attributes. Analysis of variance (ANOVA) indicates that access to quiet green spaces and housing conditions plays a moderating role in reducing perceived stress levels. K-means cluster analysis identifies distinct groups of respondents characterized by different exposure patterns and coping strategies. The findings highlight the importance of integrated urban planning approaches that simultaneously consider heat and noise-related factors, particularly in rapidly urbanizing tropical cities.

1. Giới thiệu

Sự phát triển nhanh của các hệ thống giao thông công cộng khối lượng lớn, đặc biệt là các tuyến metro, đang làm thay đổi sâu sắc cấu trúc không gian và điều kiện môi trường sống dọc theo các hành lang đô thị tại nhiều thành phố châu Á. Trong bối cảnh này, phát triển đô thị định hướng giao thông công cộng (Transit-Oriented Development-TOD) không chỉ cải thiện khả năng tiếp cận dịch vụ và giảm phụ thuộc vào phương tiện cá nhân, mà còn ảnh hưởng trực tiếp đến điều kiện và trải nghiệm tiếp xúc của cư dân đối với các tác nhân môi trường, đặc biệt là nhiệt độ cao và tiếng ồn. Trong nghiên cứu này, môi trường xây dựng được hiểu là môi trường sống hàng ngày do con người tạo ra, bao gồm nhà ở, hệ thống giao thông, không gian

công cộng, mảng xanh và các hạ tầng đô thị phục vụ cho sinh hoạt, làm việc và di chuyển của con người, chứ không phải môi trường thi công hay các hoạt động xây dựng công trình [1, 2]. Với cách tiếp cận này, môi trường xây dựng được xem là bối cảnh không gian có khả năng điều tiết cách con người tiếp xúc và trải nghiệm các tác nhân môi trường.

Tại các đô thị nhiệt đới có mật độ cao như Thành phố Hồ Chí Minh, căng thẳng do nhiệt và khó chịu do tiếng ồn là hai tác nhân môi trường nổi bật, thường xuyên xuất hiện đồng thời trong sinh hoạt hằng ngày, nhất là trong quá trình di chuyển và tiếp cận hạ tầng giao thông. Các nghiên cứu về khí hậu đô thị đã chỉ ra vai trò của hiệu ứng đảo nhiệt đô thị và giao thông cơ giới trong việc làm gia tăng tải nhiệt và tiếng ồn [3-5]. Tuy nhiên, bên cạnh các chỉ số đo lường khách

*Liên hệ tác giả: nbminh86@hcmussh.edu.vn

Nhận ngày 22/01/2026, sửa xong ngày 23/02/2026, chấp nhận đăng ngày 24/02/2026

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.02.2026.1232>

quan, ngày càng có nhiều bằng chứng cho thấy cách con người cảm nhận và trải nghiệm các tác nhân này đóng vai trò quan trọng trong việc hình thành phản ứng sức khỏe và hành vi thích ứng. Trong bối cảnh đó, môi trường xây dựng cần được xem xét như một bối cảnh không gian điều tiết trải nghiệm môi trường, bao gồm khả năng tiếp cận không gian xanh yên tĩnh, dịch vụ giao thông công cộng, các tiện ích xã hội và điều kiện nhà ở. Những đặc điểm này có thể làm giảm hoặc khuếch đại tác động của nhiệt độ và tiếng ồn, qua đó ảnh hưởng đến mức độ căng thẳng được cảm nhận và trạng thái sức khỏe tổng quát của cư dân.

Mặc dù mối liên hệ giữa môi trường đô thị, nhiệt độ và tiếng ồn đã được đề cập trong nhiều nghiên cứu trước đây, các bằng chứng thực nghiệm xem xét đồng thời căng thẳng do nhiệt và tiếng ồn được cảm nhận, trong mối liên hệ với các đặc điểm môi trường xây dựng dọc theo các hành lang metro đang vận hành, vẫn còn hạn chế, đặc biệt tại các đô thị đang đô thị hóa nhanh ở Đông Nam Á. Do đó, nghiên cứu này tập trung phân tích căng thẳng do nhiệt và tiếng ồn được cảm nhận của cư dân và người lao động sinh sống, làm việc dọc theo tuyến metro Bến Thành - Suối Tiên, trong mối liên hệ với các thuộc tính môi trường xây dựng được cảm nhận. Thông qua cách tiếp cận này, nghiên cứu nhằm đóng góp thêm bằng chứng về cách các bối cảnh không gian đô thị cụ thể định hình trải nghiệm môi trường của con người trong các hành lang TOD tại đô thị nhiệt đới.

2. Các nghiên cứu trước đây

Nhiệt độ cao và tiếng ồn đô thị từ lâu đã được xác định là các yếu tố môi trường ảnh hưởng đáng kể đến sức khỏe thể chất và tinh thần của cư dân đô thị. Trong lĩnh vực sinh khí hậu đô thị, nhiều nghiên cứu sử dụng các chỉ số như WBGT (nhiệt độ bóng ướt), UTCI (chỉ số khí hậu nhiệt lượng toàn cầu) và PET (nhiệt độ tương đương sinh lý) để định lượng tải nhiệt và đánh giá rủi ro liên quan đến điều kiện khí hậu [6, 7]. Tuy nhiên, các tiếp cận dựa trên đo lường vật lý không phản ánh đầy đủ cách con người trải nghiệm và phản ứng với nhiệt độ trong bối cảnh sinh hoạt hằng ngày. Các nghiên cứu gần đây về căng thẳng do nhiệt được cảm nhận cho thấy mức độ khó chịu và tác động sức khỏe chịu ảnh hưởng mạnh mẽ bởi hoạt động cá nhân, điều kiện nhà ở, khả năng thích ứng và bối cảnh không gian [8].

Tương tự, tiếng ồn đô thị, đặc biệt là tiếng ồn giao thông đã được chứng minh có mối liên hệ với rối loạn giấc ngủ, bệnh tim mạch và suy giảm sức khỏe tâm thần [5, 9, 10]. Bên cạnh các chỉ số cường độ âm thanh, khái niệm tiếng ồn được cảm nhận nhấn mạnh rằng mức độ khó chịu không chỉ phụ thuộc vào mức decibel, mà còn bị chi phối bởi kỳ vọng, hoạt động đang diễn ra và đặc điểm không gian xung quanh [11, 12]. Điều này đặc biệt quan trọng trong các khu vực có hạ tầng giao thông công cộng, nơi cư dân thường xuyên tiếp xúc với nhiều nguồn tiếng ồn khác nhau trong quá trình di chuyển và sinh hoạt.

Trong những năm gần đây, các nghiên cứu môi trường đô thị ngày càng chuyển từ việc xem xét từng tác nhân riêng lẻ sang cách tiếp cận tích hợp, trong đó môi trường xây dựng được coi là bối cảnh

không gian định hình trải nghiệm môi trường của con người. Không gian xanh đô thị, thảm thực vật và mặt nước được chứng minh có khả năng cải thiện cảm nhận vi khí hậu và giảm cảm giác khó chịu do nhiệt [13-15], đồng thời hỗ trợ phục hồi tâm lý và làm dịu cảm nhận về tiếng ồn thông qua các hiệu ứng cảnh quan âm thanh [16-18]. Tuy nhiên, phần lớn các nghiên cứu này vẫn tập trung vào đánh giá tác động chung của không gian xanh, mà chưa làm rõ cách các thuộc tính không gian cụ thể như khả năng tiếp cận, khoảng cách và điều kiện sử dụng, ảnh hưởng đến trải nghiệm hằng ngày của cư dân.

Đối với các hành lang giao thông công cộng, đặc biệt là các tuyến metro mới đi vào vận hành, môi trường xây dựng không chỉ bao gồm hình thái đô thị hay mật độ xây dựng, mà còn bao hàm các điều kiện tiếp cận không gian liên quan đến di chuyển, sinh hoạt và tương tác xã hội. Một số nghiên cứu gần đây đã bắt đầu xem xét mối liên hệ giữa trải nghiệm môi trường và sức khỏe trong bối cảnh giao thông công cộng, cho thấy vai trò của không gian xung quanh nhà ga và hành lang di chuyển trong việc định hình cảm nhận về nhiệt độ và tiếng ồn [12, 19, 20]. Tuy nhiên, các phân tích dựa trên cảm nhận của cư dân tại các đô thị nhiệt đới đang phát triển vẫn còn hạn chế.

Nhìn chung, mặc dù đã có nhiều bằng chứng về tác động của nhiệt độ, tiếng ồn và môi trường xây dựng đối với sức khỏe, vẫn thiếu các nghiên cứu tích hợp xem xét đồng thời căng thẳng do nhiệt và tiếng ồn được cảm nhận trong mối liên hệ với các thuộc tính không gian tiếp cận của môi trường xây dựng, đặc biệt trong bối cảnh các hành lang metro đang vận hành tại các đô thị đang đô thị hóa nhanh. Nghiên cứu hiện tại tiếp cận khoảng trống này bằng cách xem môi trường xây dựng như một yếu tố bối cảnh điều tiết trải nghiệm môi trường, qua đó bổ sung góc nhìn xã hội - không gian cho các nghiên cứu về quy hoạch đô thị định hướng giao thông công cộng.

3. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng bảng hỏi có cấu trúc gồm ba phần: (1) Thông tin nhân khẩu học (giới tính, độ tuổi, trình độ học vấn, nghề nghiệp, tình trạng hôn nhân và thu nhập); (2) Căng thẳng do nhiệt độ và mức độ khó chịu do tiếng ồn (dựa trên các chỉ số đã được thiết lập và điều chỉnh cho phù hợp với bối cảnh địa phương); (3) Các đặc điểm của môi trường xây dựng (khoảng cách tiếp cận đến các yếu tố như nhà ga metro, không gian xanh, dịch vụ, các địa điểm xã hội). Đánh giá về cảm nhận căng thẳng nhiệt độ và tiếng ồn được đánh giá theo thang đo Likert 1-5. Tổng cộng có 150 người từ 18 tuổi trở lên, sinh sống hoặc làm việc dọc theo tuyến metro Bến Thành - Suối Tiên tại Thành phố Hồ Chí Minh đã tham gia khảo sát.

Phạm vi khảo sát được xác định trong bán kính khoảng 400–800 m tính từ các nhà ga dọc tuyến metro Bến Thành – Suối Tiên, phù hợp với phạm vi tiếp cận đi bộ thường được sử dụng trong các nghiên cứu về vùng ảnh hưởng nhà ga giao thông công cộng [26]. Các điểm khảo sát được lựa chọn nhằm đại diện cho các bối cảnh không gian khác nhau như khu dân cư hiện hữu, khu vực thương mại - dịch vụ và các trục giao thông có mật độ cao. Cách tiếp cận này nhằm phân

ánh đa dạng điều kiện tiếp xúc môi trường của cư dân và người lao động dọc hành lang metro.

Dữ liệu được phân tích bằng phần mềm Jamovi phiên bản 2.5.3, sử dụng các phương pháp phân tích tương quan, phân cụm K-means, thống kê mô tả và biểu đồ radar. Bảng hỏi bao gồm mười chỉ báo liên quan đến sức khỏe, được điều chỉnh từ thang đo SF-36 của Ware và Sherbourne (1992) và bộ công cụ WHOQOL (1998) [21, 22]. Trong số các chỉ báo sức khỏe được điều chỉnh từ SF-36 và WHOQOL, nghiên cứu này tập trung vào cảm giác mệt mỏi và sức khỏe tinh thần chung vì đây là hai khía cạnh nhạy cảm nhất với các tác nhân môi trường như nhiệt độ cao và tiếng ồn, đồng thời thường được sử dụng như các chỉ báo tổng hợp trong các nghiên cứu về stress môi trường. Kiểm định chi-bình phương (Chi-square) được sử dụng để đánh giá mối liên hệ giữa các chỉ báo sức khỏe này và các yếu tố cảm nhận. Cuối cùng, ba nhóm chỉ số được xây dựng và sử dụng trong phân tích, bao gồm cảm nhận căng thẳng do nhiệt độ (PHS), tiếng ồn được cảm nhận (PN) và môi trường xây dựng được cảm nhận (PBE). Trong nghiên cứu này, các chỉ báo PBE không nhằm đo lường đặc điểm hình thái khách quan của môi trường xây dựng, mà phản ánh mức độ tiếp cận và thuận tiện được cảm nhận của người tham gia đối với các thành phần không gian quan trọng trong sinh hoạt hằng ngày.

Tại thời điểm khảo sát, tuyến metro đã đi vào vận hành thử nghiệm/vận hành thương mại, do đó người tham gia đã có trải nghiệm thực tế đối với hệ thống giao thông công cộng này. Điều này

giúp đảm bảo tính xác thực của các đánh giá cảm nhận liên quan đến tiếng ồn metro và điều kiện di chuyển bằng phương tiện công cộng.

4. Kết quả

4.1. Thông tin nhân khẩu học

Bảng 2 thể hiện đặc điểm nhân khẩu của 150 người tham gia khảo sát và được đưa vào phân tích. Mẫu nghiên cứu có tỷ lệ nữ (54,7 %) cao hơn nam (45,3 %). Nhóm tuổi 15-24 chiếm tỷ lệ lớn nhất (38,0 %), tiếp theo là nhóm 35-44 (26,0 %), cho thấy mẫu khảo sát chủ yếu thuộc nhóm dân số trẻ và trung niên. Về tình trạng hôn nhân, hơn một nửa người tham gia đã kết hôn (56,0 %), trong khi 40,7 % còn độc thân. Loại hình nhà ở phổ biến nhất là nhà phố hoặc căn hộ chung cư (50,7 %), tiếp theo là nhà ở xã hội hoặc phòng trọ (28,7 %). Trình độ học vấn của người tham gia tương đối đa dạng, trong đó nhóm tốt nghiệp trung học phổ thông chiếm tỷ lệ cao nhất (38,0 %), và khoảng 22,0 % có trình độ đại học trở lên. Nghề nghiệp phân bố khá đồng đều, với nội trợ (32,0 %) và lao động khu vực tư nhân (28,0 %) là hai nhóm chiếm tỷ lệ cao nhất. Thu nhập cá nhân hàng tháng chủ yếu tập trung ở nhóm từ 11-25 triệu đồng (46,0 %). Về thời gian cư trú, hơn một nửa số người tham gia đã sinh sống tại khu vực khảo sát từ 6 năm trở lên (53,4 %). Xe máy là phương tiện di chuyển chính của đa số người tham gia (58,7 %), trong khi tỷ lệ sử dụng xe buýt hoặc metro vẫn còn tương đối thấp (16,7 %).

Bảng 1. Các chỉ báo đánh giá cảm nhận căng thẳng do nhiệt độ, tiếng ồn, và môi trường xây dựng.

Nhóm chỉ báo	Mã	Chỉ báo	Tài liệu tham khảo
Cảm nhận căng thẳng do nhiệt độ (PHS)	PHS1	Cảm nhận về căng thẳng nhiệt độ tổng thể	[8]
	PHS2	Cảm nhận về căng thẳng nhiệt độ tại nhà	[8], [23]
	PHS3	Cảm nhận về căng thẳng nhiệt độ khi lái xe (xe máy, ô tô)	[23], [24]
	PHS4	Cảm nhận về căng thẳng nhiệt độ khi đi bộ	[6], [8]
	PHS5	Cảm nhận về căng thẳng nhiệt độ khi dùng phương tiện giao thông công cộng (xe buýt, metro)	[20], [19]
Cảm nhận về tiếng ồn (PN)	PN1	Tiếng ồn do giao thông do xe máy, ô tô	[5], [11]
	PN2	Tiếng ồn do Metro	[12]
	PN3	Tiếng ồn do các hoạt động thương mại, buôn bán	[10]
	PN4	Tiếng ồn do hoạt động cải tạo, xây sửa	[9]
Cảm nhận về môi trường xây dựng (PBE)	PBE1	Khoảng cách tiếp cận đến các địa điểm xã hội (quán cà phê, nhà hàng, công viên, quảng trường, khu vui chơi, v.v)	[2], [12]
	PBE2	Khoảng cách tiếp cận đến nhà ga metro	[3], [12]
	PBE3	Khoảng cách tiếp cận đến dịch vụ thể thao (sân bóng đá, sân tennis, nhà thi đấu, bể bơi, v.v.)	[2]
	PBE4	Khoảng cách tiếp cận đến không gian xanh yên tĩnh	[13], [25]

Bảng 2. Đặc điểm nhân khẩu học.

Đặc điểm	Nhóm	Số lượng (n)	Tỷ lệ (%)
Giới tính	Nam	68	45,3
	Nữ	82	54,7
Nhóm tuổi	15-24	57	38,0
	25-34	22	14,7
	35-44	39	26,0
	45-54	20	13,3
	≥ 55	12	8,0
Tình trạng hôn nhân	Độc thân	61	40,7
	Đã kết hôn	84	56,0
	Ly hôn	5	3,3
Loại hình nhà ở	Nhà ở xã hội/phòng trọ	43	28,7
	Nhà phố/căn hộ chung cư	76	50,7
	Căn hộ cao cấp/biệt thự	31	20,7
Trình độ học vấn	Tiểu học	11	7,3
	Trung học cơ sở	49	32,7
	Trung học phổ thông	57	38,0
	Đại học	20	13,3
	Sau đại học	13	8,7
Nghề nghiệp	Học sinh/Sinh viên	20	13,3
	Nội trợ	48	32,0
	Viên chức nhà nước	11	7,3
	Nhân viên khu vực tư nhân	42	28,0
	Kinh doanh tự do	28	18,7
Thu nhập cá nhân/tháng	Dưới 5 triệu đồng	31	20,7
	5-10 triệu đồng	50	33,3
	11-25 triệu đồng	69	46,0
Thời gian cư trú	Dưới 1 năm	31	20,7
	1-5 năm	39	26,0
	6-10 năm	46	30,7
	Trên 10 năm	34	22,7
Phương tiện di chuyển chính	Xe buýt/Metro	25	16,7
	Xe máy	88	58,7
	Ô tô	37	24,7

4.2. Cảm nhận về căng thẳng do nhiệt độ, tiếng ồn và môi trường xây dựng

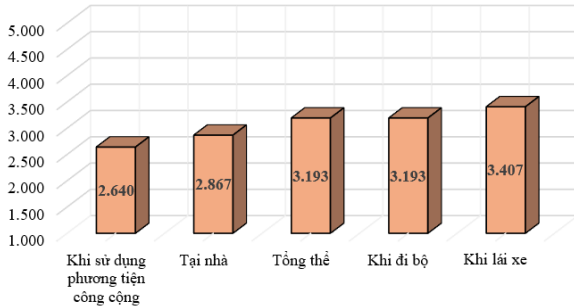
Kết quả (Hình 1) cho thấy giá trị trung bình của cảm nhận mức độ căng thẳng do nhiệt độ dao động từ 2,640 đến 3,407 trên thang đo 1-5. Cụ thể, căng thẳng do nhiệt độ khi di chuyển bằng xe máy/ô tô (PHS3) có giá trị trung bình cao nhất (M = 3,407), phản ánh tác động rõ rệt của điều kiện nhiệt trong quá trình di chuyển. Điều này cho thấy các không gian di chuyển dọc theo hành lang metro, đặc biệt là các trục đường tiếp cận nhà ga, vẫn phụ thuộc nhiều vào phương tiện cá nhân và thiếu các giải pháp che bóng hoặc điều tiết vi khí hậu,

khiến trải nghiệm nhiệt ngoài trời trở nên căng thẳng hơn. Tiếp theo là căng thẳng do nhiệt độ khi đi bộ (M = 3,193) và căng thẳng do nhiệt độ tổng thể được cảm nhận (M = 3,193). Các giá trị trung bình thấp nhất được ghi nhận đối với căng thẳng do nhiệt độ khi sử dụng giao thông công cộng (M = 2,640) và tại nhà (M = 2,867), cho thấy mức độ căng thẳng về nhiệt giảm trong các bối cảnh có che chắn hoặc trong không gian trong nhà.

Giá trị trung bình của cảm nhận về tiếng ồn (Hình 2) dao động từ 2,973 đến 3,947. Trong đó, tiếng ồn từ xe máy và ô tô (PN1) được đánh giá cao nhất (M = 3,947), khẳng định đây là nguồn gây nhiễu

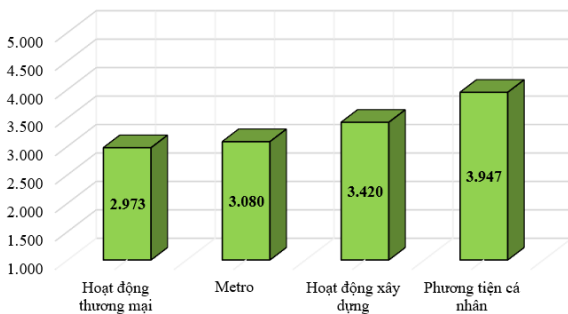
chính trong môi trường đô thị. Tiếng ồn từ hoạt động sửa chữa/xây dựng (PN4) và từ tuyến metro (PN2) có giá trị trung bình ở mức trung bình (lần lượt là $M = 3,420$ và $M = 3,080$). Tiếng ồn từ các hoạt động thương mại, buôn bán (PN3) có giá trị thấp nhất ($M = 2,973$).

Căng thẳng nhiệt cảm nhận



Hình 1. Cảm nhận về căng thẳng nhiệt trong đô thị.

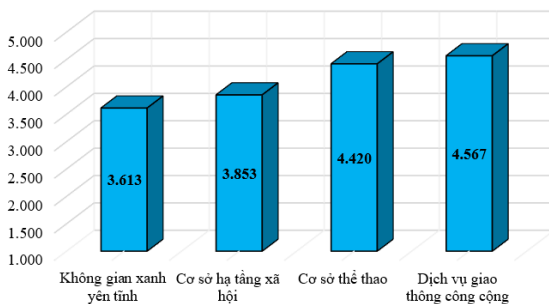
Tiếng ồn cảm nhận



Hình 2. Cảm nhận về tiếng ồn trong đô thị.

Đối với cảm nhận về môi trường xây dựng (Hình 3), các giá trị trung bình dao động từ 3,613 đến 4,567, cao hơn so với các chỉ số PHS và PN. Dịch vụ giao thông công cộng (PBE2) được đánh giá cao nhất ($M = 4,567$), tiếp theo là các cơ sở thể thao (PBE3, $M = 4,420$). Các tiện ích xã hội (PBE1, $M = 3,853$) và không gian xanh yên tĩnh (PBE4, $M = 3,613$) có mức đánh giá thấp hơn tương đối, tuy nhiên vẫn nằm ở mức tích cực.

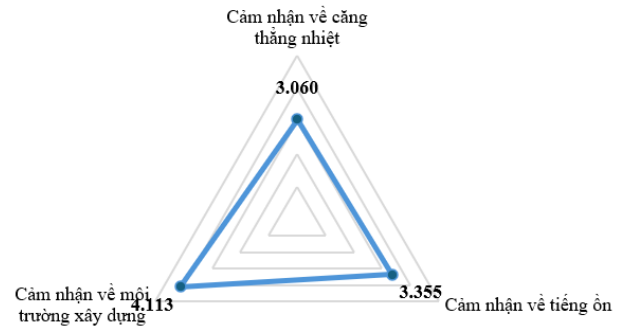
Môi trường xây dựng cảm nhận



Hình 3. Cảm nhận về môi trường xây dựng trong đô thị.

Kết quả biểu đồ radar (Hình 4) cho thấy môi trường xây dựng được cảm nhận ($M = 4,113$) đạt điểm trung bình cao nhất, phản ánh mức độ hài lòng tương đối với hạ tầng. Cảm nhận về tiếng ồn ($M = 3,355$) vẫn là mối quan ngại đáng kể, trong khi căng thẳng do nhiệt độ ($M = 3,060$) ở mức trung bình nhưng tập trung chủ yếu trong các hoạt động ngoài trời. Sự khác biệt này cho thấy mặc dù hạ tầng và dịch vụ đô thị dọc theo tuyến metro được đánh giá tích cực, các cải thiện về khả năng tiếp cận chưa đồng nghĩa với việc giảm thiểu các tác nhân gây căng thẳng môi trường trong sinh hoạt hằng ngày. Điều này phản ánh khoảng cách giữa phát triển hạ tầng giao thông và chất lượng trải nghiệm vi khí hậu và tiếng ồn tại cấp độ người sử dụng.

Giá trị cảm nhận trung bình



Hình 4. Giá trị cảm nhận trung bình.

4.3. Phân tích tương quan

Các chỉ số cảm nhận về căng thẳng do nhiệt độ (PHS) có mối tương quan dương mạnh và có ý nghĩa thống kê ($p < 0,01$). Cụ thể, PHS3 (khi di chuyển bằng xe máy/ô tô) có tương quan với PHS4 (khi đi bộ) ($r = 0,604$) và PHS2 (tại nhà) ($r = 0,548$). PHS4 và PHS5 (khi sử dụng giao thông công cộng) cũng có mối liên hệ chặt chẽ ($r = 0,646$). Nhìn chung, các mối tương quan dương từ mức trung bình đến mạnh đã được ghi nhận ($p < 0,01$).

PHS1 (cảm nhận căng thẳng do nhiệt độ tổng thể) có tương quan với PN1 (tiếng ồn giao thông) ($r = 0,718$) và PN2 (tiếng ồn từ tuyến metro) ($r = 0,721$), trong khi PHS3 có tương quan mạnh với PN4 (tiếng ồn từ hoạt động xây dựng) ($r = 0,833$). Các chỉ số tiếng ồn được cảm nhận có mối tương quan cao với nhau, với hệ số tương quan trong khoảng $r \approx 0,48-0,83$. Mối tương quan mạnh nhất được ghi nhận giữa PN3 (tiếng ồn từ hoạt động thương mại) và PN4 (tiếng ồn từ hoạt động xây dựng) ($r = 0,594$).

Các chỉ số cảm nhận về môi trường xây dựng (PBE) thể hiện mối liên hệ yếu hơn với PHS và PN. Đáng chú ý, PBE4 (khả năng tiếp cận không gian xanh yên tĩnh) có tương quan yếu nhưng có ý nghĩa thống kê với PHS3 ($r = 0,237$) và PN4 ($r = 0,192$). PBE2 (khả năng tiếp cận dịch vụ giao thông công cộng) có mối tương quan ở mức trung bình với PN1 (tiếng ồn giao thông) ($r = 0,469$). Mặc dù các hệ số tương quan giữa PBE và các chỉ số căng thẳng chỉ ở mức yếu, kết

quả này vẫn có ý nghĩa trong bối cảnh nghiên cứu cảm nhận, vì chúng phản ánh xu hướng nhất quán ở cấp độ quần thể thay vì mối quan hệ nhân quả trực tiếp ở cấp độ cá nhân.

4.4. Phân tích phương sai một yếu tố (One-way ANOVA)

Kết quả Bảng 3 cho thấy việc áp dụng phân tích phương sai một yếu tố (One-way ANOVA) với PBE4 (khoảng cách tới không gian xanh yên tĩnh) làm biến phân nhóm cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống

kê giữa các nhóm đối với tám chỉ tiêu ($p < 0,05$), bao gồm: PHS1 ($p = 0,008$), PHS3 ($p = 0,003$), PHS4 ($p = 0,048$), PHS5 ($p = 0,010$), PN1 ($p = 0,040$), PN2 ($p = 0,021$), PN3 ($p = 0,043$) và PN4 ($p = 0,018$). Chỉ có PHS2 (cảm nhận về căng thẳng nhiệt độ tại nhà) không đạt mức ý nghĩa thống kê ở ngưỡng 0,05 ($p = 0,070$). PHS2 không đạt ý nghĩa thống kê cho thấy không gian xanh yên tĩnh chủ yếu phát huy vai trò trong hoạt động ngoài trời và di chuyển, thay vì môi trường trong nhà, nơi các yếu tố như che chắn và điều hòa vi khí hậu quan trọng hơn.

Tương quan	PHS1	PHS2	PHS3	PHS4	PHS5	PN1	PN2	PN3	PN4	PBE1	PBE2	PBE3	PBE4
PHS1	1												
PHS2	0.498**	1											
PHS3	0.618**	0.548**	1										
PHS4	0.689**	0.541**	0.604**	1									
PHS5	0.605**	0.539**	0.529**	0.646**	1								
PN1	0.718**	0.554**	0.672**	0.676**	0.371**	1							
PN2	0.721**	0.692**	0.572**	0.585**	0.578**	0.683**	1						
PN3	0.483**	0.565**	0.545**	0.534**	0.618**	0.483**	0.523**	1					
PN4	0.570**	0.561**	0.833**	0.686**	0.570**	0.620**	0.532**	0.594**	1				
PBE1	0.044	-0.069	-0.03	-0.018	-0.03	-0.022	-0.068	0.109	-0.037	1			
PBE2	-0.019	-0.16	-0.108	-0.073	-0.096	-0.085	-0.122	0.034	-0.171	0.469**	1		
PBE3	0.067	0.054	0.058	0.083	0.051	0.075	-0.089	0.12	0.06	0.329**	0.241*	1	
PBE4	0.215*	0.149	0.237*	0.162*	0.211*	0.168*	0.188*	0.166*	0.192*	0.318**	0.154	0.093	1

Ghi chú: *p-value < 0.05; **p-value < 0.001

Hình 5. Phân tích tương quan giữa cảm nhận về căng thẳng nhiệt, tiếng ồn và môi trường xây dựng.

Bảng 3. Phân tích phương sai một chiều (One-way ANOVA) về cảm nhận căng thẳng do nhiệt, tiếng ồn và khoảng cách đến không gian xanh yên tĩnh.

ANOVA		Tổng bình phương	df	Bình phương trung bình	F	Sig. (giá trị p)
PHS1	Giữa các nhóm	6,506	1	6,506	7,139	0,008
	Trong nhóm	134,887	148	0,911		
	Tổng	141,393	149			
PHS2	Giữa các nhóm	2,414	1	2,414	3,341	0,070
	Trong nhóm	106,919	148	0,722		
	Tổng	109,333	149			
PHS3	Giữa các nhóm	8,694	1	8,694	8,844	0,003
	Trong nhóm	145,499	148	0,983		
	Tổng	154,193	149			
PHS4	Giữa các nhóm	3,535	1	3,535	3,967	0,048
	Trong nhóm	131,859	148	0,891		
	Tổng	135,393	149			
PHS5	Giữa các nhóm	6,427	1	6,427	6,886	0,010
	Trong nhóm	138,133	148	0,933		
	Tổng	144,560	149			
PN1	Giữa các nhóm	3,985	1	3,985	4,287	0,040
	Trong nhóm	137,588	148	0,930		
	Tổng	141,573	149			
PN2	Giữa các nhóm	4,491	1	4,491	5,424	0,021
	Trong nhóm	122,549	148	0,828		
	Tổng	127,040	149			

ANOVA		Tổng bình phương	df	Bình phương trung bình	F	Sig. (giá trị p)
PN3	Giữa các nhóm	3,072	1	3,072	4,178	0,043
	Trong nhóm	108,822	148	0,735		
	Tổng	111,893	149			
PN4	Giữa các nhóm	5,797	1	5,797	5,691	0,018
	Trong nhóm	150,743	148	1,019		
	Tổng	156,540	149			

4.5. Kiểm định Chi-bình phương

Bảng 4. Kiểm định Chi-bình phương giữa các yếu tố nhận thức và triệu chứng sức khỏe.

Yếu tố cảm nhận	Triệu chứng sức khỏe	Chi-bình phương	Giá trị p
Cảm nhận căng thẳng do nhiệt độ			
Khi di chuyển (xe máy/ô tô)	Cảm giác mệt mỏi	31,555	0,011
Khi sử dụng giao thông công cộng		27,671	0,035
Tại nhà		23,723	0,096
Tại nhà	Sức khỏe tâm thần chung	23,795	0,094

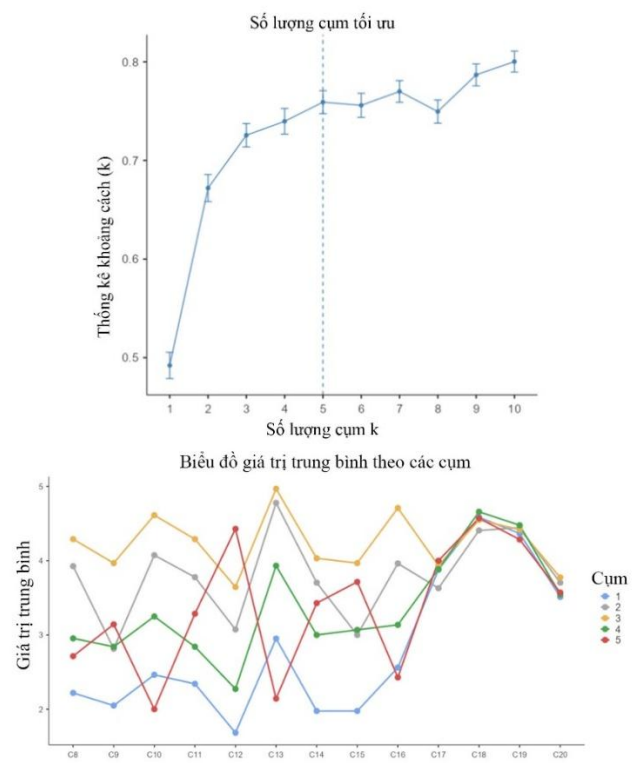
Bảng 4 trình bày mối liên hệ giữa cảm nhận về căng thẳng do nhiệt độ (PHS) và các triệu chứng sức khỏe. Căng thẳng do nhiệt độ khi di chuyển (PHS3) có mối liên hệ có ý nghĩa thống kê với cảm giác mệt mỏi ($\chi^2 = 31,555$; $p = 0,011$). Căng thẳng do nhiệt độ khi sử dụng giao thông công cộng (PHS5) cũng liên quan đến cảm giác mệt mỏi ($\chi^2 = 27,671$; $p = 0,035$). Tại nhà (PHS2), các mối liên hệ tiềm năng được ghi nhận với cảm giác mệt mỏi ($\chi^2 = 23,723$; $p = 0,096$) và sức khỏe tâm thần chung ($\chi^2 = 23,795$; $p = 0,094$), cho thấy khả năng tồn tại các tác động trong không gian trong nhà ở ngưỡng ý nghĩa mở rộng ($p < 0,1$).

4.6. Phân tích phân cụm

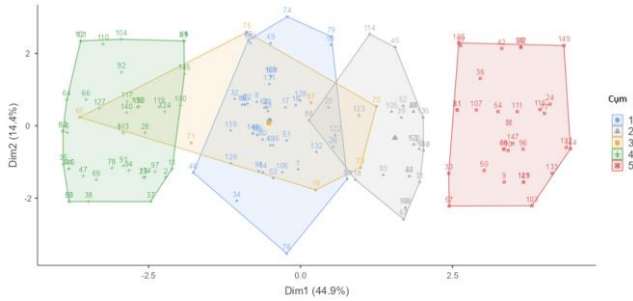
Kết quả phân tích phân cụm K-means cho thấy, với 150 quan sát, số lượng cụm tối ưu là năm, như được thể hiện trong Hình 6 dưới đây. Số lượng cụm được xác định dựa trên phương pháp Elbow kết hợp với tổng bình phương sai số trong cụm (Within-cluster Sum of Squares - WSS). Kết quả cho thấy sau ngưỡng 5 cụm, mức giảm WSS không còn đáng kể, cho thấy đây là số cụm tối ưu. Việc lựa chọn 5 cụm cũng đảm bảo tính diễn giải xã hội - không gian hợp lý giữa các nhóm trải nghiệm môi trường khác nhau dọc theo hành lang metro.

Trên cơ sở năm cụm được xác định, các hồ sơ đặc trưng khác biệt đã được nhận diện. Cụm 1 thể hiện mức cảm nhận về tiếng ồn (PN) ở mức trung bình (khoảng 3,0-3,9) và cảm nhận về môi trường xây dựng (PBE) tương đối cao (khoảng 3,5-4,6), trong khi cảm nhận căng thẳng do nhiệt độ (PHS) ở mức thấp (khoảng 2,3-3,2), cho thấy mức độ căng thẳng do nhiệt độ tương đối hạn chế nhưng vẫn tồn tại cảm nhận đáng kể về tiếng ồn và môi trường xây dựng. Cụm 2 có PHS ở mức thấp đến trung bình (khoảng 2,0-4,4), với một đỉnh nổi bật tại PHS5 = 4,429, phản ánh mức độ nhạy cảm cao hơn đối với căng

thẳng do nhiệt độ trong bối cảnh sử dụng giao thông công cộng. Cụm 3 ghi nhận mức cao nhất của cả PHS và PN (khoảng 3,6-4,9), qua đó xác định đây là nhóm chịu tác động mạnh nhất. Cụm 4 có giá trị thấp nhất trên tất cả các biến (khoảng 1,7-2,9), đại diện cho nhóm ít bị ảnh hưởng nhất. Cụm 5 kết hợp mức PHS và PN tương đối cao (khoảng 3,0-4,7) với mức PBE thấp hơn tương đối (khoảng 3,6-4,4).



Hình 6. Số lượng cụm tối ưu và các giá trị trung bình của các cụm.



Hình 7. Biểu đồ phân cụm các chỉ số căng thẳng do nhiệt độ, tiếng ồn và môi trường xây dựng.

Các hồ sơ giá trị trung bình (Hình 7) cho thấy Cụm 3 và Cụm 5 luôn nằm cao hơn so với các cụm còn lại, trong khi Cụm 4 có giá trị thấp nhất. Bản đồ phân cụm (Hình 6) thể hiện sự phân tách rõ ràng giữa các cụm, đặc biệt là giữa Cụm 3 (màu đỏ) và Cụm 4 (màu xanh lá); trong đó Dim1 và Dim2 lần lượt giải thích 44,9 % và 14,4 % phương sai của dữ liệu.

5. Thảo luận

Nghiên cứu phân tích căng thẳng do nhiệt và tiếng ồn được cảm nhận của cư dân và người lao động dọc theo tuyến metro Bến Thành – Suối Tiên trong mối liên hệ với môi trường xây dựng. Kết quả cho thấy mức độ căng thẳng môi trường không đồng nhất giữa các bối cảnh hoạt động và giữa các nhóm người sử dụng, qua đó nhấn mạnh vai trò của điều kiện không gian và khả năng tiếp cận trong việc định hình trải nghiệm môi trường đô thị.

Căng thẳng nhiệt cao nhất trong các hoạt động di chuyển ngoài trời, đặc biệt khi sử dụng phương tiện cá nhân, trong khi mức độ này thấp hơn tại nhà và khi sử dụng giao thông công cộng. Đối với tiếng ồn, giao thông đường bộ vẫn là nguồn gây khó chịu nổi trội, trong khi tiếng ồn từ metro được đánh giá ở mức trung bình. Khả năng tiếp cận không gian xanh yên tĩnh có liên hệ với mức độ căng thẳng nhiệt và tiếng ồn thấp hơn trong nhiều bối cảnh hoạt động.

Kết quả phân cụm K-means xác định năm nhóm trải nghiệm môi trường khác nhau, phản ánh các mô hình tiếp xúc và mức độ nhạy cảm không đồng đều giữa các nhóm cư dân dọc hành lang metro.

5.1. Hàm ý quy hoạch và thiết kế đô thị

Mức căng thẳng nhiệt cao trong bối cảnh di chuyển ngoài trời cho thấy cần cải thiện điều kiện vi khí hậu tại các không gian tiếp cận nhà ga và các trục đi bộ chính. Các giải pháp như tầng che bóng, bổ sung cây xanh và tổ chức mái che liên tục có thể góp phần giảm mức độ căng thẳng nhiệt được cảm nhận.

Vai trò của không gian xanh yên tĩnh trong việc giảm căng thẳng nhiệt và tiếng ồn cho thấy cần tích hợp các không gian này vào cấu trúc TOD trong bán kính đi bộ từ nhà ga.

Sự tồn tại của năm cụm trải nghiệm môi trường khác nhau gợi

ý rằng thiết kế đô thị quanh nhà ga metro không nên áp dụng một mô hình đồng nhất. Các phát hiện này có thể được cụ thể hóa trong các quy định thiết kế như: (i) tăng tỷ lệ che phủ cây xanh trong khu vực tiếp cận; (ii) đảm bảo liên tục không gian đi bộ có mái che; và (iii) kiểm soát giao thông cơ giới trong phạm vi gần nhà ga.

5.2. Hàm ý chính sách và quản lý đô thị

Kết quả cho thấy việc xem xét đồng thời căng thẳng nhiệt và tiếng ồn dưới góc độ cảm nhận, trong mối liên hệ với môi trường xây dựng, cung cấp thêm cơ sở cho hoạch định chính sách đô thị trong bối cảnh phát triển TOD.

Việc tiếng ồn từ metro được đánh giá thấp hơn tiếng ồn giao thông đường bộ cho thấy giao thông công cộng có tiềm năng cải thiện trải nghiệm môi trường tổng thể. Kết quả này có thể được sử dụng như bằng chứng hỗ trợ các chính sách khuyến khích chuyển đổi từ phương tiện cá nhân sang phương tiện công cộng nhằm giảm căng thẳng môi trường tích lũy trong sinh hoạt hằng ngày.

Nghiên cứu còn giới hạn về quy mô mẫu và phạm vi khảo sát trong một hành lang metro. Các nghiên cứu tiếp theo nên mở rộng phạm vi và kết hợp thêm các phương pháp đo lường khách quan để tăng tính khái quát.

6. Kết luận

Nghiên cứu này đã làm rõ mối liên hệ giữa căng thẳng nhiệt, tiếng ồn và môi trường xây dựng được cảm nhận dọc theo hành lang metro Bến Thành - Suối Tiên trong bối cảnh phát triển đô thị định hướng giao thông công cộng tại TP.HCM. Kết quả cho thấy trải nghiệm môi trường của cư dân và người lao động không đồng nhất mà phụ thuộc đáng kể vào bối cảnh hoạt động và điều kiện tiếp cận không gian. Căng thẳng nhiệt được ghi nhận cao nhất trong các hoạt động di chuyển ngoài trời, đặc biệt khi sử dụng phương tiện cá nhân, trong khi tiếng ồn giao thông đường bộ vẫn là nguồn gây khó chịu nổi trội. Ngược lại, khả năng tiếp cận không gian xanh yên tĩnh có liên hệ với mức độ căng thẳng thấp hơn trong nhiều bối cảnh. Phân tích phân cụm xác định sự tồn tại của các nhóm trải nghiệm môi trường khác nhau, qua đó nhấn mạnh tính đa dạng trong mức độ tiếp xúc và phản ứng đối với các tác nhân môi trường ở cấp độ người sử dụng. Việc xem xét đồng thời nhiệt và tiếng ồn dưới góc độ cảm nhận góp phần bổ sung cho các đánh giá kỹ thuật truyền thống và cung cấp cơ sở thực nghiệm cho việc tích hợp yếu tố vi khí hậu và âm thanh trong quy hoạch các hành lang TOD.

Tài liệu tham khảo

[1]. S. L. Handy, M. G. Boarnet, R. Ewing, and R. E. Killingsworth, "How the built environment affects physical activity: views from urban planning," *American Journal of Preventive Medicine*, vol. 23, no. 2, pp. 64-73, 2002.

- [2]. World Health Organization (WHO), *Urban Green Spaces and Health: A Review of Evidence*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2016.
- [3]. European Environment Agency (EEA), "Exposure of Europe's population to environmental noise," Sep. 25, 2024. [Trực tuyến]. Địa chỉ: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/exposure-of-europe-population-to-noise> [Truy cập: 01/10/2025].
- [4]. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report*. Cambridge, UK and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2021.
- [5]. World Health Organization (WHO), *Environmental Noise Guidelines for the European Region*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2018.
- [6]. K. Blazejczyk, Y. Epstein, G. Jendritzky, H. Staiger, and B. Tinz, "Comparison of UTCI to selected thermal indices," *International Journal of Biometeorology*, vol. 56, no. 3, pp. 515-535, 2012.
- [7]. A. Matzarakis, H. Mayer, and M. G. Iziomon, "Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature," *International Journal of Biometeorology*, vol. 43, no. 2, pp. 76-84, 1999.
- [8]. T. Kunz-Plapp, J. Hackenbruch, and J. W. Schipper, "Factors of subjective heat stress of urban citizens in contexts of everyday life," *Natural Hazards and Earth System Sciences*, vol. 16, no. 4, pp. 977-994, 2016.
- [9]. H. Héritier et al., "The association between road traffic noise exposure, annoyance and health-related quality of life (HRQOL)," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 11, no. 12, pp. 12652-12667, 2014.
- [10]. E. van Kempen and W. Babisch, "The quantitative relationship between road traffic noise and hypertension: a meta-analysis," *Journal of Hypertension*, vol. 30, no. 6, pp. 1075-1086, 2012.
- [11]. R. Guski, D. Schreckenberger, and R. Schuemer, "WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and annoyance," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 14, no. 12, p. 1539, 2017.
- [12]. J. Ma, C. Li, M.-P. Kwan, and Y. Chai, "A multilevel analysis of perceived noise pollution, geographic contexts and mental health in Beijing," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 15, no. 7, p. 1479, 2018.
- [13]. D. E. Bowler, L. Buyung-Ali, T. M. Knight, and A. S. Pullin, "Urban greening to cool towns and cities: a systematic review of the empirical evidence," *Landscape and Urban Planning*, vol. 97, no. 3, pp. 147-155, 2010.
- [14]. N.-T. Son, C.-F. Chen, C.-R. Chen, B.-X. Thanh, and T.-H. Vuong, "Assessment of urbanization and urban heat islands in Ho Chi Minh City, Vietnam using Landsat data," *Sustainable Cities and Society*, vol. 30, pp. 150-161, 2017.
- [15]. T. R. Oke, "The energetic basis of the urban heat island," *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 108, no. 455, pp. 1-24, 1982.
- [16]. L. Deng et al., "Effects of integration between visual stimuli and auditory stimuli on restorative potential and aesthetic preference in urban green spaces," *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 53, p. 126702, 2020.
- [17]. Y. Zhang and J. Kang, "Effects of soundscape on the environmental restoration in urban natural environments," *Noise & Health*, vol. 19, no. 87, pp. 65-72, 2017.
- [18]. W. Zhao, H. Li, X. Zhu, and T. Ge, "Effect of birdsong soundscape on perceived restorativeness in an urban park," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 17, no. 16, p. 5659, 2020.
- [19]. T. Zou, J. Guan, Y. Wang, F. Zheng, Y. Lin, and Y. Zhao, "Research on the thermal comfort experience of metro passengers under sustainable transportation: theory of stimulus-organism-response integration with a technology acceptance model," *Sustainability*, vol. 17, no. 1, p. 362, 2025.
- [20]. Y. Dzyuban, D. M. Hondula, P. J. Coseo, and C. L. Redman, "Public transit infrastructure and heat perceptions in hot and dry climates," *International Journal of Biometeorology*, vol. 66, no. 2, pp. 345-356, 2022.
- [21]. A. Harper, M. Power, and The WHOQOL Group, "Development of the World Health Organization WHOQOL-BREF quality of life assessment," *Psychological Medicine*, vol. 28, no. 3, pp. 551-558, 1998.
- [22]. J. E. Ware Jr. and C. D. Sherbourne, "The MOS 36-item short-form health survey (SF-36)," *Medical Care*, vol. 30, no. 6, pp. 473-483, 1992.
- [23]. R. S. Kovats and S. Hajat, "Heat stress and public health: a critical review," *Annual Review of Public Health*, vol. 29, pp. 41-55, 2008.
- [24]. T. Kjellstrom, I. Holmer, and B. Lemke, "Workplace heat stress, health and productivity - an increasing challenge for low and middle-income countries during climate change," *Global Health Action*, vol. 2, no. 1, p. 2047, 2009.
- [25]. F. Aletta, T. Oberman, and J. Kang, "Associations between positive health-related effects and soundscapes perceptual constructs: a systematic review," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 15, no. 11, p. 2392, 2018.
- [26]. D. Guerra, R. Cervero, and D. Tischler, "The Half-Mile Circle: Does It Best Represent Transit Station Catchments?" *Transportation Research Record*, no. 2276, pp. 101-109, 2012.