

ĐÁNH GIÁ TIỆN NGHI NHIỆT TẠI TRƯỜNG ĐẠI HỌC TRÀ VINH

EVALUATION OF TEMPERATURE COMFORTS AT TRA VINH UNIVERSITY

Nguyễn Minh Hòa

Trường Đại học Trà Vinh; hoatvu@tvu.edu.vn

Tóm tắt - Bài báo này trình bày kết quả khảo sát và đánh giá tiện nghi nhiệt ở chế độ thông gió tự nhiên và điều hoà trong các phòng học và phòng làm việc ở Trường Đại học Trà Vinh. Nhiệt độ tiện nghi khách quan được đánh giá theo công thức bình chọn trung bình dự báo (PMV) truyền thống và hiệu chỉnh mới nhất. Kết quả khảo sát cho thấy, có sự khác biệt của nhiệt độ tiện nghi, nhiệt độ ưa thích giữa chế độ thông gió tự nhiên và chế độ điều hoà, giữa buổi sáng và buổi chiều, giữa chủ quan và khách quan. Ngoài ra, thông qua công thức PMV hiệu chỉnh mới nhất, khoảng cách giữa nhiệt độ tiện nghi khách quan và chủ quan được rút ngắn so với các nghiên cứu trước đó tại Đà Nẵng và Thành phố Hồ Chí Minh. Kết quả nghiên cứu còn cho thấy, các phòng học thông gió tự nhiên không thoả mãn nhiệt độ tiện nghi theo yêu cầu của người học.

Từ khóa - Khảo sát; tiện nghi nhiệt khách quan; tiện nghi nhiệt chủ quan; chỉ số dự đoán trung bình theo phiếu đánh giá-PMV; nhiệt độ tiện nghi.

1. Giới thiệu

Tiện nghi nhiệt là một yếu tố quan trọng trong xây dựng và khai thác các toà nhà. Tiện nghi nhiệt phụ thuộc vào ba yếu tố chính: Trang phục, điều kiện vi khí hậu (nhiệt độ, độ ẩm, tốc độ gió), và các hoạt động vật lý của con người. Tiện nghi nhiệt ảnh hưởng đến sức khoẻ và hiệu suất làm việc của con người. Vì vậy, đảm bảo tiện nghi nhiệt trong các công trình/ toà nhà, đặc biệt là các cơ sở giáo dục, là một trong những yêu cầu quan trọng. Trước đây đã có nhiều nghiên cứu khảo sát và đánh giá tiện nghi nhiệt trong các trường học [1-7]. Tuy nhiên, do các trường học phân bố trên các vùng địa lý khác nhau, có điều kiện khí hậu và xây dựng khác nhau nên nhiệt độ tiện nghi cũng khác nhau (xem Bảng 1). Vì vậy không thể xác định chính xác nhiệt độ tiện nghi tại một vị trí địa lý nhất định nếu không thực hiện khảo sát và thu thập dữ liệu tại đó.

Bảng 1. Nhiệt độ tiện nghi từ các nghiên cứu tương tự

Bài báo	Vị trí địa lý	Thông gió	Mẫu khảo sát	Nhiệt độ tiện nghi
[4]	Singapore	Tự nhiên	506	28,8 °C
[1]	Đà Nẵng	Tự nhiên	1850	28,1 °C
[2]	TPHCM	Tự nhiên	472	29,4 °C
[3]	TPHCM	Tự nhiên	463	30,0 °C

Hiện nay, có ba nghiên cứu tiêu biểu về tiện nghi ở các trường học trong nước [1-3]. Công trình [1] được thực hiện tại Đại học Đà Nẵng với quy mô khảo sát tương đối lớn. Tuy nhiên, tác giả [1] chỉ mới tìm được tiện nghi nhiệt chủ quan thông qua phân tích các phiếu khảo sát. Hai nghiên cứu tương tự, [2] và [3] được thực hiện tại hai trường đại học ở thành phố Hồ Chí Minh. Hai nghiên cứu này đã xác định được cả mức tiện nghi nhiệt chủ quan và khách quan thông qua dữ liệu khảo sát và chỉ số dự đoán trung bình theo phiếu đánh giá (PMV). Tuy nhiên, do sử dụng mô hình PMV truyền thống nên kết quả tính toán còn hạn chế về độ

Abstract - This article presents survey results and evaluation of temperature comforts for naturally ventilated classrooms and air-conditioned offices at Tra Vinh University. The objective comfort temperatures were evaluated via the conventional and recently adjusted Predicted Mean Vote (PMV) formulas. The survey results show that, there are discrepancies in comfort and preferred temperatures between naturally ventilated and air-conditioned modes, morning and afternoon, objective and subjective states. In addition, thanks to the application of the recently adjusted PMV, the gap between objective and subjective comfort temperatures has been bridged compared to previous research works in Da Nang and Ho Chi Minh City. The study also indicates that, none of the naturally ventilated classrooms meets students' requirements for comfort temperatures.

Key words - Field survey; objective temperature comfort; subjective temperature comfort; predicted mean vote (PMV) index; comfort temperature.

chính xác. Hạn chế trên đã được khắc phục trong nghiên cứu này bằng cách áp dụng mô hình PMV hiệu chỉnh mới nhất [14] được đề xuất trong năm 2020 với độ chính xác cao hơn. Ngoài ra, nghiên cứu còn khảo sát tính toán tiện nghi nhiệt cho cả các phòng thông gió tự nhiên và các phòng có điều hoà không khí theo các buổi trong ngày, từ đó đề xuất các cải tiến về tiện nghi nhiệt.

2. Phương pháp đo và khảo sát

2.1. Khí hậu tại Trà Vinh

Trà Vinh là một trong 13 tỉnh thuộc khu vực Đồng bằng Sông Cửu Long. Khí hậu nóng ẩm với nhiệt độ trung bình thấp nhất và cao nhất trong năm thường dao động từ 23 – 33°C, độ ẩm trung bình trong năm khoảng 72%. Trường Đại học Trà Vinh nằm trong địa bàn thành phố Trà Vinh với khuôn viên gồm nhiều tòa nhà văn phòng và lớp học được bao phủ bởi nhiều cây xanh. Phía Bắc và Tây của trường nằm gần kênh thủy lợi và sông Long Bình.

2.2. Đối tượng khảo sát

Đối tượng khảo sát là các viên chức làm việc trong các tòa nhà văn phòng, sinh viên, và học sinh Trường Thực hành Sư phạm trực thuộc Trường Đại học Trà Vinh. Số lượng và độ tuổi của các đối tượng khảo sát được cho trong Bảng 2.

Bảng 2. Đối tượng khảo sát

Đối tượng	Độ tuổi	Số lượng
Sinh viên	18 - 22	226
Học sinh	11- 15	212
Viên chức	22 - 60	82
Tổng		520

2.3. Phương pháp đo

Để thu thập dữ liệu đo lường dùng cho tính toán tiện nghi chủ quan và khách quan, bốn thông số vi khí hậu cần đo như sau: Nhiệt độ không khí (t_a), nhiệt độ bức xạ trung bình (t_r),

độ ẩm không khí (RH), tốc độ gió (V_a). Các thiết bị đo được sử dụng là: HT-9829 và Tenmars TM-182. Thông số của các thiết bị được trình bày trong Bảng 3. Các thiết bị được đặt tại giữa lớp học hoặc các phòng làm việc để thu thập dữ liệu.

Bảng 3. Thông số các thiết bị đo

Thông số đo	Khoảng đo; Độ phân giải; Độ chính xác
Nhiệt độ không khí t_a [°C]	0 - 50°C; 0,1°C; 1,0°C
Nhiệt độ bức xạ trung bình t_r [°C]	-50°C - 300°C; 0,1°C; 1,0°C
Tốc độ gió V_a [m/s]	0 – 25m/s; 0,01 m/s; 0,2 m/s
Độ ẩm không khí RH [%]	1 – 99%; 0,1 %; 3%

Dữ liệu vi khí hậu được đo lường trong các phòng học được thông gió tự nhiên (Naturally ventilated - NV) và các phòng làm việc có gắn máy điều hòa (Air Conditioning - AC). Việc thu thập dữ liệu được thực hiện vào cả buổi sáng (7:50 – 10:30) và buổi chiều (14:00 – 15:30). Thời điểm thu thập dữ liệu được thực hiện vào các ngày trong tháng 6 và 7/2019. Do không thể trình bày chi tiết dữ liệu thu thập được trong khuôn khổ bài báo này nên tác giả chỉ trình bày bảng tóm tắt dữ liệu đo lường như trong Bảng 4.

Bảng 4. Tổng hợp dữ liệu đo lường

Chế độ	Giá trị	t_a [°C]	t_r [°C]	RH [%]	V_a [m/s]	t_o [°C]	t_{op} [°C]
Thông gió tự nhiên	Min	29,1	31,87	71	0,05	30,21	30,11
	Max	32,7	40,99	89	1,3	35,9	35,63
	Mean	30,35	36,21	76,1	0,45	32,51	32,7
	SD (+/-)	1,03	3,24	4,98	0,38	1,42	1,46
Điều hoà	Min	25	25,16	49	0,0001	25,64	25,63
	Max	29,8	44,59	79	1,5	35,67	35,43
	Mean	26,64	31,1	63,1	0,29	28,29	28,38
	SD (+/-)	1,2	6,47	6,58	0,48	2,7	2,63

Min: Trị nhỏ nhất| Max: Trị lớn nhất| Mean: Trị trung bình| SD (+/-): Độ lệch chuẩn.

2.4. Phương pháp khảo sát

Các đối tượng khảo sát trả lời phiếu khảo sát bao gồm hai phần: Thông tin cơ bản (tuổi, trang phục, tình trạng hoạt động...) và một bảng câu hỏi về cảm giác nhiệt theo thang đo của ASHRAE [8]. Các câu hỏi bao gồm: (1) Cảm giác về môi trường nhiệt theo thang đo 7 bậc; (2) Mức độ thoải mái về môi trường nhiệt theo thang đo 6 bậc; (3) Mức độ mong muốn về môi trường nhiệt theo thang đo 7 bậc.

Các đối tượng trả lời phiếu khảo sát trong khi đang học hoặc đang làm việc. Do quy định về trang phục của trường nên các em học sinh, sinh viên, và viên chức đều phải mặc đồng phục là áo sơ mi trắng và quần âu. Các hoạt động chủ yếu của đối tượng trong lúc khảo sát là ngồi (học hoặc làm việc).

Tổng số mẫu khảo sát là 520 gồm 377 phiếu khảo sát vào buổi sáng và 143 phiếu khảo sát vào buổi chiều. Trong đó, 322 phiếu khảo sát các lớp học thông gió tự nhiên (NV) và 55 phiếu khảo sát trong các văn phòng làm việc có trang bị máy điều hòa (AC). Số mẫu khảo sát này nhiều hơn các công trình nghiên cứu [2-4] nhưng ít hơn các công trình [6-8]. Tuy nhiên, do nghiên cứu này chỉ tập trung tại một đơn vị, không phải nhiều đơn vị phân bố trên nhiều vùng

khác nhau để có đánh giá trên toàn vùng, nên số mẫu khảo sát như trên là đủ để nghiên cứu tính toán tiện nghi nhiệt chủ quan và khách quan.

2.5. Chọn loại nhiệt độ phù hợp cho phân tích

Nhiệt độ không khí và nhiệt độ bức xạ trung bình đều có tác động đến tiện nghi nhiệt. Vì vậy, để thuận tiện cho việc khảo sát, nhiệt độ hiệu dụng (effective) t_o và nhiệt độ tổng hợp (operative) t_{op} được đề xuất để đại diện cho tác động tổng hợp của nhiệt độ không khí và nhiệt độ bức xạ trung bình trong tính toán tiện nghi nhiệt.

Nhiệt độ hiệu dụng là nhiệt độ kết hợp giữa nhiệt độ không khí và nhiệt độ bức xạ trung bình theo trọng số trung bình phụ thuộc vào tốc độ gió, được đề xuất trong [10] và [11] như sau:

$$t_o = At_a + (1 - A)t_r. \quad (1)$$

Trong đó, A là trọng số trung bình, có giá trị phụ thuộc vào tốc độ gió V_a (xem [10] và [11]).

Nhiệt độ tổng hợp là nhiệt độ kết hợp giữa nhiệt độ không khí và nhiệt độ bức xạ trung bình theo trọng số trung bình phụ thuộc vào mức độ đối lưu và bức xạ nhiệt, được đề xuất trong [3] như sau:

$$t_{op} = \frac{h_c t_a + h_r t_r}{h_c + h_r}. \quad (2)$$

Trong đó, h_c là hệ số truyền nhiệt đối lưu, h_r là hệ số truyền nhiệt bức xạ. Giá trị của các hệ số này được xác định trong [3] và [9].

Cả nhiệt độ hiệu dụng và nhiệt độ tổng hợp đều được sử dụng trong các nghiên cứu về tiện nghi nhiệt. Trong bài báo này chỉ chọn một nhiệt độ để tính toán. Để có cơ sở lựa chọn nhiệt độ nào phù hợp, tác giả đã tính toán hệ số tương quan giữa chỉ số dự đoán trung bình theo phiếu đánh giá (PMV) lần lượt với ba nhiệt độ khác nhau: Nhiệt độ không khí, nhiệt độ hiệu dụng, và nhiệt độ tổng hợp. Kết quả phân tích tương quan được trình bày trong Bảng 5.

Bảng 5. Mức độ tương quan giữa PMV và các loại nhiệt độ

Nhiệt độ	PMV-NV	PMV-AC	PMV-NVAC
Không khí (t_a)	0,93343	0,78448	0,92378
Hiệu dụng (t_o)	0,94234	0,90882	0,95603
Tổng hợp (t_{op})	0,94774	0,90387	0,95762

PMV-NV: PMV thông gió tự nhiên| PMV-AC: PMV điều hoà| PMV-NVAC: PMV tổng hợp.

Theo kết quả tính toán mức độ tương quan trong Bảng 5 ta thấy, chỉ số PMV có mức độ tương quan cao nhất với nhiệt độ tổng hợp t_{op} nên t_{op} được chọn để tiến hành tính toán tiện nghi nhiệt.

2.6. Phương pháp khảo sát tiện nghi nhiệt

Tiện nghi nhiệt phụ thuộc vào các yếu tố vi khí hậu trong môi trường nhiệt và sự cảm nhận của từng cá nhân. Vì vậy để đánh giá tiện nghi nhiệt một cách đầy đủ, cần phải nghiên cứu cả tiện nghi nhiệt khách quan và chủ quan.

2.6.1. Tiện nghi nhiệt khách quan

Tiện nghi nhiệt khách quan chủ yếu là đánh giá sự cân bằng nhiệt của cơ thể người. Chỉ số dự đoán bình theo phiếu đánh giá PMV thường được sử dụng để đánh giá tiện nghi nhiệt khách quan.

a. PMV truyền thống

Chỉ số PMV được tính dựa trên các yếu tố: Mức chuyển hóa trong do các vận động của cơ thể, nhiệt trở do trang phục, và các yếu tố môi trường như: Nhiệt độ, độ ẩm, tốc độ gió. Công thức tính chỉ số PMV được trình bày chi tiết trong [10] và [11]. Để tính toán chỉ số PMV, ta cần bốn thông số vi khí hậu đo lường (xem Bảng 4) và xác định mức độ chuyển hóa (chỉ số *met*) và nhiệt trở của trang phục (chỉ số *clo*). Theo hướng dẫn trong [10], do đối tượng được khảo sát đang ở tư thế ngồi (học hoặc làm việc) nên chỉ số *met* = 1,2. Trang phục được quy định của nhà trường là quần âu và áo sơ mi nên chỉ số *clo* = 0,5.

b. PMV hiệu chỉnh với yếu tố kỳ vọng

Chỉ số PMV truyền thống [12] chỉ phù hợp với môi trường nhiệt có điều hòa không khí ở vùng ôn đới nên có sự khác biệt khi áp dụng cho môi trường thông gió tự nhiên ở vùng nhiệt đới. Để khắc phục hạn chế này, chỉ số PMV hiệu chỉnh được đề xuất trong [13] dựa trên yếu tố tâm lý kỳ vọng và hiệu chỉnh mức chuyển hóa. Để hiệu chỉnh PMV thì cần phải xác định hệ số kỳ vọng và mức chuyển hóa (xem [13]).

c. PMV hiệu chỉnh với tiêu tốn nhiệt do mồ hôi

Chỉ số PMV hiệu chỉnh với yếu tố kỳ vọng cho kết quả tốt hơn chỉ số PMV truyền thống. Tuy nhiên, kết quả vẫn chưa được tốt nhất do PMV truyền thống giả định là không có tổn hao nhiệt khi cơ thể ít vận động, điều này là không đúng. Mới đây nhất, các tác giả trong [14] đã đề xuất chỉ số PMV hiệu chỉnh có tính đến các tổn hao nhiệt khi cơ thể ở tình trạng mức chuyển hóa thấp. Chỉ số PMV hiệu chỉnh mới nhất này đã được kiểm chứng với nhiều công trình nghiên cứu tiện nghi nhiệt trước đó và cho kết quả chính xác hơn rất nhiều so với các chỉ số PMV truyền thống và hiệu chỉnh với yếu tố kỳ vọng. Trong bài báo này, lần lượt các chỉ số PMV sẽ được tính toán để so sánh hiệu quả của từng chỉ số và cho thấy chỉ số PMV phù hợp nhất với nghiên cứu.

2.6.2. Tiện nghi nhiệt chủ quan

Tiện nghi nhiệt chủ quan được đánh giá thông qua chỉ số bình chọn cảm giác nhiệt trung bình (Thermal Sensation Vote - TSV). Đây là chỉ số được sử dụng phổ biến trong các nghiên cứu về tiện nghi nhiệt. Theo [2], công thức tính TSV như sau:

$$TSV = \frac{\sum_{i=1}^N V_i \times n_i}{N} \quad (3)$$

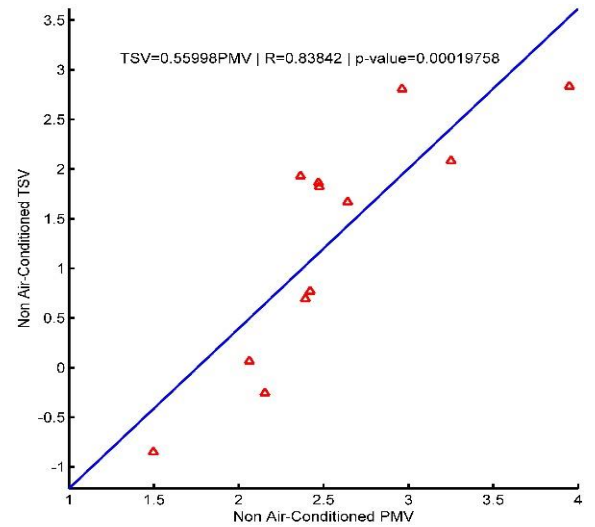
Trong đó: *TSV* là chỉ số bình chọn cảm giác nhiệt trung bình; *N* là tổng số mẫu khảo sát; *n_i* là số người bình chọn theo thang đo cảm giác *V_i* của ASHRAE. Thang đo gồm 7 cảm giác nhiệt bình chọn khác nhau, mỗi cảm giác nhiệt được gán một giá trị tương ứng như sau: *Rất lạnh* (-3); *Lạnh* (-2); *Hơi lạnh* (-1); *Đề chịu* (0); *Hơi nóng* (+1); *Nóng* (+2); *Rất nóng* (+3).

3. Kết quả khảo sát và Bàn luận

3.1. Xác định hệ số kỳ vọng *e*

Để tính chỉ số PMV hiệu chỉnh với yếu tố kỳ vọng, hệ số kỳ vọng *e* cần phải được xác định. Theo hướng dẫn trong [13], nếu các tòa nhà thông gió tự nhiên nằm trong khu vực rất ít các tòa nhà có máy điều hòa và thời tiết nóng ẩm quanh năm thì hệ số kỳ vọng *e* = 0,5 – 0,7. Tuy nhiên, khoảng giá trị này tương đối rộng. Để xác định giá trị *e* chính xác trong

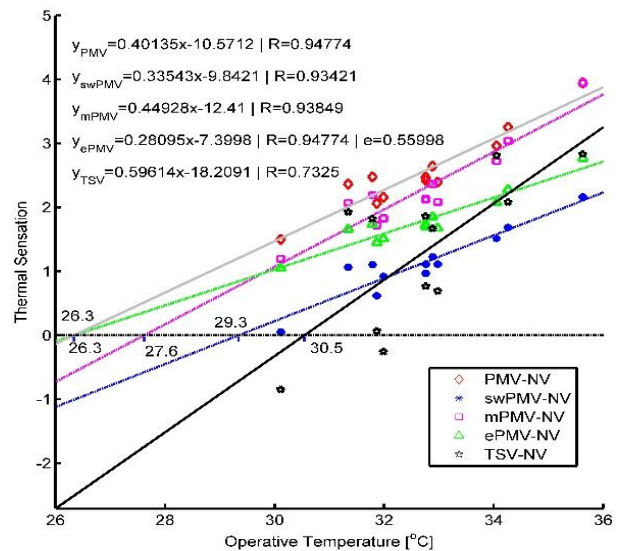
nghiên cứu này, tác giả ước lượng hồi quy mối quan hệ giữa các chỉ số PMV khách quan và chỉ số *TSV* chủ quan để xác định hệ số kỳ vọng. Hình 1 cho thấy, *TSV* ≈ 0,56*PMV* với độ tin cậy khá cao ($R^2 \approx 0,84$, *p* – value ≈ 0,00019758). Như vậy, hệ số kỳ vọng chính xác là *e* = 0,56.



Hình 1. Xác định hệ số kỳ vọng

3.2. Chế độ thông gió tự nhiên

3.2.1. Tiện nghi nhiệt

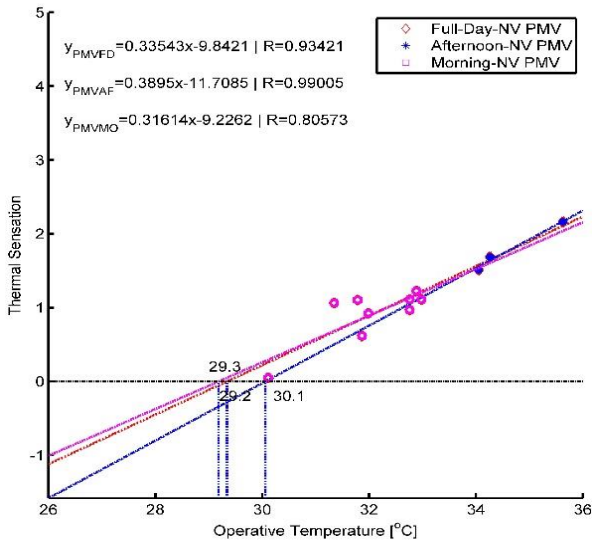


Hình 2. Tiện nghi nhiệt các phòng học thông gió tự nhiên
(*PMV*: PMV truyền thống | *swPMV*: PMV hiệu chỉnh mới nhất |
mPMV: PMV hiệu chỉnh theo mức chuyển hoá |
ePMV: PMV hiệu chỉnh theo kỳ vọng)

Kết quả khảo sát tiện nghi nhiệt của các phòng học thông gió tự nhiên được trình bày trong Hình 2. Lần lượt các đường hồi quy của các chỉ số PMV khác nhau và *TSV* được vẽ trên cùng đồ thị để so sánh sự khác biệt về nhiệt độ trung tính (nhiệt độ tiện nghi). Trong đó, chỉ số PMV truyền thống (*PMV-NV*) và hiệu chỉnh với yếu tố kỳ vọng (*ePMV-NV*) đều cho nhiệt độ tiện nghi $T_n = 26,3^\circ\text{C}$, chỉ số PMV hiệu chỉnh với mức chuyển hóa (*mPMV-NV*) cho $T_n = 27,6^\circ\text{C}$, chỉ số PMV hiệu chỉnh với tiêu tốn nhiệt do mồ hôi (*swPMV-NV*) cho $T_n = 29,3^\circ\text{C}$, và chỉ số bình chọn cảm giác nhiệt trung bình (*TSV*) cho $T_n = 30,5^\circ\text{C}$. Như vậy, chỉ số *swPMV-NV* cho kết quả chính xác nhất so

với các chỉ số PMV khác. Từ kết quả này ta xác định được nhiệt độ tiện nghi khách quan của các phòng học thông gió tự nhiên là $29,3^{\circ}\text{C}$ và nhiệt độ tiện nghi chủ quan là $30,5^{\circ}\text{C}$. Kết quả này hoàn toàn phù hợp với các nghiên cứu tương tự tại Thành phố Hồ Chí Minh [2] và [3]. Đóng góp của bài báo này là xác định được nhiệt độ tiện nghi khách quan chính xác nhờ áp dụng chỉ số PMV hiệu chỉnh mới nhất, trong khi các nghiên cứu [2] và [3] sử dụng PMV truyền thống nên kết quả còn hạn chế về độ chính xác.

Do các điều kiện vi khí hậu thay đổi liên tục trong ngày nên tiện nghi nhiệt cũng sẽ thay đổi theo. Để xác định sự thay đổi này, tác giả đã tiến hành tính toán và so sánh tiện nghi nhiệt khách quan giữa buổi sáng và buổi chiều trong cùng một ngày. Kết quả so sánh trong Hình 3 cho thấy nhiệt độ tiện nghi của buổi sáng là $29,2^{\circ}\text{C}$, thấp hơn nhiệt độ tiện nghi của buổi chiều là $30,1^{\circ}\text{C}$. Điều này cũng phù hợp với thực tế vì buổi sáng thường ít nóng hơn buổi chiều, theo lý thuyết kỳ vọng và thích nghi nhiệt [13] thì trong buổi chiều các đối tượng sẽ kỳ vọng ít và thích nghi nhiệt hơn nên nhiệt độ tiện nghi cao hơn buổi sáng.



Hình 3. Tiện nghi nhiệt khách quan các phòng thông gió tự nhiên theo buổi trong ngày (Full-Day-NV PMV: PMV của ngày| Afternoon-NV PMV: PMV buổi chiều| Morning-NV PMV: PMV buổi sáng)

3.2.2. Nhiệt độ ưa thích

Nhiệt độ tiện nghi và nhiệt độ ưa thích không phải lúc nào cũng như nhau theo các nghiên cứu về tiện nghi nhiệt trước đây. Để xác định hai nhiệt độ này có khác nhau hay không, nghiên cứu này đã tiến hành phân tích hai mô hình probit độc lập như trong [4] bao gồm: Mô hình probit cho phần trăm số người mong muốn ấm hơn và mô hình probit cho phần trăm số người mong muốn mát hơn. Qua tính toán, các mô hình probit được xác định như sau:

$$\text{Mô hình probit cho số người mong muốn ấm hơn: } y_w = -1,10884t + 28,258. \quad (4)$$

$$\text{Mô hình probit cho số người mong muốn mát hơn: } y_c = 2,74t - 70,981. \quad (5)$$

Tại nhiệt độ ưa thích thì $y_w = y_c$. Đồng nhất hai phương trình (3) và (4), ta được:

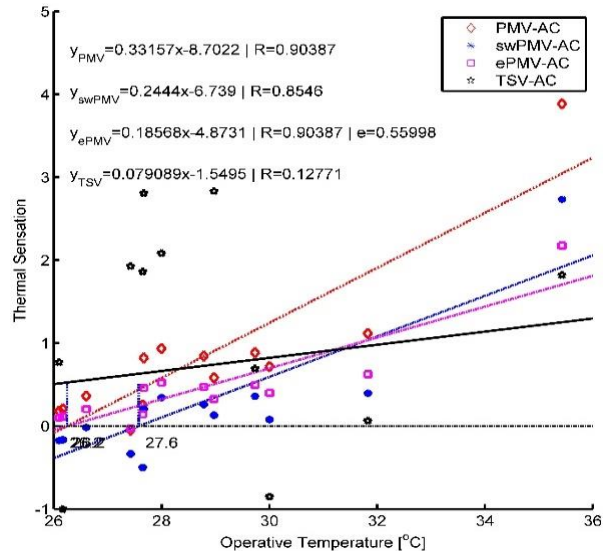
$$\begin{aligned} -1,10884t + 28,258 &= 2,74t - 70,981 \\ \rightarrow t &= 28,4^{\circ}\text{C} \end{aligned} \quad (6)$$

Như vậy, nhiệt độ ưa thích cho các phòng học thông gió tự nhiên là $28,4^{\circ}\text{C}$ thấp hơn $0,9^{\circ}\text{C}$ so với nhiệt độ tiện nghi ($29,3^{\circ}\text{C}$).

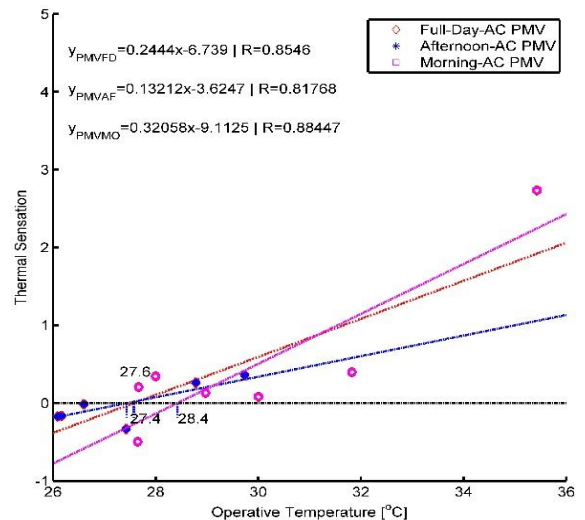
3.3. Chế độ điều hoà

3.3.1. Tiện nghi nhiệt

Tương tự như trong nghiên cứu tiện nghi nhiệt cho các phòng học thông gió tự nhiên, kết quả tính toán và so sánh tiện nghi nhiệt khách quan và chủ quan cho các phòng có gắn máy điều hoà được thể hiện trong Hình 4. Trong đó, chỉ số PMV truyền thống (PMV-AC) và hiệu chỉnh với yếu tố kỳ vọng (ePMV-AC) đều cho cùng nhiệt độ tiện nghi khách quan là $26,2^{\circ}\text{C}$, chỉ số PMV hiệu chỉnh với tiêu tốn nhiệt do mồ hôi cho nhiệt độ tiện nghi khách quan là $27,6^{\circ}\text{C}$. Chỉ số tiện nghi nhiệt chủ quan (TSV-AC) cho kết quả ước lượng hồi quy không đáng tin cậy nên không thể xác định nhiệt độ tiện nghi chủ quan cho các phòng có máy điều hoà. Nguyên nhân có thể là phản hồi về cảm giác nhiệt không đồng nhất trong số mẫu khảo sát.



Hình 4. Tiện nghi nhiệt các phòng có điều hoà không khí (PMV: PMV truyền thống| swPMV: PMV hiệu chỉnh mới nhất| ePMV: PMV hiệu chỉnh theo kỳ vọng)



Hình 5. Tiện nghi nhiệt khách quan các phòng có điều hoà không khí theo buổi trong ngày (Full-Day-AC PMV: PMV của ngày| Afternoon-AC PMV: PMV buổi chiều| Morning-AC PMV: PMV buổi sáng)

Ngoài ra, kết quả tính toán tiện nghi nhiệt khách quan cho các buổi trong ngày được trình bày trong Hình 5. Trong đó, nhiệt độ tiện nghi của buổi sáng là $27,4^{\circ}\text{C}$, thấp hơn nhiệt độ tiện nghi của buổi chiều là $28,4^{\circ}\text{C}$. Kết quả này cũng tương tự như trong các phòng học thông gió tự nhiên vì có yếu tố kỳ vọng và thích nghi nhiệt. Thực tế hiện nay các phòng điều hoà trong trường đa số cài đặt nhiệt độ ở 26°C , thấp hơn cả nhiệt độ tiện nghi trong suốt cả ngày nên tiêu tốn năng lượng điện nhiều hơn mức cần thiết. Điều này cho thấy, nhà trường cần có chính sách quản lý, sử dụng điều hoà không khí hợp lý và tiết kiệm hơn.

3.3.2. Nhiệt độ ưa thích

Thực hiện phân tích tương tự như trong trường hợp các phòng thông gió tự nhiên, các mô hình probit được xác định như sau:

Mô hình probit cho số người mong muốn ấm hơn:

$$y_w = 0,19291t - 3,3408. \quad (6)$$

Mô hình probit cho số người mong muốn mát hơn:

$$y_c = 1,2457t - 31,0707. \quad (7)$$

Tại nhiệt độ ưa thích thì $y_w = y_c$. Đồng nhất hai phương trình (3) và (4), ta được:

$$0,19291t - 3,3408 = 1,2457t - 31,0707 \quad (8)$$

$$\rightarrow t = 26,5^{\circ}\text{C}$$

Như vậy, nhiệt độ ưa thích cho các phòng học có điều hoà không khí là $26,5^{\circ}\text{C}$ thấp hơn $1,1^{\circ}\text{C}$ so với nhiệt độ tiện nghi ($27,6^{\circ}\text{C}$).

4. Bàn luận

So với các nghiên cứu [2] và [3] ở Việt Nam thì bài báo này có kết quả nghiên cứu đa dạng và chính xác hơn. Nghiên cứu này xác định các nhiệt độ tiện nghi chủ quan và khách quan không những cho các phòng học thông gió tự nhiên như các công bố [2] và [3], mà còn cho các phòng học /làm việc có điều hoà không khí. Ngoài ra, các nhiệt độ tiện nghi còn được xác định theo các buổi trong ngày. Điều này cho phép quản lý nhiệt độ tiện nghi linh hoạt theo các buổi trong ngày. Quan trọng hơn, nghiên cứu này đã áp dụng chỉ số PMV hiệu chỉnh mới nhất và cho kết quả chính xác nhất cho đến thời điểm hiện tại. Ví dụ, kết quả từ [2] cho thấy, nhiệt độ tiện nghi khách quan là $29,4^{\circ}\text{C}$ cao hơn nhiệt độ tiện nghi chủ quan là $22,7^{\circ}\text{C}$. Điều này không đáng tin cậy vì nhiệt độ tiện nghi khách quan thường thấp hơn nhiệt độ tiện nghi chủ quan ở các vùng nhiệt đới ẩm [4]. Ngoài ra, kết quả ở Hình 2 cho thấy, nếu áp dụng chỉ số PMV truyền thống và hiệu chỉnh dựa trên yếu tố kỳ vọng và thích nghi nhiệt thì nhiệt độ tiện nghi khách quan là $26,3^{\circ}\text{C}$ và $27,6^{\circ}\text{C}$, thấp hơn nhiều so với nhiệt độ tiện nghi khách quan là $30,5^{\circ}\text{C}$, trong khi áp dụng chỉ số PMV hiệu chỉnh mới nhất thì nhiệt độ tiện nghi khách quan là $29,3^{\circ}\text{C}$, gần với nhiệt độ tiện nghi khách quan hơn, và cũng phù hợp hơn. Vì vậy, những nhiệt độ tiện nghi xác định được trong bài báo này tương đối chính xác và phù hợp với thực tế so với các nghiên cứu trước đó.

5. Kết luận

Bài báo đã trình bày kết quả nghiên cứu đánh giá tiện nghi nhiệt khách quan và chủ quan đối với các phòng học thông gió tự nhiên và các phòng có điều hoà không khí ở Trường Đại học Trà Vinh. Kết quả nghiên cứu cho thấy, có sự khác biệt giữa tiện nghi chủ quan và khách quan theo chế độ (thông gió tự nhiên và điều hoà), và theo các buổi trong ngày. Ngoài ra, còn có sự khác biệt giữa nhiệt độ tiện nghi và nhiệt độ ưa thích ở hai chế độ thông gió tự nhiên và điều hoà. Từ kết quả nghiên cứu cho thấy, không có phòng học thông gió tự nhiên nào đáp ứng tiện nghi nhiệt cho người học. Vì vậy, cần có những điều chỉnh về thông gió, xây dựng, bố trí thời gian sử dụng hợp lý, quy định trang phục... để cải thiện sự thoải mái nhiệt của người học. Đặc biệt là có thể điều chỉnh thông gió và độ ẩm bằng cách thiết lập hệ thống quạt và phun sương có sự điều khiển lưu lượng gió và độ ẩm theo chỉ số PMV. Ngoài ra, đối với các phòng có điều hoà không khí thì cần phải điều chỉnh nhiệt độ cài đặt phù hợp với nhiệt độ tiện nghi theo buổi sáng và buổi chiều để góp phần tiết kiệm năng lượng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A. T. Nguyen, & T. K. D. Le, "Tiện nghi nhiệt trong một số giảng đường thông gió tự nhiên", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng*, 1 (86), 2015, trang 84-88.
- [2] T. Q. N. Nguyen, C. T. Tran, "Đánh giá tiện nghi nhiệt của phòng học không gắn máy điều hòa tại Thành phố Hồ Chí Minh", *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh*, T4-2017 (20), 2017, trang 232-240.
- [3] Q. Y. Nguyen, T. T. Le, H. M. A. Pham, "Mức tiện nghi nhiệt trong các phòng học thông gió tự nhiên ở Trường Đại học Bách Khoa - Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Đà Nẵng*, 5 (126), 2018, trang 130-134.
- [4] N. H. Wong, S. S. Khoo, "Thermal comfort in classrooms in the tropics", *Energy and Buildings*, 35, Elsevier, 2003, trang 337-351.
- [5] Aradhana Jindal, "Thermal comfort study in naturally ventilated school classrooms in the composite climate of India", *Building and Environment*, 142, Elsevier, 2018, trang 34-46.
- [6] F. R. d'Ambrosio Alfano, E. Ianniello, B. I. Palella, "PMV-PPD and acceptability in naturally ventilated schools," *Building and Environment*, 67, Elsevier, 2013, trang 129-137.
- [7] C. Buonocore, R. D. Vecchi, V. Scalco, R. Lamberts, "Thermal preference and comfort assessment in air-conditioned and naturally ventilated university classrooms under hot and humid conditions in Brazil", *Energy and Buildings*, 211, Elsevier, 2020, trang 1-12.
- [8] ASHRAE, ASHRAE Standard 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, *American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers*, 2013.
- [9] ASHRAE, 2017 ASHRAE Handbook: Fundamentals, SI, ed., *American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers*, 2017.
- [10] ISO, ISO Standard 7730:2005, "Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria", 2015.
- [11] Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng - Bộ Khoa học và Công nghệ, Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN, 7438:2004, Ecgonomi-Môi trường nhiệt ôn hòa-Xác định chỉ số PMV, PPD và đặc trưng của điều kiện tiện nghi nhiệt, 2004.
- [12] P. O. Fanger, "Calculation of thermal comfort: Introduction of a basic equation", *ASHRAE Transactions*, 73, 1967, trang III4.1-III4.20.
- [13] P. O. Fanger, J. Toftum, "Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates", *Energy and Buildings*, 34, Elsevier, 2002, trang 533-536.
- [14] A. Omidvar, J. Kim, "Modification of sweat evaporative heat loss in the PMV/PPD model to improve thermal comfort prediction in warm climates", *Building and Environment*, 176, Elsevier, 2020, trang 1-10.