

TIỆN NGHI NHIỆT TRONG MỘT SỐ GIẢNG ĐƯỜNG THÔNG GIÓ TỰ NHIÊN

THERMAL COMFORT IN SOME NATURALLY-VENTILATED LECTURE HALLS

Nguyễn Anh Tuấn*, Lê Thị Kim Dung

Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng; *natuan@ud.edu.vn

Tóm tắt - Chất lượng môi trường trong giảng đường có quan hệ với hiệu quả học tập của sinh viên. Thông qua một cuộc khảo sát và điều tra cảm giác nhiệt có quy mô rộng và kéo dài trong suốt hơn 1 năm, nghiên cứu này cung cấp một cái nhìn chân thực về chất lượng môi trường của các giảng đường. Nghiên cứu phát hiện nhiệt độ tiện nghi của số đông sinh viên vào khoảng 28,1°C, cao hơn khoảng 2°C so với nhiệt độ tiện nghi trong các công trình có điều hòa không khí. Nghiên cứu cũng cho thấy có tới 29/40 lần khảo sát sinh viên không hài lòng với chất lượng môi trường (quá nóng hoặc lạnh). Kết quả nghiên cứu là cơ sở để đề xuất các giải pháp thiết kế cải thiện điều kiện tiện nghi cho người học và cải tạo hệ thống giảng đường hiện có.

Từ khóa - tiện nghi nhiệt; điều tra; giảng đường; nhiệt độ tiện nghi; tiện nghi nhiệt thích ứng

1. Đặt vấn đề

Trong điều kiện khí hậu nóng ẩm của Việt Nam, các công trình kiến trúc được thông gió tự nhiên vốn dĩ rất phổ biến. Trong loại hình công trình này, mối quan tâm hàng đầu của người thiết kế cũng như người sử dụng là chất lượng môi trường trong công trình như: tiện nghi nhiệt, độ ẩm, nồng độ các chất độc hại... Trong quá trình giảng dạy, tác giả thường xuyên nhận được các phản nản của sinh viên liên quan đến chất lượng môi trường trong giảng đường, đặc biệt là những tháng nóng bức của năm. Việc không thỏa mãn với chất lượng môi trường bên trong giảng đường khiến nhiều sinh viên không thể tập trung học tập. Trước yêu cầu đó, chúng tôi quyết định tiến hành một nghiên cứu nghiêm túc về chất lượng môi trường trong các giảng đường thông gió tự nhiên.

Mục tiêu chính của nghiên cứu là việc xác định phản ứng của người học về môi trường nhiệt trong các giảng đường trong cả năm (cả mùa nóng và mùa lạnh). Kết quả của nghiên cứu sẽ giúp chúng ta có cái nhìn tổng thể về chất lượng môi trường trong các giảng đường hiện nay, có các biện pháp cải thiện; đồng thời kết quả nghiên cứu cũng giúp các nhà thiết kế xác định đúng các giải pháp kiến trúc, xây dựng nhằm đảm bảo tiện nghi cho người học.

2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp chính sử dụng trong nghiên cứu này quan trắc đo đạc môi trường trực tiếp tại giảng đường và điều tra phản ứng của người học bằng phiếu điều tra. Địa điểm khảo sát là các giảng đường được chọn ngẫu nhiên của các trường thành viên thuộc Đại học Đà Nẵng, bao gồm: Trường Đại học Bách khoa, Đại học Kinh tế, Đại học Ngoại ngữ, trường Cao đẳng Công nghệ, và Trung tâm Thông tin Học liệu. Tổng cộng đã có 39 giảng đường thuộc các trường được khảo sát. Thời điểm khảo sát kéo dài từ tháng 4/2012 đến hết tháng 1/2014. Trong mỗi tháng, chúng tôi chỉ khảo sát vào 2 ngày đại diện cho tháng – vào khoảng ngày 10 và 20 của tháng đó. Các tháng khảo sát được chọn gồm các tháng nóng cao điểm và các tháng lạnh nhất trong năm. Đối tượng quan

Abstract - Environmental quality in lecture halls has a clear correlation with the performance of students. Through a comprehensive field survey lasting for more than 1 year, this study provides some insight into the environmental quality of the lecture halls. This study found that comfort temperature of most students was about 28.1°C, 2°C higher than that in air-conditioned buildings. The study also showed that in 29/40 surveys students were not satisfied with the indoor environmental quality (too hot or cold). The results of this study are the basis to propose design solutions to improving thermal comfort for students and to outline renovation plans of the existing lecture halls.

Key words - thermal comfort; field survey; lecture hall; comfort temperature; adaptive thermal comfort

trắc trong nhà gồm có: Nhiệt độ không khí, nhiệt độ bức xạ trung bình của các bề mặt, tốc độ gió, độ ẩm không khí, độ rọi tự nhiên trên mặt làm việc (dùng cho nghiên cứu khác). Thiết bị quan trắc trong nhà được mô tả trong Bảng 1.

Bảng 1. Các thiết bị quan trắc và thông số kỹ thuật

Thông số đo	Tên thiết bị	Phạm vi đo	Độ phân giải	Độ chính xác	Nơi sản xuất
Nhiệt độ không khí và độ ẩm	HOBO U12 External Data Logger	5 - 95% và - 20 - 70°C	0.03°C và 0.03%	±2.5% và ±0.35°C	U.S.A
Độ rọi	HOBO U12 External Data Logger	1 - 3000 lm/ft ²	0.1 lm/ft ²	±2.5% giá trị đo	U.S.A
Nhiệt độ bề mặt	Hanna Infrared thermometer HI 9950	-10 đến 300°C	1°C	±2% và ±2°C	Ru-ma-ni
Tốc độ gió	Airflow anemometer LCA 6000	0.1 to 20 m/s	0.01m/s	± 1% và ± 1 nấc đo	Anh

Thiết bị đo được bố trí ở giữa giảng đường, ở độ cao mặt bàn giúp ghi nhận giá trị trung bình tại địa điểm đo. Thiết lập này được mô tả trong Hình 1.



Hình 1. Vị trí đặt thiết bị quan trắc trong lớp học

Ở ngoài trời, nhiệt độ không khí và độ ẩm được thu thập từ trạm khí tượng của Trung tâm Khí tượng Thủy văn khu vực Trung Trung bộ. Một trạm quan trắc thời tiết đơn giản theo thời gian thực được đặt tại nhà riêng, giúp tác giả kiểm tra đối chiếu với kết quả của trạm khí tượng.

Sinh viên trong các giảng đường nói trên được mời tham gia điều tra bằng cách trả lời vào bảng câu hỏi. Nội dung bảng câu hỏi yêu cầu sinh viên cung cấp một số thông tin về giới tính, hình thể, và vị trí trong lớp học. Sau đó sinh viên đánh giá cảm giác nhiệt của bản thân trên thang cảm giác nhiệt 7 bậc của ASHRAE. Chi tiết của phiếu điều tra được giới thiệu trong Hình 2. Nội dung phiếu điều tra rất ngắn gọn, giúp sinh viên dễ dàng trả lời đầy đủ và có thời gian cân nhắc câu trả lời.

Tổng cộng đã có trên 1850 sinh viên tham gia điều tra, mỗi sinh viên trả lời một phiếu. Trong số đó 1839 phiếu điều tra trả lời đầy đủ và phù hợp với yêu cầu. Số lượng lượt điều tra rất lớn giúp củng cố vững chắc độ tin cậy của kết quả nghiên cứu.

PHIẾU ĐIỀU TRA CẢM GIÁC NHIỆT
của người Việt Nam trong công trình xây dựng

Bạn hãy cho biết cảm giác nhiệt của bạn vào thời điểm này bằng cách khoanh tròn một và chỉ một trị số tương ứng với cảm giác nhiệt của bạn (một trong số bảy giá trị -3; -2; -1; 0; 1; 2 và 3)

-3	-2	-1	0	1	2	3
Lạnh (Cold)	Mát (Cool)	Hơi mát (Slightly cool)	Trung tính (Neutral)	Hơi ấm (Slightly warm)	Ấm (Warm)	Nóng (Hot)

Bạn cung cấp thêm một số thông tin sau:

Giới tính: ☐ Nam ☐ Nữ

Tuổi của bạn: tuổi

Cân nặng: kg (ước tính)

Vị trí tương đối của bạn trong lớp học (chấm tròn ● lên sơ đồ bên dưới):

Bảng đen

Cảm ơn bạn đã cộng tác với chúng tôi để hoàn thành công việc này.

Hình 2. Chi tiết phiếu khảo sát

Toàn bộ kết quả khảo sát và điều tra được lưu trữ và xử lý bằng phần mềm thống kê Stata 10. Phần mềm Stata 10 giúp tác giả thực hiện các phân tích hồi quy có trọng số và các kiểm định chi - bình phương kiểu Pearson (Pearson's chi - squared test). Một kết quả kiểm định chi-bình phương được cho là có ý nghĩa thống kê nếu nó không có khả năng xảy ra là do ngẫu nhiên, với ngưỡng p-value ≤ 0.05 . Toàn bộ dữ liệu thu được từ cuộc khảo sát và điều tra được tường thuật chi tiết trong Phụ lục 1.

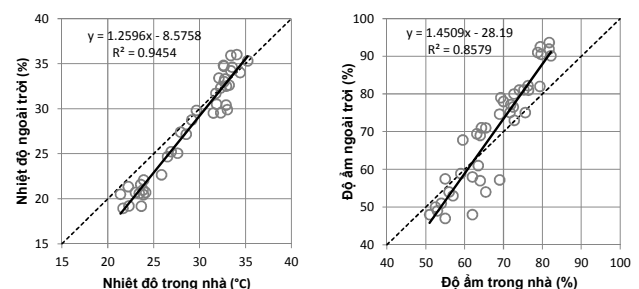
3. Các kết quả chính của nghiên cứu

3.1. Môi quan hệ giữa nhiệt độ - độ ẩm trong giảng đường và bên ngoài

Hình 3 biểu diễn mối quan hệ của nhiệt độ - độ ẩm không khí bên trong giảng đường và ở ngoài trời tại các thời điểm khảo sát. Mỗi chấm tròn trên biểu đồ đại diện cho một lần khảo sát. Hình 3 cho thấy mối tương quan chặt chẽ giữa nhiệt độ không khí trong và ngoài công trình với hệ số tương quan $R^2 \approx 0,95$. Điều này có nghĩa là các giảng đường được thông gió tốt, khiến cho nhiệt độ bên trong và bên ngoài giảng đường luôn có liên hệ mật thiết. Điều đáng lưu tâm là trong hầu hết các lần khảo sát, nhiệt độ không khí trong nhà luôn cao hơn bên ngoài trời, chủ yếu là do nhiệt hiện tỏa ra từ đám đông. Vào mùa nóng khí hậu ở Đà

Nẵng vốn dĩ đã nóng và ẩm, do đó điều kiện bên trong giảng đường rất oi bức. Có đến 16/24 lần khảo sát, nhiệt độ trong giảng đường vượt ngưỡng 30°C và mức cảm giác nhiệt trung bình của số đông vượt quá +1 (bất tiện nghi do nóng). Vào mùa lạnh có đến 11/16 lần khảo sát mức cảm giác nhiệt trung bình của số đông nhỏ hơn -1 (bất tiện nghi do lạnh). Vậy 27/40 lần khảo sát, kết quả số đông không thỏa mãn về tiện nghi nhiệt.

Hình 3 cũng cho thấy độ ẩm không khí trong nhà thì thường thấp hơn ngoài trời. Điều này hoàn toàn phù hợp với quy luật tự nhiên của không khí ẩm: nhiệt độ tăng thì độ ẩm giảm xuống. Độ ẩm trong nhà hiếm khi vượt ngưỡng 80%. Theo chúng tôi, do yếu tố thích nghi độ ẩm này không gây khó chịu cho người học mặc dù tiêu chuẩn các nước phát triển (ví dụ như Mỹ) chỉ cho phép độ ẩm tối đa ở mức 60% hoặc 12g hơi nước/kg không khí [1].



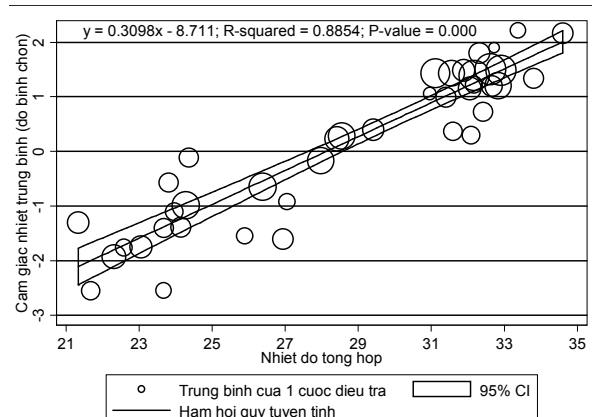
Hình 3. Mối quan hệ giữa nhiệt độ không khí và độ ẩm không khí trong giảng đường với ngoài trời – Mỗi điểm trên biểu đồ là kết quả một lần khảo sát

3.2. Môi trường nhiệt độ ưa thích của sinh viên trong giảng đường đại học

Thiết kế của cuộc điều tra kéo dài cả mùa nóng và mùa lạnh cho phép nghiên cứu này rút ra được nhiệt độ môi trường ưa thích của người học trong giảng đường. Hình 4 giới thiệu phép hồi quy tuyến tính có trọng số (có xét đến độ lớn của từng mẫu khảo sát – thể hiện qua đường kính của vòng tròn trên hình). Phép hồi quy cho kết quả mối liên hệ giữa nhiệt độ tổng hợp trong nhà và cảm giác nhiệt của người học như sau:

$$\text{Cảm giác nhiệt} = 0,31 \cdot T_o - 8,71 \quad (1)$$

trong đó T_o là nhiệt độ tổng hợp của nhiệt độ không khí T_{kk} và nhiệt độ bức xạ trung bình T_{bxtb} của các bề mặt (khí vận tốc gió nhỏ hơn 0,2 m/s thì $T_o = 0,5T_{kk} + 0,5T_{bxtb}$).



Hình 4. Cảm giác nhiệt của sinh viên và nhiệt độ tổng hợp trong giảng đường

Bảng cách cho cảm giác nhiệt bằng 0 vào công thức (1), nhiệt độ ưa thích của sinh viên nhận được là 28,1°C. Kết quả này rất giống với kết quả (27,9°C) của một cuộc điều tra tiện nghi nhiệt ở quy mô lớn hơn trong khu vực Đông Nam Á [2]. Nhiệt độ ưa thích (hay có thể coi là nhiệt độ tiện nghi) trong các giảng đường thông gió tự nhiên cao hơn so với ở trong môi trường có thiết bị điều hòa hoặc sưởi ấm, vốn dao động quanh ngưỡng 25,5 đến 26°C [3; 4; 5].

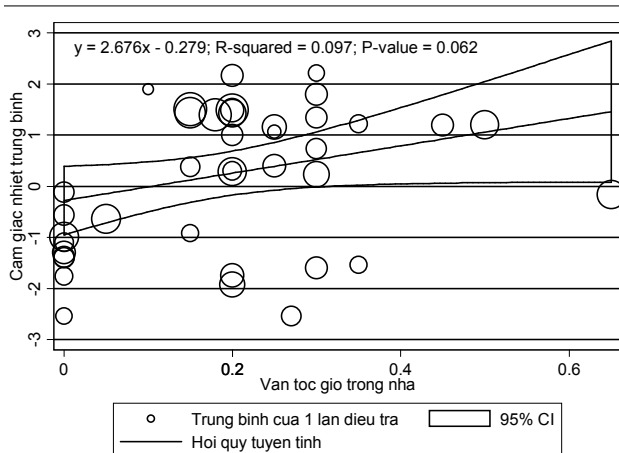
Độ tin cậy của phân tích nói trên là rất tốt vì hệ số tương quan đạt $R^2 \approx 0,89$ và p-value = 0. Phạm vi dải tin cậy 95% (confident interval – CI) trong Hình 4 rất hẹp, cho thấy nếu lặp lại nghiên cứu này nhiều lần nữa thì xác suất 95% kết quả lọt vào trong phạm vi đó.

3.3. Mối quan hệ giữa cảm giác nhiệt và tốc độ gió

Chúng tôi thực hiện một phân tích để xem xét liệu có mối liên hệ nào giữa vận tốc gió trong công trình và cảm giác nhiệt của sinh viên hay không. Một phân tích hồi quy có trọng số được thực hiện, như trình bày trên Hình 5. Hình 5 cho thấy sự liên quan giữa tốc độ gió trong nhà và cảm giác nhiệt của sinh viên có thể biểu diễn bằng một hàm bậc nhất:

$$\text{Cảm giác nhiệt} = 0,28 * V - 0,28 \quad (2)$$

Tuy nhiên, mối quan hệ này rất yếu ($R^2 = 0,097$) và không có ý nghĩa thống kê (kiểm định chi-bình phương cho kết quả p-value > 0,05). Dải tin cậy 95% cũng rất rộng, cho thấy mối liên hệ này không đáng tin cậy.



Hình 5. Cảm giác nhiệt của sinh viên và tốc độ gió trong giảng đường

Trên thực tế thì cảm giác nhiệt chịu sự chi phối của 4 yếu tố môi trường: nhiệt độ không khí, nhiệt độ bức xạ trung bình, độ ẩm, gió. Tuy nhiên, nhiệt độ môi trường (chứ không phải gió) mới là yếu tố chủ đạo chi phối cảm giác nhiệt. Kết quả của phân tích này cũng khẳng định điều đó. Có thể nói muốn tạo được môi trường tiện nghi về nhiệt thì điều kiện nhiệt độ cần phải thỏa mãn trước tiên.

3.4. Xây dựng một mô hình tiện nghi nhiệt thích ứng

Các mô hình tiện nghi nhiệt thích ứng thể hiện mối liên hệ giữa nhiệt độ tiện nghi trong nhà dựa trên các yếu tố thời tiết ngoài nhà (chủ yếu là trung bình nhiệt độ không khí ngoài trời). Lý thuyết thích ứng nói trên dựa trên những phát hiện rằng con người thích nghi tốt với các thay đổi của môi trường thông qua các điều tiết tâm sinh lý và điều chỉnh cá nhân, do vậy nhiệt độ tiện nghi của con người không cố định mà thay đổi theo thời tiết [6]. Ví dụ: người ta phát hiện rằng

trong các công trình được thông gió tự nhiên, nhiệt độ ưa thích của con người vào mùa lạnh và mùa nóng là khác nhau [2; 7]. Các mô hình tiện nghi nhiệt thích ứng thường cố thiết lập mối liên hệ giữa nhiệt độ tiện nghi với nhiệt độ không khí trung bình ngoài nhà. Ví dụ, dựa trên dữ liệu điều tra của hơn 21000 mẫu (phiếu) de Dear và Brager [8] đưa ra một mô hình thích ứng về tiện nghi nhiệt áp dụng cho các công trình được thông gió tự nhiên:

$$T_{in} = 0,31 * T_{TB,thang} + 17,8 \quad (3)$$

trong đó T_{in} là nhiệt độ tổng hợp tiện nghi, $T_{TB,thang}$ là nhiệt độ trung bình tháng ngoài nhà.

Nghiên cứu này cố gắng thử thiết lập mối quan hệ giữa nhiệt độ tiện nghi trong các giảng đường với một số yếu tố thời tiết bên ngoài, gồm:

- Với nhiệt độ trung bình hàng tháng ngoài nhà;
- Với nhiệt độ trung bình ngoài nhà 7 ngày liên tiếp trước mỗi lần khảo sát – có trọng số (running mean outdoor temperature – xem tài liệu [9]);
- Với nhiệt độ trung bình ngoài nhà 10 ngày liên tiếp trước mỗi lần khảo sát.

3.4.1. Nhiệt độ tiện nghi và nhiệt độ trung bình tháng ngoài nhà

Dữ liệu điều tra được gom lại và xử lý theo từng tháng riêng biệt. Trong mỗi tháng, phép hồi quy tuyến tính giúp chúng tôi xác định được nhiệt độ tiện nghi T_{in} tương ứng với nhiệt độ trung bình của tháng đó (xem Bảng 2). Các giá trị R^2 và p-value cũng cung cấp thêm thông tin về độ tin cậy và độ chính xác của phép hồi quy.

Bảng 2. Mối quan hệ giữa nhiệt độ tiện nghi T_{in} trong giảng đường và nhiệt độ trung bình tháng bên ngoài $T_{th,thang}$

Tháng	T_{in}	$T_{th,thang}$	R^2	p-value	Chất lượng
1/2014	26,03	20,30	0,482	0,121	Được
12/2013	33,28	20,80	0,258	0,231	Xấu
6/2012	29,28	31,69	0,417	0,016	Tốt
5/2012	27,36	29,47	0,109	0,554	Xấu
4/2012	27,87	28,24	0,933	0,000	Tốt

Dựa trên kết quả trong Bảng 2 (chỉ xét những kết quả tốt hoặc chấp nhận được), ta nhận thấy có một mối liên hệ khá rõ ràng giữa nhiệt độ trung bình tháng bên ngoài và nhiệt độ tiện nghi trong nhà. Nhiệt độ trung bình tháng tăng thì nhiệt độ tiện nghi cũng tăng. Do chỉ có 3 dữ liệu tin cậy, chúng tôi vẫn chưa thể thiết lập một mô hình toán cho mối liên hệ này.

3.4.2. Nhiệt độ tiện nghi và nhiệt độ trung bình ngoài nhà 7 – 10 ngày liên tiếp trước mỗi lần khảo sát

Từ mỗi một kết quả điều tra cảm giác nhiệt, để rút ra nhiệt độ tiện nghi tương ứng, chúng tôi dùng một thuật toán đã được thừa nhận như sau (xem [2]):

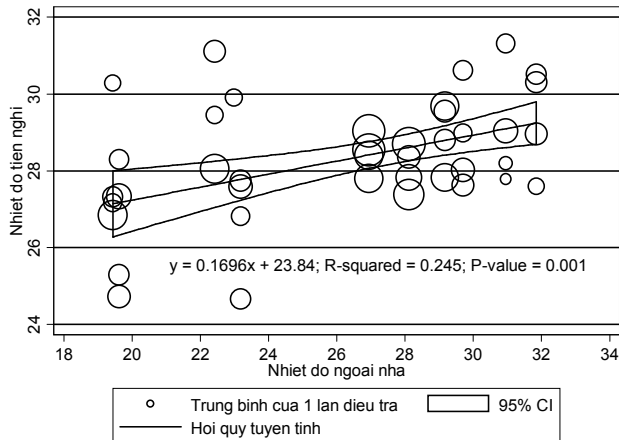
$$T_{in} = T_o - (\text{Cảm giác nhiệt}/0,384) \quad (4)$$

trong đó T_o là nhiệt độ tổng hợp; 0,384 được gọi là hằng số Griffiths.

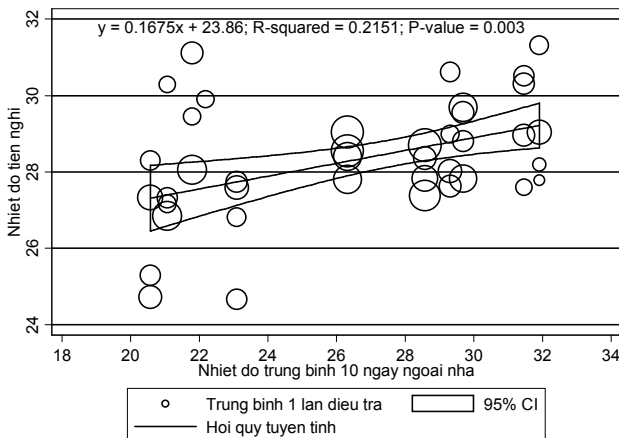
Hình 6 và Hình 7 giới thiệu mối liên hệ giữa nhiệt độ tiện nghi và nhiệt độ trung bình ngoài nhà 7 ngày và 10 ngày liên tiếp trước mỗi lần khảo sát. Cả hai Hình 6 và 7 đều cho thấy mối liên hệ khá rõ là: khi nhiệt độ trung bình ngoài nhà tăng, nhiệt độ tiện nghi cũng tăng, nhưng mức tăng không nhiều (hệ số góc của hàm quan hệ chỉ khoảng 0,17). Mặc dù mỗi

liên hệ này có ý nghĩa thống kê (p -value = 0.00, tức là không phải diễn ra do ngẫu nhiên), nhưng hệ số tương quan R^2 là khá nhỏ cho thấy kết quả cần phải được kiểm chứng thêm.

Các mối liên hệ nói trên có thể được giải thích bằng lý thuyết tiện nghi nhiệt thích ứng [7] như sau: Con người thường thích nghi với thời tiết bằng cách lựa chọn trang phục, cách vận động, cách vận hành công trình (đóng mở cửa, bật tắt quạt...) dựa trên điều kiện thời tiết chủ đạo trong thời gian trước đó. Do đó, khi nhiệt độ ngoài trời nhiều ngày liên tiếp trước đó thay đổi, thói quen điều chỉnh giúp con người thích ứng với sự thay đổi thể hiện qua sự thay đổi nhiệt độ tiện nghi. Điều này thường thỏa mãn trong các công trình được thông gió tự nhiên, nơi các điều chỉnh dễ dàng thực hiện được.



Hình 6. Nhiệt độ tiện nghi và nhiệt độ ngoài trời trung bình 7 ngày liên tiếp có trọng số



Hình 7. Nhiệt độ tiện nghi và nhiệt độ ngoài trời trung bình 10 ngày liên tiếp

4. Thảo luận và kết luận

Thông qua khảo sát điều kiện môi trường và điều tra cảm giác nhiệt trong các giảng đường thuộc Đại học Đà

Nẵng, bài báo phân tích các mối liên hệ giữa các yếu tố môi trường với cảm giác nhiệt của con người. Phát hiện quan trọng nhất của nghiên cứu này là nhiệt độ môi trường tiện nghi (ưa thích) của con người trong các giảng đường là khoảng 28,1°C. Kết quả này cũng phù hợp với kết quả của nhiều nghiên cứu trước đó, vốn cho rằng nhiệt độ tiện nghi trong công trình thông gió tự nhiên cao hơn trong công trình có điều hòa khoảng 2°C. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy có mối liên hệ rõ ràng giữa điều kiện thời tiết ngoài trời và nhiệt độ tiện nghi trong nhà, phản ánh hoạt động thích nghi của con người với thời tiết.

Nghiên cứu cũng cho thấy nhiều giảng đường chất lượng môi trường không tốt (quá nóng hoặc lạnh). Rất nhiều trong số đó có thiết kế không đảm bảo (theo tác giả). Đây là chỉ báo cho thấy chúng cần được rà soát, đánh giá và cải tạo nếu cần thiết.

Lời cảm ơn

Tác giả xin chân thành cảm ơn lãnh đạo các trường, các cơ sở giáo dục đào tạo thành viên thuộc Đại học Đà Nẵng đã tạo điều kiện cho phép tác giả tiến hành thí nghiệm. Tác giả xin cảm ơn các giảng viên và sinh viên đã quan tâm giúp đỡ hợp tác trong điều tra. Xin cảm ơn Khoa Môi trường đã hỗ trợ một phần thiết bị quan trắc.

Trên cơ sở kết quả của cuộc điều tra, Trường Cao đẳng Công nghệ đã đi đến quyết định cải tạo sửa chữa các giảng đường không đảm bảo tiện nghi thuộc khu A vào năm 2013.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] ASHRAE, ASHRAE standard 55-2004: *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*, ASHRAE, Inc., 2004.
- [2] Nguyen, A.T., Singh, M.K. và Reiter, S., "An adaptive thermal comfort model for hot humid South-East Asia", *Building and Environment*, tập 56, 2012, trang 291-300.
- [3] Rohles, F.H. và Nevins, R.G., "The nature of thermal comfort for sedentary man", *ASHRAE Transactions*, tập 77, 1971, trang 239.
- [4] Fanger, P.O., *Thermal comfort*, Danish Technical Press, 1970.
- [5] Tanabe, S., Kimura, K. và Hara, T., "Thermal comfort requirements during the summer season in Japan", *ASHRAE Transactions*, tập 93, 1987, trang 1.
- [6] Nguyen, A.T., "Đề xuất mô hình tiện nghi nhiệt áp dụng cho người Việt Nam trong các tình huống và thể loại công trình khác nhau", *Tạp chí Khoa học & Công nghệ, ĐHQĐN*, tập 5, 2012, trang 71-77.
- [7] Nicol, J.F. và Humphreys, M., "Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings", *Energy and buildings*, tập 34, 2002, trang 563 - 572.
- [8] de Dear, R.J. và Brager, G.S., "Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55", *Energy and Buildings*, tập 34, 2002, trang 549-561.
- [9] CEN, CEN Standard EN15251: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings - addressing indoor air quality, *thermal environment, lighting and acoustics*, Comité Européen de Normalisation, 2007.

PHỤ LỤC 1: DỮ LIỆU CHI TIẾT CỦA CUỘC KHẢO SÁT VÀ ĐIỀU TRA

Ngày	Giờ	Phòng	N. độ không khí	N. độ bức xạ TB	Tốc độ gió	Độ âm	N. độ tổng hợp	Cảm giác nhiệt	Số phiếu điều tra	N. độ TB 10 ngày - ngoài	N. độ TB 7 ngày - ngoài	N. độ TB tháng - ngoài	N. độ ngoài trời	Độ ẩm ngoài trời
10 April 2012	08h45'	E102 ĐHBK	27.92	28.10	0.65	71.86	27.97	-0.164	67	26.32	26.94	28.24	27.40	77.20
10 April 2012	09h50'	F204 ĐHBK	29.14	27.88	0.20	64.32	28.55	0.286	70	26.32	26.94	28.24	28.74	71.04
10 April 2012	13h50'	A214 ĐHCN	33.02	32.79	0.20	59.53	32.91	1.488	90	26.32	26.94	28.24	29.89	67.79
10 April 2012	15h05'	A210 ĐHCN	32.30	32.05	0.18	63.13	32.18	1.396	89	26.32	26.94	28.24	29.54	69.43
23 April 2012	08h00'	A202 ĐHCN	28.54	28.21	0.30	75.25	28.41	0.228	57	28.58	28.12	28.24	27.16	81.08
23 April 2012	09h50'	A211 ĐHCN	31.50	30.72	0.15	68.99	31.11	1.432	81	28.58	28.12	28.24	29.52	74.65
23 April 2012	13h49'	A214 ĐHCN	32.88	32.35	0.15	65.43	32.62	1.505	95	28.58	28.12	28.24	30.40	71.00
23 April 2012	14h49'	A202 ĐHCN	29.66	29.10	0.25	72.78	29.41	0.400	45	28.58	28.12	28.24	29.80	73.00
10 May 2012	08h10'	C201 ĐHNN	31.85	30.85	0.20	64.00	31.40	1.000	39	29.69	29.17	29.47	30.50	69.00
10 May 2012	09h25'	C207 ĐHNN	32.30	30.80	0.20	63.50	31.55	1.431	65	29.69	29.17	29.47	32.30	61.00
10 May 2012	13h40'	C403 ĐHNN	33.40	31.56	0.45	65.43	32.66	1.195	41	29.69	29.17	29.47	34.20	54.00
10 May 2012	14h25'	C407 ĐHNN	33.55	31.75	0.50	52.50	32.83	1.206	68	29.69	29.17	29.47	34.60	50.00
21 May 2012	09h20'	F103 ĐHBK	32.65	31.08	0.20	56.00	31.89	1.489	47	29.31	29.71	29.47	34.70	54.00
21 May 2012	10h17'	F101 ĐHBK	33.40	30.99	0.30	53.00	32.32	1.800	40	29.31	29.71	29.47	35.90	49.00
21 May 2012	14h32'	F203 ĐHBK	32.60	31.52	0.35	62.00	32.17	1.222	27	29.31	29.71	29.47	34.80	48.00
21 May 2012	16h05'	F208 ĐHBK	32.10	31.08	0.15	62.00	31.59	0.375	32	29.31	29.71	29.47	33.40	58.00
11 June 2012	08h25'	A306 ĐHCN	32.92	31.75	0.30	57.00	32.42	0.730	37	31.46	31.86	31.69	32.50	53.00
11 June 2012	09h55'	A304 ĐHCN	34.41	33.00	0.30	51.00	33.81	1.342	38	31.46	31.86	31.69	34.00	48.00
11 June 2012	14h35'	A105 ĐHCN	34.05	32.46	0.30	55.00	33.37	2.216	23	31.46	31.86	31.69	36.00	47.00
11 June 2012	15h27'	A307 ĐHCN	35.24	33.92	0.20	54.00	34.60	2.167	42	31.46	31.86	31.69	35.30	51.00
21 June 2012	09h22'	A202 ĐHCN	31.77	30.06	0.25	59.00	30.96	1.067	15	31.91	30.96	31.69	31.70	58.90
21 June 2012	10h50'	Tầng 3, TT TTTL	33.21	32.24	0.10	55.00	32.72	1.900	10	31.91	30.96	31.69	32.61	57.48
21 June 2012	14h27'	F208 ĐHBK	32.67	31.50	0.20	64.00	32.09	0.300	30	31.91	30.96	31.69	33.00	57.00
21 June 2012	15h25'	F303 ĐHBK	32.76	31.28	0.25	69.00	32.06	1.160	50	31.91	30.96	31.69	33.30	57.20
11 Dec 2013	09h55'	E104 ĐHBK	26.50	26.25	0.05	69.30	26.38	-0.644	73	21.79	22.43	20.80	24.667	79
11 Dec 2013	14h48'	A203 ĐHCN	26.90	27.00	0.30	70.00	26.94	-1.600	40	21.79	22.43	20.80	25.222	78
11 Dec 2013	15h50'	B206 ĐHCN	27.60	26.50	0.15	72.70	27.05	-0.920	25	21.79	22.43	20.80	25.056	80
12 Dec 2013	08h08'	B502 ĐHNN	25.85	25.96	0.35	76.31	25.89	-1.538	26	22.19	22.99	20.80	22.657	82.19
23 Dec 2013	08h55'	A213 ĐHCN	23.65	24.90	0.00	74.06	24.28	-0.986	71	21.07	19.44	20.80	19.175	81.038
23 Dec 2013	10h02'	A306 ĐHCN	22.23	22.93	0.00	75.60	22.58	-1.759	29	21.07	19.44	20.80	21.342	75.067
23 Dec 2013	14h40'	A202 ĐHNN	23.91	23.45	0.00	71.66	23.68	-1.400	35	21.07	19.44	20.80	22.082	75.099
23 Dec 2013	15h58'	B401 ĐHNN	23.59	23.75	0.00	72.52	23.67	-2.540	24	21.07	19.44	20.80	21.581	76.555
13 Jan 2014	08h50'	H304 ĐHBK	23.42	24.5	0.00	81.76	23.96	-1.096	31	23.09	23.19	20.30	20.579	93.63
13 Jan 2014	10h45'	H304 ĐHBK	24.12	24.6	0.00	79.47	24.36	-0.114	35	23.09	23.19	20.30	20.7	92.5
13 Jan 2014	14h55'	H201 ĐHBK	23.00	23.1	0.20	82.21	23.05	-1.745	47	23.09	23.19	20.30	20.698	90.114
13 Jan 2014	15h30'	H106 ĐHBK	23.88	24.39	0.00	79.69	24.14	-1.385	39	23.09	23.19	20.30	20.45	90.5
20 Jan 2014	09h35'	H304 ĐHBK	21.66	21.00	0.00	81.71	21.33	-1.302	43	20.57	19.62	20.30	18.937	91.9
20 Jan 2014	10h45'	H202 ĐHBK	22.30	22.33	0.20	78.80	22.31	-1.925	53	20.57	19.62	20.30	19.2	91
20 Jan 2014	15h02'	F203 ĐHKT	23.84	23.78	0.00	76.43	23.81	-0.568	37	20.57	19.62	20.30	20.98	81.009
20 Jan 2014	16h37'	A303 ĐHKT	21.38	22.03	0.27	79.35	21.67	-2.545	33	20.57	19.62	20.30	20.5	82
Max			35.24	33.92	0.65	82.21	34.60	2.22	95.00	31.91	31.86	31.69	36.00	93.63
Trung bình			28.94	28.34	0.20	67.63	28.67	0.13	45.98	26.39	26.16	26.10	27.88	69.93
Min			21.38	21.00	0.00	51.00	21.33	-2.55	10.00	20.57	19.44	20.30	18.94	47.00
Độ lệch chuẩn			4.47	3.80	0.15	9.28	4.16	1.40	20.95	4.22	4.43	4.73	5.79	14.53