



ISO 9001:2008

TRƯỜNG ĐẠI HỌC TRÀ VINH
HỘI ĐỒNG KHOA HỌC

BÁO CÁO TỔNG KẾT
ĐỀ TÀI NGHIÊN CỨU KHOA HỌC CẤP TRƯỜNG

TÊN ĐỀ TÀI

XÂY DỰNG MÔ HÌNH VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP
QUẢN LÝ TỐI ƯU HÓA NĂNG LƯỢNG TÒA NHÀ
VĂN PHÒNG KHOA KỸ THUẬT VÀ CÔNG NGHỆ,
TRƯỜNG ĐẠI HỌC TRÀ VINH

Chủ nhiệm đề tài: **NGUYỄN MINH HÒA¹**

Đồng chủ nhiệm đề tài: **NGHỊ VĨNH KHANH²**

Chức danh: **Giảng viên**

Đơn vị: **¹ Khoa Kỹ thuật và Công nghệ**
² Ban Phát triển Hệ thống Công nghệ thông tin

Trà Vinh, ngày 10 tháng 02 năm 2017



ISO 9001:2008

TRƯỜNG ĐẠI HỌC TRÀ VINH
HỘI ĐỒNG KHOA HỌC

BÁO CÁO TỔNG KẾT
ĐỀ TÀI NGHIÊN CỨU KHOA HỌC CẤP TRƯỜNG

TÊN ĐỀ TÀI
XÂY DỰNG MÔ HÌNH VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP
QUẢN LÝ TỐI ƯU HÓA NĂNG LƯỢNG TÒA NHÀ
VĂN PHÒNG KHOA KỸ THUẬT VÀ CÔNG NGHỆ,
TRƯỜNG ĐẠI HỌC TRÀ VINH

Xác nhận của cơ quan chủ quản
(Ký, đóng dấu, ghi rõ họ tên)

Chủ nhiệm đề tài
(Ký, ghi rõ họ tên)

NGUYỄN MINH HÒA

Đồng chủ nhiệm đề tài:
(Ký, ghi rõ họ tên)

NGHỊ VĨNH KHANH

Trà Vinh, ngày 10 tháng 02 năm 2017

TÓM TẮT

Quản lý năng lượng tối ưu đóng vai trò quyết định đến hiệu quả sử dụng nguồn năng lượng trong các tòa nhà, đặc biệt là trong bối cảnh các nguồn năng lượng hóa thạch đang ngày càng cạn kiệt. Các nghiên cứu trong lĩnh vực này, cụ thể là nghiên cứu các giải pháp kỹ thuật được quan tâm nhiều tại các nước tiên tiến trên thế giới và các kết quả nghiên cứu đã đóng góp tích cực vào việc tiết kiệm năng lượng và xây dựng chính sách quản lý năng lượng tại các nước này. Tuy nhiên, nghiên cứu các giải pháp kỹ thuật quản lý năng lượng trong các tòa nhà tại Việt Nam tương đối mới mẻ. Đề tài này nghiên cứu xây dựng mô hình toán mô tả quá trình biến đổi nhiệt độ bên trong tòa nhà văn phòng, Khoa Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Trà Vinh dưới tác động của hệ thống điều hòa nhiệt độ và môi trường tự nhiên bên ngoài văn phòng. Mô hình toán học được mô phỏng và kết quả mô phỏng được so sánh và kiểm chứng với dữ liệu thu thập được qua hệ thống cảm biến được lắp đặt bên trong tòa nhà. Ngoài ra, các thông số vật lý của tòa nhà cũng được xác định và đưa vào mô phỏng bởi phần mềm với mục đích là xác định mối quan hệ giữa quá trình biến đổi nhiệt độ bên trong tòa nhà và quá trình tiêu thụ năng lượng. Trên cơ sở kết quả mô phỏng, các giải pháp quản lý tối ưu năng lượng trong tòa nhà được đề xuất.

MỤC LỤC

PHẦN MỞ ĐẦU	1
1. Tính cấp thiết của đề tài	1
2. Tổng quan nghiên cứu	2
2.1. Tình hình nghiên cứu trong nước	2
2.2. Tình hình nghiên cứu ngoài nước	3
3. Mục tiêu	5
4. Đối tượng, phạm vi và phương pháp nghiên cứu	6
4.1. Đối tượng nghiên cứu	6
4.2. Phạm vi nghiên cứu	6
4.3. Phương pháp nghiên cứu	6
PHẦN NỘI DUNG	7
Chương 1: Mô hình hóa tòa nhà	7
1. Mô hình 3D của tòa nhà C5, Trường Đại học Trà Vinh	7
1.1. Tầng trệt	7
1.2. Tầng một	8
2. Cấu trúc vật liệu của tòa nhà	10
3. Mô hình toán học	11
3.1. Mô hình hộp xám RC	11
3.2. Phương pháp xác định các thông số của mô hình hộp xám	15
Chương 2: Thiết lập hệ thống cảm biến	17
1. Phương án thu thập nhiệt độ và độ ẩm trong phòng	17
2. Phương án thu thập dữ liệu từ trạm thời tiết	21
3. Phương án thu thập dữ liệu điện năng tiêu thụ	22
Chương 3: Phân tích kết quả mô phỏng	24
1. Phương án mô phỏng	24

1.1. Thời gian sử dụng.....	24
1.2. Nhiệt độ đặt.....	24
1.3. Tổn hao nhiệt.....	25
2. Dữ liệu thời tiết.....	25
3. Dữ liệu đầu vào mô phỏng.....	25
4. Phân tích kết quả mô phỏng.....	28
5. So sánh mô hình 5R2C với dữ liệu mô phỏng và đo lường thực tế.....	30
5.1. So sánh mô hình 5R2C với dữ liệu mô phỏng.....	30
5.2. So sánh mô hình 5R2C với dữ liệu đo lường trong thực tế.....	33
6. So sánh mô hình 5R2C với mô hình 5R1C.....	34
PHẦN KẾT LUẬN	36
1. Kết luận.....	36
2. Kiến nghị.....	37
Tài liệu tham khảo.....	38

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Tên bảng	Số trang
Bảng 1.1: Bảng mô tả các phân khu nhiệt	10
Bảng 1.2: Bảng liệt kê hệ số dẫn nhiệt của các cửa sổ của phòng họp	10
Bảng 1.3: Bảng mô tả hệ số cản nhiệt của các lớp vật liệu cấu trúc của tòa nhà	10
Bảng 3.1: Các thông số vật lý của tòa nhà C5	26
Bảng 3.2: Điện năng tiêu thụ trong một năm bởi các máy điều hòa của tòa nhà C5	28
Bảng 3.3: Kết quả ước lượng nhiệt dung C_j và C_h	31
Bảng 3.4: Kết quả ước lượng nhiệt dung C_j và C_h với dữ liệu thời tiết đã được hiệu chỉnh	32
Bảng 3.5: Các thông số nhiệt trở ước lượng được	33
Bảng 3.6: Kết quả ước lượng nhiệt dung C_j và C_h với dữ liệu thời tiết trong hai tuần	34
Bảng 3.7: Hệ số tương quan và hệ số trùng khớp của hai mô hình 5R1C và 5R2C	35

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Tên hình ảnh	Số trang
Hình 1.1: Mô hình 3D của tòa nhà C5	7
Hình 1.2: Phân khu nhiệt của tầng trệt, tòa nhà C5	8
Hình 1.3: Phân khu nhiệt của tầng một, tòa nhà C5	9
Hình 1.4: Mô hình hộp xám gồm 5 nhiệt trở và 2 nhiệt dung	12
Hình 2.1: Sơ đồ tổng thể hệ thống thu thập dữ liệu nhiệt độ, độ ẩm, điện năng tiêu thụ và thông số thời tiết.	18
Hình 2.2: Bố trí 12 cảm biến thu thập nhiệt độ và độ ẩm tại tầng trệt	19
Hình 2.3: Bố trí 14 cảm biến thu thập nhiệt độ và độ ẩm tại tầng một.	20
Hình 2.4: Lưu đồ giải thuật của chương trình điều khiển hệ thống cảm biến.	21
Hình 2.5: Giao diện của chương trình thu thập dữ liệu trạm thời tiết.	22
Hình 2.6: Giao diện của chương trình thu thập dữ liệu điện năng tiêu thụ.	23
Hình 3.1: Mô phỏng biến thiên nhiệt độ của phòng họp trong 1 năm	26
Hình 3.2: Môi quan hệ giữa điện năng tiêu thụ và nhiệt độ đặt	29
Hình 3.3: So sánh kết quả mô phỏng giữa phần mềm và mô hình 5R2C	30
Hình 3.4: Mặt cong mô tả quan hệ giữa hệ số tương quan và nhiệt dung	31
Hình 3.5: So sánh kết quả mô phỏng giữa phần mềm và mô hình 5R2C với dữ liệu thời tiết đã được hiệu chỉnh	32
Hình 3.6: So sánh kết quả mô phỏng của mô hình 5R2C với nhiệt độ thực tế đo lường được	33
Hình 3.7: So sánh mô hình 5R2C và mô hình 5R1C với nhiệt độ thực tế	34

DANH MỤC CÁC TỪ VIẾT TẮT VÀ KÝ HIỆU

Các từ viết tắt

RC	Mô hình mạng nhiệt trở và tụ nhiệt
5R2C	Mô hình hộp xám gồm 5 nhiệt trở và 2 nhiệt dung
C5	Số hiệu của tòa nhà Văn phòng khoa Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Trà Vinh
3D	Mô hình không gian 3 chiều
RF	Truyền dẫn vô tuyến

Các ký hiệu

H_{ei}	Nhiệt dẫn do thông gió (W/K)
H_{is}	Nhiệt dẫn do đối lưu và bức xạ (W/K)
H_{es}	Nhiệt dẫn của các khung kính (W/K)
H_{ms}	Nhiệt dẫn của cửa lớp tường bên trong (W/K)
H_{em}	Nhiệt dẫn của cửa lớp tường bên ngoài (W/K)
C_m	Nhiệt dung của tòa nhà (J/K)
C_j	Nhiệt dung của tường (J/K)
C_h	Nhiệt dung do hệ thống điều hòa không khí (J/K)
θ_{ei}	Nhiệt độ không khí bên ngoài ($^{\circ}\text{C}$)
θ_i	Nhiệt độ không khí bên trong ($^{\circ}\text{C}$)
θ_{es}	Nhiệt độ bên ngoài các khung kính ($^{\circ}\text{C}$)
θ_s	Nhiệt độ trung bình có trọng số giữa nhiệt độ không khí bên trong và nhiệt độ bức xạ trung bình bên trong tòa nhà ($^{\circ}\text{C}$)
θ_{em}	Nhiệt độ bên ngoài tường ($^{\circ}\text{C}$)
θ_m	Nhiệt độ bên trong tường ($^{\circ}\text{C}$)

Φ_i	Tổng các nguồn nhiệt tác động vào nút θ_i (W)
Φ_s	Tổng các nguồn nhiệt tác động vào nút θ_s (W)
Φ_m	Tổng các nguồn nhiệt tác động vào nút θ_m (W)

LỜI CẢM ƠN

Đề tài là kết quả phối hợp nghiên cứu nghiêm túc trong nhiều tháng tại Khoa Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Trà Vinh với sự tham gia của các giảng viên và sinh viên của Trường Đại học Trà Vinh và Trường Đại học Toulouse III Paul Sabatier, Pháp. Tuy vấn đề nghiên cứu trong đề tài tương đối mới mẻ tại Việt Nam nhưng với sự tham gia và hỗ trợ tích cực của Trường Đại học Toulouse III Paul Sabatier, đề tài đã đạt được các mục tiêu ban đầu đề ra. Vì vậy, chủ nhiệm đề tài xin chân thành cảm ơn **GS. Jean-Michel** và **GS. Etienne** đã đặt nền tảng hợp tác giữa hai trường, thảo luận các ý tưởng nghiên cứu và cung cấp tài liệu tham khảo cho đề tài. Các tác giả đề tài cũng gửi lời cảm ơn đến các sinh viên cao học **Cazaux Sebastien**, **Meral Baran**, **Camy Jordan** của Trường Đại học Toulouse III Paul Sabatier đã trực tiếp tham gia nghiên cứu và hỗ trợ bản quyền các phần mềm mô phỏng trong đề tài.

Đề tài cũng không thể thành công nếu không có sự đóng góp và tham gia hỗ trợ từ các thành viên và các cán bộ, giảng viên, sinh viên của Trường Đại học Trà Vinh bao gồm các Thầy **Huỳnh Công Khôi**, **Nguyễn Đức Hiệu**, **Đặng Hữu Phúc**, **Nguyễn Văn Lợi**, **Nguyễn Thái Sơn** và các em sinh viên của lớp **DA11KD**.

Trong quá trình nghiên cứu, các tác giả gặp nhiều khó khăn do những nguyên nhân khách quan và chủ quan dẫn đến sự chậm trễ trong việc hoàn thành đề tài. Nhân đây, các tác giả đề tài cũng xin chân thành cảm ơn **Phòng Khoa học Công nghệ** và **Ban Giám hiệu** đã hiểu, thông cảm, và chấp nhận cho gia hạn đề tài. Ngoài ra, các tác giả cũng xin cảm ơn **Phòng Kế hoạch - Tài vụ** đã tạo điều kiện thuận lợi trong thực hiện các thủ tục tài chính của đề tài.

Các chủ nhiệm đề tài

Nguyễn Minh Hòa

Nghị Vĩnh Khanh

PHẦN MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Hiện nay, do sự phát triển kinh tế - xã hội của các nước trên thế giới, đặc biệt là các nền kinh tế mới nổi, làm cho nhu cầu năng lượng tăng vọt trong khi các nguồn nguyên liệu truyền thống giành cho việc sản xuất năng lượng đang ngày càng cạn kiệt. Ngoài ra, việc sản xuất năng lượng truyền thống dựa vào nguồn nguyên liệu hóa thạch làm ô nhiễm môi trường. Vấn đề này đã trở thành mối quan tâm và đã thúc đẩy các nhà khoa học, các nhà hoạch định chính sách của các quốc gia đi tìm những giải pháp hữu hiệu. Một trong những giải pháp được quan tâm là nghiên cứu và sản xuất các nguồn năng lượng mới. Các nguồn năng lượng mới này, chẳng hạn năng lượng gió, năng lượng mặt trời, năng lượng sinh khối,..., là những nguồn năng lượng sạch, vô hạn, không gây ô nhiễm môi trường nên sẽ là một nguồn năng lượng thay thế tiềm năng cho năng lượng hóa thạch truyền thống. Tuy nhiên, các công nghệ sản xuất năng lượng tái tạo hiện nay vẫn còn hạn chế và đắt tiền nên lượng năng lượng tái tạo được sản xuất ra hiện nay vẫn còn rất khiêm tốn so với năng lượng hóa thạch [1]. Vì vậy, để thay thế năng lượng hóa thạch bằng năng lượng tái tạo đòi hỏi thời gian và nhiều đầu tư hơn nữa. Do đó, một giải pháp khác cũng đang rất được quan tâm hiện nay và có thể thực hiện được ngay chính là giải pháp quản lý sử dụng năng lượng sao cho tối ưu và hiệu quả, đặc biệt là giải pháp quản lý sử dụng năng lượng trong các tòa nhà. Theo các tác giả trong tài liệu [2,3] thì năng lượng tiêu thụ trong các tòa nhà (chủ yếu là năng lượng dùng cho các hệ thống điều hòa nhiệt độ) chiếm gần 50% năng lượng tiêu thụ trên toàn thế giới và đóng góp 35% lượng khí thải CO₂. Mặc dù năng lượng tiêu thụ bởi các hệ thống điều hòa nhiệt độ trong các tòa nhà có thể được cắt giảm để tiết kiệm năng lượng, tuy nhiên việc cắt giảm này sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến môi trường và năng suất làm việc của con người. Vì vậy, để giải quyết mối quan hệ mâu thuẫn giữa tiết kiệm năng lượng và sự thoải mái của môi trường làm việc đòi hỏi phải có các chiến lược quản lý năng lượng thích hợp.

Ở các nước phát triển, vấn đề quản lý năng lượng trong các tòa nhà nhận được nhiều sự quan tâm của cộng đồng khoa học và các chính phủ. Các công trình

ngiên cứu khoa học trong lĩnh vực này đã góp phần tích cực vào việc hình thành các chính sách và luật pháp quy định về việc sử dụng năng lượng trong các tòa nhà. Khác với khí hậu ôn đới tại các nước châu Âu và Bắc Mỹ, Việt Nam có điều kiện thời tiết nhiệt đới ẩm gió mùa với một mùa mưa và một mùa khô trong một năm. Ngoài ra, cấu trúc và vật liệu xây dựng của các tòa nhà tại Việt Nam cũng khác. Do các yếu tố khác biệt trên nên Việt Nam khó có thể áp dụng các kết quả nghiên cứu của các nước tiên tiến trong lĩnh vực quản lý năng lượng trong các tòa nhà. Vì vậy, nghiên cứu khoa học trong lĩnh vực quản lý năng lượng trong các tòa nhà tại Việt Nam hiện nay đang là yêu cầu cấp thiết trong việc thúc đẩy cộng đồng nghiên cứu khoa học cũng như góp phần xây dựng chính sách quản lý năng lượng tiêu thụ hiệu quả cho chính phủ Việt Nam.

2. Tổng quan nghiên cứu

2.1. Tình hình nghiên cứu trong nước

Vấn đề quản lý và sử dụng năng lượng ở Việt Nam cũng đã được nghiên cứu thực hiện, trong đó đưa ra các giải pháp kỹ thuật về quy trình sử dụng thiết bị sử dụng năng lượng, ứng dụng các kỹ thuật điều khiển thiết bị điện theo điều kiện sử dụng (về thời gian, nhiệt độ) và yêu cầu về ý thức sử dụng kiệm năng lượng tiết kiệm nhất. Việc xây dựng mô hình toán như đã đề cập ở trên tác giả chưa tìm thấy bài báo nào trong nước đề cập đến, tuy nhiên hiện nay chương trình mục tiêu quốc gia về sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả đã và đang triển khai ở nhiều tỉnh thành, ví dụ như: Tỉnh Hải Dương xây dựng đề án sử dụng tiết kiệm và hiệu quả năng lượng, giai đoạn 2009 – 2013 và có bài đăng trên tạp chí Khoa học Công nghệ và Môi trường số 5 năm 2009 với các mục tiêu: 1) Đưa ra được các giải pháp kỹ thuật về quy trình sử dụng, tuyên truyền,...; 2) Tiết kiệm từ 5-8% năng lượng tiêu thụ toàn tỉnh; 3) Ứng dụng công nghệ, thiết bị mới có hiệu quả sử dụng năng lượng cao,... Đề xuất giải pháp chiến lược về sử dụng năng lượng tiết kiệm, hiệu quả trong hội thảo khoa học “Tiết kiệm năng lượng - Những vấn đề cấp bách” do Hiệp hội Năng lượng Việt Nam (VEA) phối hợp với Tổng cục Năng lượng (Bộ Công Thương) và Tập đoàn Điện lực Việt Nam, tổ chức ngày 21/8/2014, tại Hà Nội, trong đó đánh giá các kết quả đạt được của chương trình mục tiêu quốc gia về sử dụng năng lượng và đưa ra các giải pháp chủ yếu về mặt kỹ thuật quy trình, quy chế,...

2.2. Tình hình nghiên cứu ngoài nước

Theo kết quả nghiên cứu được công bố trong bài báo [1] thì các tòa nhà tiêu thụ từ 20% - 40% tổng năng lượng tiêu thụ ở các nước phát triển và mỗi năm lượng năng lượng tiêu thụ trong các tòa nhà tăng từ 0,5% - 5%. Vì vậy tiết kiệm năng lượng trong các tòa nhà đã và đang trở thành một chủ đề nghiên cứu nhận được nhiều sự quan tâm của các nhà khoa học trên thế giới.

Trong những năm gần đây, bắt đầu xuất hiện các công trình nghiên cứu ứng dụng phương pháp điều khiển dự báo dựa vào mô hình trong lĩnh vực điều khiển thời tiết trong các tòa nhà [2]. Kết quả nghiên cứu của các công trình này cho thấy tiềm năng to lớn của điều khiển dự báo đối với vấn đề tiết kiệm năng lượng trong các tòa nhà.

Tuy nhiên, một trong những công đoạn khó khăn nhất và tốn thời gian nhiều nhất của điều khiển dự báo là quá trình xây dựng mô hình toán mô tả các đặc điểm động học của đối tượng điều khiển [3]. Với đối tượng điều khiển là các tòa nhà thì các mô hình động học chính là các mô hình truyền nhiệt. Các mô hình truyền nhiệt này mô tả quá trình thay đổi nhiệt độ bên trong các tòa nhà dưới sự ảnh hưởng của nhiệt độ môi trường và sự tác động các hệ thống điều hòa nhiệt độ. Có rất nhiều công trình nghiên cứu xây dựng mô hình truyền nhiệt của các tòa nhà được khảo sát, đánh giá và bàn luận trong các tài liệu [4-7]. Nhìn chung có ba loại mô hình truyền nhiệt đã và đang được tập trung nghiên cứu. Loại mô hình thứ nhất là mô hình hộp đen. Các mô hình hộp đen được nhận dạng chỉ dựa vào dữ liệu vào ra, không yêu cầu phải biết trước cấu trúc và các phương trình vật lý của tòa nhà. Hai cấu trúc mô hình truyền nhiệt hộp đen điển hình là mô hình hồi quy và mô hình mạng thần kinh nhân tạo [7]. Loại mô hình thứ hai là mô hình hộp xám. Việc nhận dạng mô hình truyền nhiệt hộp xám của các tòa nhà đòi hỏi phải kết hợp các thông tin vật lý biết trước và dữ liệu vào – ra đo lường được [8]. Loại mô hình thứ ba, tương đối phổ biến, là mô hình hộp trắng. Các mô hình hộp trắng được xây dựng hoàn toàn dựa vào các quan hệ vật lý cơ bản của các quá trình truyền nhiệt trong các tòa nhà. Hai cấu trúc mô hình truyền nhiệt dưới dạng hộp trắng điển hình là mô hình mô phỏng trên phần mềm (Energy Plus, TRNSYS, ESP-r,...) và mô hình mạng nhiệt trở và tụ nhiệt RC giống như mô hình điện trở và tụ điện. Các mô hình mô phỏng trên phần mềm

mô tả rất chi tiết quan hệ vật lý giữa các thành phần nhiệt trong tòa nhà. Tuy nhiên, các mô hình loại này chỉ thích hợp cho mục đích phân tích và dự báo năng lượng sử dụng trong các tòa nhà, chứ không thể áp dụng cho điều khiển dự báo. Ngược lại, các mô hình truyền nhiệt RC rất thích hợp áp dụng cho điều khiển dự báo vì tính đơn giản và “trong sáng” của chúng. Có nhiều công trình nghiên cứu mô hình hóa quá trình truyền nhiệt trong các tòa nhà sử dụng mô hình RC đã được công bố. Chẳng hạn như các tác giả trong bài báo [9] nghiên cứu xây dựng mô hình RC để đánh giá sự tương tác giữa thời tiết ở các vùng ngoại ô với sự tiêu thụ năng lượng trong các tòa nhà. Tác giả K. J. Kontoleon [10] đề xuất một phương pháp xây dựng mô hình truyền nhiệt RC để nghiên cứu sự ảnh hưởng của bề mặt tường và khung kính đến quá trình tiêu thụ năng lượng trong các tòa nhà. Ngoài ra còn có các công trình nghiên cứu xây dựng mô hình truyền nhiệt RC cho các thành phần cấu tạo của tòa nhà, chẳng hạn như tường [11,12]. Tuy nhiên, các mô hình RC được liệt kê ở trên không thể áp dụng cho mục đích điều khiển được. Vì vậy, Coley và Penman [13] đã đề xuất một mô hình RC đơn giản gồm 3 nhiệt trở và 2 tụ nhiệt (gọi là mô hình 3R2C) dùng để mô tả quá trình truyền nhiệt giữa môi trường bên ngoài và bên trong tòa nhà. Tuy mô hình 3R2C này thích hợp cho mục đích điều khiển nhưng nó lại thiếu chính xác vì không có xem xét các thành phần bức xạ và đối lưu nhiệt. Khắc phục được hạn chế của mô hình 3R2C trong [13], Fraisse và các cộng sự đã mở rộng kết quả nghiên cứu trong [11] khi đề xuất nhiều mô hình RC khác nhau, bao gồm các mô hình 1R2C, 3R2C, 3R4C, và phát triển một phương pháp xây dựng mô hình truyền nhiệt RC toàn cục cho tòa nhà từ các mô hình RC riêng rẽ của các bức tường nhà. Tuy nhiên, mô hình RC toàn cục xây dựng được trở nên phức tạp vì bậc của mô hình tăng lên đáng kể nên nếu áp dụng cho điều khiển dự báo thì sẽ mất nhiều thời gian tính toán. Để giảm bớt thời gian tính toán của các giải thuật điều khiển dựa vào mô hình RC, các bài báo [15,16] đã đề xuất các phương pháp giảm bậc mô hình RC. Tuy nhiên các phương pháp giảm bậc này chỉ áp dụng cho một số tòa nhà có cấu trúc đặc biệt, chứ không thể áp dụng đại trà cho tất cả các loại tòa nhà được. Như vậy các mô hình RC được đề xuất ở trên hoặc là quá đơn giản, hoặc là quá phức tạp nên khó có thể áp dụng cho điều khiển dự báo. Xuất phát từ khó khăn này, tổ chức chuẩn hóa quốc tế (ISO) đã đề xuất mô hình RC tương đối đơn giản mà hiệu quả, bao gồm 5 nhiệt trở và 1 tụ nhiệt (5R1C) trong bộ tiêu chuẩn ISO 13790:2008 [17], để làm mô hình chuẩn cho các nghiên

cứu phân tích và tính toán năng lượng sử dụng trong các tòa nhà. Vì vậy, mô hình 5R1C này đã được sử dụng làm mô hình chuẩn so sánh với nhiều mô hình RC khác [18]. Tuy nhiên, mô hình chuẩn 5R1C có hạn chế là chưa xem xét đầy đủ các yếu tố quán tính nhiệt thành phần nên không có độ chính xác cao. Vì vậy trong nghiên cứu này, chúng tôi đề xuất một mô hình RC mới dựa trên cấu trúc của mô hình chuẩn 5R1C.

3. Mục tiêu

Trong đề tài này, mô hình RC được lựa chọn để nghiên cứu quá trình truyền nhiệt của tòa nhà C5, khoa Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Trà Vinh, qua đó dự báo được đặc tính truyền nhiệt và tiêu hao năng lượng của tòa nhà. Cấu trúc và các thông số của mô hình được đề xuất và ước lượng dựa vào cấu trúc và vật liệu xây dựng của tòa nhà C5. Để kiểm chứng độ chuẩn xác của mô hình truyền nhiệt, bộ phần mềm “Pleiade+Comfie” được sử dụng để so sánh kết quả đầu ra mô phỏng từ mô hình truyền nhiệt và từ phần mềm. Sau cùng, các đầu ra mô phỏng từ phần mềm và mô hình sẽ được so sánh với sự biến thiên nhiệt độ thực tế bên trong tòa nhà được thu thập qua hệ thống cảm biến. Để thực hiện được các nhiệm vụ nghiên cứu ở trên, các mục tiêu nghiên cứu cụ thể của đề tài được xác định như sau:

- Xây dựng mô hình toán học RC của tòa nhà C5, khoa Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Trà Vinh.
- Thiết kế và thi công hệ thống cảm biến thu thập nhiệt độ và độ ẩm trong tòa nhà C5.
- Thu thập dữ liệu thời tiết bên ngoài và đo lường nhiệt độ tại nhiều điểm bên trong tòa nhà C5.
- Mô phỏng quá trình thay đổi nhiệt độ bên trong của tòa nhà C5 bằng phần mềm “Pleiade+Comfie”.
- Mô phỏng quá trình thay đổi nhiệt độ bên trong của tòa nhà C5 bằng mô hình toán RC.
- So sánh kết quả mô phỏng từ phần mềm và mô hình RC với kết quả đo lường trong thực tế.
- Đề xuất giải pháp sử dụng năng lượng hiệu quả cho tòa nhà C5.

4. Đối tượng, phạm vi và phương pháp nghiên cứu

4.1. Đối tượng nghiên cứu

Đề tài lựa chọn tòa nhà C5, khoa Kỹ thuật và Công nghệ, Trường Đại học Trà Vinh làm đối tượng để nghiên cứu quá trình tiêu thụ năng lượng trong tòa nhà, mà chủ yếu là năng lượng tiêu thụ bởi hệ thống điều hòa nhiệt độ do nó chiếm tỉ trọng lớn nhất trong các nguồn năng lượng tiêu thụ trong tòa nhà. Mọi quan hệ giữa nhiệt độ bên trong tòa nhà và điện năng tiêu thụ sẽ được khảo sát để làm cơ sở đề xuất các giải pháp quản lý năng lượng tối ưu.

4.2. Phạm vi nghiên cứu

Vì tòa nhà C5 khá lớn, có nhiều phòng chức năng khác nhau nên việc khảo sát và phân tích quá trình tiêu thụ năng lượng gặp nhiều khó khăn. Vì vậy, đề tài chỉ chọn một phòng chức năng (phòng họp) trong tòa nhà để nghiên cứu xây dựng mô hình truyền nhiệt và khảo sát, phân tích quá trình tiêu thụ năng lượng của phòng chức năng này.

4.3. Phương pháp nghiên cứu

Để thực hiện được các nhiệm vụ nghiên cứu đã đề ra, đề tài cần phải thực hiện tổng hợp nhiều phương pháp nghiên cứu khác nhau:

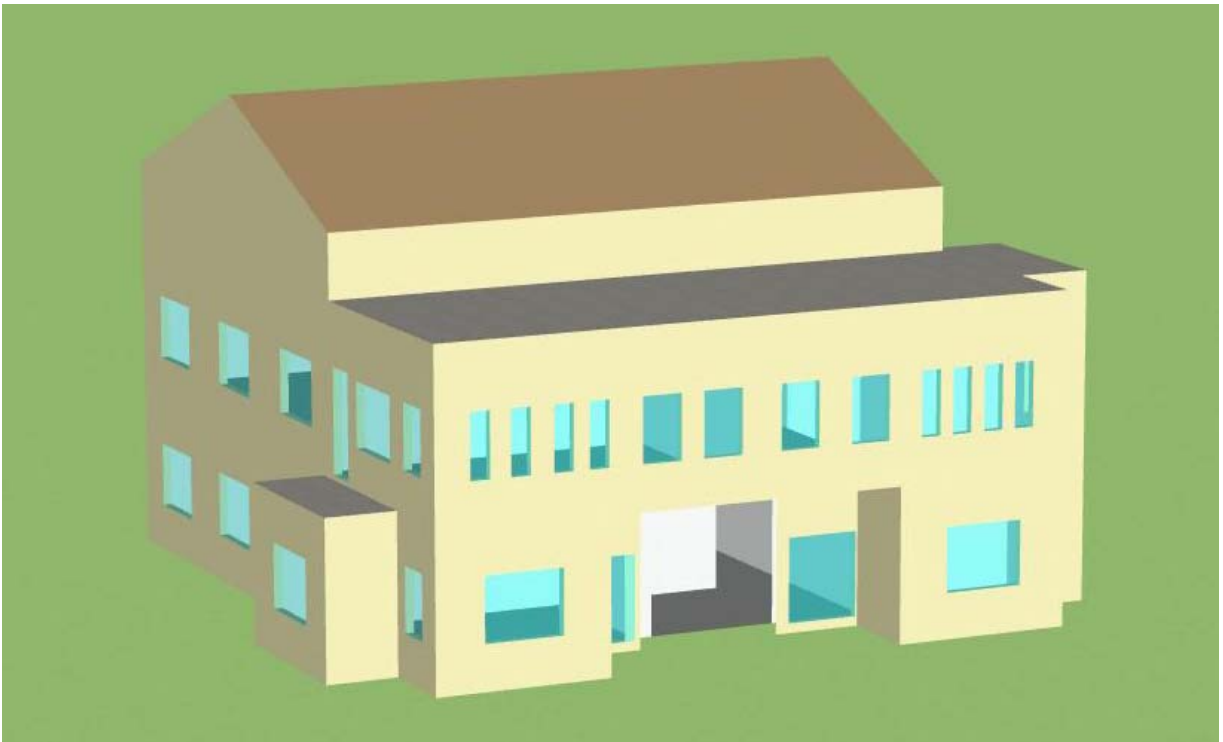
- Phương pháp nghiên cứu lý thuyết với mục tiêu là xây dựng mô hình toán học mô tả quá trình thay đổi nhiệt độ bên trong của tòa nhà dưới tác động của hệ thống điều hòa và môi trường bên ngoài tòa nhà.
- Phương pháp nghiên cứu mô phỏng với mục tiêu là mô phỏng quá trình nhiệt động lực học bên trong tòa nhà bằng phần mềm và mô hình toán.
- Phương pháp nghiên cứu phân tích và tổng hợp với mục tiêu là phân tích các kết quả mô phỏng, xác định các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình thay đổi nhiệt độ bên trong tòa nhà để từ đó đánh giá và đề xuất giải pháp quản lý năng lượng tối ưu.
- Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm với mục tiêu là kiểm chứng các kết quả nghiên cứu trên lý thuyết và qua mô phỏng với các dữ liệu thực nghiệm đo lường được, từ đó khẳng định độ tin cậy của các nghiên cứu trên lý thuyết.

PHẦN NỘI DUNG

Chương 1 MÔ HÌNH HÓA TÒA NHÀ

1. Mô hình 3D của tòa nhà C5, Trường Đại học Trà Vinh

Dựa trên các thông số kỹ thuật được thu thập từ các bản vẽ thiết kế, mô hình 3D của tòa nhà C5, Khoa Kỹ thuật và Công nghệ được dựng lại như trong Hình 1.1. Tòa nhà có 2 tầng: tầng trệt và tầng 1.

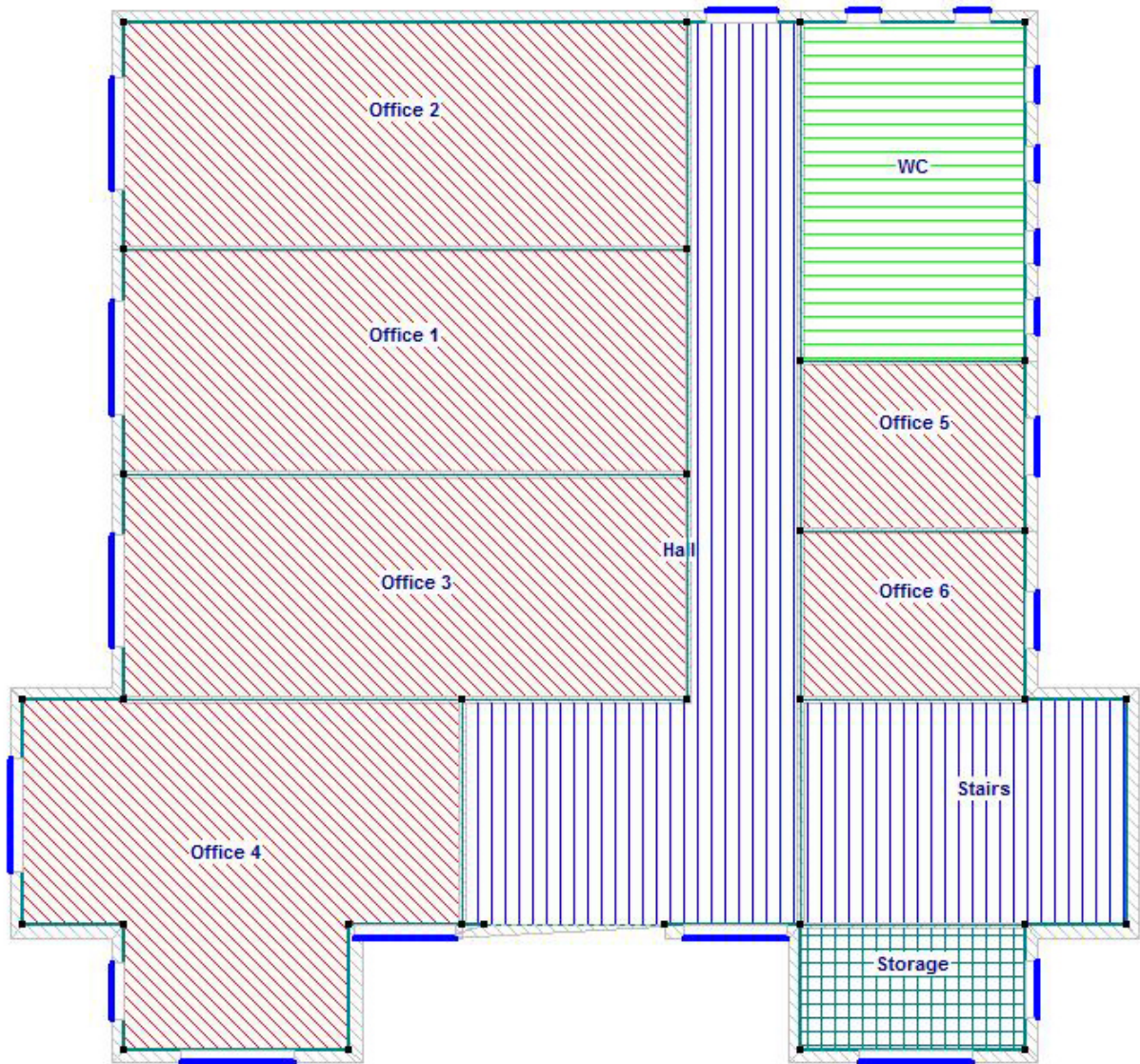


Hình 1.1: Mô hình 3D của tòa nhà C5

1.1. Tầng trệt

Tầng trệt có nhiều khu vực với cấu trúc và chức năng khác nhau dẫn đến đặc tính truyền nhiệt khác nhau. Vì vậy, cần phải phân chia tòa nhà thành các phân khu nhiệt khác nhau dựa trên chức năng sử dụng của từng phân khu nhiệt như được minh họa trong Hình 1.2. Các phân khu nhiệt được phân chia cụ thể như sau:

- Phân khu văn phòng: có 4 văn phòng
- Phân khu phòng học: có hai phòng học
- Phân khu lưu thông không khí: phân khu gồm các khu vực ở giữa các văn phòng, được bao bọc bởi các bức tường và cầu thang.
- Phân khu nhà vệ sinh
- Phân khu nhà kho



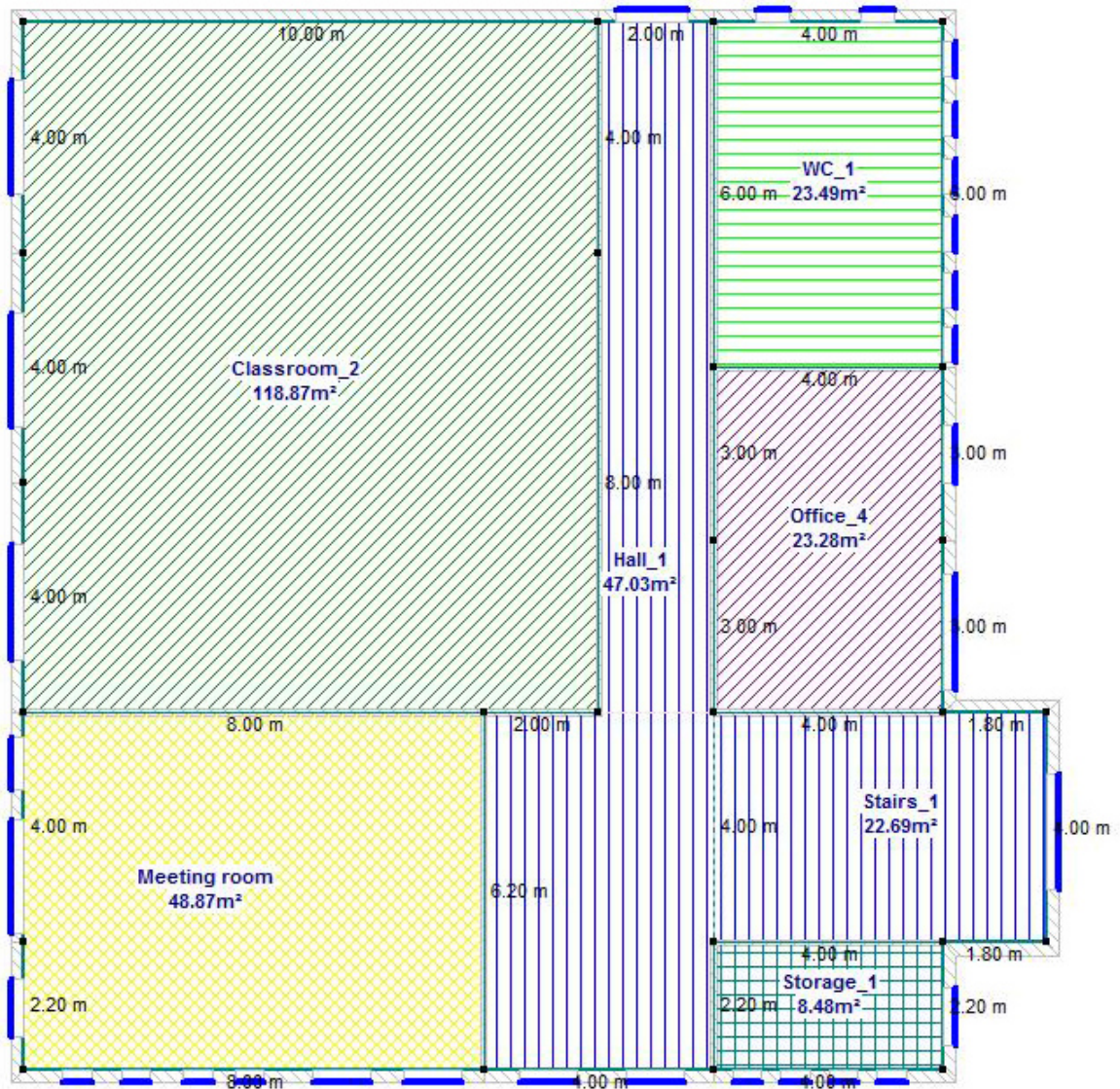
Hình 1.2: Phân khu nhiệt của tầng trệt, tòa nhà C5

1.2. Tầng một

Tầng một được phân thành các phân khu nhiệt như sau (xem Hình 1.3):

- Phân khu văn phòng: có 4 văn phòng

- Phân khu phòng học: có hai phòng học
- Phân khu lưu thông không khí: phân khu gồm các khu vực ở giữa các văn phòng, được bao bọc bởi các bức tường và cầu thang
- Phân khu nhà vệ sinh
- Phân khu nhà kho
- Phân khu phòng họp



Hình 1.3: Phân khu nhiệt của tầng một, tòa nhà C5

Điều kiện làm việc của các phân khu nhiệt được mô tả trong Bảng 1.1

Bảng 1.1: Bảng mô tả các phân khu nhiệt

Phân khu nhiệt	Máy điều hòa	Nhiệt độ đặt	Số người làm việc
Văn phòng	Có	26 °C	2 người
Phòng họp	Có	26 °C	10 người
Phòng học	Có	26 °C	0,5 người/m ²
Nhà vệ sinh	Không	x	x
Lưu thông không khí	Không	x	x
Nhà kho	Không	x	x

2. Cấu trúc vật liệu của tòa nhà

Các vật liệu cấu tạo của tòa nhà chủ yếu là kính và tường. Tất cả các cửa sổ trong tòa nhà đều được lắp đặt kính đơn lớp. Dựa vào bản vẽ xây dựng của tòa nhà, các thông số như vị trí, kích thước, và hướng của các cửa sổ được xác định trong Bảng 1.2.

Bảng 1.2: Bảng liệt kê hệ số dẫn nhiệt của các cửa sổ của phòng họp

Tên cửa sổ	Diện tích[cmxcm]	Khung	Hệ số dẫn nhiệt[W/ m ² K]	Hệ số mặt trời
KK1	180x210	Nhôm	4,726	0,594
KK2	200x390	Nhôm	4,726	0,594
PF D2	1250x2600	Nhôm	6,575	0,666
PF D3	900x2600	Nhôm	0,594	0,666
S1	200x160	Nhôm	4,726	0,594
S2	100x160	Nhôm	4,726	0,594
S3	50x160	Nhôm	4,726	0,594
S4	60x60	Nhôm	4,726	0,594

Các vật liệu cấu tạo của tường, máy nhà, và sàn nhà được xác định từ bản vẽ xây dựng tòa nhà và thư viện phần mềm Pleiade và thể hiện trong Bảng 1.3.

Bảng 1.3: Bảng mô tả hệ số cản nhiệt của các lớp vật liệu cấu trúc của tòa nhà

Loại tường	Cấu trúc (từ ngoài vào trong)	Hệ số cản nhiệt
Tường ngoài	Lớp bê ngoài (e = 0,3 cm, $\lambda = 1,15$ W/mK) Lớp gạch ống (e = 10 cm, $\lambda = 0,417$ W/mK) Lớp không khí trong gạch (e = 1cm, $\lambda = 0,133$ W/mK) Lớp gạch ống (e = 10 cm, $\lambda = 0,417$ W/mK) Lớp bê trong (e = 0,3 cm, $\lambda = 0,8$ W/mK)	0,55

Tường trong	Lớp bê trong ($e = 0,3 \text{ cm}$, $\lambda = 0,8 \text{ W/mK}$) Lớp gạch ống ($e = 10 \text{ cm}$, $\lambda = 0,417 \text{ W/mK}$) Lớp bê trong ($e = 0,3 \text{ cm}$, $\lambda = 0,8 \text{ W/mK}$)	0,24
Sàn tầng trệt	Lớp bê trong ($e = 20 \text{ cm}$, $\lambda = 1,75 \text{ W/mK}$) Lớp gạch ống ($e = 3 \text{ cm}$, $\lambda = 1,65 \text{ W/mK}$) Lớp bê trong ($e = 1 \text{ cm}$, $\lambda = 1,7 \text{ W/mK}$)	0,14
Sàn tầng một	Lớp bê trong ($e = 20 \text{ cm}$, $\lambda = 1,75 \text{ W/mK}$) Lớp gạch ống ($e = 3 \text{ cm}$, $\lambda = 1,65 \text{ W/mK}$) Lớp bê trong ($e = 1 \text{ cm}$, $\lambda = 1,7 \text{ W/mK}$)	0,14
Mái nghiêng	Lớp tole ($e = 0,5 \text{ cm}$, $\lambda = 16 \text{ W/mK}$) Lớp không khí ($e = 10 \text{ cm}$, $\lambda = 0,909 \text{ W/mK}$) Lớp bê trong ($e = 0,5 \text{ cm}$, $\lambda = 16 \text{ W/mK}$)	0,11
Mái bằng	Lớp bê tông mỏng ($e = 3 \text{ cm}$, $\lambda = 1,65 \text{ W/mK}$) Lớp chống thấm ($e = 0,5 \text{ cm}$, $\lambda = 0,25 \text{ W/mK}$) Lớp bê tông dày ($e = 7,5 \text{ cm}$, $\lambda = 1,75 \text{ W/mK}$) Lớp bê tông mỏng ($e = 3 \text{ cm}$, $\lambda = 1,65 \text{ W/mK}$) Lớp bê trong ($e = 0,5 \text{ cm}$, $\lambda = 0,8 \text{ W/mK}$)	0,11

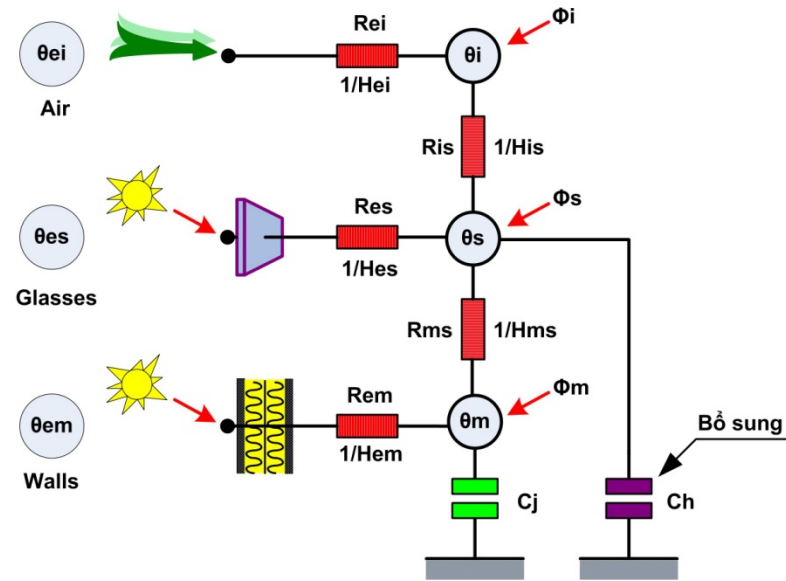
3. Mô hình toán học

3.1. Mô hình hộp xám RC

Mô hình hộp xám RC bao gồm mạng nhiệt trở và tụ nhiệt. Mô hình này được đề xuất dựa vào tính chất tương đồng giữa truyền nhiệt và truyền điện. Mô hình này cho phép mô phỏng biến thiên nhiệt độ của một phân khu nhiệt. Quá trình xây dựng mô hình dựa vào sự đơn giản hóa các quá trình truyền nhiệt giữa môi trường bên trong và bên ngoài tòa nhà. Độ chính xác của mô hình phụ thuộc vào cấu trúc kết nối và số lượng của các phần tử nhiệt trở và tụ nhiệt. Vì có nhiều sự lựa chọn số lượng nhiệt trở và tụ nhiệt trong các mô hình hộp xám nên để phân biệt các mô hình hộp xám, người ta quy ước đặt tên mỗi mô hình hộp xám là “X” R và “Y” C, trong đó “X” là số lượng nhiệt trở của mô hình, và “Y” là số lượng tụ nhiệt của mô hình. Trong nghiên cứu này, mô hình bao gồm 5 nhiệt trở và 2 tụ nhiệt nên có tên là 5R2C. Mô hình này được đề xuất theo cấu trúc được minh họa trong Hình 1.4. Mỗi node trong mô hình tương ứng với một nguồn nhiệt. Các tính chất tương đồng giữa truyền nhiệt và truyền điện được giả định như sau:

- Độ cản nhiệt của tường tương đồng với điện trở,

- Nguồn nhiệt tương đồng với nguồn điện,
- Quán tính của vật liệu tương đồng với tụ điện,
- Nhiệt độ tương đồng với điện áp.



Hình 1.4: Mô hình hộp xám gồm 5 nhiệt trở và 2 nhiệt dung

Các thông số của mô hình được định nghĩa như sau:

$H_{ei} (1/ R_{ei})$	Nhiệt dẫn do thông gió (W/K)
$H_{is} (1/ R_{is})$	Nhiệt dẫn do đối lưu và bức xạ (W/K)
$H_{es} (1/ R_{es})$	Nhiệt dẫn của các khung kính (W/K)
$H_{ms} (1/ R_{ms})$	Nhiệt dẫn của cửa lớp tường bên trong (W/K)
$H_{em} (1/ R_{em})$	Nhiệt dẫn của cửa lớp tường bên ngoài (W/K)
C_m	Nhiệt dung của tòa nhà (J/K)
C_j	Nhiệt dung của tường (J/K)
C_h	Nhiệt dung do hệ thống điều hòa không khí (J/K)
θ_{ei}	Nhiệt độ không khí bên ngoài ($^{\circ}\text{C}$)
θ_i	Nhiệt độ không khí bên trong ($^{\circ}\text{C}$)
θ_{es}	Nhiệt độ bên ngoài các khung kính ($^{\circ}\text{C}$)
θ_s	Nhiệt độ trung bình có trọng số giữa nhiệt độ không khí bên trong và nhiệt độ bức xạ trung bình bên trong tòa nhà ($^{\circ}\text{C}$)

θ_{em}	Nhiệt độ bên ngoài tường ($^{\circ}\text{C}$)
θ_m	Nhiệt độ bên trong tường ($^{\circ}\text{C}$)
Φ_i	Tổng các nguồn nhiệt tác động vào nút θ_i (W)
Φ_s	Tổng các nguồn nhiệt tác động vào nút θ_s (W)
Φ_m	Tổng các nguồn nhiệt tác động vào nút θ_m (W)

3.2. Các phương trình vi phân mô tả mô hình

Dựa vào cấu trúc mô hình trên Hình 1.4, ta có các phương trình cân bằng nguồn nhiệt sau:

Các phương trình nguồn nhiệt:

$$\Phi_i = H_{ei}(\theta_i - \theta_{ei}) + H_{is}(\theta_i - \theta_s) \quad (1)$$

$$\Phi_s = H_{ms}(\theta_s - \theta_m) + C_h \frac{d\theta_s}{dt} + H_{es}(\theta_s - \theta_{es}) + H_{is}(\theta_s - \theta_i) \quad (2)$$

$$\Phi_m = C_j \frac{d\theta_m}{dt} + H_{em}(\theta_m - \theta_{em}) + H_{ms}(\theta_m - \theta_s) \quad (3)$$

Từ các phương trình cân bằng nhiệt (1) – (3), kết hợp với các phép biến đổi đại số, ta có thể rút ra các phương trình nhiệt của mô hình 5R2C như sau:

$$\theta_i(t) = \frac{\phi_i + H_{ei}\theta_{ei}(t)}{H_{ei} + H_{is}} + \frac{H_{is}}{H_{ei} + H_{is}}\theta_s(t) \quad (4)$$

$$\frac{d\theta_s(t)}{dt} = A_s\theta_s(t) + B_s\theta_m(t) + \Delta_s(t) \quad (5)$$

$$\frac{d\theta_m(t)}{dt} = A_m\theta_s(t) + B_m\theta_m(t) + \Delta_m(t) \quad (6)$$

Trong đó:

$$A_s = - \left[\frac{H_{ms} + H_{es} + H_{is}}{C_h} + \frac{H_{is}^2}{C_h(H_{ei} + H_{is})} \right]$$

$$B_s = \frac{H_{ms}}{C_h}$$

$$\Delta_s(t) = \frac{\phi_s}{C_h} + \frac{H_{es}}{C_h} \theta_{es}(t) + \frac{\phi_i H_{is} + H_{ei} H_{is} \theta_{ei}(t)}{C_h (H_{ei} + H_{is})}$$

$$A_m = \frac{H_{ms}}{C_j}$$

$$B_m = -\frac{H_{em} + H_{ms}}{C_j}$$

$$\Delta_m(t) = \frac{\phi_m + H_{em} \theta_{em}(t)}{C_j}$$

Như vậy với các thông số được ước lượng của mô hình, các biến nhiệt độ $\theta_{ei}(t)$, $\theta_{es}(t)$, $\theta_{em}(t)$ được phân tách từ dữ liệu thời tiết thu thập được, và các nguồn nhiệt Φ_i , Φ_s , Φ_m được xác định trước, ta có thể xác định nhiệt độ tại các nút $\theta_i(t)$, $\theta_s(t)$, $\theta_m(t)$ theo các công thức (4) – (6). Tuy nhiên, để xác định nhiệt độ tại nút $\theta_s(t)$ và $\theta_m(t)$, ta phải giải phương trình vi phân (5) và (6). Việc tìm nghiệm giải tích dưới dạng tường minh của các phương trình vi phân trên gặp nhiều khó khăn nên trong bài báo này, phương pháp xấp xỉ Runge-Kuta được đề xuất để giải các phương trình vi phân trên vì phương pháp này cho kết quả khá xấp xỉ có độ chính xác cao, ổn định và thời gian giải nhanh.

Phương pháp Runge-Kuta bậc 4 dùng để giải phương trình vi phân theo công thức xấp xỉ như sau:

$$x_{i+1} = x_i + h \cdot \Phi(t_i, x_i, h) \quad (7)$$

Trong đó: x_0 là giá trị ban đầu của x và

$$\Phi = \frac{1}{6}(K_1 + 2K_2 + 2K_3 + K_4) \quad (8)$$

$$K_1 = f(t_i, x_i) \quad (9)$$

$$K_2 = f\left(t_i + \frac{h}{2}, x_i + \frac{h}{2}K_1\right) \quad (10)$$

$$K_3 = f\left(t_i + \frac{h}{2}, x_i + \frac{h}{2}K_2\right) \quad (11)$$

$$K_4 = f(t_i + h, x_i + hK_3) \quad (12)$$

3.3. Phương pháp xác định các thông số của mô hình hộp xám

Cấu trúc của mô hình 5R2C đã được xác định trong Hình 1.4. Vấn đề còn lại là làm thế nào để xác định được giá trị vật lý của các nhiệt trở và nhiệt dung của mô hình. Các thông số vật lý của các nhiệt trở được ước lượng dựa vào cấu trúc và vật liệu cấu tạo của các tường cấu tạo nên tòa nhà. Vấn đề còn lại là làm sao xác định được các thông số của các tụ nhiệt C_j và C_h . Trong mô hình 5R1C [17], thông số tụ nhiệt được xác định dựa vào tổng diện tích bề mặt trao đổi nhiệt của tòa nhà. Tuy nhiên trong mô hình 5R2C chúng ta không thể áp dụng công thức tương tự được. Đây là một khó khăn lớn nhất trong quá trình xác định các thông số của mô hình 5R2C. Trong nghiên cứu này, phương pháp thống kê dựa vào hệ số tương quan được đề xuất để xác định các thông số của các tụ nhiệt C_j và C_h . Ý tưởng cơ bản của phương pháp là cho C_j và C_h lần lượt nhận các giá trị khác nhau trong các khoảng giá trị vật lý được xác định trước. Tương ứng với mỗi cặp giá trị (C_j, C_h) , ta tính được đường nhiệt độ đầu ra của mô hình. Sau đó ta tiến hành so sánh mức độ tương tự giữa đường nhiệt độ đầu ra của mô hình với đường nhiệt độ thực tế dựa vào hệ số tương quan giữa hai đại lượng này. Hệ số tương quan càng lớn thì mức độ tương tự của đường nhiệt độ đầu ra của mô hình với đường nhiệt độ thực tế càng cao. Như vậy sau khi kết thúc các vòng lặp giá trị của C_j và C_h , ta tìm được cặp giá trị (C_j, C_h) có hệ số tương quan cao nhất. Tuy nhiên, tìm được hệ số tương quan cao nhất cũng chưa thể đảm bảo có được cặp thông số (C_j, C_h) tốt nhất vì hệ số tương quan chỉ xác định được mức độ tương tự của hai đường nhiệt độ, chứ không xác định được mức độ tiệm cận hay trùng khớp giữa hai đường nhiệt độ. Trong khi đó, mục tiêu cuối cùng là xác định cặp thông số (C_j, C_h) sao cho đường nhiệt độ đầu ra của mô hình càng trùng khớp với đường nhiệt độ thực tế càng tốt. Để đo lường mức độ trùng khớp giữa hai đường nhiệt độ, bài báo này đề xuất chỉ số trùng khớp được định nghĩa như sau:

$$f = \frac{r}{d} \quad (13)$$

- Trong đó: f là hệ số trùng khớp; r là hệ số tương quan; và d là khoảng cách trung bình giữa hai đường nhiệt độ. Như vậy, theo công thức (13) thì khoảng cách trung bình giữa hai đường nhiệt độ càng nhỏ (hai

đường nhiệt độ càng trùng khớp với nhau) thì chỉ số trùng khớp f càng lớn. Cuối cùng, dựa vào hệ số tương quan và chỉ số trùng khớp, ta có thể tìm được cặp giá trị (C_j, C_h) tốt nhất trong không gian tìm kiếm.

Chương 2

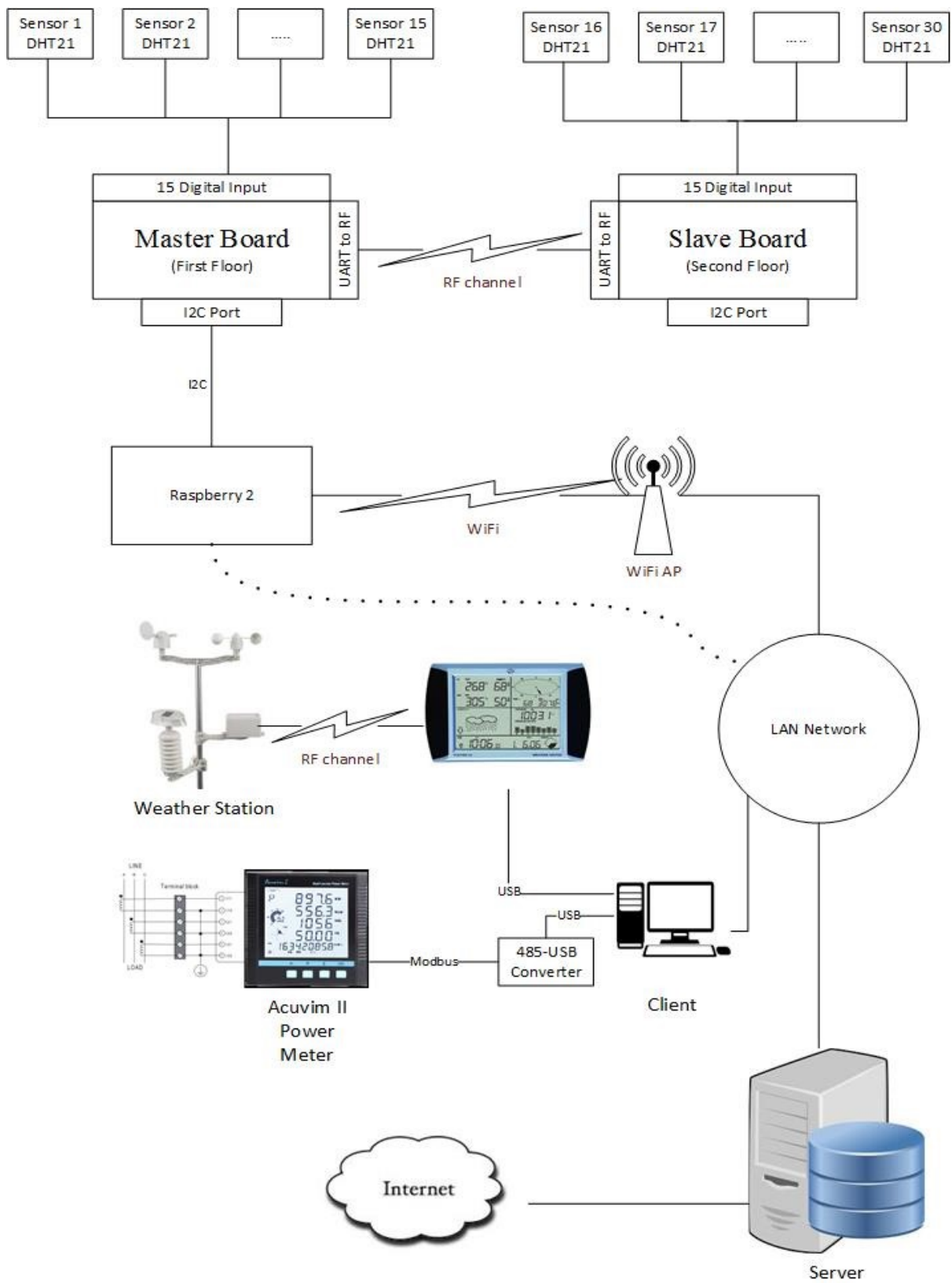
THIẾT LẬP HỆ THỐNG CẢM BIẾN

1. Phương án thu thập nhiệt độ và độ ẩm trong phòng

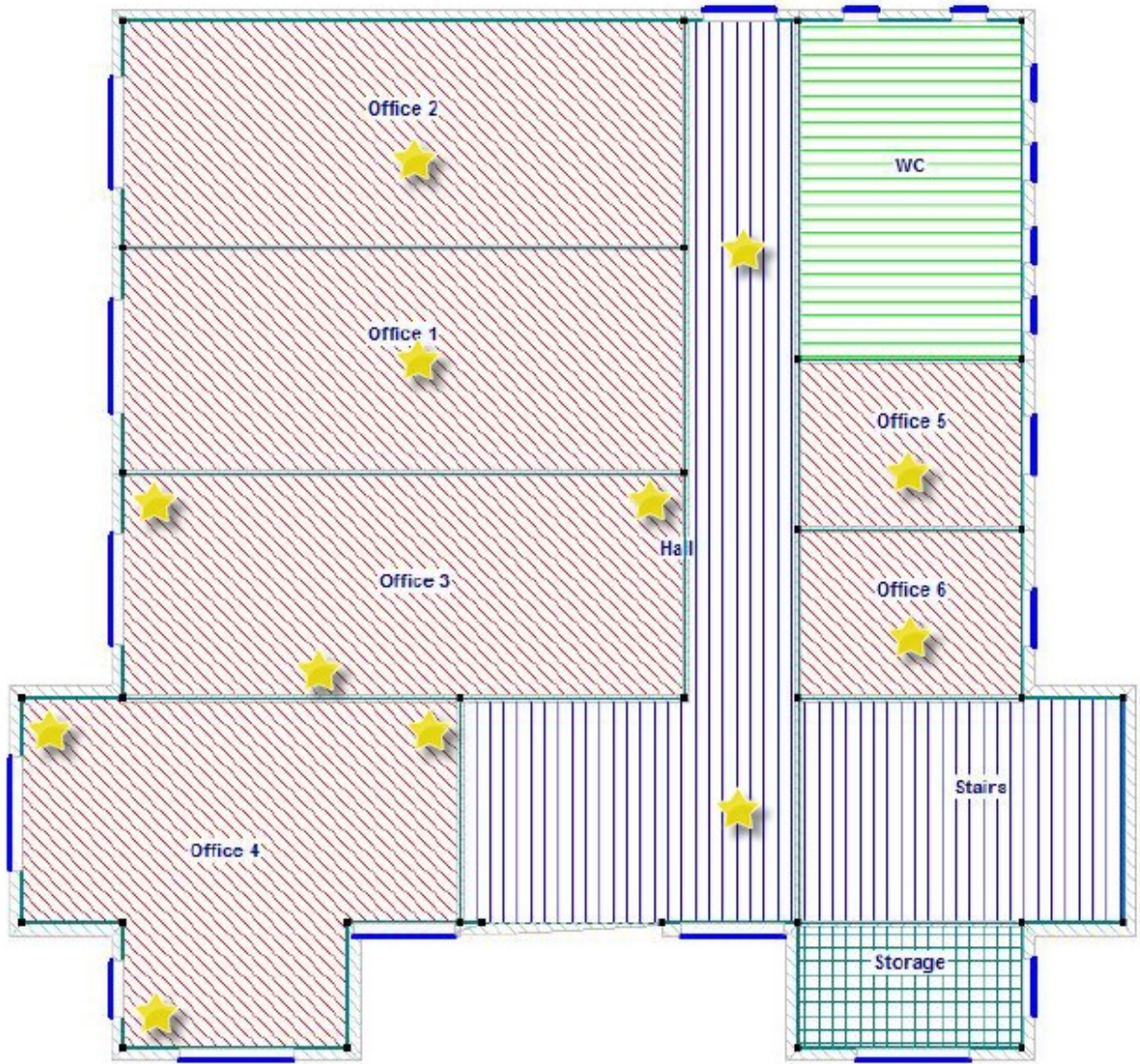
Để đảm bảo dữ liệu cho mục đích kiểm chứng mô hình đề xuất trong đề tài và sử dụng cho các nghiên cứu sau này, hệ thống cảm biến được thiết kế để thu thập dữ liệu tại tất cả các khu vực trong tòa nhà khoa Kỹ thuật Công nghệ (xem Hình 2.1). Các cảm biến đo nhiệt độ - độ ẩm được phân bố bao phủ hết các khu vực có người thường xuyên làm việc và học tập. Sơ đồ bố trí cảm biến ở tầng trệt được thể hiện trong Hình 2.2 và ở tầng một được thể hiện trong Hình 2.3, trong đó các cảm biến là các hình ngôi sao màu vàng.

Đề tài sử dụng cảm biến DHT21 – có tích hợp cảm biến độ ẩm điện dung và cảm biến nhiệt độ có độ chính xác cao ($\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ và $3\% \text{ RH}$) và ngõ ra là tính hiệu số (1-wire) có thể kết nối với Vi điều khiển; đặc biệt là khoảng cách truyền dẫn tín hiệu lên đến 20m phù hợp cho diện tích tại mỗi tầng khá rộng.

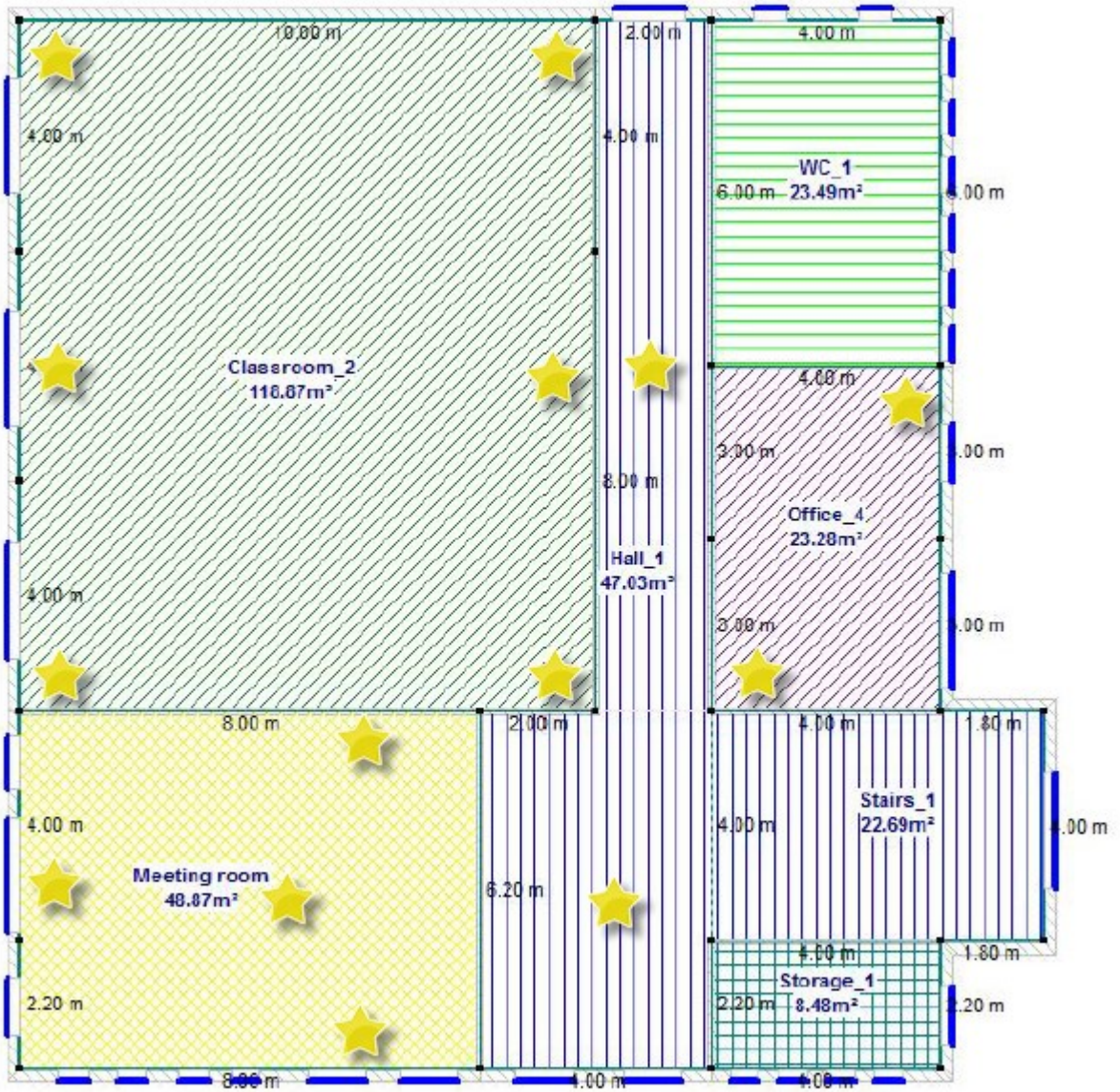
Hai module thu thập dữ liệu nhiệt độ và độ ẩm được thiết kế dựa trên board Arduino Mega 2560 R3 (Master Board và Slave Board có cấu trúc phần cứng như nhau). Trong đó, Master Board phụ trách điều khiển chương trình thu thập dữ liệu của chính nó (12 cảm biến) và yêu cầu Slave Board thu thập dữ liệu của 14 cảm biến rồi gửi lại cho Master Board. Sau đó, Master Board sẽ gộp dữ liệu lại và gửi cho Raspberry Pi thông qua đường truyền I2C. Để hạn chế kết nối dây dẫn giữa 2 tầng của tòa nhà, đề tài quyết định chọn phương thức giao tiếp giữa Master và Slave Board bằng kênh truyền dẫn vô tuyến RF (sử dụng mạch thu phát RF UART CC1101 433 Mhz). Ngoài ra giữa Arduino và Raspberry cần bộ chuyển điện áp 5V – 3V3 để có thể giao tiếp dữ liệu với nhau. Raspberry, cuối cùng sẽ đóng gói dữ liệu (JSON) và gửi về máy chủ thông qua mạng nội bộ để lưu trữ và khai thác dữ liệu khi cần thiết. Lưu đồ giải thuật của chương trình điều khiển hệ thống cảm biến được minh họa trong Hình 2.4.



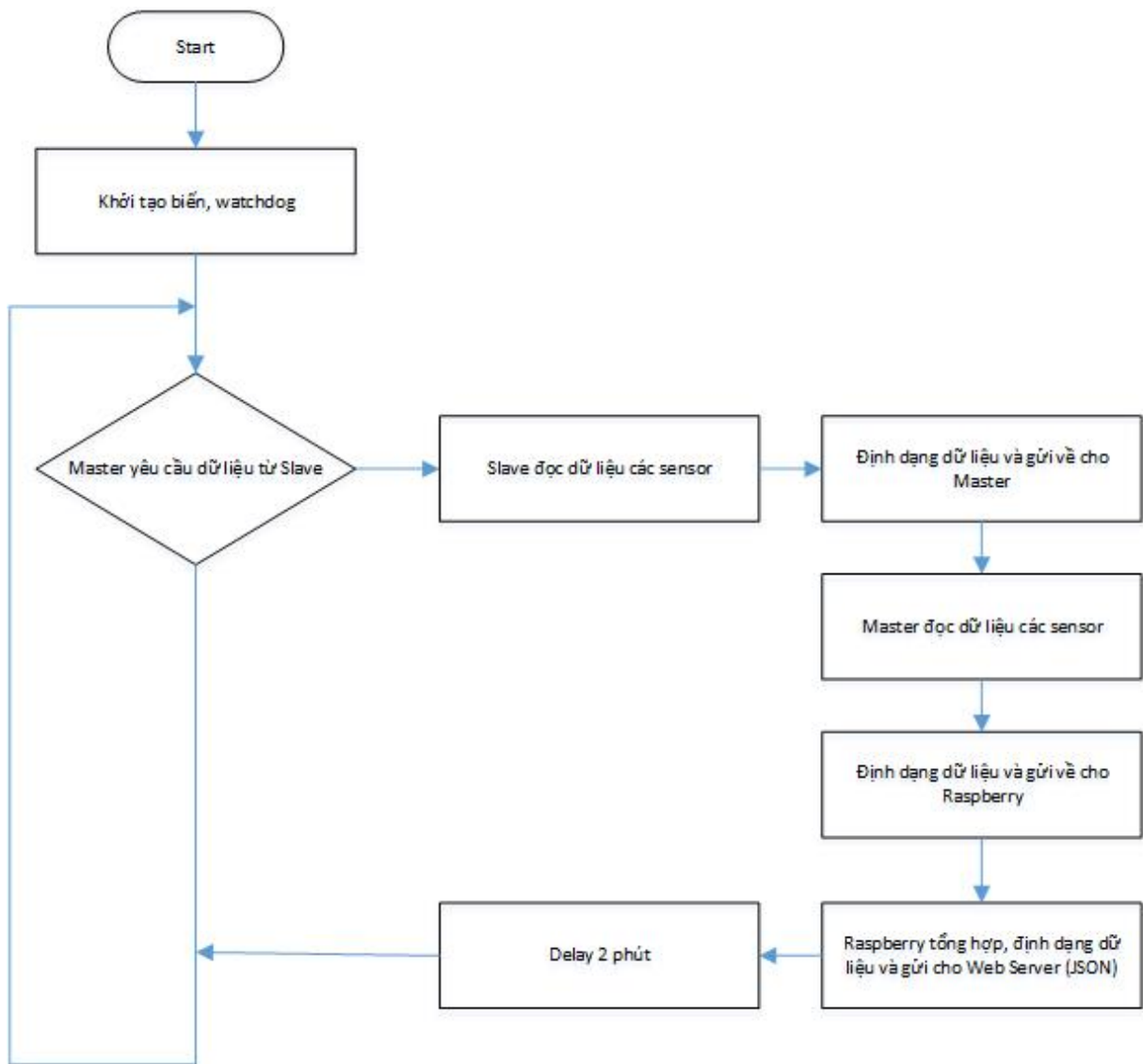
Hình 2.1: Sơ đồ tổng thể hệ thống thu thập dữ liệu nhiệt độ, độ ẩm, điện năng tiêu thụ và thông số thời tiết.



Hình 2.2: Bố trí 12 cảm biến thu thập nhiệt độ và độ ẩm tại tầng trệt



Hình 2.3: Bố trí 14 cảm biến thu thập nhiệt độ và độ ẩm tại tầng một.

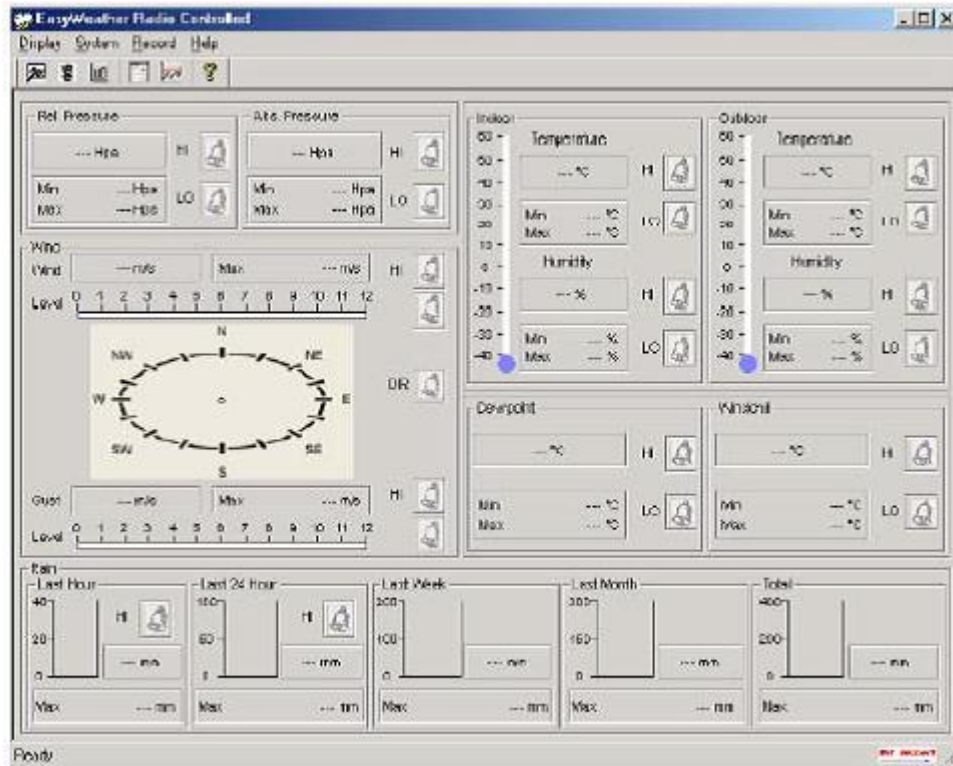


Hình 2.4: Lưu đồ giải thuật của chương trình điều khiển hệ thống cảm biến.

2. Phương án thu thập dữ liệu từ trạm thời tiết

Các dữ liệu môi trường bên ngoài tòa nhà cũng được thu thập bằng một trạm thời tiết. Do trạm thời tiết (Weather Station PCE-FWS 20) là thiết bị thương mại, ứng dụng khai thác dữ liệu phải thông qua trình tiện ích của hãng nên đề tài phải sử dụng một máy tính cá nhân để thu thập giám sát dữ liệu của thiết bị này. Hệ thống này có khả năng thu thập được nhiệt độ, độ ẩm, hướng gió, lượng mưa, áp suất bên ngoài tòa nhà. Hệ thống cảm biến được đặt trên nóc của tòa nhà. Dữ liệu thu thập được sẽ tự động truyền qua sóng RF đến thiết bị truy xuất dữ liệu cầm tay đi kèm. Thiết bị này sẽ được kết nối máy tính thông qua cổng USB để truy

xuất dữ liệu từ ứng dụng của nhà sản xuất như mô tả trong Hình 2.1. Giao diện của chương trình tiện ích cũng khá thân thiện với người dùng như trong Hình 2.5



Hình 2.5: Giao diện của chương trình thu thập dữ liệu trạm thời tiết.

3. Phương án thu thập dữ liệu điện năng tiêu thụ

Như đã đề cập trong Hình 2.1, đề tài sử dụng bộ đồng hồ đo điện đa chức năng Acuvim II để giám sát quá trình tiêu thụ điện cho tòa nhà khoa Kỹ thuật Công nghệ. Tính năng ưu việt của Acuvim II là có khả năng phân tích được chất lượng điện nơi tiêu thụ (điện áp, dòng điện, công suất, tần số, hệ số công suất,...) một cách chi tiết và chính xác kèm theo với tính năng lưu trữ dữ liệu và khả năng giao tiếp với máy tính. Trong đề tài này chúng tôi chọn phương án kết nối từ Acuvim với máy tính thông qua giao thức Modbus RTU. Sử dụng phần mềm đi kèm của nhà sản xuất nên dữ liệu thời gian thực được thu thập dễ dàng (xem Hình 2.6).

Start Readings Settings Help					
Volts AN	0.00 V	Volts AB	0.00 V	I A	0.0000 A
Volts BN	0.00 V	Volts BC	0.00 V	I B	0.0000 A
Volts CN	0.00 V	Volts CA	0.00 V	I C	0.0000 A
Volts LN Average	0.00 V	Volts LL Average	0.00 V	I Average	0.0000 A
Watt A	0.00000 kW	VAR A	0.00000 kvar	VA A	0.00000 kVA
Watt B	0.00000 kW	VAR B	0.00000 kvar	VA B	0.00000 kVA
Watt C	0.00000 kW	VAR C	0.00000 kvar	VA C	0.00000 kVA
Watt Total	0.00000 kW	VAR Total	0.00000 kvar	VA Total	0.00000 kVA
Pwr Factor A	1.000	Frequency	0.00 Hz	Load Type	R
Pwr Factor B	1.000	I N	0.0000 A		
Pwr Factor C	1.000	Unbalance V	0.0 %		
Pwr Factor Total	1.000	Unbalance I	0.0 %	<input type="button" value="Reset Demand"/>	
Dmd Watt Total	0.00000 kW	Dmd VAR Total	0.00000 kvar	Dmd VA Total	0.00000 kVA
Dmd I A	0.0000 A	Dmd I B	0.0000 A	Dmd I C	0.0000 A

Hình 2.6: Giao diện của chương trình thu thập dữ liệu điện năng tiêu thụ.

Chương 3

PHÂN TÍCH KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

1. Phương án mô phỏng

Để kết quả mô phỏng đạt được độ chính xác cao, chức năng sử dụng tòa nhà tương ứng với từng phân khu nhiệt được giả định như sau.

1.1. Thời gian sử dụng

Đối với phân khu văn phòng, mỗi văn phòng có hai người làm việc theo lịch làm việc như sau:

- Từ thứ Hai đến thứ Bảy: 7:00 - 11:00 giờ sáng và 1:00 - 5:00 giờ chiều.
- Không có ai làm việc trong các khoảng thời gian còn lại.

Đối với phân khu phòng họp, trung bình có khoảng 2 cuộc họp/tuần và mỗi cuộc họp trung bình có 10 người tham dự:

- Thứ Ba và thứ Năm: 1:00 - 5:00 giờ chiều.
- Không có ai làm việc trong các khoảng thời gian còn lại.

Đối với phân khu phòng học, với tỉ lệ phân bố khoảng 0,5 người/ m^2 thì số người học tối đa là khoảng 60 người/phòng học:

- Từ thứ Hai đến thứ Bảy: 7:00 - 11:00 giờ sáng và 1:00 - 5:00 giờ chiều.
- Không có ai làm việc trong các khoảng thời gian còn lại.

Lịch làm việc theo năm học được xác định như sau:

- Các tuần nghỉ lễ: tuần 1, 18, và 52.
- Các tuần còn lại là khoảng thời gian làm việc.

1.2. Nhiệt độ đặt

Nhiệt độ đặt cho các máy điều hòa trong suốt thời gian sử dụng được xác định là 26°C.

1.3. Tổng hao nhiệt

Các nguồn nhiệt tổn hao được xem xét là từ máy tính, máy chiếu, các thiết bị điện tử được sử dụng trong tòa nhà. Công suất tổn hao nhiệt trong phân khu phòng họp và văn phòng được ước lượng là 7 W/m^2 .

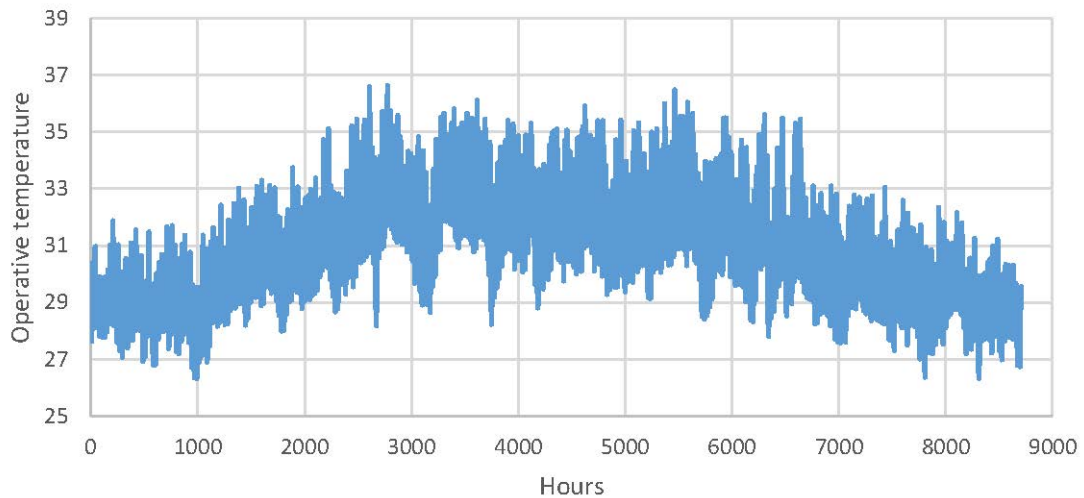
2. Dữ liệu thời tiết

Hiện tại chưa có một trạm thu thời tiết toàn diện nào đặt tại Trà Vinh nên dữ liệu thời tiết (bao gồm bức xạ mặt trời, gió, nhiệt độ, độ ẩm,...) được thu thập tại vùng địa lý có cùng vĩ độ với Trà Vinh, chẳng hạn như Bangkok, Thái Lan hay Trincomalee, Sri Lanka. Dữ liệu thời tiết của hai nơi này đã được kiểm tra và kết quả tương tự nhau nên cuối cùng dữ liệu thời tiết của vùng Trincomalee, Sri Lanka được sử dụng để áp dụng trong nghiên cứu này.

Dữ liệu thời tiết và cấu trúc bản vẽ 3D của tòa nhà được nhập vào phần mềm Pleiade để mô phỏng quá trình thay đổi nhiệt độ của toàn bộ tòa nhà và từng phòng riêng rẽ trong tòa nhà. Việc mô phỏng quá trình truyền nhiệt của tất cả các phòng trong tòa nhà tốn nhiều thời gian và công sức nên phòng họp được chọn làm đối tượng nghiên cứu để so sánh kết quả mô phỏng quá trình biến thiên nhiệt độ thông qua phần mềm Pleiade và mô hình hộp xám với kết quả biến thiên nhiệt độ trong thực tế được thu thập thông qua hệ thống cảm biến nhiệt độ được lắp đặt trong tòa nhà. Trên cơ sở kết quả nghiên cứu từ phòng họp, quá trình nghiên cứu sẽ được mở rộng sang các phân khu nhiệt còn lại trong tòa nhà. Trước khi trình bày kết quả mô phỏng sự biến thiên nhiệt độ của phòng họp bằng mô hình hộp xám 5R2C, kết quả mô phỏng bằng phần mềm Pleiade được thu thập và phân tích trước.

3. Dữ liệu đầu vào mô phỏng

Để tìm biến thiên nhiệt độ đầu ra theo thời gian, mô hình hộp xám được thực hiện trên phần mềm Matlab. Ngoài ra, để mô phỏng được mô hình, các dữ liệu đầu vào khác cũng cần phải được thu thập, chẳng hạn như dữ liệu về tòa nhà, dữ liệu về thời tiết bên ngoài tòa nhà. Tất cả các dữ liệu này được lưu trữ trong các tập tin Excel và được truy xuất bởi chương trình Matlab trong quá trình chạy mô phỏng.



Hình 3.1: Mô phỏng biến thiên nhiệt độ của phòng họp trong 1 năm

Tập tin đầu tiên lưu trữ các thông số của tòa nhà. Cụ thể trong nghiên cứu này là các thông số vật lý của phòng họp thuộc tòa nhà C5 khoa Kỹ thuật và Công nghệ.

Bảng 3.1: Các thông số vật lý của tòa nhà C5

Thông số	Tường 1	Tường 2	Tường 3	Tường 4
Độ nghiêng	90	90	0	180
Góc định hướng	350	260	0	0
Diện tích	25	32	49	49
Diện tích cửa sổ	6,2	6,4	0	0
Up	1,81	1,81	0,16	0,2
Uw	4,73	4,73	1,6	1,6
Sw_wp_SW	0,594	0,594	0,05	0,05
Sw_wp_LW	0,594	0,594	0,05	0,05
Sw_p_SW	0,35	0,35	0,35	0,35
Sw_p_LW	0	0	0	0

Các thông số vật lý trên Bảng 3.1 được mô tả như sau:

- Tường đứng có góc nghiêng là 90° , sàn có góc nghiêng là 0° , mái nhà có góc nghiêng là 180° . Phòng họp có 4 mặt tường được xem xét: hai bức tường đứng, một sàn, và một mái nhà,
- Up là hệ số truyền nhiệt của bức tường,
- Uw là hệ số truyền nhiệt của các cửa sổ. Hệ số này phụ thuộc vào loại kính được sử dụng,

- Sw là hệ số truyền nhiệt từ mặt trời của cửa sổ. Các ký tự đi kèm Sw thể hiện các thông số khác nhau (wp: không có lớp bảo vệ; p: có lớp bảo vệ; SW: sóng ngắn; LW: sóng dài).

Dữ liệu lưu trữ nhiệt độ môi trường và bên ngoài tòa nhà. Nghiên cứu này được chia làm hai bước:

- Bước đầu tiên là so sánh kết quả mô phỏng từ mô hình hộp xám 5R2C và mô phỏng từ phần mềm Pleiade. Nhiệt độ môi trường được lấy từ tập tin dữ liệu thời tiết. Vì hiện tại không có dữ liệu thời tiết của Trà Vinh nên dữ liệu thời tiết được chọn từ Trincomalee của Sri Lanka, vùng có cùng vĩ độ (9°) và vị trí địa lý. Nhiệt độ môi trường được trích ra từ tập tin dữ liệu thời tiết nhờ phần mềm TRNSYS.
- Bước thứ hai là so sánh sự biến thiên nhiệt độ mô phỏng từ mô hình hộp xám 5R2C với nhiệt độ thực tế được thu thập qua hệ thống cảm biến nhiệt độ được lắp đặt trong tòa nhà. Vì đề tài chưa thu thập được nhiệt độ thực tế của tòa nhà trong một năm (tạm thời chỉ thu thập được dữ liệu nhiệt độ khoảng vài tuần cuối tháng 6 và đầu tháng 7/2016). Mặc dù sự biến thiên nhiệt độ có thể được mô phỏng trong một năm với phần mềm Pleiade và với mô hình 5R2C nhưng để so sánh các kết quả mô phỏng với thực tế thì tạm thời ta chỉ có thể so sánh được kết quả trong khoảng 4 tuần dữ liệu.

Dữ liệu về bức xạ nhiệt từ mặt trời đối với vùng địa lý tương tự như Trà Vinh được trích từ dữ liệu thời tiết của vùng Trincomalee, Sri Lanka. Dữ liệu bức xạ nhiệt từ mặt trời cần phải được tách thành hai thành phần: bức xạ trực tiếp và bức xạ khuếch tán. Hai thành phần bức xạ này được tách ra nhờ phần mềm Pleiade và được đưa vào mô phỏng cho mô hình 5R2C. Quá trình mô phỏng mô hình 5R2C với dữ liệu bức xạ nhiệt được chia làm hai bước:

- Mô phỏng trong thời gian là một năm với các dữ liệu bức xạ nhiệt trực tiếp và khuếch tán. Thời gian lấy mẫu nhỏ nhất là 1 ngày.
- Trích lọc dữ liệu bức xạ nhiệt trực tiếp và khuếch tán từ mặt trời trong khoảng thời gian cuối tháng 6 và đầu tháng 7/2016 dùng để so sánh với kết quả đo lường trong thực tế.

4. Phân tích kết quả mô phỏng

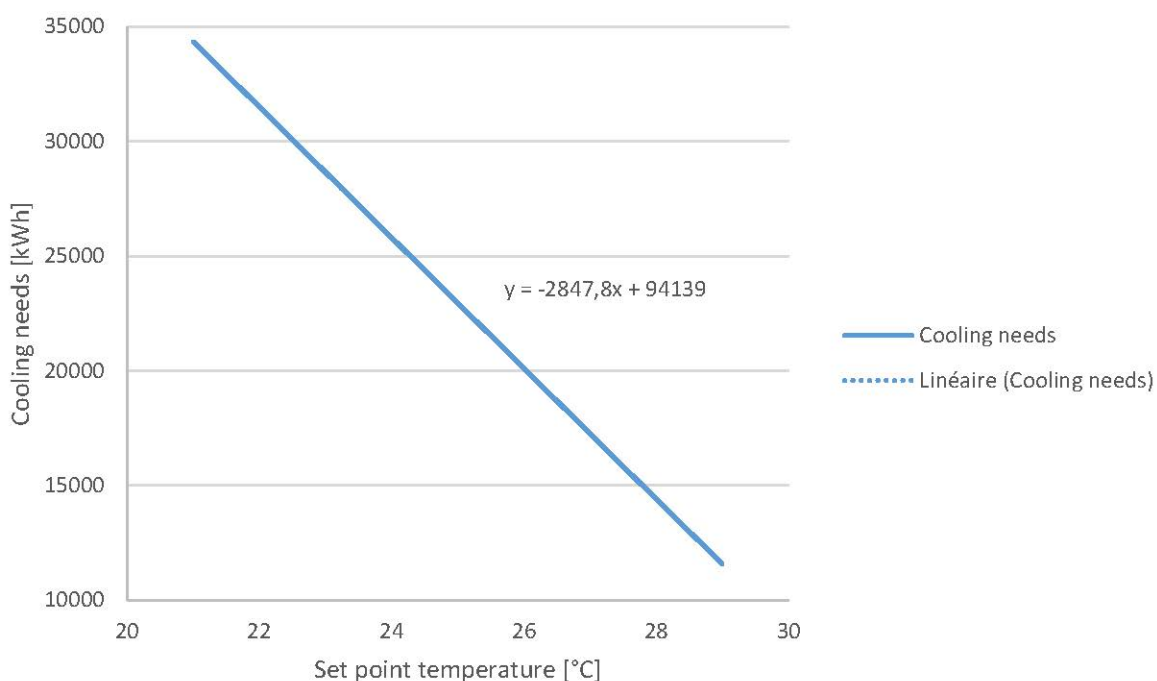
Hình 3.1 mô tả sự biến thiên nhiệt độ của phòng họp trong suốt một năm bằng phần mềm Pleiade. Theo như kết quả mô phỏng thì nhiệt độ trong phòng họp dao động từ 26,5°C đến 36,5 °C. Lưu ý là quá trình mô phỏng đã có xem xét đến các yếu tố như có người làm việc theo lịch làm việc và có sự tổn hao nhiệt gây ra bởi các thiết bị điện tử được sử dụng trong phòng họp. Quá trình biến thiên nhiệt độ của phòng họp được mô phỏng trong điều kiện các máy điều hòa nhiệt độ không có hoạt động. Lý do là ta muốn mô phỏng sự thay đổi nhiệt độ của phòng họp dưới tác động của sự thay đổi nhiệt độ môi trường bên ngoài tòa nhà. Kết quả mô phỏng sự biến thiên nhiệt độ của phòng họp sẽ được dùng để so sánh với kết quả mô phỏng biến thiên nhiệt độ của mô hình 5R2C và sau đó dùng để chỉnh định các thông số của mô hình 5R2C.

Ngoài ra, để phân tích và dự báo nhu cầu sử dụng năng lượng trong phòng họp, quá trình mô phỏng cũng được thực hiện trong điều kiện có bật chế độ điều hòa không khí. Như đã được nêu trong phòng giả thuyết, nhiệt độ đặt của máy điều hòa được chọn là 26°C cho toàn bộ tòa nhà trong suốt lịch làm việc không có bật điều hòa trong các giờ nghỉ. Để ước lượng được lượng năng lượng điện tiêu dùng thay đổi như thế nào khi thay đổi nhiệt độ đặt từ 21 °C đến 29 °C. Kết quả mô phỏng năng lượng cần sử dụng trong một năm cho các máy điều hòa trong tòa nhà C5 tùy theo sự thay đổi theo nhiệt độ đặt được cho trong Bảng 3.2.

Bảng 3.2: Điện năng tiêu thụ trong một năm bởi các máy điều hòa của tòa nhà C5

Nhiệt độ đặt [°C]	Điện năng tiêu thụ [KWh]	Tốc độ biến thiên [%]
21	34339	70,9
22	31490	56,7
23	28640	42,5
24	25791	28,4
25	22942	14,2
26	20092	X
27	17244	-14,2
28	14397	-28,3
29	11565	-42,4

Bảng 3.2 thể hiện sự thay đổi của điện năng tiêu thụ tương ứng với các nhiệt độ đặt khác nhau so với nhiệt độ đặt tham chiếu là 26 °C. Vì vậy, tốc độ biến thiên của điện năng tiêu thụ được tính toán so với nhiệt độ đặt tham chiếu này. Theo số liệu được trình bày trong Bảng 3.2 ta có nhận xét là điện năng tiêu thụ sẽ giảm nếu tăng nhiệt độ đặt và ngược lại. Tuy nhiên, khi tăng nhiệt độ đặt để tiết kiệm điện năng thì sẽ ảnh hưởng đến sự thoải mái của người làm việc vì nhiệt độ trong phòng sẽ tăng theo. Ngược lại, nếu ta giảm nhiệt độ đặt xuống càng thấp thì ta cảm thấy thoải mái hơn nhưng điện năng tiêu thụ lại tăng lên. Vì vậy, xác định được một nhiệt độ đặt tối ưu rất quan trọng trong việc chính sách quản lý năng lượng tối ưu của tòa nhà. Thực vậy, theo số liệu trong Bảng 3.2 thì nếu nhiệt độ đặt được tăng lên 1 °C thì điện năng tiêu thụ sẽ tăng lên 14,2 °C và nếu nhiệt độ đặt được tăng lên 2 °C thì điện năng tiêu thụ sẽ tăng lên 28,4 °C và ngược lại.



Hình 3.2: Mối quan hệ giữa điện năng tiêu thụ và nhiệt độ đặt

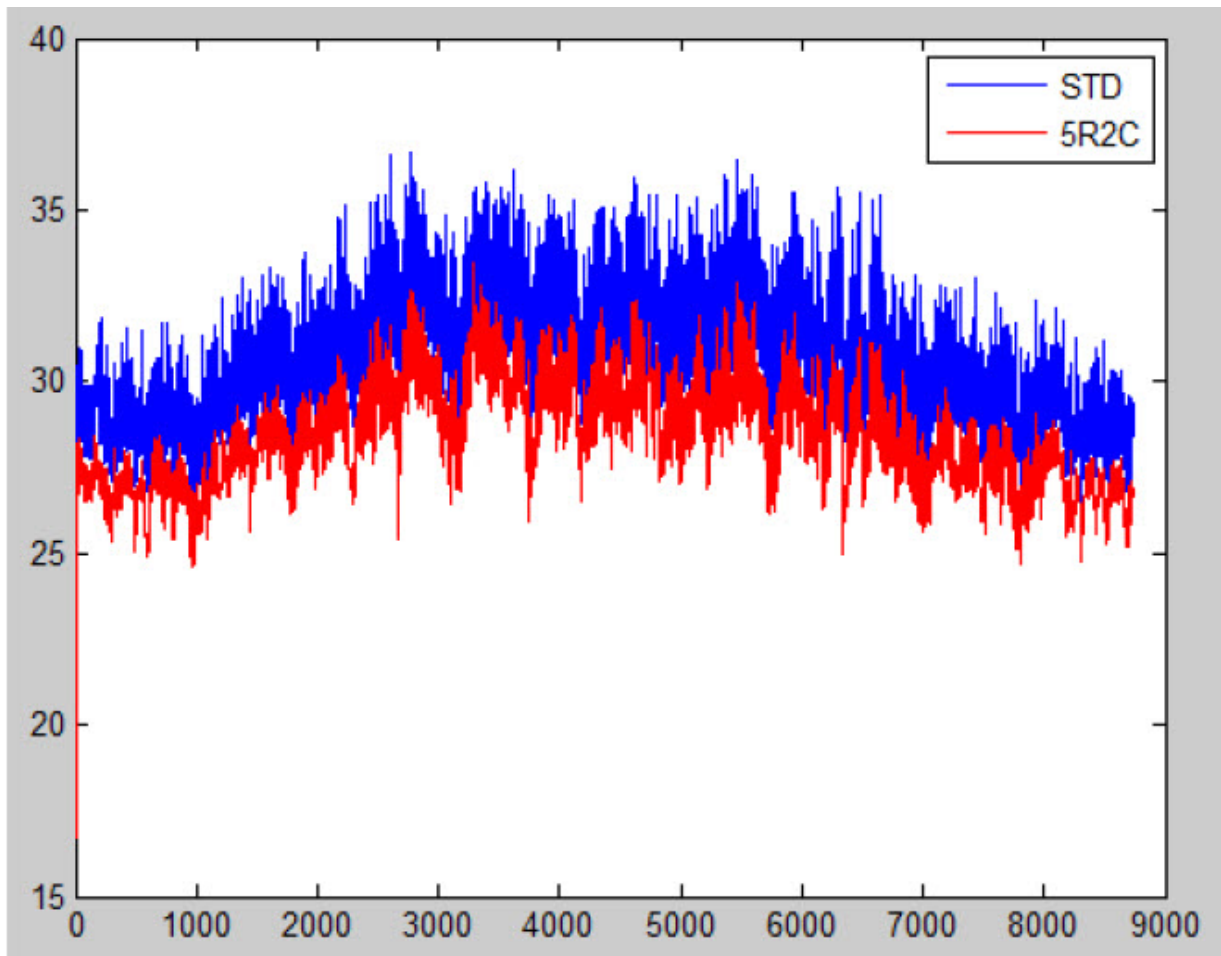
Sự thay đổi của điện năng tiêu thụ theo nhiệt độ đặt được minh họa trong Hình 3.2. Đường thay đổi điện năng tiêu thụ là một đường tuyến tính với độ dốc tương đối cao, chẳng hạn trong đoạn từ 21 °C đến 22 °C. Quan sát đường thẳng thay đổi này ta thấy nếu nhiệt độ đặt thay đổi 1 °C thì điện năng tiêu thụ sẽ thay đổi 3000KWh.

Bảng 3.2 và Hình 3.2 cho thấy nhiệt độ đặt cho máy điều hòa là một chỉ số quan trọng trong việc điều khiển tối ưu năng lượng tiêu thụ trong tòa nhà. Tuy nhiên, bên cạnh yếu tố nhiệt độ đặt còn có các yếu tố ảnh hưởng khác, chẳng hạn như thường xuyên bảo trì các máy điều hòa để tăng hiệu suất sử dụng. Ngoài ra, trong quá trình làm việc khi các đèn chiếu sáng được bật và các thiết bị văn phòng được sử dụng chẳng hạn như máy tính, máy chiếu,...thì nhiệt độ tỏa ra từ các thiết bị này sẽ gây ra tổn hao nhiệt.

5. So sánh mô hình 5R2C với dữ liệu mô phỏng và đo lường thực tế

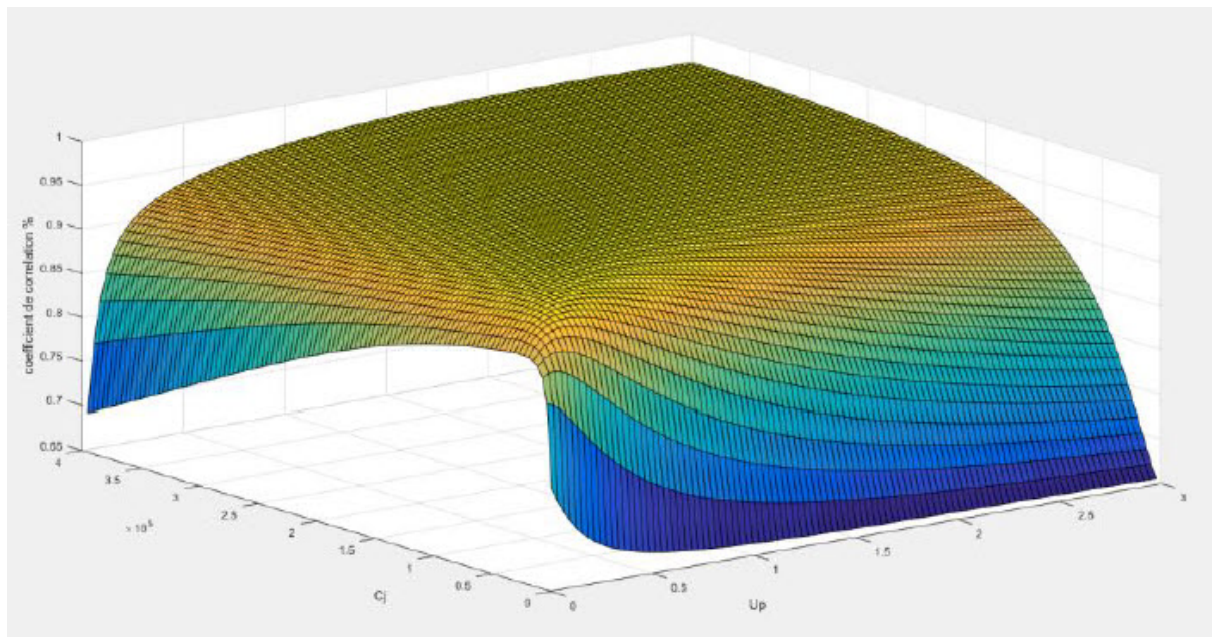
5.1. So sánh mô hình 5R2C với dữ liệu mô phỏng

Nhiệt độ bên trong của phòng họp trong một năm được mô phỏng bởi phần mềm Pleiade được so sánh với nhiệt độ đầu ra của mô hình 5R2C trong một năm như được minh họa trong Hình 3.3.



Hình 3.3: So sánh kết quả mô phỏng giữa phần mềm và mô hình 5R2C

Kết quả tính toán hệ số tương quan để ước lượng các giá trị nhiệt dung được minh họa trong Hình 3.4.

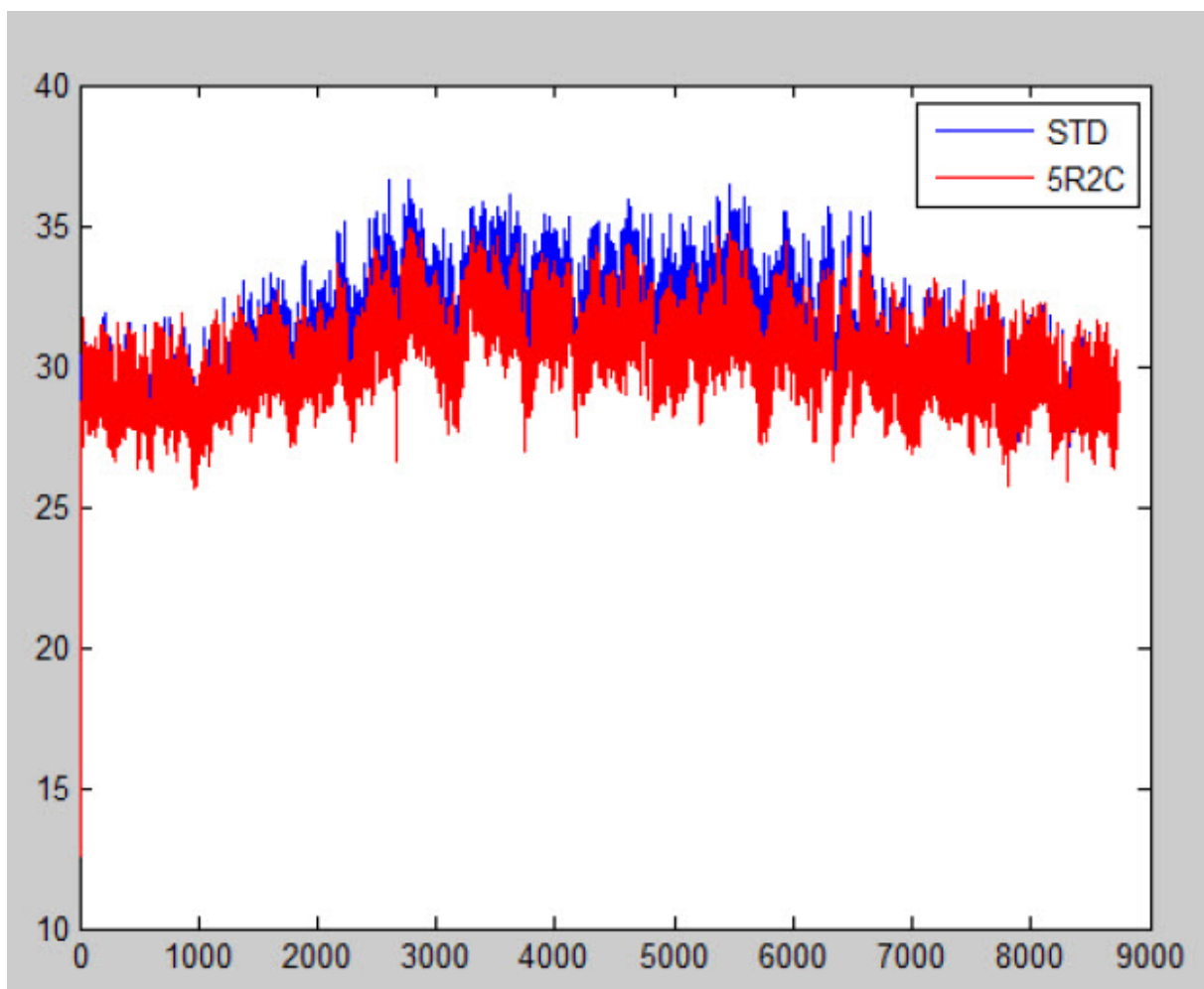


Hình 3.4: Mặt cong mô tả quan hệ giữa hệ số tương quan và nhiệt dung. Hệ số tương quan trong trường hợp này được tính toán như trong Bảng 3.3.

Bảng 3.3: Kết quả ước lượng nhiệt dung C_j và C_h

Giá trị nhiệt dung C_j [J/K]	Giá trị nhiệt dung C_h [J/K]	Hệ số tương quan [%]
2501	465	93

Dựa vào Hình 3.3 ta có nhận xét là sự biến thiên nhiệt độ mô phỏng từ phần mềm Pleiade (đường “STD”) và mô hình 5R2C (đường “5R2C”) có dạng tương tự nhau. Tuy nhiên, qua tính toán cho thấy có sự chênh lệch trung bình giữa hai đường này (khoảng 2,5 °C). Điều này cho thấy mặc dù hệ số tương quan đạt được tương đối cao nhưng kết quả mô phỏng đầu ra của mô hình 5R2C vẫn còn khoảng cách với đường tham chiếu. Nguyên nhân được xác định là do chênh lệch số liệu về dữ liệu thời tiết giữa vùng Trincomalee và Trà Vinh. Cụ thể là nguồn bức xạ mặt trời của vùng Trincomalee tương đối thấp, không phù hợp với nhiệt độ bức xạ tại Trà Vinh. Vì vậy, số liệu về bức xạ nhiệt của dữ liệu thời tiết được hiệu chỉnh lại. Sau khi hiệu chỉnh dữ liệu thời tiết thì kết quả mô phỏng được cho trong Hình 3.5.



Hình 3.5: So sánh kết quả mô phỏng giữa phần mềm và mô hình 5R2C với dữ liệu thời tiết đã được hiệu chỉnh

Như vậy, sau khi hiệu chỉnh dữ liệu thời tiết cho thích hợp hơn với Trà Vinh thì kết quả mô phỏng cho thấy đầu ra của mô hình 5R2C đạt kết quả tốt hơn. Các thông số nhiệt dung của mô hình được ước lượng lại và được cho trong Bảng 3.4.

Bảng 3.4: Kết quả ước lượng nhiệt dung C_j và C_h với dữ liệu thời tiết đã được hiệu chỉnh

Giá trị nhiệt dung C_j [J/K]	Giá trị nhiệt dung C_h [J/K]	Hệ số tương quan [%]
2501	1002	89

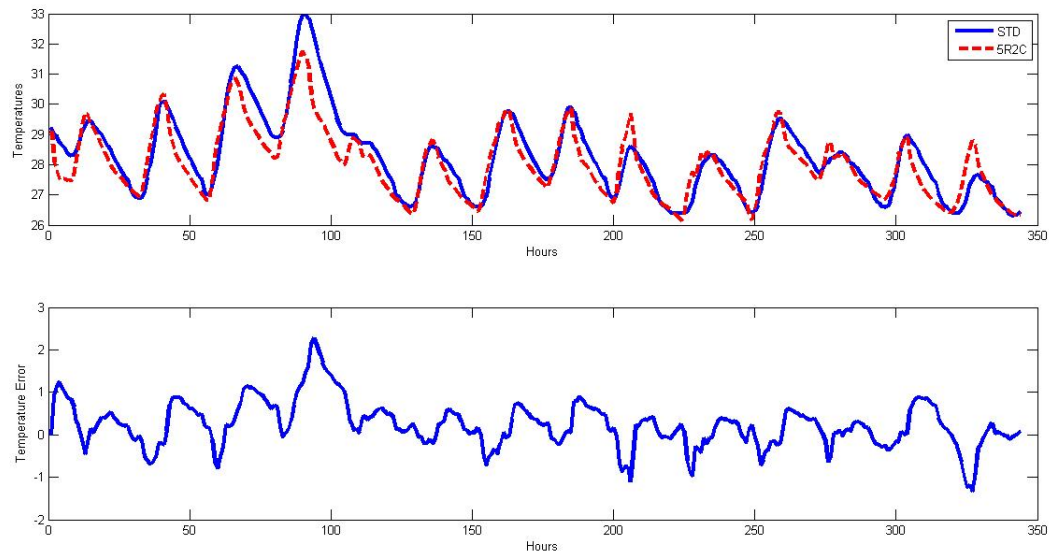
Kết quả tính toán ước lượng các thông số nhiệt trở của mô hình được cho trong Bảng 3.5.

Bảng 3.5: Các thông số nhiệt trở ước lượng được

Nhiệt trở	R_{ei}	R_{es}	R_{em}	R_{is}	R_{ms}
Giá trị	0,0150	0,0168	0,0087	0,0025	0,0012

5.2. So sánh mô hình 5R2C với dữ liệu đo lường trong thực tế

Bước tiếp theo ta kiểm tra độ chính xác của mô hình 5R2C bằng cách so sánh kết quả mô phỏng từ mô hình với nhiệt độ thật được đo lường qua hệ thống cảm biến. Thời gian mô phỏng là 2 tuần. Kết quả so sánh được cho trong Hình 3.6. Từ kết quả so sánh này ta thấy nhiệt độ bên trong phòng họp trong điều kiện tắt máy điều hòa thay đổi trong khoảng 26 °C đến 33 °C. Trong khoảng 100 giờ đầu, nhiệt độ thực tế cao hơn nhiệt độ đầu ra từ mô hình 5R2C. Ngoài ra còn có một vài chênh lệch nhỏ do sự thay đổi của thời tiết tại Trà Vinh, chẳng hạn như trong những thời điểm nắng nóng kéo dài hoặc mưa kéo dài nguyên ngày. Tuy nhiên, về cơ bản thì đường nhiệt độ từ mô hình 5R2C khá gần với đường nhiệt độ trong thực tế.



Hình 3.6: So sánh kết quả mô phỏng của mô hình 5R2C với nhiệt độ thực tế đo lường được

Đồ thị ở phía trên trong Hình 3.6 biểu diễn đường nhiệt độ đầu ra của mô hình 5R2C (đường màu đỏ nét đứt khúc "--") và đường nhiệt độ thực tế (đường màu xanh nét liền khúc "-"). Đồ thị phía dưới biểu diễn sai lệch nhiệt độ giữa mô hình 5R2C và nhiệt độ thực tế.

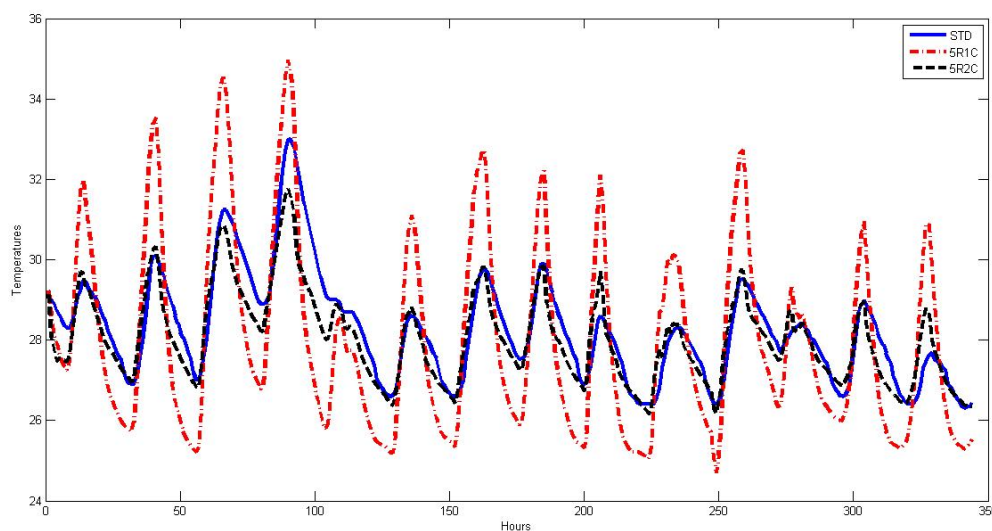
Các thông số nhiệt dung được cho trong Bảng 3.6.

Bảng 3.6: Kết quả ước lượng nhiệt dung C_j và C_h với dữ liệu thời tiết trong hai tuần

Giá trị nhiệt dung C_j [J/K]	Giá trị nhiệt dung C_h [J/K]	Hệ số tương quan [%]
2501	106	93

6. So sánh mô hình 5R2C với mô hình 5R1C

Để chứng minh tính ưu việt của mô hình 5R2C so với mô hình 5R1C, ta cần so sánh kết quả mô phỏng đầu ra của 2 mô hình này và đồng thời so sánh chúng với dữ liệu nhiệt độ thực tế thu thập được. Kết quả so sánh đầu ra của các mô hình được minh họa trong Hình 3.7.



Hình 3.7: So sánh mô hình 5R2C và mô hình 5R1C với nhiệt độ thực tế

Hình 3.7 biểu diễn các đường nhiệt độ đầu ra của mô hình 5R1C (đường màu đỏ nét đứt khúc "--"), đường nhiệt độ đầu ra của mô hình 5R2C (đường màu đen nét đứt khúc "-."), và đường nhiệt độ thực tế (đường màu xanh nét liền khúc "-").

Bảng 3.7: Hệ số tương quan và hệ số trùng khớp của hai mô hình 5R1C và 5R2C

Mô hình	Hệ số tương quan [%]	Hệ số trùng khớp [<i>f</i>]
5R1C	76	0,54
5R2C	93	2,1

Các đồ thị trong Hình 3.7 cho thấy mô hình 5R2C bám tốt hơn nhiều so với mô hình 5R1C. Theo kết quả tính toán được cho trong Bảng 3.7 ta thấy cả hệ số tương quan và hệ số trùng khớp của mô hình 5R2C đều lớn hơn so với mô hình 5R1C, điều này chứng tỏ mô hình 5R2C có mức độ tương tự và phù hợp cao hơn mô hình 5R1C. Ngoài ra, độ lệch nhiệt độ chuẩn của mô hình 5R2C ($\sigma = 0,58^{\circ}\text{C}$) nhỏ gần gấp 3 lần độ lệch nhiệt độ chuẩn của mô hình 5R1C ($\sigma = 1,62^{\circ}\text{C}$) cho thấy mô hình 5R2C có độ chính xác cao hơn mô hình 5R1C.

PHẦN KẾT LUẬN

1. KẾT LUẬN

Đề tài đã nghiên cứu xây dựng thành công mô hình mô tả quá trình thay đổi nhiệt độ của tòa nhà C5, khoa Kỹ thuật và Công nghệ dưới tác động của môi trường tự nhiên và các thiết bị điều hòa nhiệt độ, từ đó đề xuất giải pháp tiết kiệm năng lượng cho tòa nhà. Trên cơ sở các mục tiêu nghiên cứu đã được xác định, đề tài đã thực hiện hàng loạt nhiệm vụ khoa học như sau:

- Đo lường kích thước và thiết kế mô hình không gia 3D của tòa nhà C5, khoa Kỹ thuật và Công nghệ.
- Phân tích và xác định các loại vật liệu cấu tạo của tòa nhà.
- Phân loại các phân khu nhiệt khác nhau của tòa nhà.
- Thu thập và xử lý dữ liệu thời tiết của địa phương có điều kiện giống như Trà Vinh.
- Đề xuất cấu trúc mô hình truyền nhiệt của phòng họp dưới dạng mạng nhiệt trở và nhiệt dung trên cơ sở tương đồng về vật lý giữa quá trình dẫn điện và dẫn nhiệt.
- Xác định các thông số của mô hình truyền nhiệt.
- Mô phỏng quá trình thay đổi nhiệt độ của phòng họp dưới tác động của môi trường tự nhiên trong 1 năm bằng phần mềm Pleiade.
- Mô phỏng và phân tích sự ảnh hưởng của nhiệt độ đặt đối với điện năng tiêu thụ của tòa nhà.
- Mô phỏng quá trình thay đổi nhiệt độ của phòng họp bằng mô hình truyền nhiệt.
- So sánh và phân tích kết quả mô phỏng giữa phần mềm và mô hình truyền nhiệt.
- Nghiên cứu, thiết kế, và lắp đặt hệ thống đo lường và thu thập dữ liệu nhiệt độ và độ ẩm cho tất cả các phân khu nhiệt của tòa nhà.
- Thu thập dữ liệu nhiệt độ và độ ẩm đo lường qua hệ thống cảm biến được lắp đặt.
- So sánh và phân tích kết quả mô phỏng quá trình thay đổi nhiệt độ của tòa nhà với dữ liệu đo lường trong thực tế để kiểm chứng mô hình được đề xuất.

Như vậy, các kết quả mô phỏng và phân tích trong đề tài cho thấy nhiệt độ đặt của các thiết bị điều hòa (máy lạnh) trong các văn phòng có ảnh hưởng quyết định đến lượng điện năng tiêu thụ. Cụ thể, đối với phòng họp, chỉ cần giảm 1 °C thì lượng điện năng tiêu thụ tăng 14,2%, tương đương 3000 KWh/năm. Ngược lại, nếu tăng lên 1 °C thì lượng điện năng tiêu thụ sẽ tiết kiệm được 14,2%, tương đương 3000 KWh/năm. Nghiên cứu này chỉ mới khảo sát trên phòng họp, như vậy nếu khảo sát toàn bộ tòa nhà thì sự ảnh hưởng của nhiệt độ đặt lên lượng điện năng tiêu thụ sẽ rất lớn.

Ngoài ra, dựa vào kết quả mô phỏng ta thấy nếu tăng nhiệt độ đặt thì có thể tiết kiệm được năng lượng nhưng lại làm giảm sự thoải mái cho người làm việc trong các văn phòng và ngược lại, nếu giảm nhiệt độ đặt thì người làm việc sẽ cảm thấy thoải mái hơn nhưng năng lượng tiêu thụ sẽ tăng lên. Như vậy, xác định được nhiệt độ đặt tối ưu là một thách thức trong quản lý năng lượng trong các tòa nhà công sở. Thông qua các kết quả mô phỏng và phân tích, đề tài đề xuất tăng nhiệt độ đặt cho các thiết bị điều hòa lên 26 °C thay vì 24 °C như hiện nay. Với nhiệt độ đặt là 26 °C thì có thể tiết kiệm cho tòa nhà được 28,4% điện năng tiêu thụ hàng năm trong khi vẫn đảm bảo sự thoải mái cho người làm việc với điều kiện thời tiết của Trà Vinh.

2. KIẾN NGHỊ

Đề tài bước đầu nghiên cứu và khảo sát sự thay đổi nhiệt độ và đề xuất giải pháp tiết kiệm năng lượng cho tòa nhà C5, khoa Kỹ thuật và Công nghệ. Dựa trên sự thành công của đề tài, các hướng phát triển tiếp theo của đề tài được đề xuất như sau:

- Mô phỏng, khảo sát và phân tích sự ảnh hưởng của nhiệt độ đặt lên điện năng tiêu thụ của toàn bộ tòa nhà C5 và các tòa nhà khác trong khuôn viên trường Đại học Trà Vinh, từ đó đề xuất nhiệt độ đặt tối ưu cho các tòa nhà và kiến nghị đưa nhiệt độ đặt này vào chính sách quản lý năng lượng của Trường Đại học Trà Vinh để đảm bảo được thực hiện đồng bộ trong toàn trường Đại học Trà Vinh.
- Nghiên cứu các phương pháp quản lý tối ưu năng lượng (chẳng hạn như phương pháp điều khiển dự báo), mô phỏng và áp dụng các phương pháp trên tòa nhà C5, khoa Kỹ thuật và Công nghệ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] L. Pérez-Lombard, J. Ortiz, C. Pout, “A review on buildings energy consumption information”, *Energy and Buildings*, 40 (3), 2008, 394–398.
- [2] Samuel Prívvara, Jiří Cigler, Zdeněk Váňa, Frauke Oldewurtel, Carina Sagerschnig, Eva Záhčeková, “Building modeling as a crucial part for building predictive control”, *Energy and Buildings*, 56, Elsevier, 2013, 8-22.
- [3] Y. Zhu, *Multivariable System Identification for Process Control*, Elsevier, 2001.
- [4] María del Mar Castilla, José Domingo Álvarez, Francisco Rodríguez, Manuel Berenguel, “Comfort control in buildings”, Springer, 2014.
- [5] Xiwang Li, Jin Wen, “Review of building energy modeling for control and operation”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37, Elsevier, 2014, 517–537.
- [6] Daniel Coakley, Paul Raftery, Marcus Keane, “A review of methods to match building energy simulation models to measured data”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 37, Elsevier, 2014, 123–141.
- [7] Rick Kramer, Jos van Schijndeln, Henk Schellen, “Simplified thermal and hygric building models: A literature review”, *Frontiers of Architectural Research*, 1, Higher Education Press, 2012, 318–325
- [8] Peder Bacher, Henrik Madsen, “Identifying suitable models for the heat dynamics of buildings”, *Energy and Buildings*, 43, Elsevier, 2011, 1511–1522.
- [9] Bruno Bueno, Leslie Norford, Grégoire Pigeon, Rex Britter, “A resistance-capacitance network model for the analysis of the interactions between the energy performance of buildings and the urban climate”, *Building and Environment*, 54, Elsevier, 2012, 116-125.
- [10] K. J. Kontoleon, “Dynamic thermal circuit modelling with distribution of internal solar radiation on varying facade orientations”, *Energy and Buildings*, 47, Elsevier, 2012, 139–150.
- [11] M. G. Davies, “Optimal RC networks for walls”, *Applied Mathematical Modelling*, 6, 1982, 403-404.

- [12] M. J. Jimenez, H. Madsen, “Models for describing the thermal characteristics of building components”, *Building and Environment*, 43, Elsevier, 2008, 152–162.
- [13] D. A. Coley, J. M. Penman, “Second Order System Identification in the Thermal Response of Real Buildings. Paper II: Recursive Formulation for On-line Building Energy Management and Control”, *Building and Environment*, 27, Elsevier, 1992, 269-277.
- [14] Gilles Fraisse, Christelle Viardot, Oliver Lafabrie, Gilbert Achard, “Development of a simplified and accurate building model based on electrical analogy”, *Energy and Buildings*, 34, Elsevier, 2002, 1017–1031.
- [15] Siddharth Goyal, Prabir Barooah, “A method for model-reduction of non-linear thermal dynamics of multi-zone buildings”, *Energy and Buildings*, 47, Elsevier, 2012, 332–340.
- [16] Alfonso P. Ramallo-González, Matthew E. Eames, David A. Coley, “Lumped parameter models for building thermal modelling: An analytic approach to simplifying complex multi-layered constructions”, *Energy and Buildings*, 60, Elsevier, 2013, 174–184.
- [17] International Organization for Standardization. *Energy performance of buildings - calculation of energy use for space heating and cooling*. 2nd ed. Geneva: ISO; 2008 (ISO 13790:2008, E).
- [18] M. Lauster, J. Teichmann, M. Fuchs, R. Streblow, D. Mueller, “Low order thermal network models for dynamic simulations of buildings on city district scale”, *Building and Environment*, 73, Elsevier, 2014, 223 – 231.
- [19] Quyết định số: 79/2006/QĐ – TTg, ban hành Chương trình mục tiêu quốc gia về sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả giai đoạn 2006 – 2015, 14/4/2006.
- [20] Luật số: 50/2010/QH12 về Sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả, 17/6/2010.
- [21] Nghị định số: 21/2011/NĐ-CP, Quy định chi tiết và biện pháp thi hành Luật Sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả, 29/3/2011.
- [22] Marsha H. Smith, James E. Rogers National Action Plan for Energy Efficiency Vision for 2025 - A Framework for Change (USA) – 11/2008.

- [23] Module12- Energy efficiency technologies and benefits _ Sustainable Energy Regulation and Policymaking for Africa, UNIDO, REEEP (U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy).
- [24] Dave Savage, Energy Savings from Building Energy Management Systems, EMEA, December 2009.
- [25] Jeffrey Soplop, An Algorithmic Approach to Enterprise Energy Management: Developing an Integrated Energy Solution Utilizing Real-time Data Collection and Predictive Modeling Capabilities, Rockwell Automation, March 2010.