

## A Study on Car Cabin Thermal Radiation Measurement With Data Acquisition to Assessment of Solar Radiation on Cooling System Performance

Vinh Dat Ly<sup>1</sup>, Quang Vu Le<sup>1\*</sup>, Van Tam Tran<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Ho Chi Minh City University of Technology and Education, Vietnam  
<sup>2</sup>Tam Hai Service Trading Investment Company Limited, Vietnam

\*Corresponding author. Email: [vulq@hcmute.edu.vn](mailto:vulq@hcmute.edu.vn)

### ARTICLE INFO

Received: 15/05/2025  
Revised: 18/06/2025  
Accepted: 27/06/2025  
Published: 28/11/2025

### KEYWORDS

Solar radiation;  
Thermal monitoring;  
Numerical simulation;  
Temperature variation;  
Cooling system.

### ABSTRACT

The study focused on car cabin solar radiation and thermal radiation monitoring and evaluate the impact of cooling system to heat distribution in car cabin. The simulation method implemented experimental data acquisition, designing and implementing a system to assess the relationship between solar radiation and temperature variation in the car cabin. The result of study demonstrated in car cabin that under solar radiation heat distribution simulation in maximum heat cabin showed 43.3°C and non homogeneous heat distribution from 34.1°C to 43.3°C. The performance of cooling system is quantified through absorbing heat experiment in 30 minutes. The result showed that the cooling system works by absorbing heat from cabin space and transmission heat load to car cabin surrounding affect to cabin space temperature reduced 5°C ~15°C. Though the analysis supports for an assessment of interior design orientation and cabin insulation material development and cooling system performance in a realistic.

## Nghiên cứu thiết lập hệ thống thu thập dữ liệu nhiệt Cabin nhằm đánh giá ảnh hưởng của bức xạ mặt trời tới hiệu suất điều hòa không khí ô tô

Lý Vinh Đạt<sup>1</sup>, Lê Quang Vũ<sup>1\*</sup>, Trần Văn Tâm<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam  
<sup>2</sup>Cty TNHH ĐT TM DV Tâm Hai, Việt Nam

\*Tác giả liên hệ. Email: [vulq@hcmute.edu.vn](mailto:vulq@hcmute.edu.vn)

### THÔNG TIN BÀI BÁO

Ngày nhận bài: 15/05/2025  
Ngày hoàn thiện: 18/06/2025  
Ngày chấp nhận đăng: 27/06/2025  
Ngày đăng: 28/11/2025

### TỪ KHÓA

Bức xạ mặt trời;  
Quan trắc nhiệt;  
Mô phỏng số;  
Thay đổi nhiệt;  
Hệ thống điều hòa.

### TÓM TẮT

Bài báo tập trung vào nghiên cứu thiết lập hệ thống quan trắc bức xạ mặt trời và đánh giá ảnh hưởng của hệ thống điều hòa đến sự phân bố nhiệt trong cabin ô tô. Phương pháp mô phỏng bao gồm phân tích dữ liệu thực nghiệm theo thời gian thực, thiết kế và triển khai hệ thống để mô phỏng phân bố nhiệt nhằm xác định mối liên hệ và mức độ tác động của bức xạ mặt trời đến nhiệt độ trong cabin xe. Trên cơ sở thu thập dữ liệu đã mô phỏng phân bố nhiệt bên trong cabin xe dưới bức xạ mặt trời thể hiện tăng cao đến 43.3°C so với nhiệt độ bên ngoài xe 31.5°C và phân bố không đồng đều dao động từ 34.1°C đến 43.3°C. Hiệu suất của hệ thống điều hòa trên xe hơi được lượng hóa thông qua khảo sát nhiệt lượng trao đổi trong khoảng thời gian 30 phút. Các thí nghiệm này ghi nhận khả năng hấp thụ nhiệt từ không khí bên trong cabin, đồng thời theo dõi mức giảm nhiệt độ dao động từ 5°C đến 15°C. Kết quả thu được cung cấp nền tảng vững chắc cho việc định hướng thiết kế nội thất cabin, xem xét tác động của hệ thống điều hòa và đánh giá tính năng của các vật liệu cách nhiệt tân tiến được ứng dụng trên xe trong điều kiện thực tế.

Doi: <https://doi.org/10.54644/jte.2025.1905>

Copyright © JTE. This is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium for non-commercial purpose, provided the original work is properly cited.

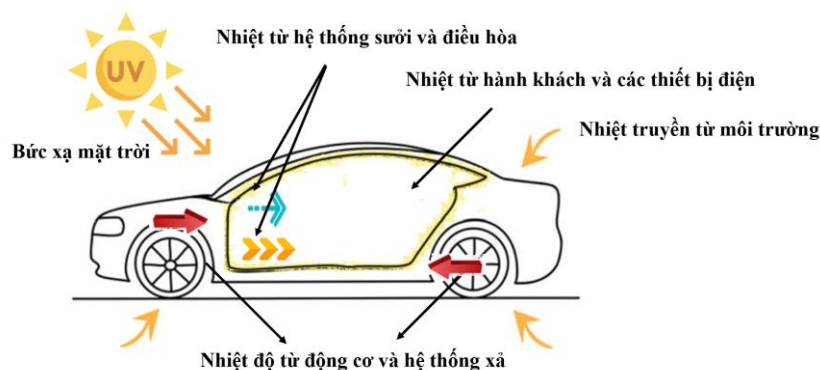
## 1. Đặt vấn đề

Ngày nay, ngành công nghiệp ô tô đang phát triển mạnh mẽ, các tiêu chí về an toàn, tiện nghi và hiệu quả năng lượng ngày càng đóng vai trò quan trọng trong thiết kế và vận hành phương tiện. Một trong những yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe và sự thoải mái của người sử dụng chính là điều kiện không khí trong cabin ô tô, đặc biệt là nhiệt độ và mức độ bức xạ mặt trời. Khi xe đỗ ngoài trời trong thời gian dài, đặc biệt vào thời điểm nắng gắt, nhiệt độ bên trong cabin có thể vượt ngưỡng an toàn, gây ra các nguy cơ như sốc nhiệt, hư hại vật liệu nội thất, thậm chí đe dọa đến tính mạng con người [1], [2], [3], [4]. Ngoài ra, ở nhiệt độ cao, các hợp chất hóa học như Benzen hay hạt vi nhựa từ vật liệu nội thất có thể được giải phóng, ảnh hưởng tiêu cực đến sức khỏe người dùng [2]. Để đánh giá vấn đề này, trên thế giới đã có nhiều công trình nghiên cứu về phân bố nhiệt trong cabin, bao gồm các phương pháp mô phỏng số và phân tích dữ liệu [5], [6], [7]. Một số nghiên cứu đã xây dựng phương trình hồi quy dựa trên dữ liệu mô phỏng [8]. Bên cạnh đó, các nhà khoa học cũng đề xuất những giải pháp vật lý nhằm giảm thiểu sự gia tăng nhiệt độ do bức xạ mặt trời, như sử dụng lớp bạt xốp che chắn [1] hoặc tích hợp pin năng lượng mặt trời để làm mát chủ động cho cabin [2]. Cùng với sự phát triển của công nghệ đo lường và lý thuyết truyền nhiệt, việc thu thập và phân tích dữ liệu nhiệt độ trong môi trường kín như cabin xe trở nên khả thi và chính xác hơn. Các hệ thống thu thập dữ liệu của Tektronix [6] và nền tảng Wolfram Demonstrations Project [9] kết hợp với lý thuyết về dẫn nhiệt, đối lưu và bức xạ [7] đã hỗ trợ hiệu quả trong việc theo dõi sự biến đổi nhiệt độ theo thời gian. Thậm chí, đã có nghiên cứu ứng dụng lập trình nhúng để điều khiển hệ thống làm mát chủ động khi xe hấp thụ nhiệt từ môi trường trong điều kiện thực nghiệm [8]. Việc lựa chọn chỉ tiêu đánh giá độ chính xác mô hình cũng được đề cập chi tiết trong các tài liệu về phân tích định lượng [10], góp phần nâng cao độ tin cậy của các nghiên cứu thực nghiệm và mô phỏng. Việc kết hợp giữa các giải pháp vật lý, công nghệ năng lượng tái tạo, mô phỏng số và phân tích dữ liệu đang tạo ra hướng tiếp cận toàn diện nhằm giải quyết bài toán tích nhiệt trong cabin xe ô tô, góp phần nâng cao an toàn, tiện nghi và thúc đẩy sự phát triển bền vững của ngành giao thông hiện đại. Mặc dù các nghiên cứu trước đã cung cấp những kết quả đáng chú ý về sự ảnh hưởng của bức xạ mặt trời đến nhiệt độ cabin ô tô, tuy nhiên vẫn còn tồn tại nhiều hạn chế. Một số nghiên cứu giải pháp giảm nhiệt độ chỉ sử dụng một vài vật liệu, chưa khảo sát đa dạng mẫu xe và điều kiện môi trường. Các nghiên cứu mô phỏng thiếu kiểm chứng từ thực nghiệm. Một số nghiên cứu chỉ dừng lại ở mức độ khảo sát, cảnh báo và lựa chọn mô hình lý thuyết, chưa có giải pháp thực tiễn [3], [4]. Ngoài ra, một số nghiên cứu mới chỉ ứng dụng hệ thống làm mát hoặc thiết bị đo lường quy mô nhỏ, chưa đánh giá được tính bền vững, hiệu quả năng lượng và khả năng mở rộng hệ thống trong điều kiện sử dụng lâu dài.

Nghiên cứu này thiết lập hệ thống đo lường có tính chất đặc thù để khảo sát phân bố nhiệt trong cabin dưới tác động của bức xạ mặt trời theo thời gian, từ đó làm cơ sở đánh giá thiết kế nội thất, hiệu quả của hệ thống điều hòa không khí và vật liệu cách nhiệt trên ô tô trong điều kiện thực tế.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Các nguồn nhiệt xâm nhập vào cabin



**Hình 1.** Các nguồn nhiệt ảnh hưởng đến nhiệt độ không khí trong xe

Trong cabin xe ô tô, nhiệt có thể được sinh ra từ nhiều nguồn khác nhau như **hình 1**. Mức độ gia nhiệt trong cabin từ các nguồn nhiệt đến không gian cabin là khác nhau và được đánh giá để đưa ra các giả định hợp lý khi xây dựng phương trình cân bằng nhiệt.

Từ các nguồn nhiệt vào cabin như **hình 1** có thể thấy bức xạ mặt trời là nguồn nhiệt chính tác động lên cabin xe ô tô khi xe đỗ dưới ánh nắng trực tiếp khi xe không hoạt động tại vị trí cố định không bị tác động bởi các yếu tố nguồn nhiệt từ hệ thống sưởi và điều hòa, động cơ và hệ thống xả, môi trường, hành khách và các thiết bị điện [10]. Từ đó nhiệt độ trong cabin xe ô tô được xác định bằng phương trình tổng quát được viết như sau: [11]

$$Q_{\text{vào}} = Q_{\text{thoát}} + Q_{\text{tích lũy}} \quad (1)$$

Trong công thức (1),  $Q_{\text{vào}}[J]$  – Tổng nhiệt lượng đi vào cabin,  $Q_{\text{thoát}}[J]$  – Nhiệt lượng thoát ra khỏi cabin thông qua các cơ chế truyền nhiệt,  $Q_{\text{tích lũy}}[J]$  – Nhiệt lượng được tích lũy trong không khí và vật liệu bên trong cabin. Nguồn nhiệt vào cabin chủ yếu đến từ nhiệt bức xạ mặt trời thông qua hệ thống kính cửa sổ và kính lái [7]. Chính vì thế nghiên cứu này xem như các nguồn nhiệt khác không đáng kể và có thể bỏ qua nên công thức (1) trở thành công thức (2) như sau:

$$Q_{\text{bức xạ}} = Q_{\text{thoát}} + Q_{\text{tích lũy}} \quad (2)$$

Trong đó  $Q_{\text{bức xạ}}[J]$  là nhiệt lượng bức xạ từ mặt trời được xác định theo công thức (3). [7]

$$Q_{\text{bức xạ}} = A.S.\alpha.t \quad (3)$$

Trong công thức (3),  $A[m^2]$  – Diện tích bề mặt kính hoặc bề mặt hấp thụ bức xạ,  $S[W/m^2]$  – Cường độ bức xạ mặt trời tại thời điểm đo,  $\alpha$  – Hệ số hấp thụ của vật liệu,  $t[S]$  – Thời gian bức xạ chiếu vào cabin. Nhiệt lượng thất thoát ra khỏi cabin chủ yếu thông qua truyền nhiệt qua bề mặt cabin và trao đổi nhiệt đối lưu với không khí và được xác định qua công thức sau:

$$Q_{\text{thoát}} = U.A.\Delta T.t \quad (4)$$

Trong công thức (4):  $U[W/m^2.K]$  – Hệ số truyền nhiệt của bề mặt cabin,  $A[m^2]$  – Diện tích bề mặt cabin,  $\Delta T[^\circ K]$  – Chênh lệch nhiệt độ giữa bên trong và bên ngoài cabin,  $t[s]$  – Thời gian truyền nhiệt. Nhiệt lượng tích lũy được lưu trữ trong các vật liệu bên trong cabin và không khí có phương trình xác định như sau:

$$Q_{\text{tích lũy}} = m.c.\Delta T \quad (5)$$

Trong công thức (5):  $m[kg]$  – Khối lượng không khí và vật liệu bên trong cabin,  $c[J/kg.K]$  – Nhiệt dung riêng của vật liệu hoặc không khí,  $\Delta T[^\circ K]$  – Độ tăng nhiệt độ theo thời gian.

Từ công thức (2), (3), (4) và (5) ta có Phương trình cân bằng nhiệt trong cabin ô tô khi chỉ xét đến bức xạ mặt trời như sau:

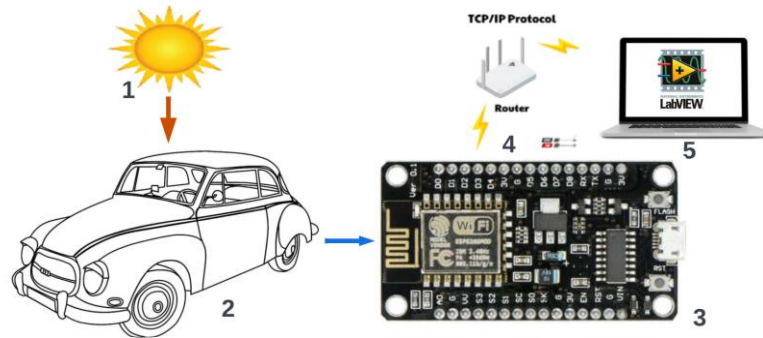
$$A.S.\alpha = U.A.\Delta T + m.c.\frac{\Delta T}{t} \quad (6)$$

Phương trình này cho thấy nhiệt độ bên trong cabin tăng lên chủ yếu do cường độ bức xạ mặt trời -  $S$ , và phụ thuộc vào hệ số hấp thụ vật liệu -  $\alpha$  và khả năng truyền nhiệt ra bên ngoài -  $U$ . Tuy nhiên nếu xét trong khoảng thời gian ngắn, quá trình truyền nhiệt là không đáng kể nên có thể xem nhiệt độ bên trong cabin tăng lên chủ yếu là do cường độ bức xạ mặt trời. Từ công thức (6) nghiên cứu thu thập dữ liệu nhiệt trong xe dưới bức xạ của mặt trời để tìm quy luật tương quan giữa hai yếu tố bức xạ và nhiệt tích lũy trong cabin.

## 2.2. Thiết lập hệ thống thu thập dữ liệu

Để thu thập dữ liệu quá trình gia tăng nhiệt độ trong xe dưới bức xạ mặt trời, nghiên cứu sử dụng hệ thống quan trắc thu thập dữ liệu từ xa thông qua Wifi và internet. Điều này cho phép các thiết bị đo

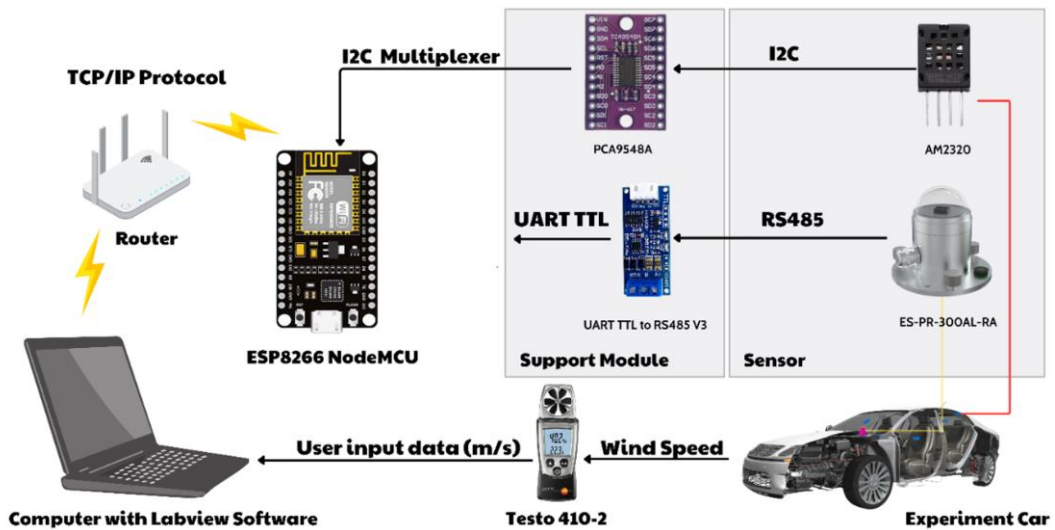
lượng gần trực tiếp trên xe thí nghiệm và gửi dữ liệu về giao diện máy tính trong phòng thí nghiệm. Mô hình hệ thống như **Hình 2**.



**Hình 2.** Hệ thống quan trắc dữ liệu từ xa

Trong đó 1 – là bức xạ từ mặt trời, 2 – là cabin ô tô dưới tác dụng của bức xạ, 3 – là hệ thống thu thập dữ liệu vật lý trong xe, 4 – là modem wifi kết nối dữ liệu, 5 – là máy tính có giao diện thu thập dữ liệu lập trình bằng phần mềm LabVIEW.

Với hệ thống quan trắc này, bộ phận quan trọng nhất là hệ thống thu thập dữ liệu được thiết lập trong xe. Hệ thống này bao gồm các cảm biến đo nhiệt độ, bức xạ mặt trời, quá trình hoạt động của hệ thống điều hòa không khí được điều khiển và thu thập bởi mô-đun ESP8266 có chức năng giao tiếp qua internet để truyền dữ liệu cho máy tính. Hệ thống thu thập gồm các thiết bị và kết nối như **Hình 3**.



**Hình 3.** Sơ đồ tổng quát hệ thống giám sát và điều khiển



**Hình 4.** Sơ đồ tổng quan hệ thống giám sát và điều khiển

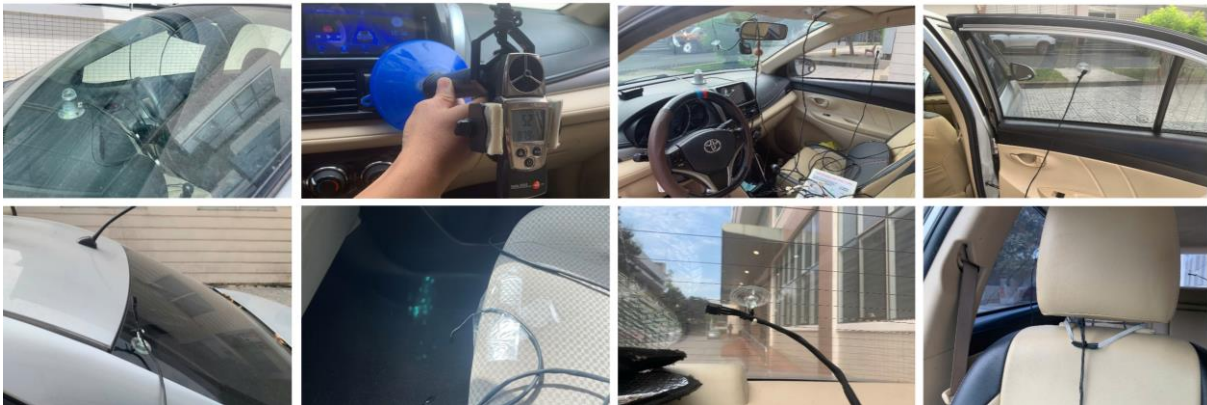
Trong sơ đồ trên: *AM2320* – là cảm biến nhiệt độ đo nhiệt độ tại các vị trí cơ bản trong cabin, *ES-PR-300AL-RA* – là mô-đun đo cường độ bức xạ mặt trời, *PCA9548A* và *R5485 To TTL* là bộ chuyển đổi giao thức giao tiếp, *ESP8266* – là mô-đun điều khiển thu thập dữ liệu và giao tiếp với máy tính qua internet. Các cảm biến được bố trí trên xe theo các vị trí như **Hình 4**.

Xe làm thí nghiệm là dòng xe Toyota Vios 2017 có thông số cơ bản về mặt bức xạ như **bảng 1**.

**Bảng 1.** Thông số kích xe làm thí nghiệm [7], [12]

TT	Thông số kỹ thuật	Kính chắn gió	Cửa sổ trước	Cửa sổ sau	Kính lưng
1	Đặc điểm	Kính 2 lớp		Kính cường lực	
2	Kích thước[mm]	1330 x 934	9700 x 4900	5800 x 440	1112 x 712
3	Hệ số hấp thụ[W/m <sup>2</sup> .K]	0.73		0.77	
4	Độ dày	5.36		4	
5	Màu sắc	Xanh			

Thí nghiệm bố trí thiết bị đo trên xe thực nghiệm bao gồm 11 cảm biến đo nhiệt độ, 1 mô-đun đo cường độ bức xạ mặt trời và 1 thiết bị đo lưu lượng gió có toàn cảnh như **Hình 5**.



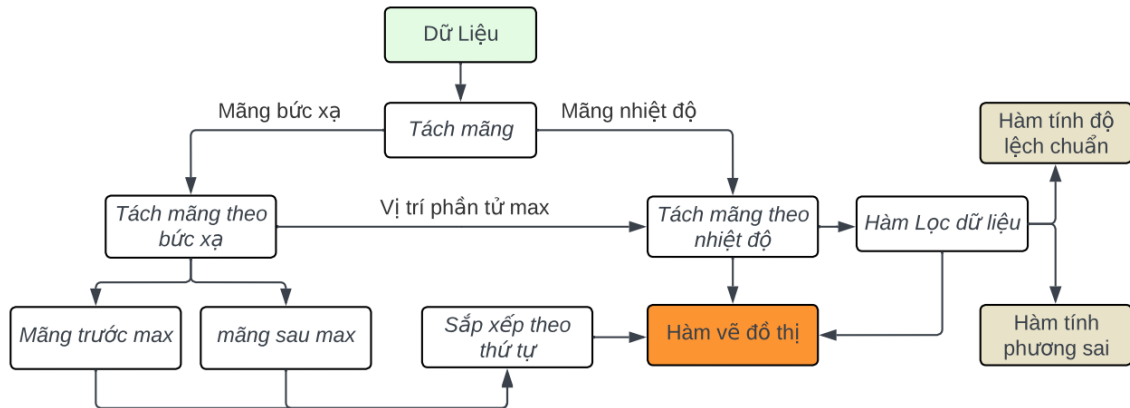
**Hình 5.** Bố trí cảm biến và thiết bị đo trên xe thực nghiệm Toyota Vios 2017

### 2.3. Xây dựng thuật toán

Hệ thống thu thập và truyền dữ liệu nhiệt độ và bức xạ nhiệt được thiết kế với cấu trúc kết nối các cảm biến đầu vào thông qua phần mềm lập trình Arduino IDE, nhằm lập trình cho vi điều khiển *ESP8266* đọc và truyền dữ liệu theo thời gian thực như cấu trúc **Hình 3**. Dữ liệu từ 12 cảm biến nhiệt độ *AM2320* được thu thập thông qua giao thức I2C nhờ hai mạch mở rộng kênh *PCA9548A* để tăng kênh giao tiếp. Cảm biến bức xạ mặt trời *ES-PR-300AL-RA* được kết nối thông qua giao thức Modbus RTU. Địa chỉ IP cho phần mềm *LabVIEW* được cấu hình và lưu trữ trong bộ nhớ EEPROM của *ESP8266* thông qua giao diện web. Đồng thời, hệ thống tích hợp kết nối đến trung tâm API thời tiết của Open Weather Map để lấy dữ liệu nhiệt độ khu vực tại vị trí quan trắc đã được thiết lập để tham chiếu với nhiệt độ đo được trong cabin.

Trên máy tính, một giao diện được thiết lập bằng phần mềm *LabVIEW* đóng vai trò là trạm giám sát trung tâm, cung cấp thông số trực quan để hiển thị và phân tích dữ liệu. Giao tiếp giữa *LabVIEW* và *ESP8266* được thực hiện qua giao thức TCP/IP, cho phép nhận dữ liệu theo thời gian thực từ các cảm biến nhiệt độ *AM2320* và cảm biến bức xạ *ES-PR-300AL-RA* trong suốt quá trình thực nghiệm. Dữ liệu nhận được từ *ESP8266* sẽ được xử lý, tiền kiểm tra tính hợp lệ và loại bỏ các giá trị sai lệch hoặc không hợp lệ nhằm đảm bảo chất lượng dữ liệu phân tích. Trên giao diện, nghiên cứu tạo một ma trận nhiệt ánh xạ nhiệt độ từ 12 cảm biến thành ma trận điểm, các điểm trung gian được nội suy từ các điểm lân cận. Ma trận nhiệt biểu diễn tương ứng với không gian cabin xe và lần lượt thay thế các điểm đặt cảm

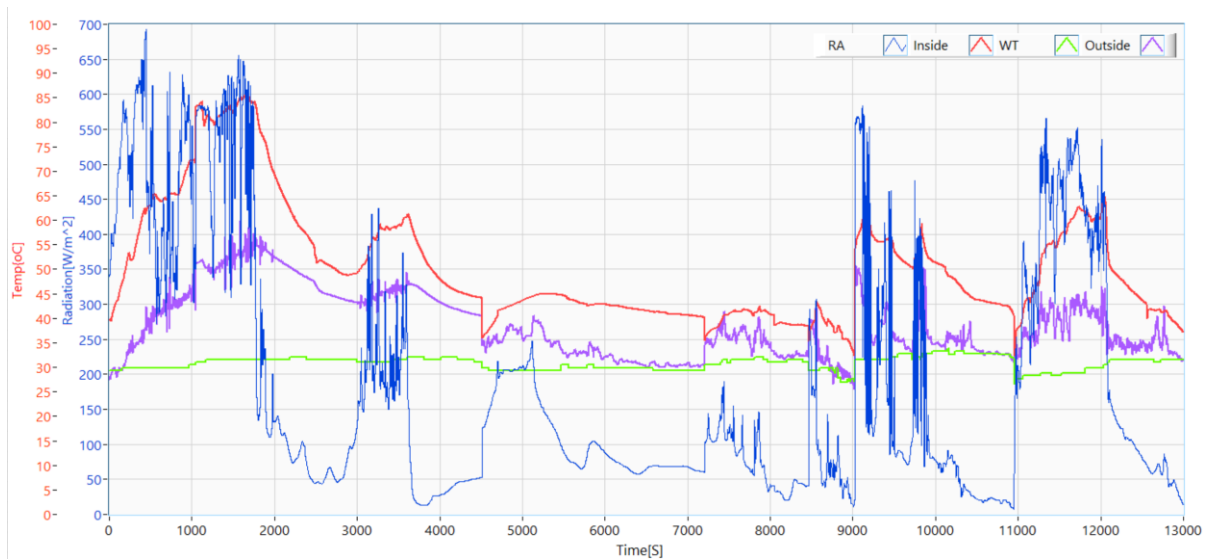
biến trong cabin là các giá trị nhiệt độ đo được tương ứng sau đó sử dụng công cụ biểu diễn đồ họa *Intensity Chart* của LabVIEW để hiển thị ma trận nhiệt. Các giá trị nhiệt độ được mã hóa thành màu sắc từ đỏ tới xanh theo dãy nhiệt độ giảm dần giúp trực quan hóa bản đồ nhiệt trong cabin. Lưu đồ thực hiện phân tích hiển thị dữ liệu được mô tả như **Hình 6**.



**Hình 6.** Lưu đồ quá trình xử lý dữ liệu trên phần mềm LabVIEW

### 3. Kết quả và bàn luận

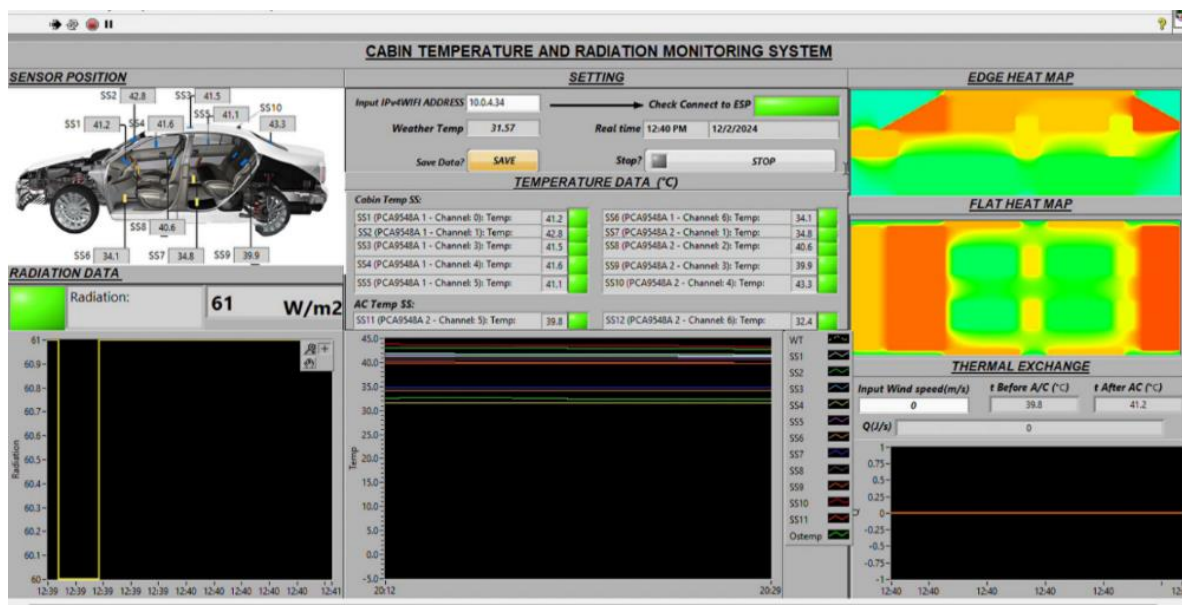
Bước đầu nghiên cứu tiến hành thực nghiệm thu thập dữ liệu trên xe với hệ thống kính lái và kính cửa sổ nguyên thủy chưa dán phim cách nhiệt dưới bức xạ mặt trời khi trời nắng. Thí nghiệm thứ nhất thu thập dữ liệu thể hiện mối quan hệ giữa cường độ bức xạ và nhiệt độ trong xe. Kết quả thu được các đặc tuyến như **Hình 7**.



**Hình 7.** Đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa bức xạ và nhiệt độ trong cabin xe

Trong **Hình 7**, đồ thị màu trắng là bức xạ mặt trời, đồ thị màu đỏ là nhiệt độ trong xe, đồ thị màu xanh dương là nhiệt độ ngoài xe, đồ thị màu xanh lá cây là nền nhiệt khu vực. Qua đó ta thấy, khi bức xạ mặt trời tăng cao đạt cực trị  $650 \text{ W/m}^2$ , nhiệt độ trong cabin cũng đạt  $85^\circ\text{C}$  nguyên nhân chính nền nhiệt trong cabin tăng cao do sự tác động của cường độ bức xạ mặt trời cao và duy trì trong khoảng thời gian dài. Do đó bức xạ nhiệt cũng ảnh hưởng đến nhiệt độ cục bộ bên ngoài xe tương ứng đạt  $55^\circ\text{C}$  trong khi nền nhiệt khu vực chỉ ở mức trung bình  $32^\circ\text{C}$ . Điều này chứng chứng tỏ cabin xe hấp thụ nhiệt từ bức xạ mặt trời và làm tăng nhiệt độ bên trong xe.

Thí nghiệm thứ hai, nghiên cứu khảo sát sự phân bố nhiệt độ trong không gian cabin xe để đánh giá ảnh hưởng của bức xạ mặt trời đến phân bố nhiệt độ trong xe, gây ra sự chênh lệch nhiệt độ. Kết quả thu thập dữ liệu thể hiện như **Hình 8**.



**Hình 8.** Phân bố nhiệt trong cabin xe vào lúc 12h40 ngày 02/12/2024

Từ **Hình 8** ta thấy đây là giao diện tổng hợp của hệ thống quan trắc nhiệt trên cabin ô tô dưới tác dụng của bức xạ mặt trời. Giao diện thể hiện các tính năng như đặc tuyến nhiệt độ, bức xạ mặt trời và phân bố nền nhiệt. Hai bản đồ phân bố nền nhiệt trong xe bao gồm theo phương ngang và phương thẳng đứng, nhiệt độ thể hiện qua màu sắc.

Thí nghiệm dưới bức xạ mặt trời khoảng  $61 \text{ W/m}^2$ , nhiệt độ bên ngoài xe  $31.5^\circ\text{C}$  phân bố nhiệt trong cabin xe như **Hình 8** có những điểm tăng cao đến  $43.3^\circ\text{C}$  và không đồng đều dao động từ  $34.1^\circ\text{C}$  đến  $43.3^\circ\text{C}$ .

- Bản đồ nhiệt cạnh – Edge Heat Map thể hiện phân bố nhiệt theo chiều đứng. Theo đó ở các mép cabin, vùng có bề mặt là kính có nhiệt độ độ rất cao đạt cực đại  $43.3^\circ\text{C}$ .

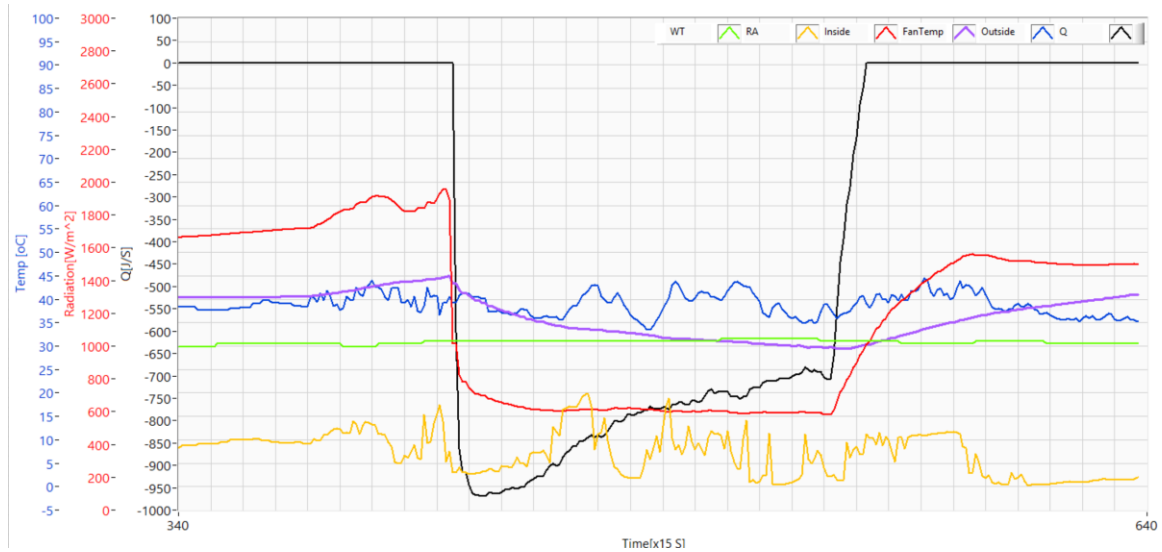
- Bản đồ nhiệt phẳng – Flat Heat Map thể hiện phân bố nhiệt theo chiều ngang, thể hiện phần lớn diện tích khu vực dưới kính và mép cabin có nền nhiệt cao, dao động từ  $41^\circ\text{C} \sim 42.8^\circ\text{C}$ . Phần trung tâm cabin có màu xanh lá là vùng có nhiệt độ thấp hơn thấp nhất khoảng  $34.1^\circ\text{C}$  do khu vực này ít chịu bức xạ trực tiếp hoặc hiệu ứng che chắn, tản nhiệt từ các ghế ngồi và vật liệu nội thất.

Từ đó ta thấy dưới bức xạ mặt trời khoảng  $61 \text{ W/m}^2$ , nhiệt độ bên ngoài xe  $31.5^\circ\text{C}$  phân bố nhiệt trong cabin xe như **Hình 8** có những điểm tăng cao đến  $43.3^\circ\text{C}$  và không đồng đều dao động từ  $34.1^\circ\text{C}$  đến  $43.3^\circ\text{C}$ .

Thí nghiệm thứ 3, nghiên cứu thử nghiệm hệ thống thu thập dữ liệu nhiệt độ trong xe dưới bức xạ mặt trời đồng thời xác định nhiệt lượng tiêu tán qua hệ thống điều hòa không khí để thể hiện khả năng làm mát không khí trong xe khi có điều hòa không khí. Kết quả thử nghiệm thể hiện như **Hình 9**. Trong đó, đặc tuyến màu vàng là nhiệt lượng trao đổi qua giàn lạnh, đặc tuyến màu xanh dương là nhiệt độ trước giàn lạnh cũng là nhiệt độ trong xe, đặc tuyến màu đỏ là nhiệt độ sau giàn lạnh, đặc tuyến màu hồng là nhiệt độ ngoài xe, đường màu xanh lá là nền nhiệt độ khu vực.

Trong **Hình 9** ta thấy nhiệt lượng trao đổi qua giàn lạnh có hai giai đoạn, giai đoạn nhiệt lượng âm khi bật hệ thống điều hòa trong thời gian 30 phút với chế độ lạnh và gió tối đa. Nhiệt lượng trao đổi trong vùng âm chứng minh giàn lạnh đang hấp thụ nhiệt từ không khí trong cabin xe và làm giảm nhiệt độ trước giàn lạnh xuống  $30^\circ\text{C}$ , nhiệt độ sau giàn lạnh xuống dưới  $20^\circ\text{C}$  trong cabin xe. Điều này thể hiện rõ hiệu quả làm lạnh và ảnh hưởng của điều hòa khi hoạt động. Sau khi giảm sâu xuống  $-970\text{J}$  nhiệt

lượng tăng dần và dao động nhẹ, cho thấy hệ thống điều hòa đã duy trì được mức cân bằng nhiệt. Giai đoạn thứ hai là khi tắt hệ thống điều hòa trong thời gian 30 phút, nhiệt lượng trao đổi qua giàn lạnh bằng 0. Điều này xảy ra do không còn sự trao đổi nhiệt giữa giàn lạnh và không khí trong cabin xe, nhiệt độ trong cabin xe lúc này tăng dần trở lại  $40^{\circ}\text{C} \sim 46^{\circ}\text{C}$  và giảm  $5^{\circ}\text{C} \sim 15^{\circ}\text{C}$  do hiệu quả của hệ thống điều hòa trong thời gian 30 phút hoạt động. Nhưng nhiệt độ trong cabin xe duy trì cao hơn nhiệt độ bên ngoài cabin  $5^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$  do ảnh hưởng từ các nguồn nhiệt tích trong cabin xe ban đầu. Nhiệt độ ngoài cabin giữ mức ổn định trong khoảng  $37^{\circ}\text{C} \sim 42^{\circ}\text{C}$  trong suốt quá trình, thể hiện nhiệt độ môi trường bên ngoài cabin ít thay đổi. Nhiệt độ thời tiết khu vực dao động quanh mức  $28^{\circ}\text{C} \sim 32^{\circ}\text{C}$ , thấp hơn nhiệt độ trong và ngoài cabin xe.



**Hình 9.** Đồ thị biểu diễn nhiệt độ và trao đổi nhiệt lượng trong cabin xe khi bật điều hòa

#### 4. Kết luận

Hệ thống thu thập dữ liệu quan trắc nhiệt độ trong xe dưới bức xạ mặt trời bước đầu đã được xây dựng và hiệu chuẩn trên nền tảng phần mềm LabVIEW để đo lường bức xạ và nhiệt độ tại các vị trí khác nhau trong cabin xe. Từ đó xác định bức xạ mặt trời là yếu tố chính ảnh hưởng đến nhiệt độ trong cabin xe, gây chênh lệch cao giữa nhiệt độ trong và ngoài xe đồng thời tạo ra sự phân bố cục bộ không đồng đều trong không gian cabin ô tô. Thông qua hệ thống thu thập dữ liệu theo thời gian thực và xây dựng thuật toán phân tích dữ liệu, nghiên cứu đã mô phỏng phân bố nhiệt bên trong cabin xe dưới bức xạ mặt trời thể hiện tăng cao đến  $43.3^{\circ}\text{C}$  so với nhiệt độ bên ngoài xe  $31.5^{\circ}\text{C}$  và không đồng đều dao động từ  $34.1^{\circ}\text{C}$  đến  $43.3^{\circ}\text{C}$  ảnh hưởng bởi hiệu ứng che chắn, tản nhiệt từ các ghế ngồi và vật liệu nội thất. Với hệ thống có điều hòa không khí, nhiệt lượng trao đổi trong 30 phút khi hệ thống điều hòa hấp thụ nhiệt từ không khí trong cabin xe và làm giảm nhiệt độ trong xe xuống  $5^{\circ}\text{C} \sim 15^{\circ}\text{C}$ , điều này đánh giá được hiệu quả của hệ thống điều hòa không khí, cũng như khả năng cách nhiệt của các vật liệu cách nhiệt trong việc giảm nhiệt trong cabin xe. Qua đó có thể góp phần cơ sở cho việc đánh giá thiết kế phát triển nội thất cabin, ảnh hưởng của hệ thống điều hòa và hiệu quả các nguyên vật liệu cách nhiệt mới trên ô tô.

#### Lời cảm ơn

Để có kết quả nghiên cứu này, nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn phòng thí nghiệm Cơ Điện Tử ô Tô, Khoa Cơ Khí Động Lực, Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật Tp.HCM đã hỗ trợ thiết bị thu thập dữ liệu thí nghiệm.

#### Xung đột lợi ích

Nhóm tác giả tuyên bố không có xung đột lợi ích trong bài báo này.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] N. T. Luong, “Nghiên cứu đánh giá hiệu quả che nắng của bạt cao su xếp trên ô tô,” in *Proc. 5th Nat. Conf. Sci. Technol. Mech. Eng. (VCME)*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2018.
- [2] N. T. Luong, “Nghiên cứu đánh giá hiệu quả hệ thống làm mát ô tô đỗ ngoài trời sử dụng bạt gắn pin năng lượng mặt trời,” *Science and Technology*, vol. 1, no. 1, pp. 63–66, 2019.
- [3] H. H. Al-Kayiem, M. F. M. Sidik, and Y. R. A. L. Munusammy, “Study on the thermal accumulation and distribution inside a parked car cabin,” *Am. J. Appl. Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 784–789, 2010.
- [4] J. Horak, I. Schmerold, K. Wimmer, and G. Schauburger, “Cabin air temperature of parked vehicles in summer conditions: Life-threatening environment for children and pets calculated by a dynamic model,” *Theor. Appl. Climatol.*, vol. 1, no. 1, pp. 107–118, 2017.
- [5] T. N. Phong, L. T. Dat, N. D. Khoa, and N. L. Phuong, “Mô phỏng số trong không gian cabin xe ô tô hướng tới sự tiện nghi nhiệt,” *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, vol. 1, no. 1, pp. 234–244, 2022.
- [6] TEKTRONIX Company, “TESTO 410-2 Manuservice,” [Online]. Available: <https://www.tektronix.com>.
- [7] N. T. Han, N. X. Khoa, and C. D. Hung, “Nghiên cứu thiết kế bộ tự động giảm nhiệt độ trong xe ô tô khi đỗ xe ngoài trời nắng,” *Khoa học & Công nghệ*, vol. 1, no. 1, pp. 98–101, 2018.
- [8] F. Brechtfeld, “Comparing least squares fit and least absolute deviations fit,” *Wolfram Demonstrations Project*, 2014. [Online]. Available: <https://demonstrations.wolfram.com>
- [9] R. Gaos and Y. Sirodz, “Pengembangan model pendingin kabin city car bertenaga surya menggunakan photovoltaics (PV) dan thermoelectric (TEC),” *J. Teknologi*, vol. 10, no. 1, pp. 34–40, 2019.
- [10] F. L. Macedo, A. Reverter, and A. Legarra, “Behavior of the linear regression method to estimate bias and accuracies with correct and incorrect genetic evaluation models,” *J. Dairy Sci.*, vol. 103, no. 1, 2020.
- [11] L. K. Duong, *Nhiệt kỹ thuật*, Ho Chi Minh: Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh, 2000.
- [12] 3M Company, “3M Window Film Manual,” [Online]. Available: [https://www.sirvisual.com/Attachment/100/818\\_49907\\_3M%20Window%20Film%20Manual.pdf](https://www.sirvisual.com/Attachment/100/818_49907_3M%20Window%20Film%20Manual.pdf)

**Vinh Dat Ly** (Vietnam). He hold associate Professor in 2017, and graduated PhD of Mechanical and Electrical Engineering in 2013, National Taipei University of Technology, Taipei, Taiwan. Research interests: Efficiency improvement in SI and CI engines, Intake and exhaust systems, Electro-magnetic valve train, improving of efficiency, fuel consumption and emission in internal combustion engines, etc. Work experiences: has taught as a lecturer at Faculty of Vehicle and Energy Engineering, University of Technology and Education Ho Chi Minh City, Vietnam, since 2003.

Email: [datlv@hcmute.edu.vn](mailto:datlv@hcmute.edu.vn). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1490-8197>

**Quang Vu Le**. 2007, Engineer Degree, major Vehicle Engineering in HCMC University of Technology and Education, Vietnam. 2014, Master Degree, major Vehicle Engineering in HCMC University of Technology and Education, Vietnam. From 2007 to present, Lecturer in Department of Automotive Electronic, Faculty of Vehicle and Energy Engineering, HCMC University of Technology and Education, Vietnam. Fields of Expertise and Research Interests : Automotive Electronic and Electrical systems; Application control systems on automotive.

Contact: +84 973777077. Email: [vulq@hcmute.edu.vn](mailto:vulq@hcmute.edu.vn). ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0293-4880>

**Van Tam Tran**. 2007, Engineer Degree, major Vehicle Engineering in HCMC University of Technology and Education, Vietnam. 2006, leader ROBOCON CKD02 Team. From 2008-2012, he was a dealer development staff at Honda Viet Nam. From 2012-2017, he was a business manager at Bosch Viet Nam. From 2017-2020, he was a sales manager at 3M Viet Nam. From 2020-2024, he was auto division director at Wurth Viet Nam.

Email: [vantamlk123@gmail.com](mailto:vantamlk123@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0321-4404>