

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG IoT TRONG THU THẬP VÀ GIÁM SÁT TRỰC TUYẾN NHIỆT ĐỘ KẾT CẤU ĐƯỜNG BỘ

Phí Văn Lâm*, Trần Thị Lan, Đỗ Văn Thăng

Trường Đại học Giao thông Vận tải, Số 3 Cầu Giấy, Hà Nội
Tác giả liên hệ: Email: pvlam@utc.edu.vn; Tel: 0968.06.09.88

Tóm tắt: Nội dung bài báo trình bày phương pháp đo nhiệt độ sử dụng nhiệt điện trở, ứng dụng công nghệ kết nối vạn vật trong việc thu thập và giám sát trực tuyến nhiệt độ kết cấu đường bộ nhằm phục vụ công tác phân tích, quản lý và khắc phục những hạn chế, rủi ro trong quá trình thiết kế thi công các công trình đường bộ tại Việt Nam. Với mô hình được thiết kế, các kết quả thu thập được với độ chính xác $0,01^{\circ}\text{C}$ đã chỉ ra được độ chính xác của phương pháp nghiên cứu là hoàn toàn có thể đi vào ứng dụng trong việc đo đạc nhiệt độ kết cấu đường bộ trong lĩnh vực giao thông vận tải.

Từ khóa: Thu thập dữ liệu từ xa, Giám sát trực tuyến nhiệt độ, Nhiệt điện trở, Internet of Things, Data logger temperature.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việc nắm bắt và triển khai các công nghệ khoa học trong thời đại cách mạng công nghiệp 4.0 đã và đang được ứng dụng rộng rãi trên mọi lĩnh vực của đời sống xã hội không chỉ ở Việt Nam mà trên toàn thế giới. Đi kèm với các công trình, dây chuyền sản xuất hay thiết kế thi công trong lĩnh vực giao thông vận tải là một loạt các công nghệ cần được nghiên cứu và đưa vào ứng dụng triển khai trong thực tế như thu thập dữ liệu về kết cấu của cầu dây văng, lực căng của cáp treo, độ giãn của nền đường hay nhiệt độ của kết cấu mặt đường,... Để đo đạc được các thông số như vậy trên thế giới đã có những bộ thu thập dữ liệu ở dạng lưu trữ thẻ nhớ và không giám sát được trạng thái thực tại của đối tượng, hoặc nếu có thì thiết bị còn phức tạp và chi phí cao so với thực tại ở Việt Nam.

Việc sử dụng các công nghệ truyền thông không dây trong bài toán điều khiển và giám sát đã được nghiên cứu khá nhiều như trong [1], với khả năng thu thập dữ liệu cho các thiết bị y tế để đo đạc nhiệt độ ở các dải đo khác nhau đã cho được những kết quả tốt. Tuy vậy sản phẩm nghiên cứu này vẫn chưa đầy đủ cho bài toán lưu trữ và phân tích dữ liệu theo thời gian thực. Thêm vào đó, nhóm tác giả [2] đã đề cập đến giải pháp sử dụng nhiệt điện trở - NTC (Negative Temperature Coefficient) cho bài toán đo đạc nhiệt

độ của đất và đạt được những kết quả khá rõ nét về việc ứng dụng của NTC cho bài toán đo nhiệt độ ở một phạm vi khoảng cách nhất định trong thực tế.

Tiếp đến là việc triển khai ứng dụng của việc thu thập dữ liệu nhiệt độ cho bài toán trong công nghiệp đã được nghiên cứu và phát triển ở tác giả [3] với khả năng thu thập nhiều dữ liệu và tiết kiệm chi phí sản xuất cho sản phẩm của nhà máy. Việc sử dụng cảm biến nhiệt độ kiểu nhiệt điện trở - NTC đi kèm với các nghiên cứu, phân tích và tối ưu hóa về tần số và thiết kế mạng cảm biến đã được phát triển bởi [4] đi kèm với các kết quả phân tích rất tốt, cái mà nhóm tác giả cần thiết để áp dụng cho bài toán đo nhiệt độ của kết cấu đường bộ. Một số ứng dụng để sử dụng cảm biến nhiệt độ kiểu nhiệt điện trở có thể kể đến trong nghiên cứu và thực tế là bộ giám sát thông minh cho bình ga nhiên liệu như trong [5] được đánh giá là mới mẻ và có tính ứng dụng cao trong xã hội.

Đo đạc các thông số nhiệt độ kết cấu đường bộ đã được nhóm tác giả [7] trình bày ở đề tài nghiên cứu khoa học, với các tính năng như đọc và hiển thị nhiệt độ 12 bit của kết cấu nền đường, nhưng không có chức năng giám sát và quản lý dữ liệu ở cơ sở dữ liệu nên việc thu thập còn mang tính chất thử nghiệm và độ chính xác không được cao. Tuy vậy, với ý nghĩa thực tiễn cao nên việc nghiên cứu và triển khai ứng dụng vào thực tiễn vẫn còn nhiều tiềm năng và ứng dụng cho bài toán giám sát trực tuyến các kết cấu đường bộ tại Việt Nam cũng như trên thế giới.

Để khắc phục những nhược điểm của các nghiên cứu trước, nghiên cứu và phát triển các ưu điểm của họ, nhóm tác giả đã đưa ra một nghiên cứu ứng dụng cảm biến nhiệt điện trở và kết nối vạn vật trong giám sát nhiệt độ kết cấu đường bộ ở Việt Nam.

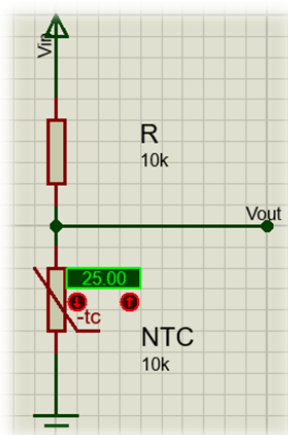
Nội dung của bài báo trình bày phương pháp ứng dụng công nghệ kết nối vạn vật trong việc thu thập và giám sát trực tuyến nhiệt độ kết cấu đường bộ nhằm phục vụ công tác phân tích, quản lý và khắc phục những hạn chế, dúi do trong quá trình thiết kế thi công các công trình đường bộ tại Việt Nam.

2. THIẾT KẾ HỆ THỐNG GIÁM SÁT NHIỆT ĐỘ KẾT CẤU ĐƯỜNG BỘ

2.1. Mạch đo và chuyển đổi tín hiệu cảm biến nhiệt độ



a) Cảm biến nhiệt điện trở



b) Mạch phân áp



c) Mạch chuyển đổi tín hiệu

Hình 1. Mạch đo tín hiệu (b) cảm biến nhiệt điện trở (a) sử dụng chip chuyển đổi tín hiệu tương tự 4 kênh 16 bits (b).

Điện trở nhiệt hay nhiệt điện trở hay thermistor Hình 1 (a) là loại điện trở có trở kháng của nó thay đổi một cách rõ rệt dưới tác dụng nhiệt, hơn hẳn so với các loại điện trở thông thường. Từ thermistor được kết hợp bởi từ thermal (nhiệt) và resistor (điện trở).

Điện trở nhiệt được ứng dụng rộng rãi trong kỹ thuật điện tử: làm cảm biến nhiệt, hạn chế các dòng xung kích cũng như giá thành rẻ, nên được nhóm tác giả chọn làm thiết bị đo cho nghiên cứu.

Việc thiết kế mạch đo tín hiệu tương tự (Hình 1 (b)) dạng điện áp để đưa vào bộ chuyển đổi tín hiệu tương tự sang chuẩn truyền thông được thể hiện trên Hình 1 (c), tham khảo [6].

Điện trở của cảm biến nhiệt độ NTC được nhóm tác giả tính toán dựa trên công thức sau:

$$R_{TH} = R \frac{V_{Out}}{V_{In} - V_{Out}} - 2R_d \quad (1)$$

Phương trình Steinhart-Hart [7] là mô hình về điện trở của chất bán dẫn ở các nhiệt độ khác nhau, phương trình được mô tả như sau:

$$\frac{1}{T_K} = A + B \ln(R_{TH}) + C (\ln(R_{TH}))^3 \quad (2)$$

trong đó,

T_K là nhiệt độ kelvins [K]

R_{TH} là trở kháng ở nhiệt độ T_K [Ω]

R_d là trở kháng của đường dây cảm biến [Ω], phụ thuộc vào chiều dài của dây dẫn và loại dây dẫn.

A, B, C là các hệ số Steinhart-Hart, cái mà thay đổi phụ thuộc vào dạng và mô hình của nhiệt điện trở và phạm vi nhiệt độ cần đo.

Để đo được chính xác và khắt khe hơn trong việc chuyển đổi tín hiệu, chúng tôi đã đưa thêm hiệu ứng tự làm nóng của cảm biến nhiệt điện trở, giá trị nhiệt độ được hiệu chỉnh lại như sau:

$$T_{Kelvins} = T_K - \frac{V_{Out}^2}{KR_{TH}} \quad (3)$$

trong đó,

$T_{Kelvins}$ là nhiệt độ kelvins [K]

K là hằng số tiêu tán, thường được tính bằng $mW/^\circ C$

Nhiệt độ ở Celsius được tính như sau:

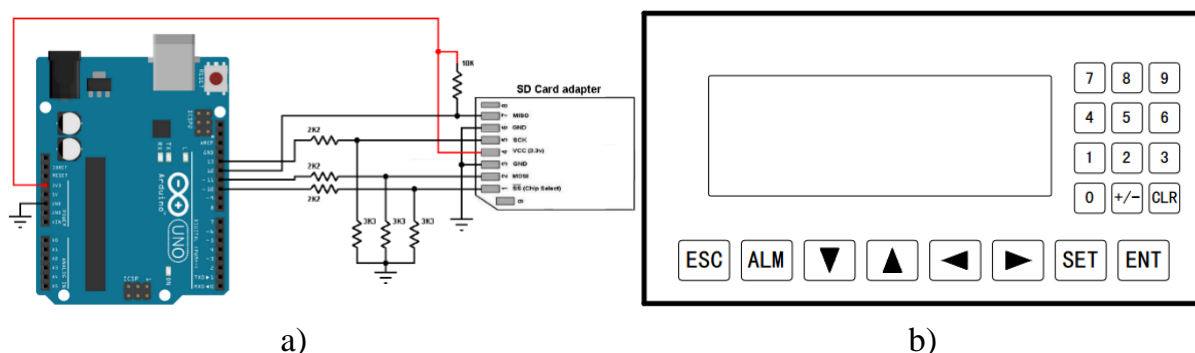
$$T_C = T_{Kelvins} - 273.15 \quad (4)$$

Với việc thiết kế mạch điện tử như trên kèm theo phân tích công thức chuyển đổi (4) chúng ta sẽ đo được nhiệt độ của đầu đo nhiệt điện trở sử dụng vi xử lý cho bài toán đo đặc và thu thập nhiệt độ kết cấu đường bộ của nghiên cứu.

Tiếp đến, thay vì thiết kế mô đun hiển thị và bàn phím tương tác giữa người sử dụng và thiết bị, tác giả đã sử dụng bộ màn hình tương tác người – máy (HMI-Human Machine Interface) như Hình 2 (b) với chuẩn truyền thông công nghiệp Modbus đem lại sự ổn định, đơn giản và tiết kiệm chi phí kèm theo rẽ ràng thay thế trong quá trình sử dụng của thiết bị sản phẩm của bài báo. Bộ màn hình này có khả năng hiển thị các dạng ký tự, chữ số, phím bấm cảm ứng ở các kích thước khác nhau, đi kèm với một bộ ma trận phím bấm với các chức năng và số khác nhau cho các bài toán cài đặt, điều khiển và hiển thị các dạng dữ liệu khác nhau trong khuôn khổ của bài báo.

2.2. Mạch giao tiếp thẻ nhớ lưu trữ dữ liệu

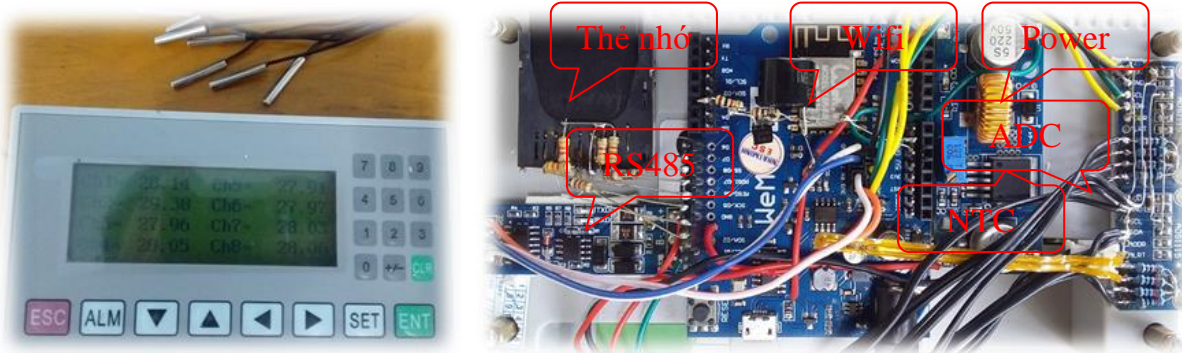
Việc lưu trữ dữ liệu theo chu kỳ được thực hiện trên thẻ nhớ micro SD thông qua chuẩn truyền thông giao tiếp SPI, thiết kế chi tiết về mạch điện giao tiếp giữa thẻ nhớ và vi điều khiển được thể hiện như trên Hình 2 (a).



Hình 2. Khối giao tiếp thẻ nhớ với bộ điều khiển (a) và Màn hình HMI (b).

Với thiết kế như trên, việc lưu trữ dữ liệu sẽ được thực hiện một cách đơn giản và nhanh gọn nhờ tạo các tệp tin lưu trữ theo các mốc thời gian khác nhau để đảm bảo không bị mất và chồng lấn dữ liệu giữa các lần thu thập cũng như khả năng khôi phục dữ liệu sau thu thập cho bài toán phân tích số liệu thu thập ở các phòng thí nghiệm. Các tệp tin lưu trữ sẽ được lưu ở định dạng *.txt* cho kết quả nhanh và đơn giản cho vi xử lý.

Kết quả thiết kế mô hình bộ thu thập dữ liệu trực tuyến nhiệt độ kết cấu đường bộ được thể hiện như Hình 3.



a) Mặt trước mô hình

b) Mặt sau mô hình 8 kênh ADC 16 bits

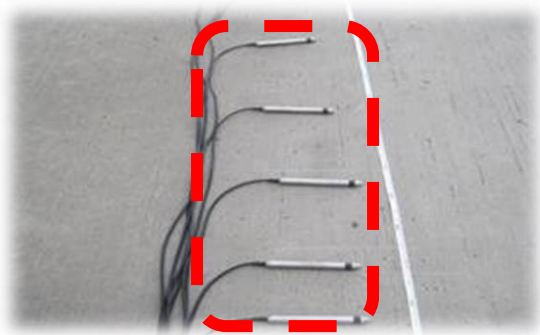
Hình 3. Mô hình giám sát nhiệt độ 08 kênh nền đường trực tuyến qua internet.

Với khả năng hiển thị 08 kênh nhiệt độ độ phân giải 16 bits của các đầu đo khác nhau khi kết nối vào thiết bị, khả năng kết nối vào một mạng wifi bất kỳ giúp đơn giản hơn cho quá trình kết nối mạng của thiết bị, đi kèm với việc truyền dữ liệu đo trực tiếp lên cơ sở dữ liệu đám mây giúp cho việc giám sát trực tuyến trở nên thực tế và chân thực nhất, tiếp đến là khả năng lưu trữ dữ liệu đo đạc vào thẻ nhớ theo các tệp tin theo các mốc thời gian khác nhau.

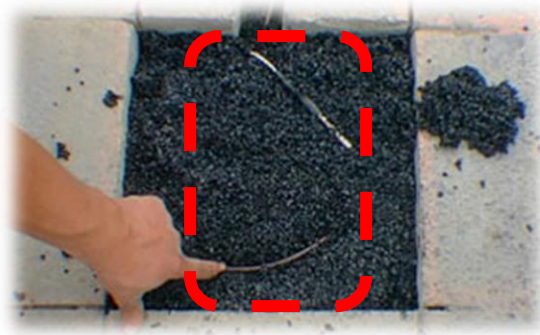
3. THỬ NGHIỆM/ĐÁNH GIÁ PHÂN TÍCH HỆ THỐNG

3.1. Thử nghiệm ngoài hiện trường

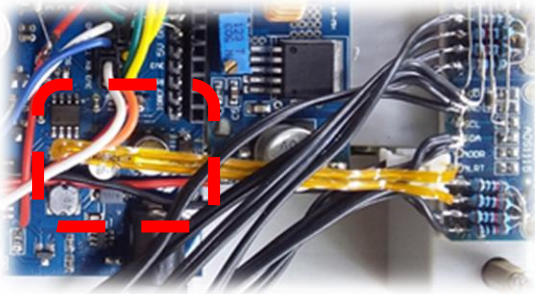
Môi trường thử nghiệm là đặc biệt quan trọng cho bài toán kiểm tra độ tin cậy và an toàn của kết quả nghiên cứu. Việc đo đạc được thực hiện trên các lớp bề mặt khác nhau tương tự như trong thực tế cần kiểm tra như: Nhiệt độ mặt đường (Hình 4 (a)); Nhiệt độ dưới nền đường (Hình 4 (b)); và nhiệt độ môi trường không khí xung quanh điểm đo (Hình 4 (c)) được tích hợp trên mô hình.



a) Đo nhiệt độ mặt đường



b) Đo nhiệt độ nền đường



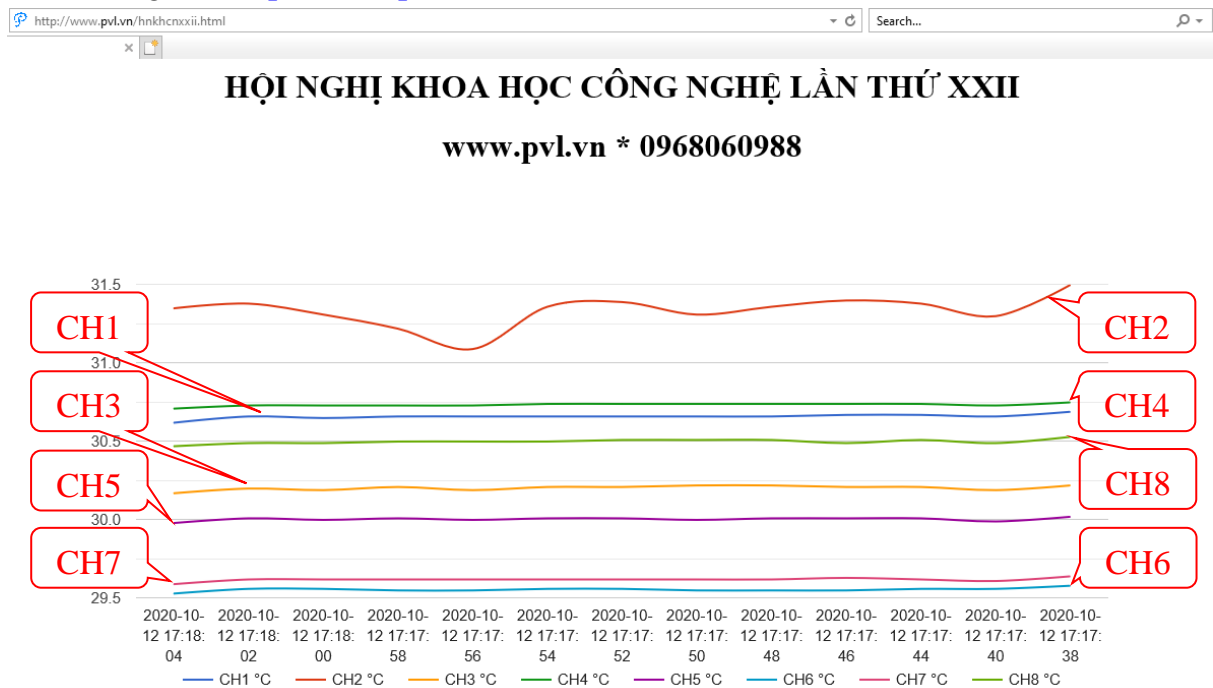
c) Đo nhiệt độ môi trường

c) Nhiệt kế kiểm chuẩn

Hình 4. Vị trí lắp đặt các đầu đo tại các vị trí khác nhau của kết cấu đường bộ.

Từ các vị trí và điểm đo khác nhau của kết cấu đường bộ, các nhà nghiên cứu và phát triển sẽ tìm ra được các đặc tính, đặc trưng của điểm đo cũng như hiệu chỉnh các thành phần của kết cấu đường bộ sao cho phù hợp với vị trí cần thi công công trình giao thông vận tải tại các vùng miền địa lý khác nhau.

Việc thử nghiệm phần cứng mô hình đo và giám sát nhiệt độ của kết cấu đường bộ được thực nghiệm trên nền đường và đưa dữ liệu lên cơ sở dữ liệu hiển thị trực tuyến theo đường dẫn <http://www.pvl.vn/hnkhcnxxii.html>.



Hình 5. Thiết bị giám sát nhiệt độ nền đường trực tuyến qua internet.

Hình 5 thể hiện nhiệt độ của môi trường (CH2) và nhiệt độ của nền đường (CH1, CH3-7). Với kết quả đo được cho thấy nhiệt độ của môi trường có sự chênh lệch so với nhiệt độ của nền đường khoảng 2 độ trong suốt quá trình thử nghiệm. Với sự giám sát nhiệt độ trực tuyến như trên chúng ta có thể kiểm tra và phân tích về nhiệt độ nền đường một cách xác thực nhất, cũng như đưa được ra những hành động một cách nhanh và kịp thời cho những ứng dụng tương tự.

Để kiểm chuẩn kết quả của mô hình và thiết kế của nghiên cứu, nhóm tác giả đã sử dụng nhiệt kế kiểm chuẩn (Hình 4 (c)) so sánh với kết quả đo được ngoài thực tế cho thấy nhiệt độ đo được từ mô hình ở kênh 1 là 34.79 °C trong khi nhiệt độ đo được từ nhiệt kế là 34.80 °C, với sai số hoàn toàn trong phạm vi cho phép của nghiên cứu. Với kết quả hiển thị trên hai thiết bị cho ta thấy việc đo đạc nhiệt độ kết cấu đường bộ là đáng tin cậy và hoàn toàn có thể đi vào ứng dụng ngoài thực tế.

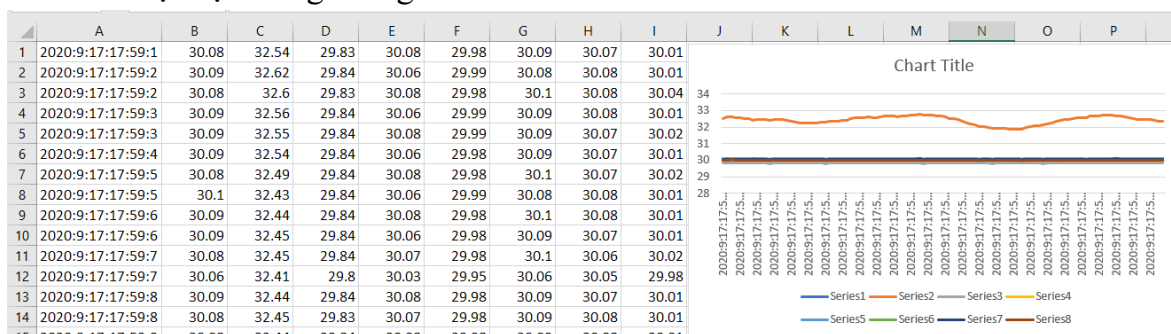
Ngoài thông số ở dạng biểu đồ, chúng ta còn có thể giám sát thông qua bảng số liệu được cập nhật 10 s một lần như Bảng 1. Ở bảng này, chúng ta có thể xem về thời gian lấy dữ liệu, số nhiệt độ cụ thể của từng kênh đo như ở thời điểm 2020-09-17 18:52:20 nhiệt độ nền đường ở kênh 1 là 29.86 °C, kênh 2 nhiệt độ môi trường là 32.09 °C, ...

Bảng 1. Dữ liệu cảm biến thể hiện ở dạng Cơ sở dữ liệu bảng trực tuyến (°C)

ID	DATETIME	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7	CH8
411	2020-09-17 18:52:20	29.86	32.09	29.55	29.77	29.67	29.73	29.77	29.73
410	2020-09-17 18:52:10	29.86	32.1	29.55	29.77	29.68	29.73	29.77	29.72
409	2020-09-17 18:52:00	29.86	31.96	29.56	29.77	29.67	29.74	29.78	29.72

3.2. Phân tích dữ liệu thu thập trong phòng thí nghiệm

Hình 6 chỉ ra rằng, với kết quả thu thập được trong thẻ nhớ 1 s một lần sẽ cho chúng ta một cái nhìn rõ nét nhất về các kết quả đo đạc nhiệt độ của nền đường bộ. Chúng ta có thể trích dẫn, vẽ lại biểu đồ cho những khoảng thời gian, kênh đo phù hợp với các bài toán cần phân tích trong hệ thống phục vụ cho bài toán hiệu chỉnh tham số chuẩn cho vật liệu trong tương lai.



Hình 6. Dữ liệu được lưu trữ trên thẻ nhớ và phân tích trong phòng thí nghiệm.

4. KẾT LUẬN

Trong bài báo, nhóm tác giả đã trình bày nghiên cứu, thiết kế và chế tạo bộ giám sát nhiệt độ kết cấu đường bộ sử dụng cảm biến nhiệt điện trở NTC với những ưu điểm như thu thập dữ liệu nhiệt độ kết cấu đường bộ trực tuyến qua internet; lưu trữ dữ liệu trong thẻ nhớ để đảm bảo an toàn và toàn vẹn dữ liệu phục vụ công tác thí nghiệm và hiệu chỉnh kết cấu đường bộ trong công tác thiết kế, chế tạo và quản lý đường bộ tại các phòng nghiên cứu, viện phát triển và thi công đường bộ ở Việt Nam cũng như toàn thế giới.

Với mức chi phí và cách thức làm việc đơn giản của thiết bị sẽ góp phần không nhỏ vào sự phát triển của lĩnh vực giao thông vận tải nói riêng và các ngành công nghiệp khác nói chung với mục đích tương tự của kết quả bài báo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. C.M. Vancea, L. Viman, Wireless data logger for thermal validation systems, 17th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging, 2011.
- [2]. Stanko O. Aleksic, Nebojsa S. Mitrovic, A ground temperature profile sensor based on NTC thick film segmented thermistors : main properties and applications, IEEE sensors journal, 2018, DOI 10.1109/JSEN.2018.2820123.
- [3]. Hady Bassil and Habib Moubarak, etc, A Smart Real Time Portable Multichannel Data Logger System, 29th International Conference on Microelectronics, 2017.
- [4]. Nina Slamnik, Moamer Hasanovic, Conrad Jorda, Frequency Dependence of NTC Thermistor Pastes Used in High Frequency Temperature Variable Attenuators, 2018.
- [5]. Zh. A. Sukhinets, A. I. Gulin, etc, Intelligent Sensor Measurement of GTE Gas Temperature with Thermistors, 2019.
- [6]. Nguyễn Văn Tiềm, Đặng Hà Dũng, Thiết bị đo lường và điều khiển, NXB GTVT, 2016.
- [7]. Kanwar Pal Singh Rana, etc, FPGA Implementation of Steinhart–Hart Equation for Accurate Thermistor Linearization, IEEE Sensors Journal, Volume: 18 , Issue: 6 , March15, 15 2018, 10.1109/JSEN.2018.2795098.
- [8]. TS. Trần Văn Khuê, GS.TS. Nguyễn Viết Trung, KS. Lương Xuân Chiểu, KS. Ngô Ngọc Quý, “Nghiên cứu, thiết kế chế thử thiết bị đo (Data logger) 8 kênh/12bits”, Đề tài mã số B2003-35-43, 2003.