

# NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ THIẾT BỊ ĐO CHẤT LƯỢNG KHÔNG KHÍ RESEARCH AND DESIGN OF AIR QUALITY MEASUREMENT EQUIPMENT

Nguyễn Văn Thiện<sup>1</sup>, Quách Đức Cường<sup>1</sup>, Trịnh Trọng Chương<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Thủy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội, <sup>2</sup>Trường Đại học Điện lực

Ngày nhận bài: 09/6/2022, Ngày chấp nhận đăng: 28/6/2022, Phản biện: PGS. TS. Nguyễn Tùng Lâm

## Tóm tắt:

Bài báo trình bày quá trình và kết quả thiết kế một thiết bị đo chất lượng không khí dựa trên việc đánh giá chỉ số AQI (Air Quality Index). Thiết bị mô hình này nhỏ gọn sử dụng 4 cảm biến nồng độ khí (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>), bụi siêu mịn PM2.5... Hệ thống thiết kế sử dụng: vi điều khiển ARM Cortex STM32F103 của STMicroelectronics hoạt động với điện áp 3.3 V, các cảm biến hoạt động với điện áp 5 V. Bộ vi điều khiển đọc dữ liệu cảm biến, tính toán chỉ số AQI, xử lý và đóng gói số liệu... gửi dữ liệu về trung tâm quản lý qua mạng cảm biến không dây và hiển thị dữ liệu tại hiện trường trên màn hình GLCD. Kết quả của nghiên cứu này là nguyên mẫu một thiết bị đo, đánh giá chất lượng không khí với kích thước 192×188×70 mm và sử dụng nguồn điện 9-12 V.

## Từ khóa:

AQI, thiết bị đo AQI, ARM Cortex.

## Abstract:

This paper presents the process and results of designing an air quality measuring device based on the evaluation of the AQI index (Air Quality Index). This compact device has 4 sensors for gas concentration (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>), super fine dust PM2.5... The system design focuses on: STMicroelectronics ARM Cortex STM32F103 microcontroller operating with 3.3V voltage, the sensors operate with 5V voltage. The microcontroller reads sensor data, calculates AQI, processes and encapsulates data... sends data to management center via wireless sensor network and displays data in the field on GLCD screen. The result of this study is a prototype of an air quality measuring device with a size of 192×188×70 mm and using a 9-12 V power source.

## Keywords:

AQI; AQI measure devices, ARM Cortex.

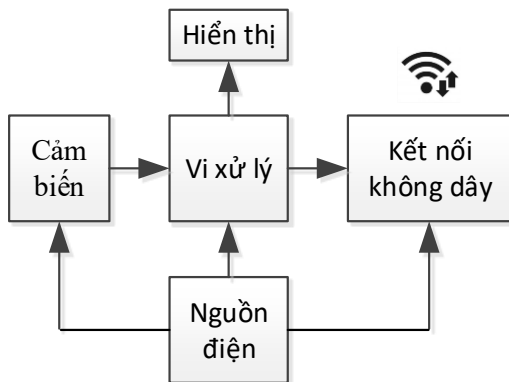
## 1. GIỚI THIỆU CHUNG

Ô nhiễm không khí là tình trạng không khí trong bầu không khí có một hoặc nhiều chất ô nhiễm ở mức độ và nồng độ có thể gây nguy hiểm cho sức khỏe của sinh vật, làm hư hỏng tài sản và giảm sự thoải mái trong không khí. Các yếu tố

chính gây ra ô nhiễm không khí nói chung là do các hoạt động sản xuất công/nông nghiệp, các phương tiện giao thông... tạo ra. Để đánh giá chất lượng không khí người ta thường dựa vào chỉ số AQI. Chỉ số AQI mô tả mức độ nồng độ của một số chất gây hại, độ bụi... như: sulfur dioxide

(SO<sub>2</sub>), nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>), carbon monoxide (CO), ozon (O<sub>3</sub>), bụi siêu mịn PM2.5.

Có rất nhiều dụng cụ/hệ thống đo lường chỉ số AQI có thể được tìm thấy, nhưng để có được một dụng cụ đo có đầy đủ chức năng, có khả năng kết nối không dây - tích hợp hệ thống... thì chi phí rất cao [1], [2], cấu trúc hệ thống phức tạp [3]. Do đó, cần có một công cụ đo lường nồng độ khí thải CO, như các thông số của chỉ số ô nhiễm không khí AQI [1], [4], [5], [13], [14]. Trong bài báo này, chúng tôi sẽ thảo luận về thiết kế thiết bị di động để đo chất lượng không khí thông qua đo và đánh giá 7 thông số: nồng độ khí sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>), carbon monoxide (CO), ozon (O<sub>3</sub>), bụi siêu mịn PM2.5, nhiệt độ, độ ẩm trong môi trường.



Hình 1. Sơ đồ thiết bị

Hệ thống (hình 1) bao gồm một MCU dòng ARM Cortex sẽ đọc dữ liệu từ các cảm biến, đánh giá - xử lý dữ liệu, tính toán chỉ số AQI. Sau đó các dữ liệu thu thập được hiện thị trên màn hình GLCD tại hiện trường, chuyển dữ liệu về hệ thống quản lý qua mạng không dây

(LoRA, Ethernet). Ngoài ra thiết bị còn có chức năng cảnh báo bằng đèn chỉ thị LED, loa chip khi ngưỡng chất lượng không khí ở các dải nguy hiểm, nguy hại khác nhau.

Nội dung chính bao gồm các vấn đề như: 1) giới thiệu sơ lược chỉ số AQI dùng để đánh giá chất lượng không khí; 2) thiết kế phần cứng thiết bị; 3) tổ chức phần mềm; 4) chế tạo và đánh giá thử nghiệm.

## 2. CHỈ SỐ AQI

Theo [6], chỉ số chất lượng không khí Việt Nam (VN\_AQI) là chỉ số được tính toán từ các thông số quan trắc các chất ô nhiễm trong không khí ở Việt Nam.

Chỉ số chất lượng không khí được tính theo thang điểm (bảng 1) tương ứng với biểu tượng và các màu sắc để cảnh báo chất lượng không khí và mức độ ảnh hưởng tới sức khỏe con người.

$$AQI_x = \frac{I_{i+1} - I_i}{BP_{i+1} - BP_i} (C_x - BP_i) + I_i \quad (1)$$

Trong đó:

AQI<sub>x</sub>: Giá trị AQI của thông số x;

BP<sub>i</sub>: Nồng độ giới hạn dưới của giá trị thông số quan trắc tương ứng với mức;

BP<sub>i+1</sub>: Nồng độ giới hạn trên của giá trị thông số quan trắc tương ứng với mức i+1;

I<sub>i</sub>: Giá trị AQI ở mức i đã cho trong bảng tương ứng với giá trị BP<sub>i</sub>;

I<sub>i+1</sub>: Giá trị AQI ở mức i+1 cho trong bảng tương ứng với giá trị BP<sub>i+1</sub>;

C<sub>x</sub>: Giá trị quan trắc trung bình 1 giờ của thông số x.

Các chỉ số nồng độ  $PB_i$ ,  $I_i$  được xác định trong phụ lục của Quyết định số 1459/QĐ-TCMT. Đơn vị tính của  $PB_i$  là  $\mu\text{g}/\text{m}^2$ . Chỉ số AQI diễn tả chất lượng không khí xác định theo (2) [6]

$$AQI = \max(AQI_x) \quad (2)$$

Chỉ số chất lượng không khí được phân thành 6 mức như trong bảng 1 [6].

**Bảng 1. Chất lượng không khí đánh giá qua chỉ số AQI**

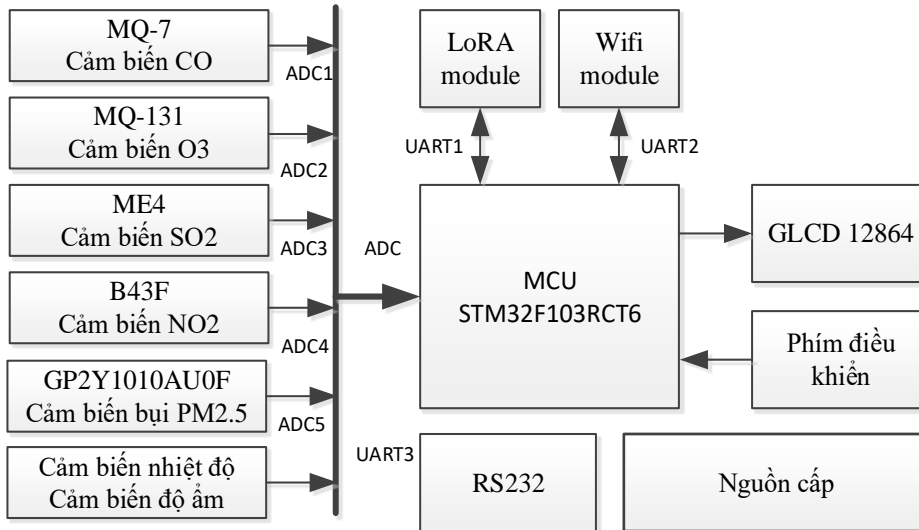
Chỉ số AQI	Chất lượng	Màu
0-50	Tốt	Xanh
51-100	Trung bình	Vàng
101-150	Kém	Da cam
151-200	Xấu	Đỏ

Chỉ số AQI	Chất lượng	Màu
201-300	Rất xấu	Tím
301-500	Nguy hại	Nâu

### 3. CẤU TRÚC HỆ THỐNG PHẦN CỨNG VÀ PHẦN MỀM

#### 3.1. Thiết kế phần cứng

Phần cứng của thiết bị được thiết kế sử dụng vi điều khiển STM32F103RCT6 và module LoRA, module ESP8266. Nội dung chính của quá trình thiết kế tập trung vào các vấn đề như đọc dữ liệu từ phần tử sensor, chuẩn hóa dữ liệu, tính toán giá trị AQI, kết nối mạng LoRA thực hiện truyền số liệu [3, 7]. Các vấn đề như: băng thông, lưu trữ, tối ưu hóa năng lượng tiêu thụ của thiết bị... chưa được nêu ra.



**Hình 2. Sơ đồ khối phần cứng thiết bị đo chất lượng không khí**

Mạch xử lý trung tâm sử dụng MCU STM32F103RCT6 lõi Cortex M3. Đây là MCU có nhiều tính năng mạnh đồng thời tiêu thụ năng lượng thấp do đó nó phù hợp cho việc thiết kế.

Khí cảm biến đo nồng độ khí sử dụng

các loại: MQ7, MQ131, ME4, B43F. Khối cảm biến độ bụi sử dụng cảm biến GP2Y1010AU0F của hãng Sharp. Ngoài ra còn bổ sung thêm các cảm biến đo nhiệt độ (dS18b20) và cảm biến đo độ ẩm (DHT22).

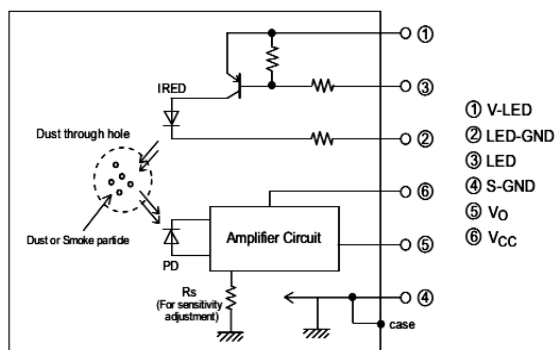
Giao tiếp mạng cục bộ sử dụng công nghệ LoRa, giao tiếp diện rộng sử dụng kết nối Ethernet qua module ESP8266. Hiển thị thông số tại hiện trường trên màn hình GLCD 12864. Nguồn điện cấp 9-12 V sau đó được phân chia ổn áp thành các nguồn 3.3 V và 5.0 V để cấp cho MCU, cảm biến và các module chức năng.

### 3.2. Đo lường tham số nồng độ các chất

Nồng độ của 4 (bốn) loại chất khí CO, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> được đo bởi công thức (2) [8].

$$P_x = \left( \frac{a}{\frac{b}{V_x} - c} \right)^{\frac{1}{d}} \quad (2)$$

Trong đó: P<sub>x</sub>, V<sub>x</sub> lần lượt là nồng độ chất khí x và điện áp đo được trên kênh đầu ra của cảm biến; các hệ số a, b, c và d lần lượt là các tham số đặc trưng của chất khí x được xác định qua đặc tính cảm biến cho trong hồ sơ kỹ thuật của thiết bị.



Hình 3. Cảm biến bụi PM2.5 GP2Y1010AU0F

Đối với cảm biến bụi PM2.5, để thực hiện đọc được giá trị lượng bụi PM2.5 thực hiện theo các bước: bật LED hồng ngoại trong khoảng thời gian 280 μs; đọc điện

áp ra của cảm biến; trễ 40 μs; tắt LED. Sau đó thực hiện chu kỳ lấy mẫu mới. Độ nhạy của cảm biến bụi là 0,5 V/100 μg/m<sup>3</sup>.

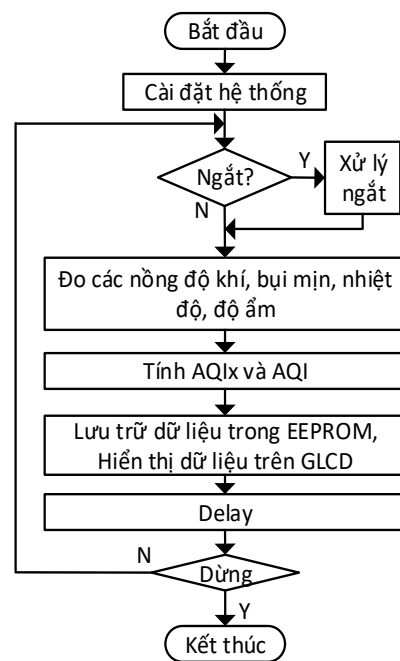
Công thức xác định lượng bụi PM2.5 khi sử dụng kênh AD 12-bit để đọc dữ liệu [8, 9, 10].

$$y = \frac{561 \times V_{PM2.5}}{4096} - 100 \quad (3)$$

Trong đó V<sub>PM2.5</sub> là điện áp đầu ra của cảm biến bụi.

### 3.3. Thiết kế phần mềm

Phần mềm hệ thống thực hiện bằng ngôn ngữ C, sử dụng trình biên dịch Keil C cho ARM. Lưu đồ chương trình chương trình chính thể hiện trên hình 4. Kỹ thuật đóng gói dữ liệu, tổ chức giao thức, kết nối truyền thông không dây được tổ chức như trong [3], [11].



Hình 4. Lưu đồ thuật toán chương trình chính

#### 4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THIẾT KẾ

Sản phẩm hoàn thiện thể hiện trên hình 5, hình 6. Thiết bị được thiết kế thành hai tầng layout. Tầng dưới là các module cảm biến. Tầng trên là các module MCU, GLCD, LoRA, Wifi, nguồn... Toàn bộ các module thiết bị được đặt trong vỏ hộp PVC kích thước 192×188×70 mm.

Thông số của thiết bị:

- Đo chỉ số AQI trong phạm vi [10, 500];
- Đo các thông số: nồng độ khí NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>; độ bụi PM2.5; nhiệt độ; độ ẩm;
- Kết nối mạng LoRA, mạng Ethernet;
- Điện áp nguồn cấp 9-12 V.

Biểu đồ dữ liệu thu thập chỉ số AQI được đo tại Văn phòng Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội ngày 20/03/2022 thể hiện trên hình 7, hình 8. Quá trình đo, thử nghiệm, nhóm nghiên cứu sử dụng máy đo AQI TES-5321 (sai số 1 rpm khi tốc độ đo > 1000 rpm) để căn chỉnh và thử nghiệm hệ thống.



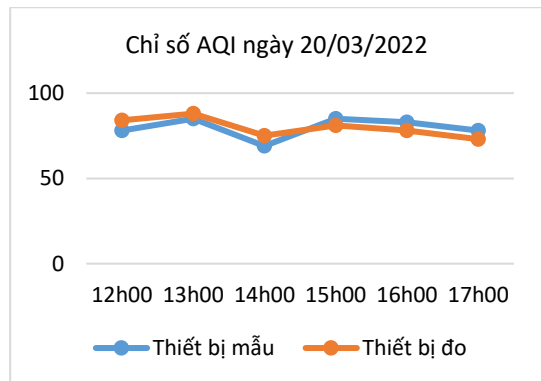
Hình 5. Thiết bị đo AQI

Kết quả thu được sai số của thiết bị khi

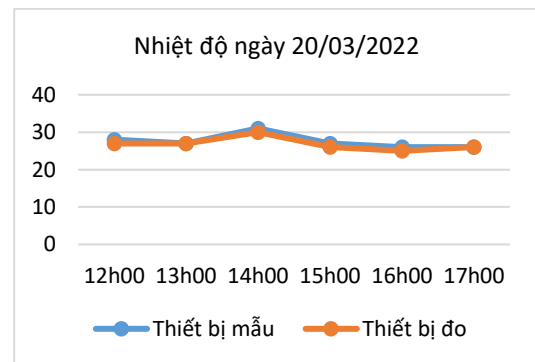
đánh giá chỉ số AQI và nhiệt độ so với thiết bị đo mẫu là  $\pm 6$  (đơn vị đo AQI) và  $\pm 1^\circ\text{C}$ . Với sai số trên có thể thấy thiết bị được thiết kế chế tạo hoàn toàn phù hợp cho việc đánh giá chất lượng không khí.



Hình 6. Thử nghiệm thiết bị đo AQI

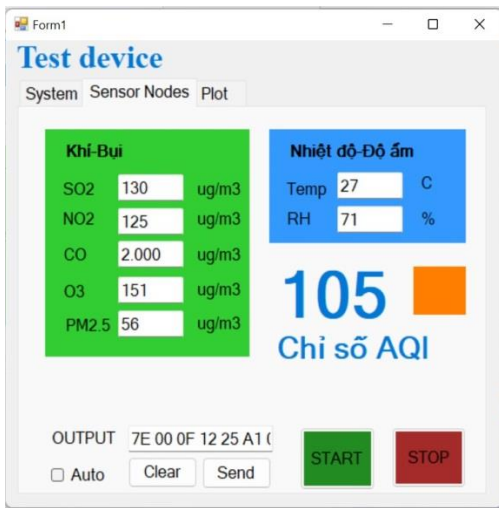


Hình 7. Kết quả đo AQI



Hình 8. Kết quả đo nhiệt độ

Để kiểm thử khả năng phát hiện lỗi khung truyền và giải thuật phân tách/xử lý dữ liệu, nhóm tác giả đã thực hiện 25 lần truyền dẫn dữ liệu không dây từ thiết bị lên PC qua mạng LoRA. Kết quả cho thấy giao thức truyền thông phát hiện được 100% lỗi trong khung truyền. Trên thực tế với phương thức tổ chức giao thức được thiết lập như trong [3], sử dụng mã kiểm tra lỗi CRC-16 thì xác suất phát hiện được lỗi lên tới 99.9985%.



Hình 9. Thử nghiệm truyền dữ liệu từ thiết bị lên máy tính

## 5. KẾT LUẬN

Thiết bị đo chất lượng không khí thông qua việc đánh giá chỉ số AQI đã được nghiên cứu, thiết kế trên hệ thống nhúng

ARM Cortex, kết quả thử nghiệm cho thấy:

- Hệ thống thiết bị được thiết kế hoạt động trong môi trường trong nhà, hoặc môi trường được che chắn tránh mưa-gió đã hoạt động ổn định, đánh giá được chất lượng không khí ở mức tin cậy, chính xác.
- Ngoài tính năng hiển thị, quan sát dữ liệu tại hiện trường trên màn hình GLCD, hệ thống còn có chức năng truyền dữ liệu về hệ thống trung tâm thông qua mạng LoRA/IoT nhằm tăng cường khả năng tích hợp hệ thống điện rộng.

Bên cạnh những kết quả tích cực đã đạt được còn một số vấn đề cần quan tâm nghiên cứu hoàn thiện hơn nữa như: 1) nghiên cứu giảm thiểu công suất tiêu thụ của thiết bị để hướng tới việc sử dụng hiệu quả thiết bị trong môi trường mạng cảm biến tích hợp; 2) nghiên cứu nâng cao độ an toàn truyền dẫn thông tin, độ chính xác của thiết bị đo...

## LỜI CẢM ƠN

Bài báo này được thực hiện với sự hỗ trợ kinh phí từ đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ Công Thương năm 2021, mã số: ĐT.BO.147/21, thuộc Hợp đồng số 147.2021.ĐT.BO/HĐKH-CN.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trịnh Trọng Chương, "Hoàn thiện thiết kế, công nghệ chế tạo, tích hợp hệ thống thu thập dữ liệu và giám sát thời gian thực chất lượng nước thải, khí thải ứng dụng cho khu công nghiệp và đô thị", Nhiệm vụ KH-CN cấp Nhà nước, mã số: DA.CT-592.22.2018.
- [2] YuHui DI, RuoRong LI, "Correlation analysis of AQI characteristics and meteorological conditions in heating season", IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 242 (2019) 022067, doi:10.1088/1755-1315/242/2/022067.

- [3] Nguyễn Văn Thiện, Quách Đức Cường, Trịnh Trọng Chương, Nguyễn Bá Nghiễn, "Thiết kế và tổ chức giao thức truyền thông trong mạng cảm biến không dây LoRA," Hội nghị FAIR2020, Nha Trang, pp. 570-576, 2020.
- [4] XH Li, WW Li, DQ Xu (2017), "Typical Correlation Analysis of Air Quality and Meteorological Factors in Xi'an City", Journal of Environmental Hygiene,(3): 203-208.
- [5] CEN. Ambient air - Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM10 or PM2,5 mass concentration of suspended particulate matter (EN 12341:2014). European Committee for Standardization (2014).
- [6] QĐ số 1459/QĐ-TCMT ngày 12/11/2019 của Bộ Tài nguyên và Môi trường về việc ban hành hướng dẫn kỹ thuật tính toán và công bố chỉ số chất lượng không khí Việt Nam (VN\_AQI).
- [7] Badura, M., Batog, P., Drzeniecka-Osiadacz, A. & Modzel, P. Optical particulate matter sensors in PM2.5 measurements in atmospheric air. E3S Web of Conferences 44, 00006 (2018).
- [8] ĐLVN 333 : 2016, "Phương tiện đo nồng độ SO<sub>2</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub> của trạm quan trắc không khí tự động, liên tục - quy trình kiểm định", Hà Nội 2016.
- [9] S. Choi, N. Kim, H. Cha, and R. Ha. Micro sensor node for air pollutant monitoring: Hardware and software issues. In Sensors MEMS, 2009. DOI=[www.mdpi.com/1424-8220/9/10/7970/pdf](http://www.mdpi.com/1424-8220/9/10/7970/pdf)
- [10] Al-Ali, A. R.; Zualkernan, I.; Aloul, F., "A Mobile GPRS-Sensors Array for Air Pollution Monitoring", Sensors Journal, IEEE, vol.10, no.10, pp.1666, 1671, Oct. 2010. DOI=<http://dx.doi.org/10.1109/JSEN.2010.2045890>
- [11] Wan-Young Chung, Sung-Ju Oh, Remote monitoring system with wireless sensors module for room environment, Sensors and Actuators B: Chemical, Volume 113, Issue 1, 17 January 2006, Pages 64-70, ISSN 0925-4005, 10.1016/j.snb.2005.02.023.
- [12] P Purwanto, S Suryono , and S Sunarno, "Design of Air Quality Monitoring System Based On Web Using Wireless Sensor Network", IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1295 (2019) 012043
- [13] Prasanna S, Rao SI , "An Overview of Wireless Sensor Networks, their Applications and Technical Challenges". Int J Soft Comput Eng (IJSCE), ISSN 2231-2307, 2(2) 538.

### Giới thiệu tác giả:



Tác giả Nguyễn Văn Thiện tốt nghiệp đại học ngành tin học tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội năm 1998; nhận bằng Tiến sĩ ngành máy tính và công nghệ thông tin tại Viện Công nghệ thông tin, Viện Hàn lâm Khoa học Công nghệ Việt Nam năm 2018. Hiện nay tác giả công tác tại Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.

Lĩnh vực nghiên cứu: cơ sở dữ liệu, Khai phá dữ liệu, hệ thống thông tin.



Tác giả Trịnh Trọng Chương tốt nghiệp đại học ngành hệ thống điện năm 1999, nhận bằng Tiến sĩ ngành Kỹ thuật điện năm 2012 tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, được phong học hàm Phó giáo sư năm 2018. Hiện nay, tác giả công tác tại Khoa Điện - Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.

Lĩnh vực nghiên cứu: ổn định điện áp trong hệ thống điện, năng lượng tái tạo, ứng dụng AI và IoT trong hệ thống điện, tải cấu trúc lưới điện, giám sát và thu thập dữ liệu trong các hệ thống năng lượng.



Tác giả Quách Đức Cường tốt nghiệp đại học ngành thiết bị điện - điện tử năm 2002 tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, nhận bằng Tiến sĩ ngành kỹ thuật điều khiển năm 2013 tại Đại học Hoa Trung - Trung Quốc. Hiện nay, tác giả công tác tại Khoa Điện - Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội.

Lĩnh vực nghiên cứu: ứng dụng điện tử công suất trong các hệ thống năng lượng tái tạo, giám sát và thu thập dữ liệu trong các hệ thống năng lượng, điều khiển thích nghi.



Tác giả Nguyễn Thị Thủy tốt nghiệp đại học tại Trường Đại học Sư phạm I Hà Nội năm 1998, nhận bằng Thạc sĩ năm 2003, nhận bằng Tiến sĩ năm 2014 chuyên ngành công nghệ vật liệu điện tử tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Hiện nay tác giả là giảng viên Khoa Điện tử Viễn thông - Trường Đại học Điện lực.

Lĩnh vực nghiên cứu: vật liệu điện tử, mạch điện tử; cảm biến, cảm biến sinh học, điện tử y sinh.



