

## ĐÁNH GIÁ HIỆU NĂNG KHI SỬ DỤNG CẢM BIẾN ÁNH SÁNG ĐA HƯỚNG CHO HỆ THỐNG TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG CHIẾU SÁNG

### PERFORMANCE EVALUATION WHEN USING MULTI-DIRECTIONAL LIGHT SENSOR FOR ENERGY SAVING LIGHTING SYSTEM

Nguyễn Phan Kiên<sup>1\*</sup>, Nguyễn Mạnh Cường<sup>2</sup>, Hoàng Anh Dũng<sup>3</sup>, Vũ Duy Thuận<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Bách khoa Hà nội, <sup>2</sup>Học viện Kỹ thuật quân sự, <sup>3</sup>Trường Đại học Mở Hà Nội

<sup>4</sup>Trường Đại học Điện lực

Ngày nhận bài: 24/02/2021, Ngày chấp nhận đăng: 16/03/2021, Phản biện: TS. Ngô Duy Tân

#### Tóm tắt:

Hiện nay vấn đề điều chỉnh công suất trong hệ thống chiếu sáng để tiết kiệm năng lượng phụ thuộc rất nhiều vào hệ thống cảm biến ánh sáng. Trong nhiều trường hợp giá trị của cảm biến ánh sáng bị tác động bởi rất nhiều yếu tố như vị trí đặt cảm biến, hướng đo của cảm biến, các tác nhân gây phản xạ hay che chắn trong môi trường làm việc. Khi đó thường yêu cầu nhiều cảm biến được thiết lập theo các hướng khác nhau để thu thập mức ánh sáng tổng thể. Trong bài báo này nhóm nghiên cứu sẽ sử dụng cảm biến ánh sáng xoay đa hướng để làm căn cứ điều khiển hệ thống chiếu sáng. Cách tiếp cận này khắc phục được vấn đề của mạng cảm biến tĩnh bằng cách thay đổi động góc đo của cảm biến ánh sáng. Kết quả thử nghiệm trong phòng làm việc bình thường cho thấy cảm biến xoay có thể đo mức độ ánh sáng theo các hướng khác nhau và phát hiện hướng của nguồn chiếu sáng chính. Ngay cả khi chặn một số hướng, cảm biến vẫn có thể đo chính xác và cung cấp thông tin cảm nhận về các hướng còn lại. Nghiên cứu sẽ tập trung vào đánh giá hiệu năng của hệ thống tiết kiệm năng lượng chiếu sáng sử dụng cảm biến ánh sáng quay đa hướng so với cảm biến tĩnh.

#### Từ khóa:

Tiết kiệm năng lượng, cảm biến ánh sáng, đa cảm biến, chiếu sáng thông minh, LQR.

#### Abstract:

Nowadays, the problem of adjusting the power in the lighting system to save energy depends a lot on the light sensor system. In many cases the value of the light sensor is influenced by many factors such as the location of the sensor, the direction of the sensor, and reflectors or shielding in the working environment. This typically requires multiple sensors to be set up in different directions to collect the overall light level. In this paper, the team will use a multidirectional rotating light sensor as input to control the lighting system. This approach overcomes the problem of static sensor networks by dynamically varying the measuring angle of the light sensor. Normal office test results show that the rotating sensor can measure the light level in different directions and detect the direction of the main light source. Even when blocking some directions, the sensor can accurately measure and provide perceptual information about the remaining directions. The research will focus on evaluating the performance of lighting energy saving systems using multidirectional rotating light sensors compared to static sensors.

**Keywords:**

Saving energy, light intensity sensors, multidirectional sensors, intelligent lighting control, Linear Quadratic Regulator (LQR).

**1. GIỚI THIỆU**

Thông tin cảm biến ánh sáng có vai trò quan trọng trong các ứng dụng điều khiển chiếu sáng như trong chiếu sáng công nghiệp hoặc tòa nhà công sở, trường học sử dụng một hệ cảm biến. Nhất là trong các phương pháp tiết kiệm năng lượng chiếu sáng đều có khả năng điều chỉnh cường độ chiếu sáng để khai thác ánh sáng tự nhiên. Các đặc tính và khả năng của cảm biến ánh sáng ảnh hưởng lớn đến hiệu suất điều khiển ánh sáng. Cường độ ánh sáng trong nhà phụ thuộc vào cả ánh sáng nhân tạo và ánh sáng tự nhiên. Việc đo ánh sáng không chỉ dựa trên tế bào quang điện trong cảm biến mà còn dựa trên các yếu tố khác như hướng cảm biến và hoạt động của con người trong khu vực đó. Thông thường, hệ thống cảm biến ánh sáng sử dụng nhiều cảm biến ánh sáng hay một mạng lưới các cảm biến phân tán. Như đã đề cập trong [1], có những thách thức trong việc sử dụng mạng chứa một số lượng lớn cảm biến, chẳng hạn như các nút cảm biến không đáng tin cậy (khả năng chịu lỗi), khó khăn khi cần thêm cảm biến mới hoặc thay đổi hướng cảm biến (khả năng mở rộng), và phản ứng chậm với các sự kiện thay đổi cường độ ánh sáng (độ trễ cao). Đối với một nút cảm biến tĩnh, cảm biến có thể bị chặn bởi các đối tượng chuyển động hoặc bị chiếu sáng bởi chùm ánh sáng hẹp (không phải nguồn chiếu sáng), gây ra phép đo không chính xác. Phương án được đề xuất trong [1] là sử dụng một hệ thống cảm biến ánh

sáng quay để giải quyết những vấn đề này.

Hệ thống được đề xuất trong [1] sử dụng một cảm biến ánh sáng duy nhất thay vì nhiều cảm biến và cảm biến có thể xoay tự do để đo cường độ của ánh sáng từ nhiều hướng. Ưu điểm của hệ thống này là nó có thể cung cấp dữ liệu cảm biến ánh sáng ở các góc độ khác nhau chỉ bằng một cảm biến duy nhất so với hệ thống sử dụng nhiều cảm biến. Cảm biến xoay có thể phát hiện ánh sáng thay đổi ở một góc cụ thể hoặc xác định hướng đo nào có thể đã bị che chắn. Các tính năng này cho phép cảm biến theo dõi chính xác thông tin ánh sáng trong các ứng dụng thực tế trong nhà. Hệ thống cũng có thể hoạt động trên các ứng dụng Internet of Things (IoT) [3] vì nó có thể kết nối và truyền dữ liệu đến các nền tảng IoT phổ biến hiện nay.

Trong bài báo này nhóm nghiên cứu sử dụng một hệ thống cảm biến được giới thiệu trong [2] là bản nâng cấp mở rộng của [1]. Bài báo sử dụng bộ dữ liệu từ hệ thống cảm biến ánh sáng đa hướng [2] để mô phỏng quá trình điều khiển của hệ thống tiết kiệm năng lượng và đánh giá hiệu quả của hệ thống cảm biến ánh sáng trong tiết kiệm năng lượng.

**2. CÁC NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN VÀ CƠ SỞ LÝ THUYẾT CHO ỨNG DỤNG****2.1. Tình hình nghiên cứu hiện nay**

Dữ liệu cảm biến ánh sáng được sử dụng

trong hệ thống điều khiển chiếu sáng thường đến từ một cảm biến đơn lẻ hoặc một mạng các cảm biến. Việc sử dụng mạng cảm biến ánh sáng đã trở nên phổ biến hơn, đặc biệt là trong các ứng dụng vừa và lớn.

Việc sử dụng một cảm biến duy nhất có thể không cung cấp đủ thông tin cảm biến, trong khi mạng lưới cảm biến có những thách thức về khả năng phát hiện và khử lỗi [4], khả năng mở rộng [5] và phản ứng chậm [6]. Nhóm nghiên cứu đã nhận thấy những khó khăn này trong quá trình nghiên cứu cảm biến ánh sáng và điều khiển ánh sáng.

Thứ nhất, khả năng khử lỗi trong mạng cảm biến ánh sáng yêu cầu hệ thống vẫn phải hoạt động chính xác trong khi một số cảm biến có thể đã bị lỗi. Rất khó để đáp ứng yêu cầu này khi các cảm biến ánh sáng được phân bố các vị trí khác nhau. Đối với khả năng mở rộng, có một thách thức trong ứng dụng yêu cầu tăng diện tích các khu vực chiếu sáng như trong trung tâm thương mại hoặc các tầng làm việc công nghiệp. Trong trường hợp như vậy, chi phí linh kiện sẽ tăng lên và hệ thống cảm biến phải đủ di động để thích ứng với các phần mở rộng. Cuối cùng, hệ thống các cảm biến tĩnh có thể có vấn đề tốc độ phản ứng chậm khi các cảm biến được đặt theo hướng cố định. Hệ thống tĩnh không thể cảm nhận được sự thay đổi của cường độ ánh sáng trong các vùng không được cảm biến bao quát.

Trong [7], hệ thống điều khiển ánh sáng đã sử dụng dữ liệu mạng cảm biến không dây để điều khiển độ chiếu sáng nhằm tiết

kiệm năng lượng. Chi phí triển khai và bảo trì các cảm biến đã được chỉ ra trong bài báo. Nghiên cứu trong [8] đã chỉ ra ảnh hưởng của các yếu tố tự nhiên khác như chuyển động của mặt trời, mây và bóng đến việc thay đổi mức độ ánh sáng trong các ứng dụng thử nghiệm. Ảnh hưởng của khoảng cách, hướng của các cảm biến và nguồn sáng lên dữ liệu cảm biến đã được nghiên cứu trong [9].

Đối với điều khiển chiếu sáng dựa trên vị trí, toàn bộ hệ thống chiếu sáng cung cấp ánh sáng nền và thiết bị chiếu sáng cục bộ cung cấp ánh sáng tập trung [10]. Trong hệ thống này, hệ thống điều khiển sử dụng dữ liệu cảm biến ánh sáng để điều khiển cả chiếu sáng nền và chiếu sáng tập trung. Công trình nghiên cứu trong [11] đã đánh giá tác động của cảm biến ánh sáng cục bộ đối với việc điều khiển toàn bộ thiết bị chiếu sáng. Nó cũng yêu cầu xác định khu vực vị trí của người dùng để điều khiển cung cấp ánh sáng cho cá nhân [12, 13].

Trong nghiên cứu [14], tác giả đã nghiên cứu hệ thống điều khiển ánh sáng phân tán để đáp ứng yêu cầu sử dụng của người dùng dựa trên mức độ ánh sáng ban ngày tự nhiên. Một số lượng lớn các cảm biến ánh sáng đã được sử dụng trong hệ thống của họ để kiểm tra mối quan hệ giữa các yếu tố môi trường và các cảm biến ánh sáng liên quan. Kết quả thử nghiệm cũng chỉ ra sự phụ thuộc của hiệu suất điều khiển ánh sáng vào độ chính xác của thông tin cảm biến ánh sáng cục bộ và tổng thể.

Nhóm nghiên cứu chưa thấy một hệ thống nào sử dụng cảm biến xoay trong các ứng

dụng điều khiển chiếu sáng. Trong lĩnh vực chụp cắt lớp vô tuyến, một nghiên cứu được trình bày trong [15] đã giới thiệu hệ thống cảm biến RF xoay để thu nhận tín hiệu vô tuyến từ nhiều hướng và cải thiện độ chính xác của hình ảnh chụp cắt lớp.

Trong phần tiếp theo sẽ giới thiệu lại một số tính năng và thông số quan trọng của hệ thống cảm biến trong bài báo [2].

## 2.2. Các tính năng và thông số chính của hệ thống cảm biến quay

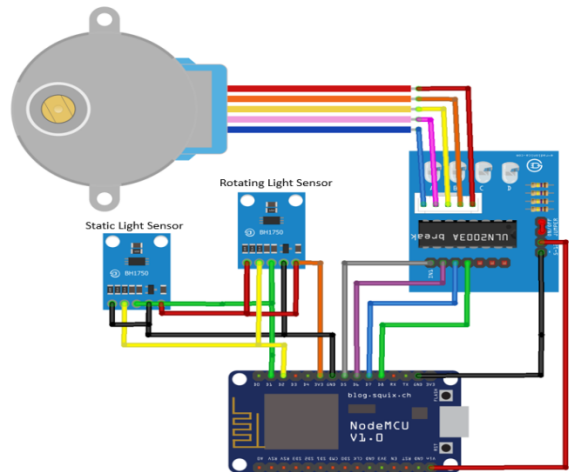
Hệ thống cảm biến trong bài báo [2] có thể ứng dụng được trong hệ thống điều khiển thực. Hình ảnh của hệ thống cảm biến được trình bày trong hình 1. Thiết kế có hai cảm biến ánh sáng, cảm biến thứ nhất được gắn trên một bộ đỡ chuyển động quay bởi một mô-tơ bước, cảm biến này sẽ có nhiệm vụ đo cường độ ánh sáng đa hướng. Cảm biến ánh sáng thứ hai là một cảm biến tĩnh đo cường độ ánh sáng để tham chiếu.



**Hình 1. Hình ảnh của hệ thống cảm biến ánh sáng quay đa hướng**

Trong hệ thống này không cần sử dụng nhiều cảm biến như trong mạng cảm biến. Bằng cách xoay cảm biến ánh sáng, hệ thống này có thể tránh được các sự cố khi hướng đo ánh sáng của cảm biến bị các

đối tượng che chắn. Các thành phần chính của hệ thống là cảm biến ánh sáng, động cơ bước, mạch điều khiển động cơ và mạch điều khiển chính. Hệ thống sử dụng một bộ vi điều khiển để điều khiển góc quay, cảm biến đo cường độ ánh sáng và truyền dữ liệu lên nền tảng điện toán đám mây. Mạch nguyên lý của hệ thống này được thể hiện trong hình 2. Các cảm biến giao tiếp với vi điều khiển bằng giao thức I<sup>2</sup>C. Cả cảm biến tĩnh và cảm biến xoay đều là mạch đo cường độ ánh sáng kỹ thuật số BH1750 [16].



**Hình 2. Mạch nguyên lý của hệ thống cảm biến mới**

Mạch điều khiển động cơ bước ULN2003 được dùng là mạch đệm công suất giữa vi điều khiển và động cơ bước. Các chân trình điều khiển ULN2003, IN1, IN2, IN3 và IN4, được kết nối với các chân đầu ra của vi điều khiển. Động cơ bước 28BYJ-48 chạy ở chế độ 32 bước và có một bộ giảm tốc với tỷ số truyền 64:1 để tạo ra 2048 bước mỗi vòng quay. Mối quan hệ giữa góc và số bước của mô-tơ được tính như sau:

$$a = \frac{i * 360}{2048} \quad (1)$$

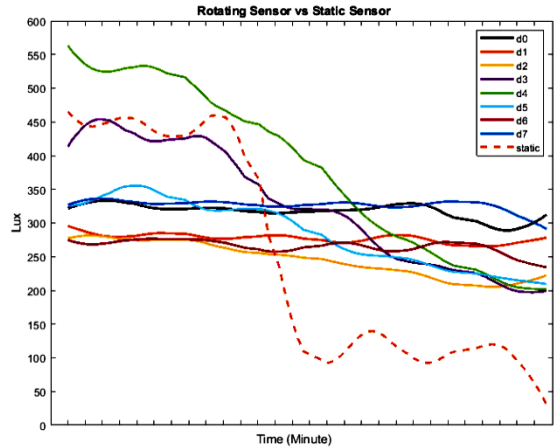
Với  $a$  là góc quay của cảm biến và  $i$  là số bước điều khiển của động cơ.

Các thông số và hình ảnh của động cơ và bảng điều khiển được trình bày trong bài báo [2]. Trong thiết kế này, động cơ gắn vào trung tâm của cấu trúc để quay như thể hiện trong hình 1, trục của động cơ quay xuống dưới và được cố định lại. Khi quay động cơ sẽ xoay toàn bộ cấu trúc do đó xoay cảm biến ánh sáng. Hệ thống cảm biến sử dụng bo mạch ESP8266 [17] để điều khiển động cơ bước quay theo yêu cầu và thu nhận giá trị đo được tại cảm biến ở các hướng sau đó truyền dữ liệu này lên mạng thông qua đường truyền Wi-Fi.

Trong bài báo [1], đã trình bày thí nghiệm cho thấy cách cảm biến đo mức độ ánh sáng từ nhiều hướng. Đối với bài báo [2], ngoài dữ liệu cảm biến ánh sáng đa hướng, hệ thống còn thu thập dữ liệu ánh sáng của cảm biến tham chiếu tĩnh.

Đối với dữ liệu được trình bày trong hình 3 theo nghiên cứu [2], cảm biến xoay đã đo ánh sáng theo 8 hướng với  $\Delta \alpha = 45^\circ$ . Trong hình 3, dữ liệu cảm biến các hướng lần lượt là  $d0$  đến  $d7$ . Kênh cảm biến tĩnh là được gắn nhãn là *static*. Hệ thống cảm biến ánh sáng đa hướng [2] không chỉ thực hiện đo cường độ ánh sáng mà còn cho phép chúng ta phát hiện được sự phân bố không đồng đều của ánh sáng trong phòng hay khu vực làm việc, ngay cả khi một số hướng đo bị chặn, cảm biến xoay

vẫn đo chính xác mức độ ánh sáng ở các hướng khác.



Hình 3. Đồ thị cường độ ánh sáng của cảm biến tĩnh và cảm biến xoay

Như trên hình 3, hệ thống cảm biến đã thể hiện quá trình thay đổi cường độ ánh sáng bị tác động bởi các vật cản che chắn nguồn sáng chính.

### 3. ĐÁNH GIÁ HIỆU NĂNG VÀ KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Hệ thống đèn chiếu sáng tiêu thụ 30% đến 50% năng lượng được sử dụng trong một tòa nhà thương mại [7]. Sử dụng ánh sáng tự nhiên ban ngày có thể giảm mức năng lượng điện sử dụng.

Khái niệm sử dụng ánh sáng mặt trời để chiếu sáng được gọi là khai thác ánh sáng ban ngày. Khai thác ánh sáng ban ngày là phương pháp khó áp dụng trong một tòa nhà vì ánh sáng ban ngày thay đổi và bị phụ thuộc vào vị trí khác nhau của tòa nhà và thời gian khác nhau trong ngày.

Hệ thống cảm biến [2] có thể định vị được đúng các nguồn sáng chính ổn định và các nguồn sáng phụ hay thay đổi, từ đó cho

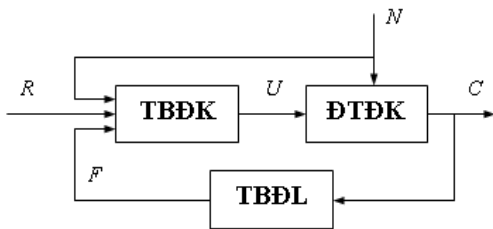
phép thực hiện điều khiển cường độ ánh sáng tối ưu hơn bằng cách loại bỏ sự ảnh hưởng của các nguồn sáng kém ổn định đến tham số điều khiển. Do đó hệ thống cảm biến [2] rất thích hợp để sử dụng trong hệ thống tiết kiệm năng lượng chiếu sáng bằng cách khai thác ánh sáng tự nhiên. Trong bài báo này sẽ đánh giá hiệu năng của hệ thống tiết kiệm năng lượng chiếu sáng dựa trên hệ thống cảm biến quay đa hướng.

### 3.1. Tổng quan về hệ thống tiết kiệm năng lượng chiếu sáng

Về bản chất một hệ thống tiết kiệm năng lượng chiếu sáng bằng cách khai thác ánh sáng tự nhiên là một hệ thống điều khiển tự động vòng kín.

Một hệ thống điều khiển tự động vòng kín bao gồm ba phần chủ yếu:

- Thiết bị điều khiển (TBĐK);
- Đối tượng điều khiển (ĐTĐK);
- Thiết bị đo lường (TBĐL).



Hình 4. Sơ đồ khối tổng quát của hệ thống điều khiển tự động

Trong đó:

$C$ : Tín hiệu cần điều khiển được gọi là tín hiệu ra;

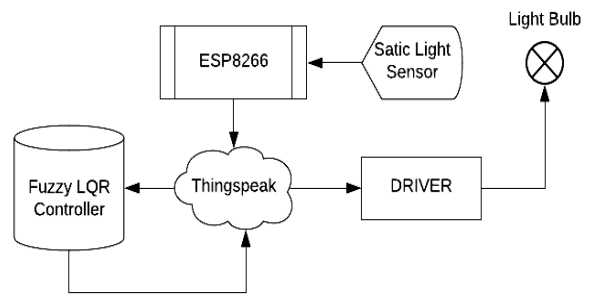
$U$ : Tín hiệu điều khiển;

$R$ : Tín hiệu cần đạt được (chuẩn hay tham chiếu) thường được gọi là tín hiệu vào;

$N$ : Tín hiệu nhiễu tác động từ bên ngoài vào hệ thống;

$F$ : Tín hiệu hồi tiếp.

Trong hệ thống tiết kiệm năng lượng chiếu sáng, thiết bị điều khiển thường sử dụng bộ điều khiển fuzzy logic kết hợp PID, tín hiệu hồi tiếp  $F$  là cường độ ánh sáng có được từ thiết bị đo lường là cảm biến ánh sáng tĩnh. Thiết bị điều khiển sẽ so sánh giá trị của tín hiệu hồi tiếp  $F$  với giá trị cần đạt  $R$  và tính toán điều khiển giá trị công suất cung cấp cho đối tượng điều khiển là đèn chiếu sáng. Nghiên cứu hướng đến việc sử dụng truyền dữ liệu qua điện toán đám mây và xây dựng hệ thống điều khiển phân tán không dây như hình 5.

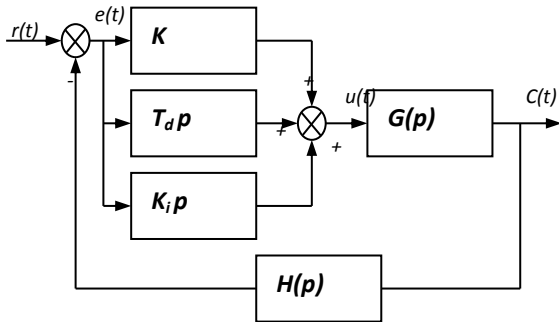


Hình 5. Mô hình điều khiển phân tán sử dụng cảm biến tĩnh và bộ điều khiển fuzzy

Như chúng ta đã biết một bộ điều khiển PID còn được gọi là bộ điều khiển kết hợp ba khâu tỉ lệ - tích phân - vi phân và được biểu diễn bằng công thức như sau:

$$U(t) = Ke(t) + T_d \frac{de(t)}{dt} + K_i \int_0^t e(t)dt \quad (2)$$

Và được biểu diễn bằng sơ đồ trong hình 6.

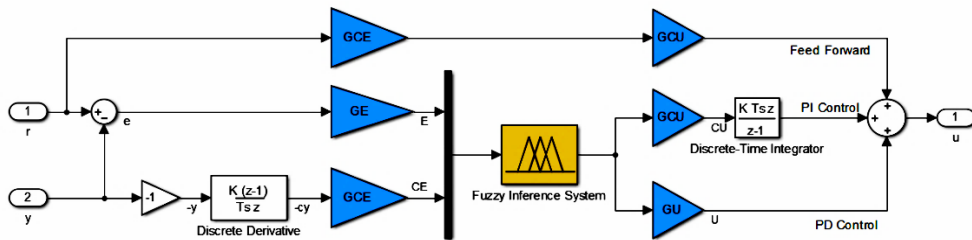


Hình 6. Cấu trúc của bộ điều khiển PID

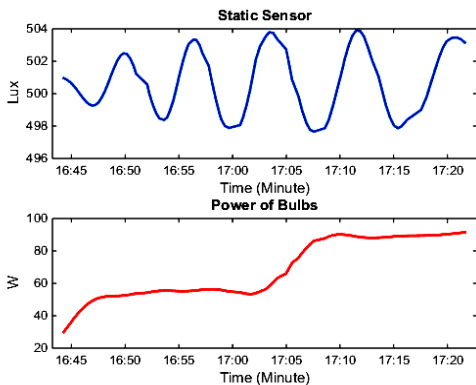
Trong một nghiên cứu so sánh của Jamilu Kamilu Adamu và cộng sự [18], hiệu suất của bộ điều khiển kết hợp fuzzy-LQR và

bộ điều khiển kết hợp PID-LQR được đánh giá về mặt hiệu năng. Các kết quả của mô phỏng đã khẳng định tính ưu việt của bộ điều khiển kết hợp fuzzy-LQR được đề xuất so với bộ điều khiển kết hợp PID-LQR, đặc biệt là khi có nhiễu.

Trong bài báo này nhóm nghiên cứu đã thực hiện lại bộ điều khiển kết hợp fuzzy-LQR trong phần mềm Matlab sử dụng dữ liệu cảm biến tĩnh trong bài báo [2] để làm thiết bị đo lường. Trong hình 7 là sơ đồ khối của bộ điều khiển kết hợp fuzzy-LQR trên simulink sử dụng dữ liệu đầu vào là cảm biến tĩnh.



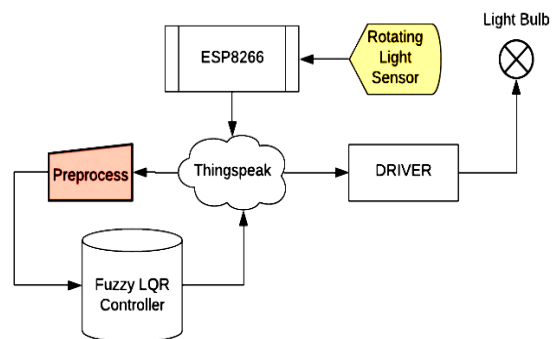
Hình 7. Sơ đồ khối của bộ điều khiển logic mờ kết hợp PID



Hình 8. Kết quả mô phỏng điều khiển với dữ liệu của cảm biến tĩnh

Như ở trong bài báo [2] đã trình bày, hệ thống cảm biến quay đa hướng cung cấp giá trị cảm biến ánh sáng dưới dạng vectơ. Do đó, muốn thực hiện điều khiển ánh sáng dùng bộ điều khiển logic mờ kết

hợp với thiết bị đo lường là cảm biến ánh sáng đa hướng [2] sẽ phải thực hiện một khâu tiền xử lý để trích chọn ra một giá trị duy nhất đưa vào bộ điều khiển fuzzy-LQR như trong hình 9.



Hình 9. Mô hình điều khiển phân tán sử dụng cảm biến quay và bộ điều khiển Fuzzy

Phân tiếp theo nhóm nghiên cứu đề xuất một số phương pháp tiền xử lý dữ liệu của cảm biến đa hướng và mô phỏng.

### 3.2. Các phương pháp tiền xử lý

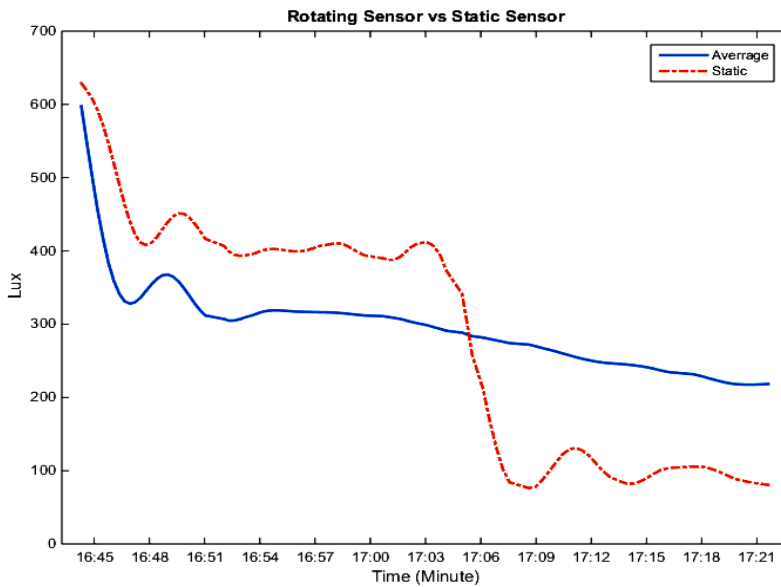
#### 3.2.1. Phương pháp lấy trung bình cộng

Ta có đầu ra của hệ thống cảm biến quay [2] cung cấp cho chúng ta giá trị đo trên

cảm biến dưới dạng vectơ  $E$ . Do đó theo phương pháp trung bình cộng ta sẽ có giá trị trích chọn từ cảm biến đưa vào bộ điều khiển:

$$Y(t) = \sum_{i=1}^N E_i(t) / N \quad (3)$$

Với  $N$  là số hướng đo của cảm biến quay.



Hình 10. Kết quả trích chọn giá trị cảm biến theo phương pháp trung bình cộng so với cảm biến tĩnh

Với bộ dữ liệu trong bài báo [2] chúng ta sẽ có kết quả lấy trung bình cộng giá trị đo của các hướng so với giá trị cảm biến tĩnh như hình 10.

#### 3.2.2. Phương pháp lấy trung bình cộng theo ngưỡng

Theo phương pháp lấy trung bình cộng ở trên chúng ta đã có được một giá trị ngưỡng  $Y$  để đi tìm các nguồn sáng chính. Từ việc tìm được các nguồn sáng chính ảnh hưởng đến cường độ ánh sáng của môi trường nhóm nghiên cứu lại tính toán tiếp giá trị trung bình của các nguồn sáng chính và dùng nó làm giá trị đầu vào cho

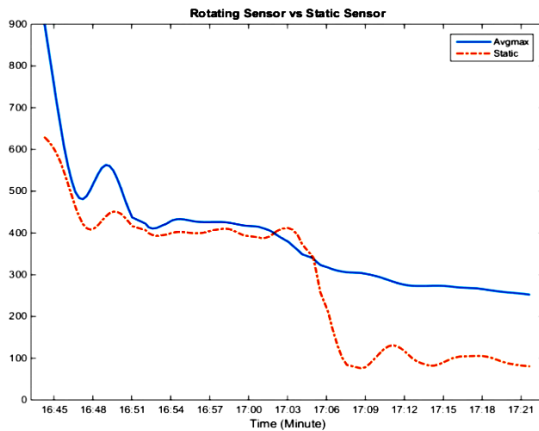
bộ điều khiển. Ta sẽ có giá trị đó theo công thức sau:

$$Y_{avg \max}(t) = \sum_{i=1}^N \omega_i(t) \cdot E_i(t) / \sum_{i=1}^N \omega_i(t) \quad (4)$$

Với  $\omega_i(t) = 0$  khi  $E_i(t) < Y(t)$  và  $\omega_i(t) = 1$  nếu ngược lại và  $N$  là số hướng đo của cảm biến quay.

Với bộ dữ liệu trong bài báo [2] chúng ta sẽ có kết quả tiền xử lý bằng cách tìm trung bình cộng giá trị đo của các hướng theo ngưỡng so với giá trị cảm biến tĩnh như hình 11.





Hình 11. Kết quả trích chọn giá trị cảm biến theo phương pháp trung bình cộng theo ngưỡng so với cảm biến tĩnh

### 3.2.3. Phương pháp lấy giá trị cực đại

Nếu coi các giá trị cường độ ánh sáng đo được từ các hướng phản ánh chân thực cường độ ánh sáng của môi trường thì trong quá trình sử dụng ánh sáng chúng ta hoàn toàn có thể lấy nguồn sáng chính làm đối tượng căn cứ để điều khiển cường độ ánh sáng xung quanh. Phương pháp tìm giá trị cực đại chính là đi tìm nguồn sáng chính ảnh hưởng nhiều nhất đến cường độ ánh sáng của môi trường và dùng nó làm giá trị đầu vào cho bộ điều khiển. Ta sẽ có giá trị đó theo công thức sau:

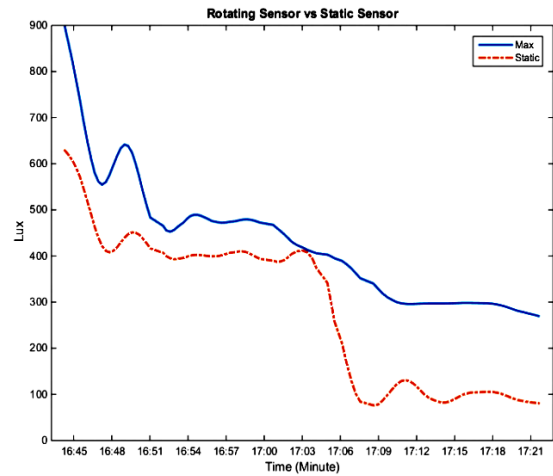
$$Y_{\max}(t) = \text{Max}(E_1, E_2, \dots, E_N) \quad (5)$$

Với  $N$  là số hướng đo của cảm biến quay.

Để thực hiện tìm cực đại ta sẽ so sánh giá trị giữa các hướng đo với nhau và gán  $Y_{\max}(t) = E_i(t)$  nếu  $E_i(t) > Y_{\max}(t)$  với  $1 < i < N$ .

Với bộ dữ liệu trong bài báo [2] chúng ta sẽ sử dụng giá trị cường độ ánh sáng lớn nhất của một trong các hướng đã đo làm đầu vào của bộ điều khiển logic mờ, kết

quả so sánh với giá trị cảm biến tĩnh được thể hiện trong hình 12.

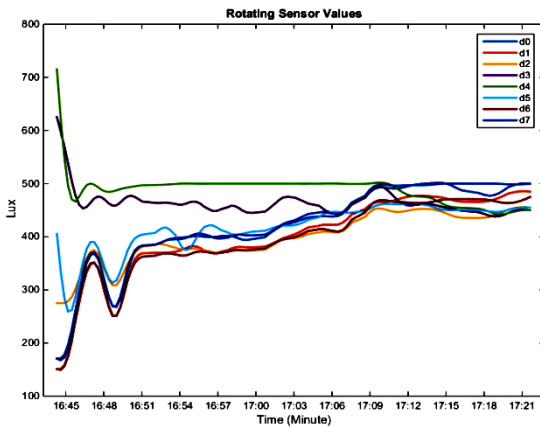


Hình 12. Kết quả trích chọn giá trị cảm biến theo phương pháp tìm giá trị cực đại so với cảm biến tĩnh

### 3.3. Kết quả mô phỏng

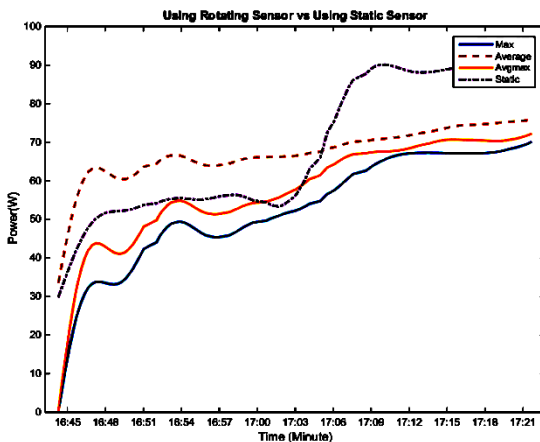
Như ở phần trên nhóm nghiên cứu đã thực hiện một số phương pháp tiền xử lý để trích chọn các giá trị cường độ ánh sáng đa hướng chuyển về thành một giá trị để đưa vào bộ điều khiển logic mờ. Sau đó nhóm nghiên cứu cũng thực hiện mô phỏng điều khiển cân bằng ánh sáng tương tự như điều khiển với một cảm biến tĩnh.

Trong hình 13 là giá trị cường độ ánh sáng trên các hướng sau khi đã điều chỉnh lại sử dụng giá trị phản hồi với phương pháp tiền xử lý bằng cách tìm cực đại. Đây là kết quả mô phỏng sau điều khiển bù cân bằng ánh sáng với bộ điều khiển logic mờ kết hợp PID có sơ đồ như trong hình 5 thay vì sử dụng đầu vào là cảm biến tĩnh chúng tôi đã lấy giá trị của cảm biến quay đưa qua khâu tiền xử lý để làm đầu vào.



**Hình 13. Kết quả mô phỏng điều khiển sử dụng đầu vào với phương pháp tiên xử lý tìm giá trị cực đại**

Với giá trị đặt ban đầu là 500 lux chúng ta có thể quan sát thấy giá trị cường độ ánh sáng trên các hướng đều nhỏ hơn hoặc bằng 500 lux đúng như yêu cầu của hệ thống điều khiển ổn định cân bằng tự động. Sai số của giá trị điều khiển là 2 lux có thể chấp nhận được.



**Hình 14. Kết quả tính toán năng lượng tiêu thụ khi sử dụng các phương pháp tiên xử lý khác nhau và cảm biến tĩnh**

Đồng thời trong quá trình mô phỏng điều khiển, nhóm nghiên cứu cũng tính toán được giá trị công suất tiêu thụ trên hệ thống chiếu sáng bù cường độ ánh sáng môi trường theo yêu cầu như trên. Hình

14 là đồ thị kết quả công suất bù tiêu thụ trên hệ thống chiếu sáng khi sử dụng các phương pháp tiên xử lý giá trị cảm biến quay đa hướng khác nhau.

**Bảng 1. So sánh công suất tiêu thụ trung bình**

Phương pháp trích chọn đầu vào	Công suất trung bình (W)	Tỷ lệ tiết kiệm so với cảm biến tĩnh
Tìm cực đại	50,38	23,5%
Trung bình theo ngưỡng	55,42	15,8%
Trung bình	66,35	-0,74%
Cảm biến tĩnh	65,87	0%

#### 4. KẾT LUẬN

Bài báo đã thực hiện thử nghiệm một số phương pháp tiên xử lý dữ liệu cảm biến ánh sáng quay đa hướng để đưa vào bộ điều khiển logic mờ kết hợp PID. Với bộ dữ liệu trong bài báo [2] khi tính toán mô phỏng công suất tiêu thụ trên tải chiếu sáng, theo bảng 1 chúng ta có thể thấy được những ưu điểm của hệ thống cảm biến quay đa hướng khi giải quyết bài toán điều khiển công suất trong môi trường chiếu sáng bị tác động. Kết quả tính toán đã chứng minh hiệu quả của hệ thống tiết kiệm năng lượng chiếu sáng sử dụng cảm biến quay đa hướng tốt hơn khi chỉ sử dụng cảm biến tĩnh. Điều này có được là do hệ thống cảm biến ánh sáng quay đa hướng [2] đã phản ánh được trung thực được cường độ ánh sáng của môi trường xung quanh ngay cả khi có tác động của các yếu tố ngoại cảnh lên các nguồn sáng chính.

Trong thời gian tới, nhóm nghiên cứu sẽ thực hiện thuật toán điều khiển mới trên phần cứng để đánh giá được chính xác và khẳng định đúng đắn hơn các kết quả đã

đạt được. Hướng nghiên cứu tiếp theo nhóm nghiên cứu sẽ xây dựng hệ thống tiết kiệm năng lượng chiếu sáng theo mô hình phân tán dựa trên IoT áp dụng các kết quả nghiên cứu trong bài báo [2] và bài báo này.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] D.A. Hoang, T.T. Tung, C.M. Nguyen, K.P. Nguyen, "Rotating Sensor for Multi-Direction Light Intensity Measurement", in 2019 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE), 462–467, 2019, doi:10.1109/ICSSE.2019.8823447.
- [2] Hoang Anh Dung, Nguyen Manh Cuong, Nguyen Phan Kien, "Multi-Directional Light Sensing Using A Rotating Sensor", *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, Vol. 5, No. 6, p221-p227 (2020). ISSN: 2415-6698.
- [3] A.P. Plageras, K.E. Psannis, C. Stergiou, H. Wang, B.B. Gupta, "Efficient IoT based sensor BIG Data collection processing and analysis in smart buildings", *Future Generation Computer Systems*, 82, 349–357, 2018, doi:https://doi.org/10.1016/j.future.2017.09.082.
- [4] S. Chouikhi, I. El Korbi, Y. Ghamri-Doudane, L.A. Saidane, "A survey on fault tolerance in small and large scale wireless sensor networks", *Computer Communications*, 69, 22–37, 2015, doi:https://doi.org/10.1016/j.comcom.2015.05.007.
- [5] C. Dandelski, B. Wenning, D.V. Perez, D. Pesch, J.M. g. Linnartz, "Scalability of dense wireless lighting control networks", *IEEE Communications Magazine*, 53(1), 157–165, 2015, doi:10.1109/MCOM.2015.7010529.
- [6] I. Parvez, A. Rahmati, I. Guvenc, A.I. Sarwat, H. Dai, "A survey on low latency towards 5G: RAN, core network and caching solutions", *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 20(4), 3098–3130, 2018, doi:10.1109/COMST.2018.2841349.
- [7] V. Singhvi, A. Krause, C. Guestrin, J.H. Garrett Jr, H.S. Matthews, "Intelligent light control using sensor networks", in *Proceedings of the 3rd international conference on Embedded networked sensor systems*, 218–229, ACM, 2005, doi:https://doi.org/10.1145/1098918.1098942.
- [8] J. Lu, D. Birru, K. Whitehouse, "Using Simple Light Sensors to Achieve Smart Daylight Harvesting", in *Proceedings of the 2Nd ACM Workshop on Embedded Sensing Systems for Energy Efficiency in Building, BuildSys '10*, 73–78, ACM, New York, NY, USA, 2010, doi:10.1145/1878431.1878448.
- [9] L. Yeh, C. Lu, C. Kou, Y. Tseng, C. Yi, "Autonomous Light Control by Wireless Sensor and Actuator Networks", *IEEE Sensors Journal*, 10(6), 1029–1041, 2010, doi:10.1109/JSEN.2010.2042442.
- [10] M. Pan, L. Yeh, Y. Chen, Y. Lin, Y. Tseng, "A WSN-Based Intelligent Light Control System Considering User Activities and Profiles", *IEEE Sensors Journal*, 8(10), 1710–1721, 2008, doi:10.1109/JSEN.2008.2004294.
- [11] D. Caicedo, A. Pandharipande, "Distributed Illumination Control With Local Sensing and Actuation in Networked Lighting Systems", *IEEE Sensors Journal*, 13(3), 1092–1104, 2013, doi:10.1109/JSEN.2012.2228850.
- [12] K. Warmerdam, A. Pandharipande, "Location data analytics in wireless lighting systems", *IEEE Sensors Journal*, 16(8), 2683–2690, 2015, doi: 10.1109/JSEN.2015.2509982.
- [13] X. He, A. Pandharipande, "Location-Based Illumination Control Access in Wireless Lighting Systems", *IEEE Sensors Journal*, 15(10), 5954–5961, 2015, doi:10.1109/JSEN.2015.2449276.
- [14] N. van de Meughevel, A. Pandharipande, D. Caicedo, P. van den Hof, "Distributed lighting control with daylight and occupancy adaptation", *Energy and Buildings*, 75, 321 – 329, 2014, doi:https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.02.016.

- [15] M. Bocca, A. Luong, N. Patwari, T. Schmid, "Dial it in: Rotating RF sensors to enhance radio tomography", in 2014 Eleventh Annual IEEE International Conference on Sensing, Communication, and Networking (SECON), 600–608, 2014, doi:10.1109/SAHCN.2014.6990400.
- [16] M. electronics, "BH1750 ROHM Semiconductor Datasheet", 2020.
- [17] E. Systems, "ESP8266 Overview", 2020.
- [18] Adamu, J.K., Hamza, M.F., & Isa, A.I. "Performance Comparisons of Hybrid Fuzzy-LQR and Hybrid PID-LQR Controllers On Stabilizing Double Rotary Inverted Pendulum". Journal of Applied Materials and Technology, 1(2), 71-80, 2020.

### Giới thiệu tác giả:



Tác giả Nguyễn Phan Kiên tốt nghiệp đại học ngành điện tử viễn thông tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội năm 1999; nhận bằng thạc sĩ ngành điện tử viễn thông năm 2002, nhận bằng Tiến sĩ năm 2005 tại Viện công nghệ Shibaura, Tokyo, Nhật bản. Hiện nay tác giả là giảng viên Bộ môn Công nghệ điện tử và Kỹ thuật y sinh, Viện Điện tử viễn thông, Trường Đại học Bách khoa Hà nội.

Lĩnh vực nghiên cứu: cơ sinh, điện sinh học cấp độ mô, điện tử ứng dụng và thiết bị y tế.



Tác giả Hoàng Anh Dũng tốt nghiệp đại học tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội năm 2004, nhận bằng Thạc sĩ ngành kỹ thuật điện tử năm 2007. Hiện nay tác giả là giảng viên Khoa Công nghệ điện tử thông tin, Trường Đại học Mở Hà Nội.

Lĩnh vực nghiên cứu: kỹ thuật điện tử, điện tử viễn thông.



Tác giả Nguyễn Mạnh Cường tốt nghiệp đại học ngành điện tử viễn thông tại Học viện Kỹ thuật quân sự năm 2000; nhận bằng Tiến sĩ tại Đại học Tổng hợp miền nam Nga năm 2010. Hiện nay tác giả là giảng viên, chủ nhiệm Bộ môn Điện tử y sinh, Học viện Kỹ thuật quân sự.

Hướng nghiên cứu: tự động hóa các quá trình công nghệ, xử lý tín hiệu y sinh.



Tác giả Vũ Duy Thuận tốt nghiệp đại học ngành đo lường và tin học công nghiệp, nhận bằng Thạc sĩ ngành tự động hóa tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội vào các năm 2004 và 2008, nhận bằng Tiến sĩ ngành điều khiển và tự động hóa tại Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam năm 2018. Hiện nay tác giả là giảng viên Trường Đại học Điện lực.

Lĩnh vực nghiên cứu: điều khiển và tự động hóa, lập trình điều khiển.

