

PHỐI HỢP CHIẾU SÁNG TỰ NHIÊN VÀ CHIẾU SÁNG NHÂN TẠO DỰA TRÊN NỀN TẢNG FUZZY LOGIC

COMBINE THE DAYLIGHT AND ARTIFICIAL LIGHT BASED FUZZY LOGIC

¹Quyền Huy Ánh , ¹Lê Tấn Thanh Tùng , ²Phạm Thị Minh Thủy
¹Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật Tp. Hồ Chí Minh,
²Trường Cao Đẳng Công Nghiệp Huế

TÓM TẮT

Bài báo trình bày phương thức điều khiển hệ thống chiếu sáng nhân tạo nhằm đáp ứng lại trạng thái của chiếu sáng tự nhiên dựa trên nền tảng điều khiển fuzzy. Sau khi xây dựng được bộ điều khiển fuzzy, kết quả được mô phỏng bằng chương trình Matlab trên 2 kịch bản chiếu sáng được dựng sẵn. Ứng với từng kịch bản, mô phỏng khảo sát đáp ứng ngõ ra trong toàn bộ trường ánh sáng tự nhiên ứng với từng vùng chiếu sáng của trạng thái ngõ vào. Kết quả mô phỏng cho thấy ngõ ra của bộ điều khiển fuzzy đáp ứng tốt mức cân bằng độ rọi khi trạng thái ngõ vào thay đổi, đồng thời kịch bản phân 4 vùng điều khiển cũng cho kết quả nhạy hơn so với kịch bản điều khiển trên 3 phân vùng.

ABSTRACT

The paper present a strategy of artificial lighting control to respond the natural state of daylight based on fuzzy logic control. After building the fuzzy logic controller, simulation results using Matlab program in two scenarios are built. For each scenario, the survey simulation output responses the whole range of daylight corresponding to each of input statement. The simulation results show that the output of the fuzzy controller is good responsive the equilibrium when the input illumination changes, while the 4 zones scenario have more sensitive result than the 3 zones scenario.

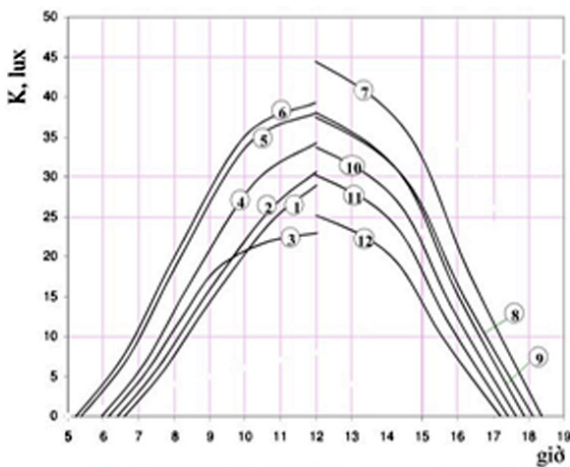
I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nhu cầu sử dụng năng lượng ngày càng tăng, tổng nhu cầu năng lượng trong công trình ngày càng được xem xét và tối ưu nhằm cực tiểu hóa nhu cầu năng lượng. Mặc dù tham gia rất nhỏ vào tổng cơ cấu năng lượng công trình nhưng hệ thống chiếu sáng đóng vai trò quan trọng liên quan đến tiện nghi của môi trường làm việc nên hệ thống cần thiết được nghiên cứu một cách xác đáng. Ngoài các giải pháp kỹ thuật đang được ứng dụng như sử dụng đèn có hiệu suất cao hơn, việc tận dụng nguồn ánh sáng tự nhiên cần được xem xét tận dụng do tính sẵn có và liên tục trong suốt thời gian làm việc trong ngày.

Sự phối hợp điều khiển giữa ánh sáng tự nhiên và ánh sáng nhân tạo cần xây dựng bộ điều khiển đáp ứng được sự thay đổi liên tục ánh sáng tự nhiên trong ngày. Do tính chất linh hoạt trong điều khiển dựa trên hệ thống cơ sở tri thức, bộ điều khiển fuzzy được đề xuất nhằm đáp ứng lại những thay đổi của ánh sáng tự nhiên, yếu tố luôn thay đổi theo thời gian trong ngày. Bên cạnh đó, bộ điều khiển fuzzy còn có khả năng chống lại tín hiệu nhiễu của môi trường do hiện tượng mây che hay bóng râm thoáng qua do hàm ngõ ra là không tuyến tính.

II. PHỐI HỢP CHIẾU SÁNG TỰ NHIÊN VÀ NHÂN TẠO TRONG CÔNG TRÌNH

Biểu đồ quang khí hậu cho thấy ánh sáng mặt trời tăng dần từ sáng đến trưa, giảm dần từ trưa tới tối. Từ biểu đồ quang khí hậu có thể xác định thời gian chiếu sáng tự nhiên và chiếu sáng nhân tạo cần cho công trình. Trong đó, độ rọi giới hạn ngoài nhà (E_{out}) là độ rọi ngoài nhà mà lúc đó trong nhà phải mở đèn, nghĩa là giới hạn độ rọi vượt quá 85% [5] thời gian làm việc từ 9g sáng đến 17g chiều trong suốt những ngày làm việc trong năm.



Hình 1 - Biểu đồ độ rọi ánh sáng tán xạ trên mặt nằm ngang tại Hà Nội [1].

Theo biểu đồ quang khí hậu tại Việt nam, khi chọn $E_{out} = 5.000$ lux ứng với thời điểm từ 7g đến 17g thì:

- Miền Bắc đạt được trong suốt 8 tháng.
- Miền Trung đạt được suốt 9-10 tháng.
- Miền Nam đạt được gần như quanh năm.

Nếu chọn $E_{out} = 3.000$ lux ứng với thời điểm từ 7g đến 17g thì:

- Từ Quảng Nam trở về phía Nam đã được suốt năm.
- Từ Thanh Hoá đến Đà Nẵng đạt được 11 tháng (trừ tháng 12 hoặc 1).
- Các địa phương còn lại ở miền Bắc đạt được 10 tháng.

Đối với ánh sáng tự nhiên, hệ thống không thể điều chỉnh được nguồn sáng mà chỉ có thể

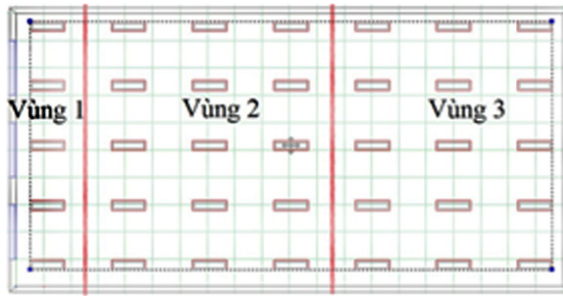
điều chỉnh ở nơi đón nhận theo hướng giảm bớt (làm giảm độ sáng – không thể làm tăng độ sáng). Vì vậy, nếu chỉ “trông chờ” vào nguồn sáng tự nhiên là rất bị động và kém hiệu quả [4]. Việc kết hợp chiếu sáng tự nhiên với chiếu sáng nhân tạo sẽ làm cho bổ sung nhau và làm tăng khả năng chủ động trong việc điều khiển toàn hệ thống chiếu sáng, dễ dàng đáp ứng các hoạt động khác nhau trong công trình, ở những thời điểm khác nhau.

Sự kết hợp giữa chiếu sáng tự nhiên và chiếu sáng nhân tạo phải đảm bảo được mật độ năng lượng chiếu sáng, độ rọi, độ chói theo các yêu cầu và chức năng sử dụng của các công trình.

III. PHÂN VÙNG ĐIỀU KHIỂN TỐI ƯU

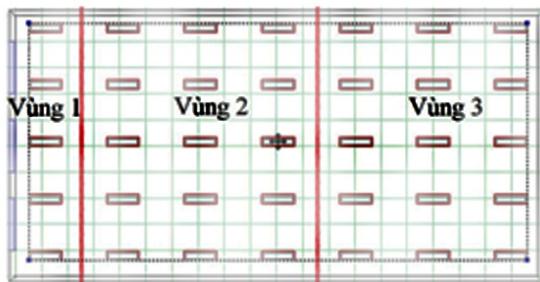
Chiều sâu lấy sáng tối ưu phụ thuộc vào hình dạng và chiều cao cửa sổ lấy sáng, thuộc tính vật lý của vật liệu làm cửa sổ, biểu đồ quang khí hậu và hướng cửa sổ lấy sáng. Với đặc tính độ rọi ánh sáng tự nhiên là rất lớn, nhưng sẽ giảm nhanh khi qua cửa sổ lấy sáng, phân bố không đều trên mặt phẳng làm việc tính từ vị trí cửa sổ lấy sáng đi vào. Vị trí gần cửa sổ sẽ có độ rọi rất cao, nhưng với những điểm xa cửa thì độ rọi sẽ giảm nhanh chóng. Ánh sáng tự nhiên chỉ thật ảnh hưởng lớn trong vùng chiếu sáng tối ưu, tùy thuộc vào thuộc tính công trình như có lam che nắng hay không có lam che nắng mà độ sâu vùng chiếu sáng tối ưu dao động từ 1.5 đến 2.5 lần chiều cao cửa. Vì vậy, việc phân vùng điều khiển trong phòng là rất quan trọng.

Do tính chất các vùng gần cửa sổ ảnh hưởng bởi sự tác động nhanh và mạnh của ánh sáng tự nhiên trong khi các vùng xa cửa sổ hầu như ít thay đổi theo điều kiện ánh sáng tự nhiên nên chiến lược điều khiển sẽ được áp dụng ở mỗi vùng là khác nhau. Tại vùng biên của phòng phù hợp với điều khiển bật/tắt trong khi vùng trung tâm lại phù hợp hơn với điều khiển dimming [4]. Kết quả bài báo thực hiện mô phỏng trên kịch bản 3 vùng điều khiển và kịch bản 4 vùng điều khiển.



Hình 2. Kịch bản 3 vùng điều khiển.

Mô phỏng thực hiện trên mô hình “căn phòng chuẩn”, trong đó, kích thước căn phòng là 10m x 20m nhằm xem xét độ sâu chiếu sáng tự nhiên đến 20m. Căn phòng được lấy sáng 1 phía với các cửa sổ nằm phía vùng 1. Hệ thống chiếu sáng tự nhiên được thiết kế dựa trên phần mềm Dialux với độ rọi ánh sáng nhân tạo (E_{nt}) yêu cầu là 500 lux, sử dụng $5 \times 7 = 35$ bộ đèn huỳnh quang 54W. Do độ sâu vùng chiếu sáng tối ưu trong khoảng 1.5 ~2.5 lần chiều cao của cửa lấy sáng nên vùng chiếu sáng 1 được chọn dãy đèn đầu tiên gần cửa sổ. Khu vực còn lại được chia làm 2 phân vùng điều khiển chiếu sáng nhằm phù hợp các chiến thuật điều khiển bật/tắt và dimming [3].



Hình 3. Kịch bản 4 vùng điều khiển.

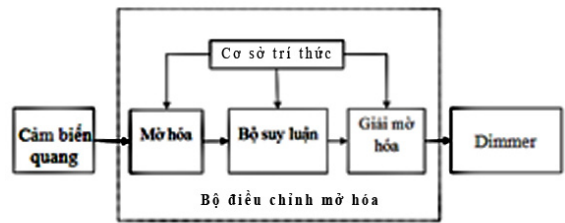
Kịch bản 4 vùng điều khiển được chọn bằng cách chia thêm 1 vùng điều khiển nhằm quan sát đáp ứng điều khiển tại vùng 2 và vùng 3. Việc chia nhỏ vùng điều khiển cho phép đáp ứng của hệ thống gần hơn với ảnh hưởng của ngõ vào [2].

IV. XÂY DỰNG THUẬT TOÁN FUZZY

a) Mô hình đối tượng điều khiển

Đáp ứng của hệ thống được điều khiển bằng bộ điều khiển fuzzy vòng hở. Ngõ vào được lấy

từ tín hiệu của cảm biến quang đo độ rọi của ánh sáng tự nhiên bên ngoài công trình. Sau khi được suy diễn bằng thuật toán fuzzy, tín hiệu ngõ ra được đưa đến bộ dimmer điều khiển đèn. Sau khi xây dựng được mô hình điều khiển, cơ sở tri thức được hình thành dựa trên các kết quả các trạng thái cụ thể được giải bằng Matlab [2]. Các kết quả này là cơ sở để hình thành bộ suy luận.



Hình 4. Sơ đồ khối hệ thống điều khiển mờ.

Quá trình mờ hóa và giải mờ hóa được thực hiện bằng cách xây dựng các phát biểu ngõ vào và phát biểu ngõ ra.

b) Phát biểu ngõ vào

Theo biểu đồ quang khí hậu, độ rọi của ánh sáng tự nhiên ở Việt Nam có quang thông dao động lên đến 40.000lux [1] và Egh được chọn theo QCXDVN là 5.000 lux, từ đó các phát biểu ngõ vào như sau:

BẢNG 1. BẢNG TRẠNG THÁI HÀM NGÕ VÀO

Trạng thái	Min	Giá trị	Max
VL(very low)	0 (0)	5.000 (0.125)	5.000 (0.125)
L(low)	5.000 (0.125)	13.000 (0.325)	20.000 (0.5)
M(medium)	13.000 (0.325)	20.000 (0.5)	27.000 (0.675)
H(high)	20.000 (0.5)	27.000 (0.675)	34.000 (0.85)
VH(very high)	34.000 (0.85)	34.000 (0.85)	40.000 (1)

Phát biểu cận dưới (5.000 lux) và phát biểu cận trên (40.000 lux) được sử dụng hàm trapmf ứng với các mức (VL) và (VH). Các phát biểu trong ngưỡng 5.000 lux và 40.000 lux được sử dụng hàm trimf tương ứng với 3 mức (L), (M), (H). Điều này cho phép điều khiển bật/tắt hệ thống chiếu sáng khi độ rọi ánh sáng tự nhiên ngoài vùng điều khiển và điều khiển dimming khi độ rọi ánh sáng tự nhiên nằm trong vùng điều khiển.

c) Phát biểu ngõ ra

Ngõ ra cũng được chia làm 5 mức trạng thái tương ứng là: VL(very low), L(low), M(medium), H(high), VH(very high). Phát biểu ngõ ra là đồng nhất cho các Zone 1, Zone 2, Zone 3.

Các trạng thái (VL) và (VH) cũng được chọn dạng hàm trapmf với lý do khi mức điều khiển dưới 20% thì hệ thống sẽ chuyển sang trạng thái tắt và khi mức điều khiển trên 80% thì hệ thống sẽ chuyển sang trạng thái mở. Việc này cho phép hệ thống không quá nhạy với các mức (VL) và (VH) nhờ đó nâng cao được tuổi thọ sử dụng đèn.

Các giá trị này cũng được chọn tương ứng như sau:

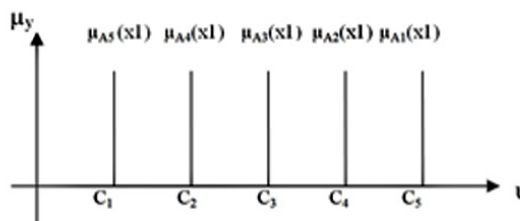
BẢNG II. Bảng trạng thái hàm ngõ ra ui

Trạng thái	Min	Giá trị	Max
VL(very low)	0.0	0.2	0.2
L(low)	0.2	0.35	0.5
M(medium)	0.35	0.5	0.65
H(high)	0.5	0.65	0.8
VH(very high)	0.8	0.8	1.0

d) Xây dựng luật hợp thành

Xây dựng hàm nhận dạng tập mờ cho ngõ ra U_i : mục đích là để nhận dạng $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7$ cho hàm ngõ ra U_i . Việc xây dựng các

luật hợp thành dựa vào các kịch bản chiếu sáng đã được xây dựng dựa trên “cơ sở tri thức”. Các kịch bản này là cơ sở để fuzzy logic suy luận dựa trên phương pháp trung bình.



Hình 5. Các hệ số tập mờ.

Thực hiện giải mờ bằng phương pháp trung bình:

$$u1 = \frac{c_5 \mu_{A_1}(x_1) + c_4 \mu_{A_2}(x_1) + c_3 \mu_{A_3}(x_1) + c_2 \mu_{A_4}(x_1) + c_1 \mu_{A_5}(x_1)}{\mu_{A_1}(x_1) + \mu_{A_2}(x_1) + \mu_{A_3}(x_1) + \mu_{A_4}(x_1) + \mu_{A_5}(x_1)} \quad (1)$$

Đặt:

$$\varphi_1 = \frac{\mu_{A_1}(x_1)}{\mu_{A_1}(x_1) + \mu_{A_2}(x_1) + \mu_{A_3}(x_1) + \mu_{A_4}(x_1) + \mu_{A_5}(x_1)}$$

$$\varphi_2 = \frac{\mu_{A_2}(x_1)}{\mu_{A_1}(x_1) + \mu_{A_2}(x_1) + \mu_{A_3}(x_1) + \mu_{A_4}(x_1) + \mu_{A_5}(x_1)}$$

$$\varphi_3 = \frac{\mu_{A_3}(x_1)}{\mu_{A_1}(x_1) + \mu_{A_2}(x_1) + \mu_{A_3}(x_1) + \mu_{A_4}(x_1) + \mu_{A_5}(x_1)}$$

$$\varphi_4 = \frac{\mu_{A_4}(x_1)}{\mu_{A_1}(x_1) + \mu_{A_2}(x_1) + \mu_{A_3}(x_1) + \mu_{A_4}(x_1) + \mu_{A_5}(x_1)}$$

$$\varphi_5 = \frac{\mu_{A_5}(x_1)}{\mu_{A_1}(x_1) + \mu_{A_2}(x_1) + \mu_{A_3}(x_1) + \mu_{A_4}(x_1) + \mu_{A_5}(x_1)}$$

Vậy:

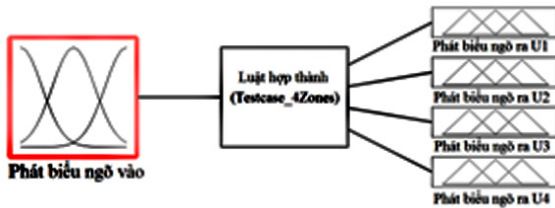
$$u1 = \begin{bmatrix} \varphi_1 & \varphi_2 & \varphi_3 & \varphi_4 & \varphi_5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_5 \\ c_4 \\ c_3 \\ c_2 \\ c_1 \end{bmatrix} = \varphi^T \theta \quad (3)$$

Công thức tập mờ nhận dạng ngõ ra cho U_i là:

$$\hat{\theta} = (\varphi^T \varphi)^{-1} (\varphi^T m) \quad (2)$$

Luật hợp thành cho trường hợp 3 vùng điều khiển:

If (X1 is VL)
 then (U1 is VH) (U2 is VH) (U3 is VH)
 If (X1 is L)
 then (U1 is M) (U2 is VH) (U3 is VH)
 If (X1 is M)
 then (U1 is M) (U2 is H) (U3 is VH)
 If (X1 is H)
 then (U1 is VL) (U2 is M) (U3 is H)
 If (X1 is VH)
 then (U1 is VL) (U2 is L) (U3 is M)



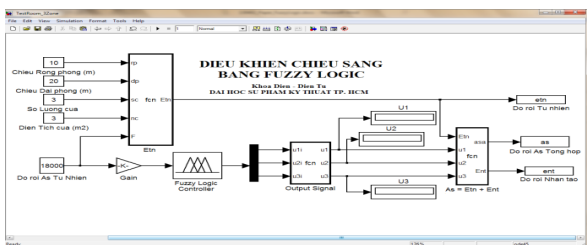
Hình 6. Bộ điều khiển fuzzy cho trường hợp 4 vùng điều khiển.

Tương tự, luật hợp thành cho trường hợp 4 vùng điều khiển như sau:

If (X1 is VL)
 then (U1 is VH) (U2 is VH) (U3 is VH) (U4 is VH)
 If (X1 is L)
 then (U1 is M) (U2 is H) (U3 is VH) (U4 is VH)
 If (X1 is M)
 then (U1 is M) (U2 is H) (U3 is H) (U4 is VH)
 If (X1 is H)
 then (U1 is L) (U2 is M) (U3 is M) (U4 is H)
 If (X1 is VH)
 then (U1 is VL) (U2 is VL) (U3 is L) (U4 is M)

V. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

a) Kết quả mô phỏng 3 vùng điều khiển

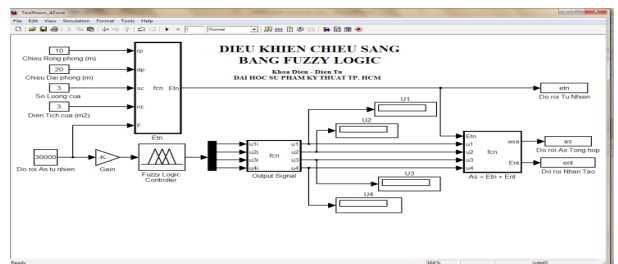


Hình 7. Mô hình điều khiển 3 vùng.

BẢNG III – KẾT QUẢ NGÕ RA CỦA BỘ ĐIỀU KHIỂN CHIẾU SÁNG DỰA TRÊN FUZZY LOGIC

Trường hợp	U1	U2	U3
Trường hợp 1 (3.500 lux)	1	1	1
Trường hợp 2 (8.000 lux)	0.5	1	1
Trường hợp 3 (18.000 lux)	0.5	0.73	1
Trường hợp 4 (25.000 lux)	0.23	0.55	0.73
Trường hợp 5 (30.000 lux)	0	0.5	0.65
Trường hợp 6 (40.000 lux)	0	0.35	0.5

b) Kết quả mô phỏng 4 vùng điều khiển

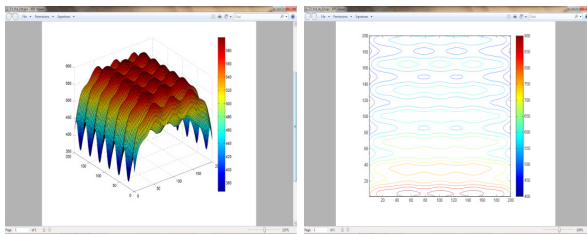


Hình 8. Mô hình điều khiển 4 vùng.

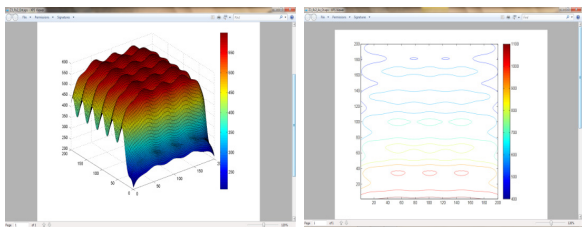
BẢNG V – KẾT QUẢ NGÕ RA CỦA BỘ ĐIỀU KHIỂN CHIẾU SÁNG DỰA TRÊN FUZZY LOGIC

Trường hợp	U1	U2	U3	U4
Trường hợp 1 (3.500 lux)	1	1	1	1
Trường hợp 2 (8.000 lux)	0.5	0.65	1	1
Trường hợp 3 (18.000 lux)	0.5	0.65	0.73	1
Trường hợp 4 (25.000 lux)	0.5	0.65	0.65	1
Trường hợp 5 (30.000 lux)	0.5	0.5	0.5	0.5
Trường hợp 6 (40.000 lux)	0	0	0.35	0.43

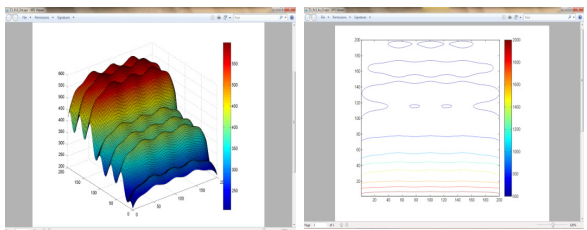
BẢNG IV – KẾT QUẢ ĐÁP ỨNG CỦA HỆ THỐNG CHIẾU SÁNG NHÂN TẠO VÀ MẬT BẰNG ĐẲNG ĐỘ RỢI TRONG CÁC TRƯỜNG HỢP.



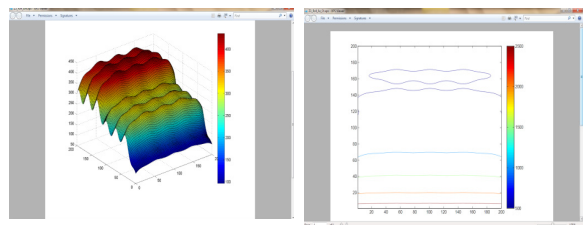
Trường hợp 1 (3.500 lux)



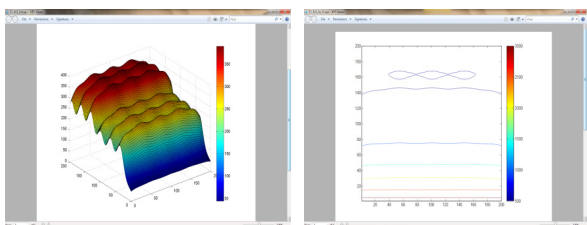
Trường hợp 2 (8.000 lux)



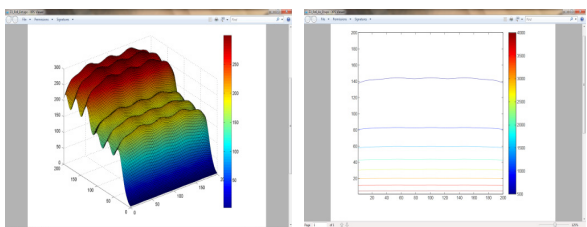
Trường hợp 3 (18.000 lux)



Trường hợp 4 (25.000 lux)

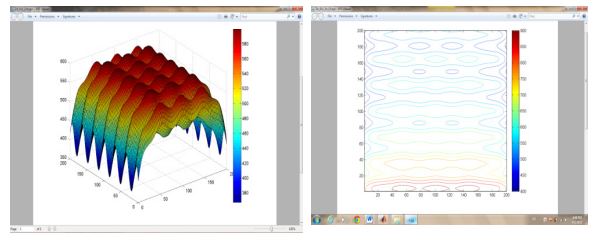


Trường hợp 5 (30.000 lux)

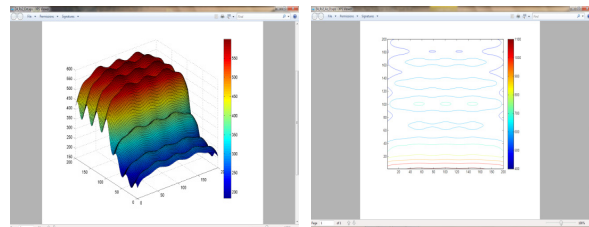


Trường hợp 6 (40.000 lux)

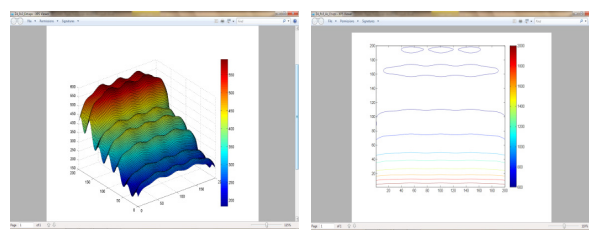
BẢNG VI - KẾT QUẢ ĐÁP ỨNG CỦA HỆ THỐNG CHIẾU SÁNG NHÂN TẠO VÀ MẬT BẰNG ĐẲNG ĐỘ RỢI TRONG CÁC TRƯỜNG HỢP.



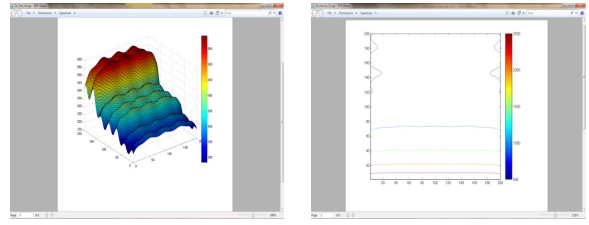
Trường hợp 1 (3.500 lux)



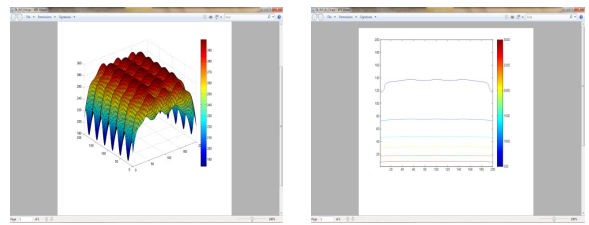
Trường hợp 2 (8.000 lux)



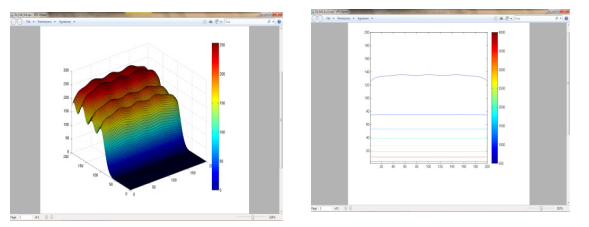
Trường hợp 3 (18.000 lux)



Trường hợp 4 (25.000 lux)

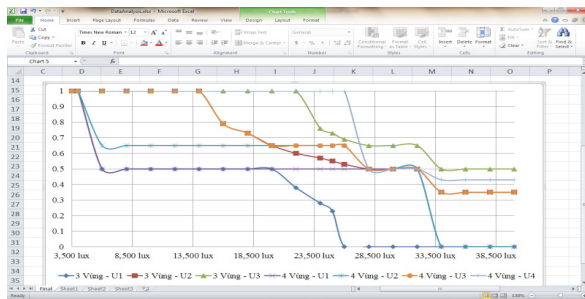


Trường hợp 5 (30.000 lux)



Trường hợp 6 (40.000 lux)

So sánh kết quả giữa 2 kịch bản điều khiển 3 phân vùng và 4 phân vùng cho thấy bộ điều khiển fuzzy đáp ứng tốt với những thay đổi của độ tự nhiên bên ngoài công trình. Bộ điều khiển fuzzy đáp ứng sát nhất với sự biến thiên ngõ vào tại vùng 2 của kịch bản 3 phân vùng và kịch bản 4 phân vùng. Tại vùng 1 và vùng 3 của cả hai kịch bản điều khiển, bộ điều khiển fuzzy đáp ứng các trạng thái tắt/mở do độ chênh lệch ngõ vào là lớn.



Hình 9. Đáp ứng ngõ ra trong 2 kịch bản điều khiển.

Kết quả mô phỏng cho thấy bộ điều khiển fuzzy thật sự hiệu quả trong vùng chiếu sáng

tối ưu tương ứng với chiến lược điều khiển dimming. Tại các vùng gần cửa lấy sáng hay vùng xa cửa lấy sáng thì phù hợp hơn với chiến lược điều khiển tắt/mở.

VI. KẾT LUẬN

Kết quả mô phỏng các trường hợp phối hợp ánh sáng tự nhiên và ánh sáng nhân tạo cho thấy quang thông của hệ thống chiếu sáng nhân tạo được giảm đáng kể tại vùng gần cửa sổ và vùng chiếu sáng tối ưu.

Phương pháp phân vùng được đề xuất dựa trên độ sâu chiếu sáng tự nhiên là phù hợp với hầu hết các loại công trình có sử dụng ánh sáng tự nhiên. Việc phân vùng chiếu sáng đưa ra các chiến lược điều khiển ánh sáng nhân tạo theo điều kiện ánh sáng tự nhiên phù hợp.

Thuật toán fuzzy cho phép hệ thống đáp ứng mềm hơn với những trạng thái ngõ vào. Kết quả mô phỏng thuật toán fuzzy điều khiển chiếu sáng nhân tạo kết hợp chiếu sáng tự nhiên cho thấy khả năng tiết kiệm năng lượng đáng kể từ hệ thống này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Duy Dinh, Nghiên cứu đặc điểm khí hậu ánh sáng ở Việt Nam để hoàn thiện bản đồ phân vùng khí hậu ánh sáng và đề xuất phương án tính toán, sử dụng ánh sáng tự nhiên ở Việt Nam, 1986-1990.
- [2] A. Cziker, M. Chindris, A. Miron, Fuzzy controller for indoor lighting system with daylighting contribution, Technical University of Cluj-Napoca / Power System Department, Cluj-Napoca, Romania, ELECO 2007.
- [3] A. Cziker, M. Chindris, Anca Miron, Fuzzy Controller for a Shaded Daylighting System, Technical University of Cluj-Napoca / Power System Department, Cluj-Napoca, Romania, 2008.
- [4] A. Cziker, M. Chindris, A. Miron, Implementation of Fuzzy Logic in Daylighting Control, Technical University of Cluj-Napoca / Power System Department, Cluj-Napoca, Romania, INES 2007.
- [5] Sherif Matta, Syed Masud Mahmud, An Intelligent Light Control System, for Power Saving, Wayne State University, Detroit, Michigan, IECON 2010.
- [6] Girija H Kulkarni, Poorva G Waingankar, Fuzzy Logic Based Traffic Light Controller, Unique Academy, Nashik, India, IAS 2011.