



УДК 621.316
doi: 10.21685/2587-7704-2024-9-2-3



Open
Access

RESEARCH
ARTICLE

Применение нечетких алгоритмов управления освещением

Антон Владимирович Волков

Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва, Россия, Республика Мордовия, г. Саранск
elsoldador@rambler.ru

Анастасия Витальевна Марченко

Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва, Россия, Республика Мордовия, г. Саранск
nastasya.marchenko.18@mail.ru

Екатерина Михайловна Мигачева

Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва, Россия, Республика Мордовия, г. Саранск
nk380103664@yandex.ru

Аннотация. Рассматривается и обосновывается использование нечетких алгоритмов управления освещением для повышения эффективности и комфорта в различных сферах, включая офисы, уличные пространства и промышленные объекты. В результате проведенных исследований была разработана модель адаптивной и энергоэффективной системы управления освещением, основанная на нечеткой модели управления. Эта система учитывает конкретные условия и предпочтения пользователей, позволяя создавать персонализированные сценарии освещения. Она также учитывает множество факторов, что способствует повышению комфорта, эффективности и энергоэффективности использования искусственного освещения.

Ключевые слова: управление освещением, нечеткая логика, лингвистические переменные, энергоэффективность, энергосбережение

Для цитирования: Волков А. В., Марченко А. В., Мигачева Е. М. Применение нечетких алгоритмов управления освещением // Инжиниринг и технологии. 2024. Т. 9 (2). С. 1–6. doi: 10.21685/2587-7704-2024-9-2-3

Application of fuzzy lighting control algorithms

Anton V. Volkov

N.P. Ogarev Mordovian State University, Saransk, Republic of Mordovia, Russia
elsoldador@rambler.ru

Anastasia V. Marchenko

N.P. Ogarev Mordovian State University, Saransk, Republic of Mordovia, Russia
nastasya.marchenko.18@mail.ru

Ekaterina M. Migacheva

N.P. Ogarev Mordovian State University, Saransk, Republic of Mordovia, Russia
nk380103664@yandex.ru

Abstract. The article discusses and justifies the use of fuzzy lighting control algorithms to improve efficiency and comfort in various areas, including offices, street spaces and industrial facilities. As a result of the research, a model of an adaptive and energy-efficient lighting control system was developed, based on a fuzzy control model. This system takes into account the specific conditions and preferences of users, allowing the creation of personalized lighting scenarios. It also takes into account many factors to improve the comfort, efficiency and energy efficiency of artificial lighting.

Keywords: lighting control, fuzzy logic, linguistic variables, energy efficiency, energy saving

For citation: Volkov A.V., Marchenko A.V., Migacheva E.M. Application of fuzzy lighting control algorithms. *Inzhiniring i tekhnologii = Engineering and Technology*. 2024;9(2):1–6. (In Russ.). doi: 10.21685/2587-7704-2024-9-2-3



Введение

Применение нечетких алгоритмов управления освещением может способствовать повышению эффективности и комфорта освещения за счет ряда преимуществ.

1. Адаптивность. Нечеткие системы управления освещением могут автоматически адаптироваться к преобразующимся условиям, таким как изменение освещенности окружающей среды или в зависимости от времени суток. Это означает, что освещение может быть оптимизировано для обеспечения комфортного уровня яркости и потребления энергии.

2. Персонализация. Нечеткие системы управления освещением позволяют создавать персонализированные сценарии освещения в соответствии с предпочтениями пользователей. Это позволяет повысить комфорт и удовлетворение пользователей.

3. Энергоэффективность. Нечеткие алгоритмы управления освещением могут оптимизировать использование энергии путем регулировки яркости освещения в зависимости от реальной потребности. Например, системы могут отслеживать наличие людей в помещении и автоматически уменьшать яркость освещения в отсутствие людей.

4. Снижение затрат. Внедрение нечетких систем управления освещением может значительно снизить энергопотребление и, следовательно, снизить затраты на электроэнергию.

Таким образом, применение нечетких алгоритмов управления освещением способно повысить эффективность использования энергии, обеспечить комфортное освещение и снизить операционные затраты.

Целью данной статьи является рассмотрение и обоснование применения нечетких алгоритмов управления освещением с целью повышения эффективности и комфорта в различных областях, таких как офисы, уличные пространства и промышленные объекты.

Для достижения поставленных целей необходимо решить следующие задачи:

- 1) разработать модель экспертной системы с использованием нечеткой логики;
- 2) провести анализ применения нечетких алгоритмов управления освещением.

Для рассматриваемой нечеткой модели управления освещением была разработана модель адаптивной и энергоэффективной системы управления освещением в зависимости от конкретных условий и предпочтений пользователей, которая позволяет создать персонализированные сценарии освещения, учитывая множество факторов, что способствует повышению комфорта, эффективности и энергоэффективности в использовании искусственного освещения на основе технологии нечетких правил вывода с использованием лингвистических переменных [1, 2].

В качестве входных лингвистических переменных модели были взяты показатели температуры окружающей среды (ТОС), уровень естественного освещения (УЕО), время суток (ВС), активность пользователя (АП), потребление энергии (ПЭ), предпочтения пользователя (ПП).

Выходной лингвистической переменной является интенсивность освещения (ИО), цветовая температура света (ЦТС), эффективность освещения (ЭО).

Для входных лингвистических переменных (ЛП) вводится терм-множество:

– температура окружающей среды (ТОС) – низкая, средняя, высокая. Температура окружающей среды может влиять на восприятие комфорта, и в некоторых случаях, изменение температуры может потребовать изменения интенсивности и цветовой температуры освещения;

– потребление энергии (ПЭ) – низкое, среднее, высокое. Учет энергопотребления является важным для обеспечения энергоэффективности системы управления освещением;

– предпочтения пользователя (ПП) – светлый, нейтральный, теплый. Учет предпочтений пользователя относительно цветовой температуры освещения может улучшить удовлетворенность пользователя;

– уровень естественного освещения (УЕО) – низкий, средний, высокий. Уровень естественного освещения влияет на необходимость и интенсивность искусственного освещения. Низкий уровень может потребовать увеличения яркости и наоборот;

– время суток (ВС) – день, вечер, ночь. От времени суток зависит требуемый уровень освещения. Днем может быть достаточно естественного света, вечером и ночью требуется дополнительное искусственное освещение;

– активность пользователя (АП) – низкая, средняя, высокая. Уровень активности пользователя может влиять на его предпочтения относительно яркости и температуры света. Например, высокая активность потребует более яркого освещения.

Для выходных ЛП вводится терм-множество:



– интенсивность освещения (ИО) – низкая, средняя, высокая. Интенсивность освещения должна быть адаптирована к входным переменным, чтобы обеспечить комфортный и эффективный уровень освещения для пользователя;

– цветовая температура света (ЦТС) – холодный, нейтральный, теплый. Управление цветовой температурой освещения может быть важным аспектом для создания различных атмосфер в зависимости от времени суток и пользовательских предпочтений;

– эффективность освещения (ЭО) – низкая, средняя, высокая. Оценка эффективности освещения может учитывать не только уровень интенсивности, но и другие параметры, такие как равномерность освещения и отраженный свет.

Для моделирования экспертной системы, автоматизирующей систему управления освещением на основе факторов, способствующих повышению комфорта, эффективности и энергоэффективности в использовании искусственного освещения, использовалось программное средство Fuzzy Logic Toolbox, дополнение к пакету программ MATLAB для решения технических вычислений, предоставляющее инструменты для проектирования нечетких логических систем [3].

Зададим входные и выходные переменные в программе MATLAB (рис. 1):

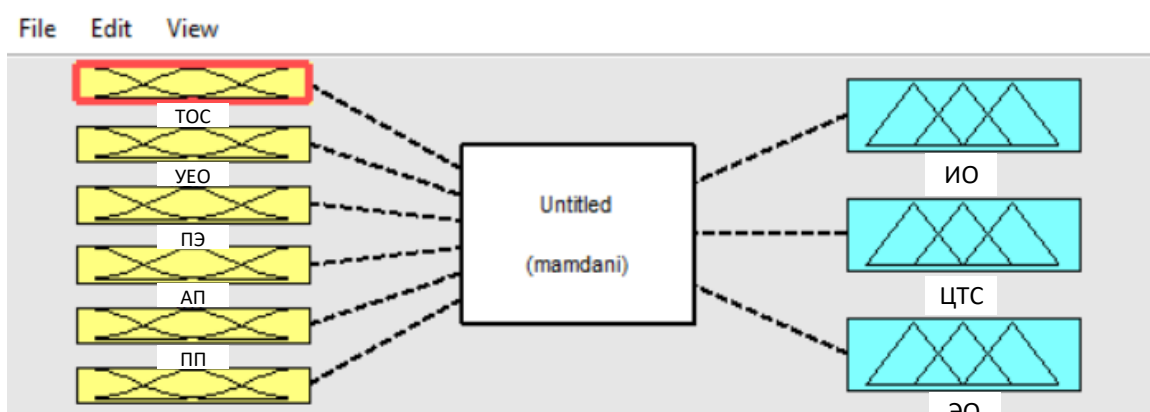


Рис. 1. Входные и выходные переменные системы

На практике выбор формы функций принадлежности зависит от вычислительной сложности. Треугольные и трапециевидальные функции принадлежности широко распространены из-за их универсальности и низких требований к ресурсам при реализации. После ввода входных и выходных параметров функции установим лингвистические правила для заданных переменных. На рис. 2 представлены правила нечеткого вывода.

1. If (УЕО is низкий) and (BC is день) then (ИО is средняя) (1)
2. If (АП is высокая) then (ИО is высокая) (1)
3. If (ТОС is высокая) and (АП is высокая) then (ЦТС is холодный) (1)
4. If (BC is ночь) and (ПЭ is низкое) then (ЦТС is теплый) (1)
5. If (ПП is светлый) then (ЦТС is теплый) (1)
6. If (BC is вечер) then (ЭО is низкая) (1)
7. If (ТОС is низкая) and (ПП is теплый) then (ЦТС is теплый) (1)
8. If (BC is ночь) and (АП is низкая) and (ПЭ is высокое) then (ЭО is высокая) (1)
9. If (BC is вечер) and (АП is средняя) then (ЦТС is нейтральный)(ЭО is высокая) (1)
10. If (ТОС is низкая) and (УЕО is низкий) and (BC is ночь) and (АП is высокая) and (ПП is светлый) and (ПЭ is высокое) then (ИО is высокая)(ЦТС is теплый)(ЭО is низкая) (1)
11. If (ТОС is средняя) and (УЕО is средний) and (BC is ночь) and (АП is высокая) and (ПП is светлый) and (ПЭ is высокое) then (ИО is высокая)(ЦТС is теплый)(ЭО is низкая) (1)
12. If (ТОС is низкая) and (УЕО is высокий) and (BC is день) and (АП is низкая) and (ПП is нейтральный) and (ПЭ is среднее) then (ИО is средняя)(ЦТС is нейтральный)(ЭО is средняя) (1)
13. If (ТОС is высокая) and (УЕО is средний) and (BC is вечер) and (АП is средняя) and (ПП is нейтральный) and (ПЭ is высокое) then (ИО is средняя)(ЦТС is холодный)(ЭО is высокая) (1)
14. If (ТОС is низкая) and (УЕО is высокий) and (АП is высокая) and (ПП is теплый) and (ПЭ is низкое) then (ЦТС is теплый)(ЭО is средняя) (1)
15. If (ТОС is высокая) and (УЕО is низкий) and (BC is ночь) then (ИО is низкая)(ЦТС is теплый)(ЭО is высокая) (1)
16. If (ТОС is высокая) and (УЕО is низкий) and (BC is ночь) then (ИО is низкая)(ЦТС is теплый)(ЭО is низкая) (1)
17. If (ТОС is низкая) and (УЕО is средний) and (BC is вечер) and (АП is высокая) and (ПП is светлый) then (ИО is высокая)(ЦТС is холодный)(ЭО is средняя) (1)
18. If (ТОС is высокая) and (УЕО is средний) and (BC is день) and (АП is высокая) and (ПЭ is низкое) then (ИО is высокая)(ЦТС is холодный)(ЭО is низкая) (1)
19. If (ТОС is высокая) and (BC is день) and (АП is средняя) and (ПП is нейтральный) and (ПЭ is высокое) then (ИО is низкая)(ЦТС is холодный)(ЭО is низкая) (1)
19. If (ТОС is высокая) and (BC is день) and (АП is средняя) and (ПП is нейтральный) and (ПЭ is высокое) then (ИО is низкая)(ЦТС is холодный)(ЭО is низкая) (1)
20. If (ТОС is высокая) and (УЕО is низкий) and (BC is вечер) and (АП is высокая) and (ПП is нейтральный) and (ПЭ is высокое) then (ИО is высокая)(ЦТС is холодный)(ЭО is низкая) (1)
21. If (ТОС is высокая) and (УЕО is низкий) and (АП is низкая) and (ПП is светлый) and (ПЭ is высокое) then (ИО is средняя)(ЦТС is холодный)(ЭО is низкая) (1)
22. If (ТОС is высокая) and (УЕО is высокий) and (BC is вечер) and (АП is высокая) and (ПП is теплый) and (ПЭ is среднее) then (ИО is средняя)(ЦТС is холодный)(ЭО is низкая) (1)

Рис. 2. Правила нечеткого вывода

Проанализируем окно значения переменных заданных правил (рис. 3).

Результаты экспертной оценки значения переменных, рассчитаны по 100-балльной шкале (в %).

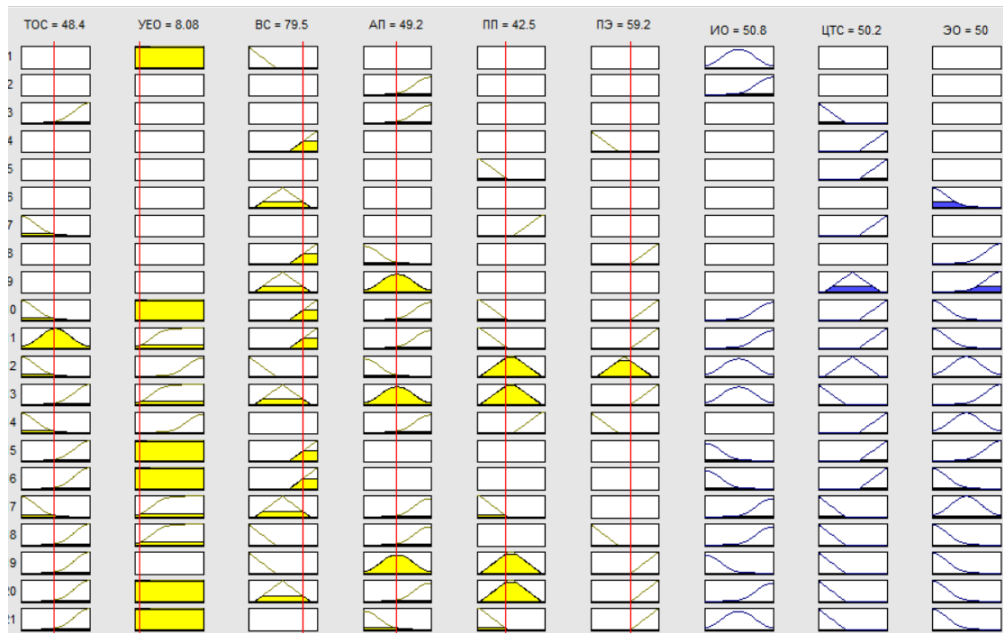


Рис. 3. Результаты экспертной оценки значения переменных

Программа графически представляет зависимость входных параметров от выходных. На рис. 4 представлена зависимость входной переменной ВС и АП от ИО.

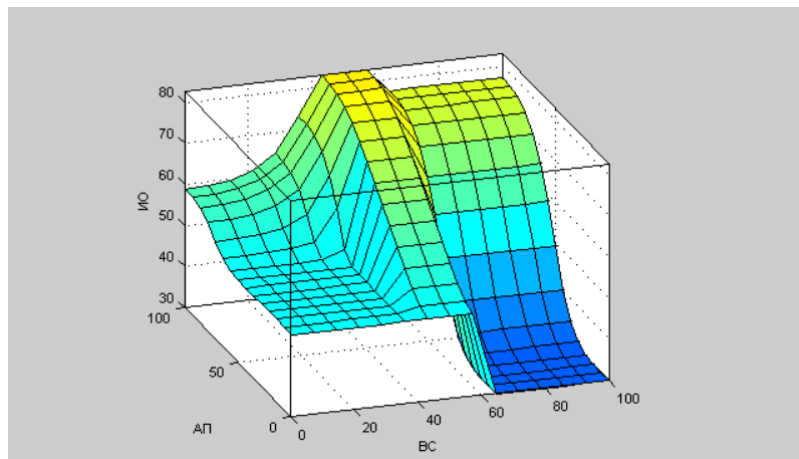


Рис. 4. Зависимость входной переменной ВС и АП от ИО

На рис. 5 представлена зависимость входной переменной ТОС и ВС от ЦТС:

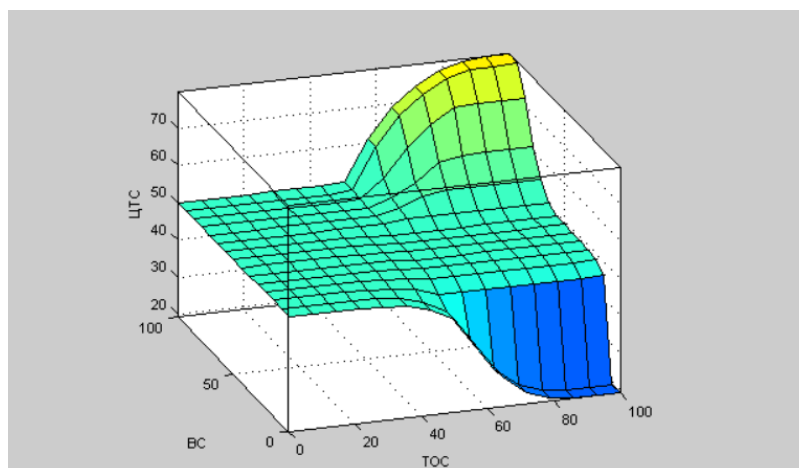


Рис. 5. Зависимость входной переменной ТОС и ВС от ЦТС



Для отслеживания динамики изменения интенсивности освещения, цветовой температуры света, эффективности освещения на основании заданных правил был проведен анализ численных показателей данных, которые приведены в (табл. 1).

Таблица 1

Анализ численных показателей данных

Входные ЛП						Выходные ЛП		
ТОС	ПЭ	ПП	УЕО	ВС	АП	ИО	ЦТС	ЭО
48,4	59,2	42,5	8,08	79,5	49,2	50,8	50,2	50
77	77	83	41	31	85	63	34,5	40,4
87	15	77	21	77	51	29,1	59,4	50
43	17	71	63	51	79	78,4	52,2	39,8
91	51	19	19	83	19	19,4	70,1	50

На рис. 6 представлен режим управления освещением.

Управление освещением

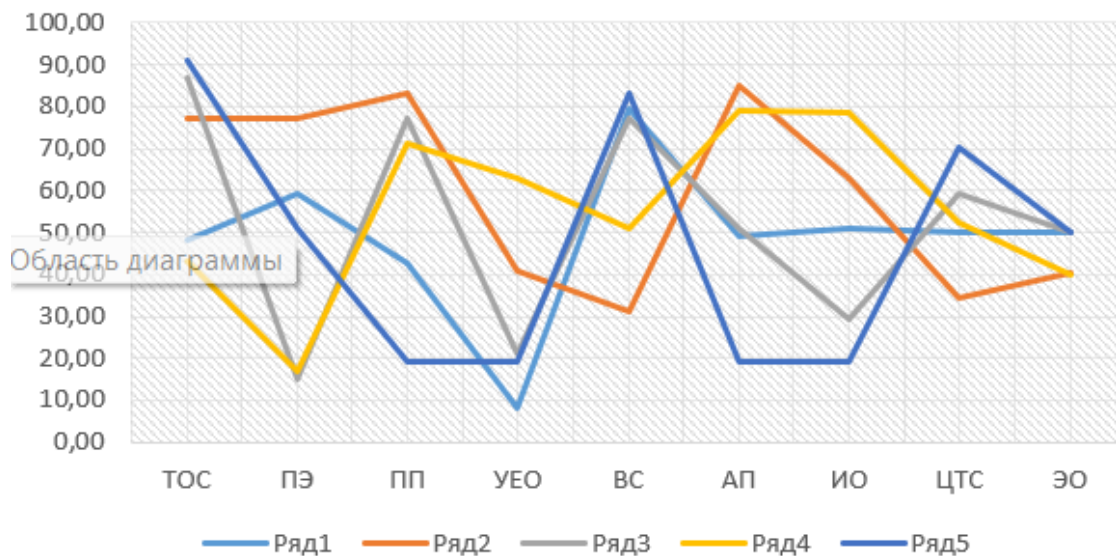


Рис. 6. Режим управления освещением

Заключение

На основе предоставленных данных установлено, что оптимальные уровни интенсивности освещения, цветовой температуры света и эффективности освещения соответствуют средним значениям входных параметров, таких как температура окружающей среды, уровень естественного освещения, время суток, активность пользователя, потребление энергии и предпочтения пользователя.

При низких значениях параметров, например, вечером при средней активности пользователя, система предлагает снижение интенсивности освещения и использование нейтральной цветовой температуры, что может соответствовать более расслабленной атмосфере. С другой стороны, при высоких значениях активности пользователя в дневное время и высоком потреблении энергии, система предлагает увеличение яркости и использование теплой цветовой температуры для поддержания бодрствования.



Обнаружено, что уровень интенсивности освещения, цветовая температура света и эффективность освещения сохраняют минимальные значения при сбалансированных уровнях входных параметров.

При высокой активности пользователя и вечернем времени суток система предлагает высокую интенсивность освещения. Высокая интенсивность также предлагается в ночное время при высокой активности пользователя, высоком потреблении энергии и светом предпочтении освещения.

Предложения о средней интенсивности освещения и низкой интенсивности освещения появляются в случаях низкого уровня естественного освещения в ночное время.

В зависимости от различных факторов система предлагает разные цветовые температуры. Например, вечером при средней активности пользователя предлагается нейтральный цвет. В случаях низкой температуры окружающей среды и теплых предпочтениях пользователя предлагается теплый цвет, который также предлагается при низкой температуре окружающей среды и высокой активности пользователя. В ночное время при низкой активности и высоком потреблении энергии предлагается высокая эффективность.

Список литературы

1. Буре В. М., Парилина Е. М. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник. СПб : Лань, 2022. 416 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/211250> (дата обращения: 11.03.2024).
2. Семенов А. Д., Волков А. В., Ермилина О. В. Математические модели систем управления : учеб. пособие. Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. 200 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/281216> (дата обращения: 11.03.2024).
3. Карманов И. В. Использование нечеткой логики в инженерной деятельности : учеб.-метод. пособие. Казань : КНИТУ-КАИ, 2021. 80 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/264866> (дата обращения: 11.03.2024).

References

1. Bure V.M., Parilina E.M. *Teorija verojatnostej i matematičeskaja statistika: učebnik = Probability theory and mathematical statistics : textbook*. Saint-Petersburg: Lan', 2022. 416 s. (In Russ.). Available at: <https://e.lanbook.com/book/211250> (accessed 11.03.2024).
2. Semenov A.D., Volkov A.V., Ermilina O.V. *Matematičeskie modeli sistem upravlenija: učeb. posobie = Mathematical models of control systems : textbook. stipend*. Vologda: Infra-Inzhenerija, 2022:200. (In Russ.). Available at: <https://e.lanbook.com/book/281216> (accessed 11.03.2024).
3. Karmanov I.V. *Ispol'zovanie nečetkoj logiki v inženernoj dejatel'nosti: učeb.-metod. posobie = The use of fuzzy logic in engineering : studies.- the method. stipend*. Kazan: KNITU-KAI, 2021:80. (In Russ.). Available at: <https://e.lanbook.com/book/264866> (accessed 11.03.2024).

Поступила в редакцию / Received 18.03.2024

Принята к публикации / Accepted 18.04.2024