

ВОЛКОВ А. В., МАРЧЕНКО А. В.
ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ

Аннотация. Рассматривается применение нечетких алгоритмов для управления освещением с целью повышения эффективности и комфорта в офисных помещениях, на улице и на промышленные объектах. Разработана экспертная система, использующая нечеткую логику для создания адаптивных сценариев освещения, учитывающих параметры окружающей среды, предпочтения пользователей, уровень естественного освещения и время суток. Исследуются входные лингвистические переменные, такие как температура, активность пользователя и энергопотребление, а также выходные, включая интенсивность и цветовую температуру освещения. На основе анализа выявлены оптимальные настройки для создания комфортного и энергоэффективного освещения.

Ключевые слова: нечеткая логика, освещение, комфорт, анализ.

VOLKOV A. V., MARCHENKO A. V.
APPLICATION OF FUZZY LOGIC ALGORITHMS
TO CONTROL LIGHTING

Abstract. The application of fuzzy algorithms for lighting control is considered in order to increase the efficiency and comfort of office premises, industrial facilities, and streets. An expert system has been developed that uses fuzzy logic to create adaptive lighting scenarios that take into account environmental parameters, user preferences, natural light levels and time of the day. Input linguistic variables such as temperature, user activity and power consumption are investigated, as well as output variables including intensity and color temperature of lighting. Considering the analysis results, the optimal settings for creating comfortable and energy-efficient lighting have been identified.

Keywords: fuzzy logic, lighting, comfort, analysis.

При построении современных систем управления освещением стремятся к повышению энергоэффективности и созданию комфортных условий для пользователей. Одним из наиболее перспективных подходов к решению данной задачи является использование нечеткой логики, которая позволяет создавать системы с адаптивными настройками на основе множества факторов. Это особенно важно в условиях, когда требования к освещению могут варьироваться в зависимости от времени суток, уровня естественного света и индивидуальных предпочтений пользователей.

Нечеткая логика представляет собой математический подход к обработке информации, основанный на принципе частичной принадлежности, что позволяет учитывать неопределенность и неточность входных данных. В отличие от традиционной бинарной логики,

где переменные могут принимать только два значения (0 или 1), нечеткая логика оперирует с промежуточными значениями, что делает её более гибкой для моделирования реальных процессов [2]. В контексте управления освещением это особенно важно, поскольку такие параметры, как предпочтения пользователя, уровень естественного света и температура окружающей среды, могут изменяться постепенно и требуют плавных корректировок. Применение нечетких алгоритмов позволяет разрабатывать системы, которые адаптируются к изменяющимся условиям, создавая комфортные и энергоэффективные сценарии освещения на основе лингвистических переменных, таких как «низкая», «средняя» и «высокая» интенсивность освещения или «теплая», «нейтральная» и «холодная» цветовая температура света [1].

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 (ЛП).

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 ЛП (лингвистических переменных) вводится терм-множество:

- температура окружающей среды (ТОС) – низкая, средняя, высокая;
- потребление энергии (ПЭ) – низкое, среднее, высокое;
- предпочтения пользователя (ПП) – светлый, нейтральный, теплый;
- уровень естественного освещения (УЕО) – низкий, средний, высокий;
- время суток (ВС) – день, вечер, ночь;
- активность пользователя (АП) – низкая, средняя, высокая.

Для выходных ЛП вводится терм-множество:

- интенсивность освещения (ИО) – низкая, средняя, высокая;
- цветовая температура света (ЦТС) – холодный, нейтральный, теплый;
- 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]. На рисунке 1 представлены входные и выходные лингвистические переменные нечеткой модели управления освещением.

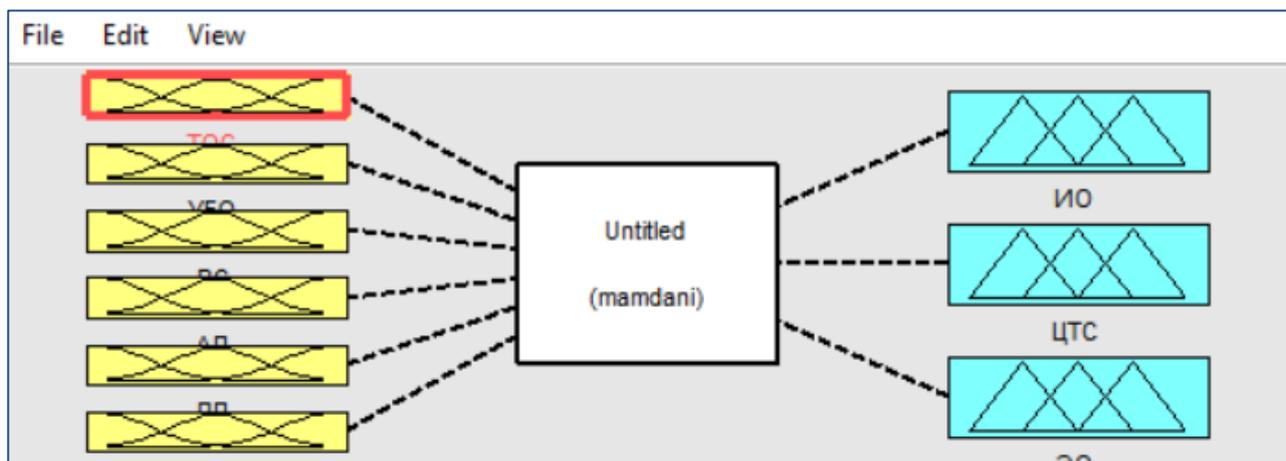


Рис. 1. Входные и выходные лингвистические переменные нечеткой модели управления освещением.

На практике выбор формы функций принадлежности зависит от вычислительной сложности. Треугольные и трапециевидные 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 (рис. 2).

1. If (УЕО is низкий) and (ВС 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 (ВС is ночь) and (ПЭ is низкое) then (ЦТС is теплый) (1)
5. If (ПП is светлый) then (ЦТС is теплый) (1)
6. If (ВС is вечер) then (ЭО is низкая) (1)
7. If (ТОС is низкая) and (ПП is теплый) then (ЦТС is теплый) (1)
8. If (ВС is ночь) and (АП is низкая) and (ПЭ is высокое) then (ЭО is высокая) (1)
9. If (ВС is вечер) and (АП is средняя) then (ЦТС is нейтральный)(ЭО is высокая) (1)
10. If (ТОС is низкая) and (УЕО is низкий) and (ВС 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 (ВС 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 (ВС 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 (ВС 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 (ВС is ночь) then (ИО is низкая)(ЦТС is теплый)(ЭО is высокая) (1)
16. If (ТОС is высокая) and (УЕО is низкий) and (ВС is ночь) then (ИО is низкая)(ЦТС is теплый)(ЭО is низкая) (1)
17. If (ТОС is низкая) and (УЕО is средний) and (ВС 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 (ВС 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 (ВС 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)

Рис. 2. Лингвистические правила для входных и выходных переменных.

Проанализируем окно значения переменных заданных правил. Результаты экспертной оценки значения переменных, рассчитанные по 100 балльной шкале (в %). На рисунке 3 представлено окно программ, в котором происходит оценка переменных по функциям принадлежности с учетом лингвистических переменных.

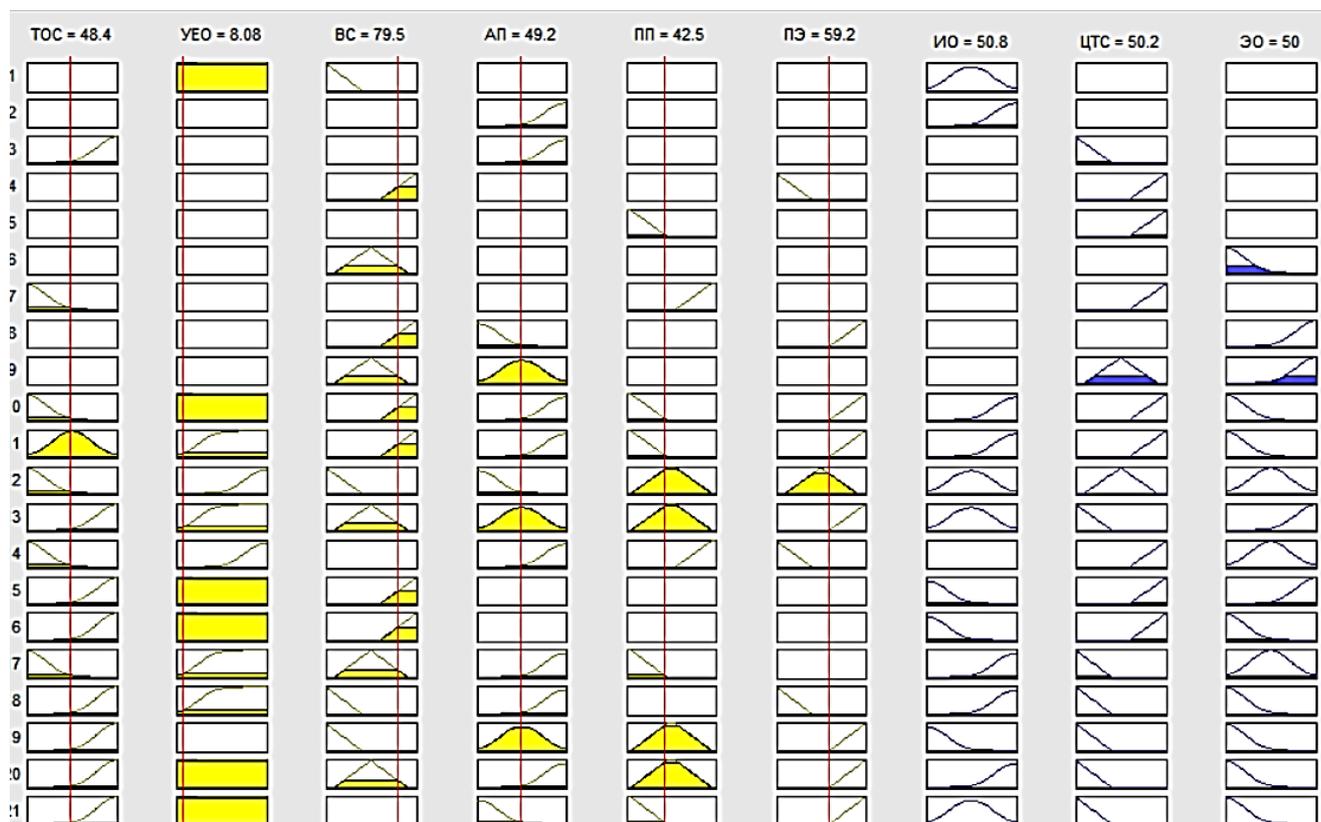


Рис. 3. Изменение состояния переменных с учётом функции принадлежности.

Программа графически представляет зависимость входных параметров от выходных. На рисунке 4 представлена зависимость входной переменной (ВС) и (АП) от (ИО), а на рисунке 5 представлена зависимость (ТОС) и (ВС) от (ЦТС):

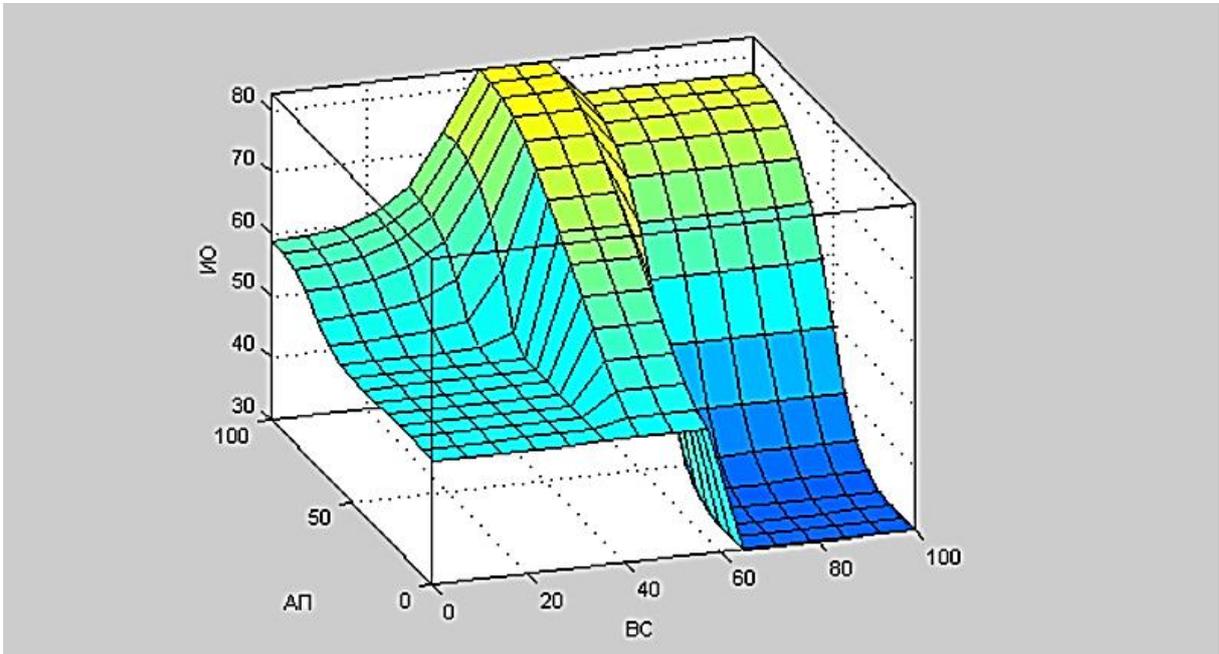


Рис. 4. Зависимость входной переменной (ВС) и (АП) от (ИО).

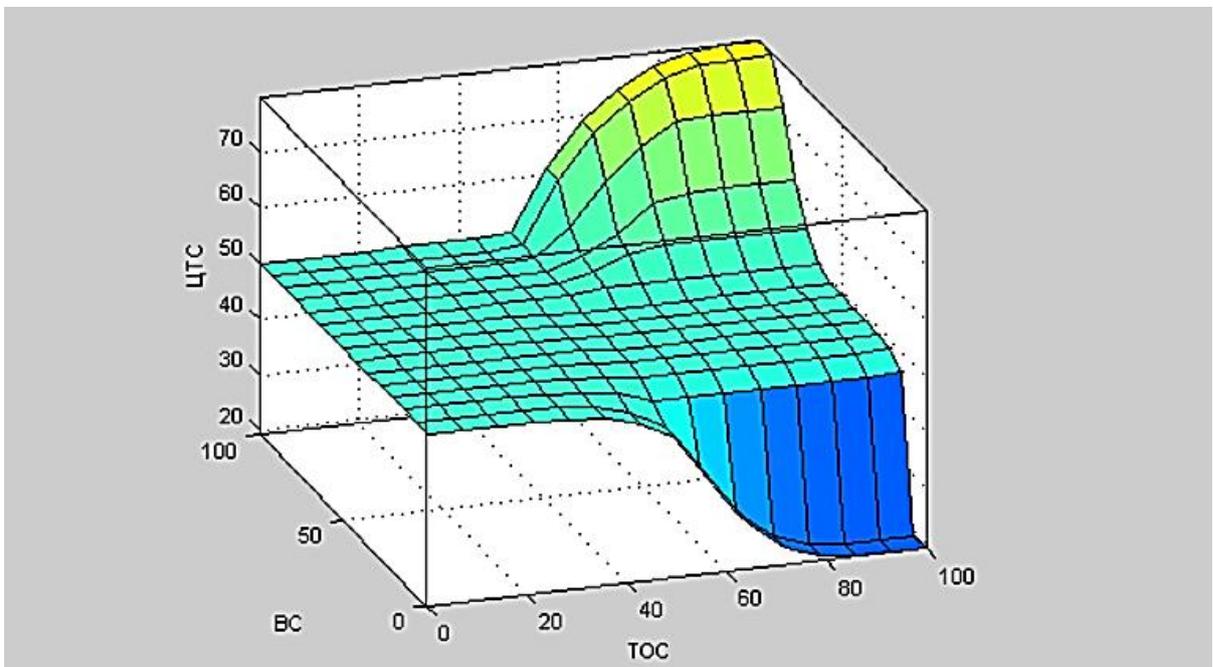


Рис. 5. Зависимость входной переменной (ТОС) и (ВС) от (ЦТС).

Для отслеживания динамики изменения интенсивности освещения, цветовой температуры света, эффективности освещения, на основании заданных правил, был проведен анализ численных показателей, данные приведены в таблице 1. На рисунке 6 представлен график зависимости управления освещением с учётом входных и выходных лингвистических переменных.

Таблица 1

**Показатели динамики изменения интенсивности освещения,
цветовой температуры, эффективности освещения**

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

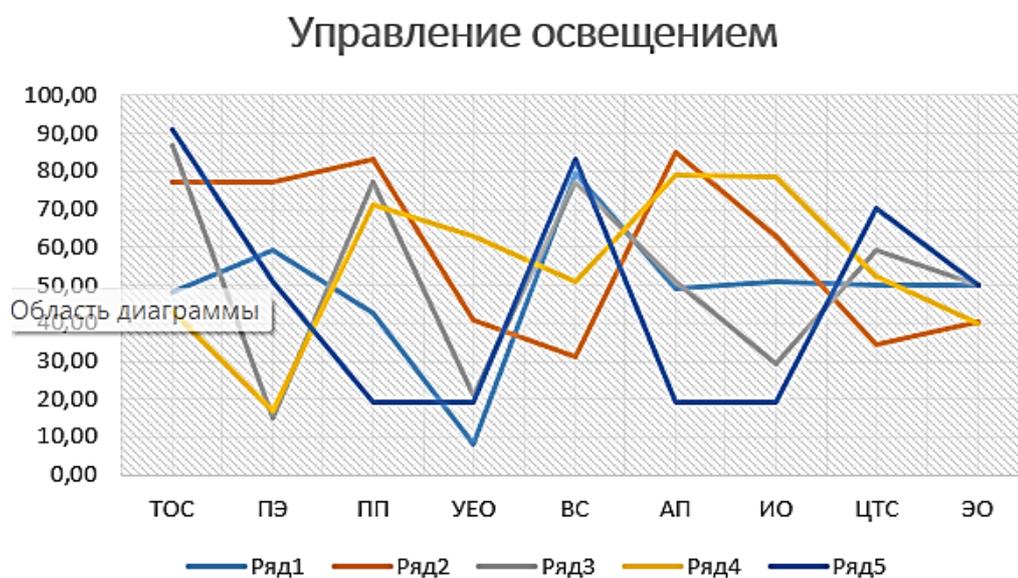


Рис. 6. График зависимости управления освещением с учетом ЛП.

На основе предоставленных данных установлено, что оптимальные уровни интенсивности освещения (ИО), цветовой температуры (ЦТС) и эффективности освещения (ЭО) соответствуют средним значениям таких параметров, как температура окружающей среды (ТОС), уровень естественного освещения (УЕО), время суток (ВС), активность пользователя (АП), энергопотребление (ПЭ) и предпочтения пользователя (ПП). При низких значениях этих параметров, система снижает яркость и использует нейтральную цветовую температуру для создания расслабляющей атмосферы. В дневное время с высокой активностью и энергопотреблением рекомендуется увеличение яркости и теплая цветовая температура.

Система эффективно адаптирует освещение в зависимости от комбинации параметров, поддерживая комфорт и энергоэффективность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нечеткая логика: учебно-методическое пособие / сост. Д. В. Полупанов, С. Р. Абдюшева. – Уфа: БашГУ, 2020. – 84 с.
2. Ланге Ф. Нечеткая логика; пер. с англ. Е. Н. Вироланен. – СПб.: Страта, 2018. – 114 с.
3. Ланских Ю. В., Ланских В. Г., Родионов К. В. Введение в большие данные: учебное пособие. – Киров: ВятГУ, 2023. – 172 с.