

УПРАВЛЕНИЕ МОЩНОСТЬЮ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ АЛГОРИТМА НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА МАМДАНИ

Семенова Н.Г., Андреев И.С.

**ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,
г. Оренбург**

Значительную долю в энергопотреблении городов составляет потребление электрической энергии на нужды освещения (до 40%), поэтому одной из основных задач электроэнергетики является разработка энергоэффективных систем внутреннего освещения производственных помещений. В настоящее время задача энергосбережения в установках внутреннего освещения осуществляется применением энергоэффективных светильников, которая позволяет добиться существенной экономии, однако не решает проблему в целом, так как система управления осветительными установками остается по-прежнему неэффективной.

В связи с этим целесообразно разрабатывать системы управления, как отмечено авторами в [1], с использованием методов искусственного интеллекта. В контексте данной работы предлагается осуществить управление мощностью осветительных установок на основе нечеткой логики [2].

Методы нечеткого вывода используются для аппроксимации функций, распознавания и классификации образов, моделирования и управления нелинейными объектами, принятия решений в условиях неопределенности. Наиболее широкое применение в этом направлении получил метод нечеткого вывода Мамдани [3]. Разработанный алгоритм Мамдани, основан на нечетком логическом выводе, который позволяет избегать чрезмерно большого объема вычислений. Основным достоинством алгоритма Мамдани является то, что он работает по принципу «черного ящика», для которого выделяют только входные и выходные параметры, не выделяя в явном виде математические методы построения «черного ящика», представляя его в виде некоторой аппроксимацией рассматриваемых процессов.

Целью данного исследования является разработка системы автоматизированного управления внутренним освещением производственного помещения на основе нечеткого вывода Мамдани.

Алгоритм Мамдани состоит из следующих этапов:

- 1) Фаззификация входных и выходных переменных;
- 2) Формализация базы правил;
- 3) Агрегирование подусловий;
- 4) Активация подзаклучений;
- 5) Аккумуляирование заключений;
- 6) Дефаззификация.

Рассмотрим операционные действия каждого этапа для поставленной задачи исследования.

1) В системе управления осветительными установками на этапе фаззификации происходит установление соответствий между значениями входной переменной и значение функции принадлежности соответствующего ей состояния лингвистической переменной. В блоке нечеткого вывода происходит принятие

решения, в соответствии со структурной схемой, на рисунок 1, на основе входных переменных «Освещенность» E, и «Присутствие»



Рисунок 1 – Структурная схема АСУ осветительными установками

В соответствии со структурной схемой на рисунке 1 вводятся входные нечеткие множества A_1 и A_2 , определяемые следующим образом:

$$\begin{aligned} A_1 &= \{B, \mu_{A_1}(B); B \in X_1\} \\ A_2 &= \{E, \mu_{A_2}(E); E \in X_2\} \end{aligned} \quad 1)$$

где B – входная переменная «Присутствие»;

$\mu_{A_1}(B)$ – функция принадлежности B к нечеткому множеству A_1 ;

X_1 – множество значений переменной «Присутствие»;

E – входная переменная «Освещенность»;

$\mu_{A_2}(E)$ – функция принадлежности E к нечеткому множеству A_2 ;

X_2 – множество значений переменной «Освещенность».

Выходным нечетким множеством A_3 является:

$$A_3 = \{P, \mu_{A_3}(P); P \in X_3\} \quad 2)$$

где P – выходная переменная «Мощность»;

$\mu_{A_3}(P)$ – функция принадлежности P к нечеткому множеству A_3 ;

X_3 – множество значений переменной «Мощность»;

Для всех состояний входных и выходных переменных выбрана функция принадлежности на основе функции распределения Гаусса, как наиболее используемой при описании нечетких множеств.

Переменная «Присутствие» будет иметь следующие состояния и соответствующие им значения параметров выражения для функций принадлежности на интервале от 0 до 1: «отсутствуют» (a=0; b=0,3); «присутствуют» (a=1; b=0,3);

Для входной переменной «Освещенность» на интервале от 0 до 300 люкс: «нулевая» (a=0; b=10); «очень низкая» (a=40; b=10); «низкая» (a=40; b=10); «средняя» (a=145; b=15); «выше средней» (a=210; b=15); «высокая» (a=300; b=25);

Для выходной переменной «Мощность» на интервале от 1 до 100%: «нулевая» (a=0; b=5); «очень низкая» (a=15; b=5); «низкая» (a=35; b=5); «средняя» (a=55; b=5); «выше средней» (a=75; b=5); «высокая» (a=100; b=5);

Соответствующие данным термам функции принадлежности для всех переменных изображены на рисунке 2.

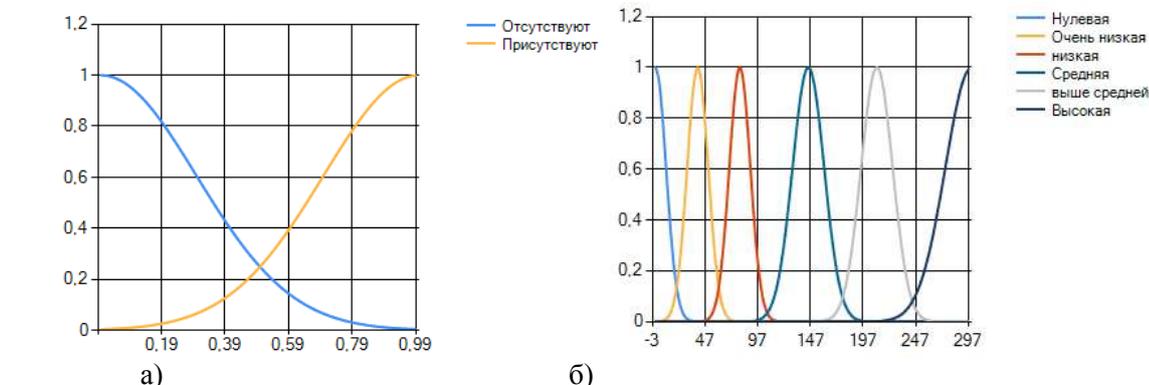


Рисунок 2 – Функции принадлежности лингвистических переменных: а) – присутствие; б) – освещенность

2) В соответствие с введенными состояниями, были рассмотрены примеры возможных комбинаций входных переменных и определено множество лингвистических правил $R=\{R_1, R_2, \dots, R_n\}$. Примеры разработанных правил:

R1 – Если «Присутствие» «отсутствуют» и «Освещенность» «нулевая», то «Мощность» «нулевая»;

R2 – Если «Присутствие» «присутствуют» и «Освещенность» «нулевая», то «Мощность» «высокая»;

R3 – Если «Присутствие» «присутствуют» и «Освещенность» «высокая», то «Мощность» «нулевая».

3) *Агрегирование* или процедура определения истинности условий по каждому из перечисленных правил системы нечеткого вывода.

Так как во всех правилах используется только операция «И», то агрегирование проводится по методу логической конъюнкции:

$$b_i = \min\{\mu(P), \mu(E)\}. \quad 3)$$

4) В качестве метода вывода заключений (*активации*) используется метод минимального значения, выполняющий активацию логического заключения по формуле:

$$\mu_i(P) = \min\{c_i, \mu(P)\}, \quad 4)$$

где $\mu(P)$ – функция принадлежности терма, являющегося значением выходной переменной P;

c_i – элемент множества $C=\{c_i\}$, который определяется, как алгебраическое произведение элементов b_i множества B и значений весовых коэффициентов F для каждого из правил системы нечеткого вывода.

5) Аккумуляция или процесс нахождения функции принадлежности для каждой из выходных лингвистических переменных $P=\{P_i\}$, выполняется по формуле:

$$\mu_i(P) = \max\{\mu_i(P)\}, \quad 5)$$

где $\mu(P)$ – функция принадлежности, полученная в результате активации лингвистических правил.

6) Дефазификация или приведение к четкости осуществляет нахождение конкретного численного значения для выходной переменной. Результатом выполнения являются количественные значения выходной переменной «Мощность» в процентах. Дефазификация выполняется по методу наибольшего модального значения:

$$P = \max\{P_M\}, \quad 6)$$

где P_M – модальное значение нечеткого множества для выходной переменной P после аккумуляции, определяемая следующим образом:

$$P_M = \arg \max\{\mu(P)\}, \quad 7)$$

где $P = [0,100]$.

Экранные формы разработанной АСУ внутреннего освещения на основе алгоритма Мамдани представлены на рисунке 3.

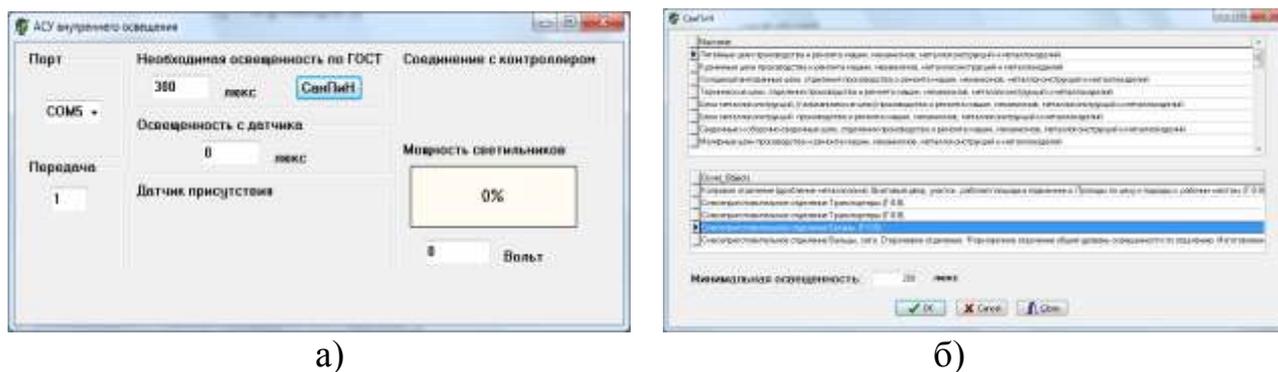


Рисунок 3 - Интерфейс программы: а) – Основная экранная форма; б) – Экранная форма «СанПиН»

Достоинствами разработанной АСУ на основе алгоритма Мамдани являются:

- управление освещением осуществляется по двум входным переменным;

- система осуществляет оперативный контроль освещенности производственного помещения в соответствии с нормативными значениями;
- определяет оптимальную мощность светильников, обеспечивая эффективный режим потребления электрической энергии.

Список использованных источников

1 Андреевко, И.С. Анализ существующих систем автоматизированного управления внутренним освещением / И.С. Андреевко, Н.Г. Семенова // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: материалы Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием). - Оренбург: Участок оперативной полиграфии ОГУ, 2016.- С. 457-461.

2 Усков А.А. Принципы построения систем управления с нечеткой логикой / А.А. Усков // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2004. – № 6. – С. 7-13.

3 Осипов, Г.С. Методы искусственного интеллекта / Г.С. Осипов. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 296 с.