УДК 004.8, 681.513.6, 697

О. В. Толстель

КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ И ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ

Представлены промежуточные результаты разработки системы управления микроклиматом на базе алгоритмов нечеткого вывода: компьютерная модель и элементы программно-аппаратного комплекса.

Interim results of developing system for climate control algorithms based on fuzzy output are presented: a computer model and elements of hardware and software.

Ключевые слова: нечеткий контроллер, микроклимат, программно-аппаратный комплекс, рекуперация, лингвистические переменные, функции принадлежности, блок управления, одноплатный компьютер.

Key words: fuzzy controller, microclimate, software and hardware, recovery, linguistic variables, membership functions, the control unit, single-board computer.

Система климат контроля для школьного класса с управлением на базе нечеткой логики создается в соответствии с [1]. Главная задача — поддержание точки состояния микроклимата в комфортном диапазоне значения трехмерного пространства температура-влажность-CO_2 для помещений с большим количеством людей (учащихся). Система управления на основе системы нечеткого вывода (СНВ) смоделирована в среде Matlab&Simulink с помощью специального тулбукса *Fuzzi Logic*. Си-

© О.В. Толстель, 2015
Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2015. Вып. 10. С. 108 – 113.

стема эмулирует поступление данных от датчиков температуры и влажности воздуха на улице и в учебном классе (TEMP_NA_ULICE, TEMP_V_KLASSE, VLAJNOST_NA_ULICE, VLAJNOST_V_KLASSE), а также от датчика CO_2 в учебном классе (CO2_V_CLASSE). На рисунке 1 представлен общий вид компьютерной модели KLIMATCONTROL. Две выходные лингвистические переменные расположены на схеме справа и называются TEPLOVIDELENIE_RADIATORA и PROIZVODITELNOST_VENTILJACII. Они выдают значения углов поворота вентилей арматуры соответствующих систем.

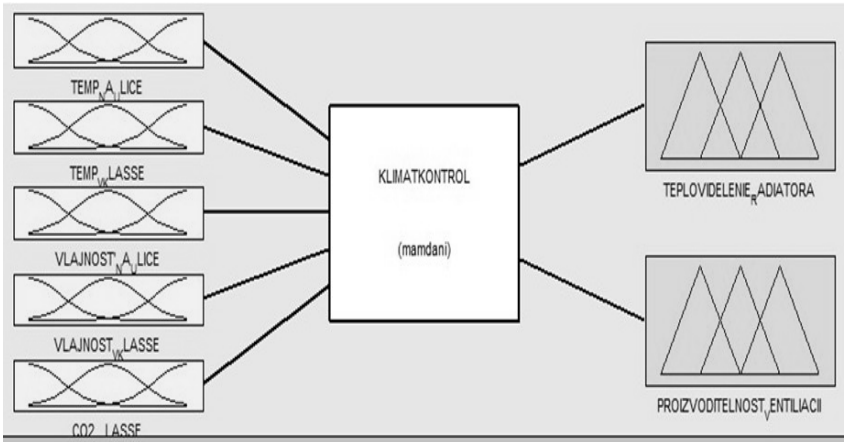


Рис. 1. Общий вид модели нечеткого управления климат-контроля

Применены определенные значения настроек параметров системы. Так, для метода импликации (Implication) (аналога оператора логического вывода для бесконечнозначной логики) использовано значение «min», а для агрегирования заключений по каждому правилу (Aggregation) (композиция нечетких множеств полученных по каждому правилу) использовано значение «max». Такое сочетание определяет один из пяти известных алгоритмов нечеткого вывода — алгоритм Мамдани. В соответствие с доказанной в 1995 г. Кастро теоремой этот алгоритм — универсальный аппроксиматор, при достаточно большом количестве правил и треугольных функциях принадлежности. При этом требуется центроидный метод дефазификации, что обеспечивается выбором в меню соответствующей вкладки.

Далее области изменения всех лингвистических переменных были покрыты определенным количеством, от 3 до 7, графиков функций принадлежности нечетких переменных, некоторые из которых представлены на рисунке 2. Сверху вниз показаны экранные меню, отражающие эти графики для трех лингвистических переменных (ЛП) — температуры на улице, уровня CO_2 в классе (представлен относительный диапазон изменения допустимой концентрации) и угла поворота вентиля регулирования радиатора.

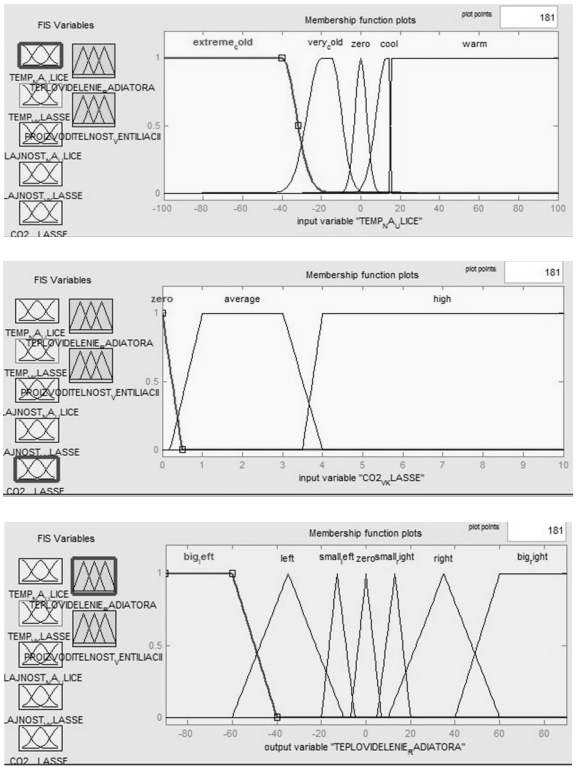


Рис. 2. Графики некоторых функций принадлежности

После определения вида функций принадлежностей всех лингвистических переменных были введены 405 логических правил, составивших базу правил СНВ (рис. 3).

Рис. 3. Экранное меню конструктора базы правил СНВ

Эти правила имеют вид: «если «температура на улице» есть «A», и «температура в классе» есть «B», и «влажность на улице» есть «C», и «влажность в классе» есть «D», и «CO_2 в классе» есть «E», то «угол поворота клапана системы отопления» есть «F», и «угол поворота клапана системы вентиляции» есть «G». При этом A—G — не конкретные числовые значения, а названия одного из термов соответствующей лингвистической переменной.

После произведенных действий в соответствующем окне тулбукса Fuzzi Logic появились 405 строк, соответствующих введенным правилам. Каждая строка содержит 7 столбцов, соответствующих имеющимся лингвистическим переменным. В каждом столбце каждой строки помещено окошко, в котором изображена функция принадлежности того терма этой лингвистической переменной, который определен в этом правиле (вышеописанные A—G). Такое окно, содержащее правила с 54 по 85, представлено на рисунке 4.

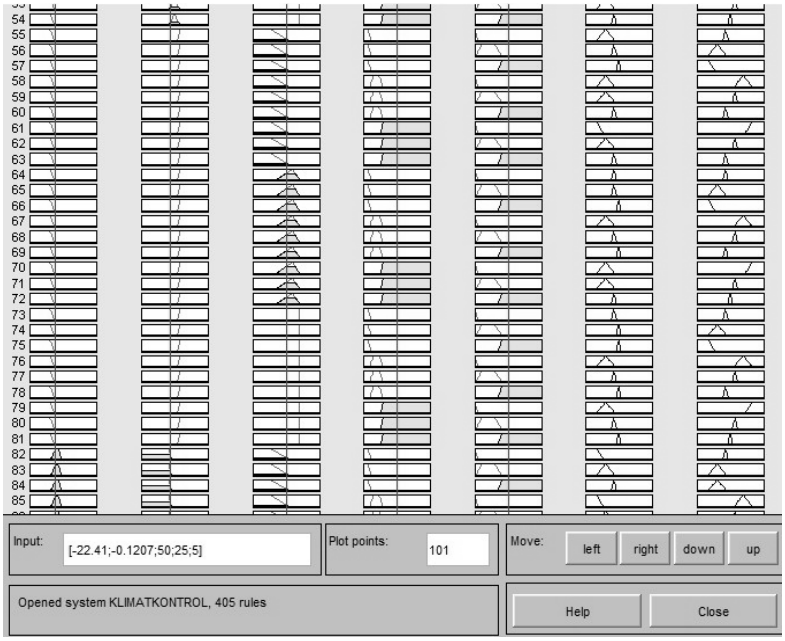


Рис. 4. Вид окна, содержащего функции принадлежностей по каждому правилу по каждой лингвистической переменной

В его нижней части в окошке Input видны 5 некоторых значений из диапазона определения каждой из 5 входных лингвистических переменных, которые определяют начальные значения для запуска алгоритма нечеткого вывода. На основе этих данных в каждом столбце строится вертикальная красная линия, которую можно двигать влево-вправо либо изменяя эти значения в окошке, либо непосредственно перетаскивая линию мышкой. Если линия попадает в ненулевой диапазон функции принадлежности, он окрашивается в желтый цвет. Далее из отсеченных фрагментов функций принадлежности на основании

процедуры MIN-коньюнкции по каждой строчке выбирается самый минимальный фрагмент. Например, поскольку при данном сочетании начальных условий в правилах с 54 по 85 всегда присутствует нулевой случай, в двух последних столбцах, соответствующих выходным переменным, здесь также стоят «пустые выводы». Однако по остальным правилам есть ненулевые минимальные отсеченные функции принадлежности, которые в итоге при процедуре логического объединения по всему столбцу дают комбинацию в виде фигуры склеенной из нескольких таких фрагментов. По ней с помощью центроидного метода (фактически нахождения центра тяжести фигуры) производится дефаззификация. То есть находятся четкие значение углов поворота клапана радиатора отопления и мощности вентилятора. В качестве вентиляции используется система рекуперации тепла типа [2].

Совокупность всех выходных значений результатов работы системы нечеткого вывода, полученных при всех возможных сочетаниях «пробегания» красных линий каждого столбца по всем диапазонам своего возможного изменения, образует несколько поверхностей вывода. На рисунке 5 представлены две из таких поверхностей — зависимости тепловыделения в радиаторе и производительности вентиляции от температуры в классе и на улице. Именно на такой поверхности и находится точка вывода управления для конкретного сочетания значений входных переменных.

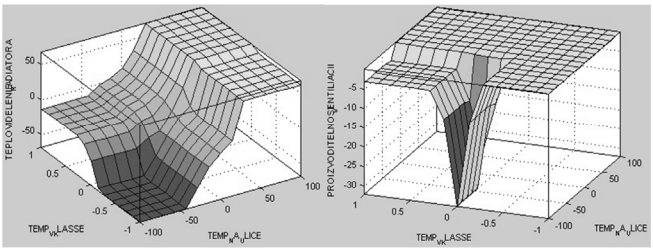
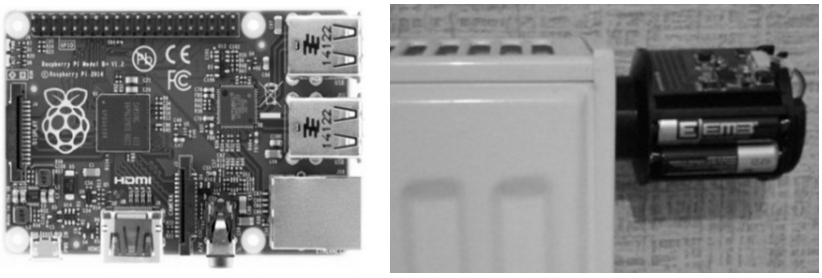


Рис. 5. Две из нескольких возможных поверхностей вывода

После завершения создания системы она была сохранена в специальный файл системы Matlab, имеющий расширение .FIS. Это текстовый файл определенной структуры, где последовательно описаны все параметры созданной нечеткой системы.

С помощью полученного таким образом файла KLIMATCONTROL.FIS с использованием определенных процедур далее был сгенерирован файл на языке C++. Этот код загружен в одноплатный компьютер Raspberry Pi (рис. 6, *а*), являющейся центральной частью программно-аппаратного комплекса (ПАК) климатконтроля. Итак, СНВ находится на нем. Для связи с датчиками и исполнительными механизмами он соединен с контроллерной частью ПАК. При подаче на соответствующие входы контроллерной части входных сигналов из диапазона значений описанных выше компьютер выдает управляющие сигналы на выходы со значениями, соответствующими описанным выше функциям поверхностей вывода.

На данном этапе главная цель — не окончательная настройка видов правил и функций принадлежностей, а подтверждение возможности загрузки в плату кода такого объема и уровня сложности и корректной работы платы после загрузки кода. То есть совпадение значений выходных данных полученных от системы Matlab&Simulink при определенных входных значениях на стационарном компьютере и на созданном макете блока управления. Кроме одноплатного компьютера и контроллерной части в ПАК входят датчики температуры, влажности и CO_2, а также беспроводные регуляторы, дополнительно устанавливаемые на радиаторы (рис. 6, *б*) и вентиляторы рекуператора [2].



а *б*

Рис. 6. Составляющие аппаратного комплекса:
одноплатный встраиваемый компьютер Raspberry Pi (слева)
и беспроводной регулятор радиатора (справа)

Таким образом, создана компьютерная модель и разрабатывается макетный прототип системы управления микроклиматом в помещении, осуществляющий работу с помощью нечеткого вывода.

Список литературы

1. *Вольвач А. Ю., Толстель О. В.* Патент на полезную модель «Система поддержания комфортного микроклимата в помещениях» № 116609 от 27.05.2012. URL: http://www.freepm.ru/Models/116609 (дата обращения: 10.08.2015).

2. *Компания* «Доктор воздух». URL: http://doktor-vozduh.ru/page14/rekuperator-thermobarrier/thermobarrier-r-230-rekuperator-omsk (дата обращения: 10.08.2015).

Об авторе

Олег Владимирович Толстель — канд. техн. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.
E-mail: oleg77764@mail.ru

About the author

Dr Oleg Tolstel' — Ass. Prof., I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.
E-mail: oleg77764@mail.ru