

Неклассические логики.

Нечёткая система проветривания помещений.

Волокитин Егор
20.Б12 - ПУ

Содержание

1	Введение	2
2	Постановка задачи	3
3	Математическое обоснование	3
4	Лингвистические переменные	4
5	База правил системы	4
6	Фаззификация переменных	5
7	SciLab и sciFLT	7
8	Реализация нечёткой логики на МК	9
9	Вывод	10
10	Список источников	10

1 Введение

В современном мире большое распространение получала концепция “домашней автоматизации”, так называемая система “умный дом”. Под этими понятиями подразумевают устройства, которые помогают человеку выполнять различные повседневные задачи.

Для примера рассмотрим систему, которая регулирует освещение в зависимости от того, насколько много света попадает в помещении через окно. Она построена на датчике освещённости, который выведен на улицу или к окну. Такое устройство может помогать во время работы, поддерживая оптимальную яркость света для глаз, или наоборот, готовить ко сну, постепенно приглушая свет. Но не только таким образом можно влиять на самочувствие и работоспособность.

На состояние человека сильно влияют такие факторы как температура окружающей среды, влажность воздуха и содержание углекислого газа в атмосфере. При долгой работе в непроветриваемом помещении становится сложнее думать. Для решения этой проблемы обычно открывают форточку. В какой-то момент из неё начинает сильно дуть, становится холодно, форточку закрывают. И так происходит много раз. Почему же не отдать управление проветриванием помещения некоторому “умному” устройству.

Такая система поддержания оптимального микроклимата будет иметь в основе нечёткое управление, так как такие понятия как температура, влажность, спёртость воздуха понимаются всеми людьми по-своему, и очень сложно понять, при каких точных температуре и влажности надо начинать проветривание, а при каких его заканчивать.

Основным параметром, который будет регулироваться, является содержание углекислого газа в помещении, так как он сильнее всего влияет на работу мозга, и больше всего меняется при проветривании. В целом, можно было бы постоянно сидеть с открытой форточкой, и содержания углекислого газа всегда было бы нормальным, но тут начинают играть свою роль температура и влажность. Изменение этих параметров и заставляет нас закрывать форточку.

Стоит отметить, что измерения будут очень грубыми, так как используются датчики начального уровня. Но в данном устройстве особая точность не нужна, в силу специфики нечёткого управления и того, как мы влияем на параметры системы, а именно регулируем положение окна.

2 Постановка задачи

Дано окно. Его управлением занимается специальное устройство, которое на вход принимает сообщение о том, в какую позицию надо перевести окно.

Также даны: цифровой датчик температуры и относительной влажности DHT-11, аналоговый датчик газа MQ-135, микроконтроллер atMega328p.

Надо разработать нечёткую систему управления проветриванием помещения, которая будет считывать значения с датчиков, обрабатывать их, анализировать и выдавать управляющий сигнал для устройства изменения положения окна.

Система должна стараться поддерживать оптимальные значения влажности, температуры и содержания углекислого газа в помещении.

Оптимальные значения микроклиматических параметров помещения возьмём из *Санпин 1.2.3685-21* и *ГОСТ 30494-2011*.

- **Содержания углекислого газа:** 800 ppm
- **Температура воздуха:** 22 - 25°C
- **Относительная влажность воздуха:** 20 - 70 %

3 Математическое обоснование

В 1993 году была доказана Fuzzy Approximation Theorem (FAT), которая гласит, что любая математическая система может быть аппроксимирована системой, основанной на нечёткой логике. Значит любую систему можно описать правилами типа

$$\text{IF } \{x \text{ IS } P(x)\} \& \{y \text{ IS } Q(y)\} \rightarrow \{z \text{ IS } R(z)\},$$

где P, Q, R - функции принадлежности, x, y - входные переменные, z - выходная переменная. Также эти правила формализуются методами теории нечётких множеств.

При решении поставленной задачи был использован алгоритм Мамдани, Т-нормой будет функция минимума, композиция будет осуществляться через max-дизъюнкцию, дефаззификация производится методом центроид.

4 Лингвистические переменные

На вход системе будет подаваться три переменные:

- **gas** - содержания углекислого газа, ppm
- **temp** - температура воздуха, градусы Цельсия
- **hum** - относительная влажность воздуха, проценты

На выходе системы будет одна переменная:

- **pos** - в какое положение надо перевести окно

Терм-множества для входных переменных:

- $T_gas = \{norm, stuffy, very\ stuffy\}$
- $T_temp = \{cold, norm, hot\}$
- $T_hum = \{dry, norm, wet\}$

Терм-множество для выходной переменной:

- $T_pos = \{closed, micro, opened, full\}$

5 База правил системы

Правила выведены исходя из экспериментов и здравого смысла.

1. IF {gas IS norm} & {temp IS cold} & {hum IS dry} \rightarrow {pos IS closed}
2. IF {gas IS stuffy} & {temp IS cold} & {hum IS dry} \rightarrow {pos IS micro}
3. IF {gas IS very stuffy} & {temp IS cold} & {hum IS dry} \rightarrow {pos IS micro}
4. IF {gas IS norm} & {temp IS norm} & {hum IS dry} \rightarrow {pos IS closed}
5. IF {gas IS stuffy} & {temp IS norm} & {hum IS dry} \rightarrow {pos IS micro}
6. IF {gas IS very stuffy} & {temp IS norm} & {hum IS dry} \rightarrow {pos IS opened}
7. IF {gas IS norm} & {temp IS hot} & {hum IS dry} \rightarrow {pos IS opened}
8. IF {gas IS stuffy} & {temp IS hot} & {hum IS dry} \rightarrow {pos IS opened}

9. IF {gas IS very stuffy} & {temp IS hot} & {hum IS dry} \rightarrow {pos IS full}
10. IF {gas IS norm} & {temp IS cold} & {hum IS norm} \rightarrow {pos IS closed}
11. IF {gas IS stuffy} & {temp IS cold} & {hum IS norm} \rightarrow {pos IS micro}
12. IF {gas IS very stuffy} & {temp IS cold} & {hum IS norm} \rightarrow {pos IS opened}
13. IF {gas IS norm} & {temp IS norm} & {hum IS norm} \rightarrow {pos IS closed}
14. IF {gas IS stuffy} & {temp IS norm} & {hum IS norm} \rightarrow {pos IS opened}
15. IF {gas IS very stuffy} & {temp IS norm} & {hum IS norm} \rightarrow {pos IS full}
16. IF {gas IS norm} & {temp IS hot} & {hum IS norm} \rightarrow {pos IS opened}
17. IF {gas IS stuffy} & {temp IS hot} & {hum IS norm} \rightarrow {pos IS full}
18. IF {gas IS very stuffy} & {temp IS hot} & {hum IS norm} \rightarrow {pos IS full}
19. IF {gas IS norm} & {temp IS cold} & {hum IS wet} \rightarrow {pos IS closed}
20. IF {gas IS stuffy} & {temp IS cold} & {hum IS wet} \rightarrow {pos IS micro}
21. IF {gas IS very stuffy} & {temp IS cold} & {hum IS wet} \rightarrow {pos IS micro}
22. IF {gas IS norm} & {temp IS norm} & {hum IS wet} \rightarrow {pos IS micro}
23. IF {gas IS stuffy} & {temp IS norm} & {hum IS wet} \rightarrow {pos IS opened}
24. IF {gas IS very stuffy} & {temp IS norm} & {hum IS wet} \rightarrow {pos IS full}
25. IF {gas IS norm} & {temp IS hot} & {hum IS wet} \rightarrow {pos IS opened}
26. IF {gas IS stuffy} & {temp IS hot} & {hum IS wet} \rightarrow {pos IS full}
27. IF {gas IS very stuffy} & {temp IS hot} & {hum IS wet} \rightarrow {pos IS full}

6 Фаззификация переменных

Для системы были выбраны функции принадлежности, которые соответствуют графикам на рис. 1 и рис. 2. Такой выбор обоснован тем, что изменение данных физических параметров происходит плавно, без резких скачков, поэтому в основном были использованы функции Гаусса.

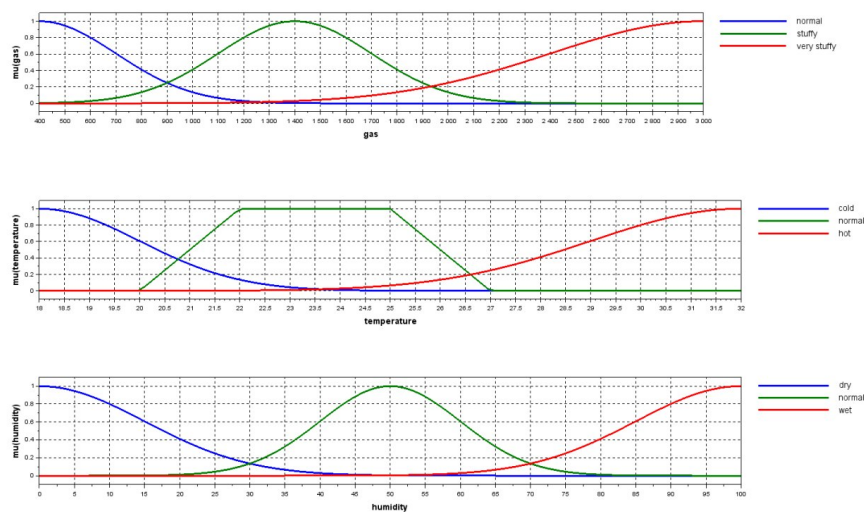


Рис. 1: Функции принадлежности для входных переменных

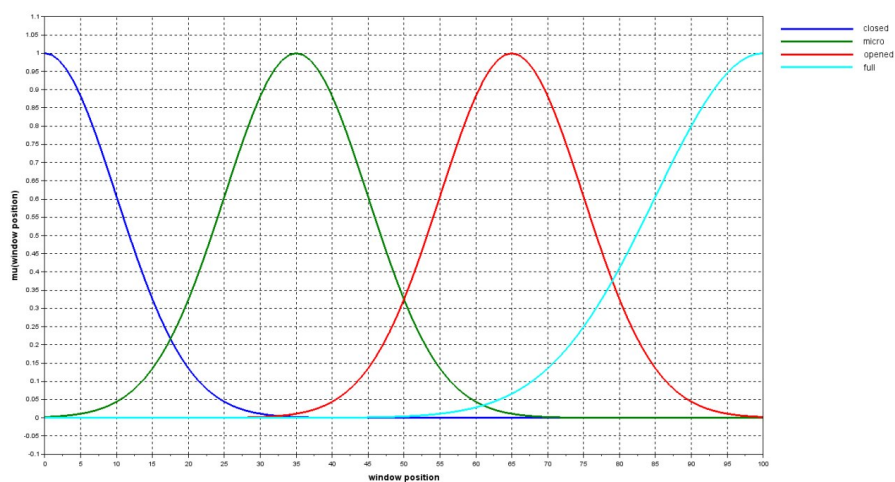


Рис. 2: Функции принадлежности для выходной переменной

Стоит отметить, что вычислять функцию Гаусса затратнее, чем треугольную или трапецивидную, и это может сказаться на скорости работы программы микроконтроллера. Но в нашем случае параметры меняются не очень быстро, опрос датчиков происходит раз в секунду, и в целом система очень инертна. Поэтому мы можем тратить время на долгое вычисление действий с числами с плавающей точкой.

7 SciLab и sciFLT

Построение данной системы производилось с помощью программы SciLab и пакета нечёткой логики sciFLT.

Сначала были заданы основные параметры системы, алгоритм решения и соответствующие нормы и методы (рис. 3).

Далее в систему были загружены входные и выходные переменные, а также функции их принадлежности (рис. 4).

Потом были заданы правила, по которым работает система (раздел 5).

The screenshot shows the 'Fuzzy Logic' configuration window in SciLab. It is divided into several sections:

- Description:** Parameter: 0.0
- Information:** name: fuzzy window, comment: smart house system
- Type:** ☐ Takagi-Sugeno, ☒ Mamdani
- S-Norm Class:** ☐ Dubois-Prade, ☐ Yager, ☐ Drastic sum, ☐ Einstein sum, ☐ Algebraic sum, ☒ Maximum. Parameter: 0.0
- T-Norm Class:** ☐ Dubois-Prade, ☐ Yager, ☐ Drastic product, ☐ Einstein product, ☐ Algebraic product, ☒ Minimum
- Complement:** ☒ One, ☐ Yager, ☐ Sugeno. Parameter: 0.0
- Implication Method:** ☐ Minimum, ☒ Product, ☐ Einstein Product
- Aggregation Method:** ☒ Maximum, ☐ Sum, ☐ Prob. OR, ☐ Einstein Sum
- Defuzzification Method:** ☒ Centroide, ☐ Bisector, ☐ Mean of Maximum, ☐ Shortest of Maximum, ☐ Largest of Maximum, ☐ Weighted Average, ☐ Weighted Sum

Рис. 3: Параметры SciLab

The image shows two screenshots of the 'EDIT VARIABLE' window in SciLab, used for defining fuzzy membership functions.

Left Screenshot (gas and humidity):

- Variable 1 (gas):** name: gas, range: 400.0 3000.0, Nro. Member Function: 3. Member functions: normal (gaussmf, 300 400), stuffy (gaussmf, 300 1400), very stuffy (gaussmf, 600 3000).
- Variable 2 (humidity):** name: humidity, range: 0.0 100.0, Nro. Member Function: 3. Member functions: dry (gaussmf, 15 0), normal (gaussmf, 10 50), wet (gaussmf, 15 100).

Right Screenshot (temperature and window position):

- Variable 3 (temperature):** name: temperature, range: 18.0 32.0, Nro. Member Function: 3. Member functions: cold (gaussmf, 2 18), normal (trapmf, 20 22 25 27), hot (gaussmf, 3 32).
- Variable 4 (window position):** name: window position, range: 0 100, Nro. Member Function: 4. Member functions: closed (gaussmf, 10 0), micro (gaussmf, 10 35), opened (gaussmf, 10 65), full (gaussmf, 15 100).

Рис. 4: Параметры функций принадлежности

По итогу были получены различные графики, которые показывают, как будет работать система, отрывать и закрываться окно, в зависимости от различных входных параметров. Примеры на рис. 5, рис. 6, рис. 7.

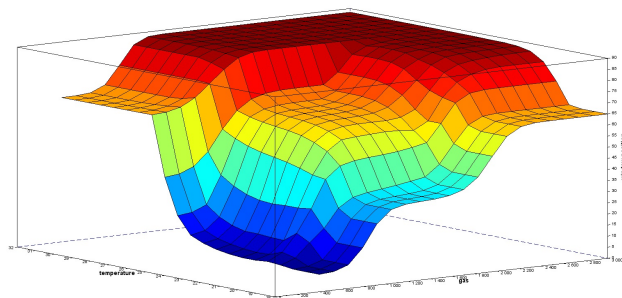


Рис. 5: График работы при относительной влажности равной 50%

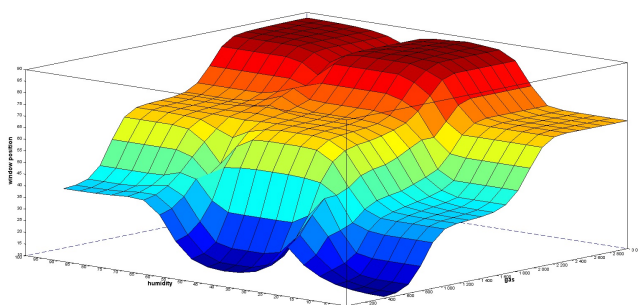


Рис. 6: График работы при температуре 23°C

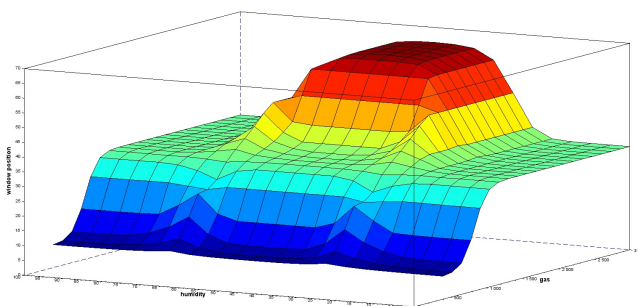


Рис. 7: График работы при температуре 18°C

На двух последних графиках видно, как бы работала система при двух принципиально разных температурах окружающей среды, холодной и нормальной.

8 Реализация нечёткой логики на МК

В данном устройстве используются два датчика, дисплей, энкодер и микроконтроллер. Дисплей и энкодер нужны для вывода и переключения информации, которую наша система получает или генерирует.

Есть 4 экрана, между которыми можно переключаться: текущая температура, текущая влажность, показания датчика газа и процент открытия окна. Переключение между экранами производится с помощью абсолютного энкодера.

Датчики опрашиваются один раз в секунду, неблокирующим методом. Также каждую секунду решается, насколько надо открыть окно.

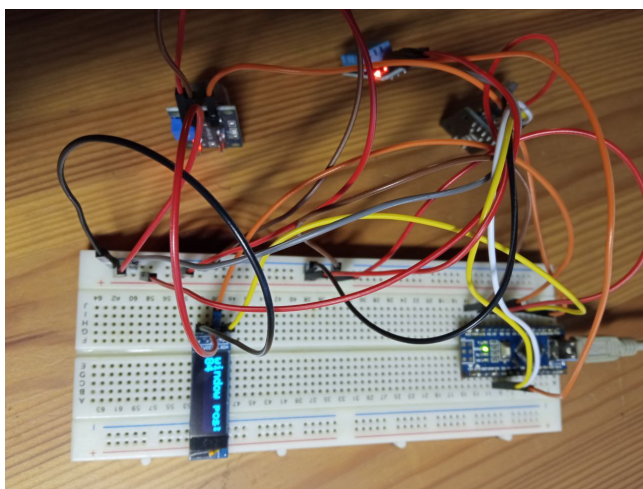


Рис. 8: Реализация описываемого устройства

Теперь расскажу о реализации алгоритма Мандани.

Сначала производится фаззификация входных переменных. Для каждой заводится массив, в который записываются значения функций принадлежности при полученном значении.

Дальше идёт этап агрегирования подусловий. Для этого заводим двумерный массив, в котором у нас будут храниться правила. Каждая ячейка массива это одно правило, сохранённое в виде массива: $[0, 1, 2, 3]$, где каждая цифра обозначает номер терма из терм-множества. Первый элемент - уровень углекислого газа, второй - температура, третий - влажность, четвёртый - процент открытия окна. Для каждого правила вычисляем значение левой части, как минимум из соответствующих значений функций принадлежности.

Далее идёт этап активизации подзаключений и аккумуляции значений. Снова проходим по массиву правил, но теперь смотрим на максимальное значение левых частей правила для каждого терма из терм-множества состояний окна. Таким образом для каждой из четырёх функций принадлежности

состояния окна находим верхнюю грань, выше которой мы значение не рассматриваем.

Потом запускаю цикл от 0 до 100 включительно, с шагом 1, так как открытия окна измеряется в процентах, а это дискретное значение. На каждом шагу цикла смотрим, не превысило ли значение конкретной функции принадлежности значения, полученного ранее, если превысило, то мы его ограничиваем, если нет, то сравниваем итоговые значения четырёх функций принадлежности и выбираем максимальное. Получаем итоговое нечёткое множество.

Остаётся только этап дефаззификации с помощью метода центроид. Вычисляем значение по формуле:

$$y = \frac{\int u \cdot \mu(u) du}{\int \mu(u) du}$$

Где $\mu(u)$ - функция, описывающая итоговое нечёткое множество.

Для интегрирования используем метод прямоугольников. Получается не очень точно, но с учётом того, какие у нас датчики на это можно не обращать внимания. Таким образом получаем значение, насколько надо открыть окно, чтобы сделать в комнате оптимальную атмосферу.

Код доступен по ссылке https://github.com/egorka001/Fuzzy_Logic

9 Вывод

После выполнения данной работы, можно сделать вывод, что с помощью нечётких логик можно описывать различные системы для умного дома, которые контролируют параметры окружающей среды. Также была приведена конкретная реализация “умного” устройства.

10 Список источников

1. Леоненков А.В. Нечёткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH.