

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций
Российской Федерации

Ордена Трудового Красного Знамени

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

МОСКОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ СВЯЗИ И
ИНФОРМАТИКИ

Кафедра «Теории вероятности и прикладной математики»

Нечеткая логика

Индивидуальный проект

«Оценка качества атмосферного воздуха»

Выполнил:

Студент группы МБД2131

Коломиченко А.Н.

Проверила:

Скородумова Е.А.

Москва, 2022

Задание:

- Выбрать объект нечеткого управления. Привести полное словесное описание выбранной модели. Описать входные (не менее трех) и выходные переменные.
- Рассмотреть различные варианты функций принадлежности для каждой из переменных. Проанализировать полученные результаты.
- Составить базу правил (не менее 30 и не более 60 правил).
- Реализовать модель в любой программной среде
- Оформить отчет, который должен содержать:
 - Описание задачи;
 - Для каждой переменной все рассмотренные варианты функций принадлежности;
 - Обоснование конечного выбора функций принадлежности;
 - Скриншоты реализации в выбранной программной среде;

Выполнение:

В ходе этой работы произведём попытку построения и использования системы прогнозирования качества (чистоты) атмосферного воздуха.

Есть 4 степени загрязнённости воздуха:

- Чистый
- Удовлетворительно чистый
- Слабо загрязненный
- Очень загрязненный

В таблице приведены нормы для каждой категории каждого рассматриваемого показателя, данные показатели нормы могут пересекаться, откуда и появляется доля нечеткости определения качества воздуха.

Применяемые показатели:

Показатель	Норма
Концентрация CO ₂ ,%	<ul style="list-style-type: none">- Чистый - До 0,07- Удовлетворительно чистый - До 0,1- Слабо загрязненный - До 0,15- Очень загрязненный - Свыше 0,15

Окисляемость, МГ В 1 М ³	- Чистый - До 4 - Удовлетворительно чистый - До 6 - Слабо загрязненный - До 10 - Очень загрязненный - До 20
Стрептококков в 1м ³	- Чистый - До 10 - Удовлетворительно чистый - До 40 - Слабо загрязненный - До 120 - Очень загрязненный - Свыше 120
Стафилококков в 1м ³	- Чистый - До 75 - Удовлетворительно чистый - До 100 - Слабо загрязненный - До 150 - Очень загрязненный - Свыше 150

Описание показателей:

1. Концентрация CO₂

Концентрация CO₂ – один из основных показателей чистоты воздуха. Высокое содержание CO₂ в воздухе говорит нам о том, что воздух не пригоден для дыхания.

2. Окисляемость

Чем выше окисляемость воздуха, тем больше в ней находится продуктов разложений живой и неживой природы. Органические вещества в чистом виде не представляют угрозы для здоровья и жизни человека, но они крайне вредны при взаимодействии с железом и марганцем, так как данный состав с трудом поддается фильтрации, препятствует дезинфекции и образует побочные продукты.

3. Стрептококк

Стрептококки (лат. Streptococcus; от греч. στρεπτός — «цепочка» и греч. κόκκος — «зерно») — род шаровидных или овоидных аспорогенных (не образуют споры) грамположительных хемоорганотрофных факультативно-анаэробных бактерий из семейства Streptococcaceae. Паразиты животных и человека. Обитают в дыхательных и пищеварительных путях, особенно в полости рта, носа, в толстом кишечнике. Необходимо не привисить количество бактерии содержащихся в воздухе, чтобы не спровоцировать заболевания у человека.

4. Стафилококк

Стафилококки (лат. Staphylococcus, от др.-греч. σταφυλή ‘виноградная гроздь’ и κόκκος ‘зерно, ягода’) — род бактерий семейства Staphylococcaceae. Данные бактерии стимулируют у людей воспалительные процессы, особенно,

если у человека имеются открытые раны. За количеством стафилококков особенно сильно следят в больницах и хирургии.

Выберем входные переменные:

- Концентрация CO₂

- Очень низкое

- Низкое

- Среднее

- Высокое

- Окисляемость

- Очень низкое

- Низкое

- Среднее

- Высокое

- Стрептококк

- Очень низкое

- Низкое

- Среднее

- Высокое

- Стафилококк

- Очень низкое

- Низкое

- Среднее

- Высокое

Выходные параметры:

- Чистый воздух

- Да

- Нет

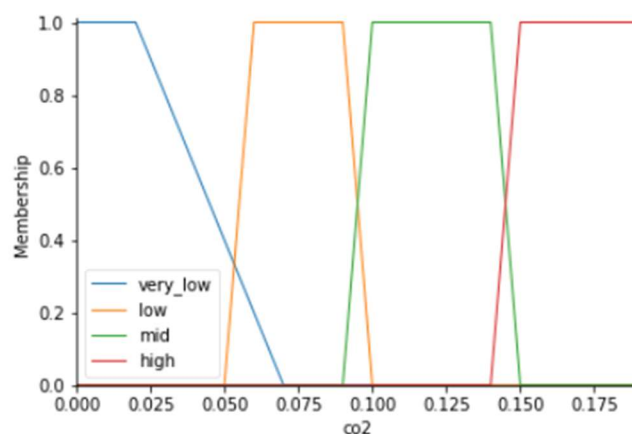
- Степень загрязненности воздуха

- Чистый
- Удовлетворительно чистый
- Слабо загрязненный
- Очень загрязненный

Необходимо составить графики функции принадлежности. В силу того, что входные переменные имеют достаточно маленькие диапазоны, было принято решение выбрать линейные функции и функции с наименьшей степенью искажения, чтобы не создавать «шум».

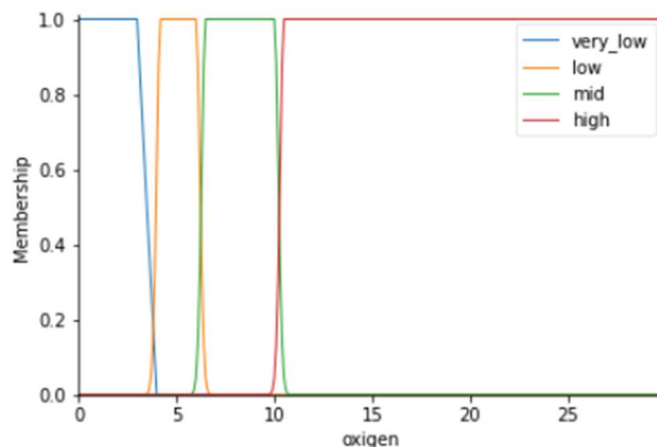
Концентрация CO2

```
co2['very_low'] = trapezoid(co2.universe, -1, 0, 0.02, 0.07)
co2["low"] = skf.gauss2mf(co2.universe, 0.06, 0.001, 0.095, 0.001)
co2["mid"] = skf.gauss2mf(co2.universe, 0.1, 0.001, 0.145, 0.001)
co2["high"] = skf.gauss2mf(co2.universe, 0.15, 0.001, 0.3, 0.001)
```



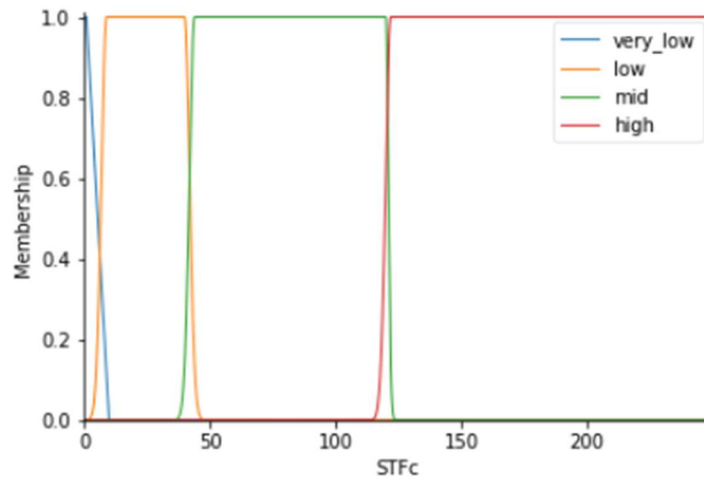
Окисляемость

```
oxigen['very_low'] = trapezoid(oxigen.universe, -1, 0, 3, 4)
oxigen["low"] = skf.gauss2mf(oxigen.universe, 4.2, 0.2, 6, 0.2)
oxigen["mid"] = skf.gauss2mf(oxigen.universe, 6.5, 0.2, 10, 0.2)
oxigen["high"] = skf.gauss2mf(oxigen.universe, 10.5, 0.2, 30, 0.2)
```



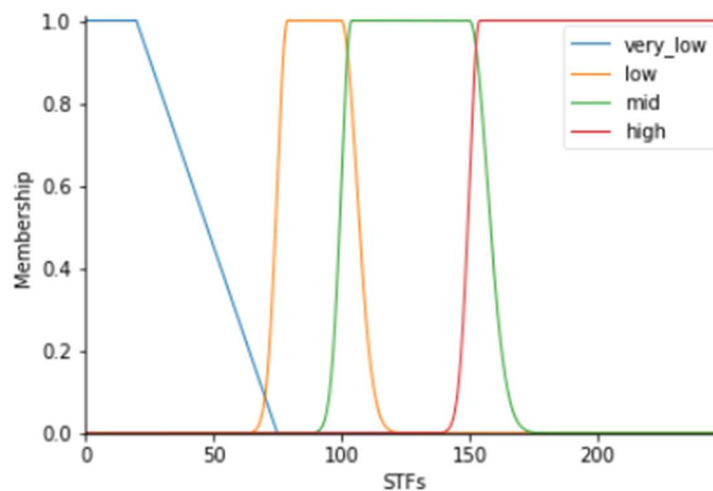
Стрептококк

```
STFc['very_low'] = trapezoid(STFc.universe, -1, 0, 1, 10)
STFc["low"] = skf.gauss2mf(STFc.universe, 9, 2, 40, 2)
STFc["mid"] = skf.gauss2mf(STFc.universe, 44, 2, 120, 1)
STFc["high"] = skf.gauss2mf(STFc.universe, 122, 2, 300, 2)
```



Стафилококк

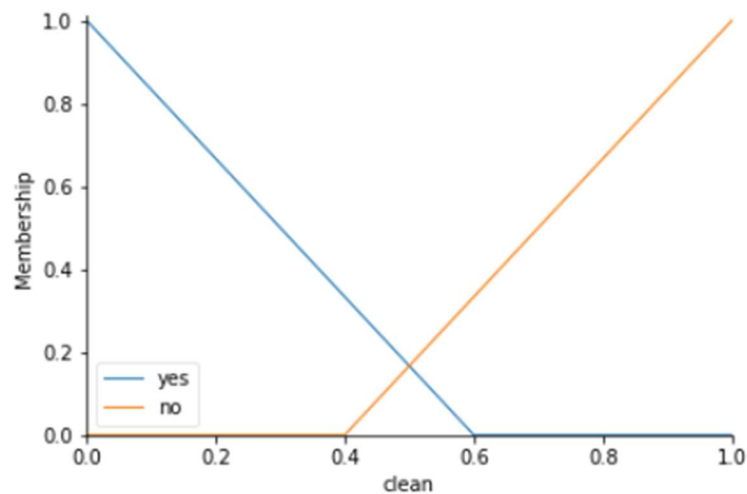
```
STFs['very_low'] = trapezoid(STFs.universe, -1, 0, 20, 75)
STFs["low"] = skf.gauss2mf(STFs.universe, 79, 4, 100, 6)
STFs["mid"] = skf.gauss2mf(STFs.universe, 104, 4, 150, 7)
STFs["high"] = skf.gauss2mf(STFs.universe, 154, 4, 300, 7)
```



Определено две выходных переменных. Графики для них будут элементарными. Выходными переменными является сам факт чистоты воздуха и уровень загрязнения воздуха с определенными критериями.

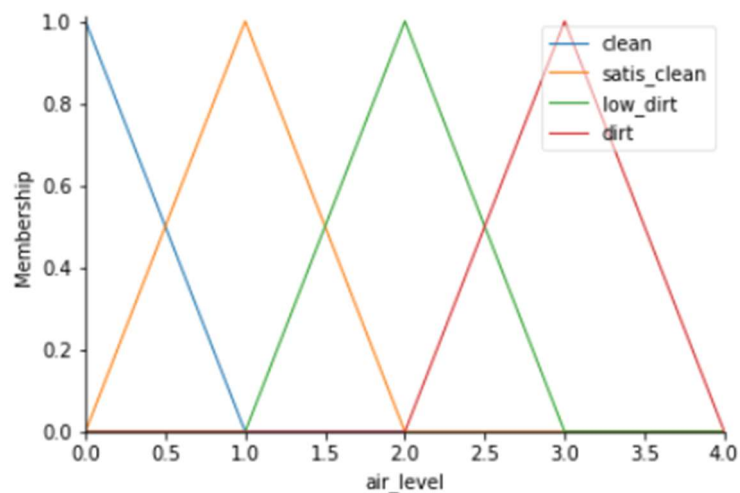
Чистота воздуха

```
clean['yes'] = trapezoid(clean.universe, -1, 0, 0, 0.6)
clean['no'] = trapezoid(clean.universe, 0.4, 1, 1, 2)
```



Степень загрязненности воздуха

```
air_level['clean'] = trapezoid(air_level.universe, -1, 0, 0, 1)
air_level['satis_clean'] = trapezoid(air_level.universe, 0, 1, 1, 2)
air_level['low_dirt'] = trapezoid(air_level.universe, 1, 2, 2, 3)
air_level['dirt'] = trapezoid(air_level.universe, 1, 3, 3, 4)
```



На основе собранной информации, мы можем составить базу правил для данной системы.

1. Если концентрация CO2 Очень Низкая И стрептококк Низкая И стафилококк Низкий И окисляемость Средняя, то воздух – чистый категории чистый
2. Если концентрация CO2 Низкая И стрептококк Средний И стафилококк Средний И окисляемость Высокая, то воздух удовлетворительно чистый

3. Если концентрация CO₂ Низкая И стрептококк Низкая И стафилококк Низкий И окисляемость Средняя, то воздух удовлетворительно чистый
4. Если концентрация CO₂ Низкая И стрептококк Средний И стафилококк Низкий И окисляемость Средняя, то воздух удовлетворительно чистый
5. Если концентрация CO₂ Низкая И стрептококк Низкая И стафилококк Средний И окисляемость Средняя, то воздух удовлетворительно чистый
6. Если концентрация CO₂ Очень низкая И стрептококк Низкая И стафилококк Средний И окисляемость Средняя, то воздух удовлетворительно чистый
7. Если концентрация CO₂ Очень низкая И стрептококк Средний И стафилококк Средний И окисляемость Высокая, то воздух удовлетворительно чистый
8. Если концентрация CO₂ Очень низкая И стрептококк Низкая И стафилококк Низкий И окисляемость Средняя, то воздух удовлетворительно чистый
9. Если концентрация CO₂ Очень низкая И стрептококк Средний И стафилококк Низкий И окисляемость Средняя, то воздух удовлетворительно чистый
10. Если концентрация CO₂ Средняя И стрептококк Высокая И стафилококк Средний И окисляемость Высокая, то воздух Слабо загрязненный
11. Если концентрация CO₂ Низкая И стрептококк Высокая И стафилококк Средний И окисляемость Высокая, то воздух Слабо загрязненный
12. Если концентрация CO₂ Средняя И стрептококк Низкая И стафилококк Низкий И окисляемость Средняя, то воздух Слабо загрязненный
13. Если концентрация CO₂ Низкая И стрептококк Средний И стафилококк Средний И окисляемость Высокая, то воздух Слабо загрязненный
14. Если концентрация CO₂ Низкая И стрептококк Низкая И стафилококк Низкий И окисляемость Высокая, то воздух Слабо загрязненный
15. Если концентрация CO₂ Низкая И стрептококк Средний И стафилококк Низкий И окисляемость Высокая, то воздух Слабо загрязненный
16. Если концентрация CO₂ Низкая И стрептококк Низкая И стафилококк Средний И окисляемость Высокая, то воздух Слабо загрязненный
17. Если концентрация CO₂ Очень низкая И стрептококк Низкая И стафилококк Средний И окисляемость Высокая, то воздух Слабо загрязненный

18. Если концентрация CO₂ Очень низкая И стрептокок Средний И стафилокок Средний И окисляемость Высокая, то воздух Слабо загрязненный
19. Если концентрация CO₂ Очень низкая И стрептокок Низкая И стафилокок Низкий И окисляемость Высокая, то воздух Слабо загрязненный
20. Если концентрация CO₂ Очень низкая И стрептокок Средний И стафилокок Низкий И окисляемость Высокая, то воздух Слабо загрязненный
21. Если концентрация CO₂ Низкая И стрептокок Высокая И стафилокок Низкий И окисляемость Средняя, то воздух Слабо загрязненный
22. Если концентрация CO₂ Низкая И стрептокок Высокая И стафилокок Низкий И окисляемость Средняя, то воздух Слабо загрязненный
23. Если концентрация CO₂ Низкая И стрептокок Высокая И стафилокок Средний И окисляемость Средняя, то воздух Слабо загрязненный
24. Если концентрация CO₂ Очень низкая И стрептокок Высокий И стафилокок Средний И окисляемость Средняя, то воздух Слабо загрязненный
25. Если концентрация CO₂ Очень низкая И стрептокок Высокий И стафилокок Средний И окисляемость Высокая, то воздух Слабо загрязненный
26. Если концентрация CO₂ Очень низкая И стрептокок Высокий И стафилокок Низкий И окисляемость Средняя, то воздух Слабо загрязненный
27. Если концентрация CO₂ Высокая И стрептокок Очень низкая И стафилокок Очень низкий И окисляемость Низкий, то воздух загрязнён
28. Если концентрация CO₂ Высокая И стрептокок Высокая И стафилокок Высокий И окисляемость Очень высокий, то воздух загрязнён
29. Если концентрация CO₂ Высокая И стрептокок Высокая И стафилокок Высокий И окисляемость Очень высокий, то воздух загрязнён
30. Если концентрация CO₂ Высокая И стрептокок Низкая И стафилокок Высокий И окисляемость Очень высокий, то воздух загрязнён
31. Если концентрация CO₂ Средняя И стрептокок Средний И стафилокок Очень низкий И окисляемость Очень высокий, то воздух загрязнён

32. Если концентрация CO2 Очень низкая И стрептококк Очень низкая И стафилококк Очень низкий И окисляемость Очень высокий, то воздух загрязнён

33. Если концентрация CO2 Высокая И стрептококк Высокая И стафилококк Низкий И окисляемость Низкий, то воздух загрязнён

34. Если концентрация CO2 Высокая И стрептококк Высокая И стафилококк Низкий И окисляемость Очень высокий, то воздух загрязнён

35. Если концентрация CO2 Очень низкая И стрептококк Очень низкая И стафилококк Очень низкая И окисляемость Высокая, то воздух загрязнён

Список правил в программной среде:

```
rule1 = ctrl.Rule(co2['very_low'] | STFc['low'] | STFs['low'] | oxygen['mid'],
                  [clean['yes'], air_level['clean']]))

rule2 = ctrl.Rule(co2['low'] | STFc['mid'] | STFs['mid'] | oxygen['mid'],
                  [clean['yes'], air_level['satis_clean']]))
rule3 = ctrl.Rule(co2['low'] | STFc['low'] | STFs['low'] | oxygen['mid'],
                  [clean['yes'], air_level['satis_clean']]))
rule4 = ctrl.Rule(co2['low'] | STFc['mid'] | STFs['low'] | oxygen['mid'],
                  [clean['yes'], air_level['satis_clean']]))
rule5 = ctrl.Rule(co2['low'] | STFc['low'] | STFs['mid'] | oxygen['mid'],
                  [clean['yes'], air_level['satis_clean']]))
rule6 = ctrl.Rule(co2['very_low'] | STFc['low'] | STFs['mid'] | oxygen['mid'],
                  [clean['yes'], air_level['satis_clean']]))
rule7 = ctrl.Rule(co2['very_low'] | STFc['mid'] | STFs['mid'] | oxygen['mid'],
                  [clean['yes'], air_level['satis_clean']]))
rule8 = ctrl.Rule(co2['very_low'] | STFc['low'] | STFs['low'] | oxygen['mid'],
                  [clean['yes'], air_level['satis_clean']]))
rule9 = ctrl.Rule(co2['very_low'] | STFc['mid'] | STFs['low'] | oxygen['mid'],
                  [clean['yes'], air_level['satis_clean']]))

rule10 = ctrl.Rule(co2['mid'] | STFc['mid'] | STFs['mid'] | oxygen['high'],
                  [clean['yes'], air_level['low_dirt']]))
rule11 = ctrl.Rule(co2['low'] | STFc['mid'] | STFs['mid'] | oxygen['mid'],
                  [clean['yes'], air_level['low_dirt']]))
rule12 = ctrl.Rule(co2['mid'] | STFc['low'] | STFs['low'] | oxygen['mid'],
                  [clean['yes'], air_level['low_dirt']]))
rule13 = ctrl.Rule(co2['low'] | STFc['mid'] | STFs['mid'] | oxygen['high'],
                  [clean['yes'], air_level['low_dirt']]))
rule14 = ctrl.Rule(co2['low'] | STFc['low'] | STFs['low'] | oxygen['high'],
                  [clean['yes'], air_level['low_dirt']]))
rule15 = ctrl.Rule(co2['low'] | STFc['mid'] | STFs['low'] | oxygen['high'],
                  [clean['yes'], air_level['low_dirt']]))
rule16 = ctrl.Rule(co2['low'] | STFc['low'] | STFs['mid'] | oxygen['high'],
                  [clean['yes'], air_level['low_dirt']]))
rule17 = ctrl.Rule(co2['very_low'] | STFc['low'] | STFs['mid'] | oxygen['high'],
                  [clean['yes'], air_level['low_dirt']]))
rule18 = ctrl.Rule(co2['very_low'] | STFc['mid'] | STFs['mid'] | oxygen['high'],
                  [clean['yes'], air_level['low_dirt']]))
rule19 = ctrl.Rule(co2['very_low'] | STFc['low'] | STFs['low'] | oxygen['high'],
                  [clean['yes'], air_level['low_dirt']]))
rule20 = ctrl.Rule(co2['very_low'] | STFc['mid'] | STFs['low'] | oxygen['high'],
                  [clean['yes'], air_level['low_dirt']]))
rule21 = ctrl.Rule(co2['low'] | STFc['mid'] | STFs['low'] | oxygen['mid'],
                  [clean['yes'], air_level['low_dirt']]))
rule23 = ctrl.Rule(co2['low'] | STFc['mid'] | STFs['mid'] | oxygen['mid'],
                  [clean['yes'], air_level['low_dirt']]))
rule24 = ctrl.Rule(co2['very_low'] | STFc['mid'] | STFs['mid'] | oxygen['mid'],
                  [clean['yes'], air_level['low_dirt']]))
rule25 = ctrl.Rule(co2['very_low'] | STFc['mid'] | STFs['mid'] | oxygen['mid'],
                  [clean['yes'], air_level['low_dirt']]))
rule26 = ctrl.Rule(co2['very_low'] | STFc['mid'] | STFs['low'] | oxygen['mid'],
                  [clean['yes'], air_level['low_dirt']]))
```

```

rule27 = ctrl.Rule(co2['high'] | STFc['very_low'] | STFs['very_low'] | oxygen['low'],
                  [clean['no']])
rule28 = ctrl.Rule(co2['high'] | STFc['high'] | STFs['high'] | oxygen['high'],
                  [clean['no']])
rule29 = ctrl.Rule(co2['high'] | STFc['low'] | STFs['high'] | oxygen['high'],
                  [clean['no']])
rule30 = ctrl.Rule(co2['mid'] | STFc['mid'] | STFs['very_low'] | oxygen['high'],
                  [clean['no']])
rule31 = ctrl.Rule(co2['very_low'] | STFc['very_low'] | STFs['very_low'] | oxygen['high'],
                  [clean['no']])
rule32 = ctrl.Rule(co2['high'] | STFc['mid'] | STFs['low'] | oxygen['low'],
                  [clean['no']])
rule33 = ctrl.Rule(co2['high'] | STFc['mid'] | STFs['low'] | oxygen['high'],
                  [clean['no']])
rule34 = ctrl.Rule(co2['very_low'] | STFc['very_low'] | STFs['very_low'] | oxygen['high'],
                  [clean['no']])

```

Примеры работы системы:

Пример №1

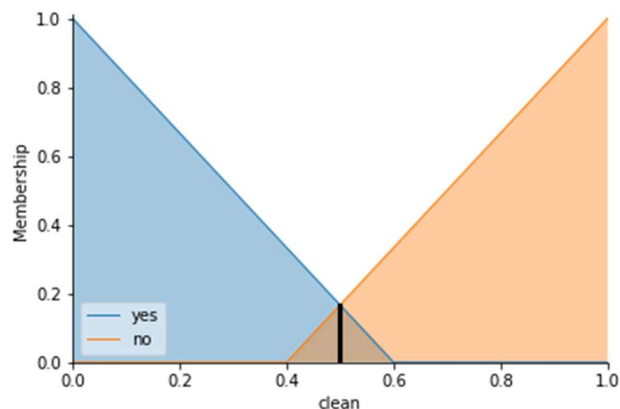
```

# Проверка системы
marking.input['co2'] = 0.06
marking.input['STFc'] = 5
marking.input['STFs'] = 20
marking.input['oxygen'] = 3
marking.compute()

print(marking.output['clean'])
clean.view(sim=marking)

```

0.4999999999999999

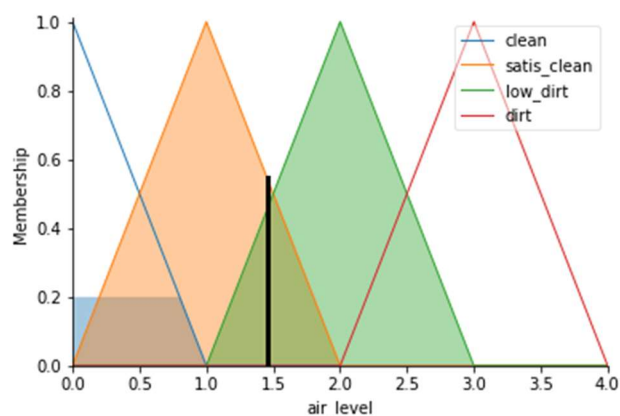


```

print(marking.output['air_level'])
air_level.view(sim=marking)

```

1.4525641025641027

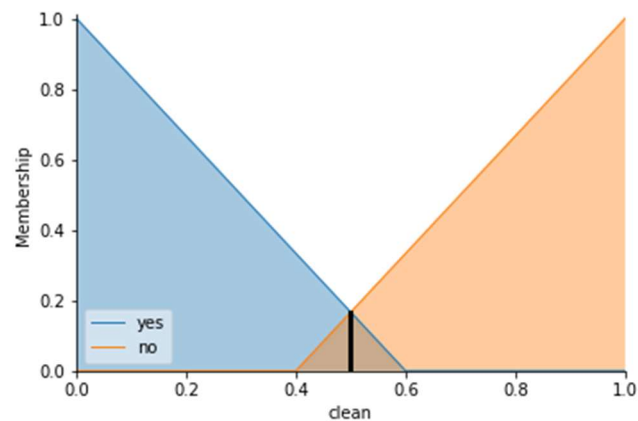


Пример №2

```
# Проверка системы
marking.input['co2'] = 0.1
marking.input['STFc'] = 18
marking.input['STFs'] = 45
marking.input['oxygen'] = 20
marking.compute()

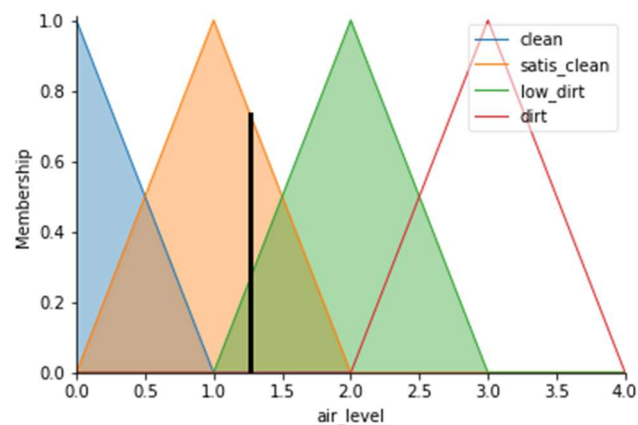
print(marking.output['clean'])
clean.view(sim=marking)
```

0.4999999999999999



```
print(marking.output['air_level'])
air_level.view(sim=marking)
```

1.2666666666666668

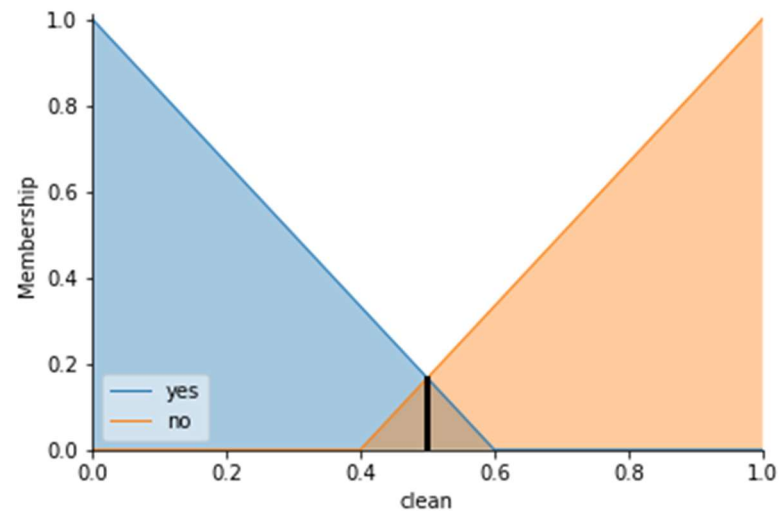


Пример №3

```
# Проверка системы
marking.input['co2'] = 0.12
marking.input['STFc'] = 30
marking.input['STFs'] = 100
marking.input['oxygen'] = 25
marking.compute()

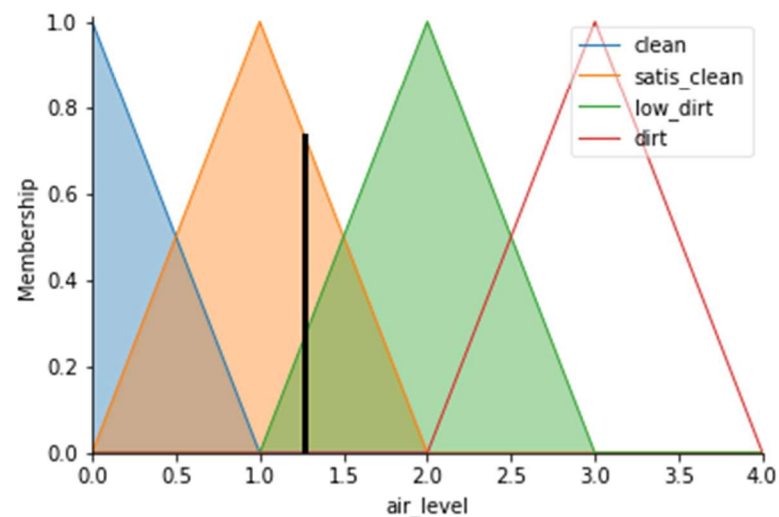
print(marking.output['clean'])
clean.view(sim=marking)
```

0.4999999999999999



```
print(marking.output['air_level'])  
air_level.view(sim=marking)
```

1.2666666666666668



По демонстрации работы системы можно сделать вывод о недостаточности базы правил для определения степени загрязненности и чистоты воздуха. Возможным решением может стать переопределение функций принадлежности входных переменных.

Файлы программной части находятся в репозитории GitHub по адресу:

<https://github.com/nemelkiy/flogic>