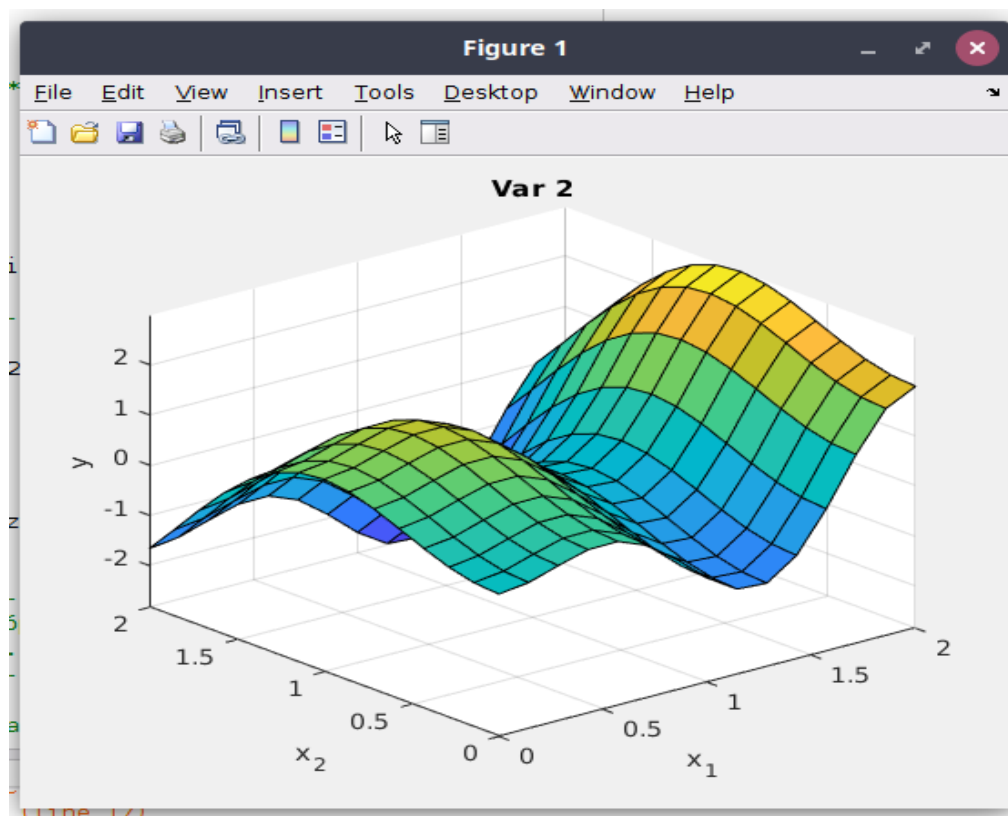


1. Борискин М.А.
2. 3341506/90401
3. 23.10.2020
4. Нечеткая аппроксимация нелинейных зависимостей с использованием пакета Fuzzy Logic Toolbox в интерактивном режиме.
5. Изучить особенности нечеткого моделирования в вычислительной среде Matlab. Приобрести навыки разработки систем нечеткого вывода в интерактивном режиме с использованием пакета расширения Fuzzy Logic Toolbox.
6. Нелинейная зависимость для нечеткой аппроксимации:

$$y = x_1 \cdot \sin(4 \cdot x_1) + 1,1 \cdot x_2 \cdot \sin(2 \cdot x_2),$$

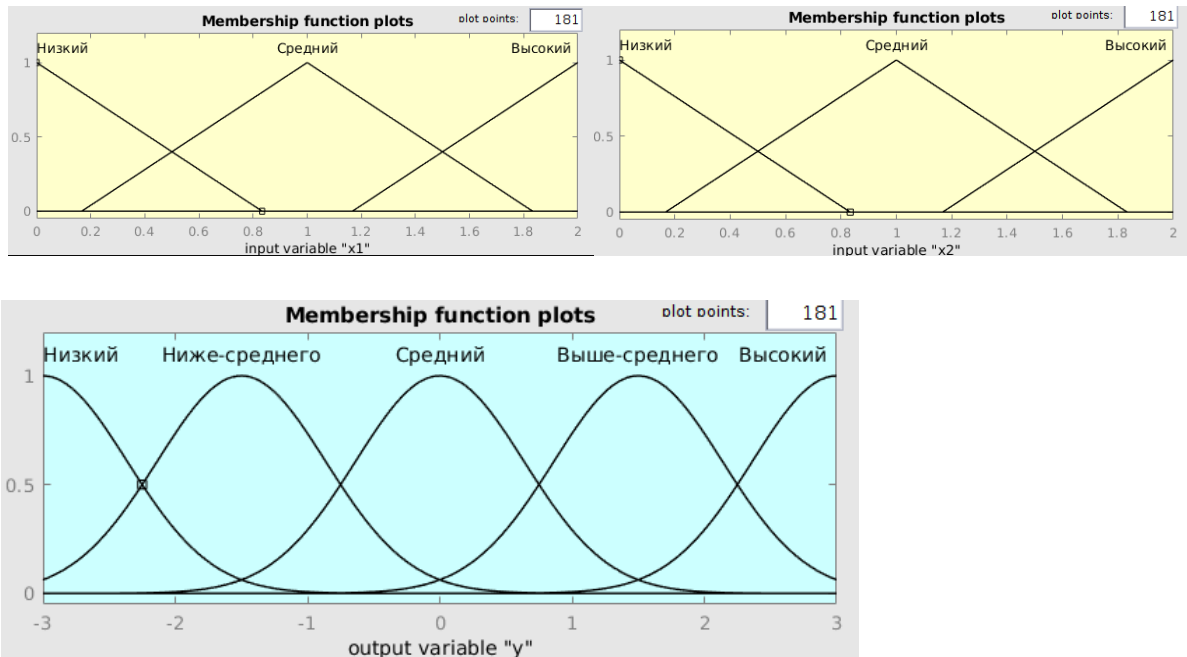
$$x_1 \in [0, 2]; \quad x_2 \in [0, 2].$$

7. График исходной зависимости:

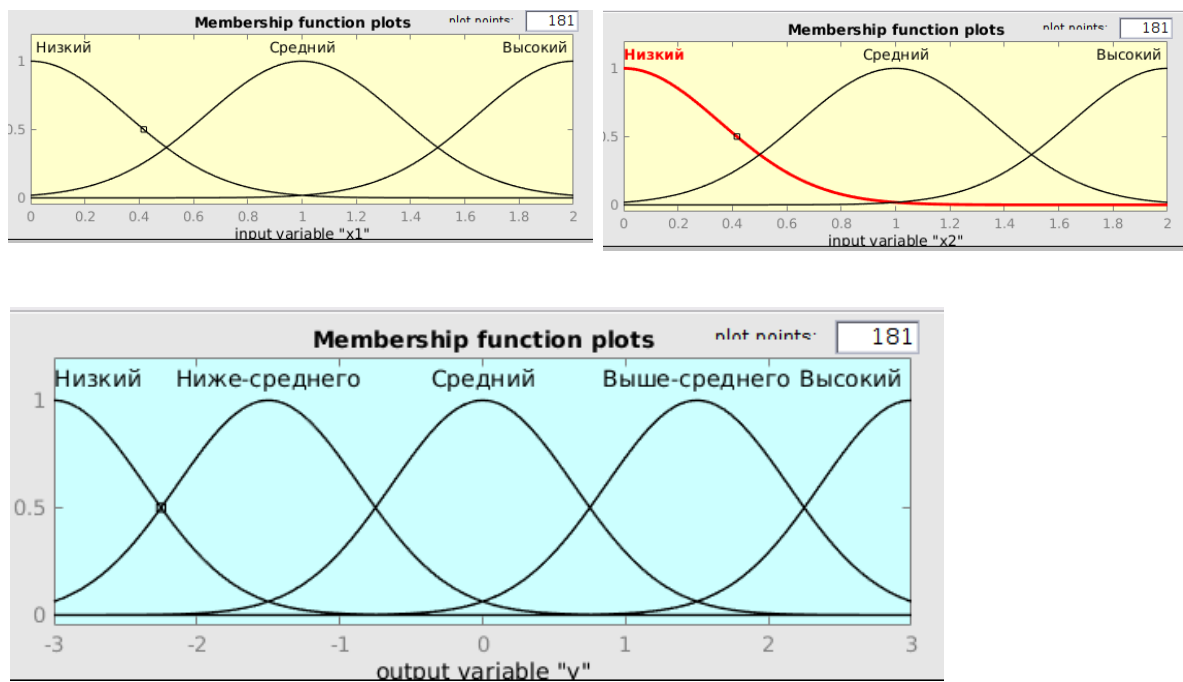


8. Графики функций принадлежности термов входных и выходной (для системы Мамдани) переменных:

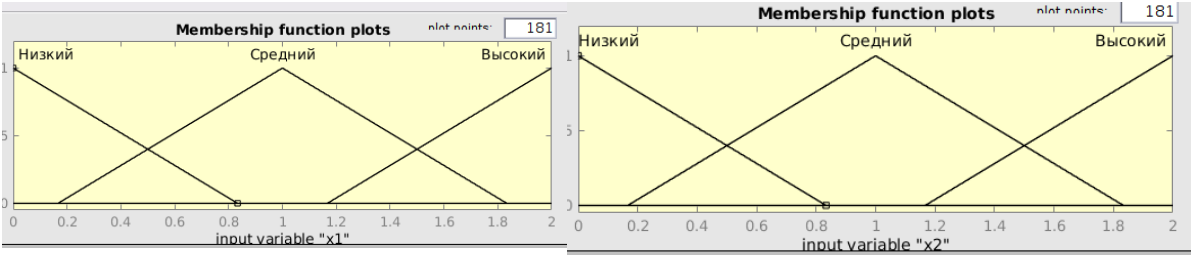
Мамдани-треуг.:



Мамдани-Гаусс.:

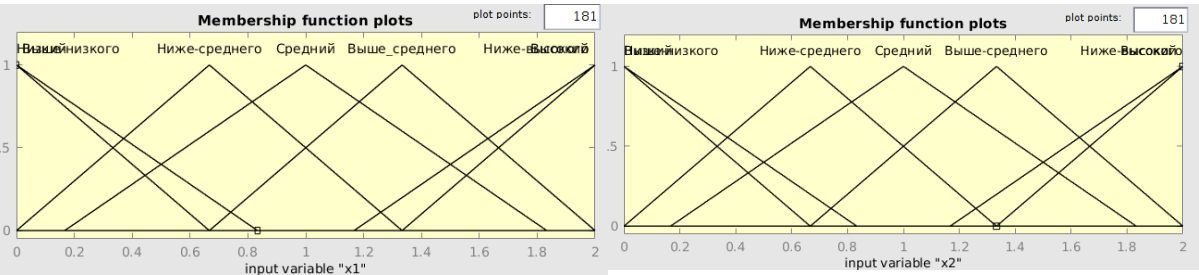


Сугено:

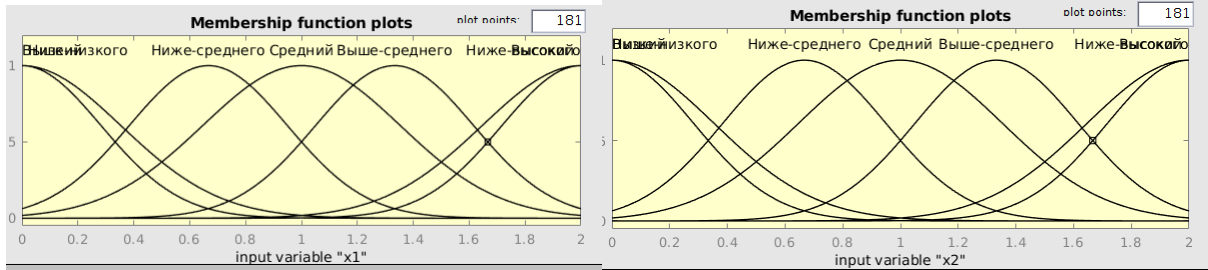


При увеличении количества термов в описании входных переменных до 7:

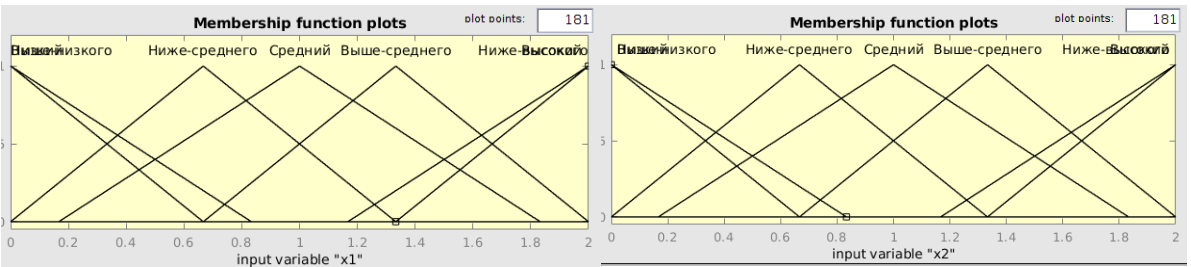
Мамдани-треуг.:



Мамдани-Гаусс.:

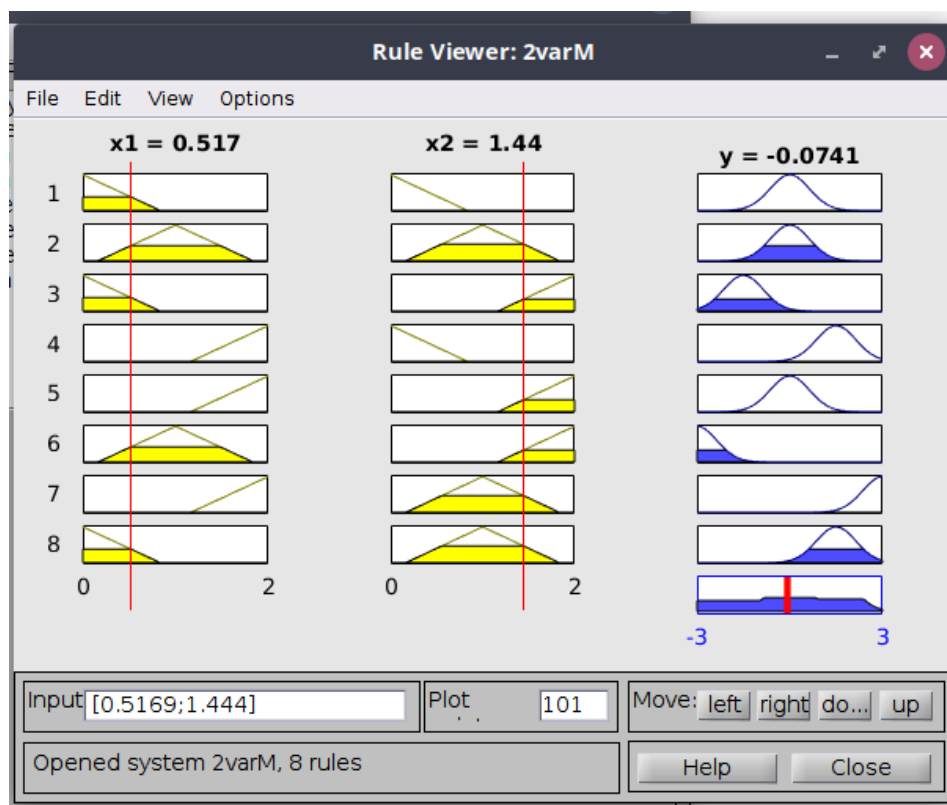
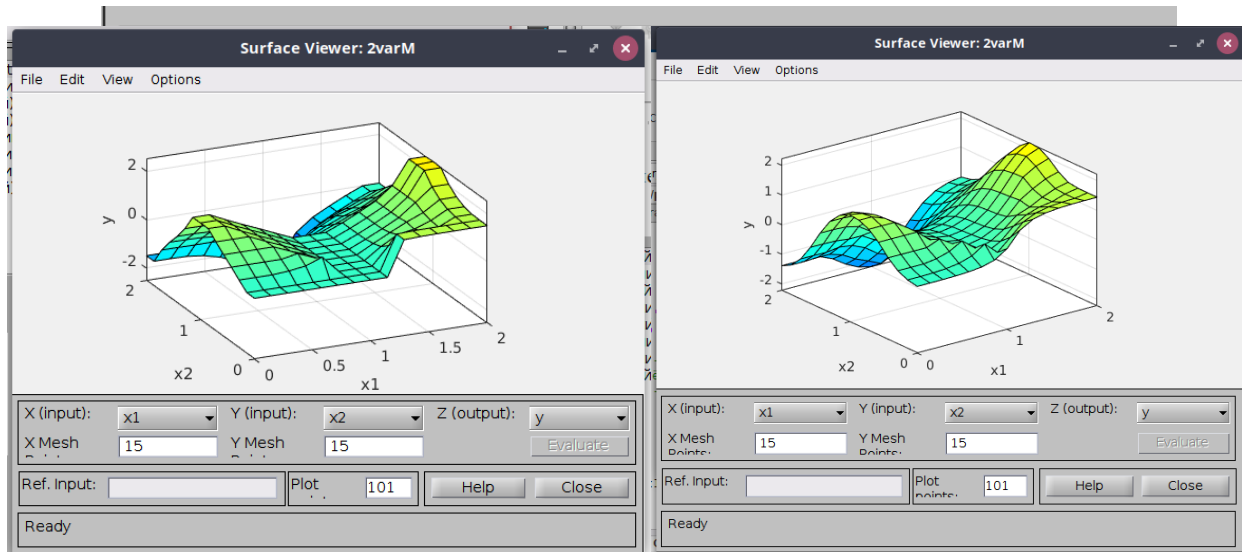


Сугено:

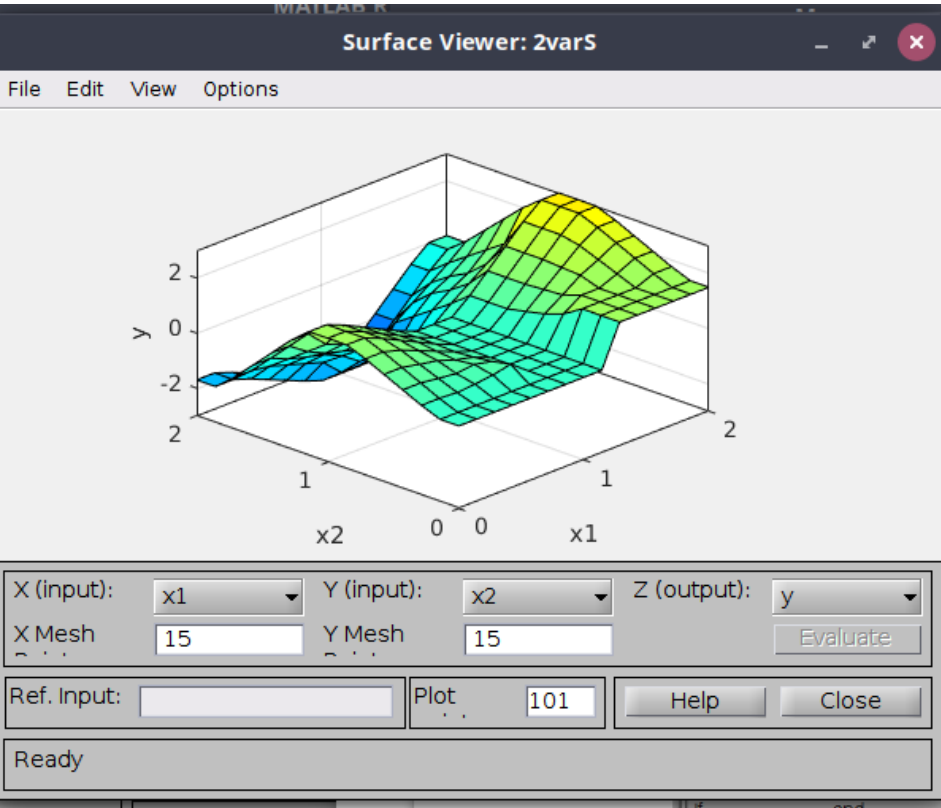
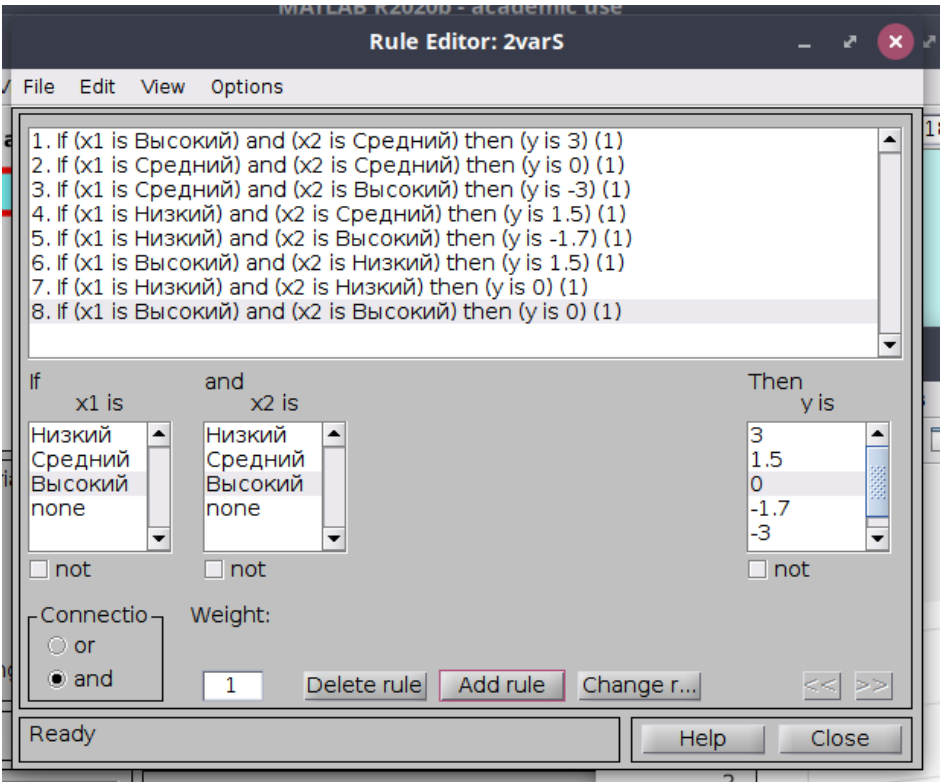


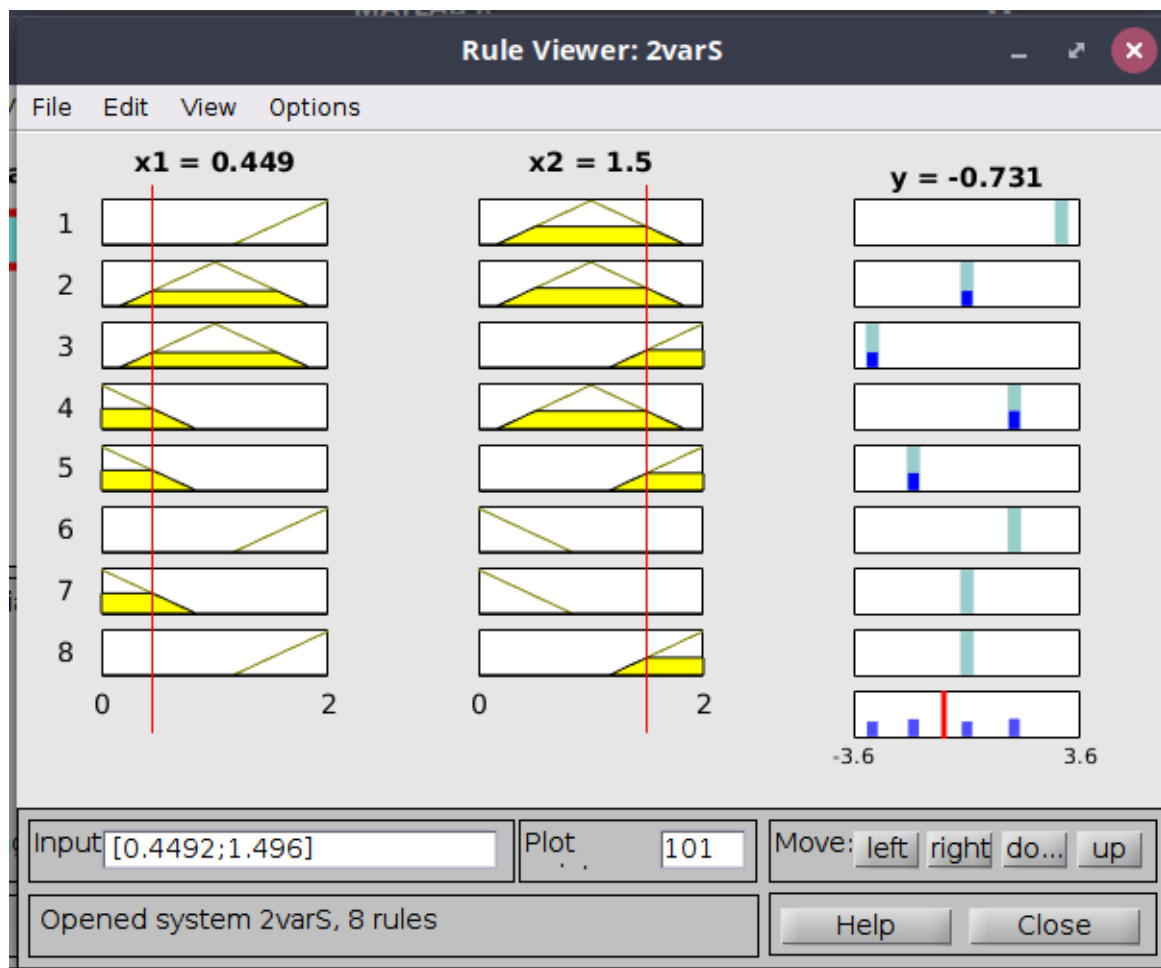
## 9. Базы правил нечетких продукций для систем нечеткого вывода типов Мамдани и Сугено:

Мамдани:



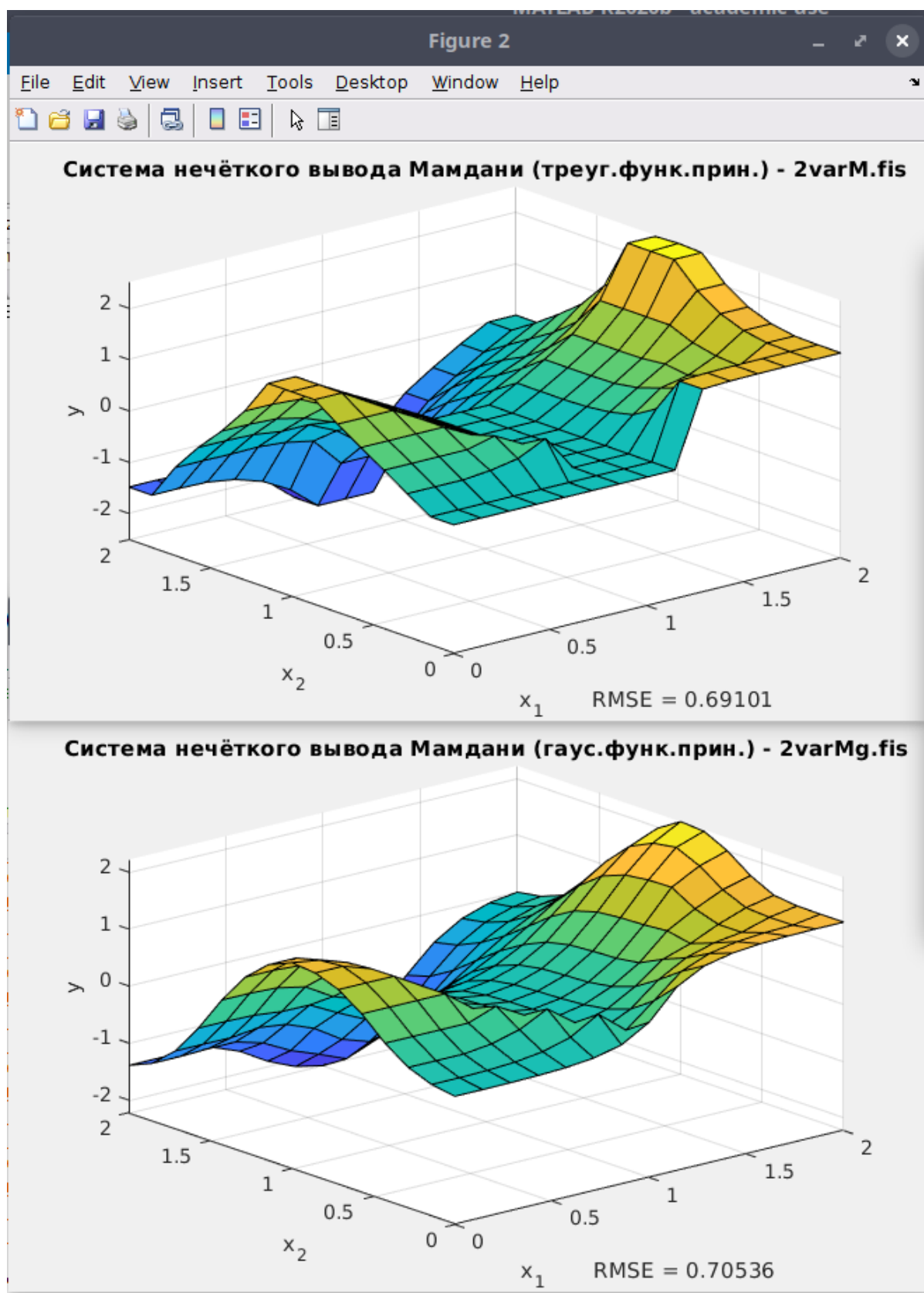
Сугенович:

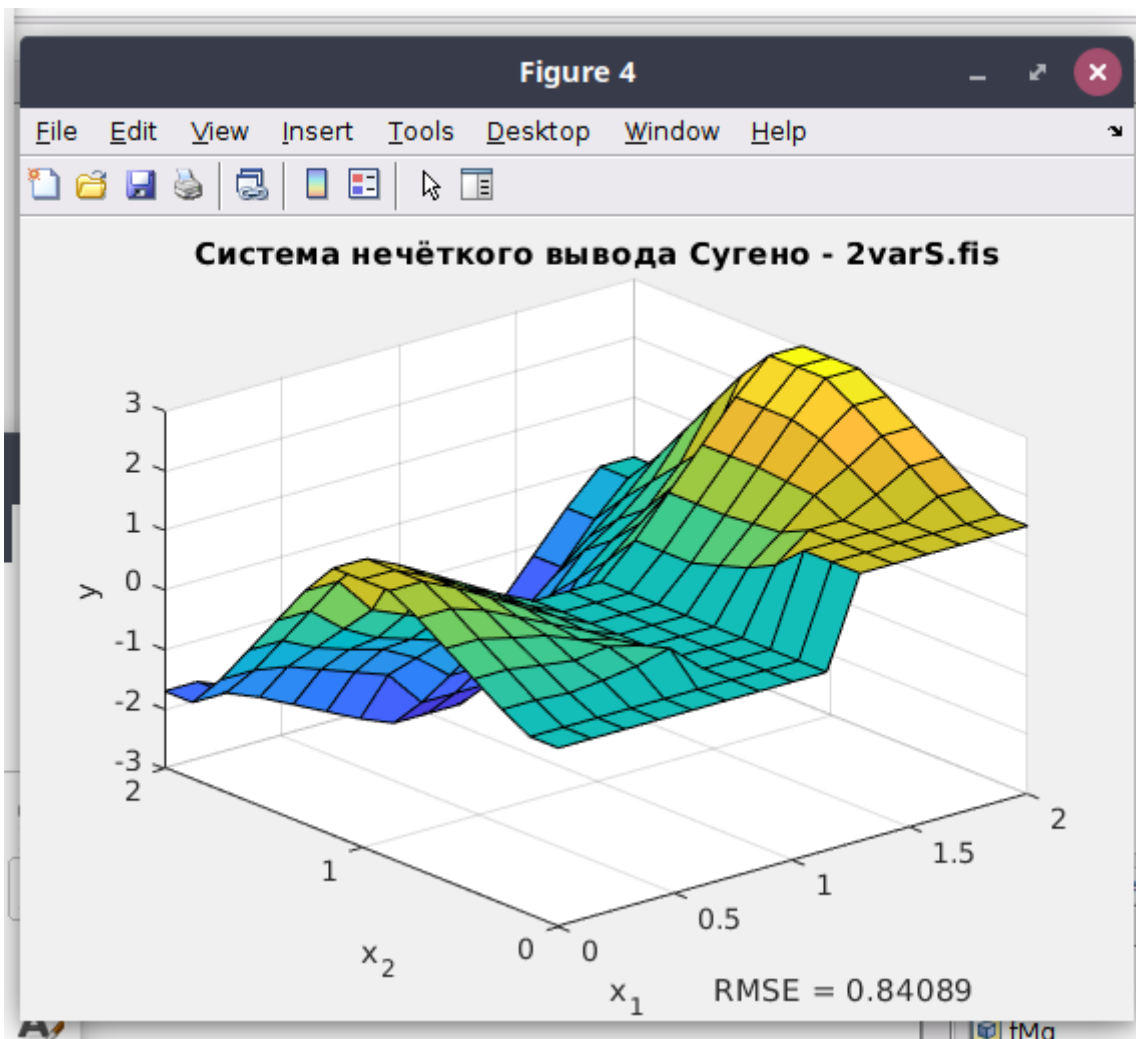




**10. Поверхности “входы-выход” для систем нечеткого вывода типов Мамдани и Сугено:**

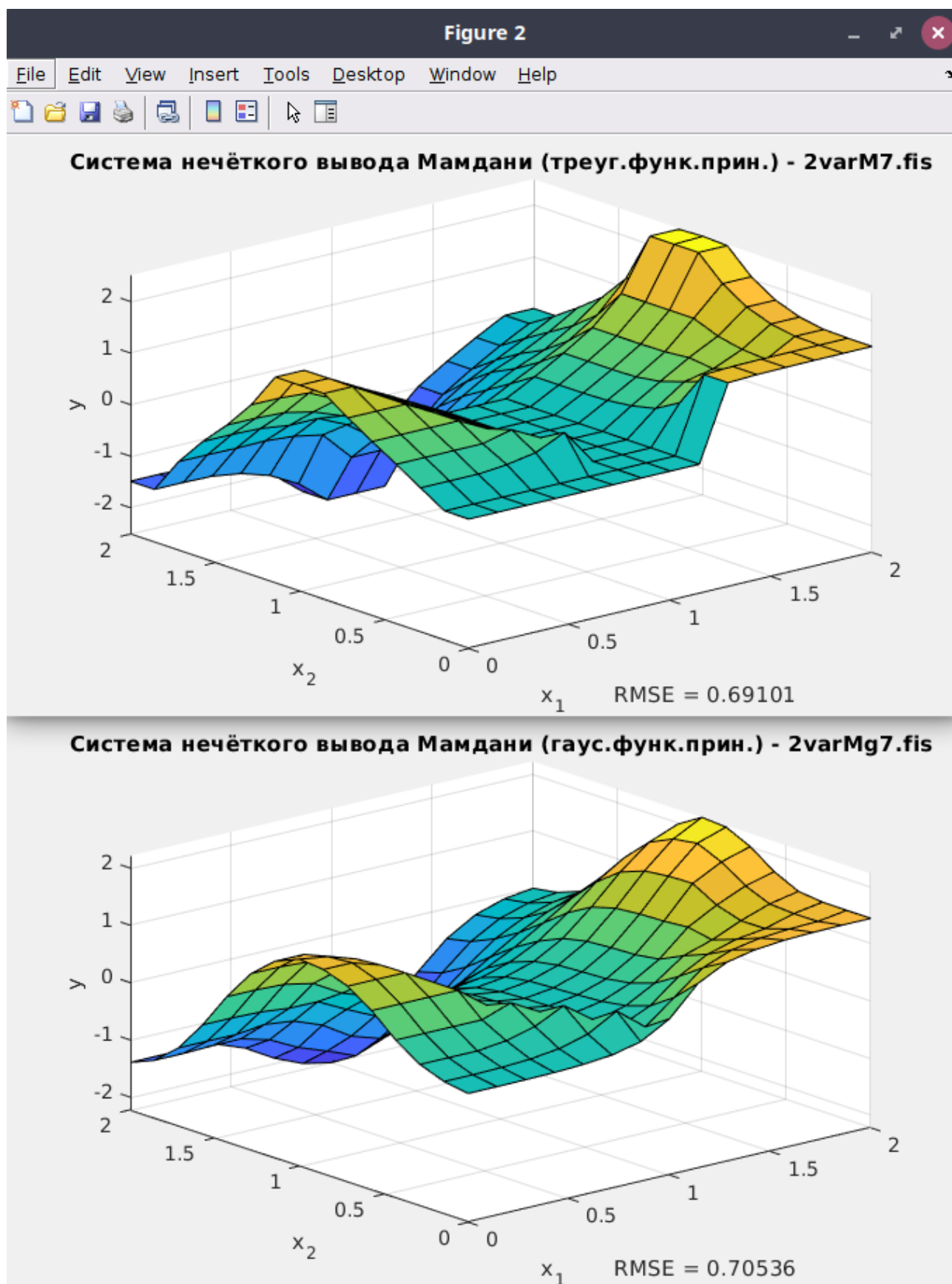
Для 3-х термов:

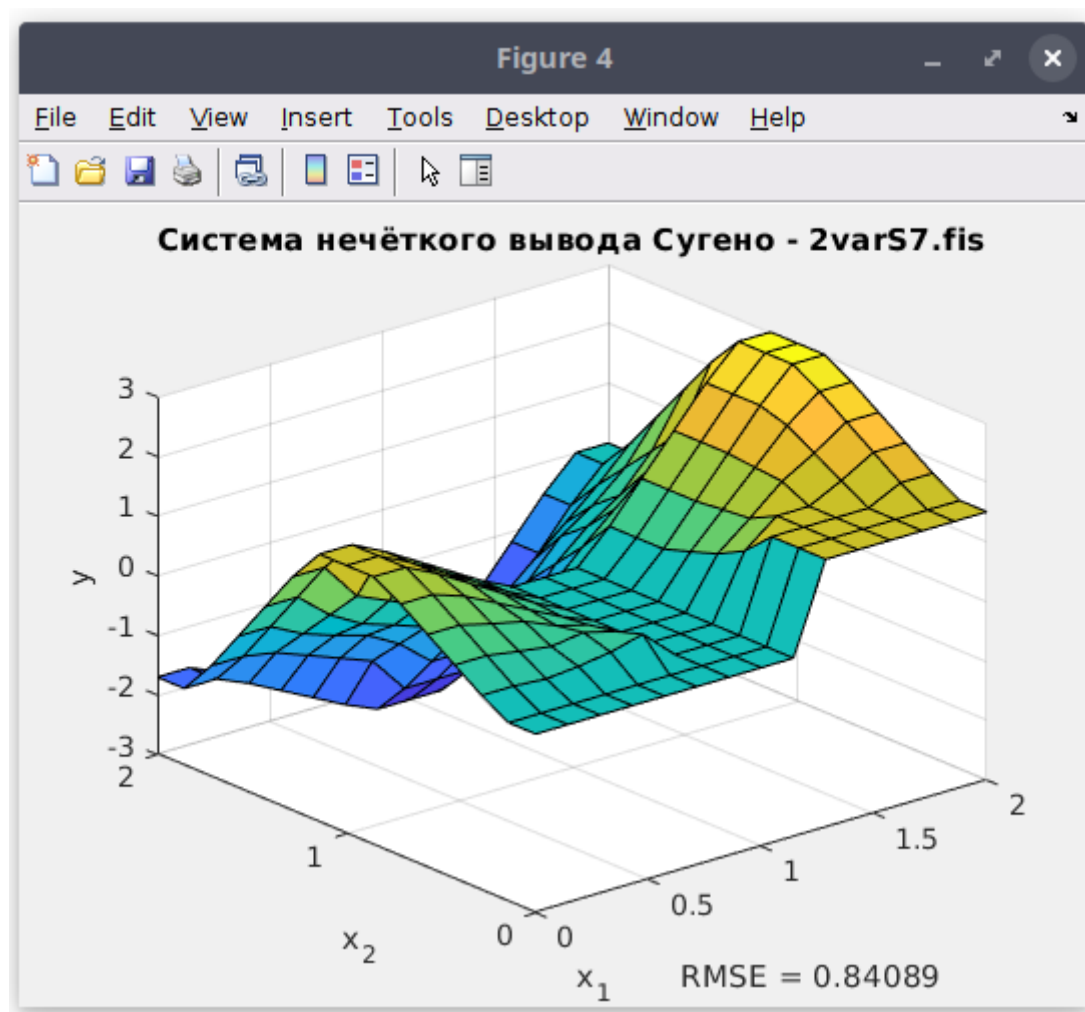






Для 7-ми термов:





**11.** Полученные значения среднеквадратических ошибок аппроксимации для исследованных вариантов систем нечеткого вывода:

Для 3-х термов в описании входных переменных для разных типов функций принадлежности:

Средние квадратические значения ошибки аппроксимации:

FIS Мамдани с треуг.функ.прин.терм.вх.перем.:	RMSE = 0.69101
FIS Мамдани с гаусс.функ.прин.терм.вх.перем.:	RMSE = 0.70536
FIS Сугено:	RMSE = 0.84089

Для 7-ми термов в описании входных переменных для разных типов функций принадлежности:

Средние квадратические значения ошибки аппроксимации:

FIS Мамдани с треуг.функ.прин.терм.вх.перем.:	RMSE = 0.69101
FIS Мамдани с гаусс.функ.прин.терм.вх.перем.:	RMSE = 0.70536
FIS Сугено:	RMSE = 0.84089

## 12. Выводы по работе:

*Область возможного применения пакета Fuzzy Logic Toolbox в интерактивном режиме для решения прикладных задач:*

Помогает обеспечить задание и редактирование общих свойств системы нечеткого вывода. Позволяет установить количество входов и выходов системы, выбрать тип системы (Мамдани или Сугено), метод дефазификации, способы реализации логических функций (И и ИЛИ), а также вызывать другие GUI-модули, работающие с системами нечёткого вывода. Дает возможность вывести на экран графики функций принадлежности термов входных и выходных лингвистических переменных. Позволяет выбрать количество этих термов, задать тип и параметры функций принадлежности для каждого терма.

Позволяет задать и редактировать правила нечеткой базы знаний. Визуально отображает процесс нечёткого вывода. Выводит поверхность зависимости выходной переменной от любых двух выходных. Позволяет синтезировать и настраивать нейро-нечеткие сети по выборке данных «входы выход» (обучающей выборке). Позволяет найти центры кластеров данных, которые используются для экстракции нечетких правил.

Содержит библиотеку функций для разработки нечётких систем из командной строки, а также для написания программ, автоматизирующих проектирование и исследование нечётких систем.

Позволяет внедрить разработанные системы нечёткого вывода в динамические модели пакета Simulink.

*Особенности систем нечеткого вывода типов Мамдани и Сугено с точки зрения их практического использования.*

### Система нечеткого вывода

### Преимущества

Интуитивна

Мамдани

Задание легко человеко-читаемого входа (база правил наиболее интерпретируема)

Наиболее распространена

Эффективны при больших вычислениях

Хороши в работе с линейными методами (управление ПИД)

Сугено

Хороши в задачах оптимизации, с адаптивными методами

На практике гарантируют непрерывность выходной поверхности

Подходят для решения задач математического анализа

Источник: <https://www.mathworks.com/help/fuzzy/types-of-fuzzy-inference-systems.html>

*Влияние на качество аппроксимации нелинейной зависимости количества термов и типа функций принадлежности термов входных переменных:*

Тип функции принадлежности влияет на качество аппроксимации нелинейной зависимости – это видно по изменению RMSE. В данном случае среди полученных трех систем нечеткого вывода для варианта 2 данной работы наиболее эффективной оказалась FIS Мамдани с треугольными функциями принадлежности термов входных переменных.

Количество термов не повлияло на RMSE.