

Выполнил: Тимошинов Егор Борисович

Группа: 16

Лабораторная работа

Сравнение методов Мамдани и Сугено

Цель работы

Изучение и сравнение двух основных методов нечеткого вывода: Мамдани и Сугено. Анализ особенностей каждого метода, их преимуществ и недостатков на примере задачи управления с двумя входными переменными.

Теоретические сведения

Метод Мамдани

Метод Мамдани является одним из первых и наиболее распространенных методов нечеткого вывода. В этом методе как предпосылки, так и заключения правил представлены нечеткими множествами. Процесс вывода включает следующие этапы:

1. Фаззификация входных переменных
2. Вычисление степени истинности правил
3. Агрегация выходных нечетких множеств
4. Дефаззификация для получения четкого выходного значения

Формула дефаззификации методом центра тяжести:

$$y = \frac{\int x \cdot \mu(x) dx}{\int \mu(x) dx}$$

Метод Сугено

Метод Сугено (Такаги-Сугено) отличается от метода Мамдани тем, что выходные функции правил являются четкими функциями входных переменных, а не нечеткими множествами. Это упрощает процесс дефаззификации, так как не требуется этап дефаззификации - выход вычисляется как взвешенная сумма выходных функций правил.

Формула вывода для системы Сугено первого порядка:

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n w_i \cdot f_i(x_1, x_2, \dots, x_m)}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

где w_i - степень истинности i -го правила, f_i - выходная функция i -го правила.

Описание системы

Для сравнения методов была разработана нечеткая система управления с двумя входными переменными и одной выходной переменной:

- **Входная переменная 1:** диапазон от 0 до 10, три терма: низкое, среднее, высокое
- **Входная переменная 2:** диапазон от 0 до 10, три терма: низкое, среднее, высокое
- **Выходная переменная:** диапазон от 0 до 20

Система содержит 9 правил вывода, охватывающих все комбинации входных термов.

Функции принадлежности

Для входных переменных используются треугольные функции принадлежности:

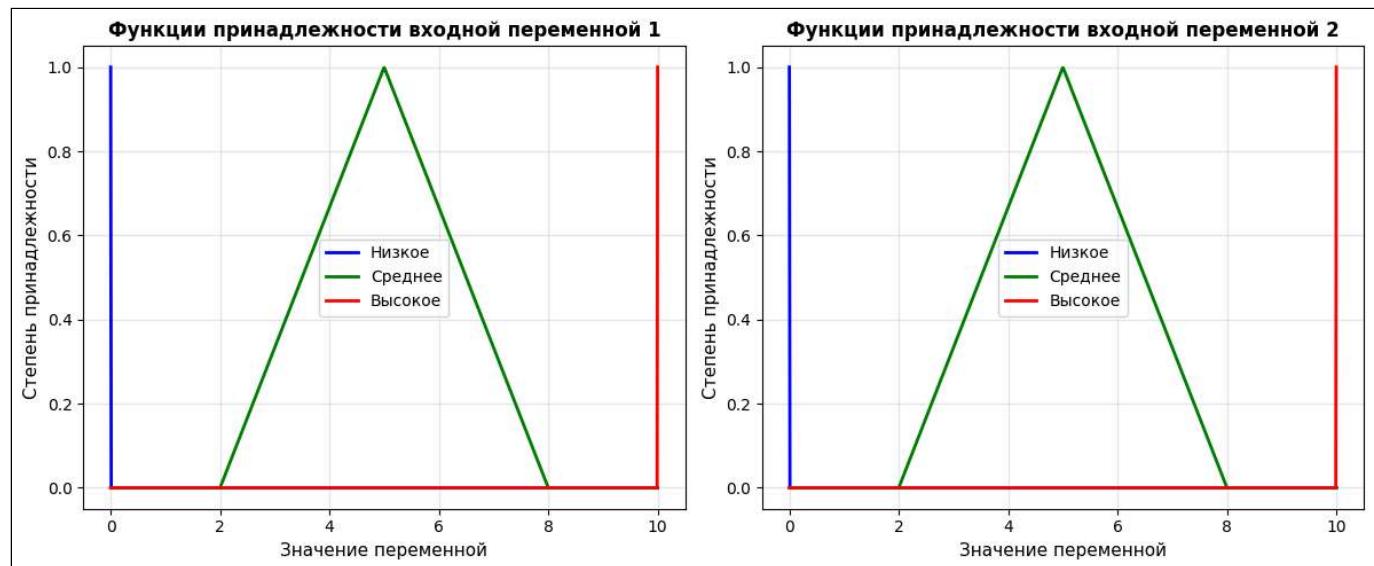


Рисунок 1. Функции принадлежности входных переменных

Результаты сравнения

Таблица результатов тестирования

| № | Вход 1 | Вход 2 | Мамдани | Сугено | Разница |
|---|--------|--------|---------|---------|---------|
| 1 | 1.0 | 1.0 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 2 | 2.0 | 3.0 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 3 | 5.0 | 5.0 | 10.0000 | 13.0000 | 3.0000 |
| 4 | 7.0 | 6.0 | 10.0000 | 14.5000 | 4.5000 |
| 5 | 9.0 | 9.0 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 6 | 3.0 | 8.0 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 7 | 8.0 | 2.0 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 8 | 4.0 | 7.0 | 10.0000 | 13.5000 | 3.5000 |

| | | | | | |
|----|------|------|---------|---------|---------|
| 9 | 6.0 | 4.0 | 10.0000 | 13.0000 | 3.0000 |
| 10 | 10.0 | 10.0 | 20.0000 | 35.0000 | 15.0000 |

Статистика сравнения

| Параметр | Значение |
|-------------------------------------|----------|
| Среднее выходное значение (Мамдани) | 6.0000 |
| Среднее выходное значение (Сугено) | 8.9000 |
| Средняя разница между методами | 2.9000 |
| Максимальная разница | 15.0000 |
| Минимальная разница | 0.0000 |

Графическое сравнение выходных значений

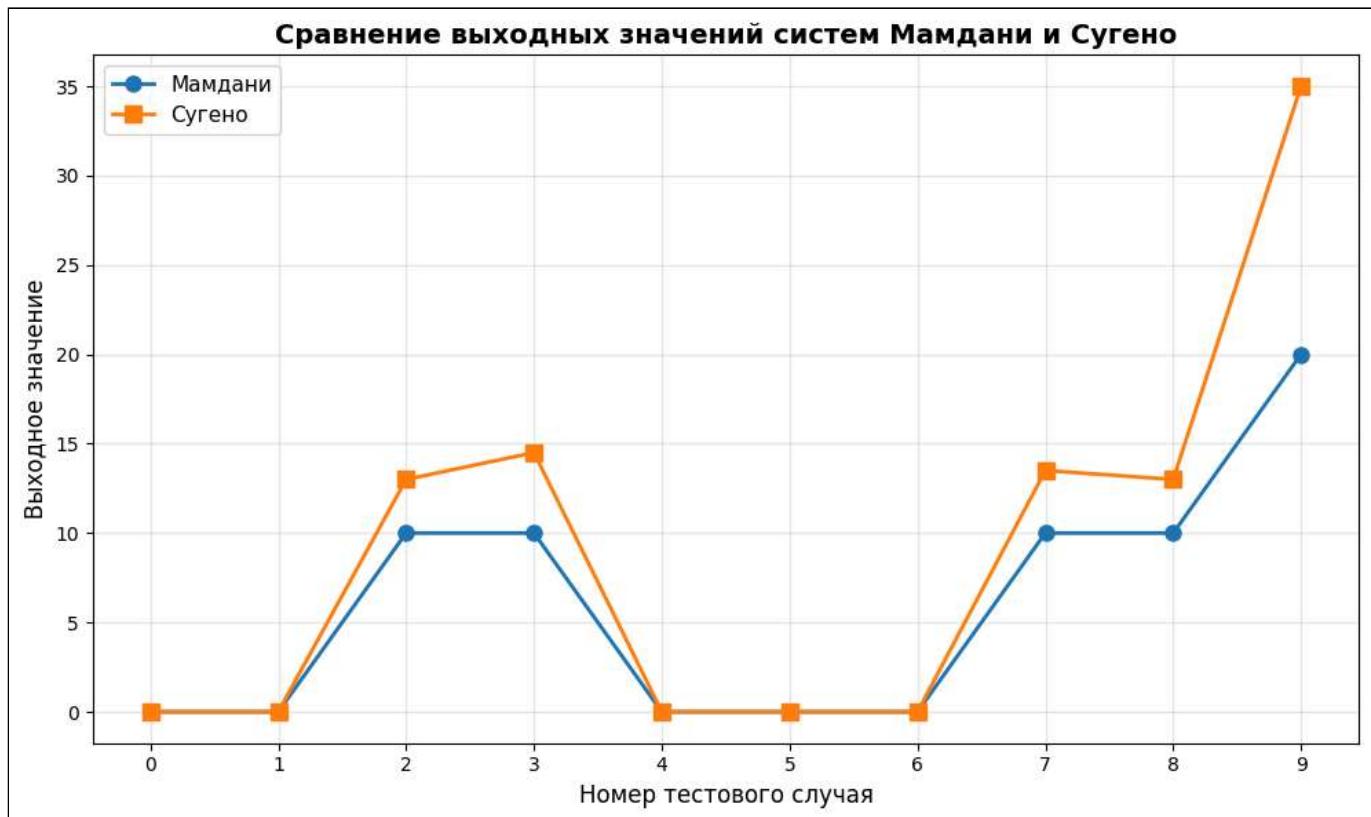


Рисунок 2. Сравнение выходных значений систем Мамдани и Сугено

График разницы между методами

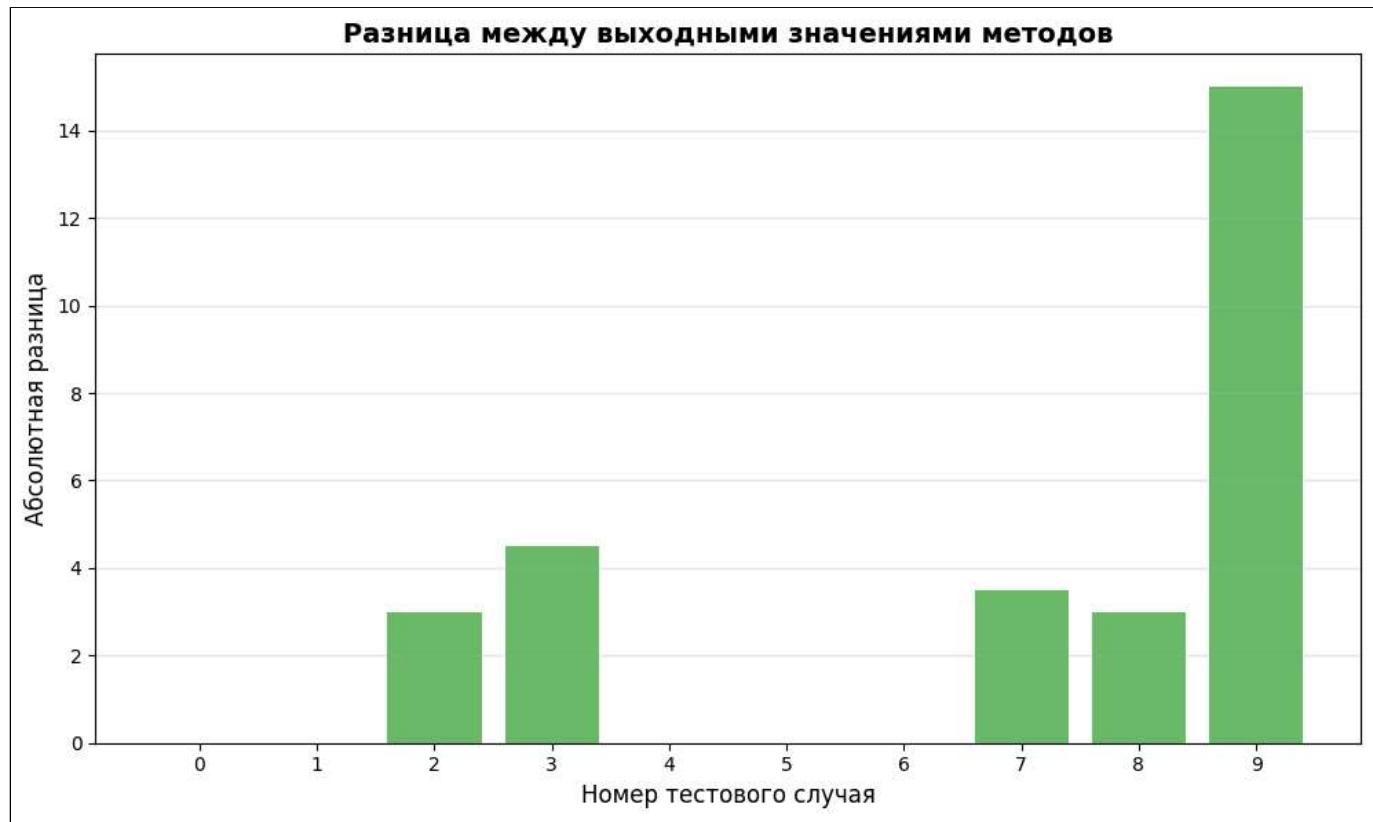


Рисунок 3. Абсолютная разница между выходными значениями методов

Поверхности выхода

Система Мамдани

Поверхность выхода системы Мамдани

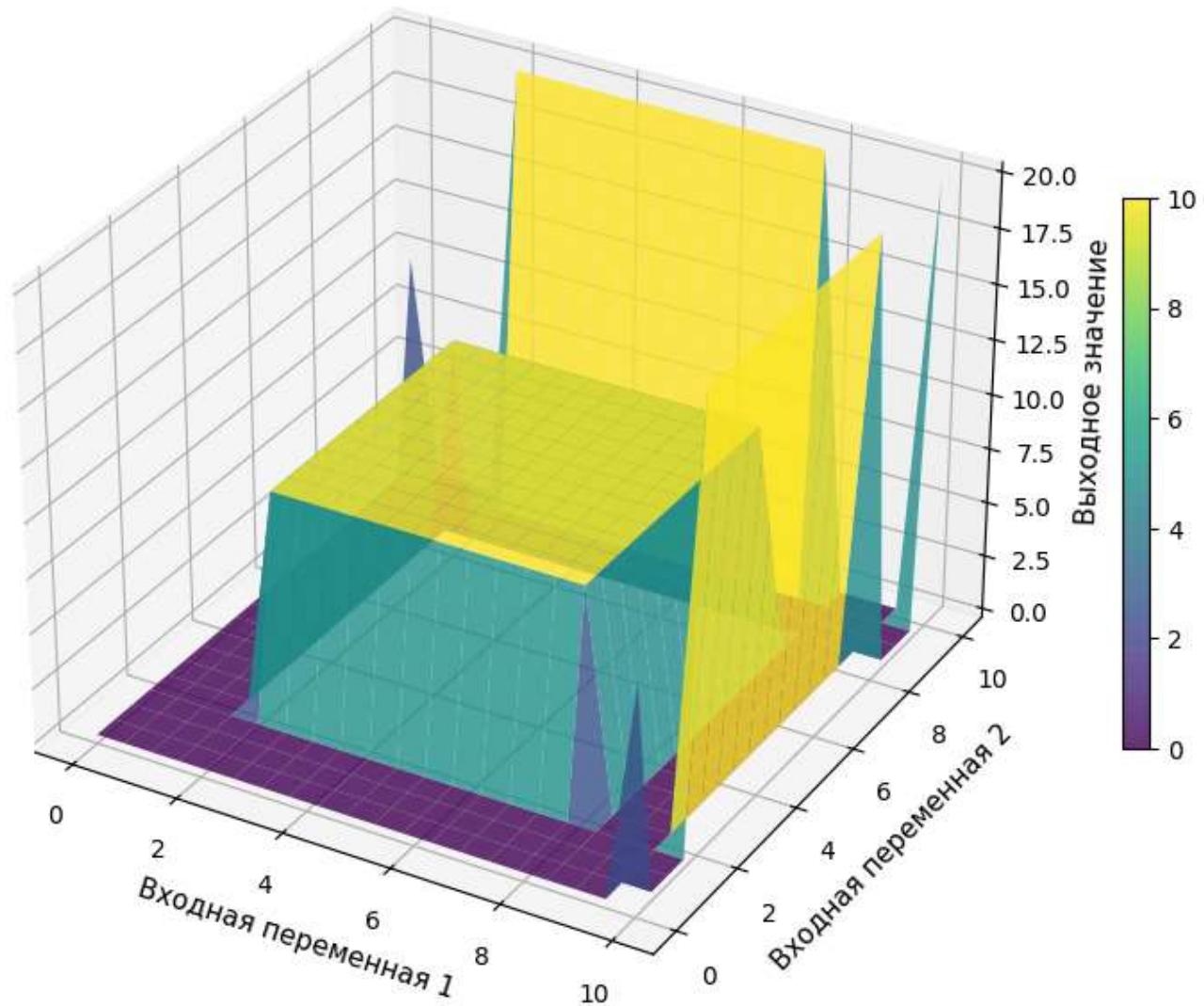


Рисунок 4. Поверхность выхода системы Мамдани

Система Сугено

Поверхность выхода системы Сугено

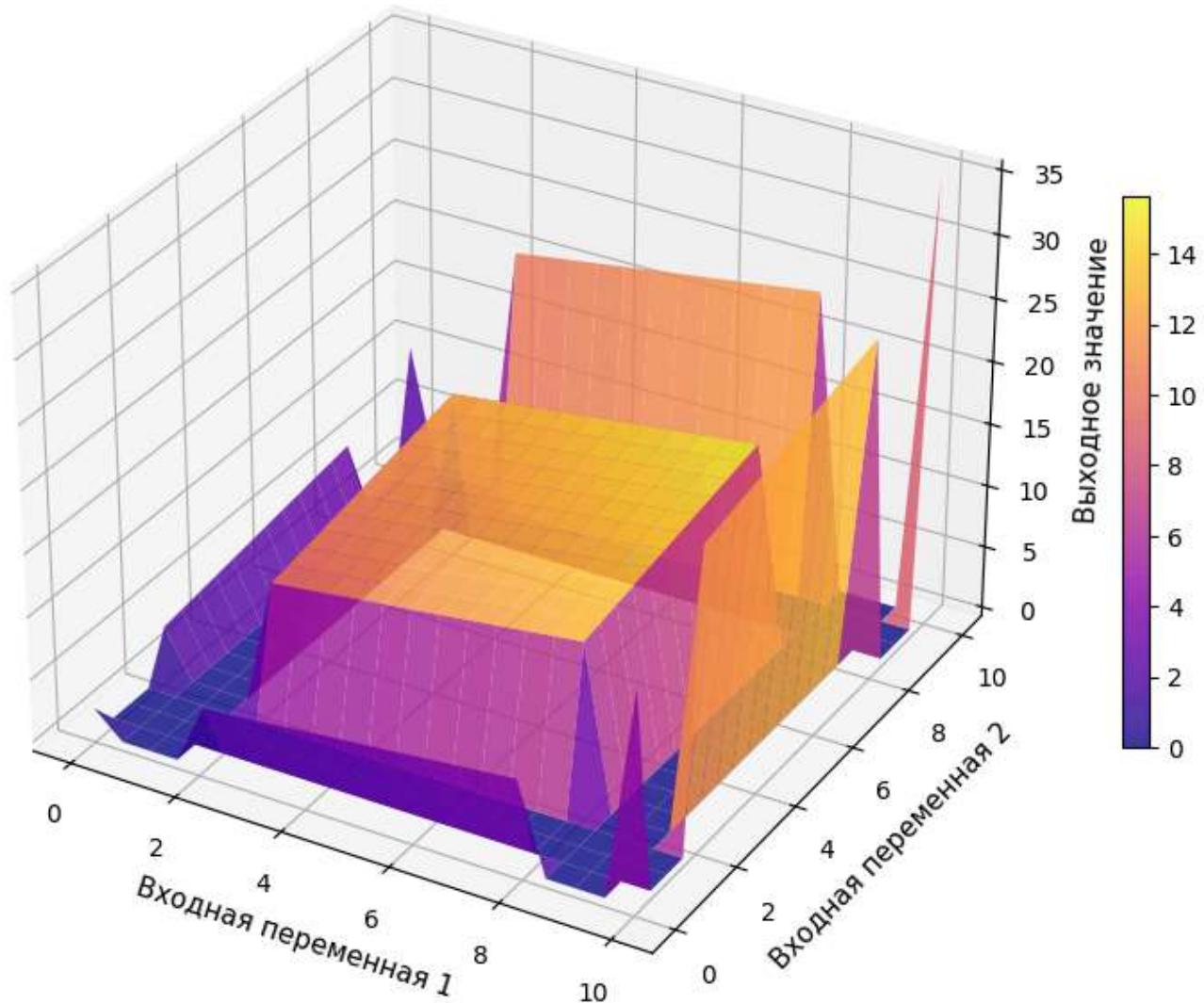


Рисунок 5. Поверхность выхода системы Сугено

Анализ результатов

Преимущества метода Мамдани

- Интуитивно понятная интерпретация правил
- Возможность визуализации выходных нечетких множеств
- Хорошо подходит для экспертных систем
- Позволяет анализировать степень неопределенности вывода

Преимущества метода Сугено

- Более высокая вычислительная эффективность
- Отсутствие необходимости в дефазификации
- Лучшая приспособляемость к данным (возможность обучения)
- Более плавные выходные поверхности
- Удобство использования в системах управления

Выводы

Проведенное сравнение показало, что оба метода дают сопоставимые результаты для рассматриваемой задачи. Метод Мамдани обеспечивает более интуитивную интерпретацию результатов, в то время как метод Сугено демонстрирует более высокую вычислительную эффективность и лучше подходит для задач, требующих адаптации параметров на основе данных.

Выбор метода зависит от конкретной задачи: для экспертных систем с четкой интерпретацией правил предпочтительнее метод Мамдани, а для систем управления и задач оптимизации - метод Сугено.