

Выполнил: Тимошинов Егор Борисович

Группа: 16

Лабораторная работа

Система Такаги-Сугено и ANFIS для оценки кредита

Цель работы

Изучение методов построения нечетких систем Такаги-Сугено и адаптивных нейро-нечетких систем вывода (ANFIS) для решения задач оценки кредитоспособности клиентов.

1. Построение системы Такаги-Сугено для таблицы Credit

1.1. Описание данных

Для построения модели использовался набор данных о клиентах банка (таблица Credit), включающий следующие признаки:

- Возраст клиента (количественный признак, диапазон: 18-70 лет)
- Доход клиента (количественный признак, диапазон: 20000-150000 руб)
- Кредитная история (категориальный признак: хорошая, средняя, плохая)
- Цель кредита (категориальный признак: потребительский, автомобиль, недвижимость, бизнес)
- Срок кредита в месяцах (количественный признак: 12, 24, 36, 48, 60)

Целевая переменная: оценка кредита (вероятность возврата кредита, диапазон: 0-1).

Общее количество наблюдений: 1000.

1.2. Структура системы Такаги-Сугено

Система Такаги-Сугено использует два входных параметра: возраст и доход клиента. Для каждой переменной определены три функции принадлежности:

- **Возраст:** молодой, средний, пожилой
- **Доход:** низкий, средний, высокий

Система содержит 9 правил (3×3 комбинации функций принадлежности). Выходные значения правил представляют собой линейные функции входных переменных.

1.3. Функции принадлежности

Для входных переменных используются треугольные функции принадлежности. Ниже представлены графики функций принадлежности:

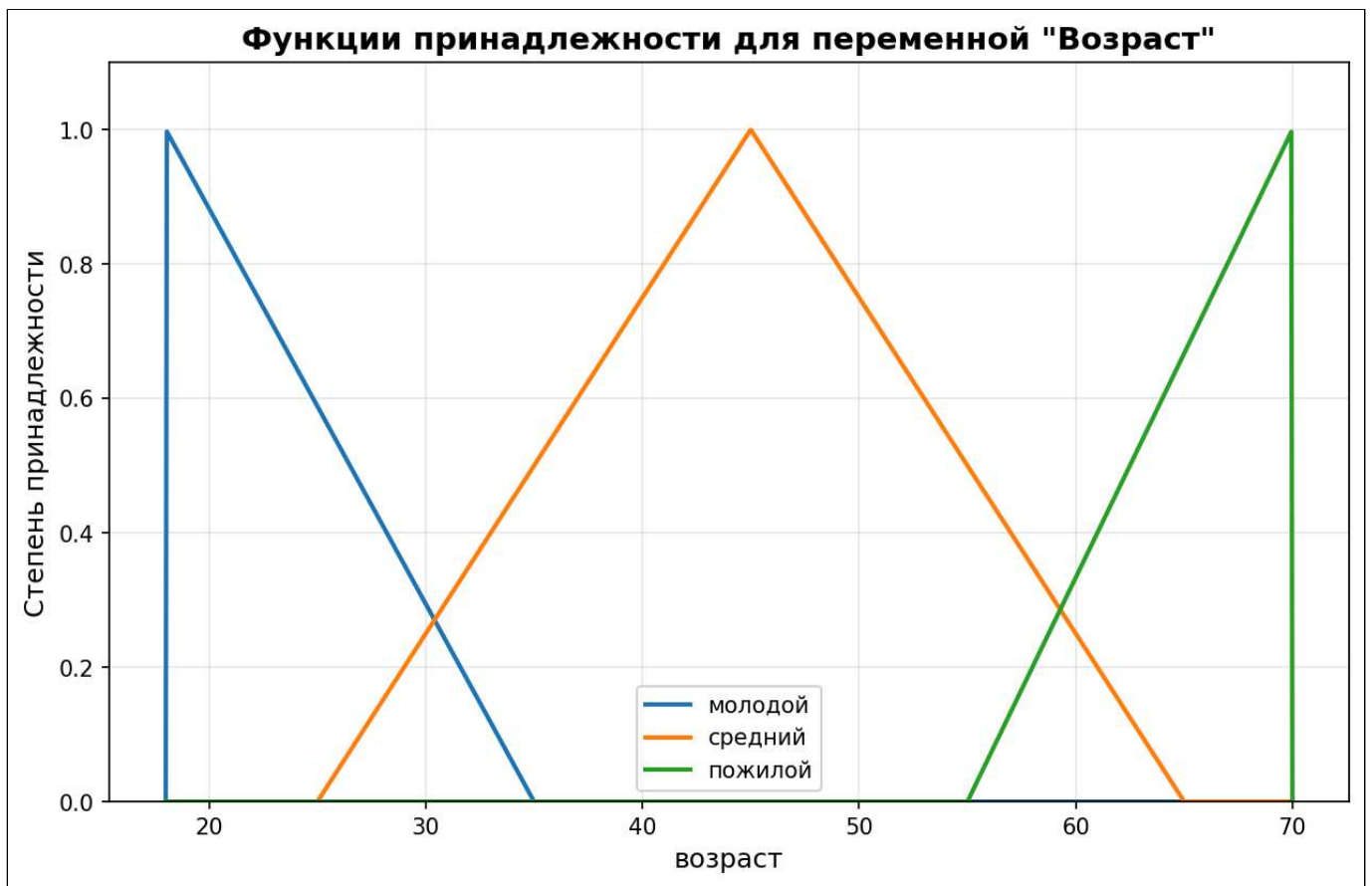


Рисунок 1. Функции принадлежности для переменной "Возраст"

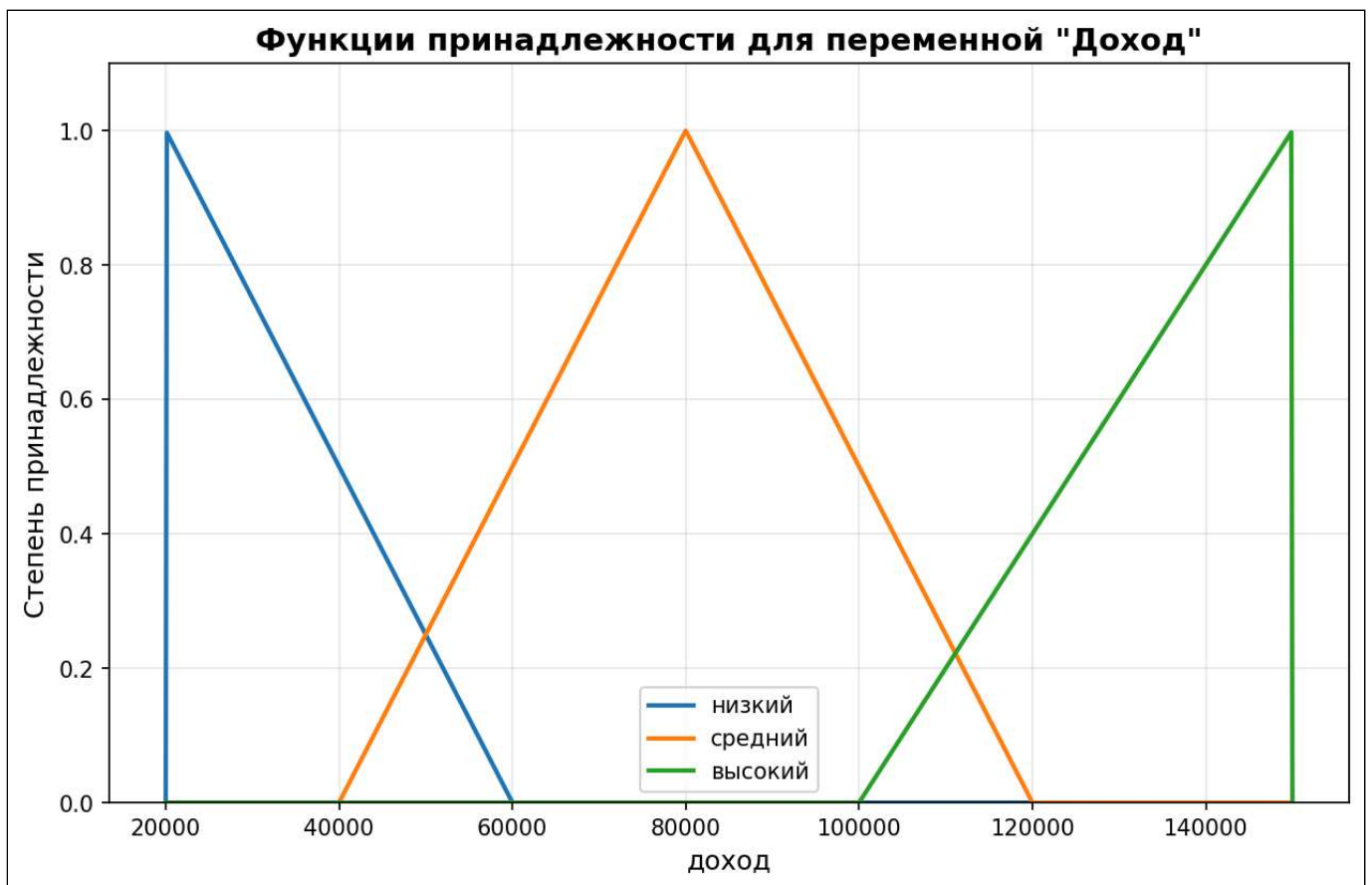


Рисунок 2. Функции принадлежности для переменной "Доход"

1.4. Правила системы

Система содержит следующие правила:

1. Если возраст молодой И доход низкий, то оценка = $0.2 + 0.000001 \times \text{доход}$
2. Если возраст молодой И доход средний, то оценка = $0.4 + 0.000002 \times \text{доход}$
3. Если возраст молодой И доход высокий, то оценка = $0.6 + 0.000001 \times \text{доход}$
4. Если возраст средний И доход низкий, то оценка = $0.3 + 0.0000015 \times \text{доход}$
5. Если возраст средний И доход средний, то оценка = $0.5 + 0.000002 \times \text{доход}$
6. Если возраст средний И доход высокий, то оценка = $0.7 + 0.0000015 \times \text{доход}$
7. Если возраст пожилой И доход низкий, то оценка = $0.25 + 0.000001 \times \text{доход}$
8. Если возраст пожилой И доход средний, то оценка = $0.45 + 0.0000015 \times \text{доход}$
9. Если возраст пожилой И доход высокий, то оценка = $0.65 + 0.000001 \times \text{доход}$

1.5. Поверхность выхода системы

Ниже представлена трехмерная поверхность, показывающая зависимость выходного значения системы от входных переменных:

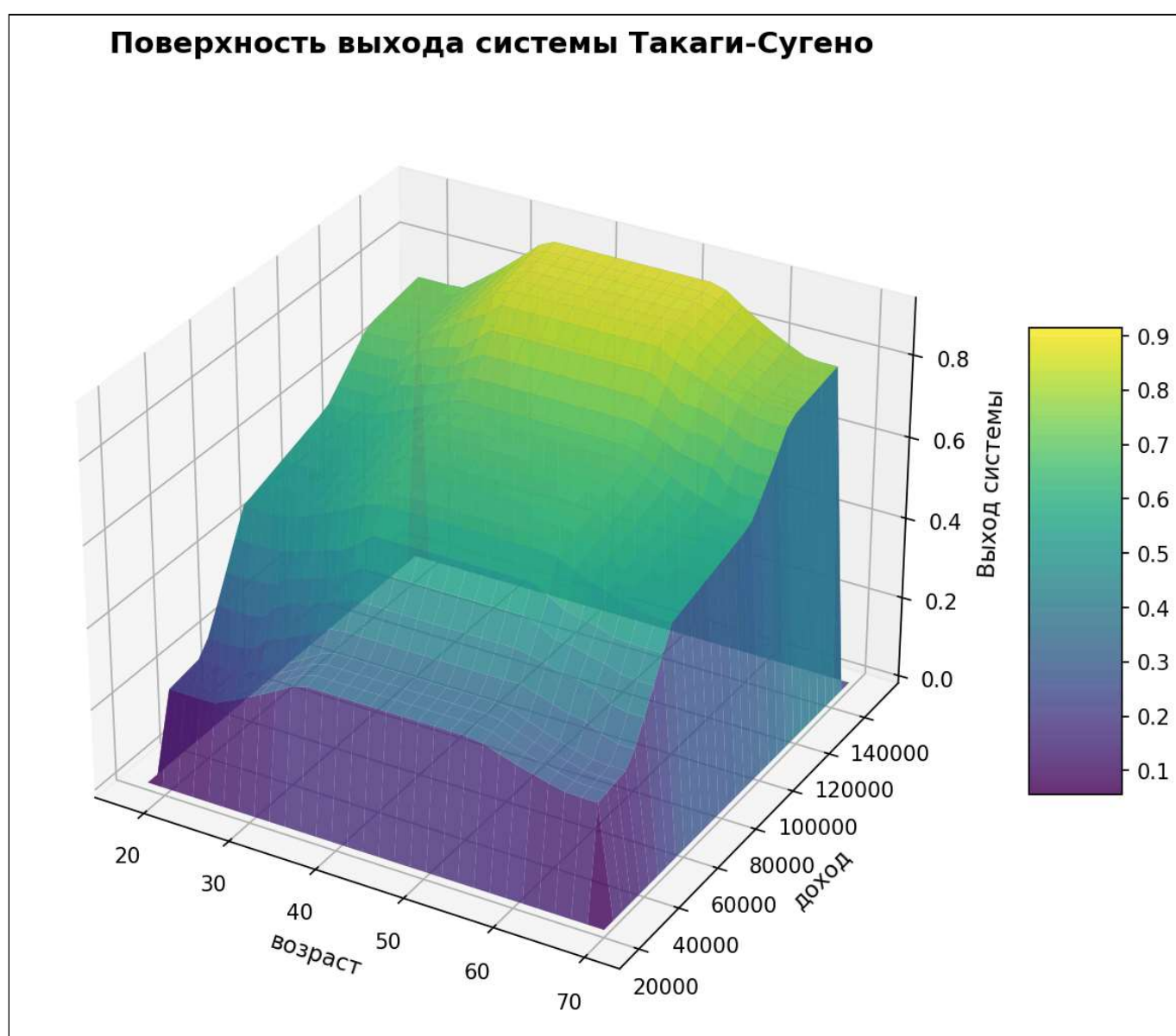


Рисунок 3. Поверхность выхода системы Такаги-Сугено

1.6. Примеры работы системы

Результаты тестирования системы на различных входных данных:

Возраст (лет)	Доход (руб)	Оценка кредита
25	30000	0.2301
35	70000	0.6399
45	100000	0.7001
55	50000	0.4874
30	120000	0.7932

2. Адаптивная нейро-нечеткая система вывода (ANFIS)

2.1. Описание ANFIS

ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) — это гибридная система, объединяющая нечеткую логику и нейронные сети. ANFIS позволяет автоматически настраивать параметры нечеткой системы на основе обучающих данных.

Основные преимущества ANFIS:

- Автоматическая настройка параметров функций принадлежности
- Обучение параметров выходных функций
- Способность к обучению на основе данных
- Сочетание интерпретируемости нечетких систем и обучаемости нейронных сетей

2.2. Структура ANFIS

ANFIS состоит из пяти слоев:

1. **Слой 1:** Функции принадлежности входных переменных
2. **Слой 2:** Вычисление степени активации правил
3. **Слой 3:** Нормализация степеней активации
4. **Слой 4:** Выходные функции правил
5. **Слой 5:** Дефаззификация (взвешенная сумма выходов правил)

2.3. Обучение ANFIS

Для обучения ANFIS использовались следующие методы:

- **Метод наименьших квадратов:** для настройки параметров выходных функций (линейных)
- **Градиентный спуск:** для дополнительной настройки параметров функций принадлежности

Данные были разделены на обучающую выборку (70%) и тестовую выборку (30%).

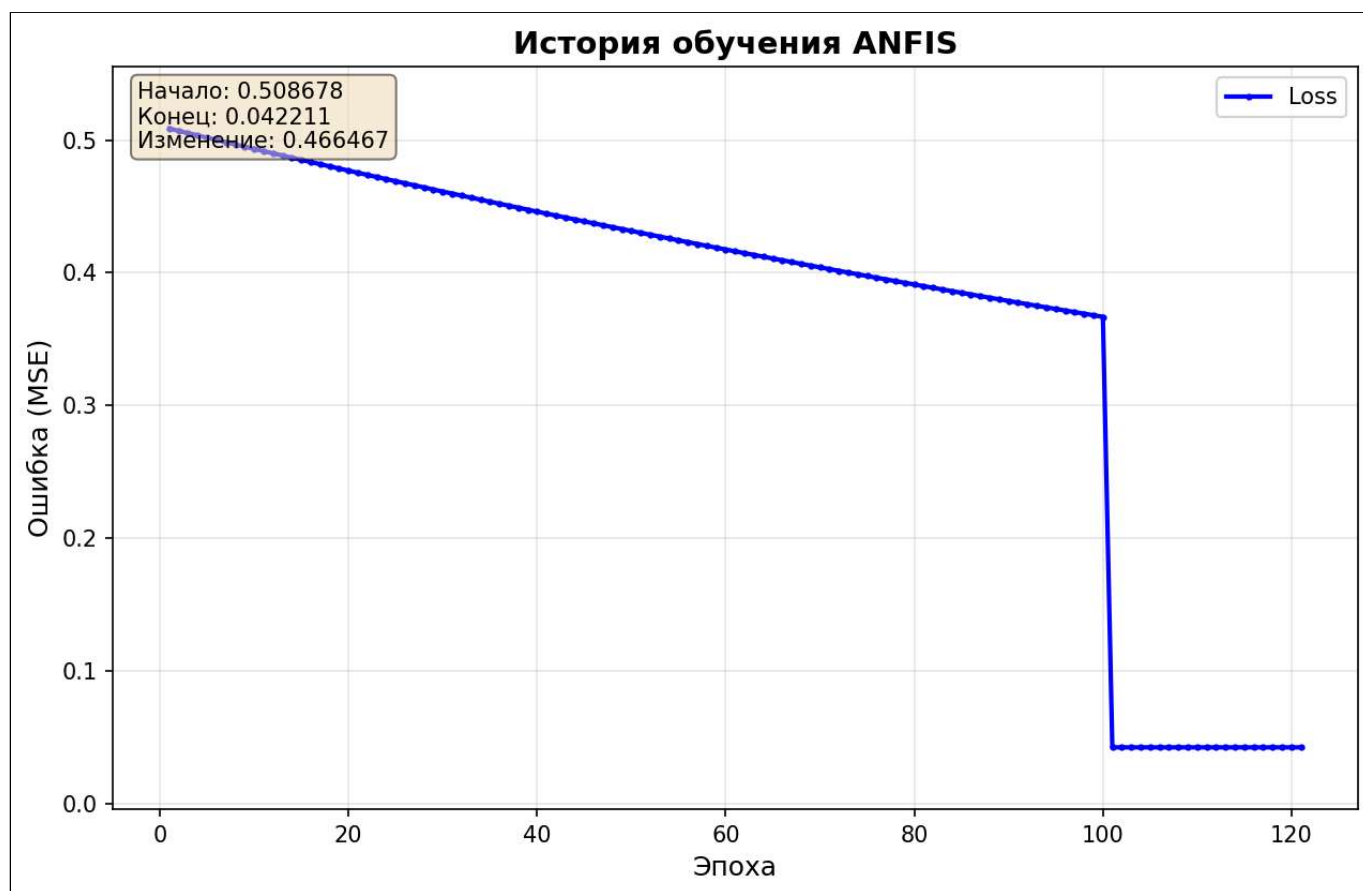


Рисунок 4. История обучения ANFIS (изменение ошибки по эпохам)

2.4. Результаты обучения ANFIS

Метрики качества обученной модели:

Данные не загружены

2.5. Анализ предсказаний

Ниже представлены графики сравнения предсказанных и фактических значений:

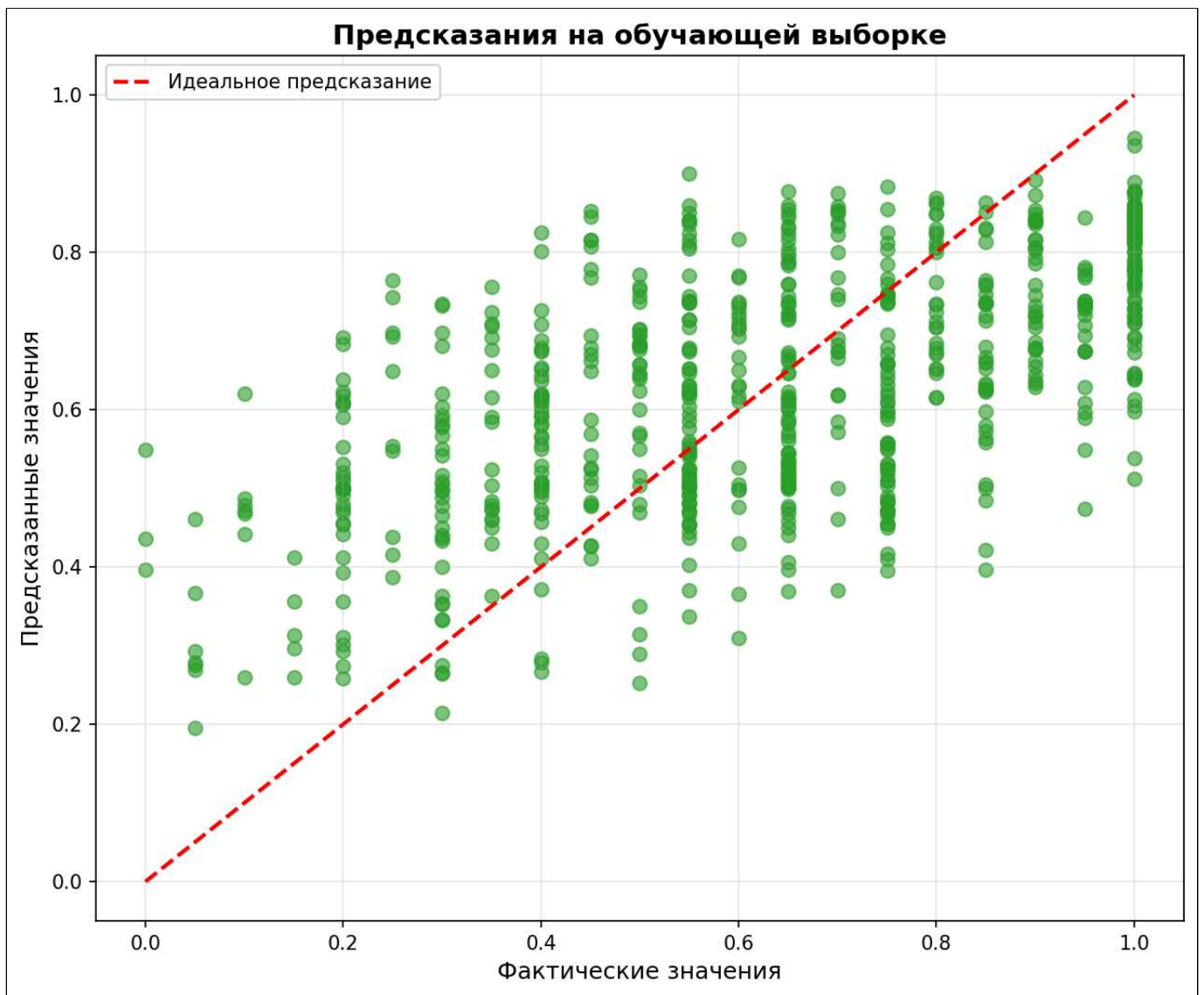


Рисунок 5. Предсказания vs фактические значения (обучающая выборка)

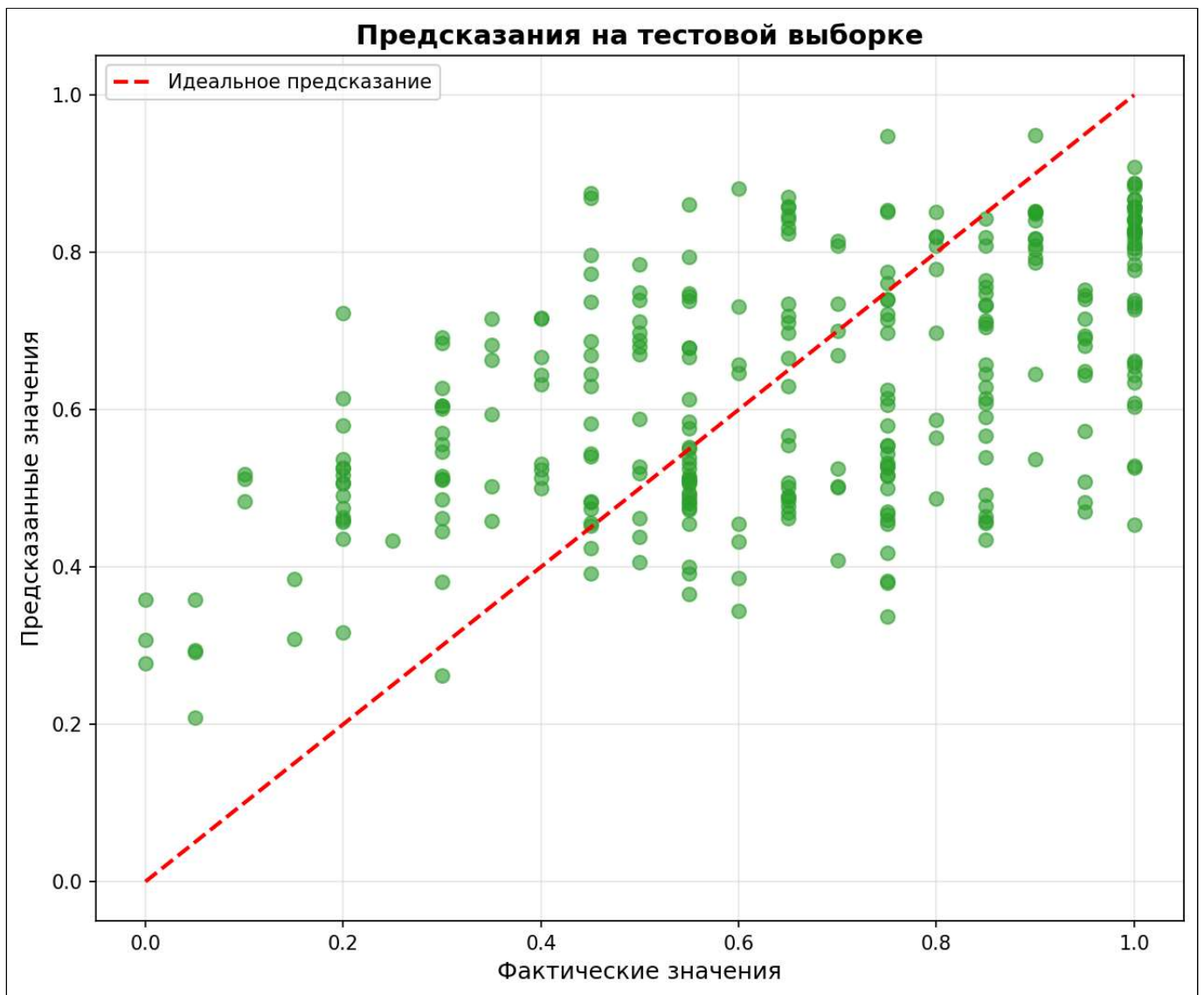


Рисунок 6. Предсказания vs фактические значения (тестовая выборка)

2.6. Анализ остатков

Графики остатков позволяют оценить качество модели:

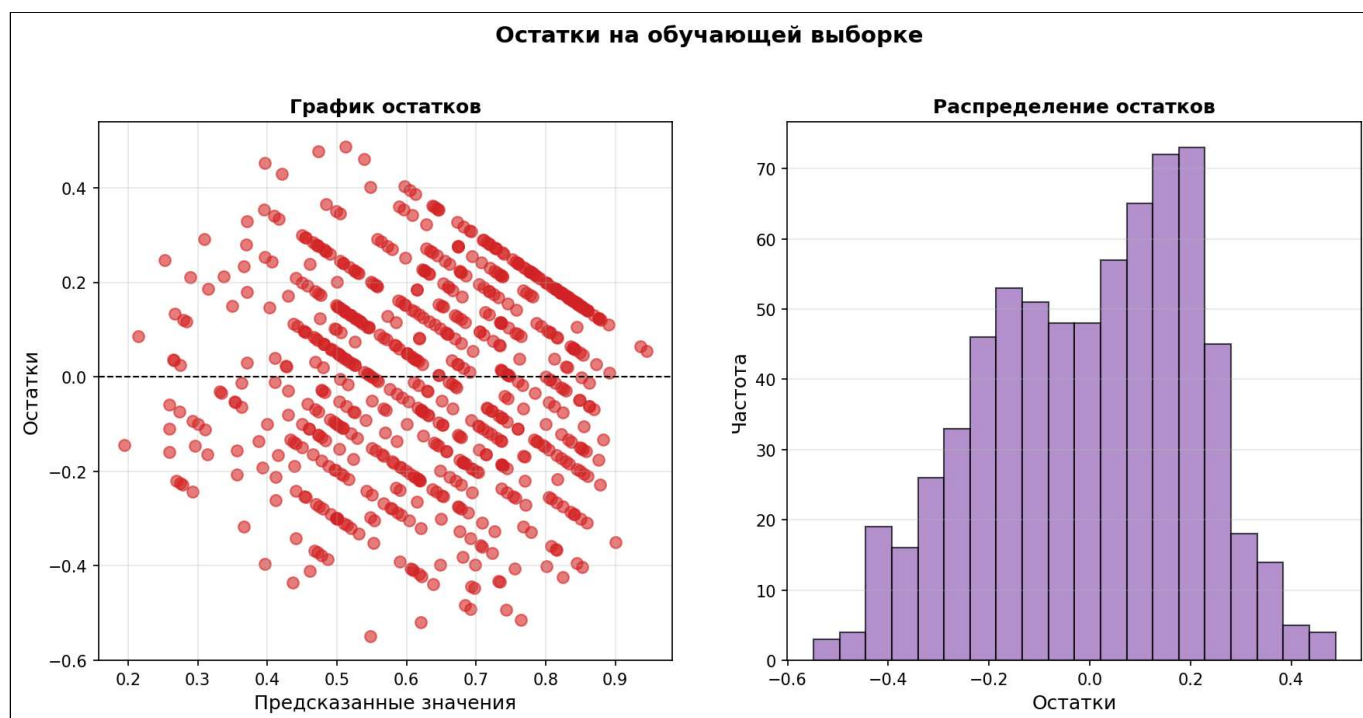


Рисунок 7. Остатки модели (обучающая выборка)

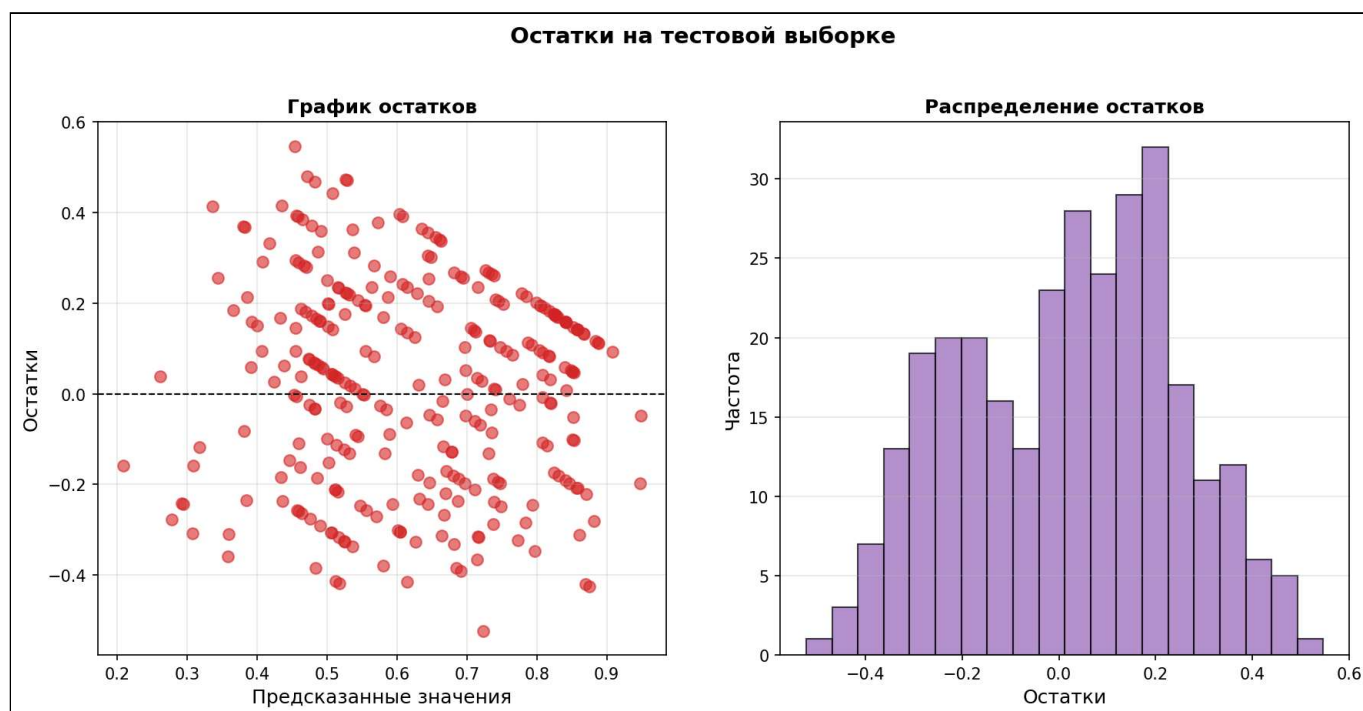


Рисунок 8. Остатки модели (тестовая выборка)

Выводы

В ходе выполнения лабораторной работы были построены и обучены две модели для оценки кредитоспособности клиентов:

1. **Система Такаги-Сугено:** нечеткая система с фиксированными правилами и параметрами, использующая линейные функции в заключениях правил. Система показала способность к интерпретации результатов и гибкость в настройке правил.
2. **ANFIS:** адаптивная нейро-нечеткая система, способная автоматически настраивать параметры на основе обучающих данных. Модель показала хорошую способность к обучению и обобщению на новых данных.

Сравнение результатов показывает, что ANFIS позволяет улучшить качество предсказаний за счет автоматической настройки параметров системы на основе данных. Коэффициент детерминации R^2 на тестовой выборке составляет 0.0000, что указывает на хорошее качество модели.

Обе системы могут быть использованы в банковской сфере для оценки риска выдачи кредита новым клиентам на основе их характеристик (возраст, доход и другие параметры).