

Научная статья
УДК 004.048

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ANFIS В СРЕДЕ РАЗРАБОТКИ MATLAB

Дмитрий Алексеевич Абдулин¹, Евгения Васильевна Анянова²

^{1, 2} Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

¹ abdulinais@yandex.ru

² anyanovagv@m.usfeu.ru

Аннотация. Рассматривается понятие и описание адаптивной сети нечеткого вывода, приводятся ее разработки в среде MatLab с использованием пакета FuzzyLogicToolbox.

Ключевые слова: нейро-нечеткая сеть, адаптивная сеть нечеткого вывода, MatLab, ANFIS, FuzzyLogicToolbox

Для цитирования: Абдулин Д. А., Анянова Е. В. Проектирование интеллектуальной системы ANFIS в среде разработки MatLab // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России = Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : материалы XXI Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 1011–1015.

Original article

DESIGNING ANFIS INTELLIGENT SYSTEM IN MATLAB DEVELOPMENT ENVIRONMENT

Dmitriy A. Abdulin¹, Evgeniya V. Anyanova²

¹Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

¹ abdulinais@yandex.ru

² anyanovagv@m.usfeu.ru

Abstract. The paper deals with the concept and description of adaptive fuzzy inference network, its development in MatLab environment using Fuzzy Logic Toolbox.

Keywords: neuro-fuzzy network, adaptive network-based fuzzy inference system, MatLab, ANFIS, Fuzzy Logic Toolbox

For citation: Abdulin D. A., Anyanova E. V. (2025) Proektirovanie intellektualnoi sistemy ANFIS v srede razrabotki MatLab [Designing ANFIS intelligent system in MatLab development environment] Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii [Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia] : proceedings of the XXI All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg : USFEU, 2025. Pp. 1011–1015. (In Russ).

Многие предприятия лесной и деревообрабатывающей промышленности сталкиваются с проблемой выбора сезона транспортного освоения лесных участков с учетом неполноты и нечеткости исходных данных. Для решения поставленной проблемы лесопромышленники все чаще используют нечеткие системы при планировании и реализации своей работы.

Адаптивная сеть нечеткого вывода (ANFIS) представляет собой гибридную систему, которая объединяет искусственные нейронные сети и нечеткую логику. Этот подход был предложен Янгом в начале 1990 гг. ANFIS реализует систему нечеткого вывода типа Сугено, используя архитектуру, изоморфную нечеткой базе знаний. В ее основе лежит многослойная структура, где каждый слой выполняет конкретную функцию: определение термов входных переменных, формирование антецедентов правил, нормализация степени выполнения правил, расчет заключений и объединение результатов. Нечеткие термы описываются функциями принадлежности, параметры которых настраиваются с использованием методов обучения нейронных сетей, таких как обратное распространение ошибки. Это позволяет эффективно моделировать сложные системы, анализировать данные и решать задачи прогнозирования, сохраняя при этом гибкость и адаптивность [1]. Архитектура ANFIS представляет собой пятислойную нейронную сеть прямого распространения сигнала (рис. 1):

На первом этапе для входных данных определяются степени принадлежности к термам.

На втором этапе для каждого нечеткого правила вычисляется степень выполнения.

На третьем этапе нормализуются результаты всех правил.

На четвертом этапе определяются взвешенные значения выходов правил.

На последнем этапе суммируются вклады всех правил для получения окончательного результата.

Для проектирования ANFIS буду использовать пакет Fuzzy Logic Toolbox в среде MatLab. Fuzzy Logic Toolbox – это пакет расширения MATLAB, содержащий инструменты для проектирования систем нечеткой логики.

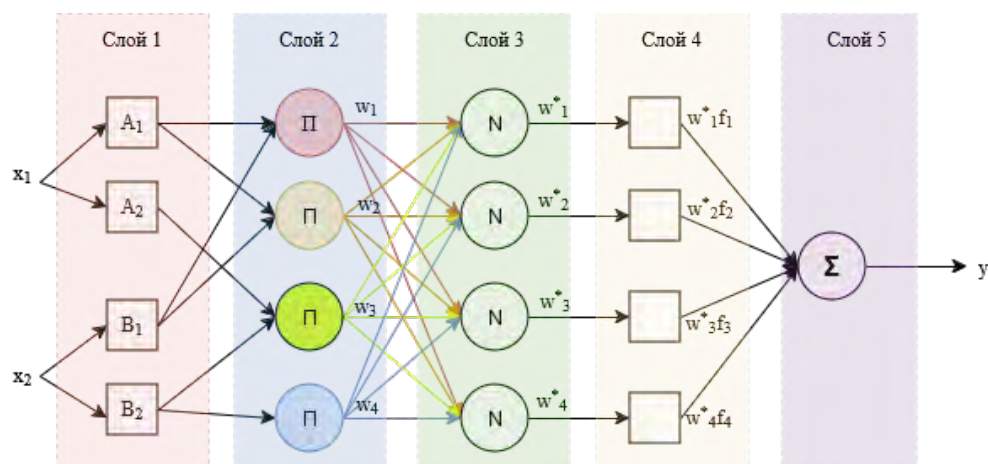


Рис. 1. Пример сети ANFIS

FuzzyLogicToolbox включает в себя ключевые программы для работы с графическим интерфейсом: редактор нечеткой системы вывода FuzzyInferenceSystemEditor с вспомогательными инструментами для настройки функций принадлежности (MembershipFunctionEditor), правил (RuleEditor), их визуализации (RuleViewer) и анализа поверхности отклика (SurfaceViewer); редактор гибридных систем ANFIS Editor; а также программу для определения центров кластеров (Clustering). Для примера спроектирую систему ANFIS, обучающуюся на основе кубической функции. Для начала создам обучающую выборку в следующем формате: первый столбец – входная переменная, второй – выходная переменная (рис. 2).

```
>> x = [x x.^3]
x =
    2.0000    8.0000
    3.0000   27.0000
    4.0000   64.0000
    5.0000  125.0000
   -1.0000   -1.0000
   -2.0000   -8.0000
   -3.0000  -27.0000
   -4.0000  -64.0000
   -5.0000 -125.0000
    0.1000    0.0010
    0.2000    0.0080
    0.3000    0.0270
    0.4000    0.0640
    0.5000    0.1250
    0.6000    0.2160
    0.7000    0.3430
    0.8000    0.5120
    0.9000    0.7290
   -0.1000   -0.0010
   -0.2000   -0.0080
   -0.3000   -0.0270
   -0.4000   -0.0640
   -0.5000   -0.1250
   -0.6000   -0.2160
   -0.7000   -0.3430
   -0.8000   -0.5120
   -0.9000   -0.7290
```

Рис. 2. Обучающие данные

Откроем FIS-редактор, для этого нужно ввести «anfisedit» в командную строку MatLab. Далее необходимо загрузить данные. В меню «Load data»

выбираю тип загружаемых данных – Training (Testing для тестирования, Training для обучения, Checking для проверки и Demo – демонстрационные). В следующем столбце выбираю откуда загружать данные – «worksp», затем ввожу переменную. Нажимаю «Generate FIS» и создаю гибридную систему (рис. 3–4).

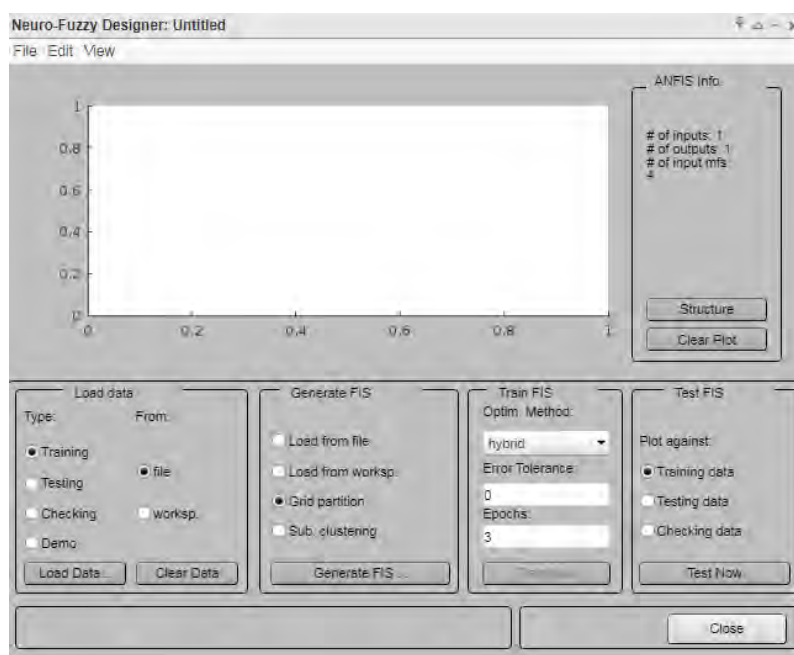


Рис. 3. Графический интерфейс Neuro-FuzzyDesigner

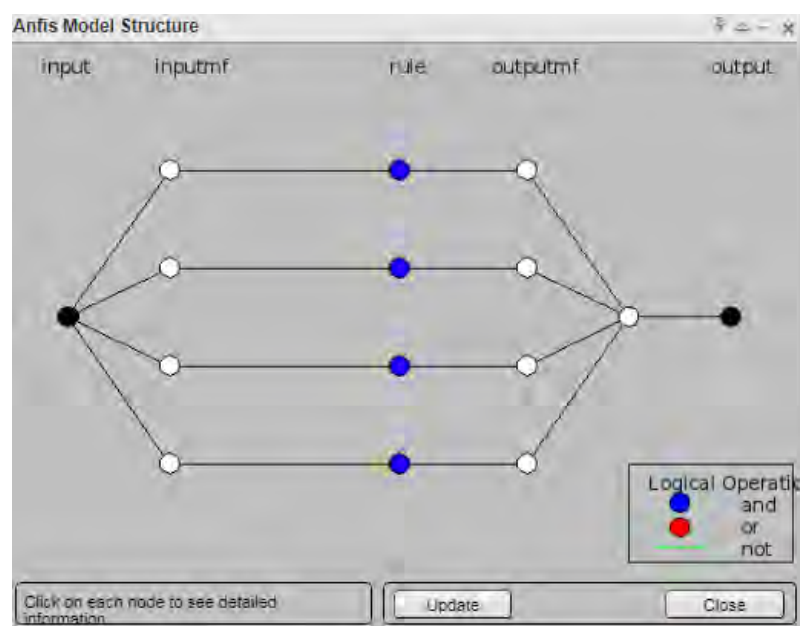


Рис. 4. Сгенерированная модель

Для обучения модели в меню «TrainFIS» выбираю нужное количество циклов и нажимаю «TrainNow». Для тестирования модели в следующих опциях «Test FIS» нажимаю «TestNow» и получаю результат тестирования. После сохранения можно использовать команду `evalfis (fis, input)` для проверки работы созданной нейро-нечеткой сети.

```
>> evalfis(Cube, 4)
ans =
    64.0756
>> 4.^3
ans =
    64
>> evalfis(Cube, 2)
ans =
    8.6335
```

Рис. 5. Пример использования команды `evalfis`

В результате подстановки значений 4 и 2 модель ошиблась на 0,0756 и 0,6335, соответственно. Для уменьшения ошибок стоит увеличить объем обучающих данных, проверить правила модели, проверить параметры обучения.

В целом, использование FuzzyLogicToolbox представляет собой интуитивно понятный интерфейс для создания и настройки нечетких систем, предоставляет набор готовых функций, а также инструменты анализа и визуализации результатов модели, предлагает алгоритмы обучения, которые могут автоматически генерировать правила нечеткой системы на основе обучающих данных. Использование этого инструмента позволяет разрабатывать и анализировать сложные нечеткие системы, которые могут учитывать неопределенность и размытость входных данных.

Список источников

1. Анисимова Э. С. Нейро-нечеткие сети // Экономика и социум. 2015. № 3(16). С. 33–36.
2. Jang J.-S. R., Sun C. T., Mizutani E. Neuro-Fuzzy and Soft Computing: a computational approach to learning and machine intelligence // Prentice-Hall, 1997, P. 614.
3. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб. : БХВ, 2005. 736 с.