

ОБРАБОТКА НЕЧЕТКИХ ДАННЫХ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО АНАЛИЗА АЛЬТЕРНАТИВ

PROCESSING OF FUZZY DATA IN AUTOMATED SYSTEMS FOR SOLVING PROBLEMS OF MULTICRITERIAL ANALYSIS OF ALTERNATIVES

K. Goncharov

Summary. In modern conditions with a dynamically developing sphere of information technologies of artificial intelligence, the organization can significantly strengthen its position in the market and significantly optimize internal processes by implementing information systems of the corresponding direction. The ability of the automated information system to process fuzzy data and work with fuzzy logic allows us to safely classify this system as an artificial intelligence system, since human thought activity and the process of cognition are rarely associated with clear definitions of the boundaries of truth and clear data. The apparatus of multi-criteria analysis of alternatives can be used as the mathematical core of the automated intelligent system — a universal mechanism that allows you to mathematically calculate and justify the advantages of one solution or choice over another. The use of the mathematical apparatus of multi-criteria analysis of alternatives allows us to classify the automated system as a decision support system. Accordingly, the ability to process fuzzy information in the decision support system can maximally imitate the decision-making process by a person responsible for making a management decision. This article analyzes the possibility of using automated tools for processing and analyzing fuzzy information when solving problems of multi-criteria analysis of alternatives.

Keywords: fuzzy information, multicriteria analysis, membership function, automated systems, artificial intelligence, ANFIS.

Гончаров Константин Александрович
аспирант, ФГБОУВО «Финансовый Университет
при Правительстве Российской Федерации»
goncharovkostya.1997@gmail.com

Аннотация. В современных условиях с динамично развивающейся сферой информационных технологий искусственного интеллекта организация способна существенно усилить свои позиции на рынке и значительно оптимизировать внутренние процессы, внедрив информационные системы соответствующей направленности. Способность автоматизированной информационной системы обрабатывать нечеткие данные и работать с нечеткой логикой позволяет смело причислить данную систему к классу систем искусственного интеллекта, поскольку мыслительная деятельность человека и процесс познания нечасто связаны с четкими определениями границ истины и четкими данными. В качестве математического ядра автоматизированной интеллектуальной системы может использоваться аппарат многокритериального анализа альтернатив — универсального механизма, позволяющего математически вычислить и обосновать преимущества одного варианта решения или выбора над другим. Использование математического аппарата многокритериального анализа альтернатив позволяет причислить автоматизированную систему к классу систем поддержки принятия решений. Соответственно, возможность обработки нечеткой информации в системе поддержки принятия решений способно максимально имитировать процесс принятия решений лицом, ответственным за принятия управленческого решения. В данной статье был проведен анализ возможности применения автоматизированных средств обработки и анализа нечеткой информации при решении задач многокритериального анализа альтернатив.

Ключевые слова: нечеткая информация, многокритериальный анализ, функция принадлежности, автоматизированные системы, искусственный интеллект, ANFIS.

Введение

В современном мире многокритериальный анализ альтернатив становится неотъемлемой частью принятия решений в различных областях, таких как экономика, управление, инженерия и экология. Этот процесс требует обработки и анализа данных, которые часто характеризуются неопределенностью и субъективностью. Одним из таких типов данных являются нечеткие данные, которые описываются с использованием теории нечетких множеств и позволяют моделировать неопределенности и неточности в оценках и критериях.

Нечеткие данные могут быть особенно сложными для обработки в контексте автоматизированных систем,

предназначенных для решения задач многокритериального анализа. В традиционных системах, работающих с четкими данными, алгоритмы и методы, применяемые для анализа, могут быть неэффективны или недостаточно точны при работе с нечеткими данными [2, с. 315]. Это подчеркивает необходимость разработки новых подходов и алгоритмов, способных эффективно обрабатывать и анализировать нечеткие данные в рамках автоматизированных систем.

Цель данной статьи — исследовать методы обработки нечетких данных в автоматизированных системах решения задач многокритериального анализа альтернатив. В статье будет составлена методология и приведен конкретный пример обработки нечеткой информа-

ции при решении задач многокритериального анализа альтернатив автоматизированными средствами. Также будут проанализированы примеры практического применения этих методов и обсуждены проблемы и вызовы, связанные с их реализацией.

Задачи, которые будут решены для достижения исходной цели данной исследовательской работы:

- Исследование технологий анализа данных в нечеткой информационной среде.
- Составление методологии сведения задачи принятия управленческого решения к задаче многокритериального анализа альтернатив с нечеткой информационной базой.
- Анализ применимости автоматизированных информационных систем анализа нечетких данных для решения задач данной направленности.

Объектом исследования данной исследовательской работы является процесс принятия решений в условиях нечеткости информационной среды.

Предметом исследования являются автоматизированные системы поддержки принятия решений.

Нечеткие данные

Нечеткие данные представляют собой информацию, которая не может быть точно описана с использованием стандартных бинарных (чётких) категорий. Они возникают из-за неопределенности, неточности и субъективности, присущих человеческому восприятию и оценке. В отличие от четких данных, которые могут быть представлены в виде определенных значений или точных чисел, нечеткие данные описываются с помощью понятий и выражений, которые могут принимать различные степени истинности.

Основные характеристики нечетких данных:

Неопределенность: Нечеткие данные возникают из-за недостаточной информации или несоответствия между ожиданиями и реальными условиями.

Субъективность: Интерпретация нечетких данных может зависеть от личных оценок и предположений.

Гибкость: Нечеткие данные позволяют моделировать и анализировать явления, которые не могут быть строго описаны числовыми значениями или бинарными категориями.

Мягкость границ: В нечетких данных границы между категориями или состояниями не являются строго определенными.

Степени принадлежности: В теории нечетких множеств элементы могут принадлежать множеству с определенной степенью. Неопределенность в правилах: Нечеткие системы могут использовать правила, которые имеют формы, подобные «если..., то...», но с нечеткими условиями.

Вместо строгих математических значений, нечеткие данные часто описываются с помощью функций принадлежности и правил, которые позволяют моделировать и обрабатывать неопределенности и вариабельности в данных [4, с. 520]

Многокритериальный анализ альтернатив

Многокритериальный анализ альтернатив — это процесс оценки и выбора наилучшего варианта из множества альтернатив на основе нескольких критериев. Этот подход используется, когда выбор не может быть сделан на основе одного критерия, а требует учета нескольких аспектов, которые могут быть конфликтующими или взаимосвязанными.

Основные понятия:

Альтернативы: Конкретные варианты или решения, которые подлежат оценке и сравнению. Например, при выборе автомобиля альтернативами могут быть разные модели и марки автомобилей.

Критерии: Параметры или характеристики, по которым оцениваются альтернативы. Критерии могут быть как количественными (например, стоимость, расход топлива), так и качественными (например, комфорт, надежность).

Вес критерия: отражает важность критерия в процессе принятия решения. Вес критерия обычно определяется в виде числового значения и может изменяться в зависимости от контекста и предпочтений принимающего решение.

Функции принадлежности: В случае работы с нечеткими данными функции принадлежности описывают степень соответствия альтернативы определенному критерию. Они помогают преобразовать нечеткие оценки в числовые значения для дальнейшего анализа.

Индекс полезности: Обобщенная мера, отражающая, насколько каждая альтернатива удовлетворяет всем критериям. Это может быть итоговая оценка, вычисляемая на основе весов критериев и значений альтернатив по этим критериям.

Технологии анализа нечетких данных

ANFIS. ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) — это адаптивная система нечеткого вывода,

объединяющая принципы нечеткой логики и нейронных сетей. Она предназначена для решения задач моделирования и прогнозирования, когда отношения между входными и выходными переменными сложны и трудно формализуемы традиционными методами.

Структура ANFIS:

- Входной слой: Получает входные значения и обрабатывает их через функции принадлежности.
- Слой правил: Применяет нечеткие правила к входным данным.
- Слой нормализации: Нормализует выходные значения по правилам.
- Слой дефазификации: Преобразует нечеткие выходные значения в точные значения.
- Выходной слой: Выдает итоговый результат на основе дефазифицированных значений.

Данную технологию возможно применить для решения задач многокритериального анализа альтернатив. Для успешного решения задачи многокритериального анализа альтернатив с нечеткими данными необходимо предоставить ANFIS набор данных для обучения, в котором целевой переменной является индекс полезности, на основе которого и происходит ранжирование альтернатив, а в качестве входных переменных используются критерии.

Решение прикладной задачи

В качестве практического примера решим задачу выбора оптимального производителя товара определенного вида для поставки в точку продаж. В данном случае данным товаром является красное вино, в котором целевой переменной для предсказания является индекс полезности, то есть оценка качества вина в формате числа, а входными переменными — различные числовые характеристики, такие как содержание алкоголя в продукте, содержание сахара и так далее [1, с. 315]. За счет определения функций принадлежности путем исследования предметной области и консультаций с экспертом, ответственным за принятие решений, задаются функции принадлежности каждой из входных переменных, позволяющих персонифицировать результаты обучения системы на основе суждений лица, принимающего решение.

Технологии, примененные в процессе решения задачи: Язык программирования Python, библиотеки scikit-fuzzy, pytorch, tensorflow, s-anfis, seaborn, pandas. Такой набор библиотек является самым распространенным при решении задач анализа данных, а библиотека s-anfis содержит реализацию системы ANFIS.

Ниже представлена визуализация функций принадлежности для каждой из входных переменных, сделанная с помощью библиотеки seaborn для языка Python.

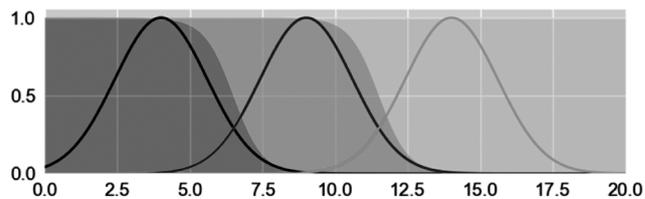


Рис. 1. Функция принадлежности для переменной «Остаточный сахар»

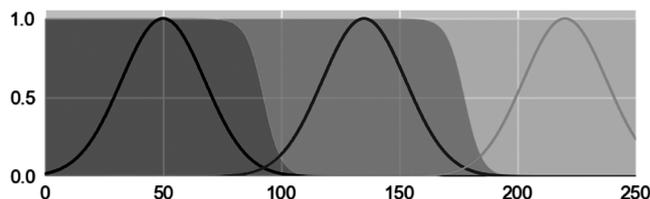


Рис. 2. Функция принадлежности для переменной «Содержание диоксида серы»

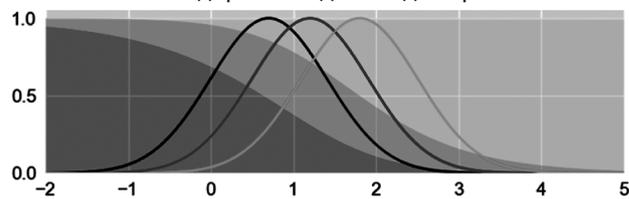


Рис. 3. Функция принадлежности для переменной «Кислотность»

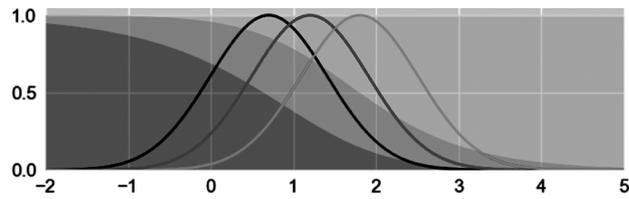


Рис. 4. Функция принадлежности для переменной «Содержание сульфатов»

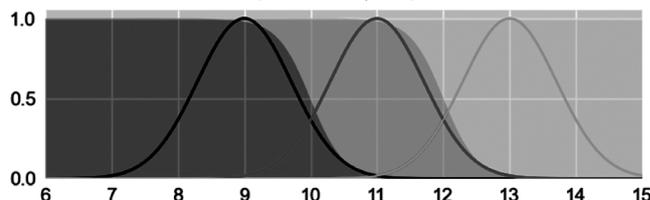


Рис. 5. Функция принадлежности для переменной «Содержание алкоголя в напитке»

Далее, необходимо передать все параметры, функции принадлежности и составить прогностическую модель, работающую на основе технологии ANFIS. После обучения кривые обучения и валидации принимают следующий вид (см. рис. 6).

Программная реализация доступна по ссылке https://github.com/KonstantinGonch/ANFIS_Wine

Вывод

Итак, в данной исследовательской работе был проведен анализ применимости такой технологии, как ANFIS,

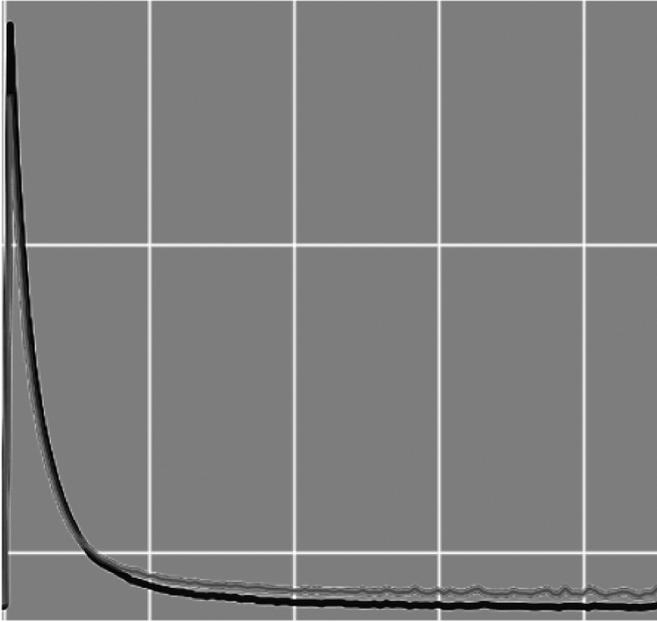


Рис. 6. Итоговые кривые обучения и валидации

при решении задач многокритериального анализа альтернатив в нечеткой информационной среде и составлена методология решения задач многокритериального анализа с нечеткими данными с помощью технологии ANFIS. В целом, стоит отметить, что нечеткая логика предоставляет мощные инструменты для обработки сложных данных в многокритериальном анализе, улучшая как точность, так и интерпретируемость решений [3, с. 153]. Тем не менее, успешное применение требует учета вычислительных затрат и правильной настройки моделей, чтобы обеспечить наилучшие результаты в автоматизированных системах анализа альтернатив.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яхъяева Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети: учебное пособие, 2-е изд., испр. — М.: Интернет-Ун-т Информ. Технологий: Бинوم. Лаборатория знаний, 2012. — 315 с.
2. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. — М.: Бинум. Лаборатория знаний, 2009. — 798 с.
3. Усков А.А. Системы с нечеткими моделями объектов управления. Монография. — Смоленск: СФРУК, 2013. — 153 с.: ил.
4. Рутковский Лешек. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. — М.: Горячая линия — Телеком, 2010. — 520 с.

© Гончаров Константин Александрович (goncharovkostya.1997@gmail.com)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»