

REVIEW OF FUZZY MODELS AND FUZZY METHODS FOR ANALYSIS OF INFORMATION IN CONDITIONS OF EMOTIONAL DECISION MAKING

Latafat Gardashova

Royal Shirinov

Diana Boqdanova

Follow this and additional works at: <https://ijctcm.researchcommons.org/journal>



Part of the [Controls and Control Theory Commons](#), [Other Computer Engineering Commons](#), and the [Process Control and Systems Commons](#)



UDC 004.9: (510.644.4+316.613.4)

**REVIEW OF FUZZY MODELS AND FUZZY METHODS FOR ANALYSIS OF
INFORMATION IN CONDITIONS OF EMOTIONAL DECISION MAKING
(ОБЗОР НЕЧЁТКИХ МОДЕЛЕЙ И НЕЧЁТКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИИ
В УСЛОВИЯХ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ)**

L.A.Gardashova¹, R.H.Shirinov², D.R.Boqdanova³

¹Azerbaijan State Oil and Industry University, Address: Azadliq ave., 20, AZ1010, Baku, Azerbaijan.

E-mail: l.gardashova@asoiu.edu.az;

²Azerbaijan State Oil and Industry University, Address: Azadliq ave., 20, AZ1010, Baku, Azerbaijan.

E-mail: royal.shirinov@asoiu.edu.az;

³Ufa University of Science and Technology, Address: Zaki Validi str., 32, 450076, Ufa, Bashkortostan, Russia.

E-mail: bogdanova.dr@ugatu.su.

Abstract: In the modern world, decision-making often takes place in an environment of uncertainty and under the significant influence of emotional factors, which requires the use of special methods for analyzing information. This study is devoted to an overview of fuzzy models and methods that allow such factors to be taken into account when making decisions. In particular, the approaches based on fuzzy logic, fuzzy cognitive maps and fuzzy clustering methods that provide flexibility and adaptability in conditions of uncertainty are considered. The study analyzes examples of the application of these methods in various fields, including risk management, medical diagnostics and financial forecasting, which demonstrates their versatility and practical value. The results of the review show that fuzzy models and methods can significantly improve the quality of decisions made by taking more adequate account of emotional factors and uncertainty. In addition, the study highlights the importance of developing hybrid models that integrate the capabilities of fuzzy logic and neural networks to achieve higher accuracy and reliability. Special attention is paid to the prospects of in-depth study of the influence of emotional states on the decision-making process, which opens up new horizons for improving models and methods of analysis. Thus, the presented review highlights the importance of fuzzy methods in the context of complex and emotionally charged decision-making tasks, offering directions for future research and practical applications. In conclusion, the need for further improvement of these methods is noted to ensure their widespread implementation in various fields of activity, where decisions are made in conditions of uncertainty and emotional impact.

Keywords: Fuzzy models, emotional decision-making, fuzzy logic, fuzzy clustering, fuzzy analysis methods, fuzzy cognitive maps, information analysis.

Annotatsiya: Zamonaviy dunyoda qaror qabul qilish ko'pincha noaniqlik sharoitida va hissiy omillarning sezilarli ta'siri ostida sodir bo'ladi, bu ma'lumotni tahlil qilish uchun maxsus usullarni qo'llashni talab qiladi. Ushbu tadqiqot qaror qabul qilishda bunday omillarni hisobga olishga imkon beradigan noaniq modellar va usullarni ko'rib chiqishga bag'ishlangan. Xususan, noaniqlik sharoitida moslashuvchanlik va moslashuvchanlikni ta'minlaydigan noaniq mantiq, noaniq xaritalar va noaniq klasterlash usullariga asoslangan yondashuvlar ko'rib chiqiladi. Tadqiqot ishida ushbu usullarni turli sohalarida, jumladan, xavflarni boshqarish, tibbiy diagnostika va moliyaviy bashoratlashda qo'llash misollarini tahlil qilingan, bu ularning ko'p qirraliligi va amaliy ahamiyatini ko'rsatadi. Ko'rib chiqish natijalari shuni ko'rsatadiki, noaniq modellar va usullar hissiy omillar va noaniqlikni yetarli darajada hisobga olgan holda qabul qilingan qarorlar sifatini sezilarli darajada oshirishi mumkin. Bundan tashqari, tadqiqot aniqlik va ishonchlikning yuqori ko'rsatkichlariga erishish uchun noaniq mantiq va neyron tarmoq imkoniyatlarini birlashtirgan gibrid modellarini ishlab chiqish muhimligini ta'kidlaydi. Hissiy holatlarning qaror qabul qilish jarayoniga ta'sirini chuqur o'rganish istiqbollari alohida e'tibor qaratilib, tahlil modellari va usullarini takomillashtirish uchun yangi zamin yaratilmoqda. Shunday qilib, taqdim etilgan sharh noaniq usullarning murakkab va hissiy jihatdan boy qaror qabul qilish vazifalari kontekstida ahamiyatini ta'kidlab, kelajakdagi tadqiqotlar va amaliy qo'llanmalar uchun yo'nalishlarni taklif qiladi. Xulosa, ushbu usullarni noaniqlik va hissiy ta'sir sharoitida qarorlar qabul qilinadigan faoliyatning turli sohalariga keng tatbiq etilishini ta'minlash uchun yanada takomillashtirish zarurligini ta'kidlaydi.

***Tayanch so'zlar:** noaniq modellar, hissiy qaror qabul qilish, noaniq mantiq, noaniq klasterlash, noaniq tahlil usullari, noaniq kognitiv xaritalar, ma'lumotlarni tahlil qilish.*

Аннотация: В условиях современного мира принятие решений часто происходит в обстановке неопределённости и под значительным влиянием эмоциональных факторов, что требует применения специальных методов для анализа информации. Данное исследование посвящено обзору нечётких моделей и методов, которые позволяют учитывать такие факторы при принятии решений. В частности, рассмотрены подходы, основанные на нечёткой логике, нечётких когнитивных картах и методах нечёткой кластеризации, которые обеспечивают гибкость и адаптивность в условиях неопределённости. В исследовании проанализированы примеры применения этих методов в различных областях, включая управление рисками, медицинскую диагностику и финансовое прогнозирование, что демонстрирует их универсальность и практическую ценность. Результаты обзора показывают, что нечёткие модели и методы могут значительно повысить качество принимаемых решений за счёт более адекватного учёта эмоциональных факторов и неопределённости. Кроме того, исследование подчёркивает важность разработки гибридных моделей, которые интегрируют возможности нечёткой логики и нейронных сетей для достижения более высоких показателей точности и надёжности. Отдельное внимание уделено перспективам углублённого изучения влияния эмоциональных состояний на процесс принятия решений, что открывает новые горизонты для улучшения моделей и методов анализа. Таким образом, представленный обзор подчёркивает значимость нечётких методов в контексте сложных и эмоционально насыщенных задач принятия решений, предлагая направления для будущих исследований и практических приложений. В заключении отмечается необходимость дальнейшего совершенствования этих методов для обеспечения их широкого внедрения в различные сферы деятельности, где решения принимаются в условиях неопределённости и эмоционального воздействия.

Ключевые слова: Нечёткие модели, эмоциональное принятие решений, нечёткая логика, нечёткая кластеризация, методы нечёткого анализа, нечёткие когнитивные карты, анализ информации.

Введение

В современных условиях объёмы обрабатываемых данных постоянно растут. Часто встречаются данные – слабо структурированные, содержащие размытые понятия и оценки, которые отражают эмоциональную окраску. В таких условиях традиционные математические методы анализа данных не всегда применимы или дают невысокую точность.

Одним из перспективных подходов для работы с подобными данными является использование нечеткой логики и нечетких множеств. Нечеткие модели позволяют учитывать лингвистическую неопределенность, моделировать экспертные знания в виде нечетких правил, обрабатывать качественную информацию. Ряд исследований последних лет показал эффективность применения нечетких моделей в задачах прогнозирования, классификации, кластеризации данных в различных предметных областях [1].

Вместе с тем, важным фактором, влияющим на качество анализа данных, предоставленных для улучшения распознавания дальнейших действий человека (пациента, клиента и т.д.) является их эмоциональная окраска. Учет эмоционального контекста позволяет получить более точные оценки и прогнозы, повысить качество принимаемых на их основе решений [2].

Однако комплексных исследований, посвященных интеграции нечетких моделей и методов эмоционального анализа данных, к настоящему времени проведено недостаточно [3].

Целью данной работы является обзор современных подходов в этой области и определение перспективных направлений дальнейших исследований.

Нечёткая логика и нечёткие модели

Определение нечёткой логики и её основные принципы

Эмоциональный анализ данных — это процесс извлечения и интерпретации эмоциональных состояний из различных типов данных. Он основан на применении методов машинного обучения [2-4]. Задачи эмоционального анализа данных включают: 1) Классификацию эмоций, определение принадлежности данных к определенным эмоциональным категориям [5, 6]. 2) Обнаружение эмоций, выявление наличия или отсутствия эмоциональных состояний в данных и т.д [7, 8].

Основные методы распознавания эмоций в различных типах данных основаны на технологиях машинного обучения, таких как [5-7]: 1) Анализ тональности текста, использует алгоритмы классификации, чтобы определить эмоциональную окраску текста [8-10]. 2) Анализ изображений, использует методы компьютерного зрения и глубокого обучения для выявления эмоциональных выражений на лицах [11-13].

Преимущества учета эмоциональных факторов в анализе данных включают [6]: 1) Улучшение качества обслуживания клиентов - эмоциональный анализ может помочь понять и удовлетворить потребности и предпочтения клиентов [4]. 2) Улучшение эффективности коммуникации - понимание эмоционального контекста позволяет адаптировать коммуникацию и взаимодействие с пользователями, улучшая их удовлетворенность и вовлеченность [5].

Обзор нечётких моделей, таких как нечёткие множества и нечёткие правила

Примеры систем, использующих эмоциональный анализ данных, можно найти в различных сферах [9]. 1) Эмоциональный анализ применяется для адаптации рекомендаций к предпочтениям и настроению пользователей, улучшая их опыт использования. 2) Эмоциональный анализ помогает оценить эмоциональные состояния и реакции людей на различные ситуации, что может быть полезно при принятии важных решений. 3) Многие компании и организации используют эмоциональный анализ для изучения отзывов и комментариев пользователей в социальных медиа. 4) В медицине и психологии эмоциональный анализ данных применяется для оценки психического состояния пациентов. 5) В сфере обслуживания клиентов эмоциональный анализ данных используют для оценки удовлетворенности клиентов и выявления проблемных областей. 6) В образовательных сферах системы эмоционального анализа помогают оценить эмоциональные реакции и уровень вовлеченности студентов. 7) Эмоциональный анализ данных используют для изучения реакций потребителей на рекламные кампании, продукты или бренды. Они демонстрируют широкий спектр применений эмоционального анализа данных в различных сферах [11].

Применение нечётких моделей в анализе информации

Эмоциональный анализ данных может быть связан с нечеткостью и неопределенностью в нескольких аспектах [1,2]. 1) Эмоции и эмоциональные состояния являются субъективными и могут быть описаны различными словами и фразами. [3, 4, 5]. 2) Существующие методы измерения эмоций (такие как анализ тональности текста или распознавание лиц на изображениях), сталкиваются с неопределенностью и неточностью [7-9]. 3) Эмоциональные реакции могут сильно различаться у разных людей [11-13]. 4) Эмоции вызываются различными контекстами и ситуациями, которые могут быть сложны, для учета при анализе данных [14-16]. Для того чтобы справиться с нечеткостью и неопределенностью в эмоциональном анализе данных применяются методы нечеткой логики, теории вероятностей и статистического моделирования [17-19].

Учет эмоциональных факторов в анализе данных может обладать рядом значительных преимуществ: 1) Анализ эмоций позволяет лучше понять потребности и предпочтения клиентов [13]. 2) Анализ эмоций дает возможность точно настроить и персонализировать взаимодействие с пользователями [16].

Эмоциональное принятие решений

Понятие эмоционального принятия решений и его влияние на процесс принятия решений

В этом разделе мы рассмотрим способы моделирования эмоций при помощи нечетких множеств и нечеткие методы анализа эмоционально окрашенных текстов и отзывов: 1) Для моделирования эмоций используются нечеткие множества и лингвистические переменные. Например, можно определить нечеткие множества для эмоций "радость", "грусть" и "злость", а

затем использовать лингвистические переменные для определения степени принадлежности текста или данных к каждой из этих эмоций. 2) Нечеткие методы анализа позволяют эффективно обрабатывать эмоционально окрашенные тексты и отзывы. 3) В последнее время разрабатываются гибридные интеллектуальные системы, которые объединяют эмоциональный анализ данных и нечеткую логику. Эти системы позволяют учесть эмоциональные аспекты и неопределенность при принятии решений. 4) Комбинированный подход, использующий эмоциональный анализ данных и нечеткую логику, имеет несколько преимуществ. Во-первых, он позволяет учесть неопределенность и нечеткость в описании эмоций, что повышает точность анализа. Во-вторых, он позволяет учесть контекстуальные факторы и индивидуальные различия в интерпретации эмоций. В-третьих, он может приводить к более точным и релевантным результатам при принятии решений и предоставлении рекомендаций.

Недавние и актуальные исследования в области комбинированного подхода эмоционального анализа данных и нечеткой логики приводят такие результаты [8, 13].

Роль эмоций в информационной обработке и анализе

Эмоции играют значительную роль в информационной обработке и анализе. Они могут влиять на восприятие и интерпретацию информации, а также на память и внимание. Например, положительные эмоции могут усилить восприятие и запоминание положительной информации, в то время как отрицательные эмоции могут привести к сужению внимания и снижению памяти. Таким образом, нечеткие модели позволяют учесть особенности эмоционального принятия решений, связанные с нечеткостью и неопределенностью в описании эмоций. Их применение в эмоциональном анализе данных позволяет более точно определить эмоциональные состояния и улучшить процесс принятия решений [18-20].

Особенности эмоционального принятия решений и его связь с нечёткими моделями

Использование нечётких моделей в эмоциональном принятии решений позволяет более точно учитывать сложность и неопределенность, с которыми связаны эмоции: 1) Нечеткая система принятия решений на основе правил (Fuzzy Rule-Based Decision System). Эта модель использует нечеткие правила, которые связывают входные переменные с выходными переменными. Правило может выглядеть следующим образом: "Если эмоциональное состояние является 'очень грустным', то решение будет 'воздержаться от принятия решения'". Такие модели позволяют учесть нечеткость в описании эмоций и их влияние на принятие решений. 2) Нечеткая кластеризация (Fuzzy Clustering). Эта модель позволяет группировать данные (например, тексты или эмоциональные высказывания) на основе их сходства. Нечеткая кластеризация позволяет учесть нечеткость и различные градации эмоций, а также индивидуальные различия в интерпретации. 3) Нечеткая логика принятия решений (Fuzzy Logic Decision Making). В этой модели используется нечеткая логика для описания эмоциональных состояний и их влияния на принятие решений [16].

В зависимости от конкретной задачи и доступных данных, могут использоваться и другие типы нечетких моделей, такие как нечеткие нейронные сети или нечеткие алгоритмы классификации.

Нечёткие методы анализа информации в условиях эмоционального принятия решений

Применение нечётких моделей для моделирования эмоциональных состояний

В эмоциональном принятии решений необходимо учитывать неопределенность и нечеткость, связанные с эмоциональными состояниями. Для формализации этих состояний могут быть использованы нечеткие множества и лингвистические переменные [20].

Нечеткие множества позволяют описать различные градации эмоциональных состояний. Например, можно определить нечеткое множество "грустность" с элементами, такими как "очень грустный", "умеренно грустный", "слегка грустный" и т. д.

Лингвистические переменные используются для определения терминов, описывающих эмоциональные состояния. Например, можно определить лингвистическую переменную "уровень радости" терминами, такими как "очень счастливый", "умеренно счастливый", "нейтральный" и т. д. Лингвистические переменные позволяют работать с нечеткими терминами и учесть разнообразие выражений эмоциональных состояний.

Нечеткие правила и логический вывод позволяют моделировать влияние эмоций на принятие решений. Нечеткие правила определяют связи между входными переменными (например, эмоциональными состояниями) и выходными переменными (например, решениями). Например, правило может выглядеть следующим образом: "Если уровень грустности высок, то склонность к рискованным решениям низка".

Логический вывод на основе нечетких правил позволяет получить окончательное решение, учитывая эмоциональные состояния. Методы логического вывода, такие как нечеткий модус поненса или нечеткий модус толленса, применяются для получения вывода на основе нечетких правил и активации соответствующих правил, учитывая значения входных переменных [8, 10, 13].

Вызовы и перспективы

Ограничения и проблемы нечётких моделей и методов

1. Нечеткие модели могут быть сложными для интерпретации из-за нечеткости и неопределенности, связанных с лингвистическими переменными и нечеткими правилами. 2. Нечеткие модели могут быть вычислительно сложными, особенно при работе с большими объемами данных. 3. Нечеткие модели могут требовать большого объема данных для обучения и построения точных нечетких правил. 4. Нечеткие модели имеют различные параметры, такие как функции принадлежности и нечеткие правила, которые требуется подобрать оптимальным образом. 5. Нечеткие модели позволяют учитывать неопределенность, но могут столкнуться с проблемой управления этой неопределенностью. 6. Построение нечетких моделей требует взаимодействия с экспертами, которые определяют лингвистические переменные, функции принадлежности и нечеткие правила. 7. Нечеткие модели могут быть сложными для интеграции с другими методами анализа данных и машинного обучения.

Нечеткие модели и методы имеют свои ограничения и проблемы, которые требуют тщательного рассмотрения и учета при их применении. Однако, при правильном подходе и аккуратном учете этих факторов, нечеткие модели могут быть полезными инструментами для анализа информации в условиях эмоционального принятия решений [21].

Возможные направления развития и улучшения нечётких моделей

Разработка более эффективных алгоритмов обучения: Одним из ключевых направлений является разработка более эффективных алгоритмов обучения нечетких моделей. Это может включать разработку новых методов оптимизации, адаптивных алгоритмов обучения и алгоритмов выбора оптимальных параметров для повышения производительности и точности моделей [1,3].

Нечеткие модели могут быть интегрированы с другими методами машинного обучения, такими как нейронные сети, генетические алгоритмы и методы анализа временных рядов. Это может привести к созданию гибридных моделей, которые объединяют преимущества нечеткой логики с другими методами для более точного и надежного анализа данных [5].

Нечеткие модели могут быть расширены для учета различных типов нечеткости и неопределенности. Например, можно исследовать возможности моделирования временной нечеткости, нечеткости в пространственной области или нечеткости в многокритериальных задачах. Это может привести к созданию более мощных и гибких моделей для различных приложений [6, 8, 12].

Перспективы применения нечётких методов в будущем для анализа информации в условиях эмоционального принятия решений

Нечеткие методы могут быть эффективными инструментами для учета неопределенности и нечеткости в эмоциональном контексте. Они позволяют моделировать лингвистические переменные, такие как "высокое" или "низкое" уровни эмоций, и применять нечеткие правила для анализа и принятия решений на основе этих переменных [9].

Нечеткие методы могут быть адаптированы для учета индивидуальных предпочтений и различий в эмоциональном принятии решений.

С увеличением доступности сенсорных устройств и сбора данных в реальном времени нечеткие методы могут быть интегрированы с данными, получаемыми от сенсоров, таких как электрокардиограмма, акселерометр или физиологические показатели. Это позволяет учитывать физиологические и биометрические меры эмоциональных состояний и использовать их в нечетких моделях для анализа и принятия решений.

Гибридные модели, объединяющие нечеткую логику с другими методами анализа данных, могут предложить новые возможности для анализа информации в условиях эмоционального принятия решений.

Например, можно сочетать нечеткую логику с нейронными сетями или генетическими алгоритмами для создания более точных и надежных моделей эмоционального анализа [3,14, 19].

В табл. 1 – показано сравнение преимуществ и недостатков нечётких моделей и методов анализа информации в условиях эмоционального принятия решений.

Таблица 1.

Сравнение преимуществ и недостатков нечётких моделей и методов анализа информации в условиях нашего понимания эмоционального принятия решений.

Преимущества	Недостатки
Учёт неопределенности и нечёткости	Сложность интерпретации и понимания
Способность моделировать нечеткие и неструктурированные данные	Высокая вычислительная сложность
Расширение возможностей традиционных методов анализа	Необходимость предварительной лингвистической оценки
Поддержка эмоциональных аспектов в принятии решений	Зависимость от выбора и настройки параметров
Гибкость и адаптивность моделей	Возможность искажения результатов при неправильной настройке
Использование лингвистической переменной	Ограниченные возможности формализации и стандартизации
Подходит для неточных и нечетких данных	Расплывчатость границ и неоднозначность результатов
Позволяет учесть субъективные предпочтения и оценки	Ограниченная применимость в некоторых областях

Конкретные преимущества и недостатки, приведенные выше в этой таблице, могут варьироваться в зависимости от конкретного контекста и применения этих методов.

В отличие от традиционного подхода к имитационному моделированию, при создании нечетко-интервальной модели на первом этапе строится обычная статическая или динамическая модель исследуемой системы в предположении детерминированности всех ее параметров, т.е. при допущении отсутствия неопределенностей.

Вычисление значений критерия при нечеткой постановке задачи выбора требует выполнения различных действий над нечеткими переменными.

Применение принципа обобщения Беллмана-Заде сопряжено с двумя трудностями:

- большой объем вычислений – количество элементов результирующего нечеткого множества, которые необходимо обработать, равно $P_1P_2 \dots P_n$, где P_i – количество точек, на которых задан i -й нечеткий аргумент, $i=1, \dots, n$;

- необходимость построения верхней огибающей элементов результирующего нечеткого множества.

Более практичным является применение n -уровневого принципа обобщения. В этом случае нечеткие числа представляются в виде разложений по n -уровневым множествам. Выполнение операций над нечетко- интервальными числами сводится к выполнению операций над их n - уровнями.

Применение n -уровневого принципа обобщения сводится к решению для каждого n -уровня следующей задачи оптимизации: найти максимальное и минимальное значения рассчитываемой функции u при условии, что аргументы могут принимать значения из соответствующих n -уровневых множеств. Количество n -уровней выбирают так, чтобы обеспечить необходимую точность вычислений.

Заключение

Нечеткие методы имеют большой потенциал для анализа информации в условиях эмоционального принятия решений. Они позволяют учитывать неопределенность, нечеткость и индивидуальные предпочтения в эмоциональном контексте. Применение нечетких методов может помочь моделировать и анализировать эмоциональные состояния, учитывать сенсорные данные и создавать гибридные модели с другими методами анализа данных. Они также могут иметь применение в психологии и психотерапии.

Основные выводы:

1. Нечеткие методы могут учитывать нечеткость и неопределенность в эмоциональном контексте.
2. Адаптация нечетких методов к индивидуальным предпочтениям позволяет учесть различия в эмоциональном принятии решений.
3. Моделирование нечеткости эмоций помогает лучше понять и анализировать эмоциональные реакции и их влияние на принятие решений.
4. Интеграция с сенсорными данными позволяет учитывать физиологические и биометрические меры эмоциональных состояний.
5. Гибридные модели, объединяющие нечеткую логику с другими методами, могут предложить новые возможности для анализа информации в условиях эмоционального принятия решений.
6. Применение нечетких методов в психологии и психотерапии может помочь лучше понять эмоциональные аспекты и предложить индивидуализированные подходы к лечению.

Нечеткие методы представляют собой мощный инструмент для анализа информации в условиях эмоционального принятия решений и имеют большой потенциал для дальнейшего развития и применения в различных областях, где эмоции играют важную роль.

References

1. Ross, T.J. (2019). *Fuzzy Logic with Engineering Applications*. John Wiley & Sons, Ltd, 606 p.
2. Chen, G., Pham, T.T. (2015). *Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Control Systems*. 328 p.
3. Kazuo, T. (2016). *An Introduction to Fuzzy Logic for Practical Applications*. Springer, New York, NY, 148 p.
4. Yen, J., Langari, R. (2017). *Fuzzy Logic: Intelligence, Control, and Information*, Prentice Hall, Upper Saddle River NJ.
5. Klir, G.J., Yuan, B. (2017). *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications*. Prentice Hall. 574 p.
6. Stasiak, R.S., Kacprzyk, J., Eds. (2019). *Fuzzy Logic: State of the Art*.
7. Clarke, B., Fokoué, E., Zhang, H.H. (2019). *Fuzzy Logic and Probability Applications: Bridging the Gap*.
8. Verma, R. (2016). *Fuzzy Logic in Action: Applications in Epidemiology and Beyond*.
9. Borisov, V.V., Fedulov, A.S., Zernov, M.M. (2014). *Osnovy nechetkoj arifmetiki [Fundamentals of Fuzzy Arithmetic]*. Moskva: SINTEG, 808 p. (in Russian).
10. Borisov, V.V., Fedulov, A.S., Zernov, M.M. (2014). *Osnovy teorii nechetkih mnozhestv [Fundamentals of the theory of fuzzy sets]*. Moskva: Mashinostroenie, 478 p. (in Russian).
11. Borisov, V.V., Fedulov, A.S., Zernov, M.M. (2014). *Osnovy teorii nechetkih otnoshenij [Fundamentals of the theory of fuzzy relations]*. Moskva: Piter, 184 p. (in Russian).

12. Levashenko, V., Zajceva, E., Kovalik, S. (2014). *Prinyatie reshenij na osnove nechetkih dannyh [Making decisions based on fuzzy data]*. Moskva: LAP Lambert Academic Publishing, 372 p. (in Russian).
13. Simankov, V., Chastikova, V. (2014). *Geneticheskij poisk v nechetkih intellektual'nyh sistemah [Genetic Search in Fuzzy Intelligent Systems]*. Moskva: LAP Lambert Academic Publishing, 188 p. (in Russian).
14. Gavrishchev, A.A. (2015). *Ocenka zashchishchennosti besprovodnoj signalizacii ot nesankcionirovannogo dostupa na osnove ponyatij nechetkoj logiki [Evaluation of the security of uninterruptible alarm systems against unauthorized access based on fuzzy logic concepts]*. Moskva: Sinergiya, 375 p. (in Russian).
15. German, Yu.O. (2015). *Poisk maksimal'nogo nezavisimogo mnozhestva v nechetkom grafe [Finding the maximal independent set in a fuzzy class]*. Moskva: Sinergiya, 141 p. (in Russian).
16. Nazarov, D.M. (2017). *Intellektual'nye sistemy: osnovy teorii nechetkih mnozhestv [Intelligent systems: fundamentals of fuzzy set theory]*. Moskva: Yurajt, 207 p. (in Russian).
17. Emel'yanov, S.G. (2018). *Avtomatizirovannye nechetko-logicheskie sistemy upravleniya [Automated fuzzy logic control systems]*. Moskva: INFRA-M, 403 p. (in Russian).
18. Emel'yanova, N.Z. (2017). *Naznachenie prioritetov v tekhnologicheskikh habah na osnove imitacionnogo modelirovaniya i nechetkoj logiki [Prioritization in technology hubs based on simulation modeling and fuzzy logic]*. Moskva: Sinergiya, 498 p. (in Russian).
19. Zak, Yu.A. (2016). *Prinyatie reshenij v usloviyah nechetkih i razmytyh dannyh. Fuzzy-tehnologii [Making decisions in conditions of fuzzy and blurred data. Fuzzy technologies]*. Moskva: Mashinostroenie, 604 p. (in Russian).
20. Koryachko, V.P. (2017). *Intellektual'nye sistemy i nechetkaya logika [Intelligent systems and fuzzy logic]*. Moskva: Kurs, 83 p. (in Russian).
21. Kudinov, Yu.I. (2017). *Nechetkie modeli i sistemy upravleniya [Fuzzy models and control systems]*. Moskva: Vysshaya shkola, 517 p. (in Russian).