

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕОРИЯ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ»

Направление подготовки бакалавра
10.03.01 – Информационная безопасность

Трудоемкость дисциплины
лекции – 18 часов
практические занятия – 6 часов
лабораторные работы – 12 часов
зачет

Дисциплина «Теория нечетких систем» входит в вариативную часть математического и естественно-научного цикла.

Целью освоения дисциплины является формирование систематизированных знаний о теоретических, методологических и технологических основах построения нечетких систем.

Задачи:

- сформировать комплекс базовых теоретических знаний в области нечетких систем и технологий;
- сформировать и развить компетенции, знания, практические навыки и умения, способствующие всестороннему и эффективному применению методов и алгоритмов нечеткого логического вывода для решения прикладных задач в области информационной безопасности.

ПЛАН ЛЕКЦИИ 1

1. Введение
2. История возникновения и развития теории нечетких множеств
3. Структура системы нечеткого логического вывода
4. Программные средства, реализующие технологию нечеткого моделирования

ВВЕДЕНИЕ

Нечеткие системы – это системы, основанные на применении нечетких множеств и нечеткой логики. Теория нечетких множеств является разделом математики, нечеткая логика – разделом математической логики.

В повседневной жизни мы часто встречаемся с явлениями и понятиями, которые имеют многозначный и неточный характер, например, «высокая температура», «молодой человек», «средний рост», «большой город». При использовании классической теории множеств и двоичной логики (*да-нет*) мы оказываемся не в состоянии формально описать эти явления и понятия. Наш мир состоит не только из нулей или единиц, нам нужна более гибкая логика для того, чтобы представить реальные взаимосвязи.

Способность оперировать нечеткими множествами и вытекающая из нее способность оценивать информацию является одним из наиболее ценных качеств человеческого разума. Наиболее поразительным свойством человеческого интеллекта является способность принимать правильные решения в обстановке неполной и нечеткой информации.

ВВЕДЕНИЕ

При управлении сложными техническими, экономическими, социальными и др. системами человек сталкивается с проблемами, для решения которых невозможно получить полную и точную информацию. Казалось бы ситуация безвыходная, но благодаря развитию и совершенствованию так называемых *нечетких и гибридных* систем в настоящее время уже обыденно воспринимаются «интеллектуальные» стиральные машины и бытовые автоматы, гиперзвуковые самолеты и самонаводящиеся ракеты.

В большинстве основных задач, решаемых человеком, не требуется высокая точность. Человеческий мозг использует допустимость такой неточности, кодируя информацию, достаточную для задачи (решения), элементами нечетких множеств, которые лишь приближенно описывают исходные данные. Таким образом, поток информации, поступающий в мозг через органы зрения, слуха, осязания и др., суживается в тонкую струйку информации, необходимой для решения задачи с минимальной степенью точности.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из создателей кибернетики *Джоном фон Нейманом* впервые было замечено, что стремление получить точную, исчерпывающую модель для сложной системы не имеет смысла, поскольку сложность такого описания становится соизмеримой со сложностью самого объекта. Следовательно, использование такой модели не позволяет просто и наглядно объяснить механизм его функционирования, воспользоваться какими-либо стандартными математическими процедурами для исследования характеристик объекта и синтеза системы управления им.

Известный специалист в области теории систем, профессор факультета электротехники и информатики Калифорнийского университета (г.Беркли, США) **Лотфи А.Заде** сформулировал эту мысль в виде так называемого *принципа несовместимости*: «чем сложнее система, тем менее мы способны дать точные и в то же время имеющие практическое значение суждения о ее поведении. Для систем, сложность которых превосходит некоторый пороговый уровень, точность и практический смысл становятся почти исключаящими друг друга характеристиками».

ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

1 этап. *Рождение нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений*

1965 г. – опубликована статья Л.А.Заде “Fuzzy sets”. Это была первая работа, заложившая **основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений**. Л.Заде ввел понятие *нечеткого множества*, предложил идею и первую концепцию теории, которая дает возможность нечеткого описания реальных систем и позволяет описывать качественные, неточные понятия и наши знания об окружающем мире, а также оперировать этими знаниями с целью получения новой информации.

Суть нового подхода, названного *нечеткой логикой* (Fuzzy Logic), заключается в следующем:

- 1) в нем используются так называемые «лингвистические переменные» вместо обычных числовых переменных или в дополнении к ним;
- 2) простые отношения между переменными описываются с помощью нечетких высказываний;
- 3) сложные отношения описываются нечеткими алгоритмами.

ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

Понятие нечеткого множества в смысле Л. Заде положило начало новому импульсу в области математических и прикладных исследований, в рамках которых за короткий срок были предложены нечеткие обобщения всех основных теоретико-множественных и формально-логических понятий.

Наиболее значимыми из работ в этой области следует отметить публикации

по теории нечеткой меры и меры возможности Л.Заде, Д.Дюбуа и А. Прада,

по нечеткому выводу и нечеткому интегралу М.Сугено,

по нечеткой кластеризации и распознаванию образов Дж.Беждека,

по нечеткой логике Р.Ягера.

Однако, несмотря на большое количество теоретических работ, прикладное значение нечетких моделей долгое время ставилось под сомнение. Даже сегодня, когда имеется информация о многих десятках успешных применений нечетких моделей, некоторые ученые все еще скептически относятся к возможностям нечеткого моделирования.

ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

Сер. 1970-х гг. – первые реализации нечетких моделей в промышленности в Европе.

Началом практического применения теории нечетких множеств можно считать 1975 г., когда Мамдани и Ассилиан построили первый *нечеткий контролер для управления простым паровым двигателем*. Решение этой задачи обычными методами было сопряжено с целым рядом трудностей вычислительного характера. Предложенный Э. Мамдани алгоритм, основанный на нечетком логическом выводе, позволил избежать чрезмерно большого объема вычислений и был по достоинству оценен специалистами.

В 1982 г. Холмблад и Остергад разработали первый *промышленный нечеткий контроллер, который был внедрен в управление процессом обжига цемента* на заводе в Дании. Успех первого промышленного контролера, основанного на нечетких лингвистических правилах «Если - то» привел к всплеску интереса к теории нечетких множеств среди математиков и инженеров.

ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

2 этап. Япония - лидер в области промышленных приложений

Начало 1980-х гг. Нечеткая логика и теория нечетких множеств получили свое дальнейшее развитие в целом ряде *программных средств поддержки принятия решений и в экспертных системах анализа данных*. Хотя многие из этих программных инструментариев так и не вышли за пределы научно-исследовательских лабораторий и институтов, в ходе их разработки были получены важные эмпирические результаты по моделированию с помощью нечеткой логики процессов человеческих рассуждений и принятия решений.

После первых промышленных приложений в Европе Япония за короткий период времени вышла на первое место в мире по количеству устройств и механизмов, в которых были реализованы нечеткие технологии. Появление микропроцессоров и микроконтроллеров инициировало резкое увеличение *бытовых приборов и промышленных установок с алгоритмами управления на основе нечеткой логики*. В настоящее время в Японии запатентовано более чем 3000 соответствующих устройств в этой области. Слово «фаззи» (fuzzy) стало символом популярности и коммерческого успеха новых промышленных изделий в этой стране.

ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

Имеется целый ряд обстоятельств, которые объясняют причины столь впечатляющей популярности нечеткой логики в Японии:

во-первых, нечеткая логика поддерживает разработку быстрого прототипа технического устройства с последующим усложнением его функциональности, что характерно для стиля работы японских инженеров;

во-вторых, нечеткая логическая модель более проста для понимания, чем аналогичная математическая модель на основе дифференциальных или разностных уравнений;

в-третьих, нечеткие модели оказываются более простыми для своей аппаратной реализации по сравнению с классическими алгоритмами управления техническими системами.

В результате этого нечеткие технологии нашли свое применение в самых различных технических устройствах и бытовых приборах, выпускаемых японскими фирмами.

ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЧЕТКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

фотоаппараты и видеокамеры используют нечеткую логику, чтобы реализовать опыт фотографа в управлении этими устройствами. Например, компании Fisher и Sanyo производят нечеткие логические видеокамеры, в которых применяется нечеткая фокусировка и стабилизация изображения;

стиральная машина, в которой используются датчики и микропроцессоры с нечеткими алгоритмами управления (компания Matsushita). Датчики определяют цвет и вид одежды, количество твердых частиц, степень загрязнения, а нечеткий микропроцессор выбирает наиболее подходящую программу стирки из 600 доступных комбинаций температуры воды, количества стирального порошка и времени производственного цикла быстрого или медленного вращения и промывки;

автомобиль, в котором управление каждой системой основано на нечеткой логике (компания Mitsubishi). При этом Mitsubishi также производит «нечеткий» кондиционер, который управляет изменением температуры и влажности в помещении согласно человеческому восприятию степени комфорта;

ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЧЕТКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

«нечеткая» автоматическая трансмиссия и «нечеткая» противоскользящая тормозная система реализована в одном из последних автомобилей повышенной комфортности (компания Nissan);

метрополитен с 16 станциями, который управляется нечетким компьютером (японский город Сендай). При этом нечеткий компьютер регулирует процессы ускорения и торможения поездов метро, делая на 70% меньше ошибок, чем соответствующий человек-оператор;

трейдерные системы, основанные на нечеткой логике, которые превосходят по скоростным и динамическим характеристикам традиционные информационные системы (используется на фондовом рынке Токио);

в Японии имеются также *«нечеткие» системы управления уличным движением, «нечеткие» тостеры, «нечеткие» рисовые печи, «нечеткие» пылесосы и многие другие бытовые и технические устройства.*

ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

3 этап. Европа и США преследуют Японию

Только в начале 1990-х гг. ведущие европейские корпорации поняли, что они практически уступили Японии одну из ключевых современных технологий. С этого времени были предприняты серьезные усилия наверстать упущенные возможности в этой области. Именно в этот период в Европе появилось более 200 видов промышленных изделий и устройств, в которых были реализованы нечеткие модели.

Это были, главным образом,

бытовые приборы, которые характеризовались более эффективной экономией электроэнергии и водопотребления без дополнительного увеличения цены изделия;

другие промышленные приложения относились к *автоматизации производства*, включая управление химическими и биологическими процессами, управление станками и сборочными конвейерами, а также различные интеллектуальные датчики.

ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

4 этап. Современное состояние исследований (достижений)

Поскольку промышленным приложениям нечетких систем сопутствовал коммерческий успех, в настоящее время нечеткая логика рассматривается как **стандартный метод проектирования** и получила широкое признание среди инженеров и проектировщиков. К нечетким технологиям проявляют все больший интерес компании из США, особенно те из них, кто испытывает жесткую конкуренцию со стороны фирм из Азии и Европы.

Сферы применения нечетких технологий:

нечеткая логика оказалась превосходным инструментом для разработки *систем управления внутренними компонентами персональных компьютеров*;

известны приложения из *области теле- и радиосвязи*, направленные на устранение влияния отраженных ТВ-сигналов и радиосигналов;

предложены и реализованы *программные алгоритмы для сетевой маршрутизации и распознавания речи на основе нечеткой логики, а также алгоритмы компрессии речи и видео*;

ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

в настоящее время в США развернуты серьезные исследования по *нейро-сетевым технологиям*. Все эксперты соглашались с тем, что **комбинация нейронных сетей и нечеткой логики** будет следующим серьезным шагом в дальнейшем прогрессе высоких технологий. Математическую основу так называемых *гибридных систем* составляют противоположные традиционным компьютерным вычислениям (hard computing) *мягкие вычисления* (soft computing) или сложная компьютерная методология, компонентами которой являются нечеткие системы, нейронные сети, генетические алгоритмы и др. (Термин «мягкие вычисления» означает усиление достоинств и нивелирование недостатков отдельных методов);

сегодня количество технических изделий и программных средств, включая новые патенты, продолжает быстро расти. Поэтому, чтобы остаться конкурентоспособными, многие американские компании начинают свои собственные внутренние нечеткие проекты. Хотя информации о подобных проектах недостаточно, можно отметить ассигнования Министерства обороны США на исследования в области построения *систем управления вооружением и тренажеров для обучения пилотов истребителей на основе нечетких технологий*. Национальное управление по аэронавтике и космонавтике (НАСА) предполагает использовать нечеткие модели для решения специальных

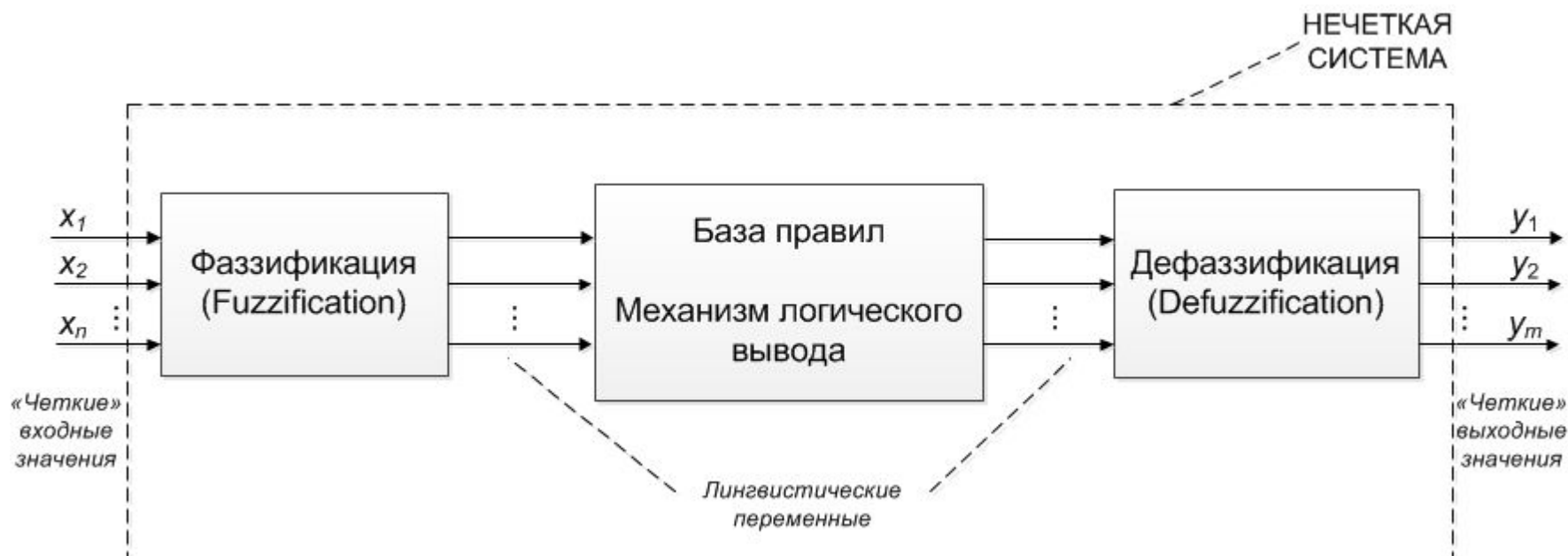
ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

Системы, основанные на нечетких множествах, разработаны и успешно внедрены в таких областях, как:

управление технологическими процессами,
управление транспортом,
медицинская диагностика,
техническая диагностика,
финансовый менеджмент,
биржевое прогнозирование,
распознавание образов.

Спектр приложений очень широкий - от видеокамер и бытовых стиральных машин до средств наведения ракет ПВО и управления боевыми вертолетами. Практический опыт разработки систем нечеткого логического вывода свидетельствует, что сроки и стоимость их проектирования значительно меньше, чем при использовании традиционного математического аппарата, при этом обеспечивается требуемый уровень робастности и прозрачности моделей. Таким образом, можно сделать вывод, что область приложений теории нечетких множеств и нечеткой логики с каждым годом продолжает неуклонно расширяться.

СТРУКТУРА НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ



Фаззификация (приведение к нечеткости) – переход от четкого (измеримого) значения к его нечеткой интерпретации (например, «пять» – «приблизительно пять»). Осуществляется с помощью задания *функций принадлежности*.

Дефаззификация (приведение к четкости) – переход от нечеткого множества к единственному четкому значению. Осуществляется с помощью *методов дефаззификации*.

Лингвистические переменные – переменные, значениями которых являются *термы* (сжатые словесные описания, выраженные на естественном языке, например, рост человека: высокий, средний, низкий).

НЕЧЕТКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Нечеткое моделирование – это разработка моделей на основе теории нечетких множеств. Оно существенно расширяет традиционные области применения компьютеров и образуют самостоятельное направление научно-прикладных исследований. В последнее время нечеткое моделирование является одной из наиболее активных и перспективных направлений прикладных исследований в *области управления и принятия решений*. Нечеткое моделирование оказывается особенно полезным, когда в описании технических систем и бизнес-процессов присутствует неопределенность, которая затрудняет или даже исключает применение точных количественных методов и подходов.

В *области управления техническими системами* нечеткое моделирование позволяет получать более адекватные результаты по сравнению с результатами, которые основываются на использовании традиционных аналитических моделей и алгоритмов управления. Диапазон применения нечетких методов с каждым годом расширяется, охватывая такие области, как проектирование промышленных роботов и бытовых электроприборов, управление доменными печами и движением поездов метро, автоматическое распознавание речи и изображений.

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА, РЕАЛИЗУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЮ НЕЧЕТКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Модуль **Fuzzy Logic Toolbox** системы **Matlab**

Система MATLAB (сокращение от англ. MATrix LABoratory - матричная лаборатория) представляет собой интегрированную программную среду для выполнения численных расчетов, компьютерного моделирования и вычислительных экспериментов, охватывающих в том или ином объеме различные области классической и современной математики, а также широчайший спектр инженерных приложений.

Архитектурно система MATLAB состоит из базовой программы и нескольких десятков так называемых пакетов расширения, которые в своей совокупности обеспечивают исключительно широкий диапазон решаемых задач. Интеграция всех этих средств в единой рабочей среде обеспечивает необходимую гибкость использования сотен встроенных функций, реализующих разнообразные математические процедуры и вычислительные алгоритмы.

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА, РЕАЛИЗУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЮ НЕЧЕТКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Нечеткое моделирование в среде MATLAB осуществляется с использованием пакета расширения Fuzzy Logic Toolbox, в котором реализованы десятки функций нечеткой логики и нечеткого вывода.

Основные возможности:

построение систем нечеткого вывода (экспертных систем, аппроксиматоров зависимостей, различных регуляторов);

формирование адаптивных нечетких систем (гибридных нейронных сетей);

интерактивное динамическое моделирование.

Содержащая специальные средства нечеткого моделирования, система MATLAB *позволяет* выполнять весь комплекс исследований по разработке и применению нечетких моделей. Использование системы MATLAB и связанных с ней методик моделирования и процедур выполнения численных расчетов стало *стандартом de facto* для широчайшего круга специалистов из самых различных областей науки, техники, экономики и образования.

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА, РЕАЛИЗУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЮ НЕЧЕТКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Программа **fuzzyTECH**, разработанная и постоянно обновляемая компанией INFORM GmbH (Inform Software Corporation, Германия), предназначена для решения различных задач нечеткого моделирования. В отличие от системы MATLAB, программа fuzzyTECH является *специализированным* средством, которое *позволяет* разрабатывать и исследовать разнообразные нечеткие модели в графическом режиме, а также преобразовывать их в программный код на одном из языков программирования с возможностью последующей реализации в программируемых микроконтроллерах.

Программа fuzzyTECH обладает *возможностью* использования ее в качестве сервера или клиента при нечетком управлении удаленными объектами. Интересной *особенностью* программы fuzzyTECH, которую также следует обязательно отметить, является возможность автоматической генерации документации по нечетким моделям в виде текста с иллюстрациями в формате RTF.

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА, РЕАЛИЗУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЮ НЕЧЕТКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Пакет **CubiCalc**. Разработан америк. фирмой HyperLogic в начале 90-х гг. XX века. До 1995 г. экспорт этого ПП в Россию был запрещен, т.к. системы с НЛ использовались в америк. программе «Стратегической оборонной инициативы» (включенная сейчас в пакет в качестве примера задача о собаке, догоняющей кота, есть не что иное, как задача о ракете и противоракете). Сегодня CubiCalc применяется при решении различных задач: от адаптивного управления оптовыми складами до моделирования рынка фьючерсных контрактов.

Этот пакет *содержит* средства для ввода и представления данных, формирования правил вывода, описания нечетких множеств. В некоторые версии пакета включается модуль RuleMaker, позволяющий решать одну из основных проблем в системах с НЛ: автоматическое построение нечетких правил. Пакет *позволяет* контролировать каждый шаг вычислений, генерировать на языке Си тексты, содержащие алгоритмы работы нечеткой системы, которые затем могут быть встроены в приложения пользователя.

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА, РЕАЛИЗУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЮ НЕЧЕТКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Пакет **WINROSA**. Разработан в Германии в нач. 1990-х гг. работа с этим пакетом п.с. следующую последовательность шагов: определение проекта, формирование правил, уменьшение количества правил, анализ результатов, экспорт результатов. Результаты сохраняются в виде ASCII-файла и могут быть экспортированы в пакеты Matlab, FuzzyTECH и др.

Пакет **FIDE** (Fuzzy Interference Development Environment). Разработан америк. фирмой Apronix и представляет собой средство для создания и использования нечетких систем вывода. Ядром этой системы является компилятор, который применяет англоязычный синтаксис и обозначения для переменных, функций принадлежности и правил. В качестве входа система использует текстовый формат, что представляет значительную гибкость для пользователя. Кроме того, разработчик может воспользоваться любым текстовым редактором, включая и собственный редактор системы FIDE, для создания и изменения правил. Система FIDE также обеспечивает полным набором средств визуализации и отладки. Пользователь имеет возможность просмотреть разрабатываемую СНВ в трехмерном пространстве или в любом сечении этого пространства.

К ВОПРОСУ О НЕЧЕТКОСТИ И СЛУЧАЙНОСТИ

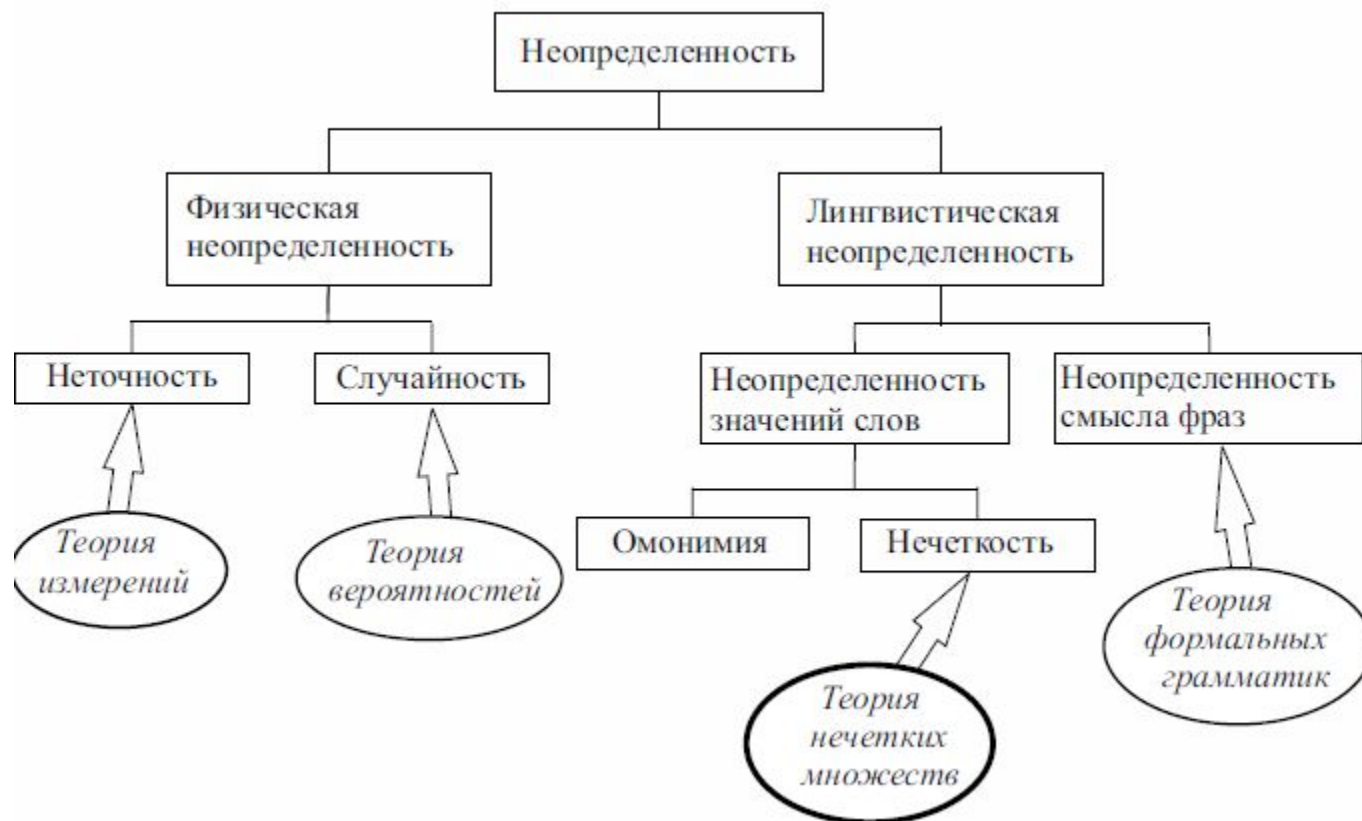
Любая наука занимается изучением определенных моделей реального мира. Даже описывая что-то словами, мы на самом деле формулируем модель некоторого реального объекта, события и т.п. на естественном языке.

Соотношение реального объекта и его модели – старый философский вопрос, который можно сформулировать как проблему соотношения некоторого объекта и нашего знания о нем. При рассмотрении этого вопроса все философские школы сходятся в одном: модель есть не совсем точное описание объекта («грубое», «искаженное» и т.п.)

Таким образом, модель не есть эквивалент объекта, она всегда является более бедной. Поэтому в модели присутствует неопределенность, которую необходимо учитывать при переносе выводов, полученных при ее анализе, на реальный объект. Понятие «неопределенность» тоже является философским.

Приведем следующую классификацию неопределенности (рисунок).

К ВОПРОСУ О НЕЧЕТКОСТИ И СЛУЧАЙНОСТИ



К ВОПРОСУ О НЕЧЕТКОСТИ И СЛУЧАЙНОСТИ

Разные типы неопределенности имеют разные средства поддержки обработки информации, обладающей ими.

Физическая неопределенность описывает неопределенность объектов реального мира с точки зрения наблюдателя. Так, неточность связана с возможностями измерительного оборудования. Например, если мы имеем шкалу с шагом 1 мм, мы не можем измерять размеры с точностью до микрона. В этом случае можно говорить о размерах с определенной точностью. Математической моделью обработки такого типа неопределенности является интервальная арифметика. С объектами, измеряемыми в разных шкалах, мы должны работать по-разному. Изучением подобных вопросов занимается теория измерений.

К ВОПРОСУ О НЕЧЕТКОСТИ И СЛУЧАЙНОСТИ

Теория вероятностей имеет дело с неопределенностью некоторых событий. Например, ответ на вопрос «Какова вероятность того, что выйдя на улицу, мы встретим человека ростом 2м?» зависит от распределения людей по росту (в данном городе). Теория вероятностей, имеющая более 200-летнюю историю, является наиболее развитую теорию, ориентированную на обработку неопределенности. Однако, она базируется на ряде предположений и гипотез, без проверки которых для данной конкретной проблемы нельзя гарантировать адекватность полученных ею выводов. Такими требованиями могут быть повторяемость событий; гарантия того, что наблюдаемые эффекты могут быть перенесены на все объекты или события данного типа (генеральную совокупность); независимость событий и т.п.

Теория формальных грамматик изучает неопределенность смысла фраз. Примером такого рода неопределенности может быть известное высказывание «Казнить нельзя помиловать». В зависимости от расположения запятой, смысл фразы меняется на противоположный. Язык формальных грамматик оказался очень удобным для решения ряда практических задач, например, распознавание образов.

К ВОПРОСУ О НЕЧЕТКОСТИ И СЛУЧАЙНОСТИ

Теория нечетких множеств есть некоторый аппарат формализации одного из видов неопределенности, возникающей при моделировании реальных объектов. Нечеткость возникает всегда, когда мы используем слова естественного языка при описании объекта. Она возникает при применении информационных технологий в «нетрадиционных» или «гуманитарных» областях, таких, как медицина, экономика, социология, управление (с учетом свойств лица принимающего решения) и пр. в рамках теории нечетких множеств разработан аппарат формализации содержательно значимых понятий, например, «человек среднего роста», «устойчивая ситуация», «высокий уровень безопасности» и т.п.

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ

При проектировании систем поддержки принятия решений реализуемых на основе экспертных систем.

При разработке нечетких контролеров применяемых при управлении техническими системами.

Достоинства:

- Назначение – решение слабоформализованных задач.
- Применение в тех областях, где значения переменных желательно выразить в лингвистических переменных.

Недостатки:

- Существует проблема выбора вида функции принадлежности (решается при создании гибридных интеллектуальных систем).
- Сформулированный набор правил может оказаться неполным и противоречивым.

От выбора метода нечеткого логического вывода и дефаззификации зависит конечный результат.