

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ
РЕСПУБЛИКИ
АЗЕРБАЙДЖАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

МАГИСТРАТУРА

Халафов Мушвиг Адалат оглы

**ТЕМА: «АНАЛИЗ НОВЫХ ТЕНДЕНЦИЙ В ЭКОНОМИКЕ,
ОСНОВАННЫЙ НА АППАРАТЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ»**

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Название и шифр направления:	060509	Компьютерные науки
Название и шифр специальности:	ИМ 020004	Информационные технологии управления

Научный руководитель:	доц. Т.А. Алиева
Заведующий кафедрой:	акад. А.М. Аббасов

БАКУ - 2017

СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	7
ГЛАВА I. НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА — МАТЕМАТИЧЕСКИЕ	13
ОСНОВЫ	
§1.1. Введение в нечеткую логику.....	13
§1.2. Математический аппарат нечеткой логики.....	21
§1.3 Нечеткий логический вывод.....	23
ГЛАВА II. НЕЧЕТКО-МНОЖЕСТВЕННЫЙ ПОДХОД В	29
РАЗНЫХ ОТРАСЛЯХ ЭКОНОМИКИ	
§2.1. Нечетко-множественный подход в маркетинговых исследованиях.....	29
§2.2. Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций.....	38
§2.3. Применение теории нечетких множеств в принятии решений.....	44
ГЛАВА III. МОДЕЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ	52
ПРОЦЕССОВ В ОТРАСЛЯХ ЭКОНОМИКИ НА ОСНОВЕ	
ПРИНЦИПОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ.....	
§3.1. Интеграция с интеллектуальными парадигмами.....	52
§ 3.2. Нечеткие модели сложных систем.....	60
§3.3. Использование нечеткого логического вывода для решения задач прогнозирования и диагностики.....	65
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	73
ЛИТЕРАТУРА	75
РЕЗЮМЕ	79

РЕФЕРАТ

Актуальность темы. В рыночных условиях любое экономическое образование в своей деятельности неизбежно сталкивается с неопределенностью. Даже специалисты высокого класса не могут предсказать изменения, которые происходят во внешней среде. Планирование является одним из компонентов контроля бизнес-процессов, это способ уменьшить неопределенность и риск. Однако любая, даже самая крупная фирма не может позволить себе полностью устранить неопределенность и, следовательно, абсолютно учитывать влияние всех факторов.

Когда вы работаете с точными параметрами и системами, все довольно просто. В другом случае с нечеткими системами. Они управляют так называемым принципом несовместимости: для получения определенных выводов о поведении сложной системы в анализе подходов используются принципы нечеткой логики.

Нечеткая логика - это отрасль математики, которая занимается сложной классической логикой и теорией нечетких множеств. Основной характеристикой теории нечетких множеств является лингвистическая переменная. Лингвистическая переменная - это переменная, значения которой не являются числами, а слова и выражения, которые вызывают нечеткость, потому что у них нет определенного числового значения.

Цель исследования. Целью исследования является раскрытие неопределенности в нестабильной среде классическим вероятностным и статистическим методом, но это является фиктивной средней оценкой. В нестабильной рыночной ситуации правильное применение статистических методов, а затем решения должны приниматься в соответствии с правилами основных настроек лица, принимающего решения, в отношении явления неопределенности. В таких ситуациях принятие решений в значительной степени учитывается на основе экспертных оценок. Однако любое мнение экспертов, даже сделанное из точных объективных данных, гораздо более

неопределенно, чем сложный многомерный набор данных, который доступен всеобъемлющим образом, чрезвычайно сложно (а иногда и невозможно). Таким образом, хотя мнение экспертов может содержать обобщения и прогнозы, которые имеют отношение к практике, это не снижает уровень неопределенности.

Предмет исследования. Методы, основанные на теории нечетких множеств, относятся к методам оценки и принятия решений в условиях неопределенности. Их использование предполагает формализацию исходных условий и цели для эффективности процесса как вектора интервальных значений (нечеткий интервал), попадающих в каждый интервал и характеризуются определенной степенью неопределенности.

Посредством арифметических и других операций с такими нечеткими интервалами в соответствии с правилами нечеткой математики эксперты получают полученный нечеткий интервал для цели.

Основываясь на исходной информации, опыт и интуиция экспертов часто могут вполне уверенно количественно определять границы (интервалы) возможных (допустимых) значений параметров, и их самой возможной ценности. Основные недостатки и ограничения существующих экономических и математических моделей и методов - это оценка эффективности и риска экономических проектов перед лицом неопределенности по сравнению с методами нечеткой логики:

- отсутствие статистической информации для обоснованного применения вероятностных методов,
- высокая доля субъективности в определении вероятностей экспертных оценок,
- отсутствие полноты системы классификации.

Теоретической основой диссертации является то, что для преодоления вышеуказанных недостатков и ограничений традиционных методов обосновано использование теории нечетких множеств для

разработки моделей и методов стратегического управления экономической деятельностью.

Стоит обратить внимание на то, что процесс нечеткого моделирования состоит из двух ключевых этапов:

- идентификация структуры (процесс определения структурных характеристик или числа нечетких правил и лингвистических терминов);
- идентификация параметров (выбор antecedentных и последующих параметров).

Именно на этом этапе сводится к минимуму системная ошибка, поэтому особое внимание должно быть уделено оптимизации этой фазы в моделировании экономических проблем.

Методологическая база исследования основана на современных работах отечественных и зарубежных специалистов по данной проблеме.

Основной тезис методологии:

Бизнес-экономика - это многофакторная система, которая, кроме того, ориентирована на конечного пользователя, чтобы предсказать поведенческие характеристики, которые являются довольно проблематичными. Кроме того, экономика довольно чувствительна к социальным тенденциям отрасли. Более того, для прогнозирования изменений экономической активности под влиянием внешних и внутренних факторов в большинстве случаев это возможно только в терминах лингвистических (или нечетких) понятий. На основе этого приоритета в экономике используется использование нечеткой логики и нечеткого моделирования.

Научная новизна. В этой диссертации описываются особенности экономической среды. Дана характеристика влияния внешних и внутренних факторов на экономические проекты. Даны определения понятия нечеткой логики и лингвистической переменной и их связь с экономикой в целом, особенности нечеткой модели и возможность применения этого метода в экономике, выводы о перспективах использования метода нечеткого моделирования в экономическом планировании.

Теоретическая и практическая ценность. Экономика становится областью, представляющей особый интерес для применения нечеткой логики. Здесь мы приводим некоторые работы, выполненные в этом направлении, подчеркивая их преимущества, а также некоторые из возникающих трудностей. Системы нечеткого вывода очень полезны для экономического моделирования. Использование системы правил определяет основную экономическую теорию и позволяет извлекать выводы и прогнозы.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и рекомендаций.

Первая глава работы посвящена введению в нечеткую логику, математическому аппарату нечеткой логики, нечеткому логическому выводу.

Во второй главе изучаются нечетко-множественные подходы в различных сферах экономики.

Третья глава моделирует инновационные процессы в отраслях экономики на основе принципов нечеткой логики.

В конце работы даны заключение, рекомендации и литература.

ВВЕДЕНИЕ

Современная экономика - чрезвычайно сложная система, внутри которой отдельные экономические единицы и варианты связаны многочисленными обратными связями, состоящими из множества механизмов регулирования. В таких условиях, независимо от механизмов взаимоотношений, экономика не может определить свое будущее развитие без альтернатив. Внутри каждой начальной точки есть множество альтернатив, состоящих из разных возможностей для разработки стратегий развития. Отсутствие координирующих функций институциональной системы и макроэкономического регулирования, сопровождающееся полностью автономным принятием экономических решений, может вызвать структурные нарушения, монополии, безработицу и т. д. С другой стороны, сознательное социальное вмешательство внутри автономных экономических механизмов может негативные последствия, такие как: отходы ресурсов, технологические недостатки, сбои в администрировании и т. д. Проблема выдвигания отношений между автономными экономическими механизмами и макроэкономическими механизмами должна быть задумана в широком контексте дихотомии. Это взаимосвязь между экономикой саморегулирования или тем, что не регулируется государством, а государство, т. е. его институты, занимающиеся макроэкономическим регулированием, которые не могут быть компетентными для формулирования целей экономических механизмов. Имеем несколько результатов:

(1) если экономика является саморегулируемой с некомпетентным правительством, экономическое развитие должно регулироваться автономными экономическими механизмами,

(2) если экономика не является саморегулирующейся, но правительство компетентно, следует учитывать макроэкономические механизмы.

(3) реальную проблему можно найти в переходных случаях, в котором экономика саморегулируется, и государство компетентно, тем самым обеспечивая правильный выбор между двумя хорошими механизмами.

(4) аналогичный случай появляется, когда экономическая политика не регулируется, и государство не компетентно, тем самым обеспечивая выбор между двумя плохими экономическими механизмами.

Выбор между автоматическими экономическими механизмами и макроэкономическими механизмами зависит от общей уверенности в присущей стабильности и нестабильности экономики. Это, как правило, или как исключение, использование механизмов макроэкономического регулирования, т. е. интенсивное и широкое использование макроэкономических механизмов должно рассматриваться как исключительная ситуация. Исторический опыт сознательного социального регулирования налагает на себя следующие правила:

1) существующие экономические ресурсы и ограничения должны контролироваться последовательным социальным регулированием,

2) для достижения общепринятых социальных целей необходимо создать сеть учреждений в рамках экономической системы, посредством которой основные экономические субъекты будут иметь возможность следить за своими собственными интересами, а также выступать в качестве неотъемлемой части более крупной гармоничной рыночной системы на базе компьютеров.

3) ограничения, возникающие из-за недостатка знаний в экономике, также должны быть приняты во внимание.

Страны с переходной экономикой от управленческих до преимущественно рыночных механизмов управления характеризуются следующими явлениями:

1) проблема правильного выбора между сознательным и автоматическим регулированием экономики

2) неадекватное применение современной экономической теории в процессе моделирования, тестирования и проверки решений, осуществляемых институтами экономической системы. В значительной степени его особая проблема является следствием трудностей, характерных для экологов, являющиеся энтропией, не имеющие механизмов саморегулирования и управляемых некомпетентным государством.

Роль руководства по экономическому развитию основывается на:

1) анализе необходимости макроэкономического планирования внутри систем, претерпевающих большие изменения,

2) оценке конкретной модели, ведущей к ее реальным значениям, когда отсутствует организованное исследование проблем экономического моделирования

3) обстоятельствах, вызванных многочисленными входами и их сложными взаимодействиями, когда их можно развивать только через лингвистические формы.

Роль макроэкономического планирования в переходном процессе должна наблюдаться в зависимости от стадии перехода. Набор комплексных функций, на которых основывается весь проект, требует макроэкономического планирования. Внутри институционального вакуума, возникшего в результате демонтажа бартерной системы, растет потребность в новых регулирующих экономических механизмах. Более того, несмотря на все недостатки, рынку пришлось взять на себя даже регулятивные механизмы, которые в развитых странах принадлежат к административным учреждениям. Необходимость макроэкономического планирования в системе, которая претерпевает значительные изменения, может быть представлена в трех основных формах планирования. Первая форма планирования, т. е. прямое распределение ресурсов и инвестиционная деятельность, осуществляемая государством, была прекращена, что ставит под угрозу основные принципы перехода и уменьшает желаемые последствия мобилизации ресурсов.

Это также уменьшило последствия корректирующей функции этих инвестиций, которые могли бы устранить рыночные недостатки, особенно последствия монополий. Вторая форма планирования связана с определением новых фундаментальных целей и экономических и политических курсов для макроэкономической политики. Создание новой концепции косвенного управления с помощью экономической политики столкнулось с огромными трудностями и неопределенностями в ходе нынешнего этапа перехода. Основным предварительным условием эффективного управления с помощью экономической политики является реализация соответствующих микроэкономических условий, прежде всего стимулирование экономических факторов для использования доступных ресурсов наилучшим образом и их способность выбирать и формулировать максимально возможные бизнес-политики. Таким образом, можно установить прямую связь между рынком и планированием. Существование эффективного рынка с четко определенной собственностью является предпосылкой успешного планирования посредством макроэкономической политики. Третья форма планирования в процессе перехода - это создание механизмов автоматического регулирования, включающих в себя институты, долгосрочные правила принятия решений, а также правильные модели поведения, обеспечивающие эффективность на микроэкономическом уровне, а затем спонтанную координацию экономических решения. Процесс перехода основан на двукратном соглашении, то есть на разработке рыночных механизмов и создании эффективного правительства

Экономическая модель представляет собой упрощенную систему отношений, связывающих выбранные экономические параметры, которые используются для:

- 1) контроля результатов экономического развития,
- 2) предвидения развития некоторых экономических явлений,

3) оценки затрат и последствий конкретных институциональных решений, хотя экономические модели не могут полностью отразить все состояния.

Таким образом, в традиционных моделях контроля экономического роста используются следующие параметры: индекс национального дохода, рост, уровень занятости, потребление и капиталовложения. Входы и выходы обычно представлены отдельно, и только редко они могут показать интеграл развития системы в целом. Это часто происходит в системах, в которых наблюдаются большие изменения.

Нечеткая логика и соответствующая теория нечетких множеств, используемых в процессе принятия решений внутри макроэкономического планирования, могут применяться для:

- структурирования проблемы, чтобы получить точное и четкое описание возможных решений
- эффективный и точный поиск возможных и приемлемых способов решения
- плавающий подход в непредвиденных ситуациях при возможности совершить ошибку.

В процессе обработки и принятия решений с использованием нечетких регуляторов анализ проводится на трех этапах:

- фаззификация
- механизм вывода
- дефаззификация

Неопределенность и приблизительные рассуждения, используемые математической теорией нечетких множеств, имитируют процесс нормальных человеческих рассуждений. Принятие решений внутри макроэкономического планирования не всегда является вопросом истины или ложности; он часто включает термин «возможно». На самом деле, творческие

процессы принятия решений неструктурированы, игривы, спорны и бессвязны.

Мы продемонстрируем применение нечетких множеств в основных решениях с течением времени между кумуляцией и накоплением капитала. В лингвистических терминах увеличение потребления означает меньшее накопление капитала, и чем меньше накопление капитала, тем меньше будущий объем производства и, следовательно, меньший будущий потенциальный расход. На этом этапе должно быть принято решение между альтернативными потребностями, политикой. Мы должны судить о стоимости настоящего и будущего потребления.

ГЛАВА I. НЕЧЕТКАЯ ЛОГИКА — МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

§1.1. Введение в нечеткую логику

Нечеткая логика - это форма многозначной логики, в которой значения истинности переменных могут быть любым действительным числом от 0 до 1. Оно используется для обработки понятия частичной истинности, где значение истины может варьироваться между полностью истинным [1] и полностью ложным [0]. Напротив, в аристотелевской логике значения истинности переменных могут быть только целыми значениями 0 или 1. Кроме того, когда используются лингвистические переменные, эти степени могут управляться определенными функциями (функциями принадлежности).

Термин «нечеткая логика» был введен предложением теории нечетких множеств в 1965 году американским ученым Лотфи Заде [2, 32]. Тем не менее, нечеткая логика изучалась с 1920-х годов как бесконечнозначная логика, со стороны Лукасевича и Тарского. Нечеткая логика применяется во многих областях, от теории управления до искусственного интеллекта. Классическая логика допускает только истинные или ложные выводы. Тем не менее, есть также предложения с переменными ответами, например, которые можно найти при запросе группе людей для определения цвета. В таких случаях истина появляется в результате рассуждения с учетом неточных или частичных значений, в которых эти значения сопоставляются по цветовому спектру.

Люди часто используют нечеткие оценки во многих повседневных ситуациях. Например, в случае, когда человек бросает объект в контейнер с расстояния, он заранее не вычисляет точные значения для веса объекта, плотности, расстояния, направления, высоты и ширины контейнера и сопротивления воздуха для определения силы и угла броска объект. Вместо этого человек инстинктивно применяет быстрые «нечеткие» оценки, основанные на предыдущем опыте, чтобы определить, какие выходные

значения силы, направления и вертикального угла использовать для создания броска. Обе степени истинности и вероятности варьируются от 0 до 1 и, следовательно, могут сначала казаться схожими, но нечеткая логика использует степени истины как математическую модель неопределенности, а вероятность - математическая модель незнания [3].

Применение значений истинности

Основное приложение нечеткой логики в том, что она может характеризовать различные поддиапазоны непрерывной переменной. Например, измерение температуры для антиблокировочных тормозов в машинах может иметь несколько значений, у каждой из которых существует своя отдельная функция принадлежности, отвечающая за определенные диапазоны температур, которые нужно корректировать в процессе управления машиной. Каждая функция отображает значение температуры в значение истины в диапазоне от 0 до 1. Эти значения истинности могут затем использоваться для определения того, как следует контролировать тормоза.

Лингвистические переменные

Хотя переменные в математике обычно принимают численные значения, в приложениях с нечеткой логикой нечеткие значения часто используются для облегчения выражения правил и фактов.

Лингвистическая переменная, такая как возраст, может принимать такие значения, как "молодой", "очень молодой", "уже не молодой" и т.д. Поскольку аппарат естественного языка не всегда содержит достаточно слов, чтобы выразить шкалу с нечетким значением, общепринятой практикой является изменение смыслов слов с помощью прилагательных или наречий. Например, мы можем использовать наречия "скорее" или "довольно" для того, чтобы построить дополнительные значения, "скорее старый" или "довольно молодой".

Фаззификация

Операция фаззификации может отображать математические входные значения в нечеткую функцию принадлежности. И противоположная

операция дефаззификации может использоваться для сопоставления нечетких выходных функций принадлежности с «четким» выходным значением, которое затем может использоваться для целей по принятию решения или контроля.

Дефаззификация

Цель дефаззификации состоит в том, чтобы получить непрерывную переменную из четких значений истинности.

Это был бы достаточно легким процессом, если бы выходные значения истинности были точно такими, которые получены при фаззификации данного числа. Поскольку, однако, все выходные значения истинности вычисляются независимо, в большинстве случаев они не представляют такой набор чисел. Второй проблемой является принятие решения о числе, которое лучше всего соответствует «намерению», закодированному в значении истины. Например, для нескольких значений истинности "скорость" должна быть найдена фактическая скорость, которая наилучшим образом соответствует рассчитанным значениям истинности переменных "медленная", "средняя" и т. д.

Для этого процесса не существует единого алгоритма.

Приведем понятие общего алгоритма [12].

1. Для каждого значения истинности вычислить кривую функции принадлежности при этом значении.
2. Объединить полученные кривые с использованием оператора OR.
3. Найти центр тяжести области.
4. Точка x этого центра является конечным результатом.

Формирование согласованности между входными переменными и нечеткими правилами

Поскольку вывод нечеткой системы является согласованностью между всеми входными переменными и правилами, системы с нечеткой логикой не могут хорошо зарекомендовать себя, если входные значения по какой-либо причине недоступны или не заслуживают доверия. В этом случае к каждому

правилу в базе правил могут быть добавлены весовые коэффициенты, а веса могут использоваться для регулирования степени, в которой правило влияет на выходные значения. Эти веса правил могут основываться на приоритете, надежности или последовательности каждого правила, а также могут быть статическими или могут быть изменены динамически, даже на основе результатов других правил.

Практические приложения нечеткой логики

Многие из ранних успешных приложений нечеткой логики были реализованы в Японии. Первое замечательное приложение было на скоростном поезде в Сендае, в котором нечеткая логика способствовала улучшению экономики, комфорта и точности езды. Этот механизм также использовался для распознавания рукописных символов в карманных компьютерах Sony, помощи в полете для вертолетов, управления системами метро в целях улучшения комфорта вождения, точности остановки и экономии энергии, улучшения расхода топлива для автомобилей, управления с одной кнопкой для стиральных машин, автоматического управления двигателем для пылесосов с учетом состояния поверхности и степени загрязнения и систем прогнозирования для раннего распознавания землетрясений посредством Института сейсмологии, Бюро метеорологии Японии.

Логический анализ

В математической логике существует несколько формальных систем «нечеткой логики», большинство из которых находятся в семействе t -нормальных нечетких логик.

Пропозициональные нечеткие логики

Наиболее важными пропозициональными нечеткими логиками являются:

- Моноидальная t -нормальная пропозициональная нечеткая логика MTL представляет собой аксиоматизацию логики, где конъюнкция определяется левой непрерывной t -нормой, а импликация определяется как

остаточный t -нормой. Его модели соответствуют MTL-алгебрам, которые являются прелинейными коммутативными, ограниченными интегральными резидуальными решетками.

- Основная пропозициональная нечеткая логика BL является расширением MTL логики, где конъюнкция определяется непрерывной t -нормой, а импликация также определяется как остаточная t -нормой. Ее модели соответствуют BL-алгебрам.

- Нечеткая логика Лукашевича является расширением базовой нечеткой логики BL, где стандартная конъюнкция - это t -норма Лукашевича. Она имеет аксиомы базовой нечеткой логики плюс аксиому двойного отрицания, а ее модели соответствуют MV-алгебрам.

- Нечеткая логика Гёделя является расширением базовой нечеткой логики BL, где конъюнкция является t -нормой Гёделя. Она имеет аксиомы BL плюс аксиому идемпотенциала конъюнкции, а его модели называются G-алгебрами.

- Продукционная нечеткая логика - это расширение базовой нечеткой логики BL, где конъюнкция является продукционной t -нормой. Она имеет аксиомы BL плюс еще одну аксиому для сжимаемости конъюнкции, а ее модели называются продукционными алгебрами.

- Нечеткая логика с оцененным синтаксисом (иногда также называемая логикой Павелки), обозначаемая EVL, является еще одним обобщением математической нечеткой логики.

Предикатные нечеткие логики

Предикатные нечеткие логики расширяют вышеупомянутые нечеткие логики, добавляя универсальные и экзистенциальные кванторы способом, аналогичным тому, как предикатная логика создается из логики высказываний. Семантика универсального (соответственно экзистенциального) квантора в t -нормальных нечетких логиках - это нижняя грань (верхняя граница) истинностных степеней экземпляров квантифицированной подформулы [17].

Проблемы разрешимости для нечеткой логики

Понятия «разрешимого подмножества» и «рекурсивно перечислимого подмножества» являются основными для классической математики и классической логики. Таким образом, вопрос о подходящем их расширении к теории нечетких множеств является решающим. Первое предложение в таком направлении было сделано по нотациям нечеткой машины Тьюринга, нормального нечеткого алгоритма Маркова и нечеткой программы. Впоследствии утверждали, что предлагаемые определения весьма сомнительны. Например, что нечеткие машины Тьюринга не подходят для теории нечетких языков, поскольку существуют естественные нечеткие языки, интуитивно вычислимые, которые не могут быть распознаны нечеткой машиной Тьюринга.

Любая «аксиоматизируемая» нечеткая теория рекурсивно перечислима. В частности, нечеткое множество логически истинных формул рекурсивно перечислимо, несмотря на то, что четкий набор действительных формул рекурсивно не перечислим вообще. Более того, любая аксиоматизируемая и полная теория разрешима.

Операторы нечеткой логики

Нечеткая логика работает с значениями принадлежности таким образом, что он имитирует логическую логику.

С этой целью должны быть доступны замены базовых операторов AND, OR, NOT. Для этого существует несколько способов. Обычная замена называется операторами Заде:

Булевские	Нечеткие
AND(x,y)	MIN(x,y)
OR(x,y)	MAX(x,y)
NOT(x)	$1 - x$

Нечеткие базы данных

После определения нечетких отношений можно создавать нечеткие реляционные базы данных. Первая нечеткая реляционная база данных, FRDB, появилась в диссертации Марии Земанковой (1983). Позже, возникли некоторые другие модели такие, как модель Баклз-Петри, модель Прейд-Тестемейл, модель Умано-Фуками или модель GEFRED.

Были определены языки с нечеткими запросами, такие как SQLf P. Эти языки определяют некоторые структуры для включения нечетких аспектов в операторы SQL, такие как нечеткие условия, нечеткие компараторы, нечеткие константы, нечеткие ограничения, нечеткие пороги, лингвистические метки и т.д.

Сравнение с вероятностью

Нечеткая логика и вероятность исследуют разные формы неопределенности. В то время как нечеткая логика, так и теория вероятностей могут представлять степени определенных видов субъективного убеждения, в теории нечетких множеств используется понятие принадлежности к нечеткому множеству, т. е. исследуется количество наблюдений во множестве, а теория вероятностей использует понятие субъективной вероятности, т. е. вероятность некоторого события или условия. Концепция нечетких множеств была разработана в середине XX века в Беркли в качестве ответа на отсутствие в теории вероятностей механизмов моделирования неопределенности и нечеткости.

Бартоломео Коско показывает в работе «Нечеткость против вероятности», что теория вероятностей является подтеорией нечеткой логики. Лотфи А. Заде утверждает, что нечеткая логика отличается от вероятности и не является ее заменой. Он вероятность парафразировал в нечеткую вероятность, а также обобщил ее на теорию возможностей [20].

В более общем плане, нечеткая логика является одним из многих расширений классической логики, предназначенная для решения вопросов

неопределенности, рассматриваемых вне сферы классической логики, в случаях неприменимости теории вероятностей во многих областях.

Экоритмы

Вычислительный теоретик Лесли Валиант использует термин «экоритмы», чтобы описать, насколько минимально точные системы и методы, такие как нечеткая логика (или «менее надежная» логика), могут быть применены к алгоритмам обучения. Валиант переопределяет машинное обучение как эволюционное. В общем случае экоритмы - это алгоритмы, которые учатся на более сложных средах (отсюда приставка эко-), чтобы обобщать, приближать и упрощать логику решения. Подобно нечеткой логике, это методы, используемые для преодоления непрерывных переменных или систем, слишком сложных, чтобы полностью дискретно или точно перечислить или понять. Экоритмы и нечеткая логика также имеют общее свойство больше работать с возможностями, нежели с вероятностями.

Компенсаторная нечеткая логика

Компенсаторная нечеткая логика (CFL) - это ветвь нечеткой логики с модифицированными правилами конъюнкции и дизъюнкции. Когда значение истины одного компонента конъюнкции или дизъюнкции увеличивается или уменьшается, другой компонент для компенсации также уменьшается или увеличивается. Это увеличение или уменьшение значения истины может быть компенсировано увеличением или уменьшением другого компонента. Смещение может быть заблокировано при выполнении определенных пороговых значений. Сторонники утверждают, что CFL позволяет лучше вычислить семантическое поведение и больше подражать естественному языку. Компенсаторная нечеткая логика состоит из четырех непрерывных операторов: конъюнкция (с); дизъюнкция (d); нечеткий строгий порядок (или); и отрицание (n). Конъюнкция - это среднее геометрическое и его двойственное как конъюнктивные и дизъюнктивные операторы.

§1.2. Математический аппарат нечеткой логики

В математике нечеткие множества - это множества, элементы которых имеют свои степени принадлежности к этим множествам. Как было уже сказано в параграфе 1.1. нечеткие множества были введены Лотфи А. Заде в 1965 году как расширение классического понятия множества. В то же время Sali (1965) определил более общий вид структуры, называемый L -отношением, который он изучал в абстрактном алгебраическом контексте. Нечеткие отношения, которые используются сейчас в разных областях, такие как лингвистика, принятие решений и кластеризация, являются частными случаями L -отношений, где L - единичный интервал $[0, 1]$.

В классической теории множеств принадлежность элементов множеству оценивается двоичным алфавитом в соответствии с бинарным условием - элемент либо принадлежит, либо не принадлежит множеству. Напротив, теория нечетких множеств допускает постепенную оценку принадлежности элементов множеству; это описывается с помощью функции принадлежности, определенной в реальном единичном интервале $[0, 1]$. Нечеткие множества обобщают классические множества, поскольку индикаторные функции классических множеств являются частными случаями функций принадлежности нечетких множеств, если последние принимают только значения 0 или 1. В теории нечетких множеств классические бинарные множества обычно называются четкими множествами. Теория нечетких множеств может использоваться в широком диапазоне областей, в которых информация является неполной или неточной, такой как биоинформатика.

Определение

Нечеткое множество - это пара (U, m) , где U есть множество и $m: U \rightarrow [0, 1]$ - это функция принадлежности. Для каждого $x \in U$ значение $m(x)$ называется степенью принадлежности x в (U, m) . Для конечного множества

$U = \{x_1, \dots, x_n\}$ нечеткое множество (U, m) часто обозначается через $\left\{ \frac{m(x_1)}{x_1}, \dots, \frac{m(x_n)}{x_n} \right\}$.

Пусть $x \in U$. Тогда x называется невключенным в нечеткое множество (U, m) , если $m(x) = 0$, x называется полностью включенным, если $m(x) = 1$, x называется нечетким членом, если $0 < m(x) < 1$.

Множество $\{x \in U: m(x) > 0\}$ называется носителем (U, m) , а множество $\{x \in U: m(x) = 1\}$ называется его ядром. Функция m называется функцией принадлежности нечеткого множества (U, m) .

Операции объединения, пересечения и дополнения определяются в терминах функций принадлежности следующим образом:

Объединение:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

Пересечение:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

Отрицание:

$$\mu_{\text{not } A}(x) = 1 - \mu_A(x)$$

Другие конструкции теории нечетких множеств, которые являются существенными:

Включенные множества

$A \subset B$, если и только если $\forall x$ (для всех x)

$$\mu_A(x) \leq \mu_B(x)$$

Равные множеств

$A = B$ если и только если $\forall x$ (для всех x)

$$\mu_A(x) = \mu_B(x).$$

Нечеткое множество как обобщение четкого набора

Как указано выше, характеристическая функция является отображением из универсального множества U на множество $\{0, 1\}$. Нечеткое

множество определяется в терминах функции принадлежности, являющейся отображением элементов из универсального множества U на отрезок $[0,1]$. Таким образом, понятие нечеткого множества является естественным обобщением понятия стандартной теории множеств. Остается проверить, имеют ли операции стандартной теории множеств, т. е. объединение, пересечение и дополнение, правильные аналоги в теории нечетких множеств.

§1.3. Нечеткий логический вывод

Нечеткий вывод - это процесс отображения данного входа на выход с использованием нечеткой логики [21]. Это отображение представляет основу, на которой могут быть приняты решения или выявлены закономерности. Процесс нечеткого вывода включает в себя все части, которые описаны в функциях принадлежности, логических операциях и правилах If-Then. В этом параграфе описывается процесс нечеткого вывода и используется пример задачи о размере чаевых с двумя входами, одним выходом, с тремя правилами вывода. Основная структура этого примера показана на следующей диаграмме:

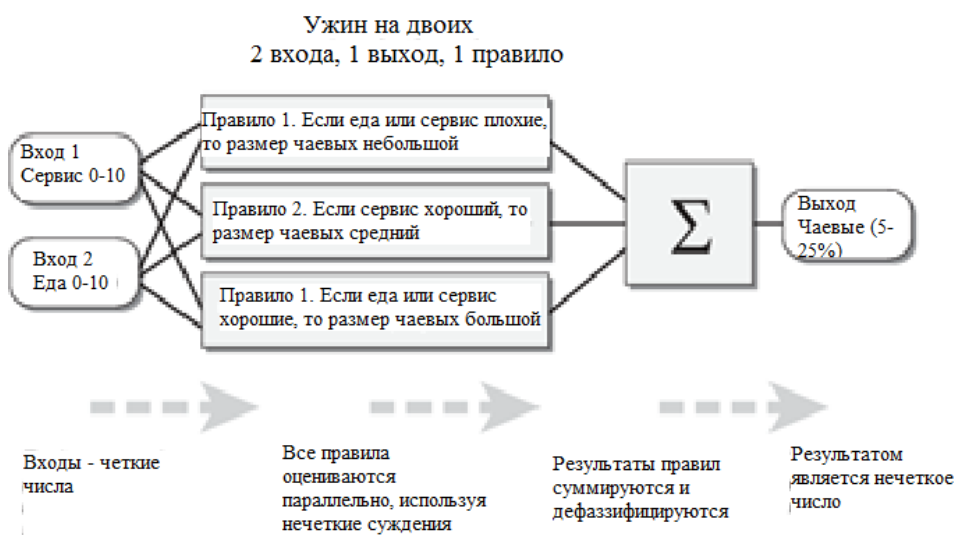


Рисунок 1.1. Пример задачи о размере чаевых с двумя входами, одним выходом, с тремя правилами вывода

Процесс нечеткого вывода состоит из пяти частей:

- Фаззификация входных переменных
- Применение нечеткого оператора (ИЛИ или ИЛИ) в антецеденте
- Вывод из антецедента в следствие
- Агрегация следствий по всем правилам
- Дефаззификация

Фаззификация входов

Первым шагом является получение входных данных и определение степени, в которой они принадлежат каждому из соответствующих нечетких множеств посредством своих функций принадлежности. В программном обеспечении Fuzzy Logic Toolbox™ вход всегда представляет собой четкое числовое значение (в данном случае в интервале между 0 и 10), а выход - нечеткую степень принадлежности лингвистическому множеству (всегда в интервале между 0 и 1). Фаззификация входа сводится к оценке функции принадлежности..

Этот пример построен по трем правилам, и каждое из правил зависит от отображения входных данных на множество разных нечетких лингвистических множеств: обслуживание плохое, обслуживание хорошее, еда прогорклая, еда вкусная и так далее. Прежде чем правила могут быть оценены, входы должны быть фаззифицированы в соответствии с каждым из этих лингвистических множеств. Например, в какой степени еда действительно вкусная? На следующем рисунке показано, насколько хорошо еда в гипотетическом ресторане (рассчитанная на шкалу от 0 до 10) квалифицируется (через функцию принадлежности) в качестве лингвистической переменной "вкусно".

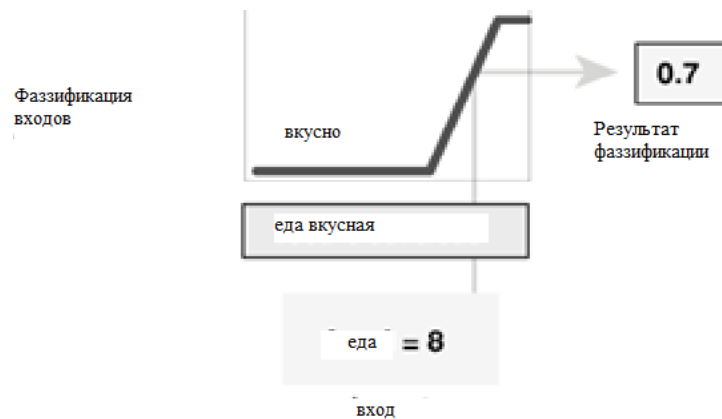


Рисунок 1.2. Квалификация еды

В этом случае мы оценили питание на 8, что, учитывая наше графическое определение, соответствует $\mu = 0,7$ для функции принадлежности к терму "вкусно".

Применение нечеткого оператора

После того, как входные данные фаззифицированы, мы знаем степень, в которой каждая часть антецедента удовлетворена для каждого правила. Если антецедент данного правила имеет более одной части, нечеткий оператор применяется для получения одного числа, которое представляет результат антецедента для этого правила. Затем это число применяется к выходной функции. Вход нечеткого оператора - это два или более значений принадлежности от нечетких входных переменных. Выход - это единственное значение истины.

В качестве операторов используются операция AND или операция OR. В панели инструментов поддерживаются два встроенных метода: `min` (минимум) и `prod` (произведение). Также поддерживаются два встроенных метода OR: `max` (максимум) и вероятностный метод OR *probor*. Вероятностный метод ИЛИ (также известный как алгебраическая сумма) вычисляется в соответствии с уравнением

$$probor(a,b) = a + b - ab$$

На следующем рисунке показан максимальный оператор OR, оценивающий антецедент правила 3 для расчета чаевых. Две разные части

антецедента (услуга отличная и еда вкусная) дали значения нечеткой принадлежности 0.0 и 0.7 соответственно. Нечеткий оператор OR просто выбирает максимум двух значений 0,7, и нечеткая операция для правила 3 завершена. Вероятностный метод OR все равно приведет к 0,7.

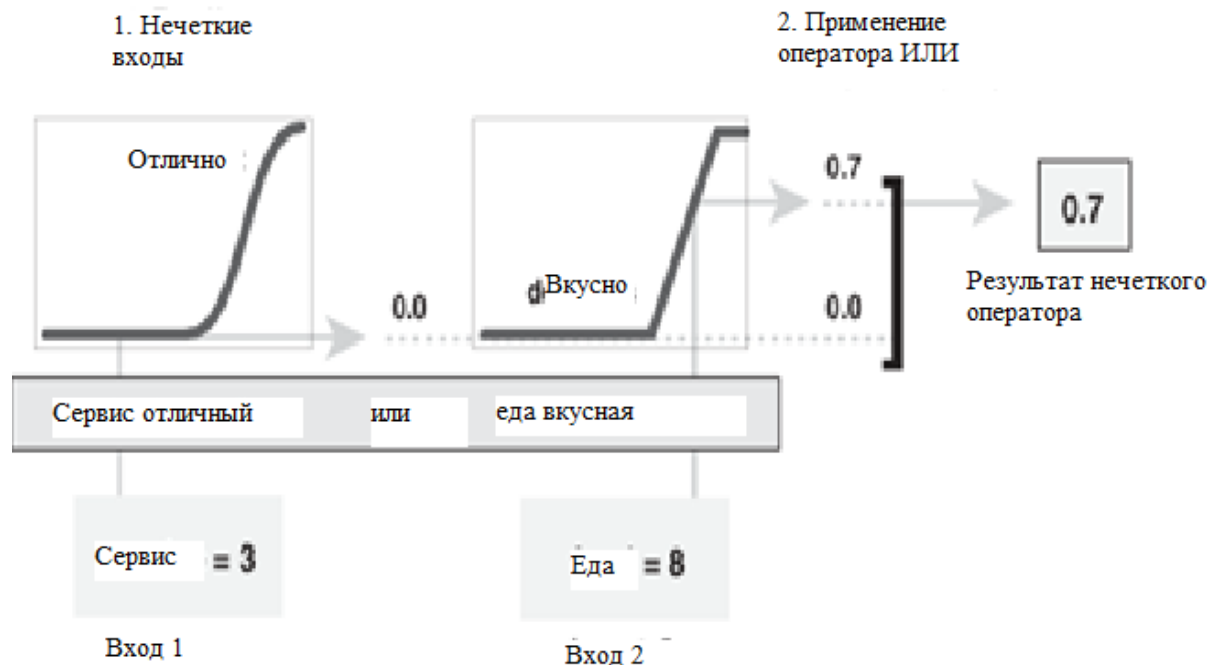


Рисунок 1.3. Максимальный оператор OR, оценивающий антецедент правила 3 для расчета чаевых

Применение метода импликации

Перед применением метода импликации нужно определить вес правила. Каждое правило имеет вес (число от 0 до 1), которое применяется к числу, заданному антецедентом. Как правило, этот вес равен 1 (как и для этого примера) и, таким образом, не влияет на процесс импликации. Время от времени, можно взвесить одно правило относительно других, изменив его весовое значение на число, отличное от 1 [26].

После того, как каждому правилу присвоено правильное взвешивание, применяется метод импликации. Следствием этого является нечеткое множество, представленное функцией принадлежности, которое соответствует лингвистическим характеристикам, которые ему приписываются. Последовательность преобразуется с использованием

функции, связанной с антецедентом (одно число). Вход для процесса импликации - это число, заданное антецедентом, а выход - нечеткое множество. Для каждого правила применяется импликация. Поддерживаются два встроенных метода, и они являются теми же функциями, которые пользуются методом AND: $\min$ (минимум), который сокращает нечеткое выходное множество, и prod (произведение), который масштабирует выходное нечеткое множество.

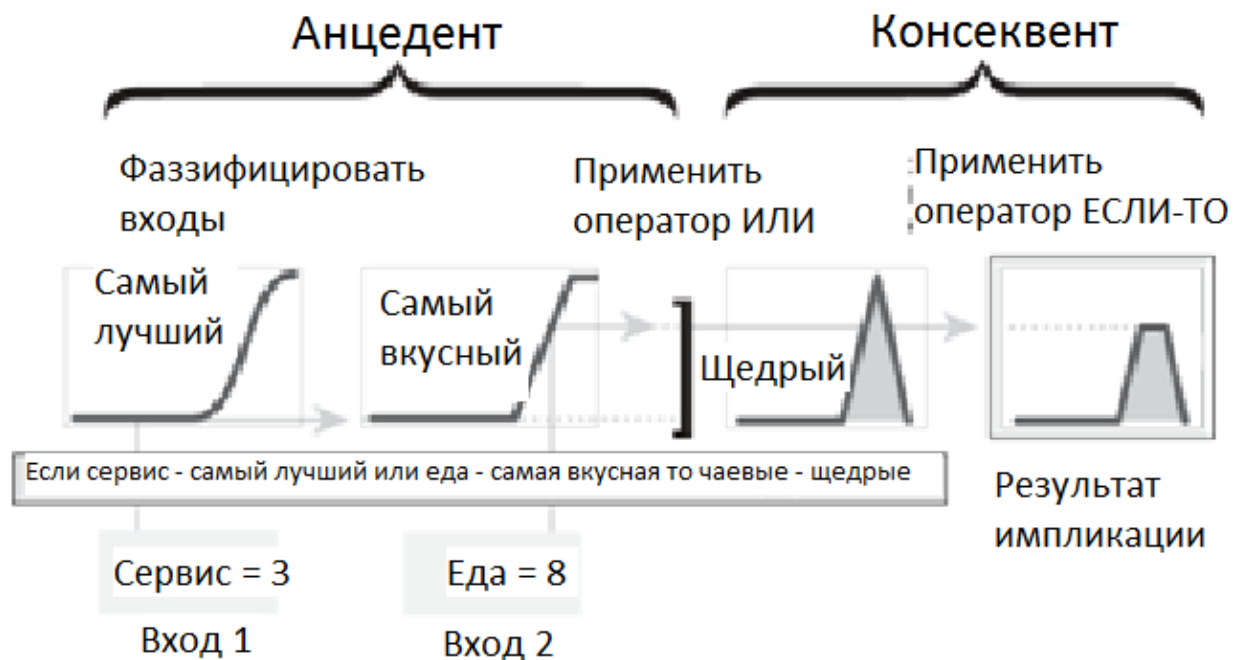


Рисунок 1.4. Импликация, применяемая для каждого правила

Агрегация всех выходов

Правила должны быть объединены каким-либо образом для принятия решения. Агрегация - это процесс, с помощью которого нечеткие множества, представляющие выходы каждого правила, объединяются в один нечеткий набор. Агрегация возникает только один раз для каждой выходной переменной, как раз перед пятым и последним шагами, дефаззификацией. Вход в процесс агрегации - это список выходных функций, возвращаемых процессом импликации для каждого правила. Результатом процесса агрегации является одно нечеткое множество для каждой выходной переменной.

Пока метод агрегации является коммутативным (что всегда должно быть), тогда порядок, в котором выполняются правила, не имеет значения. Поддерживаются три встроенных метода:

max (максимум)

probog (вероятностный OR)

sum (просто сумма выходного набора каждого правила)

На следующей диаграмме все три правила были помещены вместе, чтобы показать, как выход из каждого правила объединяется или агрегируется в одно нечеткое множество.

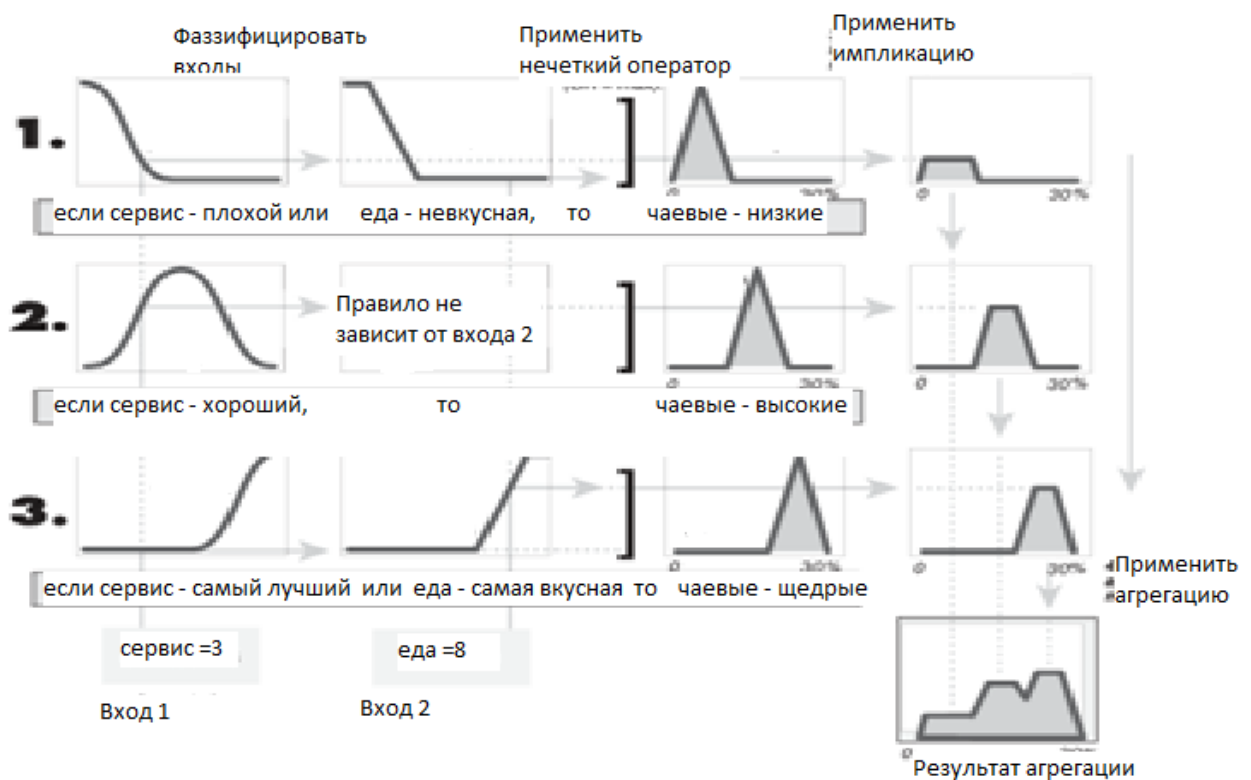


Рисунок 1.5. Выход из каждого правила объединяется или агрегируется в одно нечеткое множество

Дефаззификация

Вход для процесса дефаззификации - это нечеткое множество, а выход - это один номер [34]. Так как нечеткость помогает оценить правило во время промежуточных шагов, конечный желаемый результат для каждой переменной, как правило, является одним числом. Поддерживается пять методов дезактивации: центроид, биссектриса, средние из максимумов

(среднее значение максимального значения выходного набора), наибольшее из максимумов и наименьшее из максимумов. Возможно, самым популярным методом дезактивации является вычисление центра тяжести.

ГЛАВА II. НЕЧЕТКО-МНОЖЕСТВЕННЫЙ ПОДХОД В РАЗНЫХ ОТРАСЛЯХ ЭКОНОМИКИ

§2.1. Нечетко-множественный подход в маркетинговых исследованиях

В последнее время нечеткая логика начала менять перспективы во многих областях управления и маркетинга. Анализ бизнес-данных с использованием нечеткой логики может помочь маркетологам и менеджерам исследовать новые аспекты в своих данных. Нечеткий подход обеспечивает не только организацию новых знаний, но и позволяет эффективно использовать такие знания в общедоступном хранилище данных. Кроме того, он помогает менеджерам разрабатывать модель принятия решений по группам клиентов с использованием нечеткой логики для установления их предпочтений. В этом исследовании применяется методология нечеткой логики для изучения влияния социопсихологических переменных, а именно догматизма, консерватизма и мировоззрения на уровне национальной идентичности. Данная концепция ценна для международных маркетологов, поскольку потребители во всем мире подвергаются воздействию более широкого спектра иностранных продуктов в своих странах. В текущем исследовании MATLAB® ANFIS использовался для моделирования взаимосвязи между тремя входами - догматизмом, консерватизмом и мировоззрением и одним выходом. Изучить способность модели нечеткой логики предсказать ситуацию на основе социально-психологических переменных. Результаты показывают, что модель нечеткой логики может предсказать правильно предпочтения потребителей, основанные на их догматизме, консерватизме и мировоззренческих чувствах. Наконец, исследование дает представление местным и международным маркетологам более эффективно проводить свою маркетинговую деятельность. В исследовании также предлагаются несколько предложений для проведения дальнейших исследований. В последнее время большинство организаций сталкиваются с изменениями в своей среде. Эти изменения вызваны

высококонкурентной бизнес-средой, технологическими инновациями, насыщенностью внутренних рынков, особенно в развитых странах, и появлением новых коммуникационных инструментов. Несомненно, в настоящее время конкуренция подтолкнула бизнес не только к более продолжительной борьбе за превосходство продукта/услуги, но и за интеграцию системного руководства. Однако эти технологии изменили бизнес-среду. В этом контексте нужно иметь в виду, что, хотя технология помогает дешево распространять информацию, она также и наводняет пользователей информацией, которая им может не понадобиться. Таким образом, информационный контроль является важным подходом и помогает потребителям выбирать и обрабатывать необходимую им информацию. Кроме того, известно, что интернет-технология изменила среду покупок для отдельных лиц и предприятий во всем мире, поскольку технология снизила стоимость усилий по получению информации о продуктах. Как правило, Интернет недавно стал одним из ключевых источников информации о различных продуктах для некоторых потребителей. Например, веб-сайты в настоящее время предоставляют потребителям информацию о своих запросах на покупку. Кроме того, число потребителей, которые покупают через Интернет, резко возросло, но следует учитывать, что регионы, такие как Азия, Латинская Америка и Восточная Европа, отстают в развитии и развитии торговли в отношении электронной инфраструктуры, принятия покупателем и использования технологий. В целом, Интернет помогает маркетологам создавать позитивный имидж об их бизнесе, получать и предлагать информацию о своих продуктах и услугах, развивать отношения с прибыльными клиентами и лучше понимать их потребительскую практику. В этом же контексте важно указать, что бизнес-аналитика помогает компаниям выявлять источники и результаты определенных событий, которые помогают компаниям делать лучшие прогнозы, расчеты и анализы. Ван определил бизнес-аналитику как различные программные решения, такие как технологии и методологии, которые помогают менеджерам и маркетологам

получать необходимую информацию для улучшения процесса принятия решений. Более конкретно, бизнес-аналитика связана с разнообразным аналитическим программным обеспечением, которое может предоставлять компаниям и организациям необходимую информацию. Тем не менее, существуют ограничения в отношении информации в реальном времени, которая поддерживает отчетность на всех организационных уровнях).

Хранилище данных становится одной из самых горячих областей роста глобального бизнеса и важнейшим компонентом и инструментом бизнес-аналитики, который помогает улучшить анализ данных и поддержку принятия решений. Высококонкурентная бизнес-среда и увеличение риска прямого увеличения стратегических вариантов бизнеса побудили многие компании сосредоточиться на бизнес-аналитике. Известно, что хранилище данных способствует эффективному внедрению многомерной системы поддержки принятия решений. В этом отношении крайне важно указать, что нечеткий подход позволяет эффективно захватывать знания на общедоступном хранилище данных. Liu утверждает, что подход с нечеткой логикой помогает менеджерам разрабатывать модель принятия решений в группе для повышения их знаний в отношении предпочтений клиентов. В целом исследователи должны работать над улучшением методов анализа данных таким образом, чтобы предоставлять дополнительную информацию о предпочтениях клиентов. Нечеткая логика может улучшить исследования поведения потребителей, предоставляя международным маркетологам более точную информацию, чем это может сделать анализ регрессии. Нечеткая математика начала менять перспективы во многих областях управления и маркетинга. Как правило, анализ бизнес-данных с использованием подхода с нечеткой логикой может помочь маркетологам и менеджерам исследовать новые данные в своих исследованиях. Сложность и разнообразие поведения потребителей в разных странах, вызванное культурными различиями, сделали его ключевым вызовом для международных компаний. Исследование направлено на выявление возможностей для лиц,

принимающих решения, проводить более эффективные маркетинговые стратегии, определяя критические области потенциальных культурных конфликтов и предложить маркетологам анализ страны относительно экономической структуры страны, культурной однородности, национального наследия и уровня этноцентризма. На рисунке 1 показана структура, которая включает в себя четыре основных компонента: структуру убеждений, культурную однородность, национальное наследие и этноцентризм.

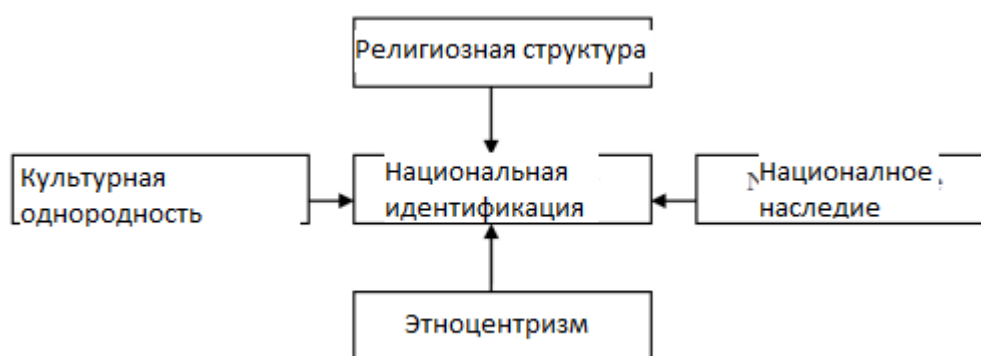


Рис. 2.1 Национальная структура

Четыре основных компонента этой структуры, а именно: структура убеждений, культурная однородность, национальное наследие и этноцентризм действительно оказывают реальное влияние на потребительское поведение покупателей [14]. Например, история страны является центральным элементом того, как эта страна воспринимает себя и другие страны). И поэтому такой важный вопрос следует учитывать при разработке маркетинговой деятельности компании и принятии решения о брендинге. Кроме того, важно указать, что наследие содержит такие культурные элементы, как язык, религия, обычаи и традиции, а также национальные элементы, такие как флаг страны, национальные памятники и национальные природные ресурсы. Таким образом, изучение влияния религиозных убеждений на поведение потребителей очень полезно для глобальных маркетологов. Концепция потребительского этноцентризма может объяснить, почему некоторые потребители имеют негативное

отношение к зарубежным продуктам. В обзоре маркетинговой литературы был отмечен масштаб результатов и проблемы изучения этноцентризма среди молодых потребителей. Потребительский этноцентризм подразумевает, что покупка иностранных продуктов является неправильной, поскольку она имеет серьезные последствия для отечественной экономики и вызывает безработицу.

Механизм нечеткой логической системы зависит от входа и выхода, однако есть четыре основных компонента нечеткой системы, а именно модуль фаззификации, механизма вывода, базы знаний и дефаззификации. Модуль фаззификации преобразует четкий ввод в соответствующее ему нечеткое значение. В текущем исследовании MATLAB® ANFIS использовался для моделирования взаимосвязи между тремя входами, а именно: догматизмом, консерватизмом и мировоззрением и одним выходом (рисунок 2).

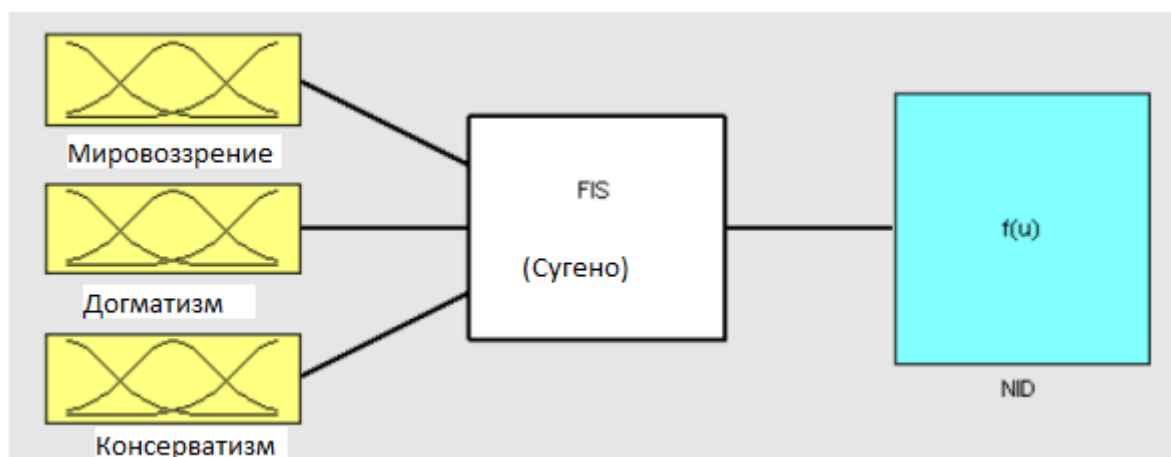


Рис. 2.2. Нечеткая система (входы – догматизм, консерватизм, мировоззрение)

Поскольку рассматриваемая нечеткая система в текущем исследовании состоит из трех входов и одного выхода, форма, выражающая такую систему, равна (если x это a_1 , а y это b_1 , а z это c_1 , Тогда f является $h_1x + i_1y + j_1z + r$). На рисунке 3 показаны функции принадлежности для нечеткой модели текущего исследования [16].

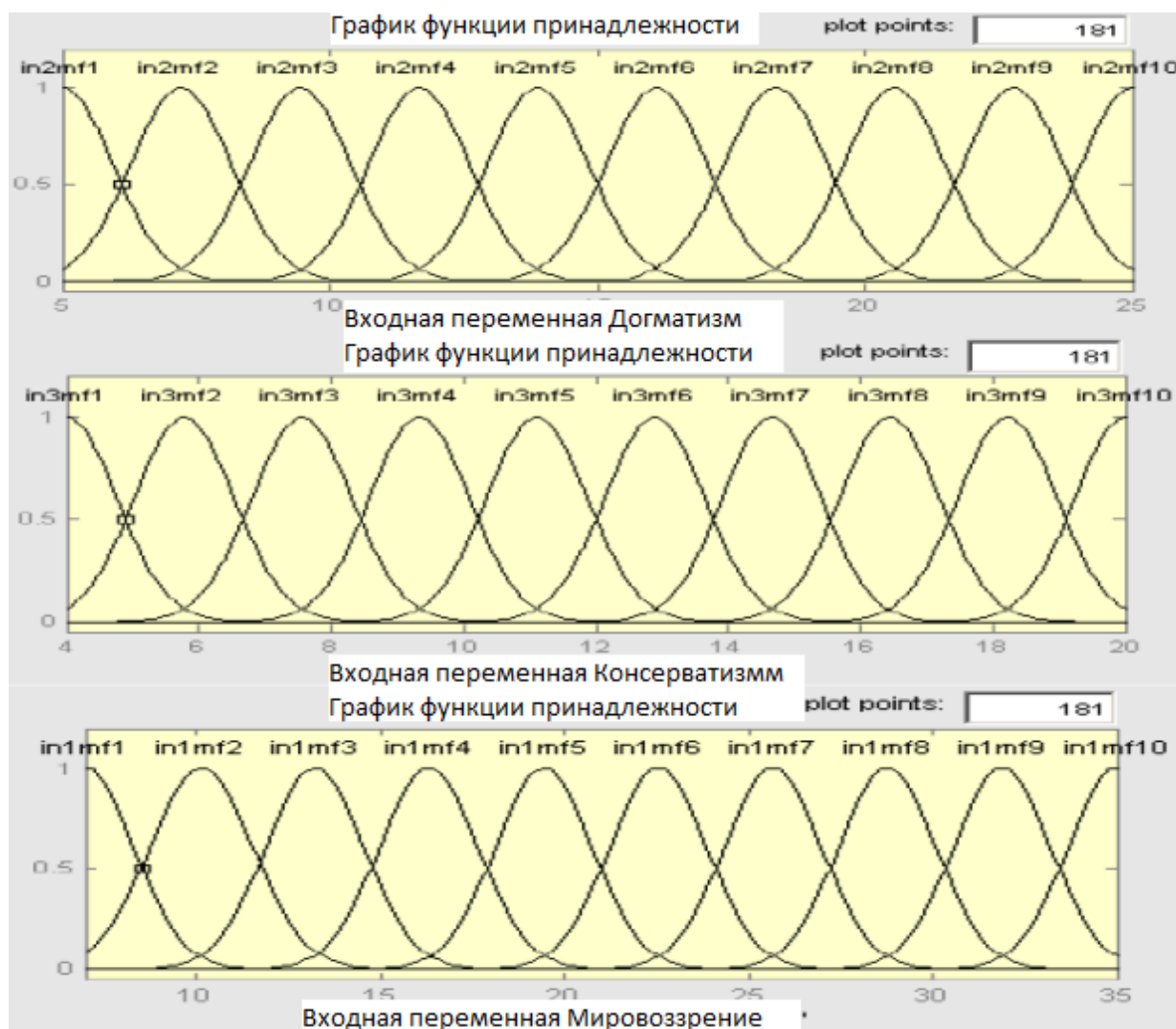


Рис. 2.3 Функции принадлежности

На рисунке 4 представлена взаимосвязь между каждой из социально-психологических переменных. В целом можно отметить, что есть некоторые положительные отношения между догматизмом и консерватизмом

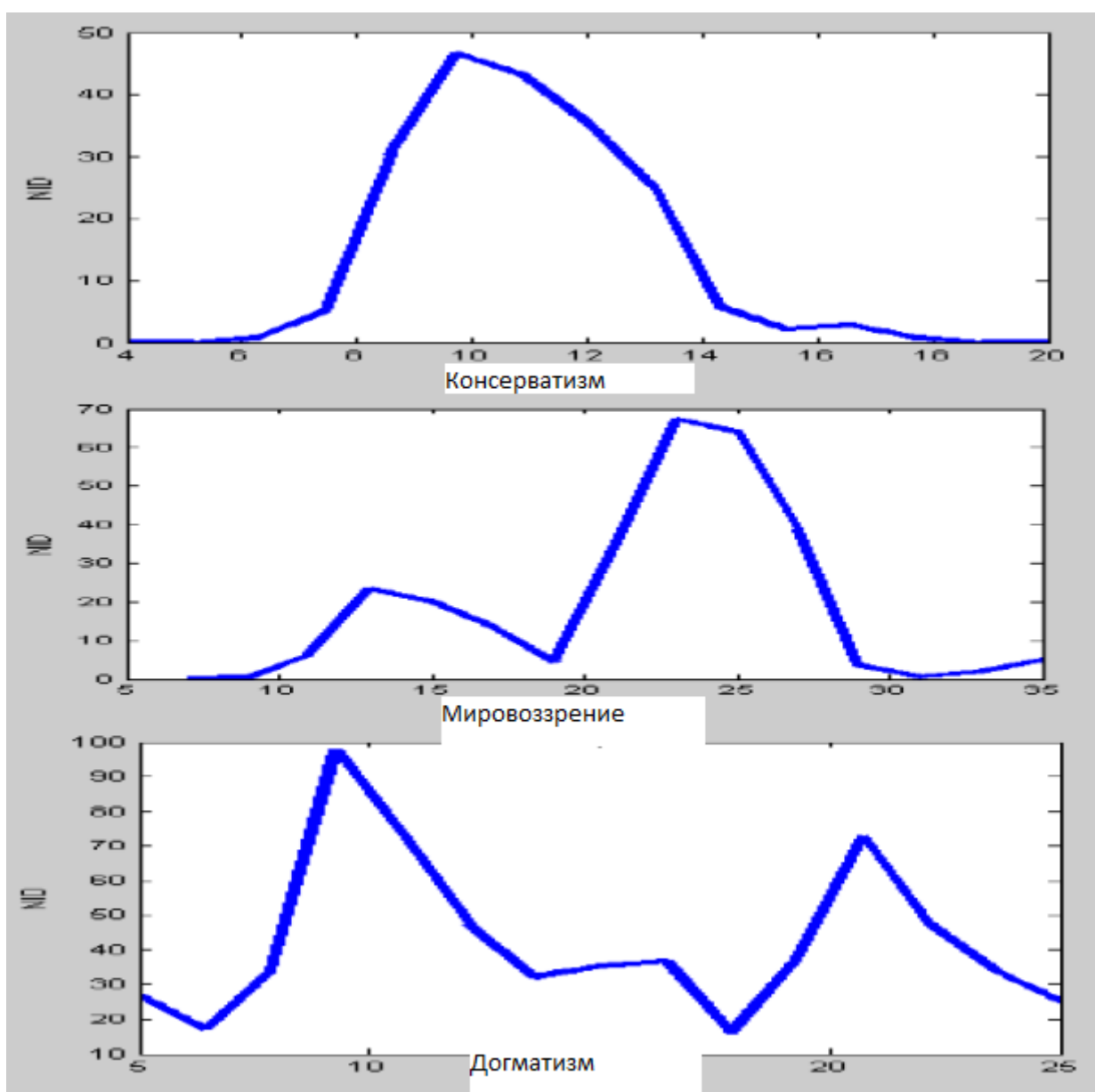


Рис. 2.4. Отношения между догматизмом (а), консерватизмом (б), мировоззрением (в)

Нечеткая логика имеет центральные критерии описания влияния двух входов за один раз на общий выход. На рисунке 5 представлены трехмерные графики, которые описывают влияние двух входов одновременно. Можно сделать вывод, что наивысшая оценка выхода может быть получена для потребителей, которые выражают высокий уровень догматизма и высокий уровень консерватизма. Тем не менее, высокая оценка мировоззрения и высокая оценка догматизма приводят к низкой общей оценке выхода.

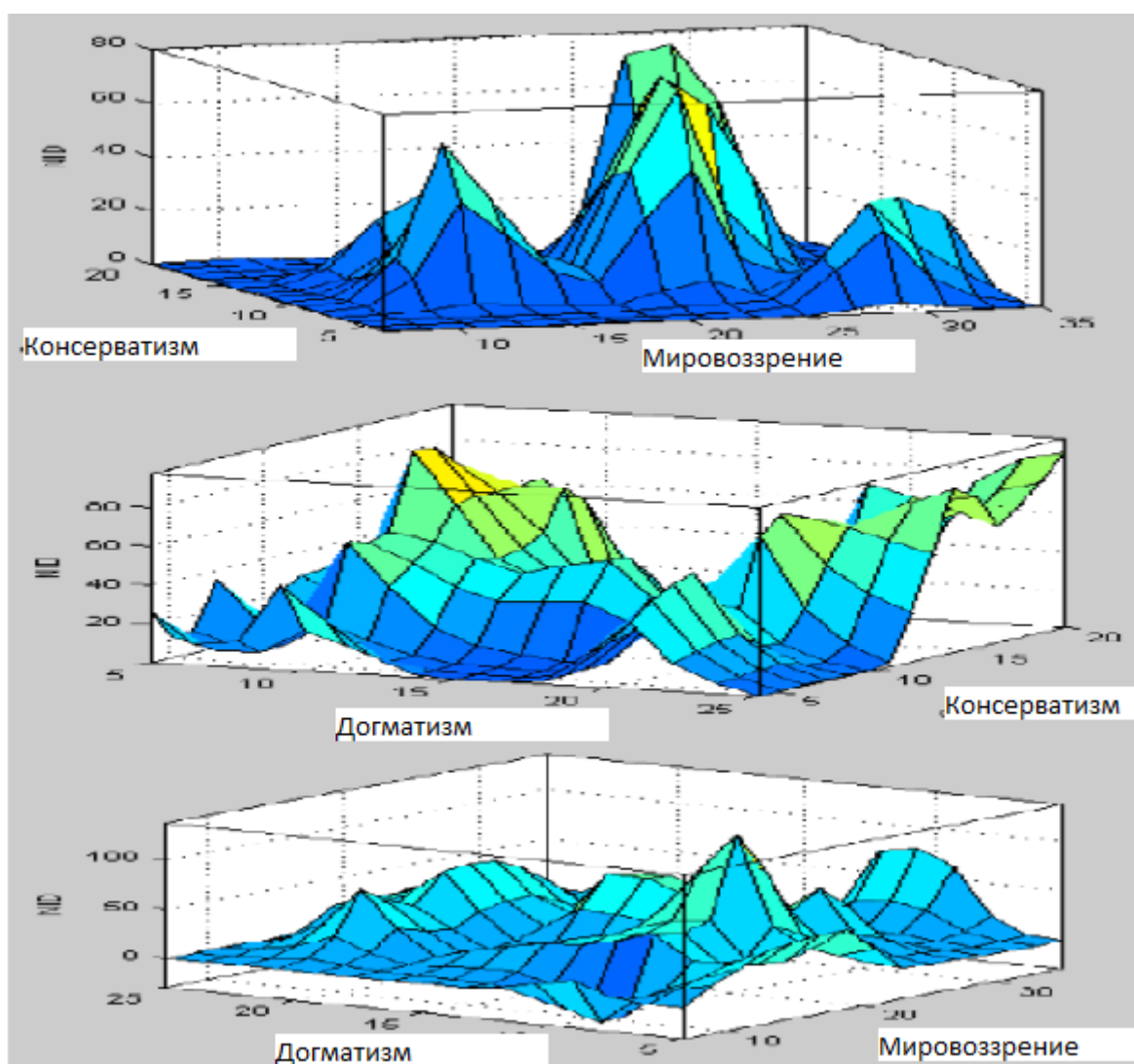


Рис. 2.5. Объемный график: (а) Догматизм и мировоззрение и выход (б) Мировоззрение и консерватизм и выход (в) Догматизм и консерватизм и выход

Как правило, нечеткая логика может принести пользу менеджерам и маркетологам, предоставляя им очень точные ценности для отдельных потребителей, основываясь на их догматизме, консерватизме и мировоззренческих оценках [6]. Например, на рисунке 6 показано, что у конкретного респондента есть множество догматизма (21), консерватизм (20) и мировоззренность (7). Модель нечеткой логики текущего исследования предполагает, что такой субъект должен оценивать значение выхода в 72,8.

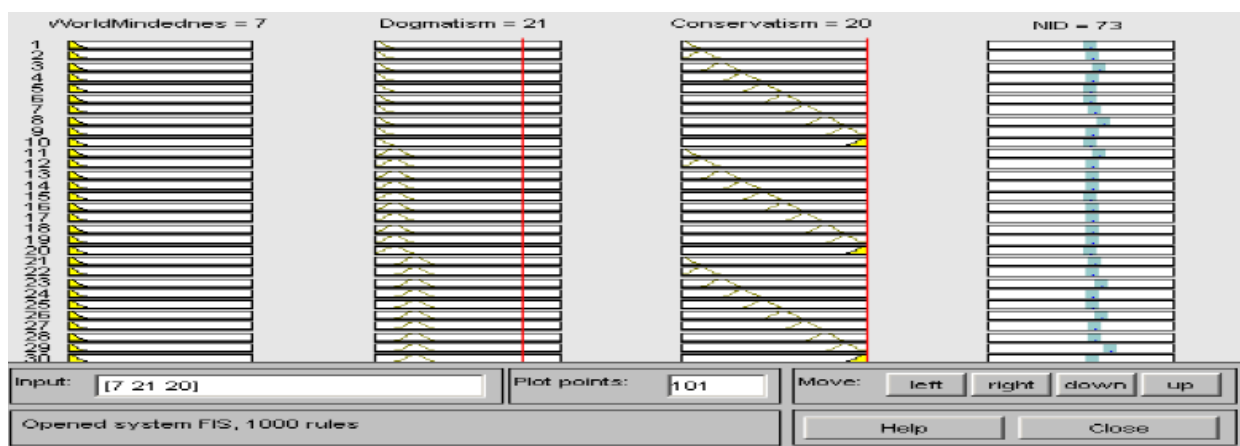


Рис. 2.6. Иллюстрированный пример 1: Входы и выходы для конкретного объекта

Второй пример (рис. 7) касается клиента, у которого ценности догматизма, консерватизма и мировоззрения составляют 14, 9 и 23 соответственно. Реальная оценка выхода составляет 63.



Рис. 2.7. Иллюстрированный пример 2: Входы и выходы для конкретного объекта

Наконец, потребитель женского пола выразил следующие значения догматизма (14), консерватизма (9) и мировоззренности (23). Нечеткая логическая система нынешнего исследования снова полностью прогнозирует значение 49,4 для этого женского потребителя (рис. 8).

В целом, применение нечеткого логического подхода для прогнозирования уровня оценки потребителей может способствовать улучшению способности мировых маркетологов точно прогнозировать поведение местных и глобальных клиентов.

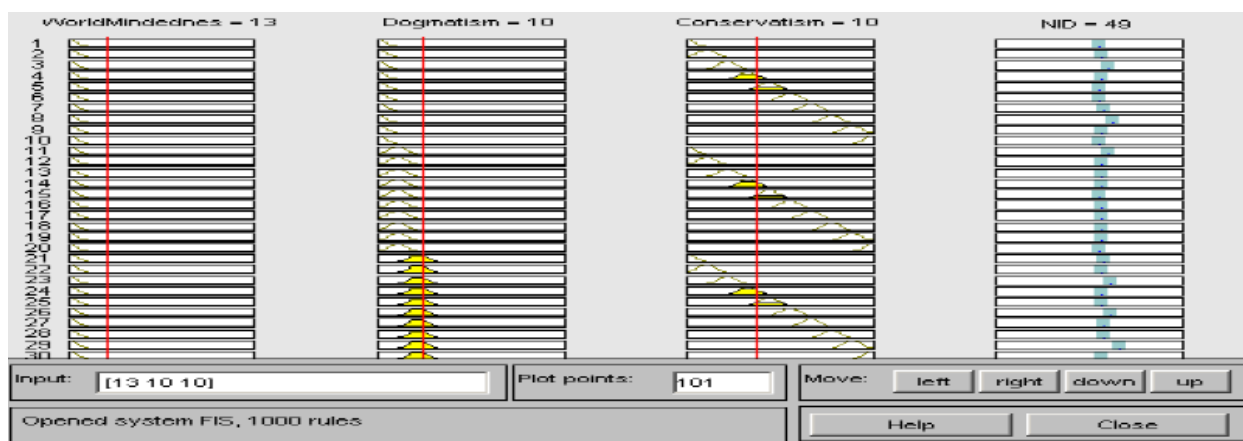


Рис. 2.8. Иллюстрированный пример 3: Входы и выходы для конкретного объекта

Методология нечеткой логики была использована для получения общей информации, основанной на модели трех входных данных [5]. Концепция дает глобальным и местным менеджерам по маркетингу хорошее представление о том, как нацелить маркетологов местных потребителей на лучшее понимание и более подходящую маркетинговую деятельность. Это исследование можно рассматривать как шаг к более глубокому пониманию нечеткой логики и ее приложений в исследованиях бизнеса и маркетинга. В текущем исследовании ученые и исследователи продолжают использовать методологию нечеткой логики в бизнесе и маркетинговых исследованиях. Например, дальнейшие исследования должны исследовать способность математики нечеткой логики прогнозировать выход на основе ввода, использующего разные маркетинговые модели.

§2.2. Нечетко-множественный анализ риска фондовых инвестиций

Технический анализ - это попытка предсказать будущие движения цен на акции путем анализа прошлой последовательности цен на акции. Технический анализ отвергает такие факторы, как политика правительства, экономическая среда, отраслевые тенденции и политические события, которые не имеют значения в попытках прогнозировать будущие цены акций. Конкуренция в техническом анализе - это историческое движение цен и сил спроса и предложения, которые влияют на эти цены.

Технический анализ опирается на графики и ищет конкретные конфигурации, которые, как предполагается, имеют прогностическое значение. Аналитики сосредотачиваются на психологии инвестора и реакции инвесторов на определенные ценообразование и ценовые движения. Цена, по которой инвестор желает покупать или продавать, зависит от его или ее ожидания. Если он ожидает, что цена повысится, он купит продукт; если инвестор ожидает, что цена упадет, он будет его продавать. Эти простые заявления являются причиной серьезной проблемы при установлении цен, поскольку они относятся к человеческим ожиданиям и отношениям [15]. Как говорят некоторые люди, ценные бумаги никогда не продаются за то, что они стоят, а за то, что люди думают, что они стоят. Очень важно понимать, что участники рынка ожидают будущего развития и принимают меры в настоящее время, и их действия способствуют движению цены. Поскольку процессы фондового рынка сильно нелинейны, многие исследователи сосредоточили свое внимание на техническом анализе, чтобы улучшить доходность инвестиций. В этом параграфе описывается методология с использованием нечеткой логики и технического анализа, которая может быть использована для построения системы инвестиционных моделей [1].

Использование нечеткой логики в техническом анализе

Существует много технических индикаторов и теорий анализа. Самой сложной частью технического анализа является выбор того, какой индикатор использовать. Технический анализ имеет дело с вероятностью, и поэтому для улучшения результата можно использовать несколько индикаторов. В большинстве случаев ответ по каждому индикатору не является ответом «да» или «нет». Исходя из этого, возможность улучшить оценку стоимости акций с помощью продвижения математики и науки через нечеткую логику, нейронную сеть, искусственный интеллект и другие могут быть очень полезными. Используя методы нечеткой логики, мы можем создать оптимальную компьютеризированную модель для оценки движения цены акций. Наш план состоит в том, чтобы сопоставить многие различные

индикаторы диаграммы технического анализа с новыми входами, которые могут быть переданы в нечеткую систему. Каждый из этих входов не выводит ответ «Да-Нет», это означает, что четкая логика перестает быть полезной. Нечеткие рассуждения очень эффективны в таких средах. Менеджеры воспринимают технические индикаторы по-разному, и их ответы на эти индикаторы не очевидны, и, конечно же, это неверные или ложные ответы, но некоторые из них находятся между ними. В нечеткой логике истина любого утверждения становится вопросом степени. На наш взгляд, нечеткая логика очень хорошо сочетается с процессом технического анализа. Многие системы, использующие нейронные сети, используются для прогнозирования цен на акции [9]. Проблема с этими системами можно резюмировать следующим образом:

- Нейро-нечеткие системы не имеют ощутимой надежности. Невозможно определить, является ли обучающее множество адекватным или нет.
- Знания, содержащиеся в сети, нелегко понятны и доступны.
- Нейронная нечеткая техника строго количественная и обобщенная до такой степени, что качественные суждения человека полностью исключены из предсказаний.



Рис. 2.9. Текущий процесс в области технического анализа.

Мы считаем, что системы с нечеткой логикой легче осмыслить и модифицировать [4]. Было создано несколько нечетких систем для прогнозирования рыночной активности с использованием основных показателей [8,9,12,14,18-20]. Наше предложение состоит в том, чтобы использовать технические индикаторы с нечеткой логикой для создания

нечеткого индикатора, который рекомендует продавать, покупать и удерживать позицию. Этот метод позволяет избежать чрезмерной зависимости от количественных данных. Он состоит из нескольких входов (например, скорости изменения (ROC), стохастических и опорных сигналов сопротивления), одной выходной переменной (например, уровня согласованности для принятия определенного действия) и нескольких нечетких правил, выражающих отношения между финансовыми показателями.

Наш план можно резюмировать следующим образом:

- Сопоставить множество разных финансовых показателей с новыми ресурсами, которые могут быть «размыты». Использовать фундаментальные индикаторы с нечеткой логикой для создания долгосрочных инвестиционных планов и использования технических индикаторов с нечеткой логикой для создания краткосрочных инвестиционных планов.

- Создать функций принадлежности для объединения между входами и выходами через нечеткие правила.

- Перевести нечеткий вывод в четкие торговые рекомендации.

Исходя из всего вышеизложенного, мы считаем, что предлагаемая система нечеткой логики очень гибкая, модульная и легко понятна.

Процесс оценки запасов

Процесс, используемый в области технического анализа, показан на рисунке 1. Аналитики в этом разделе используют широкие разновидности показателей для анализа отдельных фондовых рынков. Каждый индикатор имеет свойства и интерпретацию. Рыночные индикаторы обычно делятся на три категории: денежные, настроения и импульс. Денежные индикаторы концентрируются на экономических данных, таких как процентная ставка. Они дают указание на экономическую среду, в которой работают компании [11].

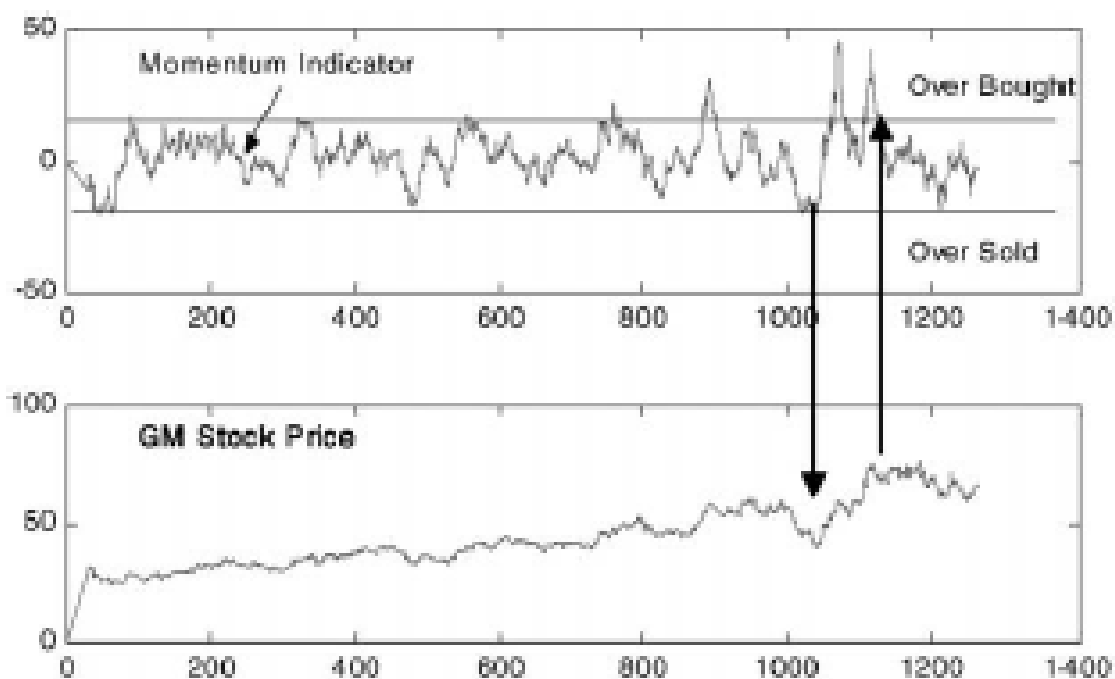


Рис. 2.10. Индикатор изменения скорости изменения (ROC).

Внешние аспекты непосредственно влияют на рентабельность бизнеса и цену акций. Индикаторы настроений фокусируются на ожиданиях инвесторов. Для большого рынка, такого как Нью-Йоркская фондовая биржа, доступно множество индикаторов настроений. К ним относятся коэффициент $\text{Put} = \text{Call}$, соотношение бычьих и медвежьих инвестиционных консультантов и т. Д. Третья категория рыночных индикаторов, импульс, показывает, какие цены фактически делают. Примеры показателей динамики включают следующее:

1. Индикаторы $\text{price} = \text{volume}$, применяемые к различным рыночным индексам.
2. Количество акций, которые достигли новых максимумов по сравнению с количеством акций, создающих новые минимумы.
3. Взаимосвязь между количеством акций, которые выросли в цене по сравнению с числом, которое снизилось.
4. Сравнение объема, связанного с ростом цены, с объемом, связанным со сниженной ценой и т. Д.

На рисунке 2.10 показан индикатор количества ROC и его перепроданность и надкупаемые свойства. Этот показатель сравнивает сегодняшнюю цену с ценой x дней назад, где x представляет собой рассматриваемый период времени и ограничивается $x > 2$. Линии перекупленности и перепроданности строятся на основе суждения [1].

Каждый из показателей, используемых в техническом анализе, имеет свои ограничения. Наилучший результат может быть достигнут при одновременном объединении многих показателей и общей оценке продукции.

Новый предлагаемый процесс показан на рисунке 3. Этот процесс состоит из следующего:

- Получить исторические данные $R(nT)$

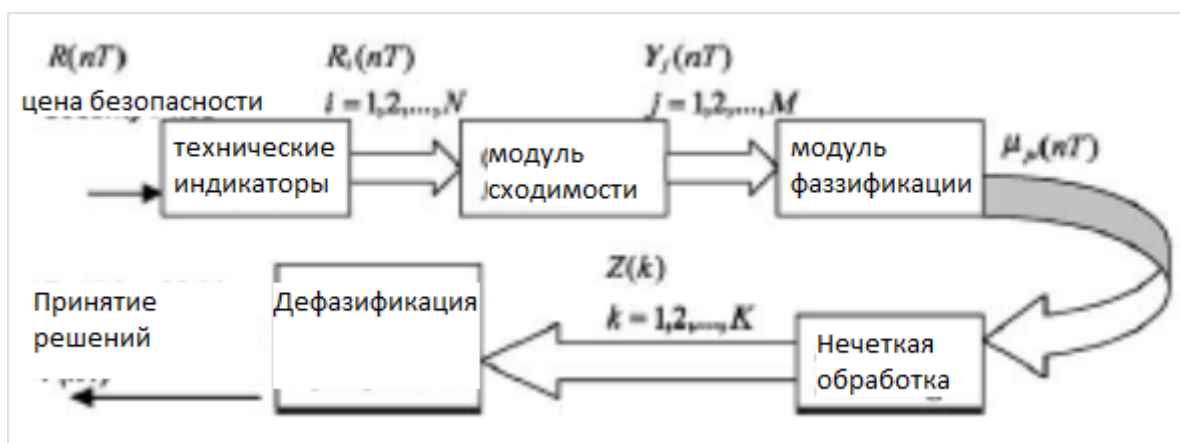


Рис. 2.11. Предлагаемый процесс технического анализа.

$R(nT)$ представляет собой заключительную цену определенного запаса в выборке nT .

- Разработка технических индикаторов входов $\rightarrow R_i(nT)$, где $i = 1; 2; \dots; N$. $R_i(nT)$ представляет собой используемые технические индикаторы. Например, $R_1(nT)$; $R_2(nT)$ и т. Д. Могут представлять ROC, стохастику и т. д. соответственно.

- Разработка модуля конвергенции и создатние нечетких логических входов и диапазонов ввода $\rightarrow Y_j(nT)$, где $j = 1; 2; \dots; M$. $Y_j(nT)$ представляет преобразованный сигнал, который можно использовать в нечеткой системе.

- Создание модуля фаззификации и функции принадлежности для каждого входа $\rightarrow JV (Nt)$.
- Разработка нечеткого процесса и создание правила, которые будут управлять работой системы (база знаний - нечеткие правила).
- Создание нечетких логических выходов и диапазонов вывода, определение, как действия будут объединены для формирования выполненного действия (этап принятия решения).
- Оценка результатов.

Этот процесс имеет много преимуществ. Во-первых, он предоставляет новую технику для обработки неопределенности технических индикаторов. Во-вторых, он устраняет сложность, когда одновременно оцениваются многие индикаторы. Наконец, он обеспечивает систематический и стандартизированный метод интерпретации информации, обработки информации, принятия решений и действий [10].

§2.3. Применение теории нечетких множеств в принятии решений

Платформа оценки рисков и принятия решений, построенная на нечеткой логической системе, может обеспечить согласованность при анализе рисков с ограниченными данными и знаниями. Это позволяет людям сосредоточиться на создании оценки риска, которая включает причинно-следственную связь между ключевыми факторами, а также воздействие на каждый индивидуальный риск. Вместо прямого вклада в вероятность и потенциальную серьезность рискового события, это побуждает человеческие рассуждения из фактов и знаний к заключению последовательным и хорошо документированным образом. На приведенном ниже графике показан примерный процесс оценки риска, основанный на системе нечеткой логики. Это восходящая структура, которая начинается с каждого отдельного риска. Затем степень риска подвергается агрегированию на уровне бизнес-единицы и компании для определения основных рисков.

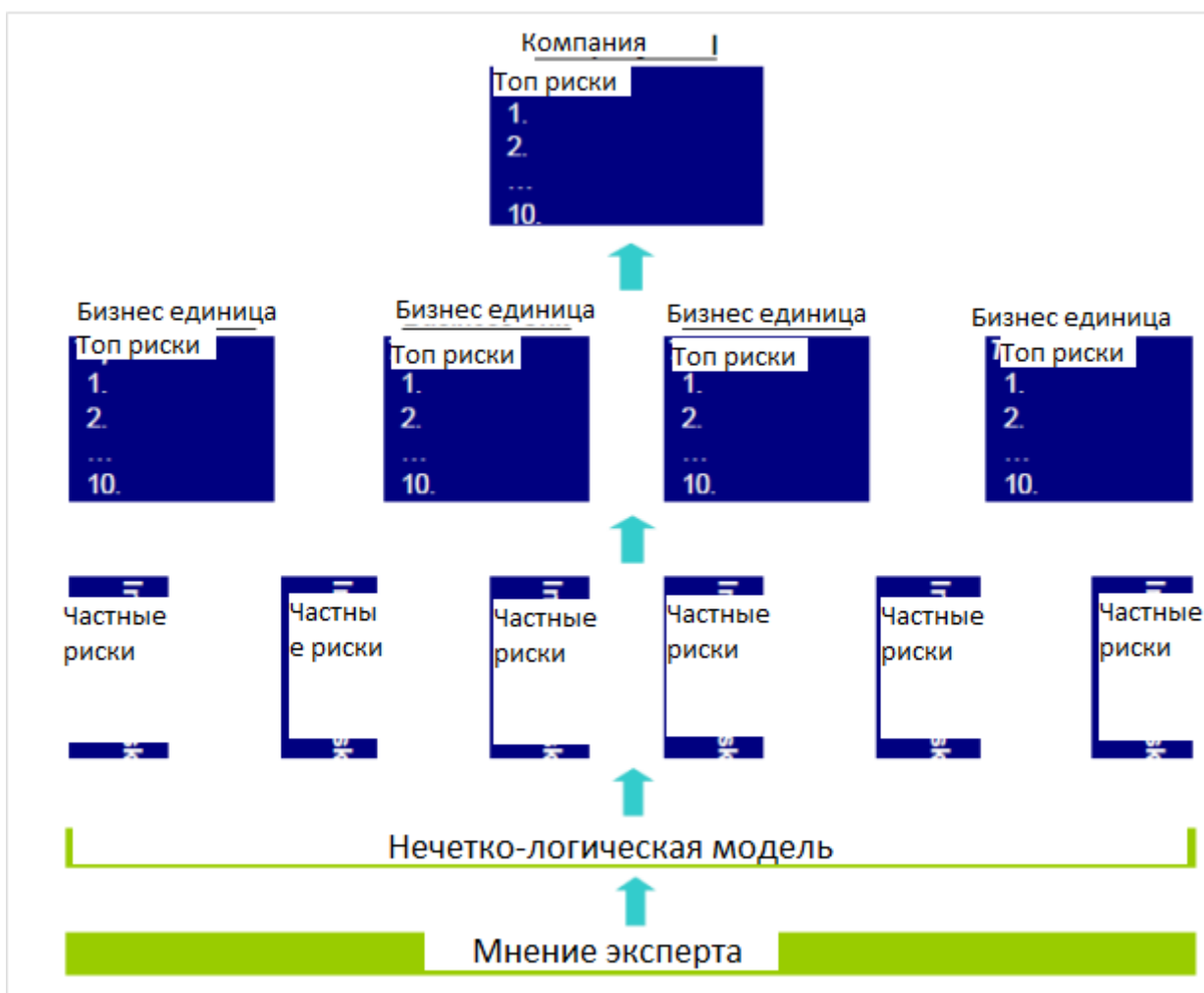


Рис. 2.12. Структура иерархии рисков

Чтобы сделать его сопоставимым по всем видам рисков, та же мера должна быть принята при оценке воздействия каждого риска. Одним из возможных кандидатов является предполагаемая сумма потерь при экстремальных событиях. Если распределение потерь можно моделировать с использованием модели нечеткой логики, учитывая распределение независимых переменных, эта мера может быть чем-то вроде 99,5-го перцентиля распределения потерь (событие 1-в-200 лет). Используя величину потерь в качестве выходной переменной, риски могут быть ранжированы на основе результата дефлексификации, числового значения, которое измеряет уровень риска. Это эквивалентно ранжированию, основанному на степени правды, что высокий уровень риска [13]. Рисунок иллюстрирует ранжирование рисков на основе предполагаемой суммы потерь в экстремальных ситуациях. Сумма потерь может быть оценена на основе

результата дефокусировки с использованием модели нечеткой логики. Модель нечеткой логики может иметь величину потерь в качестве выходной переменной. Значение входных переменных в экстремальном случае подается в модель, чтобы получить оценочную сумму потерь для определенного риска. Альтернативный подход - использование моделирования, как показано на рисунке 11. Распределение суммы потерь можно моделировать, а значение в указанном процентиле можно использовать для представления риска.

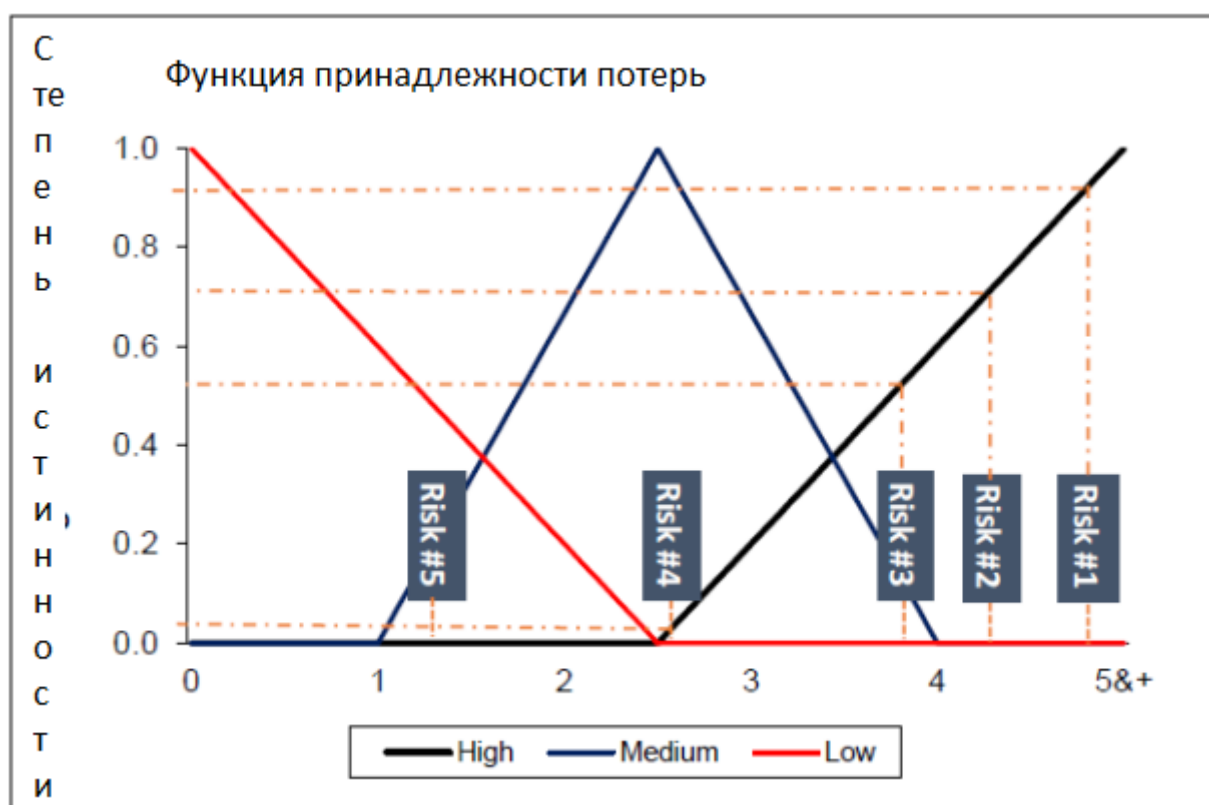


Рисунок 2.13. Рейтинг риска на основе суммы потерь

В дополнение к тому, чтобы выявлять самые высокие риски, модели нечеткой логики могут включать информацию о причинах риска, или факторы, которые оказывают на нее значительное влияние. Это может дать подсказки, ведущие в сторону потенциальных методов снижения риска. Стоимость хеджирования рисков или смягчения может быть добавлена в качестве дополнительной выходной переменной в модели нечеткой логики. Это поможет руководству решить, какие риски следует смягчить, и наиболее эффективный с точки зрения затрат подход.

В ходе обсуждения предполагается, что все эксперты разделяют один и тот же взгляд на риски. Учитывая разные уровни понимания и опыта экспертов, это вряд ли будет истинным на практике [22]. Следовательно, необходимо обобщить разные мнения. Существует несколько подходов к агрегации.

1. Настройте функции членства и правила вывода для объединения разных мнений. В примере, показанном на рисунке 18, средневзвешенное значение функций членства, предоставляемых экспертом А и экспертом В, может использоваться как агрегированная функция членства для набора с высоким нечетким множеством. Веса могут быть определены на основе опыта каждого эксперта, знания исследуемого вопроса, уверенности в его / ее мнении и точности оценки прошлого.

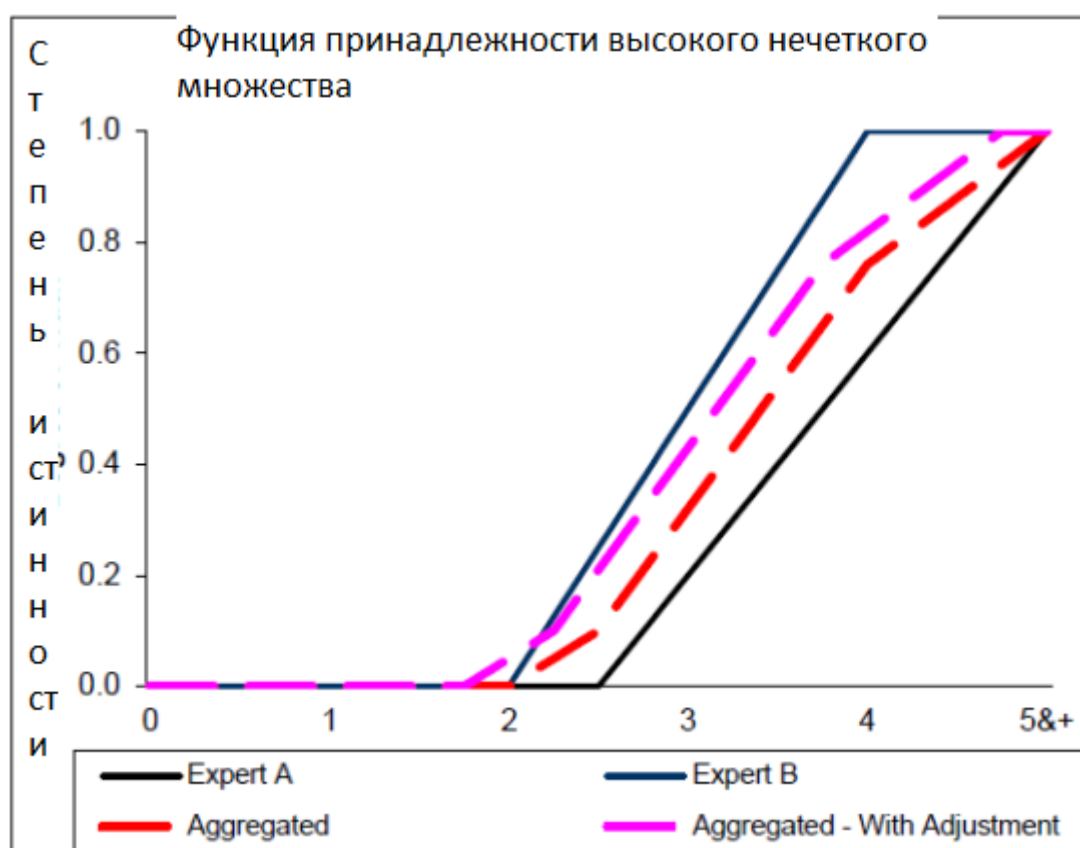


Рисунок 2.14. Агрегация функций принадлежности

Возможно также, что существуют разные мнения о самих правилах вывода. Если разница не слишком велика, корректировка функции членства

может включать эту разницу. Предположим, что существуют два правила вывода, приведенные ниже.

Эксперт А: Если X высокий, то Y высокий.

Эксперт В: Если X не является низким (средним или высоким), то Y является высоким.

Агрегированную функцию принадлежности высокого нечеткого множества можно сдвинуть влево, как показано на рисунке. Изменяя функцию принадлежности высокого нечеткого множества, она частично отражает правило вывода, что если X является средним, то Y является высоким. Между тем, только одно правило вывода должно быть включено в модель нечеткой логики.

Если X высокий, то Y является высоким.

Однако, если есть противоположные мнения о правилах вывода, необходимо понять аргументы за каждым мнением x [25]. Эксперты могут пересмотреть свое мнение после учебы с противоположной стороны. В случае, если в конце обсуждения все еще есть противоположные мнения, оба правила вывода могут быть полностью удалены из модели, поскольку несогласие может указывать на недостаток знаний и низкий уровень доверия

2. У каждого эксперта может быть своя собственная модель нечеткой логики с уникальными функциями членства и правилами вывода. Результат агрегированной оценки риска - это просто средневзвешенное значение результатов, полученных от разных отдельных моделей. В отличие от первого подхода, который регулирует входы модели, второй настраивает выходные данные модели, объединяя их все вместе

3. Конкретным случаем второго подхода является присвоение равного веса всем мнениям, которые распространены в литературе относительно моделей нечеткой логики. Это обычно используется, когда есть немало экспертов, и цель состоит в том, чтобы ранжироваться на основе уровня риска. Например, есть n экспертов, которые обеспечивают представление уровня риска A и B . Если более чем $n / 2$ эксперты голосуют за A как более

рискованное, А будет считаться более рискованным, чем В. Возможно, было бы целесообразно определить наиболее рискованные случаи для конкретного индивидуального риска. Но это не подходит для агрегации на уровне бизнес-единицы и всей компании.

Мнения экспертов: сбор и анализ

Мнения экспертов по теме или бизнес-менеджеров являются основным источником информации о системе нечеткой логики. Это не разовые усилия, а итеративный процесс. Ниже приведен пример процесса [24].

Шаг 1. Запрос мнений о проблеме или риске отправляется. Он может включать вопросы о ключевых факторах, которые могут вызвать любое событие риска, значение каждого фактора для существующего бизнеса, любые известные причинно-следственные связи, любые меры риска, которые могут быть использованы, и любые отношения с другими типами рисков. Это можно сделать в электронном виде, путем собеседования с каждым экспертом или посредством группового обсуждения. Если проблема новая и сложная, введение и обсуждение на конференции более эффективно.

Шаг 2. Собранные мнения обобщаются и анализируются. Если есть противоречивые мнения, может понадобиться дополнительное объяснение со стороны экспертов, чтобы понять мнение своих мнений. После этого предлагаемая модель нечеткой логики с указанными переменными, функциями членства и правилами вывода будет передана экспертам для получения их комментариев и согласия.

Шаг 3. Обратная связь о предлагаемой модели переваривается и отражается в окончательной спецификации модели. Это может потребовать нескольких раундов общения.

Шаг 4. После завершения разработки модели необходимо установить соответствующий сбор данных и процесс мониторинга рисков. Регулярные отчеты о текущей подверженности риску подготовлены на основе модели нечеткой логики. Они распространяются среди экспертов для комментариев и информации. На основе результатов модели, прошлого опыта, изменения

окружающей среды или улучшения понимания эксперты могут пересмотреть свои мнения. Это требует регулярного обзора и обновления модели [23].

Чтобы стимулировать вклад экспертов в систему нечеткой логики, важно представить конечный продукт и сообщить им, чтобы они поняли результаты своих усилий. Обычно эксперты - бизнес-менеджеры. Если модель может предоставить им информацию о подверженности риску их существующего бизнеса или будущих потенциальных бизнес-стратегий, они, вероятно, посвятят ему больше времени, потому что это будет выгодно для их бизнес-решений.

Выбор функции принадлежности

Функция членства является критически важным входом для системы нечеткой логики. Может быть легко найти правила вывода; не так просто разработать функцию членства, потому что она требует перевода качественного описания в количественную меру. Существует несколько подходов, которые могут быть использованы.

1. Попросить экспертов по тематике предоставить материалы. Модели нечеткой логики в значительной степени зависят от человеческих рассуждений. Когда мнения экспертов собираются, важно попросить их определить, что они означают, когда говорят, что что-то высокое, среднее или низкое. Возьмите кредитный балл, например, как обсуждалось ранее. Заявления, такие как «любой балл, превышающий 1,5, невелик» или «любой балл менее 0,5 абсолютно низок», полезны для разработки функции членства.

Выбранная функция принадлежности должна быть передана этим экспертам для получения согласия. Это трудоемкий процесс и требует обучения людей, которые будут обеспечивать их вход в систему с нечеткой логикой. У разных экспертов могут быть разные мнения о функции членства. Необходимо объединить разные мнения и найти способ их объединения. Самый простой способ - добавить вес к мнению каждого человека и использовать средневзвешенную функцию членства. Но как определяется вес и как его упростить - это искусство, а не наука.

2. Если имеются данные о опыте, иногда функция членства может быть частично откалибрована. Обычно это делается после использования системы с нечеткой логикой в течение определенного периода времени. Возможно, имеется некоторая информация о том, хорошо ли работала модель по сравнению с тем, что на самом деле произошло. Возможно, функции членства могут быть уточнены на основе опыта. Вес мнения каждого эксперта также может быть скорректирован.

3. Другие модели могут использоваться в сочетании с моделью нечеткой логики, так что функции членства могут быть откалиброваны. Примером может служить адаптивная нейро-нечеткая система вывода (ANFIS), которая объединяет искусственную нейронную сеть с моделью нечеткой логики. Однако для этого требуется большой набор учебных данных, которые обычно не применимы для операционных рисков.

ГЛАВА III. МОДЕЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ОТРАСЛЯХ ЭКОНОМИКИ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

§ 3.1. Моделирование процессов

Понятие модели широко используется практически во всех областях науки. Термин «модель» применяется к сущностям, отличающимся от математических описаний, выражая уменьшенный масштаб реальной системы. В этой главе обсуждаются некоторые общие аспекты моделей и моделирования процессов. Он не предназначен для углубленного обсуждения различных методов, а скорее как введение в моделирование процессов и смежные темы [27].

Что такое модель? Общее определение модели в инженерной среде дано Эйхоффом [28]. Он определяет модель как представление существенных аспектов существующей системы (или системы, которая должна быть построена), которая представляет знание этой системы в полезной форме. Это означает, что модель всегда является упрощенным представлением реальной системы. Модель сама по себе не является самоцелью. Это всегда инструмент, помогающий решить проблему, которая извлекает выгоду из математического описания системы. Применение моделей в разных науках можно найти в трех общих областях:

- Исследования и разработки. Модель исследования дает интерпретацию знаний или измерений.
- Дизайн. Модели, используемые в дизайне, могут использоваться для определения правильных проектных параметров компонента или подсистемы или могут использоваться для изучения стабильности процесса, безопасности процесса, экономических аспектов и т. д. Это означает, что имеющиеся знания должны быть выражены в таких единицах, чтобы они были совместимы с данными критериями.
- Контроль. Действия управления основаны на знаниях, доступных системе. Кроме того, более дешево проводить эксперименты по эксплуатации

и управлению установками на моделях, чем на операционном блоке (что не означает, что экспериментальные установки вообще не нужны). Управляющие действия могут быть, например, предназначены для поддержания процесса в нормальных рабочих условиях, для обработки процесса в чрезвычайных ситуациях (например, диагностических систем) или для управления процессами запуска и выключения.

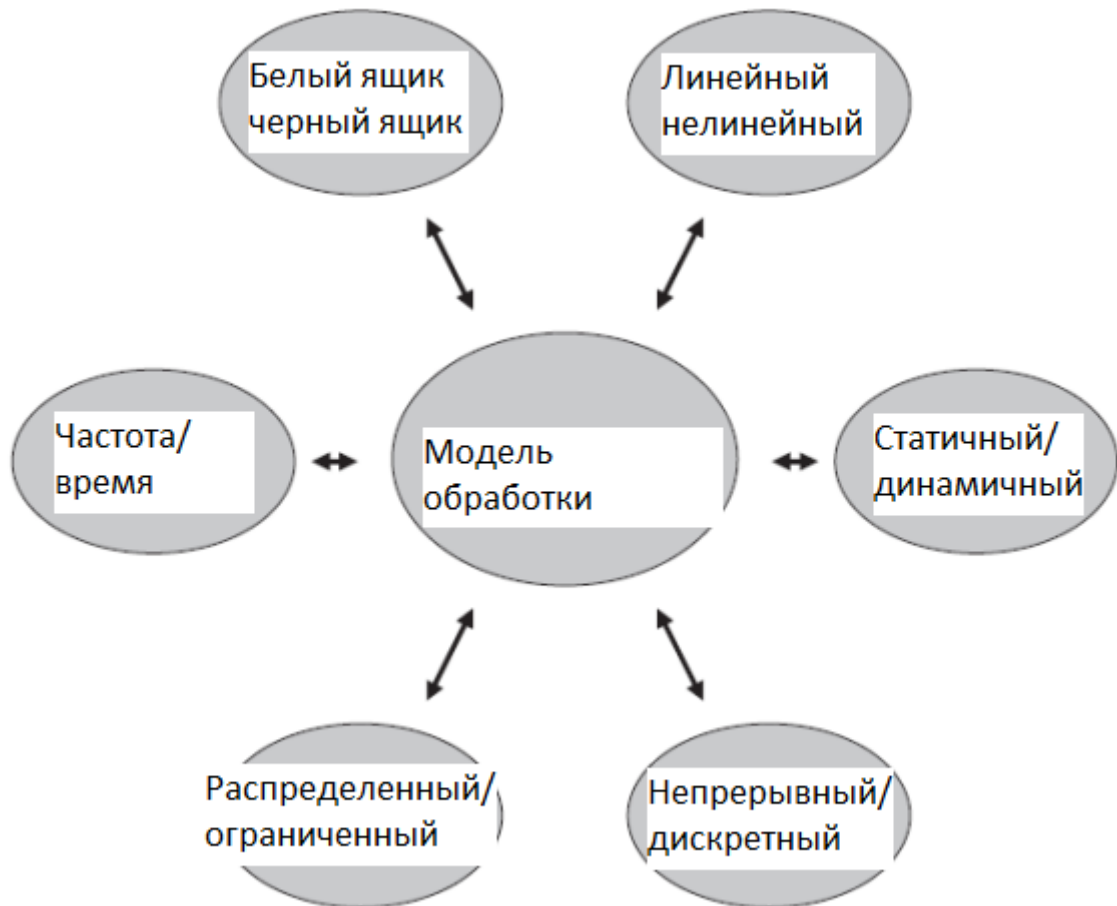


Рис. 3.1: Структуры модели

Типы моделей

Различные критерии эффективности для применения моделей приводят ко многим различным структурам модели. Их можно сравнивать с различными точками зрения. Рисунок 2.1 иллюстрирует это.

Модели из белого ящика и черного ящика

Модели, которые полностью основаны на физических и химических закономерностях (термодинамика, уравнения непрерывности), называются белыми ящиками, первыми принципами или механистическими моделями.

Эти модели дают физическое понимание системы и могут быть даже построены, когда система еще не построена [27]. Обычно для математического описания модели используется набор (частичных) дифференциальных уравнений, дополненных алгебраическими уравнениями. Усилия, необходимые для создания этих моделей, обычно высоки, конечно, для сложных химических систем. Модели черного ящика не используют структуру, которая отражает физическую структуру системы: модели черного ящика (также называемые эмпирическими моделями) дают отношение ввода / вывода процесса. Эти модели полезны, если физическое понимание системы отсутствует или не имеет отношения к цели модели. Используемые математические описания включают авторегрессионные модели (такие как модели ARMA и ARMAX), искусственные нейронные сети.



Рис. 3.2. Физическая интерпретация моделей серого ящика и примеры приложений

Знание процесса может быть неполным, что может привести к модели, использующим как первые принципы, так и стратегии эмпирического моделирования [29]. Модели, сочетающие оба подхода, называются серой коробкой. На практике большинство используемых моделей будут серыми до

некоторой степени, просто потому, что знание о системе может быть неполным из-за отсутствия физического понимания или отсутствия подробной информации о процессе. Уровень техники черного ящика, используемый в моделях с серым ящиком, обозначает уровень физической интерпретации. Если физическая интерпретация важна, модель должна быть как можно более белой. Это означает, что структура модели должна основываться на первых принципах как можно больше.

Уровень интерпретации также зависит от требуемого уровня детализации модели. Например, для проектирования процесса достаточно описать массу или теплообмен с одним коэффициентом. Однако для более фундаментальных исследований на молекулярном уровне такие описания не являются адекватными. Модели гибридных нечетких принципов - это класс моделей с серой коробкой.

Линейные и нелинейные модели

Модели, обладающие свойством суперпозиции, называются линейными моделями. Модель вида $y = f(u)$ обладает свойством суперпозиции, если:

$$\alpha f(u_1) + \beta f(u_2) = f(\alpha u_1 + \beta u_2) \quad (2.1)$$

где $\alpha, \beta \in K$ - постоянные. Это также относится к дифференциальным уравнениям. Например, уравнение 2.2 является линейным, а уравнение 2.3 не является.

$$\dot{x} = ax + u \quad (2.2)$$

$$\dot{x} = ax^2 + u \quad (2.3)$$

Во многих методах оптимизации и алгоритмах управления используются линейные (или линеаризованные) модели. Однако в экономике инновационные процессы почти никогда не линейны. Для моделирования этих процессов можно использовать линейные модели, но в ограниченной степени. Линейные модели обеспечивают достаточно точное решение в определенном рабочем диапазоне [31]. Примером является разложение в ряд Тейлора первого порядка, где первая производная описывает поведение

системы вокруг рабочей точки. Нелинейные модели трудно решить аналитически, но для решения этих моделей численно предлагаются несколько сложных методов. Коммерческие пакеты программного обеспечения, такие как gPROMS, включают эти методы, так что разработчик должен быть связан только с формулировкой модели, а не с выводом решения.

Статические и динамические модели

Модель статична, если описание независимых переменных не изменяется по времени. Это также обозначается как описание устойчивого состояния. Динамические модели способны описывать переход переменных по времени. Например, моделирование поведения периодического реактора приведет к динамическим моделям, поскольку пакетный процесс по определению является нестационарным. Если модель основана на уравнениях непрерывности, то разница между статической и динамической формой часто приводит к установлению нулевого значения накопления или нет. Статические модели в экономике часто используются при проектировании и оптимизации; динамические модели находят свое применение в управлении процессом.

Модели распределенных и сосредоточенных параметров

Вариации в пространстве свойств системы требуют разных подходов к моделированию. Пространственные вариации переменных или параметров могут составить описание модели и комплекс решений. Модели, учитывающие эти вариации, называются моделью распределенных параметров. Иногда бывает удобно «разбить» эти вариации, приняв гомогенные свойства. Таким образом, модель с сосредоточенными параметрами не описывает пространственные изменения, которые могут быть приближением к реальности, если эти вариации присутствуют в системе.

Следует принять во внимание, что сосредоточенное представление параметра достаточно приближает поведение системы. Это может быть

сложно определить заранее, если допустимо представление с сосредоточенными параметрами [30]. Однако существуют некоторые критерии, которые могут помочь разработчику, такие как число Peclet Pe , которое определяется как отношение скорости переноса конвекцией к скорости переноса путем дисперсии.

Непрерывные и дискретные модели

По существу, непрерывное означает, что переменная может иметь любое значение в данном интервале, тогда как дискретные переменные могут иметь только определенное количество значений. Хотя модели могут быть дискретными по отношению к любой переменной (например, количество лотков в дистилляционной колонне, которая является дискретным свойством системы), различие между непрерывными и дискретными моделями обычно производится по времени. Дискретные модели времени вычисляют состояние системы с заданными временными интервалами. Когда в этом тезисе модель называется дискретной или непрерывной, это означает, что она дискретна или непрерывна по времени.

Для цифрового компьютерного моделирования модель должна быть дискретной в какой-то момент процедуры решения. Для численных методов решения требуются дискретные модели. Тем не менее, многие из доступных сегодня пакетов программного обеспечения способны дискретизировать модель автоматически, так что модельер может поставлять непрерывную модель, если это необходимо.

Дискретизация дифференциальных уравнений первого порядка выполняется, как показано в уравнении 2.4 (численное дифференцирование).

$$Dx / dt = (x_{k+1} - x_k) / \Delta t \quad (2.4)$$

где x обозначает переменную, подлежащую дискретизации, t обозначает время, а индекс k обозначает шаг времени. Это приближение справедливо только для достаточно малого интервала Δt . Подробнее об ошибках дискретизации и дискретизации можно найти в Аткинсоне (1989).

Возможны также комбинации дискретных и непрерывных моделей. Эти модели описывают системы, которые включают в себя дискретные события времени, такие как процедуры переключения в электронных схемах. В литературе эти комбинации моделей часто называются гибридными моделями. Однако следует отметить, что в этом тезисе термин гибридная модель используется только для обозначения гибридных моделей нечетких принципов, если не указано иное [35].

Модели частотной области и временной области. Различие между моделями во временной области и моделями частотной области производится только для динамических моделей, поскольку временная зависимость по определению не включена в статические модели. Для анализа динамических систем может быть интересно исследовать реакцию системы на осциллирующий вход с определенной частотой. При анализе частотной характеристики система подвергается устойчивой синусоидальной волне. Выход системы в конечном итоге также станет синусоидальной волной, которая для неустойчивых для этой входной частоты систем может расходиться. Характеристики этого выходного сигнала (амплитуда, фазовый сдвиг) по отношению к частоте входного сигнала могут затем предоставлять информацию о поведении системы как функции частоты.

Анализ частотной характеристики является важным инструментом в конструкции контроллера.

Построение модели

Исследователи часто заявляют, что моделирование - это скорее искусство, чем наука. Хотя наука, лежащая в основе различных технологий, которые были разработаны, вряд ли можно назвать искусством, не обязательно невыгодно, что моделирование считается искусством. Приложения и требования слишком отличаются друг от друга, так что разработка подхода к построению общей модели будет чрезвычайно сложной, и решения, касающиеся моделирования системы, часто могут быть сделаны экспертом системы. Некоторые исследователи утверждают, что

нежелательно разрабатывать «слой методического моделирования» и что исследовательские усилия в этой области должны быть направлены на практические и эффективные подходы к решению проблем. Хотя решения, сделанные разработчиком в процессе моделирования, могут основываться скорее на его опыте, чем на методологии, может быть целесообразно обсудить некоторые аспекты, которые можно принять во внимание.

Процесс моделирования можно разделить на четыре фазы: определение проблемы, дизайн, оценка и применение (рисунок 2.3). На этапе определения проблемы правильная формулировка проблемы моделирования и цели модели. Эта формулировка основана на требованиях к производительности и структуре применительно к заявке и экспертной оценке моделирования модельера. Этот опыт может помочь заранее определить, являются ли эти требования реалистичными и могут быть выполнены с использованием доступных методов моделирования [33].

На основе этой формулировки определяются ключевые переменные и структура модели, а параметры модели идентифицируются на этапе проектирования. Для моделей с белым ящиком структура модели отражает физическую структуру системы, что означает необходимость принятия дополнительных этапов проектирования: формулировка основы модели (физические и химические законы) и принятие предположений (поиск баланса между микроскопические, физически корректные описания, требующие большого объема моделирования и более общие описания, которые дают менее точные результаты).

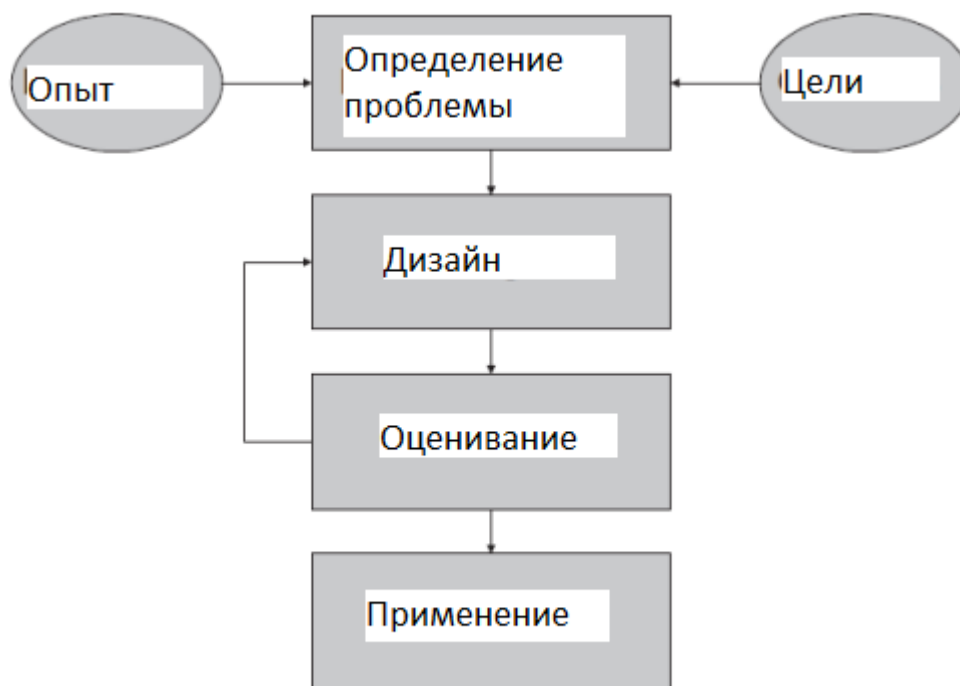


Рис. 3.3: Общие этапы построения модели

На этапе оценки сама модель проверяется в отношении ее структуры, и результаты модели проверяются с реальной ситуацией в мире. Помимо оценки эффективности, необходимо оценить требования к структуре модели (например, прозрачность интерпретируемости), сформулированные на этапе определения проблемы [18]. Если критерии не выполнены, модель должна быть улучшена, что делает моделирование итеративным процессом. Если критерии выполнены, модель может применяться.

§ 3.2. Нечеткие модели сложных систем

Учитывая необходимость точного описания операционных систем и возрастающих требований к решению проблем интеллектуального управления, необходимо разработать теорию математического моделирования. В рамках теории математического моделирования используются формальные процедуры. Эти формальные процедуры учитывают неоднородность информации, многокритериальность, динамику

качества и эффективности, а также неопределенности, которые могут быть либо стохастическими, либо нечеткими.

Выбор типа модели сложной системы и инструментов математического моделирования для использования во многом зависит от качества информации и типа неопределенности. Нечеткий подход обычно используется, когда система настолько сложна, что невозможно построить свою математическую модель в традиционном смысле или когда модель существует, но для ее вычисления необходимы значительные вычислительные ресурсы [1].

Сложное системное моделирование в виде нечетких систем обычно не требует знания структуры системы. Однако в задачах, связанных с оценкой качества функционирования системы, состоящей из нескольких подсистем или в задачах оценки степени достижения взаимодействующих целей, нечеткая модель должна учитывать структуру системы [2].

В этом случае инструмент моделирования - это нечеткая логика и, в частности, одно из его основных понятий - то есть функция нечетких переменных. Однако существующие алгоритмы работы с такими функциями не ориентированы на практическое применение [19].

Целью этого исследования является повышение качества контроля процесса в условиях неопределенности функционирования объектов. В работе мы также исследуем подходы к оптимизации управления комплексными объектами в качестве критерия повышения адекватности управления.

Пусть производственная площадь представляет собой прямоугольное поле, разделенное на единичные ячейки. В этой области есть L грузов и K мобильных объектов. Мобильные объекты могут перемещать нагрузки.

Из-за доставки новых грузов L_1 требуется переместить загрузки $L_2 \subseteq L_1$ в другие ячейки, используя мобильные объекты. Общее время выполнения этой задачи не должно превышать установленный срок:

$$\tau \leq \tau^*, \quad (1)$$

где τ^* - время, оставшееся до прибытия новых грузов. Если время перемещения нагрузок $\tau > \tau^*$, задача должна быть изменена в соответствии с требованием (1).

В работе предлагается модель транспортировки мобильных объектов в производственной зоне. Согласно этой модели мобильные объекты перемещаются дискретно, от центра одной ячейки до центра другой. Чтобы решить ряд практических проблем, нам нужно изменить модель, потому что мобильный объект обычно представлен как физический агент, который имеет определенный размер и движется непрерывно [15].

Задача оптимального управления системой мобильных объектов - найти определенную оптимальную (или субоптимальную) функцию управления мобильными объектами. В зависимости от значений некоторых внешних параметров эта функция принимает значение, которое определяет дальнейшее направление мобильного объекта [4].

Одним из наиболее перспективных подходов к оптимизации функции управления является разработка и настройка нечеткой модели движения подвижных объектов [5]. Разработка модели, основанной на нечетких правилах, обеспечит ее гибкость, потому что даже при изменении параметров окружающей среды (например, непредвиденных препятствий для мобильного объекта) правила не меняются.

Таким образом, наши задачи:

- анализировать существующие модели и методы решения подобных задач;
- разработать формальную модель движения подвижных объектов по заданной траектории;
- анализировать и анализировать различные подходы к оптимизации управления мобильными объектами;
- разработать и настроить нечеткую модель движения подвижных объектов;
- проверить адекватность полученной модели.

Анализ существующих решений

В последнее время использование автоматизированных систем в разных сферах жизни становится все более популярным. Поэтому разработка моделей и методов передвижения мобильных объектов является предметом многих работ. Рассмотрим и проанализируем основные подходы, которые предлагаются в этих работах.

В работе [7] рассматривается автомат модели управления адаптивными мобильными объектами на основе нечеткой логики. Для настройки системы нечеткого управления предлагается использовать вероятностный автомат с обучением.

Предлагаемая модель весьма перспективна, она имеет несколько недостатков. Во-первых, в этой модели предполагается, что мобильный объект всегда может обойти препятствие. В нашей модели, границы траектории мобильного объекта всегда считаются препятствиями, и мобильный объект никогда не может обойти их. Во-вторых, предлагаемая модель позволяет мобильному объекту только обходить препятствия, но не перемещаться в фиксированную точку, и, конечно, траектория подвижного объекта не оптимизируется. Таким образом, мы не сможем использовать эту модель для решения нашей проблемы.

В работе [6] рассматривается обучающая модель робота, следующего за определенным подвижным объектом. В этой работе также предлагается использовать систему нечетких правил. Также предлагаются несколько различных методов настройки системы.

Основным недостатком этого подхода является то, что он не учитывает возможные препятствия, которые робот не может обойти, поскольку траектория подвижного объекта уже определяет траекторию робота, который следует за ним.

Таким образом, для решения этой проблемы нам необходимо изменить существующие подходы.

Пусть r_i - объект управления для достижения определенных результатов деятельности

$$tr(G_{r_i}) = \left\{ (x_i^{(0)}, y_i^{(0)}), (x_i^{(1)}, y_i^{(1)}), \dots, (x_i^{(e)}, y_i^{(e)}) \right\},$$

который представляет последовательность ячеек, вдоль которых объект должен перемещаться для выполнения задачи [3]. Теперь мы разрабатываем модель движения подвижных объектов вдоль этой траектории.

Пусть каждая ячейка представляет собой квадрат размера $s \times s$, а подвижный объект - прямоугольник с длиной a и шириной b , где $b < a < s$. Пусть v_{max} и ω_{imax} - максимальная подвижность и изменчивость объекта управления соответственно.

Введем следующие предположения:

- 1) подвижный объект всегда либо движется с максимальной линейной скоростью v_{max} , либо вообще не движется;
- 2) скорость v_{max} достаточно мала, чтобы пренебречь временем ускорения и замедления подвижного объекта;
- 3) скорость v_{max} достаточно мала, а тяга с поверхностью достаточно велика, чтобы пренебречь зазором подвижного объекта для всех возможных значений его угловой скорости;
- 4) угловая скорость $\omega \rightarrow = \omega \rightarrow (t)$ подвижного объекта может быть изменена достаточно быстро, чтобы пренебречь влиянием углового ускорения на движение этого объекта;
- 5), чтобы сделать движение безопасным, расстояние от мобильного объекта до препятствия или границы траектории необходимо не меньше, чем δ_{min} . Также гарантируется, что $b + 2\delta_{min} < s$;

6) решение об изменении угловой скорости, ускорении или замедлении подвижного объекта производится в результате измерений, полученных с помощью системы мобильного зрения объекта. Эти измерения производятся с периодом τ_{min} ;

7) максимальная угловая скорость ω_{max} достаточно мала, чтобы мобильный объект не мог безопасно поворачиваться в противоположном направлении;

8) когда подвижный объект перемещается, он не останавливается и не сталкивается с каким-либо препятствием.

Тогда мы имеем

Утверждение. Положение подвижного объекта в момент времени t может быть однозначно определено его координатами $(x_i^{(k)}, y_i^{(k)})$ по его направлению $\vec{\vartheta}(k)$ и его угловой скорости во времени $\vec{\omega}(k)$. Более того, подвижный объект движется по прямой, если $\omega = 0$ и вдоль дуги окружности с радиусом в противном случае.

§ 3.3. Использование нечеткого логического вывода для решения задач прогнозирования и диагностики

В целом система нечеткого принятия решений (fuzzy decision making system - FDMS) использует набор функций нечеткого членства и правил принятия решений, которые запрашиваются у экспертов в этой области, чтобы обосновать данные. Компоненты FDMS содержат секцию фаззификации, базу нечетких правил, логику нечеткого решения и раздел дезактивации, как показано на рисунке 1а.

Модель решения для системы нечетких выводов.

(а) Нечеткая система принятия решений (Fuzzy decision making system - FDMS),

(b) модель нечеткого вывода для бизнес-решений (fuzzy inference system for business decisions - FISBD) [8].

Система нечеткого вывода бизнес-решений (FISBD)

Наш FISBD включает в себя двух игроков (фирм) на типичном рынке дуополии, который мы будем представлять как зеленый (g) и желтый (y), который представляет собой нечеткий агент. Каждому игроку предоставляется пять единиц начальных ресурсов, которые могут представлять капитал, время, персонал или другие бизнес-ресурсы. В нашем случае мы принимаем капитал (скажем, £5M). Количество раундов игры должно быть сыграно пять, что означает последовательность из пяти возможных ходов для каждого игрока. В каждом раунде игроки могут выбирать свои подразделения между тремя ролями (стратегиями): усилия по консолидации (C), зарезервированное или сгенерированное богатство (W) и агрессивные маркетинговые усилия (M). Распределение этих ресурсов будет производиться одновременно, только история движения противника будет известна, но без знания текущего выбора стратегии противника и обозначается как вектор $[C, W, M]$ для каждого игрока.

Общие процедуры, необходимые для разработки предлагаемой системы поддержки принятия решений (FISBD), перечислены в следующих шагах:

1. Перечислите все неопределенные (нечеткие) факторы, которые будут учитываться при принятии бизнес-решения: неопределенная или нечеткая информация (факторы), которые мы принимаем во внимание на этой иллюстрации, - это ожидаемая информация о спросе на рынок (D) и издержки производства (C_p),
2. Определите стратегии игроков: здесь мы принимаем три стратегии для каждого игрока, и эти стратегии - это усилия по консолидации, созданные богатством или зарезервированные и агрессивные маркетинговые усилия, обозначенные как вектор с тремя элементами $[C, W, M]$. В качестве иллюстрации системы дуополии у

нас есть два игрока (фирмы), представленные как зеленый (g) со стратегией, представленной как $[C_g, W_g, M_g]$ и yellow (y) со стратегией, представленной как $[C_y, W_y, M_y]$.

3. Определить входные и выходные переменные FISBD FIS: входные данные - это информация о спросе на рынок (D) и издержки производства (CP), а ожидаемые результаты - консолидация (E_c), ожидаемое богатство (E_w) и ожидаемые агрессивные маркетинговые усилия (E_m) где:

4. $E_m = 5 - (E_w + E_c)$ (Поскольку общие (ожидаемые) ресурсы каждого игрока в любой точке равны пяти).

5. Разработка нечетких множеств, подмножеств и функций принадлежности для всех входных и выходных переменных: это может быть достигнуто путем запроса знаний от экспертов или поиска по литературным данным.

С логическими операциями над нечеткими множествами можно установить правила вывода, чтобы установить взаимосвязь между различными переменными [4]. Один тип правила нечеткого вывода называется правилом вывода max-min. Это правило max-min, показанное на рисунке 4, применяется для вывода.

1. Если A и B , то C . Максимальная степень истины для C - это меньшая степень истины для A и для B .

2. Если A или B , то C . Максимальная степень истины для C является большей степенью истины для A и для B .

3. Если не A , то C . Максимальная степень истины для C вычитается по степени истины для A .

Например, при оценке риска экономического спада, уровень доверия инвесторов являются двумя ключевыми показателями. Возможное правило вывода приведено ниже. Если срок премии мал и уровень доверия инвесторов низкий, риск экономического спада в ближайшем будущем высок. Срок премии составляет 2 процента со степенью достоверности $\mu_{\text{низкий}}$

(2 процента) 0,6. Индекс доверия инвестора равен 65 с уровнем достоверности $\mu_{\text{низкий}}$ (65) 0,72. Используя операцию пересечения на нечетких множествах как минимум двух степеней истины $\mu_{\text{низкий}}$ (2 процента) и $\mu_{\text{низкий}}$ (65), максимальная степень правды, что существует высокий риск экономического спада, составляет 0,6. Полученная функция принадлежности в нечетком множестве усекается с истинным значением 0,6 от вершины, как показано на рисунке.

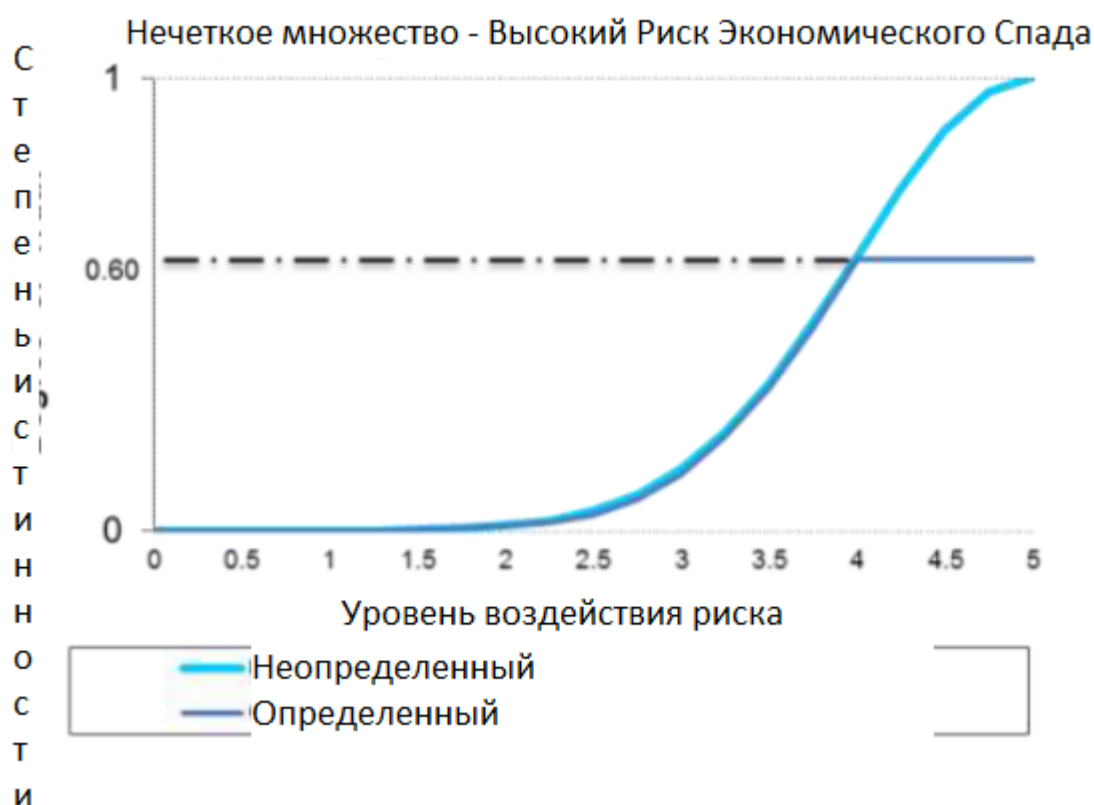


Рис. 3.4. Оценка риска экономического спада

Иногда уточнение функции принадлежности необходимо для отражения правил вывода с другим описанием. Этот процесс называется нечетким хеджем. Например, следующие аналогичные правила вывода различаются по интенсивности «высокого» кредитного балла.

Правило 1. Если кредитный рейтинг немного высок, вероятность получения скидки по ипотечным кредитам высока.

Правило 2. Если кредитный рейтинг высок, вероятность получения скидки по ипотечным кредитам высока.

Правило 3. Если кредитная оценка очень высока, вероятность получения скидки по ипотечным кредитам высока. Чтобы отразить разницу, функция членства нечеткого набора «Высокий кредитный рейтинг» может быть преобразована в нечеткий набор «Слишком высокий кредитный рейтинг» и «Очень высокий кредитный рейтинг», как показано на рисунке 6. Функция членства смещается вокруг, чтобы отразить влияние прилагательных «немного» и «очень». В этом примере, для кредитного балла 3, 60% истинно, что оно высокое, 10% истинно, оно очень высокое, а 90% истинно, оно немного велико.

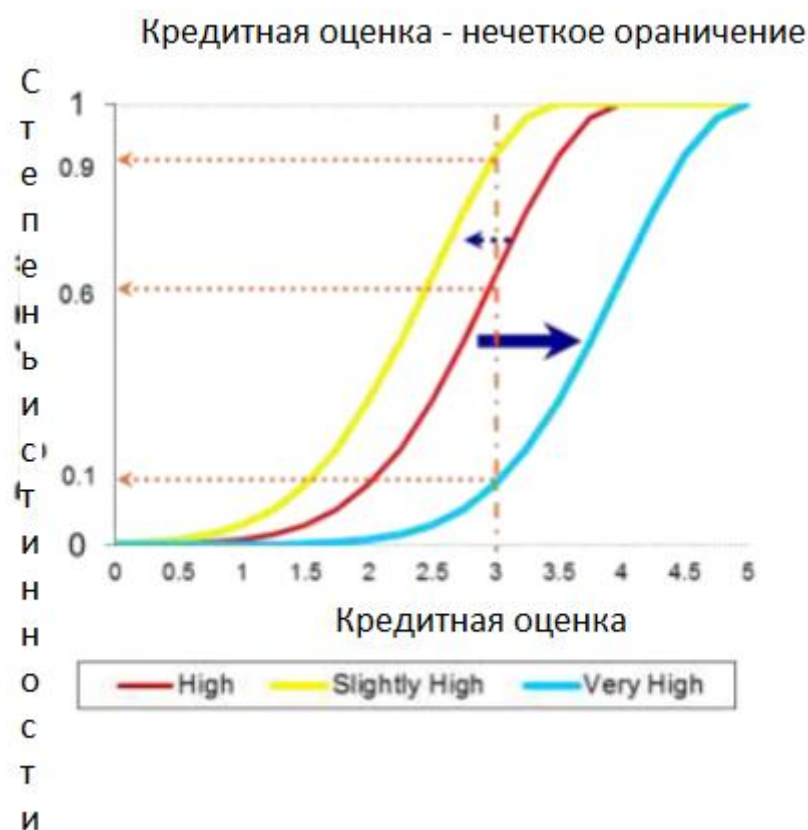


Рис. 3.5. Кредитный рейтинг

Дефаззификация, как уже отмечалось, это процесс оценки значения зависимой переменной на основе полученного нечеткого множества после применения правила нечеткого вывода. Ниже описаны три типичных метода дефаззификации.

1. Средний метод: среднее числовое значение зависимой переменной в выходном нечетком множестве.

2. Среднее значение максимального метода: Среднее числовое значение зависимой переменной с максимальной степенью достоверности в выходном нечетком множестве.

3. Метод центроидов: Средневзвешенное числовое значение зависимой переменной в выходном нечетком множестве. Вес - это степень истины. Различные методы подходят в разных ситуациях. Продолжая пример правила вывода из рис. 5, выходным нечетким множеством является область между условной функцией принадлежности и осью x .

Результат дефаззификации приведен на рисунке 3.6. Поскольку риск экономического спада невелик, средний метод не является хорошим выбором в этом примере.

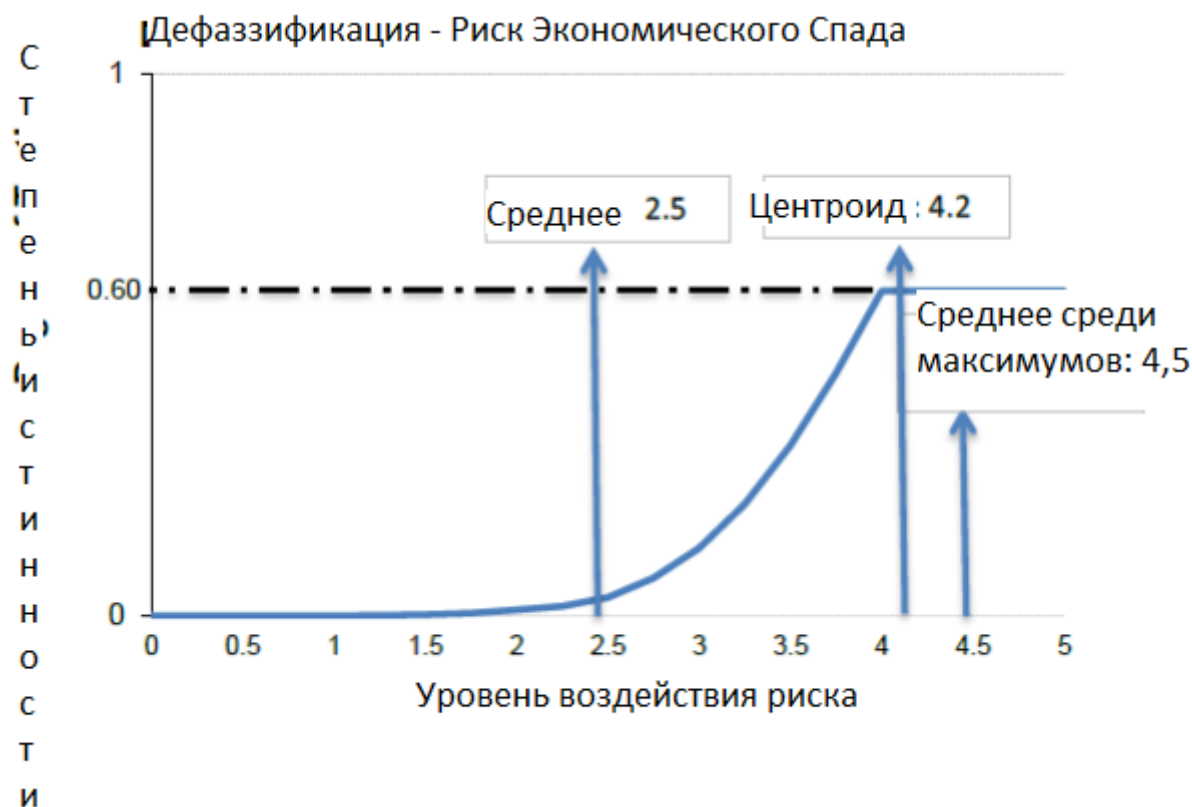


Рис.3.6. Результат дефаззификации

Со всеми компонентами система с нечеткой логикой может быть построена на следующих этапах.

Шаг 1. Независимые переменные выбираются как ключевые детерминанты или индикаторы зависимой переменной.

Шаг 2. Нечеткие множества создаются как для независимых, так и для зависимых переменных. Вместо использования численного значения для описания переменной используются нечеткие множества в терминах человеческого языка. Степень истины, которую каждая переменная принадлежит определенному нечеткому множеству, определяется функцией принадлежности.

Шаг 3. В систему встроены правила вывода. Нечеткий хедж может использоваться для настройки функции членства в соответствии с описанием правил вывода.

Шаг 4. Выходной нечеткий набор зависимой переменной генерируется на основе независимых переменных и правил вывода. После деактивации численное значение может использоваться для представления выходного нечеткого множества.

Шаг 5. Результат затем используется для принятия обоснованных решений.

В этом разделе проиллюстрирована простая система нечеткой логики, используемая для оценки риска неправомерного поведения консультантов. Из-за стимула высокой комиссии по продажам финансовые консультанты могут испытывать соблазн скрывать информацию о рисках продукта, предоставлять вводную в заблуждение информацию или даже рекламировать продукт обманчиво. Три ключевых индикатора риска используются для мониторинга этого важного компонента риска репутации предприятия:

1. Расчетная стоимость за последний год из-за вводной в заблуждение или вводной в заблуждение рекламы
2. Сложность продукта, которая измеряет, насколько сложно клиентам или советникам понять продаваемый продукт
3. Уровень вознаграждения консультантов

Предположим, что три правила вывода были указаны на основе комментариев от

эксперты по тематике.

1. Если (сложность продукта не низкая или уровень компенсации очень высокий) и расчет

стоимость невелика, тогда риск неправильного поведения высок.

2. Если (сложность продукта высока или высокая стоимость расчета), а уровень компенсации равен

высокий, то плохой уровень риска высок.

3. Если (сложность продукта невысока и стоимость расчетов невысока), а уровень компенсации невелик, тогда риск неправильного поведения является средним.

Заключение

Исследование роли макроэкономического планирования в процессе перехода подразумевает экономическую среду, которой управляет дихотомия, т. е. экономика, которая не является саморегулирующейся, и правительство, которое не является компетентным. При таких обстоятельствах при определении цели и методах регулирования макроэкономических механизмов необходимо соблюдать следующие правила:

1) только те экономические переменные, которые могут быть прямо и точно направлены государством и его институтами, могут быть подвергнуты процессу макроэкономического регулирования,

2) применяемые регулирующие механизмы должны подвергаться процессу постоянного технического совершенствования,

3) основные финансовые и денежные инструменты должны использоваться исключительно для структурной адаптации производства и занятости для новых условий экономики,

4) следует учитывать ограничения, налагаемые доступными экономическими теориями, а это означает, что на рынок должно быть оставлено большое количество конкретных переменных, хотя по определению оно не всегда может адекватно выполнять свою роль,

Невозможно использовать всеобъемлющую экономическую модель для описания всех соответствующих экономических явлений в системе, и поэтому необходимо разработать ряд экономических моделей на основе критериев и областей применения:

а) тестирование политики приватизации и создание рыночной инфраструктуры,

б) тестирование последствий и затрат краткосрочной макроэкономической политики в денежной и бюджетной сферах,

в) анализ моделей и способов обновления развития в отношении одиннадцати ключевых секторов экономики: государственного сектора

промышленности, приватизированного промышленного сектора, частного промышленного сектора и ремесел, государственного и псевдостатного сектора сельского хозяйства, частного сельскохозяйственного сектора, приватизированного сектора гражданского строительства, частного сектора гражданского

государственный сектор остальной экономики, приватизированный сектор остальной экономики, частный сектор экономической и социальной деятельности. Теоретические основы должны основываться на достижениях денежной и посткейнсианской школы. В тех случаях, когда невозможно определить параметры и взаимоотношения между экономическими переменными, мы должны опираться на метод «невидимой руки».

Чтобы преодолеть последствия неопределенности, субъективности и неопределенности, характерные для крупных изменений, помимо модернизации системы сбора, обработки и распространения экономической информации, необходимо использовать больше технологий обновления, например, теорию нечетких множеств, а также достижения теории экспертных систем для управления экономическими переменными, в которых входные значения и результаты результатов могут быть представлены в лингвистических формах, что способствует лучшей оценке качества результатов экономического развития.

Литература

1. Дьяконов В. П., Абраменкова И. В., Круглов В. В. MATLAB 5 с пакетами расширений. Под редакцией проф. В. П. Дьяконова. М.: Нолидж, 2001. 880с (имеются главы по нечёткой логике и нейронным сетям)
2. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. — М.: Мир, 1976. — 166 с.
3. Кобринский Б.А. Нечеткая логика в анализе образных представлений в медицинских системах искусственного интеллекта // Междунар. конф. по мягким вычислениям и измерениям: Сб. докл. Т.1. – С.-Пб. – 1998. – С. 233-235.
4. Коллинз Д.Дж., Монтгомери С.А. Конкуренция на основе ресурсов: стратегия в 1990-е гг. [Текст] // Вестник СПбГУ, Сер.8, 2003. Вып. 4.
5. Масалович А.И. Этот нечеткий, нечеткий, нечеткий мир / PC Week/RE N.16, 1995.
6. Новак В., Перфильева И., Мочкрож И. Математические принципы нечёткой логики = Mathematical Principles of Fuzzy Logic. — Физматлит, 2006. — 352 с. — ISBN 0-7923-8595-0.
7. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика.— М.:Наука, 1986.—288 с.
8. Тэрано, Т., Асаи, К., Сугэно, М. Прикладные нечёткие системы. — М.: Мир, 1993. — 368 с.
9. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. М.: Горячая линия — Телеком.- 2007.- 288 с.
10. Caetano, Jose Manuel Martins, and Antonio Caleiro. “Corruption and Foreign Direct Investment: What Kind of Relationship is There?” Economics Working Paper 18, University of Evora, Department of Economics, Portugal, 2005. <http://hdl.handle.net/10174/8434>.
11. Caleiro, Antonio. “A Subjective Versus Objective Economic Measures: A Fuzzy Logic Exercise.” Economics Working Paper 11, University of Evora,

Department of Economics, Portugal, 2003.
http://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/8397/1/wp_2003_11.pdf.

12. Cordon O., Herrera F., A General study on genetic fuzzy systems // Genetic Algorithms in engineering and computer science, 1995. – P. 33-57.

13. Derrig, Richard, and Krzysztof Ostaszewski. “Hedging the Tax Liability of a Property-Liability Insurance Company.” Center for Financial Institutions Working Paper 96-30, Wharton School Center for Financial Institutions, University of Pennsylvania, Philadelphia, May 1996.

14. Fisher F. M. Games economists play: a noncooperative view. The RAND Journal of Economics, 20(1):113–124, 1989.

15. Giovanis, Eleftherios. “Bootstrapping Fuzzy-GARCH Regressions on the Day of the Week Effect in Stock Returns: Applications in MATLAB.” MPRA Working Paper 22326, Munich Personal ©2013 Casualty Actuarial Society, Canadian Institute of Actuaries, Society of Actuaries, All Rights Reserved Page 52 of 59 RePEc Archive, 2009.

16. Gulick, Gerwald van. “Game Theory and Applications in Finance.” PhD thesis, Tilburg University, Netherlands, 2010.

17. Innocent P.R. Fuzzy Methods and Medical Diagnosis / P.R. Innocent, R.I. John, J.M. Garibaldi // The Centre for Computational Intelligence Department of Computer Science De Montfort University, Leicester, UK. - 2004. -C. 4-17.

18. Karatzas I., M. Shubik, and W. D. Sudderth. A strategic market game with secured lending. Journal of Mathematical Economics, 28(2):207–247, 1997.

19. Kaufmann, Arnold, and Gupta, Madan M. Introduction to Fuzzy Arithmetic/ Thomson Computer Press, 1991.

20. Kosko B. Fuzzy systems as universal approximators // IEEE Transactions on Computers, vol. 43, No. 11, November 1994. – P. 1329-1333.

21. Kucherenko Ye. I., Driuk A. D. Stochastic models and methods of suboptimal routing of complex objects, Bionics of Intelligence, 2013, No. 1 (80), pp. 45–53.

22. Lewis M. A. and H. R. Maylor. Game playing and operations management education. *International Journal of Production Economics*, 105(1):134–149, 2007.
23. Liu, C-H. (2009). The Development and Application of a Group Decision Model using Fuzzy Logic: The Case of Consumer Attitudes towards Risk. *International Journal of Management* Vol. 26 No. 2.
24. Machine Intelligence (Tozeur, Tunisia, November 2005), 2005, pp. 566–573. (May 2011), Moscow, 2011, pp. 43–48.
25. Rosenthal E. C. A game-theoretical approach to transfer pricing in a vertically integrated supply chain. *International Journal of Production Economics*, 115(2):492–501, 2008.
26. Sanchez Andres, Jorge, and Antonio Terceno Gomez. “Applications of Fuzzy Regression in Actuarial Analysis.” *The Journal of Risk and Insurance* 70, no. 4 (2003): 665–99.
27. Shubik M. The uses of game theory in management science. *Management Science*, 2(1):40–51, 1955.
28. Timchenko D. N. Synthesis of the logic dynamic system of optimal control of a nonlinear nonholonomic object of type «mobile robot», *Engineering science in Russia and abroad: Proceedings of International scientific conference* (Moscow,
29. Tsoukalas L. H., Uhrig R. E. *Fuzzy and Neural Approaches in Engineering*. New York, John Wiley & Sons. Inc, 1997, 587 p.
30. Wang, H., Wang, S. (2008): A knowledge management approach to data mining process for business intelligence, *Industrial Management & Data Systems*, Vol.108, No. 5, pp. 622-634.
31. Yemelyanov V. V., Kureychik V. M. *Theory and practice of evolutionary modeling*. Moscow, Fizmatlit, 2003, 432 p.
32. Zadeh L. A. Fuzzy logic, neural networks, and soft computing. *Commun. ACM*, 37(3):77–84, 1994.
33. Zemankova-Leech, Maria, and Abraham Kandel. *Fuzzy Relational Data Bases: A Key to Expert Systems* / Cologne: Verlag TUV Rheinland, 1984.

34. Zhdanov A. A., Vinokurov A. N., Emotions Simulation in Methodology of Autonomous Adaptive Control, Proceedings of ISIC'99/ISAS'99, 1999.

35. Zimmermann H.-J. Fuzzy Set Theory and its Applications. 3rd ed. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1996, 315 p.

XÜLASƏ

Qeyri-səlis məntiq üsulları istənilən sosial-iqtisadi sistemlərin və hətta tam məlumatlı statistikanın olmadığı halda və ya informativ amillər arasında yalnız keyfiyyətli göstəricilər olduqda modelləşdirilməni təmin etməyə imkan verir. Bundan əlavə, qeyri-səlis məntiq üzərində qurulan modellər iqtisadiyyatın dəyişən şərtlərinə uyğunlaşmaq qabiliyyəti ilə fərqlənir və bu, xüsusən də inkişaf etməkdə olan gənc bazarlar üçün vacibdir. Buna görə də qeyri-səlis məntiq iqtisadi iqtisadiyyata inamla girə bilən güclü bir alətdir.

ANNOTATION

Methods of fuzzy logic allow to carry out modeling of any socio-economic systems, and even those for which there is no any full-fledged statistics, or in the case when there are only qualitative indicators among the informative factors. In addition, models built on fuzzy logic are characterized by the ability to adapt to the changing conditions of the economy, which is especially important for young markets that are actively developing. Therefore, fuzzy logic is a powerful device that can confidently enter into economic science, having moved widespread morally outdated mathematical approaches.