

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

ЗАБОЕВ МИХАИЛ ВАЛЕРЬЕВИЧ

**МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА ИНВЕСТИЦИОННЫХ
ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ И
ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

Специальность 08.00.13. - Математические и инструментальные методы
экономики

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических
наук**

Санкт-Петербург
2009

Работа выполнена на кафедре информационных систем в экономике экономического факультета Санкт-Петербургского государственного университета

Научный руководитель: кандидат технических наук, профессор
Ботвин Геннадий Алексеевич

Официальные оппоненты: доктор экономических наук, профессор
Дуболазов Виктор Андреевич

кандидат экономических наук, доцент
Михайлов Михаил Витальевич

Ведущая организация: Санкт-Петербургский государственный
инженерно-экономический университет

Защита состоится «_____» _____ 2009г. в «_____» часов на заседании Совета Д.212.232.34 по защите докторских и кандидатских диссертаций при Санкт-Петербургском государственном университете по адресу: 191123, Санкт-Петербург, ул. Чайковского, д.62, экономический факультет, ауд.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке им. А.М. Горького Санкт-Петербургского государственного университета.

Автореферат разослан «_____» _____ 2009 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат экономических наук, доцент

В.И. Капусткин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. В настоящее время мировая финансовая система переживает кризисные явления, кроме того в России еще продолжается процесс становления рыночных отношений, что создает специфические условия для функционирования отечественных предприятий. Компании вынуждены принимать решения, находясь в рамках экономической конъюнктуры, характеризующейся высокой степенью неопределенности внешней среды.

Важной предпосылкой успешного развития любой крупной компании в высококонкурентной среде является ее активная и непременно эффективная инвестиционная деятельность. Процесс формирования оптимальной инвестиционной политики компании содержит этап, заключающийся в предварительном рассмотрении всего множества потенциальных проектов и обоснованном выборе наиболее выгодных из них для дальнейшего изучения и реализации. Таким образом, приходится за короткое время оценивать большой объем инвестиционных проектов, степень проработанности которых, как правило, недостаточна. При этом в условиях высокой неопределенности в распоряжении имеются весьма ограниченные, неполные, неточные сведения. В подобных противоречивых условиях целесообразно проведение лишь экспресс-анализа проекта, в рамках которого из-за недостатка информации затруднено и малоэффективно как применение стандартных подходов оценки экономической эффективности проектов, так и использование имеющихся инструментальных средств анализа, среди которых отсутствуют продукты, адаптированные к особенностям процедуры экспресс-анализа.

В описанной ситуации оправданным представляется использование элементов теории нечетких множеств и искусственных нейронных сетей, благодаря чему многие факторы неопределенности могут быть формализованы и корректно учтены в процессе оценки проекта. Использование на практике подобных сложных и ресурсоемких, но эффективных систем обработки данных и извлечения знаний из располагаемой информации стало возможным благодаря бурному развитию и широкому распространению в последние десятилетия вычислительной техники, а также доступности и большому выбору соответствующих программных продуктов.

Актуальность темы диссертации определяется тем, что отечественные компании нуждаются в эффективных методах оценки инвестиционных проектов в рамках экспресс-анализа, которые могли бы максимально полно использовать всевозможную информацию о проекте и при этом имели бы широкие возможности автоматизации.

Степень разработанности темы исследования. Проблемам стратегического управления предприятиями и обоснования инвестиционных решений посвящены работы зарубежных и отечественных авторов таких, как

Мескон М., Хедоури Ф., Шарп У., Смоляк С.А., Воронцовский А.В., Валдайцев С.В. и других. Специфика инвестиционной деятельности применительно к строительной отрасли в современных условиях России раскрывается в трудах отечественных авторов: Асаула Н.А., Бузырева В.В., Заренкова В.А. и других. Проблемы решения задач многокритериального оценивания, в том числе, в рамках инвестиционного анализа, изложены в работах: Хованова Н.В., Царева В.В. и др.

Основные положения теории нечетких множеств и возможности их практического применения широко исследуются в работах Заде Л.А., Леоненкова А.В., Кофмана А., Недосекина А.О., Хил Алуха Х., Ярушкиной Н.Г., данное направление очень популярно среди японских авторов: Tanaka H., Uejima S., Yun-His O. Chang и др.

Исследования в области построения и использования аппарата искусственных нейронных сетей представлены в работах Круглова В.В., МакКаллока У., Минского М., Пайперта С., Пилиньского М., Розенблатта Ф. и других ученых.

Детальный анализ публикаций показал глубокую степень разработки теоретических основ нечетко-множественных и нейросетевых методов, а также их приложений в технических областях знаний и отраслях производства. Однако отчетливо обнаружился недостаток комплексного использования подобных методов в финансовом, экономическом и инвестиционном анализе. Возможности оценки с помощью теории нечетких множеств и нейронных сетей инвестиционной привлекательности строительных проектов, столь значимых в рамках экономики региона и даже страны, в литературе практически не представлены, что говорит о необходимости проведения исследований в данном направлении и подтверждает актуальность заявленной темы диссертации.

Цель и задачи исследования. Целью диссертационного исследования является разработка комплекса методов и моделей проведения экспресс-анализа инвестиционных проектов в условиях высокой степени неопределенности, присущей стадии инициации проекта, на основе аппарата теории нечетких множеств и искусственных нейронных сетей.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

- выявить и исследовать основные факторы неопределенности и риска, характерные для начальных этапов оценки и реализации инвестиционных проектов;
- систематизировать существующие методы учета неопределенности и риска при принятии инвестиционных решений и проанализировать их эффективность на примере строительной отрасли;
- провести анализ методологических основ теории нечетких множеств и искусственных нейронных сетей и возможности комплексного использования элементов этих теорий для обоснования эффективности инвестиций в условиях недостаточной и неточной информации;
- разработать экономико-математические модели расчета показателей инвестиционных проектов в нечетко-множественной форме;

- разработать методы проведения экспресс-анализа инвестиционного проекта на стадии инициации, опирающиеся на элементы теории нечетких множеств и искусственных нейронных сетей и использующие возможности современных программных продуктов;
- осуществить практическую реализацию полученных моделей и методов в рамках оценки показателей эффективности реального инвестиционного проекта.

Объектом исследования являются предприятия различных организационно-правовых форм, осуществляющие инновационную и инвестиционную деятельность.

Предметом исследования является процесс принятия решения о целесообразности реализации инвестиционного проекта в рамках его предварительного экспресс-анализа.

Методология исследования. Теоретической и методологической основой диссертационного исследования являются монографии, пособия и публикации в периодической печати российских и зарубежных авторов, посвященные таким областям научного знания, как теория нечетких множеств, искусственные нейронные сети, мягкие вычисления, имитационное моделирование, математическое программирование, управление инвестициями, экономика недвижимости, разработка экспертных систем, а также ресурсы сети Интернет и материалы конференций и семинаров.

В рамках проведения исследований в работе использовались следующие научные методы: системный анализ, методы инвестиционного анализа, методы математического программирования, методы теории нечетких множеств и искусственных нейронных сетей, метод экспертных оценок.

Инструментальная поддержка разработанных методов заключается в использовании таких программных средств, как интегрированная программная среда Matlab и ее приложения, язык программирования Matlab, программное обеспечение для моделирования и анализа динамических систем Simulink, пакет статистического анализа EViews от компании QMS (Quantitative Micro Software), аналитическая платформа Deductor отечественных разработчиков.

Информационную базу исследования составили данные по основным показателям развития экономики России, данные, характеризующие динамику развития строительной отрасли России и Санкт-Петербурга.

Научная новизна состоит в том, что в диссертационном исследовании дано оригинальное эффективное решение актуальной научно-практической задачи оценки инвестиционных проектов на стадии их инициации, заключающееся в разработке методов экспресс-анализа, позволяющих учесть весь имеющийся объем неоднородной информации о проекте.

Научная новизна диссертационного исследования определяется следующими результатами, выносимыми на защиту:

- произведена классификация ситуаций риска и неопределенности применительно к хозяйственной деятельности предприятий и дана

характеристика традиционных методов обоснования инвестиций в условиях неопределенности с точки зрения их эффективности при анализе инвестиционных проектов;

- разработаны методы оценки показателей эффективности инвестиционных проектов в нечетко-множественном виде, преимущества которых состоят в возможности в полной мере сохранить исходную разнородную, трудноформализуемую информацию о проекте и представить ее аналитику в интуитивно понятной форме:
 - метод расчета чистой настоящей стоимости (*NPI*) в виде нечетких чисел стандартной и произвольной формы, что позволяет инвестору формировать объективную оценку проекта, в том числе, с точки зрения уровня риска, связанного с его реализацией;
 - методы расчета показателей дисконтированного срока окупаемости (*DPP*) в точной форме и внутренней нормы доходности (*IRR*) в точной форме и в форме треугольного нечеткого числа в ситуации, когда компоненты чистого денежного потока представлены нечеткими числами произвольной формы;
- разработан метод применения аппарата искусственных нейронных сетей для построения графика распределения затрат на реализацию инвестиционного проекта во времени, в рамках которого проект рассматривается не изолированно, а с учетом специфики деятельности конкретной организации;
- построена модель экспертной системы, предназначенной для определения себестоимости инвестиционного проекта на основе ограниченного объема доступной информации о параметрах проекта, которая содержит компоненты «мягких вычислений», в частности, механизм нечеткого вывода, в котором параметры оптимальным образом настраиваются с помощью искусственной нейронной сети;
- предложен пример проведения экспресс-анализа инвестиционно-строительного проекта в условиях неопределенности на основе теории нечетких множеств и искусственных нейронных сетей, на базе информационного материала строительного холдинга и динамики развития строительной отрасли России и Санкт-Петербурга.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в следующих основных результатах:

- в диссертационном исследовании разработаны методы расчета показателей эффективности инвестиционных проектов в нечеткой форме, что дает возможность эффективно решить научно-экономическую задачу обоснования компаниями инвестиционных проектов в рамках экспресс-анализа;
- результаты обобщения и развития теоретических основ нечетко-множественного анализа, теории искусственных нейронных сетей, а также гибридных систем и нечеткого регрессионного анализа, содержащиеся в работе, могут быть использованы для дальнейших

научных исследований, а также в решении широкого круга практических задач в различных областях деятельности;

- практическая значимость диссертации состоит в универсальности разработанных моделей и методов и доступности используемых инструментальных средств, что позволяет предприятию любой организационно-правовой формы, осуществляющему инновационную и инвестиционную деятельность, применять основные результаты диссертационного исследования в процессе экспресс-анализа инвестиционных проектов;
- аналитический материал и научные результаты, изложенные в диссертации, могут быть включены в учебные программы ВУЗов в рамках дисциплин, посвященных вопросам искусственного интеллекта, инвестиционного анализа, экономики недвижимости.

Научная апробация и внедрение результатов исследования.

Основные положения и результаты, полученные в диссертационном исследовании, обсуждались и изложены в материалах:

- Ежегодной научно-практической конференции «Актуальные проблемы менеджмента в России на современном этапе: пути достижения высокой конкурентоспособности», Санкт-Петербург, СПбГУ, Экономический факультет, 16 декабря 2005 года;
- Политехнического Симпозиума: «Молодые ученые – промышленности Северо-Западного региона», Санкт-Петербург, СПбГПУ, 8 декабря 2006 года;
- Международной научной конференции: «Экономическое развитие: теория и практика», Санкт-Петербург, СПбГУ, Экономический факультет 5-7 апреля 2007 года;
- 8-го Всероссийского симпозиума по прикладной и промышленной математике, Сочи-Адлер, 29 сентября – 7 октября 2007 года;
- 13-ой международной конференции «Предпринимательство и реформы в России», Санкт-Петербург, СПбГУ, Экономический факультет, 25-26 октября 2007 года;
- Всероссийского форума студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и инновации в технических университетах», Санкт-Петербург, СПбГПУ, 10-12 октября 2007 года;
- Политехнического Симпозиума: «Молодые ученые – промышленности Северо-Западного региона», Санкт-Петербург, СПбГПУ, 6 декабря 2007 года.

Основные результаты исследования были внедрены в практическую деятельность ЗАО Управляющая компания – Строительный холдинг «Эталон-ЛенСпецСМУ» в процессе проведения экспресс-анализа потенциальных инвестиционно-строительных проектов. Отдельные материалы диссертации были использованы при проведении лекционных и семинарских занятий на экономическом факультете СПбГУ в рамках дисциплин: «Информатика» и «Информационные технологии в экономике».

Публикации. Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в трех научных статьях и тезисах материалов конференций общим объемом 1,5 п.л.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и 9 приложений. Диссертация изложена на 181 странице, включает 15 таблиц, 30 рисунков, 1 диаграмму.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обосновывается актуальность диссертации, определяются цель и основные задачи работы, аргументируется научная новизна исследования, излагается его теоретическая значимость и прикладное значение.

В **первой главе** («Проведение экспресс-анализа инвестиционных проектов: особенности, важность, методы») описываются особенности реализации инвестиционных проектов в рамках сложившейся на сегодняшний день в России экономической конъюнктуры. В контексте этих особенностей (высокая степень неопределенности, связанная с последствиями кризиса в экономике страны 90-х годов, острая конкуренция за укрепление позиций на рынках, находящихся в процессе формирования) рассматривается эффективность, и выявляются слабые места традиционных методов обоснования инвестиций в условиях неопределенности и риска.

Далее производится анализ состояния и тенденций развития строительной отрасли России (см. таблицу 1 и диаграмму 1), которая является показательной, занимая ведущее место в экономике страны, так как она обслуживается более чем 70 другими отраслями экономики, при этом строительной деятельностью в нашей стране по данным за 2007 год заняты более 5 млн. человек.

Таблица 1. Динамика объема работ, выполненных по виду экономической деятельности «строительство»

Годы		1992	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
В процентах (в сопоставим ых ценах)	к предыдуще му году	64	93,8	113,5	110,4	102,9	112,8	110,1	113,2	118,1	118,2
	к 1990	63	41,3	36,1	39,9	41	46,3	51	57,7	68,1	80,5

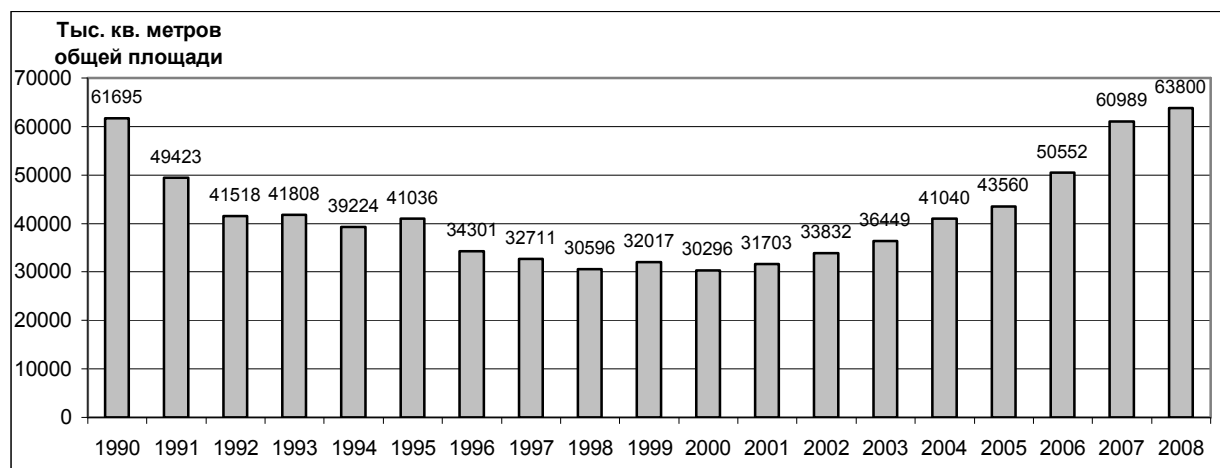


Диаграмма 1. Ввод в действие жилых домов в России

Исследование строительной отрасли в России позволяет выявить присущие ей специфические черты, основными из которых являются

высокая капиталоемкость и материалоемкость процесса производства, необходимость больших капиталовложений на самых ранних стадиях строительства, длительный производственный цикл, что предполагает необходимость предъявления повышенных требований к качеству оценки эффективности инвестиционно-строительных проектов. В рамках конкурентной борьбы на строительном рынке наиболее распространенным способом адаптации стало формирование крупных вертикально-интегрированных холдингов, принявших на себя функции девелоперов – организаций, иницирующих и обеспечивающих реализацию наилучшего из возможных вариантов развития недвижимости, включая организацию финансирования проекта.

В работе подробно исследуется объект экономического анализа в рамках осуществления инвестиционной деятельности – инвестиционный проект. С точки зрения доступных средств и методов проведения экономической оценки полный цикл реализации инвестиционного проекта не является однородным, так как на разных его стадиях в распоряжении исследователя имеется различный объем и качество информации, цели анализа также зависят от этапа реализации проекта. Наиболее существенными являются следующие стадии реализации инвестиционного проекта:

- инициация проекта;
- разработка и планирование;
- внедрение проекта;
- распоряжение результатами проекта.

Наибольшие отличия в методах и инструментарии экономического анализа инвестиционного проекта имеют место в отношении первого этапа реализации проекта, что определяется специфическими особенностями стадии инициации. Отличия объясняются тем, что на этапе инициации можно рассчитывать лишь на очень небольшой объем информации о проекте, которая к тому же зачастую оказывается неточной, трудноформализуемой, так как представляет собой лишь предварительные оценки, мнения и предположения экспертов. В отличие от более поздних этапов на стадии инициации, в условиях дефицита времени и информации составление подробных календарных графиков производства работ, полноценное бизнес-планирование представляется сложной и часто невыполнимой задачей даже с использованием современных компьютерных технологий. В данном случае необходим и технически выполним лишь *экспресс-анализ* инвестиционного проекта, целью которого является предварительная оценка проекта, по результатам которой можно было бы принять важное решение о продолжении участия в проекте или выходе из него. С точки зрения методологии на стадии инициации практически не применимы классические методы обоснования инвестиционных проектов, которые могут быть с некоторыми разумными допущениями использованы на последующих стадиях. Кроме того, среди предлагаемых различными разработчиками информационных средств отсутствуют продукты, адаптированные к целям и условиям проведения экспресс-анализа на стадии инициации.

Представленный в работе способ преодоления указанных противоречий заключается в максимальном использовании опыта деятельности самого предприятия, знаний сотрудников компании и внешних экспертов. В качестве методов обработки статистической информации эффективно применение теории искусственных нейронных сетей, а проблемы, связанные с обработкой неточных, нечисловых данных, получаемых в результате опроса экспертов, предлагается решать, опираясь на элементы теории нечетких множеств.

Рассмотрим более подробно классические методы учета неопределенности и обоснуем нецелесообразность их применения на стадии экспресс-анализа.

Использование ставки расчетного процента с учетом премии за риск. Такие виды риска, как повышение налогов или тарифов, риск появления дополнительных расходов учитывать посредством введения премии за риск противоестественно, так как это может приводить к противоречивым результатам. Кроме того, если чистый денежный поток проекта содержит отрицательную компоненту не только в начальный период времени, но и в некоторые последующие (это вполне естественно, особенно для инвестиционно-строительной деятельности с длительным производственным циклом), то в этой ситуации увеличение премии за риск в связи с представлением о большей рискованности проекта приводит к занижению, в том числе и отрицательных компонент. Выходом в данном случае может быть использование переменной надбавки за риск, что приводит к усложнению метода. Таким образом, возникают различные варианты построения последовательности ставок дисконтирования, что усложняет сравнение нескольких альтернативных проектов.

Метод гарантированных эквивалентов. При использовании данного метода все компоненты денежного потока проекта (отрицательные и положительные) корректируются в соответствии с субъективным мнением ответственного лица или экспертной группы, что является существенным недостатком.

Анализ сценариев будущего развития. Проведение на этом этапе достаточно глубокого качественного анализа позволяет собрать большой объем полезной информации о проекте, однако в случае дефицита данных о проекте и ограниченности времени на исследования, что характерно для стадии инициации, высокий уровень субъективизма может привести к ошибочным оценкам. Также субъективным и весьма спорным представляется и определение вероятностей реализации каждого из потенциальных сценариев.

Метод сводных рандомизированных показателей. Этот метод является развитием классического метода сводных показателей, целью которого является решение задачи многокритериального оценивания. Применительно к анализу инвестиционных проектов данная задача представляется очень актуальной, так как приходится сравнивать проекты, характеризующиеся целым набором показателей уже на стадии экспресс-

анализа, в рамках которого изучаются, в первую очередь, финансовые показатели. На последующих стадиях появляются дополнительные характеристики, связанные с технологией, особенностями проекта, рыночной привлекательностью и т.д., которые требуют еще более глубокого исследования. Данный метод, используя аппарат теории вероятностей, позволяет компенсировать дефицит информации и оперировать нечисловыми данными, более свойственными человеческому мышлению. Тем не менее, с точки зрения инвестиционного анализа не всегда представляется обоснованным утверждение о том, что неопределенность, связанная с информацией о некотором показателе проекта, является случайной величиной. На наш взгляд, о вероятностях можно говорить в случае, если явления носят повторяющийся, массовый характер, обладают статистической устойчивостью, в то время как в реальных условиях сами инвестиционные проекты, а также условия их реализации сугубо индивидуальны. В такой ситуации более уместными могут оказаться **интервальные методы**, в основе которых лежит представление о неопределенности, носящей не вероятностный, а интервальный характер.

Дальнейшим развитием интервального подхода являются **нечетко-множественные методы** анализа инвестиционных проектов в условиях неопределенности. Преимущества данной методологии заключаются в возможности обработки разнородной, неточной, представленной в качественной форме информации, связанной с исследуемыми объектами. При использовании данного подхода нет необходимости, чтобы эти объекты имели характеристики, носящие вероятностный характер. Учет неопределенности с помощью теории нечетких множеств возможно и желательно проводить на всех этапах оценки эффективности проекта: от сбора первичной информации, до вычисления интегрального критерия эффективности. Особенностью нечетко-множественных методов является также то, что при совместном использовании с теорией искусственных нейронных сетей, можно в значительной степени избавиться от общего недостатка всех методов, связанных с получением экспертных мнений (субъективизмом) за счет использования информации, получаемой в результате обработки статистических данных.

Во **второй главе** («Использование элементов гибридных систем в инвестиционном анализе») приводятся и разрабатываются положения, модели и методы, относящиеся к теории нечетких множеств, системам искусственных нейронных сетей, гибридным структурам, нечеткому регрессионному анализу.

Принципы построения теории нечетких множеств позволяют определить операции над нечеткими множествами, формализовать понятия нечеткой функции и нечетких отношений, построить примеры, демонстрирующие хорошие описательные возможности нечетко-множественных структур по отношению к явлениям и процессам, характерным для экономической деятельности.

Важной областью, в которой продуктивно применяются элементы теории нечетких множеств и нечеткой логики, является построение систем нечеткого управления, базовыми компонентами которых являются: блоки фазификации и дефазификации, база правил, механизм (алгоритм) нечеткого вывода (см. схему на рисунке 1).

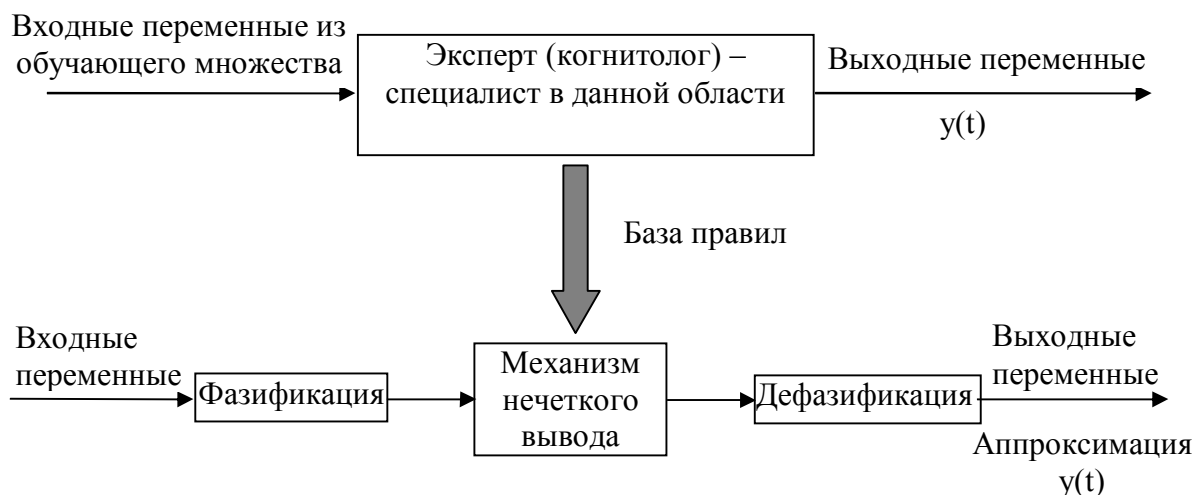


Рисунок 1. Схема системы нечеткого управления

Общее предназначение систем нечеткого управления – имитировать мыслительный процесс человека, осуществляющего умозаключения с целью принятия некоторого решения на основе располагаемой об объекте управления информации. Стремление подражать интеллекту человека требует возможности оперировать категориями, соответствующими образу человеческого мышления. Поэтому важную роль в построении систем нечеткого управления играет понятие лингвистических переменных, которые используются при формировании базы нечетких правил.

Центральным компонентом системы нечеткого управления является механизм нечеткого вывода, представленный различными алгоритмами, имеющими специфические преимущества и недостатки.

Алгоритм нечеткого *вывода по Мамдани* наиболее интуитивно понятен и позволяет строить адекватные модели, наилучшим образом отражающие суть решаемой задачи.

Алгоритм Сугено не позволяет представлять выходные переменные в лингвистической форме. Его преимущество заключается в меньшей трудоемкости проведения расчетов, что позволяет моделировать очень сложные системы, адекватное описание которых с помощью схемы Мамдани практически невозможно из-за крайне большого числа формирующихся взаимосвязей между нечеткими параметрами. Также алгоритм Сугено может быть легко адаптирован к использованию в качестве основы гибридной структуры – нейро-нечеткой сети.

Использование сведений в нечеткой форме позволяет сохранить для исследователя большой объем полезной информации, однако требует умения обрабатывать структуры, представленные в нечетко-множественной форме.

Поэтому автором разработаны методы расчета основных показателей эффективности инвестиционного проекта при условии, что денежные потоки, соответствующие проекту, представлены в нечеткой форме.

Если объемы поступлений и затрат по проекту представлены в виде нечетких чисел ($\overline{\overline{In_t}}$ и $\overline{\overline{Out_t}}$ соответственно), тогда значение чистой настоящей стоимости рассчитывается по формуле (1):

$$\overline{\overline{NPV}} = \sum_{t=1}^n \frac{\overline{\overline{In_t}} - \overline{\overline{Out_t}}}{(1+r)^t}. \quad (1)$$

В случае, когда компоненты денежных потоков имеют функции принадлежности стандартной формы (треугольной, трапециевидной), то значение $\overline{\overline{NPV}}$ в данном случае также будет иметь вид нечеткого числа соответствующей стандартной формы, так как операции вычитания и сложения нечетких чисел и деления на точное число не изменяют первоначальной формы нечеткого числа. Если же функции принадлежности денежных потоков имеют произвольную форму или ставка дисконтирования рассматривается как нечеткое число, то автором предлагается проводить все необходимые вычисления в среде Matlab с помощью приложения, предназначенного для обработки данных в виде нечетких множеств - Fuzzy Logic Toolbox. Приложение оперирует функциями принадлежности, представленными в дискретной форме, что, однако, оказывает незначительное влияние на точность вычислений, при тех вычислительных возможностях, которыми обладают современные средства обработки данных.

Определение внутренней нормы доходности в классической постановке заключается в решении относительно неизвестной переменной IRR уравнения (2).

$$\sum_{t=1}^n \frac{In_t - Out_t}{(1+IRR)^t} = 0 \quad (2)$$

Однако при наличии в левой части уравнения (2) компонентов в нечеткой форме, поиск значения IRR в форме точного числа, имеющего строгое математическое обоснование, становится сложной и неоднозначной задачей. При данных предпосылках левая часть (2) имеет вид нечеткого числа, а правая является точным числом *нуль*, следовательно, для того, чтобы иметь возможность корректно производить математические операции в процессе вычисления IRR , необходимо преобразовать уравнение (2) так, чтобы его правая и левая части были согласованы. Автором предлагается два варианта преобразования:

- Первый вариант состоит в изменении формы правой части, которую предлагается интерпретировать, как нечеткое число *нечеткий нуль*, для которого справедливо: $\mu_A(0) = \sup_x (\mu_A(x))$, где $x \in X$, $\mu_A(0)$ - функция принадлежности числа *нечеткий нуль*. Данный подход применим в тех частных случаях, когда используются нечеткие числа треугольной

формы. Если же нечеткие числа, участвующие в расчетах имеют сложную форму, или подобный метод представляется исследователю неочевидным с точки зрения интуитивного восприятия, то предлагается использовать для расчета показателя второй способ, приводимый ниже.

- Второй вариант предполагает обратное преобразование (2) – приведение к точному виду левой части уравнения, что достигается с помощью одного из методов дефазификации. В данном случае искомое значение IRR является решением уравнения (3).

$$defuzz(\sum_{t=1}^n \frac{\overline{In_t} - \overline{Out_t}}{(1 + \overline{IRR})^t}) = 0, \quad (3)$$

где $defuzz(\bullet)$ - одна из функций, позволяющих сопоставить точное значение аргументу, представленному нечетким числом. Если денежные потоки выражены нечеткими числами стандартной формы, то уравнение (3) может быть решено в явном виде. В случае, когда денежные потоки имеют произвольную нечеткую форму, тогда определение IRR осуществляется методом целенаправленного перебора значений искомого показателя до тех пор, пока не будет достигнуто равенство в выражении (3) с некоторой заданной точностью. Вычисление показателя может быть эффективно выполнено с помощью программной среды и языка программирования Matlab.

Задача нахождения значения IRR в нечеткой форме значительно отличается от поиска точного решения. Монотонность левой части уравнения (2), имеющая место при определенных предпосылках относительно точного параметра, не выполняется, когда в качестве $\overline{IRR}$ выступает нечеткое число.

$$defuzz(\sum_{t=1}^n \frac{\overline{In_t} - \overline{Out_t}}{(1 + \overline{IRR})^t}) = 0 \quad (4)$$

Таким образом, уравнение (4) может иметь более одного решения относительно $\overline{IRR}$, и для окончательного выбора аналитику необходим дополнительный критерий. В качестве критерия автором предлагается использовать значение функции, состоящей из двух компонент, характеризующих нечеткое значение $\overline{IRR}$, величина которых с точки зрения аналитика должна быть минимальна.

- Первая компонента представляет собой дефазифицированное значение $\overline{IRR}$: $defuzz(\overline{IRR})$, которое требуется минимизировать, что соответствует классическому случаю определения точного IRR , когда существует более одного решения уравнения (2) (например, для знакопеременных потоков), из которых выбирается минимальное значение IRR .
- Вторая часть функции представлена компонентой, формализующей такой показатель, как степень нечеткости (размытости) нечеткого

множества. Согласно одному из подходов к вычислению степени нечеткости *показатель размытости* нечетких множеств можно определить как меру отличия нечеткого множества от ближайшего к нему обычного множества.

Обычное (четкое) множество $\underline{A}$ называется ближайшим к нечеткому множеству A , определенному на базовом множестве E , если характеристическая функция такого множества определяется выражением:

$$\mu_{\underline{A}}(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } \mu_A(x) < 0,5 \\ 1, & \text{если } \mu_A(x) > 0,5 \\ 0 \text{ или } 1, & \text{если } \mu_A(x) = 0,5 \end{cases}. \quad (5)$$

Исходя из определения, показатель (индекс) нечеткости может быть формализован в виде функционала $fuzziness(A)$, описываемого выражением (6), где используется расстояние Хэмминга.

$$fuzziness(A) = \int_E |\mu_A(x) - \mu_{\underline{A}}(x)| dx \quad (6)$$

С точки зрения исследователя представляется целесообразным, чтобы степень нечеткости искомой нормы внутренней доходности ($fuzziness(\overline{IRR})$) была минимальной, так как это увеличивает описательную значимость самого показателя $\overline{IRR}$. Следовательно, вторую компоненту функции, требующую минимизации, можно представить следующим выражением:

$$fuzziness(\overline{IRR}) = \int_R |\mu_{\overline{IRR}}(x) - \mu_{\underline{IRR}}(x)| dx. \quad (7)$$

Конечный вид функции, которую необходимо минимизировать, представлен выражением (8):

$$fuzziness(\overline{IRR}) + defuzz(\overline{IRR}) \rightarrow \min \quad (8)$$

Совокупность (4) и (8) представляет собой экстремальную задачу математического программирования, которая в случае, когда денежные потоки и искомое значение $\overline{IRR}$ выражены нечеткими числами стандартной формы, решается с помощью итеративных методов математического программирования. Если денежные потоки имеют произвольную нечеткую форму, и при этом требуется найти $\overline{IRR}$, имеющую асимметричную треугольную функцию принадлежности, тогда расчет внутренней нормы доходности возможно произвести с помощью средств Matlab. В таком случае используется переход от непрерывной модели (4), (8) к дискретной с достаточной степенью точности, в рамках которой выражение для степени нечеткости (7) заменено на (9).

$$fuzziness(\overline{IRR}) = \sum_{E'} |\mu_{\overline{IRR}}(x) - \mu_{\underline{IRR}}(x)| \rightarrow \min, \quad (9)$$

где E' - базовое множество, представленное в дискретной форме, $x \in E'$.

Соответствующий алгоритм расчета $\overline{IRR}$ разработан автором и формализован в виде программного кода на языке Matlab.

При расчете третьего наиболее распространенного показателя эффективности – дисконтированного срока окупаемости (DPP) приходится сталкиваться с проблемой сравнения нечетких величин. Предлагается два метода вычисления срока окупаемости.

- Согласно первому методу значение DPP в точной форме для чистого денежного потока можно определить, опираясь на метод сравнения нечетких чисел, использующий дефазифицированное значение функции принадлежности. Дисконтированный период окупаемости (DPP) определяется, как решение уравнения (10).

$$defuzz(\sum_{t=1}^{DPP} \frac{\overline{In}_t - \overline{Out}_t}{(1+r)^t}) = 0 \quad (10)$$

- Второй метод строится на принципах упорядочения нечетких чисел на базе нечетких отношений, приведенных в параграфе 2.1 диссертации. Значение DPP необходимо определить из уравнения (11):

$$(\sum_{t=1}^{DPP} \frac{\overline{In}_t - \overline{Out}_t}{(1+r)^t}) = 0 \quad (11)$$

Один из способов нахождения DPP заключается в сравнении максимальных значений функций принадлежности, соответствующих различным вариантам взаимного соотношения нечеткого числа из левой части (11) (при различных DPP) и нуля.

В диссертации также предпринят анализ принципов построения искусственных нейронных сетей – мощных вычислительных систем, которые преобразуют информацию по образу процессов, происходящих в мозгу человека. Благодаря многослойным структурам, включающим в себя взаимосвязанные нейроны, моделируемые различными математическими конструкциями, нейронные сети в полной мере реализуют концепцию параллельных вычислений, что позволяет решать сложные неструктурированные задачи. Применение нейросетевых методов позволяет решать широкий круг задач, включающих задачи экономического анализа и прогнозирования.

Существует ряд методов обучения искусственных нейронных сетей, обеспечивающих лучшие, чем классический метод обратного распространения ошибки, показатели обучаемости сети, которые требуют меньшее время для сходимости и меньший объем обучающей выборки. На основе модифицированных методов обучения и их характеристик, приведенных в таблице 2, автором выделены наиболее эффективные методы, которые могут быть использованы при решении задачи построения потока затрат по инвестиционному проекту в рамках экспресс-анализа, а также проведен вычислительный эксперимент процесса обучения нейронной сети.

Таблица 2. Модифицированные методы обучения нейронных сетей

Модифицированный метод обучения нейронных сетей	Характеристика метода обучения
метод, учитывающий значение градиента предыдущей итерации	- способствует избежанию локальных минимумов - сходимость алгоритма достаточно медленная.
метод с переменной скоростью обучения	- в дополнение к предыдущему методу предполагает переменную скорость обучения; - обеспечивает лучшую сходимость и другие характеристики.
эластичный метод обратного распространения	- в процессе корректировки весов учитывается лишь знак градиента; - не требует больших объемов вычислений; - эффективен для задач распознавания образов.
метод сопряженных градиентов	- обладает быстрой сходимостью; - эффективен для обучения сетей с большим количеством весов.
квазиньютоновский метод	- требует больших объемов вычислений и времени на реализацию; - обладает быстрой сходимостью; - эффективен для обучения сетей с небольшим количеством весов.
метод, на основе алгоритма Левенберга-Марквардта	- самый быстрый алгоритм для сетей среднего размера (не более нескольких сотен весов).
метод, на основе байесовой регуляризации	- в функции ошибки присутствует компонента, зависящая от значений весов сети; - используются статистические методы; - эффективен, когда объем обучающего множества мал; - позволяет избежать переобучения сети; - в процессе реализации алгоритма из первоначального полного набора весов выделяется эффективное количество.

Теория искусственных нейронных сетей наряду с нечеткими множествами и генетическими алгоритмами является компонентом мягких вычислений (см. рисунок 2), которые в отличие от классических вычислительных методов не ставят своей целью нахождение максимально точных решений тех задач, строгая формализация которых затруднена, а количественная оценка всех параметров невозможна. Благодаря применению мягких вычислений можно избежать потери важной информации, содержащейся в неточных, качественных данных, сделать процесс решения

задачи максимально близким к человеческому мышлению, а выводы — интуитивно понятными.

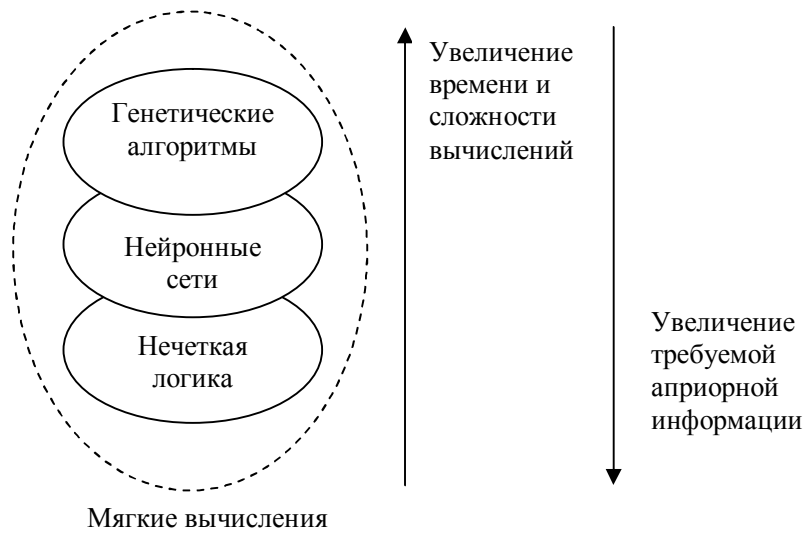


Рисунок 2. Компоненты мягких вычислений

Дальнейшим развитием методов мягких вычислений являются модели нейро-нечетких сетей, использование которых позволяет уменьшить роль эксперта в создании системы, так как часть параметров механизма нечеткого вывода определяется автоматически в процессе обучения. В то же время становится логичной структура нейронной сети, так как каждый слой нейронов выполняет свою, заранее определенную роль, а сложившиеся в результате обучения параметры элементов сети обретают понятный исследователю смысл.

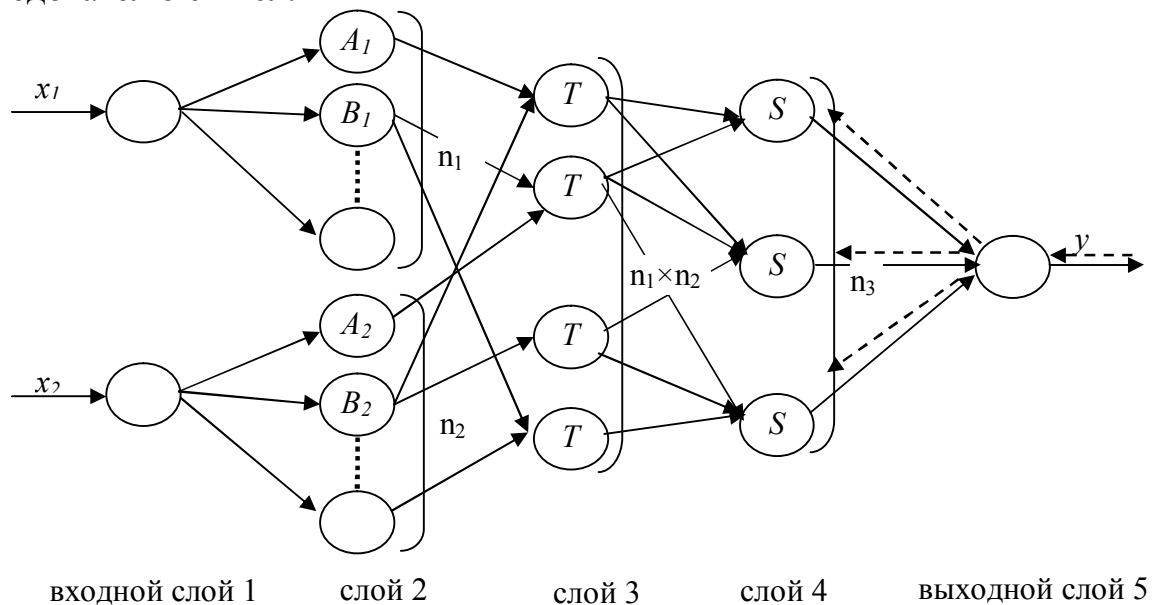


Рисунок 3. Структура нейро-нечеткой сети

Предлагаемая структура нейро-нечеткой сети приведена на рисунке 3, где нейроны *первого слоя* просто передают входной сигнал, выполняя транзитную функцию. *Второй слой* нейронов осуществляет фазификацию,

моделируя функции принадлежности. Таким образом, он состоит из количества нейронов, равного общему числу нечетких множеств, описывающих возможные значения входных переменных (на рисунке 3 – сумма n_1 и n_2). *Третий слой* отвечает за определение степени истинности правил, следовательно, он состоит из $n_1 \times n_2$ нейронов, каждый из которых получает по два входных сигнала от нейронов второго слоя и реализует логическую связку “И” с помощью одной из функций, относящихся к классу t -норм (чаще всего используется $\min(\bullet)$). Назначение *третьего слоя* нейро-нечеткой сети соответствует второму этапу алгоритма нечеткого вывода, описанному в параграфе 2.1. Аналогичным образом *четвертый слой* нейронов отвечает третьему этапу нечеткого вывода, в свою очередь, играя роль нечеткой операции “ИЛИ”. Нейрон *выходного слоя* вместе с вектором весов, связывающих его с выходными сигналами предыдущего слоя, выполняет дефазификацию, определяя точное значение выходной переменной.

Применительно к задаче обучения нейро-нечеткой сети разработан модифицированный алгоритм, адаптированный для процесса проведения экспертной оценки параметров инвестиционного проекта. Алгоритм основан на исследованиях японских ученых Лин (С. Т. Lin) Ли (С. S. G. Lee), его структура позволяет выделить три этапа.

Первый этап состоит в предварительной оценке параметров функций принадлежности переменных (x_1 , x_2 и y на рисунке 3). Предполагается, что функции принадлежности имеют форму функции Гаусса. В рамках этого этапа происходит кластеризация имеющихся массивов данных, при этом деление на входные и выходные данные не производится, так как для достижения цели используется адаптированный алгоритм Кохонена, и, следовательно, происходит обучение без учителя, не требующее заданных эталонных выходных сигналов. Для того чтобы была возможна кластеризация переменных, отнесенных к выходным согласно общей постановке задачи, на первом этапе выходной слой сети и соответствующие ему связи функционируют в обратном направлении, выполняя ту же роль, что и нейроны входного слоя (пунктирные стрелки на рисунке 3).

Второй этап основан на использовании алгоритма обучения без учителя и позволяет выбрать из первоначально полного множества правил лишь те, которые обладают максимальным влиянием на значения выходных переменных.

Назначение последнего этапа заключается в точной настройке параметров функций принадлежности, и это является, на наш взгляд, самой востребованной задачей нейро-нечеткого моделирования. Данный этап можно использовать самостоятельно, исключая два предыдущих этапа. При этом обучение нейронной сети происходит с помощью алгоритма обратного распространения ошибки или его модификаций.

В продолжении второй главы выявляются сильные и слабые стороны нечеткого регрессионного анализа по сравнению с классическим, и приводятся различные подходы к построению нечетких регрессионных

моделей, позволяющие преодолеть имеющиеся недостатки и учесть специфику исследуемых с их помощью объектов.

Базовая модель нечеткой регрессии, предложенная Х. Танака. имеет следующий вид:

$$Y = A_0 + A_1x_1 + \dots + A_nx_n, \quad (12)$$

где $Y = (y_1, \dots, y_m)^T$, $A_j, j = 0, \dots, n$ - нечеткие множества, $x_j = (x_{1j}, \dots, x_{mj})^T$, $j = 0, \dots, n$ - регрессоры, представленные в четкой форме.

В формуле (12) отсутствует случайная ошибка, так как нечеткий регрессионный анализ вместо включения в модель случайных компонент и использования методов теории вероятности опирается на понятие нечеткости.

Базовая модель нечеткой регрессии (12) в интересах наших исследований модифицирована за счет использования следующих дополнений и преобразований, которые приведены ниже.

- Использование метода наименьших квадратов для определения центров нечетких коэффициентов в формуле (12), что придает большую устойчивость результатам, получаемым на основе модели.
- Обобщение модели для случая, когда располагаемые значения зависимой переменной представлены нечеткими числами, в результате чего расширяется область применения модели, и появляется возможность более полного учета экспертных мнений.
- Построение инвертированной модели, которая в отличие от исходной использует обратные критерии поиска коэффициентов в формуле (12). Согласно данному подходу определяется не максимально узкий диапазон, в который необходимо должны попадать все наблюдаемые значения, а интервал максимально широкий, но теперь уже обязательно не содержащий ни одного наблюдаемого значения. Данное преобразование позволяет снизить чувствительность модели к отдельным выбросам в ряду данных, однако зачастую приводит к принципиальной невозможности нахождения параметров модели. Указанный недостаток может быть эффективно преодолен на основе нечеткой кусочно-регрессионной модели.
- Моделирование на основе кусочно-регрессионного представления исследуемой функции, которое может позволить адекватно учесть выбросы и колебания исходных данных за счет формирования границ прогнозного диапазона с помощью ломаных.
- Использование для представления искомых коэффициентов и значений зависимой переменной различных функций принадлежности: трапециевидной, асимметричной треугольной формы и других.

Третья глава («Практическое применение и программная реализация методов и моделей экспресс-анализа на основе элементов ТНМ и ИНС для оценки инвестиционно-строительных проектов») содержит постановку практической задачи экспресс-анализа инвестиционно-строительного проекта, которая поэтапно решается на всем ее протяжении. В качестве

примера рассматривается наиболее распространенный для крупных строительных компаний проект – строительство многоквартирного жилого дома. Выбор в пользу гражданского строительства обоснован актуальностью и перспективностью данной деятельности в современной России. Большой интерес к этому виду строительства обусловлен дефицитом жилья в нашей стране, особым вниманием к недвижимости со стороны частных лиц и компаний как к объекту долгосрочных капиталовложений, наличием государственных программ, предусматривающих увеличение объемов строительства жилых домов, поддержку строительного бизнеса.

В рамках первого этапа на основе нечеткого регрессионного анализа решается задача построения потока поступлений рассматриваемого инвестиционно-строительного проекта, важнейшей стадией в решении которой является прогнозирование цен на недвижимость в рамках горизонта планирования. Для построения прогноза предлагается использовать метод по критерию минимальной нечеткости, использующий метод наименьших квадратов с асимметричными треугольными функциями принадлежности, представленный в параграфе 2.6 диссертации. Построение прогноза цен формулируется в виде последовательности действий, приводимой ниже.

- Проведение предварительной обработки исходных статистических данных для построения авторегрессии, в рамках которой сглаживаются резкие выплески и заполняются пропуски, что реализуется с помощью аналитической платформы Deductor.
- Построение классической авторегрессионной модели, для того, чтобы определить структуру модели и оценить с помощью метода наименьших квадратов значения центров коэффициентов, степень нечеткости которых будет установлена следующим шагом. В качестве средства инструментальной поддержки статистического анализа используется широко известный пакет EViews.
- Формирование нечеткой регрессионной модели, включающее в себя нахождение левой и правой границ нечетких коэффициентов в формуле (13), что соответствует решению задачи линейного программирования (14)-(17):

$$y_i^f = A_0 + A_1 x_{i1} + A_2 x_{i2}, \quad i = 3, \dots, 135, \quad (13)$$

где $i = 3, \dots, 135$ - объем располагаемых данных о среднемесячных ценах на недвижимость;

$y_i^f = (y_i^l, y_i^c, y_i^u)$ - нечеткие числа асимметричной треугольной формы с центром в y_i^c и границами - y_i^l (нижняя) и y_i^u (верхняя);
 $A_j = (a_j^l, a_j^c, a_j^u), j = 0, 1, 2$ - нечеткие коэффициенты, имеющие асимметричную треугольную функцию принадлежности;

y_{i-1} и y_{i-2} - лаги зависимой переменной представлены в четкой форме и для удобства переобозначены в формуле (13), как x_{i1} , и x_{i2} соответственно.

$$\min z = \sum_{i=3}^{135} (a_0^u - a_0^l) + \sum_{j=1,2} ((a_j^u - a_j^l) \sum_{i=3}^{135} |x_{ij}|), \quad (14)$$

$$h(a_0^c + \sum_{j=1,2} a_j^c x_{ij}) + (1-h)(a_0^l + \sum_{\substack{j=1,2 \\ x_{ij} \geq 0}} a_j^l x_{ij} + \sum_{\substack{j=1,2 \\ x_{ij} < 0}} a_j^u x_{ij}) \leq y_i, \quad (15)$$

$$-h(a_0^c + \sum_{j=1,2} a_j^c x_{ij}) - (1-h)(a_0^u + \sum_{\substack{j=1,2 \\ x_{ij} \geq 0}} a_j^u x_{ij} + \sum_{\substack{j=1,2 \\ x_{ij} < 0}} a_j^l x_{ij}) \leq -y_i, \quad (16)$$

$$i = 3, \dots, 135,$$

$$a_j^l \leq a_j^c \leq a_j^u, j = 0, 1, 2 \quad (17)$$

h – желаемая степень достоверности.

Основным алгоритмом решения задач линейного программирования, к которым относится задача (14)-(17), является симплекс-метод, возможность применения которого предусмотрена в одном из приложений среды Matlab – Optimization Toolbox.

Построение потока поступлений на основе нечеткого регрессионного анализа позволяет эффективно строить прогнозы в условиях высокой волатильности исследуемого показателя. Это подтверждает решение аналогичной задачи прогнозирования цен на недвижимость в Санкт-Петербурге на период с июля 2006 года по июнь 2007, в течение которого произошел резкий скачок цен, который успешно описывается нечеткой авторегрессией.

Далее на втором этапе для выбранного в качестве примера проекта строится график распределения во времени удельных затрат на строительно-монтажные работы. Источниками данных для формирования графика являются сведения о ранее реализованных компанией проектах, а также информация об объектах аналогах, публикуемая в специализированных справочниках. Метод анализа основывается на построении и обучении нейронной сети, а инструментальным средством является среда Matlab и ее приложение Neural Network Toolbox.

В результате проведения всестороннего изучения алгоритмов обучения искусственных нейросетей, приведенных в параграфе 2.4, был выбран метод на основе байесовой регуляризации, который наиболее соответствует условиям анализа, так как обучающая выборка относительно мала, а количество связей в изначально выбранной структуре сети велико, и автоматическое выделение из них лишь наиболее значимых позволяет избежать переобучения.

Ниже приведен код в среде Matlab, обеспечивающий построение и обучение сети с нужными параметрами.

1. `net = newff ( [ 11300 66300; 26 40; 1 4] ), [3, 5, 10, 14], { 'tansig', 'tansig', 'tansig', 'logsig' }, 'trainbr', '', 'mse');` ‘создание четырехслойной сети и задание ее параметров’
2. `net.trainParam.epochs = 200;` ‘задание максимального количества итераций’
3. `net.trainParam.mu = 1;`
4. `net.trainParam.mu_inc = 1.5;`
5. `net.trainParam.mu_dec = 0.85;`
6. `net = init (net);` ‘инициализация весов сети’
7. `[net, tr] = train (net, trinput, troutput, [ ], [ ], VV);` ‘Обучение сети на основе имеющейся базы данных и с учетом контрольных примеров’

‘Определение параметров таким образом, чтобы сходимость была достаточно низкой’

Анализ устойчивости результатов, формируемых обученной нейронной сетью, относительно проектов с известными характеристиками и графиками финансирования показывает адекватную реакцию модели на изменение основных характеристик: площади объекта, продолжительности строительства, сроков начала работ.

Для окончательного построения потока затрат помимо процентного распределения расходов на строительно-монтажные работы во времени, полученного в параграфе 3.2, необходимо знать общую себестоимость всех строительных работ, определение которой производится в параграфе 3.3. Исследование основывается на системах нечеткого вывода и аппарате нечетких нейронных сетей, а источниками необходимой информации являются базовые характеристики проекта и мнения экспертов – сотрудников строительной компании. Инструментальными средствами являются приложение Matlab – Fuzzy Logic Toolbox и пакет Simulink, позволяющие как в режиме графического пользовательского интерфейса, так и из командной строки формировать системы нечеткого вывода, настраивать их, в том числе с помощью нейронных сетей, получать заключения в нечеткой или числовой форме.

В качестве основных факторов, определяющих общую себестоимость строительно-монтажных работ, определены:

- площадь объекта;
- функциональное назначение;
- класс объекта.

Все три фактора на стадии инициации являются по своей сути нечеткими параметрами, так как первоначально заявленная площадь в ходе детального проектирования и согласования неоднократно меняется, а тип и класс объекта могут быть охарактеризованы лишь приблизительно. Следовательно, для получения информации о себестоимости оправданы и эффективны подходы, основанные на нечеткой логике и принципах нечеткого вывода.

В параграфе 3.3 общая себестоимость строительного проекта рассчитывается двумя альтернативными методами:

- первый метод заключается в построении системы нечеткого вывода на базе алгоритма Мамдани (параграф 2.1), в рамках которого экспертам

необходимо самостоятельно определить вид и параметры функций принадлежности выделенных факторов. Преимущества метода состоят в том, что не требуется статистической информации, а результаты наиболее интуитивно понятны.

- второй метод предполагает построение и обучение нейронной нечеткой сети, реализующей алгоритм нечеткого вывода Сугено (параграф 2.5). В данном случае от экспертов требуется лишь определить общий вид функций принадлежности, что является сильной стороной метода, а точная настройка параметров производится на основе статистических данных.

В завершении работы на основе имеющихся в распоряжении денежных потоков – потока поступлений, представленного в нечетком виде, и потока затрат, полученного на основе двух методов как в точной форме, так и в нечеткой, – вычисляются показатели эффективности проекта согласно разработанным алгоритмам и методам. Показатели NPV и IRR определяются в виде нечетких чисел, DPP – в точной форме. Представление значений IRR и NPV в нечеткой форме позволяет аналитику получить большой объем информации о проекте, в том числе, провести анализ рисков, связанных с проектом, который также представлен в параграфе 3.4.

В **заключении** сформулированы основные теоретические и практические выводы, сделанные автором в рамках диссертационного исследования:

1. На современном этапе развития экономики России, для успешного качественного развития компании остро нуждаются в современных методах оценки инвестиционных проектов, учитывающих высокую степень неопределенности и риска и поддерживающих автоматизацию и тиражирование;
2. Классические методы обоснования инвестиционных решений в условиях неопределенности имеют существенные недостатки применительно к оценке проектов, находящихся на самом раннем этапе их реализации – стадии инициации;
3. Использование аппарата теории нечетких множеств позволяет максимально полно учесть имеющуюся в распоряжении недостаточную и неоднородную информацию о проекте, обработать ее и представить в интуитивно понятной для аналитика форме;
4. Разработанные методы определения основных параметров инвестиционного проекта – распределенных во времени потоков поступлений и затрат – опираются на элементы теории нечетких множеств и нейронных сетей, благодаря чему позволяют получить всестороннюю и высоко информативную оценку проекта;
5. Разработанные в диссертации методы получения и анализа основных показателей эффективности (NPV , IRR , DPP) в виде нечетких чисел стандартной и произвольной формы предоставляют инвестору необходимые сведения для принятия решения относительно

целесообразности реализации рассматриваемого проекта с точки зрения ожидаемого эффекта и связанного с реализацией риска;

6. Выбор программных средств (Matlab, Simulink, EViews, Deductor) для реализации моделей и методов, предложенных в диссертационном исследовании, позволяет на высоком уровне и с требуемой точностью обрабатывать большие объемы данных различной природы и допускает широкие возможности интеграции с другими современными отечественными и зарубежными программными продуктами;
7. Апробация предложенных методов в рамках построения имитационных моделей, а также посредством их внедрения в практическую деятельность строительной организации, показала их адекватность актуальным потребностям и возможностям российских компаний, способность решать поставленные в исследовании задачи и способствовать оптимизации принимаемых инвестиционных решений, что является неотъемлемым условием долгосрочного устойчивого развития компании.

Публикации по теме диссертации.

Тезисы и материалы конференций:

1. Забоев М. В. Некоторые элементы теории нечетких множеств и возможности их применения для эффективного управления организацией // Актуальные проблемы менеджмента в России на современном этапе: пути достижения высокой конкурентоспособности. – СПб, СПбГУ, Экономический факультет, 16 декабря 2005. (0,1 п.л.).
2. Забоев М. В. Применение элементов теории нечетких множеств в экспресс-анализе эффективности инвестиционно-строительных проектов // Молодые ученые – промышленности Северо-Западного региона. Материалы конференций Политехнического Симпозиума. – СПб, СПбГПУ 8 декабря 2006. (0,1 п.л.).
3. Забоев М. В. Использование теории искусственных нейронных сетей для экономического анализа инвестиционно-строительных проектов // Экономическое развитие: теория и практика. Материалы международной научной конференции. – СПб, СПбГУ, Экономический факультет 5-7 апреля 2007. (0,1 п.л.).
4. Забоев М. В. Особенности экономического анализа на разных стадиях реализации инвестиционно-строительного проекта: математические основы и инструментальные средства // Предпринимательство и реформы в России. Материалы 13-ой международной конференции. – СПб, СПбГУ, Экономический факультет, 25-26 октября 2007. (0,1 п.л.).
5. Забоев М. В. Гибридные сети, их особенности и возможности использования в процессе принятия управленческих решений // Наука и инновации в технических университетах. Материалы всероссийского форума студентов, аспирантов и молодых ученых. – СПб, СПбГПУ, 10-12 октября 2007. (0,15 п.л.).
6. Забоев М. В. Современные методы и инструменты экономического анализа // Молодые ученые – промышленности Северо-Западного региона. Материалы конференций Политехнического Симпозиума. – СПб, СПбГПУ, 6 декабря 2007 года. (0,1 п.л.).

Публикации в журналах, рекомендованных ВАК РФ:

1. Забоев М.В. Использование гибридных систем вычислительного интеллекта при оценке эффективности реальных инвестиций в условиях неопределенности и риска // Инновации. – СПб., 2008, № 12. (0,4 п.л.).
2. Забоев М.В. Характеристика различных видов неопределенности и методы их учета в процессе обоснования инвестиционно-строительных проектов // Проблемы современной экономики. – СПб., 2008, №3 (27). (0,4 п.л.).
3. Ботвин Г.А., Забоев М.В. Использование теории искусственных нейронных сетей для экономического анализа инвестиционно-строительных проектов // Обозрение прикладной и промышленной математики. – М., 2008, том 15, вып. 1. (0,1 п.л.).