

КРОШИЛИНА Светлана Владимировна

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ
АНАЛИЗА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

Специальность 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы)»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Рязань 2009

Работа выполнена в ГОУВПО «Рязанский государственный радиотехнический университет» на кафедре «Теоретическая и прикладная механика».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Каширин Игорь Юрьевич

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Кузнецов Алексей Евгеньевич

кандидат технических наук, доцент
Булаев Михаил Петрович

Ведущая организация: Московский государственный институт
электроники и математики (ТУ)

Защита состоится «27» _____ мая _____ 2009 г. в 12 часов на заседании
диссертационного совета Д212.211.01 при ГОУВПО «Рязанский государственный
радиотехнический университет» по адресу: **390005, г.Рязань, ул.Гагарина, д. 59/1.**

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Рязанского государственного
радиотехнического университета.

Автореферат разослан «____» _____ 2009 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
канд.техн. наук, доцент

Пржегорлинский В.Н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В настоящее время существует множество математических и программно-технических средств автоматизации исследования основной деятельности предприятий, связанных как с анализом текущего состояния производства, так и с планированием перспективы его развития. Общая объединяющая идея большинства современных подходов в этой области предполагает использование моделей процессов в качестве средства проектирования модели предприятия. Исследование динамики производственных и экономических процессов при этом основано на рассмотрении теоретико-графовой сети, отражающей последовательности возможного изменения проблемных ситуаций, возникающих на предприятии. Результаты анализа деятельности предприятия являются мотивационной базой для принятия управленческих решений в бизнесе. При этом возникает проблема повышения эффективности средств автоматизации анализа деятельности предприятий, позволяющих с достаточной точностью оценивать проблемные ситуации и выдавать обоснованные рекомендации для административного управления. Решение этой проблемы видится во внедрении современных методов искусственного интеллекта в автоматизированные системы анализа деятельности предприятий. Этому вопросу посвящена диссертационная работа.

Степень разработанности темы. Значительный вклад в развитие теории интеллектуальных аналитических систем внесли многие отечественные и зарубежные ученые: Заде Л., Калянов Г.Н., Недосекин А.О., Поспелов Г.С., Поспелов Д.А., Саати Т., Шеер А.В., Юдицкий С. А. и др.

На современном этапе к проблемам автоматизации анализа деятельности предприятий можно отнести следующие.

1. Низкая эффективность предлагаемых аналитических результатов. Экспертные заключения носят шаблонный характер: не учитываются все аспекты деятельности предприятий. В этом случае одинаковое значение производственного показателя для разных предприятий не всегда свидетельствует об их схожем финансовом состоянии.

2. Слабые возможности прогнозирования по результатам выполненного анализа. Не выдается конструктивных рекомендаций для принятия необходимых решений по улучшению показателей деятельности.

3. Отсутствие возможности использования шаблонов для описания проблемных ситуаций предприятия (ПСП) в качестве вспомогательного средства при проектировании моделей предприятий.

4. Недостаточный учет значимости показателей. Значимость показателей является важным фактором при проведении комплексной оценки деятельности предприятия (например, при вычислении комплексных показателей, рейтинговой оценки и т.д.).

5. Отсутствие обучаемости. Системы не являются обучаемыми, то есть не могут подстраиваться под требования эксперта для оценки результатов анализа.

6. Недостаточное агрегирование данных. Конечные пользователи нуждаются в агрегированной информации. Необходимость детального анализа информации возникает значительно реже.

Таким образом, использование формального подхода к построению модели предприятия для интеллектуального анализа его деятельности, а также описание предприятия посредством моделей ситуаций и рекомендаций для принятия решений являются важной проблемой. Решение этой проблемы позволит упростить и сделать более эффективным автоматизированный анализ деятельности предприятия.

Цель и задачи работы. Целью диссертационной работы являются разработка и исследование интеллектуальных программ анализа деятельности предприятия на основе универсальных алгебр, теории семантических сетей и объектно-ориентированного подхода.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- разработка формальной модели предметной области (МПрО) деятельности предприятия, используемой при создании нечеткой экспертной системы аналитики деятельности предприятия (НЭС АДП);
- создание модели предприятия для анализа его деятельности и выдачи рекомендаций по принятию управленческих решений (РПУР);
- разработка механизма логического вывода, используемого при анализе деятельности предприятий;
- создание методики извлечения экспертных знаний для формирования модели предприятия с целью повышения полноты полученных результатов;
- получение проектных решений для программной реализации компонентов интеллектуальной аналитической системы.

Методы исследований. Исследования осуществлялись на основе теории множеств, теории универсальных алгебр, теории нечетких множеств, теории принятия решений, методов структурного и объектно-ориентированного программирования.

Научная новизна работы заключается в следующем. Предложена новая концепция генерации альтернативных рекомендаций по принятию управленческих решений на основе анализа проблемных ситуаций, возникающих на предприятии. В основе концепции используется гипотеза о подобии, заключающаяся в оценке проблемных ситуаций предприятия и оценке рекомендаций по принятию управленческих решений, семантические образы которых наиболее близки в семантическом пространстве.

В рамках предложенной концепции получены:

- методика построения модели предметной области предприятия с использованием семантической сети для информационно-рекомендательной базы знаний;
- методика построения моделей ситуаций, возникающих на предприятии;
- сформулированы принципы логического вывода для выбора рекомендаций по принятию управленческих решений согласно заданной проблемной ситуации на предприятии;
- методика поиска в базе знаний рекомендаций для принятия управленческих решений;
- алгоритм определения веса ключевого понятия в найденной при поиске рекомендации по принятию управленческих решений;

– алгоритм нечеткой оценки рекомендации для принятия управленческих решений, основанный на выборе ключевых понятий модели предметной области предприятия.

Практическая ценность работы. Результаты работы являются основой для проектирования интеллектуальных аналитических экспертных систем, применяемых для анализа деятельности предприятий. Предложенные в диссертации формализм и методы позволяют описать область деятельности предприятия и модель предприятия, вследствие чего повышается точность полученных результатов. Результаты диссертации нашли отражение в реальной программе НЭС АДП “Narpija” v.1.05., применяемой для интеллектуального анализа деятельности предприятия. Разработанные методы и средства могут быть приняты за основу при создании интеллектуальных аналитических систем, экспертных систем и систем управления знаниями, используемых для комплексного анализа деятельности предприятия.

Достоверность основных положений и полученных результатов диссертации подтверждается корректным использованием математического аппарата, компьютерным моделированием, действующей компьютерной программой и внедрением полученных результатов.

Реализация и внедрение. В рамках диссертационной работы был разработан и внедрен программный продукт - «Нечеткая экспертная система аналитики деятельности предприятия “Narpija” v.1.04 (НЭС АДП “Narpija” v.1.04), который имеет свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 11822 в Отраслевом фонде алгоритмов и программ (ОФАП), и «Нечеткая экспертная система аналитики деятельности предприятия “Narpija” v.1.05 (НЭС АДП “Narpija” v.1.05), который имеет свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2008616067 в РОСПАТЕНТ. Научные и практические результаты диссертационной работы использованы в следующих организациях:

- сеть аптек "Ригла", региональная компания города Рязани ООО «Алфавит-Здоровье»;
- региональная автозаправочная сеть ООО «Транс-Нефть»;
- Рязанский государственный радиотехнический университет (в учебном процессе для студентов специальностей 220400 «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем»; 080801 «Прикладная информатика в экономике»).

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях: «Проблемы и методы управления экономической безопасностью регионов», Коломна: КГПИ, 2006; Региональной научно-теоретической конференции «Проблемы и методы управления экономической безопасностью регионов», Рязань 2007; МНК "Национальная экономика в условиях глобализации: роль институтов", СПб, 2007; 15-я МНТК «Проблемы передачи и обработки информации в сетях и системах коммуникаций», Рязань, РГРТУ, 2008; XIII Всероссийской научно-технической конференции студентов «НИТ-2008», Рязань, РГРТУ, 2008; VIII Всероссийской научно-технической конференции «Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике», Пенза, 2008; VI Всероссийской научно-технической конференции: «Искусственный интеллект в XXI веке и решения в условиях неопределенности», Пенза, 2008.

Публикации по теме диссертации. По теме диссертации опубликовано 19 печатных работ, среди них 9 статей, 3 из которых – в журналах, рекомендованных ВАК, 8 тезисов в материалах научных конференций и 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам и Отраслевом фонде алгоритмов и программ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, изложенных на 148 с., а также приложений на 25 с. Список использованной литературы включает 125 наименований. Текст диссертации содержит 6 таблиц и 42 рисунков.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Методика построения модели предметной области предприятия с использованием семантической сети для информационно-рекомендательной базы знаний и моделей ситуаций, возникающих на предприятии.
2. Принципы логического вывода для выбора рекомендаций по принятию управленческих решений согласно заданной проблемной ситуации на предприятии.
3. Методика поиска в базе знаний рекомендаций для принятия управленческих решений.
4. Алгоритм определения весов ключевых понятий в найденной при поиске рекомендации для последующего принятия управленческих решений.
5. Алгоритм нечеткой оценки рекомендаций по принятию управленческих решений, основанный на выборе ключевых понятий модели предметной области предприятия.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследований, сформулированы цель и задачи диссертации, научная новизна и практическая ценность полученных результатов, а также положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена исследованию проблем автоматизации анализа деятельности предприятий, обзору экспертных аналитических систем и способам их построения. Общей характеристикой существующих систем автоматизации анализа деятельности предприятия является отсутствие в программных моделях уровня описания понятий, в частности системы описания понятий из области деятельности предприятия, для которой осуществляется анализ. Основной целью современных исследований в области автоматизации аналитики является превращение неструктурированных массивов данных в знания и создание средств и сред работы с ними.

Можно выделить следующие основные задачи автоматизации анализа деятельности предприятия:

- обеспечение возможности автоматизированного описания исходных проблемных ситуаций для предприятий;
- поддержка принятия решений на основе совершенствования процессов сбора и обработки различных видов информации;

- ранжирование рекомендаций для принятия решений по степени их пригодности для текущей производственной ситуации (оценка точности рекомендаций);
- автоматическое составление описания рекомендаций для принятия управленческих решений;
- усовершенствование автоматизированной аналитической системы в зависимости от полученных рекомендаций для конкретных ситуаций.

Задачей автоматизированных аналитических систем рассматриваемого класса являются анализ ПСП, полученных из исходных данных, классификация и выдача РПУР. Для построения такой системы в диссертации рассмотрены компоненты автоматизации аналитики деятельности предприятия, такие как БЗ, открытые знания, онтологии и экспертные системы. В рамках такого подхода знания представляются в виде модели предметной области, в разрабатываемой системе – это модель области основной деятельности предприятия.

Рассмотренный тип систем относится к классу экспертных систем. Одним из преимуществ таких систем является возможность использования методов искусственного интеллекта и технологий работы с БЗ.

НЭС АДП предназначены для анализа ПСП и выдачи РПУР на основе преобразования полученных результатов в доступное знание для дальнейшего использования (получения новых РПУР). Это требует разделения и сборки знаний в форме, которая может быть сгенерирована и многократно использована в дальнейшем. Построение таких систем основывается на развитой концепции экспертных систем, содержащих информационную БЗ для анализируемой ПрО, а также подсистемы логического вывода и интерпретации результатов, их объяснения и мотивировки.

Использование формального подхода к построению модели предприятия, то есть описание предприятия посредством моделей ситуаций для получения рекомендаций по принятию управленческих решений, является актуальной проблемой. Решение этой проблемы позволит упростить интеллектуальный анализ деятельности предприятия.

Во второй главе были проанализированы следующие модели представления знаний: *логические модели, семантические сети, фреймы, производственные системы, нейронные сети*. Были рассмотрены их преимущества и недостатки. В результате проведенного анализа был сделан вывод, что наиболее универсальной является модель представления знаний в виде семантической сети. Для описания модели знаний предлагается использовать аппарат универсальных алгебр и нечетких множеств.

На основе экспертных знаний, накопленных в системе, строится гипотеза анализа ПСП и формируются конкретные РПУР. Семантическая сеть отражает взаимосвязь между ситуациями (понятиями, включенными в их описание). Развитие ситуаций прослеживается с помощью моделей, построенных на основе концептуальных графов.

Для описания предметной области в НЭС АДП предлагается семантическая сеть, в основе которой лежит универсальная алгебра, описанная тройкой: $A = \langle S, O, R \rangle$, где S – множество семантических сетей, представляющих МПрО; O –

множество операций на S; R – множество отношений на S.

В разрабатываемой НЭС АДП семантическая сеть задается как двойка: $S = \{G, U\}$, где G – множество объектов предметной области ПрО; U – множество дуг, связывающих объекты ПрО. Каждая дуга показывает взаимосвязь ситуаций или отношений между ситуациями, а также взаимосвязь ПСП и РПУР в ПрО. В реальной ПрО отношения между объектами характеризуются различными степенями зависимости. Типы градуируемых связей рассматриваются как нечеткие объектные связи. Пусть даны два нечетких объекта: $\tilde{A} = \{x_i, \mu_{\tilde{A}}(x_i) | x_i \in \psi_1, 1 \leq i \leq n\}$ и $\tilde{B} = \{y_i, \mu_{\tilde{B}}(y_i) | y_i \in \psi_2, 1 \leq i \leq m\}$. Тогда произвольное отношение семантической ассоциации между объектами выглядит следующим образом: $R_{f(\tilde{A}, \tilde{B})} = \{(x_i, y_j), \mu_{f(\tilde{A}, \tilde{B})}(x_i, y_j)\}$, где $(x_i, y_j) \in \psi_1 \times \psi_2$ (ψ -модель ПО); $\mu_{f(\tilde{A}, \tilde{B})}(x, y)$ – функция принадлежности, представляющая собой степень ассоциации между атрибутами двух объектов модели ПО.

Функция отношения для n объектов выглядит следующим образом:

$$R_{f(\tilde{A}_i, \tilde{A}_j)}^i = \{(x_i, x_j), \mu_{f(\tilde{A}_i, \tilde{A}_j)}(x_i, x_j)\} | \tilde{A}_i, \tilde{A}_j \in \Lambda, i \neq j, 1 \leq i, j \leq n\} \quad (1)$$

Объект G_i семантической сети задается выражением: $G_i = \{I, P, U_{G_i}, T\}$, где I – название объекта ПрО, P – множество понятий, входящих или связанных с объектом, $U_{G_i} = \{U_{IP}^g\}$ – множество отношений между понятиями P и названием объекта I (рисунок 1), T – признак объекта ПрО: $T = \{t_1, t_2\}$, где t_1 – ПСП, t_2 – РПУР. U_{IP}^g представляет собой нечеткое подмножество, которое показывает степень зависимости между объектом и понятием (степень зависимости определяет близость с ситуацией и объектом ПрО). U_{IP}^g определяется так:

$$U_{IP}^g = \left\{ \mu_{\tilde{U}_{IP}^g}(P_j, I) \mid P_j \in P, I \in G_i, j = 1 \dots n \right\}, \quad (2)$$

где P_j – понятие, принадлежащее объекту G_i , n – количество понятий для объекта. Таким образом, объект ПрО G_i , соответствующий объекту $\tilde{G}_i$ с неопределенными и фиксированными атрибутами, можно определить так:

$$\tilde{G}_i = \{I_i, P_1, \dots, P_n, t_k, \{\mu_{\tilde{G}_i}(I_i, P_1) \dots \mu_{\tilde{G}_i}(I_i, P_n)\}\}, \quad (3)$$

где I_i – информационная часть i -го объекта; P_1 – множество понятий, принадлежащих i -му объекту; t_k – признак объекта ПрО, где $k=1$ или $k=2$; $\mu_{\tilde{G}_i}(I_i, P_{1..n})$ – отношение семантической близости понятия P_i и объекта с именем I_i . Зависимость между узлами строится на основе взаимосвязи между понятиями объектов ПрО.

$U_{P_j} = \mu_S(P_i, P_j)$ определяет близость понятий между собой. На его основе формируется нечеткое подмножество U_P :

$$U_P = \{P_i, P_j, \mu_S(P_i, P_j) \mid P_i \in P, P_j \in P, i, j = 1 \dots N\}, \quad (4)$$

где N – количество понятий в ПрО НЭС АДП.

В качестве примера приводится МПрО «Анализ производственных фондов»,

описывающая производственные фонды предприятия. Имеется две ПСП для выдачи РПУР, где информационной частью являются ситуации, а набор понятий представляет собой ключевые слова, используемые при выдаче РПУР. Выберем также две РПУР из этой же ПрО, где информационной частью является заголовок РПУР, а набор понятий представляет собой ключевые слова. В приведенной схеме семантической сети НЭС АДП (рисунок 1) описаны следующие элементы МПрО.

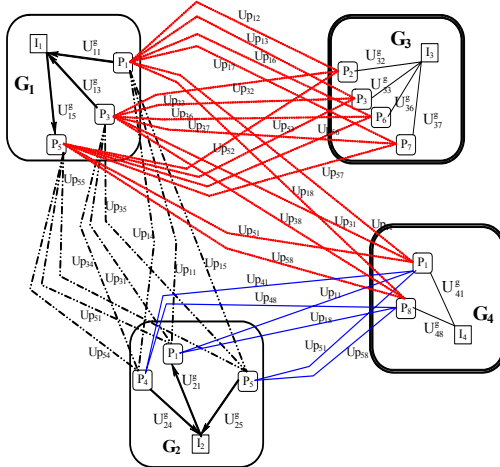


Рисунок 1 - Пример представления семантической сети НЭС АДП

Список понятий: P_2 – «производственные возможности»; P_3 – «производственные активы»; P_6 – «производственные запасы»; P_7 – «средства организации».

4. Рекомендации G_4 . Информационная часть I_4 : «Пути повышения общей рентабельности производственных фондов». Список понятий: P_1 – «основные средства»; P_8 – «рентабельность производственных фондов».

Соотношения между ситуациями, а также между ситуацией и рекомендацией U вычисляются с использованием зависимости между отдельными понятиями, принадлежащими ситуациям и рекомендациям ($U = \{U_{ij}\}$):

$$U_{ij} = \frac{1}{n * m} \sum_{l=1}^n \sum_{k=1}^m U_{p_{lk}}, \quad (5)$$

где U_{ij} – среднее отношение близости между понятиями, принадлежащими i -му и j -му критериям оценки проблемной ситуации ПрО, n – количество понятий в i -м критерии оценки проблемной ситуации ПрО, m – количество понятий в j -м критерии оценки проблемной ситуации ПрО.

При выборе результирующей ситуации в НЭС АДП используются отношения близости между понятиями (U) и отношения близости между понятиями, принадлежащими ситуации, и информационной частью ситуации (U_{ip}^g). В свою очередь рекомендации в ПрО группируются согласно выбранной ситуации для их дальнейшего анализа.

НЭС АДП ориентирована на работу с несколькими МПрО, взаимосвязанными или несвязанными между собой, причем каждая модель строится на основе отдельной семантической сети, которые потом объединяются в единую МПрО.

В третьей главе приводится архитектура интеллектуальной аналитической экспертной системы, в которой имеются следующие блоки: БЗ, модель пользователя, модель действий пользователя, механизм логического вывода, модуль приобретения знаний, интерфейс пользователя, интерфейс инженера по знаниям.

Обобщенный алгоритм работы системы представлен на рисунке 2.

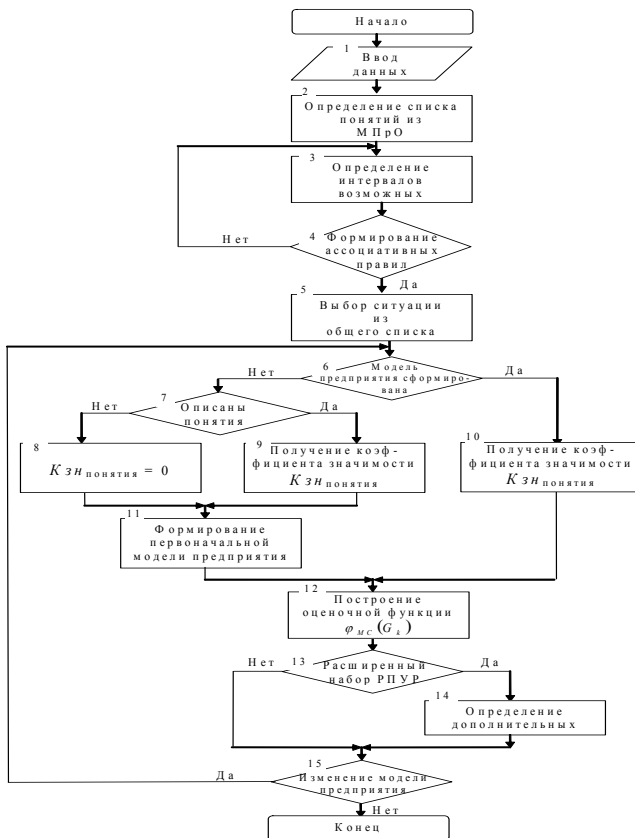


Рисунок 2 – Укрупненный алгоритм работы НЭС АДП “Narpija”

Далее строится *функция отношения предпочтения*. С использованием этой функции и критериально-экстремизационных механизмов выбора определяется последовательность выдачи РПУР по развитию ПСП.

Для формирования отношения предпочтения вводятся три пороговых значения, и для i -ой ситуации описывается следующее (см. таблицу).

Пороговые значения μ_k

Выражение	Описание
-----------	----------

Механизм логического вывода строится на основе анализа экспертной информации с применением теории принятия решений. Вывод рекомендаций состоит из следующих этапов: генерация возможных вариантов и их оценка, согласование рекомендаций, анализ динамики развития ситуации, выбор решения. В диссертации используется **выбор по отношению предпочтения** как наиболее подходящий для оценки возможного решения поставленной задачи при управлении предприятием задачи. Наличие между двумя вариантами РПУР $G_i, G_j \in S_{\text{ПрО}}$ отношения «>» записывается как $G_i > G_j$ и интерпретируется как «вариант G_i предпочтительнее варианта G_j ».

$\mu_{ik} \geq \mu_{il} + t_i^v$	G_k значительно ближе G_l , где t^v - порог запрещения
$\mu_{ik} \geq \mu_{il} + t_i^i$	G_k , по крайней мере, не ближе G_l , где t^i - порог безразличия
$\mu_{ik} \geq \mu_{il} + t_i^p$	показывает, что G_k ближе G_l , где t^p - порог предпочтения

μ_{ik} - значение отношения близости i -й ситуации к k -й рекомендации.

Степень схожести ПСП на паре альтернатив (G_k, G_l) определяется следующим соотношением:

$$S_i(k, l) = \sum_{j=1}^J w_j g_j(k, l), \quad (6)$$

где w_j - весовой коэффициент, определяющий значимость j -го понятия для i -й ПСП, g_j - функция предпочтения по j -му понятию для пары альтернатив (G_k, G_l), $g_j(k, l)$ - функция предпочтения, определяется соотношением:

$$g_j(k, l) = \begin{cases} \mu_{jk} - \mu_{jl}, & \text{если } \mu_{jk} > \mu_{jl} \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}, \quad (7)$$

где μ_{jk}, μ_{jl} являются мерами близости к j -му понятию k -й и l -й РПУР соответственно.

Мера близости μ_{jk} вычисляется следующим образом:

$$\mu_{jk} = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M (w_m \mu_s(p_j, p_m)), \quad (8)$$

где M - количество понятий, принадлежащих описанию k -й РПУР, $\mu_s(p_j, p_m)$ - отношение близости между j -м и m -м понятиями, w_m - весовой коэффициент, определяющий значимость m -го понятия для k -й РПУР.

В процессе работы с системой происходит формирование модели предприятия. Под *моделью предприятия* будем понимать формализованные знания НЭС АДП о предприятии, используемые для организации процесса выборки и выдачи результатов анализа и РПУР.

Первоначально модель предприятия представляет собой исходную ситуацию и множество понятий с весовыми коэффициентами, определяющими значимость указанного понятия для предприятия: $MC = \langle G', P', W' \rangle$,

где G' - множество ПСП, происходящих с предприятием, P' - множество понятий, относящихся к предприятию, W' - множество значений, определяющих важность понятий.

Когда на предприятии идентифицируется новая ПСП, происходит изменение модели предприятия. В нее добавляется множество понятий из ПСП G_1 . При этом изменяются значения, определяющие важность понятий: $MC = MC_n + G_1 = \langle G', P'_n + P_g, W' \rangle$, где MC_n - модель предприятия на предыдущем шаге, P'_n - множество понятий модели предприятия на предыдущем шаге, P_g - множество понятий, определенных в ПСП G_1 , $W' = \{w_i\}$ - множество значений, определяющих значимость понятия. Значение w_i вычисляется как среднее значение близости понятия модели предприятия w_{ni} на предыдущем шаге и близости понятия к информационной части ситуации μ_{G_1} .

Модель событий предприятия представляется упорядоченной последовательностью вида $m_1, m_2, \dots, m_k, \dots, m_n$, в которой каждый элемент m_k есть модель пред-

приятия. Состояние модели меняется в зависимости от наступления событий, зафиксированных для предприятия.

Для выбора рекомендации используется *критериально-экстремизационный механизм выбора*. При этом для функции предпочтения строится график, для которого на числовой оси φ отображается множество последовательно полученных РПУР. Оценка $\varphi_{MC}(G_k)$ определяет меру соответствия найденной РПУР и анализируемой ПСП:

$$\varphi_{MC}(G_k) = \sum_{j=1}^J w_j \sum_{i=1}^I w_i \mu_s(P_i, P_j), \quad (9)$$

где J – количество понятий, принадлежащих модели предприятия, I – количество понятий, принадлежащих РПУР G_k , w_j – значимость понятия в модели предприятия, w_i – значимость понятия в РПУР, $\mu_s(P_i, P_j)$ – семантическая близость i -го понятия к j -му.

Чем больше значение $\varphi_{MC}(G_k)$, тем РПУР более актуальна для ПСП и тем больше значимость РПУР для анализа деятельности предприятия. Приписанное РПУР G_k число $\varphi_{MC}(G_k)$ назовем *критериальной оценкой*, а полученную шкалу – *критериальной*. Таким образом, искомыми РПУР будет множество РПУР, удовлетворяющих условию: $\max \varphi_{MC}(G_k)$ при $G_k \in G$.

Варианты, имеющие максимальную критериальную оценку при сравнении со всеми другими вариантами РПУР, принадлежащих МПРО деятельности предприятия, включаются в список полученных РПУР.

При *расширенном наборе рекомендаций* для целевого списка понятий устанавливается коэффициент a_1 , а для остальных – a_2 :

$$\varphi_{MC}(G_k) = \sum_{j=1}^J \left(a_j * w_j \sum_{i=1}^I (a_i * w_i * \mu_s(P_i, P_j)) \right), \quad (10)$$

где $a_{i,j} = \begin{cases} a_1, & \text{если } i\text{-е и } j\text{-е понятия принадлежат целевому списку понятий;} \\ a_2, & \text{если } i\text{-е и } j\text{-е понятия не принадлежат целевому списку понятий.} \end{cases}$

При *ординарных рекомендациях* рассматриваются понятия только из списка понятий ПСП. РПУР, не содержащие понятия из ПСП, исключаются из рассмотрения:

$$a_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-е и } j\text{-е понятия принадлежат целевому списку понятий;} \\ 0, & \text{если } i\text{-е и } j\text{-е понятия не принадлежат целевому списку понятий.} \end{cases}$$

Используя оценочную функцию $\varphi_{MC}(G_k)$ из последовательности полученных РПУР G , можно получить приблизительный график распределений рекомендаций в пространстве ПСП. Точками этого графика являются ПСП, где в верхней части располагаются РПУР, полученные системой для конкретной ПСП. В области деятельности предприятия существуют несколько ПСП для анализа, согласно которым происходит группирование РПУР. При этом график приобретает следующий вид (рисунок 3). На графике образуются несколько максимумов $\varphi_{\max}$ для РПУР, которые принадлежат различным ПСП ($G_{11}, G_{12}, \dots, G_n$).

Методика поиска РПУР в семантической сети НЭС АДП:

- 1) модель ПрО разбивается инженером по знаниям на ПСП;
- 2) для создания групп РПУР, близких к заданной ПСП, используется функция оценки φ ;

3) центром каждой образованной группы РПУР является ПСП; с ней производится сравнение каждой РПУР из этих групп.

В качестве характеристики «отклонение рекомендации» в группе используется средняя сумма квадратов отклонений от ПСП:

$$\Sigma_e = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \left(\frac{1}{N_j} \sum_{i=1}^{N_j-1} (\varphi_n(G_i) - 1)^2 \right), \text{ где } \Sigma_e - \text{среднее отклонение РПУР в группах от ПСП;}$$

J - количество ПСП в МПрО, N_j - количество РПУР в j -й ПСП, $\varphi_n(G_i)$ - нормализованная оценочная функция близости РПУР к анализируемой ПСП:

$$\varphi_n(D_k) = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M w_j \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L w_i \mu_s(P_i, P_j), \text{ где } M - \text{количество понятий в ПСП, } L - \text{количество понятий в РПУР } G_k.$$

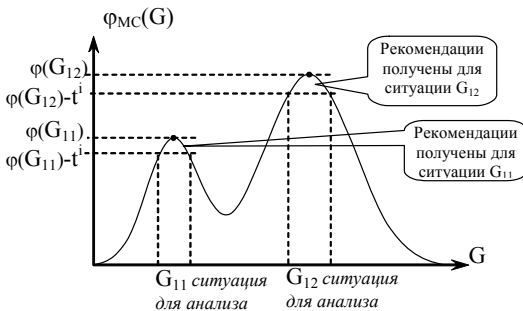


Рисунок 3 - Оценочная функция рекомендаций, соответствующая ситуациям для анализа в ПрО

ответа аналитика на найденную РПУР ($a=1$, если аналитик согласен с предложенной рекомендацией, 0 – если нет) (рисунок 4).

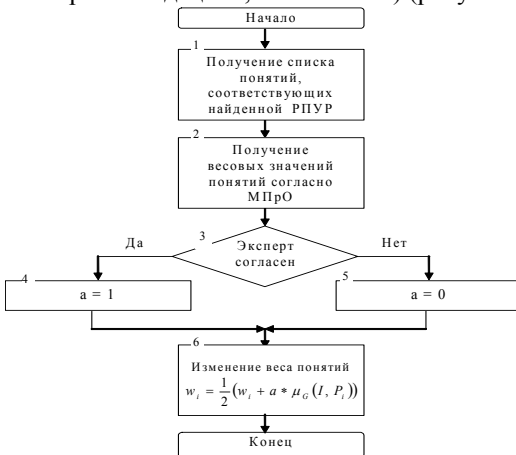


Рисунок 4 - Алгоритм определения веса ключевого понятия в найденной РПУР

Для предприятия определяется значимость найденной РПУР, вследствие чего изменяется модель предприятия. Изменение значимости производится по следующей формуле:

$$w_i = \frac{1}{2} (w_i + a * \mu_G(I, P_i)),$$

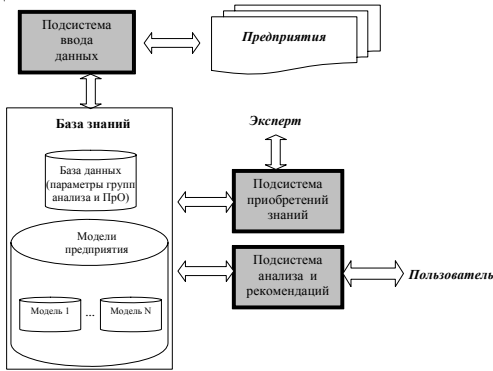
где w_i - значимость i -го понятия для предприятия, $\mu_G(I, P_i)$ - близость понятия к найденной РПУР, a – коэффициент, выбираемый в зависимости от

Изменение модели предприятия в процессе работы с НЭС АДП при использовании критериально-экстремизационных механизмов выбора и группирования РПУР согласно ПСП позволяет выбрать из БЗ множество наиболее важных и точных РПУР для ПСП конкретного предприятия.

В четвертой главе приводится описание программной реализации НЭС АДП "Нагріја" v.1.05 в состав которой входит три подсистемы: подсистема ввода данных; подсистема приобретений знаний; подсистема анализа и рекомендаций (рисунок 5).

Подсистема ввода данных может не только обрабатывать данные, введенные

непосредственно в системе, но и применять данные из других систем, имеющих форматы: xml; dbf; xls; txt. Для указанных форматов используется внешняя обработка, которая позволяет, не изменяя программного кода, использовать различные данные.



**Рисунок 5 – Архитектура
НЭС АДП “Narpija”**

вом составления иерархии ПСП. Основная задача *интерфейса инженера по знаниям* – ввод отношений близости между заданными понятиями в различных ПСП ПрО, а также определение отношений семантической близости ПСП. Система позволяет проводить интервьюирование инженера по знаниям, структурировать и формализовывать знания, заполнять БЗ.

Подсистема анализа и рекомендаций позволяет анализировать деятельность предприятия и получать РПУР согласно ПСП. Получение РПУР осуществляется после выбора существующей модели предприятия или создания модели нового предприятия. После этого формируется запрос на выбор рабочей модели ПрО и модели ПрО для конкретного предприятия. Затем осуществляется выбор ПСП для анализа и определение множества ситуативных понятий. При вводе пользователем набора понятий для ПСП система предоставляет ему наиболее подходящие ПСП для анализа.

С помощью НЭС АДП “Narpija” v.1.05 можно создавать, изменять и тестировать информационно-аналитические БЗ, основанные на семантических сетях. Информационно-аналитическая БЗ может быть использована для анализа деятельности предприятий и выдачи соответствующих РПУР по конкретным ПСП.

Генерация правил в нечеткой экспертной системе. Эксперт выбирает МПрО. Затем из списка ситуативных понятий, заданных ранее для этой МПрО, выбирается понятие, для которого определяются интервалы возможных значений показателя деятельности предприятия. Для каждого понятия из ПрО и для каждой конкретной МПрО интервальные значения показателей деятельности предприятия могут быть разными. С учетом выбранных интервалов составляется набор продукционных правил. Это происходит следующим образом.

1. Из списка "Случаи для понятия" выбирается интервал значений. Затем, на основе использования операций AND или OR, добавляется следующий интервал и т.д.

Настройки работы с этими системами задаются пользователем через контекстное меню, где опциональными установками пользователь может выбрать формат загружаемых данных. Здесь же указывается модель предприятия, в которую загружаются данные.

Подсистема приобретенный знаний служит для формирования начальной структуры ПрО, моделей предприятий и в целом БЗ. В НЭС АДП задача инженера по знаниям сводится к описанию ПрО посредством

2. Согласно описанному правилу из списка "Ситуации" экспертом выбирается ПСП (рисунок 6).

В главе приводятся результаты экспериментальных исследований работы НЭС АДП "Наргіја" v.1.05 в реальных производственных условиях.

Составление правил экспертом

1. Модель ПрО
финансовая устойчивость 0,8

2. Список ситуативных понятий
коэфф. обеспеч. источников собств. и долгосрочных заемных средств
коэфф. обеспеч. источников собств. оборотных средств запасами
коэффициент автономии

3. Случаи для понятия

Понятие	Случай	Зн1	Знч1	Зн2	Знч2	Условие	Пс
коэфф. обеспеч. источников собств. оборотн 5.1		>=	0			>= 0	
коэфф. обеспеч. источников собств. и долго 6.1		<	0			< 0	
коэфф. обеспеч. источников собств. и долго 6.2		>=	0			>= 0	
		<	0			< 0	

4. Набор правил

Правило	Описание	Ситуация
Правило1	Сп5.1 And Сп6.1 And Сп7.1	Абсолютная финансовая-устойчивость
Правило2	Сп5.2 And Сп6.1 And Сп7.1	Нормальная финансовая-устойчивость
Правило3	Сп5.2 And Сп6.2 And Сп7.1	Не устойчивое финансовое положение
Правило4	Сп5.2 And Сп6.2 And Сп7.2	Кризисное финансовое положение

4.1. Случаи для понятия

Понятие: коэфф. обеспеч. источников собств. оборотн 5.1
коэфф. обеспеч. источников собств. и долго 6.1
коэфф. обеспеч. источников собств. и долго 6.2

4.2. Ситуации

THEN: Нормальная финансовая-устойчивость
Абсолютная финансовая-устойчивость
Снижение платежеспособности организации
Мобильность оборотных активов

4.3. Описание правила

Правило1:
IF [Сп5.1] And [Сп6.1] And [Сп7.1]
THEN [Абсолютная финансовая-устойчивость]

Далее Закрыть

Рисунок 6 – Составление правил экспертом в НЭС АДП "Наргіја"

На рисунках 7, 8 представлены результаты тестирования программы. Выявлено, что НЭС АДП "Наргіја" предоставляет больше возможностей при варьировании ситуаций для дальнейшего планирования деятельности предприятия. Однако следует отметить, что на момент тестирования программы МПрО была описана не полностью, вследствие чего в ряде случаев эксперт предложил большее количество РПУР, чем НЭС АДП "Наргіја".

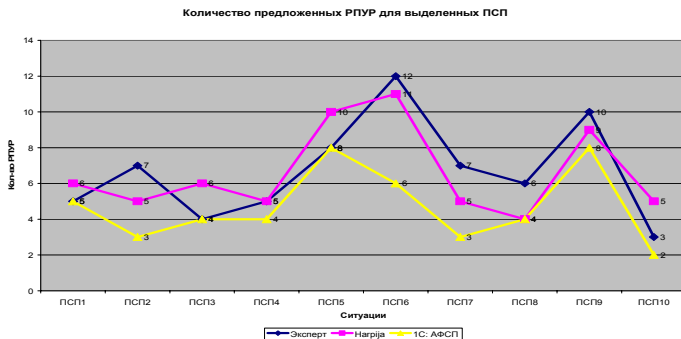


Рисунок 7 - Количество РПУР для выделенных ПСП

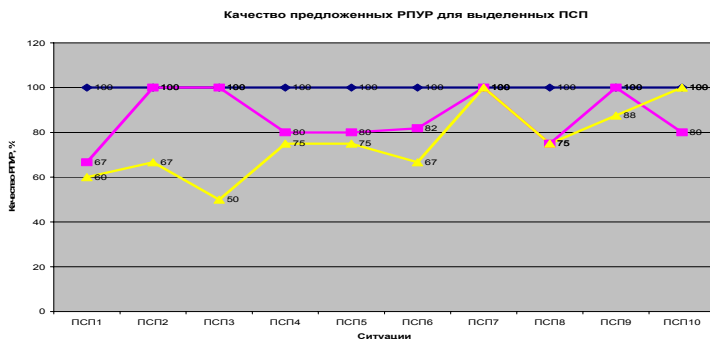


Рисунок 8 - Качество РПУР для выделенных ПСП

Результаты опытного внедрения показали, что НЭС АДП “Narpija” позволяет эффективно и качественно производить комплексный анализ деятельности предприятий, а также выдавать рекомендации по конкретным проблемным ситуациям. По заданным рекомендациям система предлагает различные решения для развития предприятия.

В заключении проводится обобщение основных результатов диссертационной работы.

В приложениях приводится описание структуры БЗ, а также представлены копии актов о внедрении результатов диссертации и копии свидетельств об официальной регистрации разработанной программы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Определены задачи и проблемы автоматизации анализа деятельности предприятия. Рассмотрены этапы анализа деятельности предприятий в различных автоматизированных системах и выделены основные классы получаемых этими системами результатов. Проанализированы существующие аналитические системы, выявлены их наиболее общие недостатки.

2. Сформулированы требования к новым проектируемым системам. Описаны функции экспертных систем, используемых для решения задач анализа деятельности предприятий. Рассмотрены способы построения экспертной системы как элемента интеллектуальной аналитической системы. Сделан вывод о наибольшей универсальности и пригодности для проектирования модели представления знаний в НЭС АДП семантических сетей.

3. Определены нечеткие множества для обработки неопределенности и приближительных рассуждений при создании модели знаний, описаны достоинства использования нечетких множеств в обработке модели знаний, а также определены нечеткие объекты для описания реальных ПрО для НЭС. Предложено оригинальное построение семантической сети НЭС АДП с использованием универсальной алгебры и нечетких множеств.

4. Описан новый механизм интеллектуального анализа деятельности предприятия, основанный на модели предприятия и модели действий предприятия. Он позволяет определить и ранжировать для проблемных ситуаций предприятия множество наиболее применимых РПУР. Предложены механизм формирования сетевой модели предприятия и принципиально новая архитектура модели предприятия для НЭС АДП, позволяющие наиболее адекватно отображать ПСП конкретного предприятия и выдавать рекомендации для принятия управленческих решений. Приведен алгоритм построения модели событий предприятия для НЭС АДП. Описаны две интерпретации модели событий предприятия: знакомство с ПрО и выбор РПУР. Описаны их структура и принципы организации. Модель событий предприятия позволяет увеличить эффективность и качество получаемых РПУР, упростить процесс ознакомления пользователя с ПрО, а также оптимизировать модель ПрО.

5. Рассмотрены ординарный и расширенный способы получения РПУР с применением модели предприятия на основе применения критериально-экстремизационных механизмов выбора и оценочной функции. Эти способы по-

зволяют с высокой достоверностью получать наиболее точные и полезные РПУР, а также осуществлять их ранжирование. Разработан механизм формирования групп РПУР согласно ПСП на предприятии, приведен алгоритм поиска таких РПУР, дающий возможность образовывать ранжированные группы РПУР по ПСП.

6. Описаны требования, предъявляемые к построению НЭС АДП. Приведена архитектура построения НЭС АДП, определены ее составные элементы. Представлена новая методика описания ПрО на основе ПСП для выдачи РПУР и раскрывающего ее списка понятий. Описаны способ построения подсистемы выбора рекомендаций и особенности работы нечеткой экспертной системы.

7. Программно реализована НЭС АДП "Nagrija" v.1.05, позволяющая эффективно и качественно производить анализ производственно-хозяйственной деятельности предприятий.

ОПУБЛИКОВАННЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Крошила С.В., Крошил А.В. Использование методов математического моделирования для построения системы информационной безопасности // Проблемы и методы управления экономической безопасностью регионов: материалы межвузовской научной конференции профессорско-преподавательского состава. – Коломна: КГПИ, 2006. – С.238 – 240.
2. Крошила С.В., Крошил А.В. Исследование проблем экономической информационной безопасности // Проблемы и методы управления экономической безопасностью регионов: Материалы межвузовской научной конференции профессорско-преподавательского состава. – Коломна: КГПИ, 2006. – С.243 – 246.
3. Крошила С.В., Крошил А.В. Обзор существующих автоматизированных систем финансового анализа деятельности предприятия и выявление их основных недостатков.//Математическое и программное обеспечение информационных систем: Межвуз. сб. науч. тр. / Под ред. А.Н. Пылькина - М: Горячая линия - Телеком, 2006. – С.64 - 67.
4. Крошила С.В., Крошил А.В. Основные аспекты построения экспертно-аналитических систем для управления компаниями // МНК "Национальная экономика в условиях глобализации: роль институтов": Материалы межвузовской научной конференции профессорско-преподавательского состава.- СПб: 2007.
5. Крошила С.В., Крошил А.В. Применение нечетко-множественного подхода для построения нечетких экспертных систем // Вестник РГРТУ. – Рязань: РГРТУ, 2007. Выпуск 22. – С.69-73.
6. Крошила С.В., Крошил А.В. Достоинства применения нечетко-множественного подхода для анализа деятельности предприятия //Проблемы и методы управления экономической безопасностью регионов: Региональная научно-теоретическая конференция. – Рязань: Связь, 2007.
7. Крошила С.В. Автоматизированная система аналитики деятельности предприятия // Новые информационные технологии в научных исследованиях и образовании: материалы XIII Всероссийской научно-технической

- конференции студентов. Часть 2. – Рязань: РГРТУ, 2008. – С.41 – 43.
8. Крошила С.В. Интеллектуальная система аналитики деятельности объектов управления // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: сборник статей VIII Всероссийской научно-технической конференции. – Пенза: Приволжский дом знаний, 2008. – С.225-227.
 9. Крошила С.В. Много-проекционная система моделирования предприятия // Проблемы передачи и обработки информации в сетях и системах коммуникаций: материалы 15-й Международной научно-технической конференции. Часть 2. - Рязань: РГРТУ. 2008. – С.51 – 52.
 10. Крошила С.В. Нечетко-множественные модели и методы для аналитики деятельности предприятий // Математическое и программное обеспечение информационных систем: межвуз. сб. науч. тр. / под ред. А.Н. Пылькина – М.: Горячая линия - Телеком, 2008. – С.123 – 126.
 11. Крошила С.В. Построение модели объекта управления в нечеткой экспертной системе // Проблемы искусственного интеллекта. – Пенза: Приволжский дом знаний, 2008. – С.225-227.
 12. Крошила С.В. Разработка и исследование автоматизированных систем анализа деятельности предприятия // Задачи системного анализа, управления и обработки информации: межвуз. сб. науч. тр. Выпуск 2. – М: МГУП, 2008. – С.56-72.
 13. Крошила С.В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам № 2008616067 от 25.12.2008.
 14. Крошила С.В. Свидетельство об отраслевой регистрации разработки № 11822 от 09.12.2008// ФГНУ "Государственный координационный центр информационных технологий".
 15. Крошила С.В., Каширин Д.И. Поиск документов в Интернет с помощью структуризации и унификации онтологических описаний // Новые информационные технологии в научных исследованиях и образовании: материалы XIII Всероссийской научно-технической конференции студентов. Часть 1. – Рязань: РГРТУ, 2008. – С.147-149.
 16. Крошила С.В., Каширин И.Ю. IDEF0 - методология функционального моделирования процессов // Проблемы передачи и обработки информации в сетях и системах коммуникаций: материалы 15-й Международной научно-технич. конф. Часть 2. - Рязань: РГРТУ, 2008. – С.45 – 47.
 17. Крошила С.В. Использование семантических сетей для проектирования экспертных систем анализа деятельности предприятия // Системы управления и информационные технологии, 2009. 1.1(35) . – С.200-204.
 18. Крошила С.В., Разработка и исследование автоматизированных систем анализа деятельности предприятия с использованием семантических сетей // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. - 2009. №1. – С.66 -72.
 19. Крошила С.В. Разработка автоматизированных систем анализа деятель-

ности предприятия с использованием семантических сетей// Информационные технологии моделирования и управления. – Воронеж:, №1 (53), 2009. – С.119-126.

КРОШИЛИНА Светлана Владимировна

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ
АНАЛИЗА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано в печать 14.04.2009. Формат бумаги 60×84 1/16.

Бумага офисная. Печать трафаретная. Усл. печ. л. 1,0.

Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 100 экз.

Рязанский государственный радиотехнический университет.

390005, г.Рязань, ул.Гагарина, д.59/1.

Редакционно-издательский центр РГРТУ.