

На правах рукописи

ЕВСТИГНЕЕВ АНТОН НИКОЛАЕВИЧ

**АНАЛИТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА
ОЦЕНКИ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА
ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА НА ОСНОВЕ
НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
(На примере АлтГТУ имени И.И. Ползунова)**

05.13.10 – управление в социальных и экономических системах

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Барнаул - 2006

Работа выполнена в ГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» на кафедре «Информационные системы в экономике».

Научный руководитель: Доктор технических наук, профессор
Пятковский Олег Иванович

Официальные оппоненты: Доктор технических наук, профессор
Байкалов Семен Петрович

Кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник Зиновьев
Александр Тимофеевич

Ведущая организация: Институт электронных программно-методических средств обучения РАО

Защита диссертации состоится 29 декабря 2006 года в 10⁰⁰ часов на заседании регионального диссертационного совета КМ212.004.01 в ГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» по адресу: 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУ ВПО «Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова».

Автореферат разослан 27 ноября 2006 г.

Ученый секретарь регионального
диссертационного совета к.э.н., доцент

А.Г. Блем

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Сегодня рынок наукоемких технологий является одним из наиболее динамично развивающихся сегментов мирового рынка. В связи с этим очевидна роль университета как разработчика и поставщика инновационных продуктов и технологий.

В новых условиях технический университет становится учебно-научно-инновационным комплексом. В такой роли его инновационная деятельность определяется научной направленностью и потребностями региона, которые необходимо оценивать и анализировать.

Таким образом, оценка инновационного потенциала крупного технического университета является важным элементом системы управления научно-инновационной деятельностью не только в самом университете, но и в регионе. Наиболее актуальной проблемой является организация эффективного взаимодействия прикладной науки с производственной сферой, развитие и распространение наукоемких технологий.

В данном вопросе достаточно сложным и наиболее противоречивым элементом остается методическое обеспечение системы оценки инновационного потенциала университета, т.е. перечень исходных показателей, критериев оценки, методы их обобщения и граничные условия.

В современных условиях, когда большая доля научных исследований и разработок наукоемкой продукции сосредоточена в университете органическим элементом названной системы, становится и образование как подготовка квалифицированных кадров, без которых невозможно эффективное воплощение научных достижений в производстве.

Развитие инновационной деятельности университета направлено на создание условий для развития экономики основанной на знаниях, для создания новых знаний. Эффективность экономики определяется степенью развития инновационных процессов, которые включают как получение новых знаний, так и передачу их в производственный сектор экономики и в социальную сферу.

Учитывая вышесказанное, очевидна актуальность оценки инновационного потенциала университета и его подразделений с целью стимулирования развития инновационной активности и ориентации научных разработок на конечных потребителей.

В стратегии экономики основанной на знаниях региональные особенности определяют цели, задачи и темпы инновационных процессов. Территориальные и отраслевые особенности развития инновационной деятельности каждого региона, в том числе Алтайского края,

значительно зависят от местных научных организаций, университетов. При этом технический университет в условиях техноэволюции призван быть основой активизации инновационной деятельности в отраслях жизнедеятельности региона.

АлтГТУ имени И.И. Ползунова является региональным центром развития инновационной деятельности в условиях переходной экономики к рыночным формам хозяйствования.

Научные исследования проблем развития инновационной деятельности находят отражение в отечественной литературе. В обширном перечне известных научных работ можно выделить следующих авторов: В.Е. Шукшунов, В.Р. Атоян, И.М. Бортник, С.Г. Поляков, Н.В. Казакова, Ю.В. Шленов, А.В. Суворинов, Н.Д. Рогалев, А.А. Харин, С.А. Митрофанов, В.Г. Зинов, А.Д. Викторов, Л.В. Черненькая, В.М. Кутузов, Е.А. Лурье, В.А. Бородин, Т.Б. Маркина, Е.А. Моностырный, А.М. Гринь и многие другие.

Характерными особенностями задач оценки инновационного потенциала являются их сложность и неформализованность, большие массивы первичной информации, искаженность и неточность данных, нестабильность внешней среды, неопределенность внутренних взаимосвязей.

Для решения различных задач оценки российскими авторами предлагались разнообразные методы. Попов Э.В., Одинцов Б.Е. и ряд других авторов проводили исследования по применению продукционных экспертных систем для решения сложных, в т.ч. экономических, задач. Целым рядом авторов (Горбань А.Н., Россиев Д.А., Миркес Е.М.) был описан нейросетевой подход к решению неформализованных задач. Однако, наилучшие результаты дает применение гибридных экспертных систем, описанных в работах Силича В.А., Пятковского О.И. Гибкость настройки, возможность сочетания различных методов искусственного интеллекта позволяют гибридным экспертным системам занять лидирующее положение среди методов решения неформализованных задач.

Цель исследования. Разработка модели и информационной системы оценки инновационного потенциала технического университета с применением нейросетевых технологий.

Задачи исследования:

- На основе методов системного анализа исследовать процесс оценки инновационного потенциала технического университета.
- Провести анализ существующих подходов и систем оценки инновационного потенциала.

- Провести анализ использования нейросетевых технологий для оценке инновационного потенциала.
- Определить структуру модели оценки инновационного потенциала.
- Выделить интеллектуальные блоки и определить методы решения задач оценки инновационного потенциала.
- Разработать информационную систему оценки инновационного потенциала.
- Провести вычислительный эксперимент по использованию разработанной системы и проанализировать полученные результаты.

Объектом исследования является инновационная деятельность технического университета.

Предметом исследования является разработка методов и алгоритмов решения задач оценки инновационного потенциала технического университета.

Методы исследования. Поставленные в диссертационной работе задачи решались с применением методов системного анализа, проектирования информационных систем, методов искусственного интеллекта, а именно, нейронных сетей и продукционных экспертных систем.

Научной новизной в диссертационной работе обладают следующие результаты:

1. Разработана модель оценки инновационного потенциала технического вуза на основе нейросетевых технологий.
2. Предложен метод решения задачи оценки инновационного потенциала, включающий этапы создания структуры решения задачи, предобработка данных и обучение нейросетевых компонентов.
3. Разработана аналитическая информационная система, обеспечивающая решение задачи оценки инновационного потенциала научно-технических организаций на основе нейросетевых методов.

Защищаемые положения:

1. Модель системы оценки инновационного потенциала на основе нейросетевых технологий.
2. Технология, алгоритм и метод настройки гибридной экспертной системы и нейросетевых решателей.
3. Результаты вычислительного эксперимента оценки инновационного потенциала.

Практическая значимость результатов диссертационной работы заключается в том, что разработанная модель и информационные технологии будут применены для эффективного решения задач оценки инновационного потенциала технического университета.

Полученные результаты имеют практическое значение:

- Спроектирована аналитическая информационная система «Иновация». Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2005612344.

- Разработанная аналитическая информационная система внедрена в учебном процессе кафедры «Информационные системы в экономике» в Алтайском государственном техническом университете.

- Разработанная аналитическая информационная система внедрена в Алтайском государственном техническом университете, Томском политехническом университете, Саратовском государственном техническом университете

Полученные результаты позволят руководству вуза решить сразу несколько управленческих задач таких, как получение руководством вуза достаточно полной информации об инновационной деятельности его подразделений, что позволяет принимать направленные и эффективные решения. Выявление «слабых мест» в научной организации, причин, затрудняющих ее развитие, и принятие мер по исправлению положения; выставление рейтинговой оценки подразделений и стимулирование «лидеров».

Реализация результатов. Научные результаты работы были использованы при построении модели оценки инновационного потенциала. Разработанная аналитическая информационная система используется при проведении оценки инновационного потенциала вуза, деятельности кафедр АлтГТУ, о чем в работе имеются акты о внедрении и использовании.

Основные результаты исследования нашли отражение и применены в научно-исследовательских и опытно-конструкторских хозяйственных работах, в которых автор является непосредственным исполнителем, в их числе хозяйственного с АлтГТУ, ТПУ, СГТУ.

Исследование проводилось в рамках государственного контракта по теме РИ-16/006 «Научно-организационное, методическое и техническое обеспечение организации и поддержки научно-образовательных центров в области информационных технологий и осуществление на основе комплексного использования материально-технических и кадровых возможностей совместных исследований и разработок».

Апробация результатов работы. Основные положения и результаты работы докладывались и обсуждались на всероссийской межвузовской научно-практической конференции аспирантов и преподавателей с международным участием «Решение глобальных и региональных проблем в экономике» (АлтГТУ им. И.И. Ползунова, Барнаул) в 2004 году, на всероссийском семинаре «Нейроинформатика и ее приложения» (Институт вычислительного моделирования СО РАН, г. Красно-

ярсск) в 2006 году, на научно-технической конференции «Виртуальные и интеллектуальные системы» (АлтГТУ им. И.И.Ползунова, Барнаул) в 2006 году.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 работ, на аналитическую информационную систему «Инновация» получено свидетельство о регистрации.

Структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения и библиографии. Общий объем диссертации составляет 139 страниц. Список использованной литературы включает 146 наименования.

ОБЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность диссертационного исследования, сформулирована цель и задачи для ее достижения, определены объект и предмет работы, методы исследования, научная новизна и положения, выносимые на защиту. Теоретическая и практическая значимость, апробация результатов работы.

В первой главе диссертационной работы «Научная основа оценки инновационного потенциала технического университета» проведен анализ инновационной деятельности технического университета, рассмотрены ее особенности и связь с научной и производственной деятельностью. Проведена систематизация и анализ существующих моделей оценки. Рассмотрены методологические подходы к оценке объектов инновационного потенциала и сформирована концепция построения модели оценки инновационного потенциала на основе гибридных экспертных систем и нейросетевых технологий.

В первом параграфе главы приведено описание развития инновационной деятельности Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова. Представлены и рассмотрены четыре основных направления развития научно-инновационной деятельности АлтГТУ, которые определяют его инновационный потенциал и активизацию инновационной деятельности в решении региональных задач.

Основные направления развития научно-инновационной деятельности АлтГТУ в условиях Алтайского края:

- трансформация университетского комплекса в инновационной стратегии развития региона;
- технология подготовки специалистов для инновационной сферы на основе программы «Студенты и аспиранты малому наукоемкому бизнесу» – «Ползуновские гранты»;

- программа «СТАРТ» на Алтае – финансирование инновационных проектов, находящихся на начальной стадии развития;
- инновационно-технологический центр (ИТЦ) – трансфер, наукоемкие производства, интеллектуальные ресурсы в составе ИТЦ России.

Во втором параграфе главы приведено описание анализа на предмет существования и использования информационных систем в оценке инновационного потенциала. На сегодняшний момент применяются наиболее простые методы подсчета рейтинга (подсчет средневзвешенного, суммирование баллов), которые зачастую не способны учесть большое количество факторов и сложных взаимосвязей между ними. Также в России не наблюдается особых достижений в программном обеспечении данного процесса.

Практически в каждом российском университете ведутся работы по разработке системы оценки инновационного потенциала. Однако наибольшее внимание при этом уделяется критериям оценки, а не программному и математическому обеспечению. Поэтому зачастую в данных методиках используются формализованные зависимости.

В некоторых работах авторами описываются попытки применения нейросетевых технологий, однако о практических результатах применения ничего не упоминается. Наибольших успехов достигли специалисты томского университета, которые разработали достаточно подробную и универсальную систему показателей инновационного потенциала и методику расчета.

В третьем параграфе главы проведен анализ существующих методов решения задач оценки применительно к объектам инновационного потенциала. Рассмотрено решение неформализованных задач путем построения аналитических зависимостей, продукционных экспертных систем и нейронных сетей. Проанализированы достоинства и недостатки.

Основное преимущество аналитических формул – простота использования. Недостатком являются серьезные затруднения при обработке качественных показателей, которые содержатся среди входных параметров. Требуется наличие экспертных знаний, представленных в виде математических зависимостей, что не всегда возможно, кроме того, применение формул приводит иногда к недопустимому упрощению.

Преимуществом продукционных экспертных систем является возможность использования экспертных знаний в явном виде и обработка качественных и количественных показателей. Логическая прозрачность и возможность пополнения экспертной системы знаниями в процессе эксплуатации. Недостатки - не все знания можно представить в четком виде правил продукции, поэтому для качественного анализа

необходимо кроме продукционных правил использовать дополнительные методы, не обладающие достаточной гибкостью.

У нейронных сетей преимуществом является возможность использования опыта, обработка и запоминания эмпирических данных о деятельности объекта, а также возможность оперативного дообучения. Определение значимости входных показателей и работа с зашумленными и неполными данными. Применение нейронных сетей для оценки объектов также сопряжено с некоторыми трудностями, главная из которых логическая непрозрачность получаемых результатов и получаемые результаты заведомо содержат ошибку.

В контексте данной работы под нейросетью понимается сложная вектор-функция:

$$F^p(\mathbf{a}, \mathbf{x}) = \sum_{i_k=0}^{m_{k+1}} (a_{i_k, p}^{k+1} \cdot f_{i_k}^k(\mathbf{a}^k, \mathbf{f}^{k-1}(\dots, \mathbf{f}^2(\mathbf{a}^2, \mathbf{f}^1(\mathbf{a}^1, \mathbf{x}))))), \quad (1)$$

где p – номер компоненты выходного вектора, $\mathbf{a}$ – вектор параметров или весов связей, $\mathbf{x}$ – вектор входных данных или переменных, k – число слоев сети, m_k – число нейронов в k -м слое, $f_i^r(\mathbf{a}, \mathbf{f}^{r-1})$ – функция поведения нейрона:

$$f_i^r(\mathbf{a}, \mathbf{f}^{r-1}) = \sum_{j=0}^{m_{r-1}} f_j^{r-1} \cdot a_j / \left(c + \left| \sum_{j=0}^{m_{r-1}} f_j^{r-1} \cdot a_j \right| \right), \quad (2)$$

где $c > 0$ – характеристика пологости функции, $r = 1..k$ – номер слоя сети, i – номер нейрона, $f_0^0 = 1$. Технология функционирования нейросетевого блока представлена на рисунке 1.

Особенностью нейросетевых моделей являются их внутренние регуляризующие свойства, позволяющие получать малые ошибки обобщения. Полезность регуляризующих свойств нейронных сетей проявляется в ситуациях, когда экспериментальные данные о системе содержат внутреннюю избыточность. Избыточность позволяет представить совокупность данных моделью, содержащей меньшее число параметров, чем имеется данных. Таким образом, нейросетевая модель сжимает экспериментальную информацию, устраняя шумовые компоненты и подчеркивая непрерывные, гладкие зависимости.

Метод экспертных оценок ~~применяется для решения сложных неформализованных задач оценки. Кроме того, для построения продукционных и нейросетевых решателей требуется применение экспертных знаний, которые можно получить с помощью экспертизы.~~

~~В продукционных системах они необходимы для составления базы знаний, в нейронных сетях – для составления обучающих выборок.~~

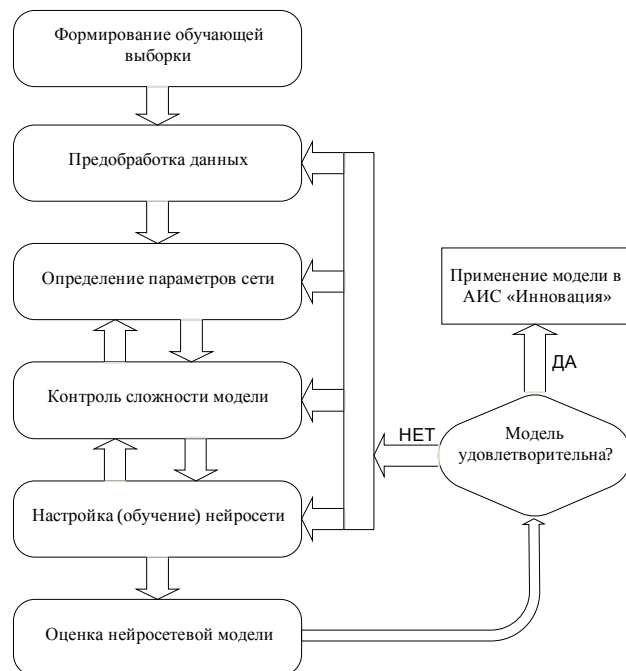


Рисунок 1 – Механизм формирования нейросетевой модели

~~Экспертное оценивание – это процесс измерения, сравнения объектов по выбранным показателям.~~

В заключении главы приведено обоснование использования гибридных экспертных систем для решения задач оценки инновационного потенциала, выделены нерешенные проблемы, возникающие при их настройке и обоснована эффективность системы мониторинга.

В первом параграфе **второй главы** работы «Интеллектуальная информационная система оценки инновационного потенциала технического университета» описана структура гибридной экспертной системы оценки инновационного потенциала технического университета.

При оценке инновационного потенциала достаточно сложно определить критерии и методы расчета целевой и промежуточных вершин. Методика оценки должна быть максимально направлена на соответствие следующим требованиям, таким как полнота охвата предметной области; избыточность (отсутствие повторений) и непротиворечивость критериев; использование простых, легко проверяемых и количественно оцениваемых первичных показателей; относительность оценок, обеспечивающая правомерность сопоставления различных

организаций; различная значимость критериев; возможность их группировки по принципу семантической близости.

Предлагаемая методика оценки инновационного потенциала складывается из множества факторов, характеризующих объект исследования с различных сторон. Эти факторы можно обобщить в следующих показателях:

1.1 Задел научно-технических собственных и приобретенных разработок и изобретений. При этом здесь учитывается также возможность и способность организации найти и приобрести права на использование необходимых ему разработок, а также заказать новые научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по интересующей их тематике.

1.2 Инфраструктурные возможности НТО для обеспечения основных этапов инновационного процесса.

1.3 Внешние и внутренние факторы, отражающие взаимодействие инновационного потенциала с другими частями совокупного потенциала научно-технической организации и влияющие на успешность осуществления инновационного цикла.

1.4 Уровень инновационной культуры, характеризующий степень восприимчивости новшеств персоналом предприятия, организации, его готовности и способности к реализации новшеств в виде инноваций.

Факторы являются промежуточными вершинами (узлами) в графе (дереве) решения задачи.

Задел научно-технических собственных и приобретенных разработок и изобретений включает в себя оценку видов завершения собственных НИОКР, оценку руководителями деловых связей между производством и наукой, оценку влияния задела научно-технических разработок и изобретений в НТО, а также техническое состояние оборудования.

Инфраструктурные возможности определяются наличием доступа к необходимым ресурсам для обеспечения полного цикла создания инновационного продукта.

Внешние и внутренние факторы характеризуются востребованностью продукции рынком, наличием госзаказа, подготовленностью специалистов в различных областях, уровнем мотивации сотрудников организации.

Неотъемлемой частью инновационного потенциала является инновационная культура, то есть состояние восприимчивости новшеств личностью, группой, обществом в целом, их готовности и способности к реализации новшеств в качестве инноваций. Тема инновационной культуры относительно нова и требует тщательного анализа структуры данного понятия.

Таким образом, схема анализа оценки инновационного потенциала технического университета представляет собой иерархическую модель (рисунок 2, 3). При таком представлении решения задачи эффективно применение гибридных экспертных систем, то есть общая задача представляется как совокупность подзадач образующих иерархию. При этом решение осуществляется через последовательное решение всех подзадач, из которых она состоит (снизу вверх).

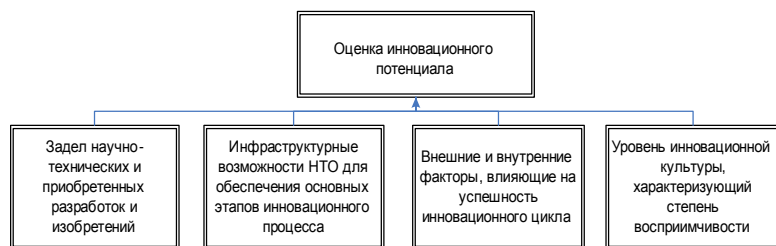


Рисунок 2 – Вершины дерева оценки инновационного потенциала

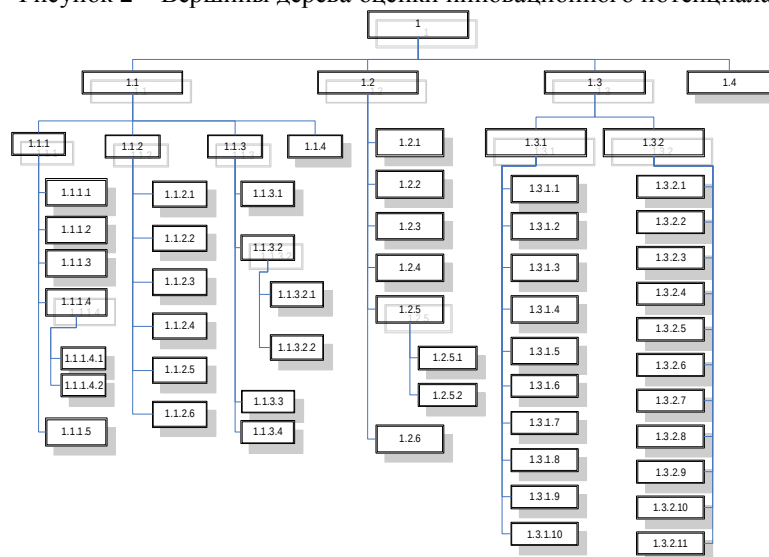


Рисунок 3 – Дерево оценки инновационного потенциала технического университета

Из рисунка 3 видно, что на вход блока 1.1.1 Оценка видов завершения собственных НИОКР поступает вектор текущих значений показателей $x_{1111}, x_{1112}, \dots, x_{111n}$, влияющих на данный критерий R_{111} . В каче-

стве выходного значения блока оценки служит оценка значения критерия R_{111} .

В общем случае модель оценки инновационного потенциала вуза можно представить в виде следующей формулы:

$$\begin{aligned} R = & F_1(N_{11}(N_{111}(x_{1111} \dots x_{1115}, F_{1114}(x_{11141}, x_{11142})), \\ & N_{112}(x_{1121} \dots x_{1126}), N_{113}(x_{1131} \dots x_{1134}, F_{1132}(x_{11321}, x_{11322})), x_{114}), \\ & N_{12}(x_{121} \dots x_{1216}, F_{125}(x_{1251}, x_{1252})), \\ & F_{13}(N_{131}(x_{1311} \dots x_{13110}), F_{132}(x_{1321}, x_{132_11})), x_{14}), \end{aligned} \quad (3)$$

где R – результат оценки (итоговое значение), x – исходные показатели, $F()$ – функция формализованной зависимости, $N()$ – нейросетевая функция.

Формула нейронной сети на примере узла 1.1.1 «Оценка видов завершения собственных НИОКР» выглядит следующим образом:

$$R_{111} = F\left(\sum_{j=1}^M v_j F\left(\sum_{i=1}^N x_{111i} w_{ji}\right)\right), \quad (4)$$

при этом структура сети: 1 слой (M нейронов) и 1 скрытый слой (1 нейрон), N – количество входных показателей, F – сигмоидная функция, w_{ji} – синоптический вес j -го нейрона для i -го входного параметра, v_j – вес j -го нейрона на первом слое, x_{111i} – значение i -го входного параметра.

Формализованные зависимости для узлов дерева представлены в виде средневзвешенных значений. Например, для узла 1.1.1.4 «Использование изобретений» формулу можно записать в следующем виде:

$$R_{1114} = \sum_{i=1}^N x_{1114i} w_i; \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^N w_i = 1, \quad (6)$$

где R_{1114} – значение узла 1.1.1.4, x_{1114i} – значения входных показателей для расчета данного узла, w_i – вес i -го фактора, сумма весов равна 1, N – количество входных показателей.

Во втором параграфе второй главы рассмотрено формирование методов и алгоритмов решения локальных задач с использованием нейросетевых методов, систем обработки знаний и аналитических зависимостей.

Одним из основных этапов разработки поля знаний является формализация задач в узлах графа связей, полученным в ходе структуризации. Система является открытой для применения тех или иных

методов формализации. Исследования, проведенные в диссертации показали, что наиболее приемлемы для решения слабоформализуемых задач оценки инновационного потенциала являются, следующие методы: аналитические формулы и методы, основанные на искусственных нейронных сетях (индуктивное представление знаний).

Выбор метода решения в узлах дерева зависит от целого ряда факторов, которые делятся на две группы. Во-первых, это характеристики решаемой задачи, во-вторых, это характеристики возможных методов решения, в том числе продукционных экспертных систем и нейронных сетей, и предпочтения пользователя, решающего задачу.

Наиболее универсальным методом являются нейронные сети, так как для их применения нет необходимости выявлять и доказывать формулы, строить сложную базу правил. Необходимо лишь сформировать достаточную обучающую выборку – задачник и обучить сеть. Впоследствии для улучшения результатов ее можно дообучать и переобучать.

В третьем параграфе второй главы описана структура аналитической информационной системы оценки инновационного потенциала технического университета (рисунок 4) и основные принципы ее построения.



Рисунок 4 – Структура системы оценки инновационного потенциала

В качестве интеллектуального блока аналитического комплекса использована гибридная экспертная информационная система «Бизнес-Аналитик», позволяющая решать как формализованные, так и неформализованные задачи. Конфигурация системы в данном исполнении

настроена на решение узких задач мониторинга инновационной деятельности университета.

Гибридная модель при решении задач оценки дает определенные преимущества. Во-первых, для разных подзадач можно использовать разные методы решения. Во-вторых, при изменении в механизме решения одной подзадачи не возникает необходимости в корректировке остальных.

В-третьих, можно применить различные методы решения к одной подзадаче и сравнить результаты решения. В-четвертых, агрегирование информации в рамках гибридной модели не приводит к ее потере, все данные вплоть до первичных показателей могут быть восстановлены.

В состав гибридной экспертной системы входят основные блоки, представленные на рисунке 5.

Этапами решения аналитической задачи являются: структуризация, формализация, конкретизация. Целью процесса структуризации – формирование графа решения задачи без циклов и петель.

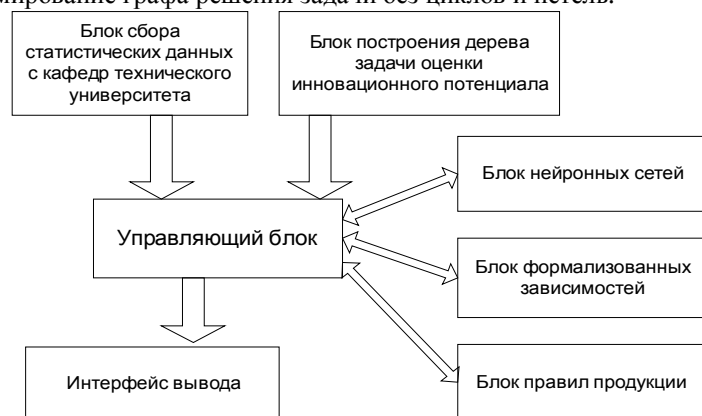


Рисунок 5 - Структура гибридной экспертной системы

Для этого используется системный подход к описанию проблемной области неформализованной задачи на основе алгоритма структурирования задачи оценки "сверху - вниз" с раскрытием вершин в глубину и технология извлечения знаний на основе методов экспертных оценок.

В четвертом параграфе описана технология проведения вычислительного эксперимента с целью принятия рациональных управленческих решений.

Технология включает в себя разработку анкеты; определение экспертной комиссии; расчет компетентности, компетентность каждого эксперта определена весовыми коэффициентами. Расчет коэффициен-

тов компетентности экспертов производился методом взаимооценки. Коэффициент компетентности i -го эксперта рассчитывается по следующей формуле:

$$K_i = \frac{\sum_{j=1}^L p_{ij}}{\sum_{k=1}^L \sum_{j=1}^L p_{kj}}, \quad (7)$$

где числитель – общая сумма баллов i -го эксперта по оценкам всех экспертов, знаменатель – итоговая сумма всех баллов по всем экспертам, L – количество экспертов, p_{ij} , p_{kj} – мнение i -го эксперта о компетентности j -го и k -го эксперта соответственно. Следует отметить, что формула уместна в данном случае, так как данные экспертов нормированы в интервал (0-10), иначе необходимо было бы проводить нормировку мнений экспертов.

Следующий этап является сбор статистической информации. Данные собирались на основе анкетирования. Руководителям кафедр предлагалось заполнить анкету научно-инновационного потенциала.

После сбора и обработки анкет была сформирована база знаний. Для определения обучающего параметра применялся метод экспертных оценок.

Следующим шагом было деление общей выборки на обучающую и тестовую. Примеры тестовой выборки формировались случайным образом. Обучающая выборка состоит из примеров, каждый пример представляет собой ряд показателей и обобщенную интегральную оценку этих показателей. Интегральная оценка выставлена на основе мнений экспертов, с учетом их компетентности.

Далее обучающая выборка загружается в систему из заранее подготовленного файла (формата XSL, DBF). После загрузки применяются методы поиска и устранения аномалий (если это необходимо).

Далее происходил подбор структуры нейронной сети; обучение нейронной сети, что включает в себя выбор метода обучения, упрощение структуры. После обучения сеть сохраняется и подвергается тестированию. Анализируется ошибка обучения и обобщения. Если ошибка обобщения находится в установленных экспертами допустимых пределах, нейронную сеть можно использовать для решения задачи оценки.

В третьей главе работы содержится описание настройки гибридной экспертной системы на решение оценки инновационного потенциала технического университета и результаты вычислительного эксперимента оценки инновационного потенциала технического университета, а также программная реализация аналитической информационной системы.

Разработанная программа АИС «Инновация», состоит из клиентской и общей части. Клиентская часть отвечает за сбор исходных данных об инновационной деятельности кафедр и университета, выполненная в виде электронной анкеты, а общая часть осуществляет комплексный расчет с использованием интеллектуальных компонентов и анализ результатов (рисунок 6).

В качестве общей части в программном комплексе используются интеллектуальная система «Бизнес-Аналитик», функциональными блоками которой являются:

- блок настройки решения задачи;
 - настройка, обучение нейронных сетей;
 - настройка формализованных зависимостей;
- блок расчета;
- блок представления результатов.

The screenshot shows the 'Инновация' software interface. At the top, there are input fields for 'Пользователь' (User) and 'Пароль' (Password), along with buttons for 'Загрузка Базы Данных', 'Загрузка Базы Аналитики', 'Получить отчет', and 'Вход в Excel'. Below these is a section for 'Типовые показатели' (Typical indicators) with a dropdown menu. The main part of the interface is a table with three columns: 'Шифр' (Code), 'Показатель' (Indicator), and 'Значение' (Value). The table contains 30 rows of data, each representing a different innovation metric and its corresponding value.

Шифр	Показатель	Значение
И11.4	Использование изобретений	
И11.41	Количество изобретений, использованных в коммерческой деятельности	4
И11.42	Количество изобретений, использованных в промышленности	0
И11.43	Выборочный обзор	4
И12	Выполнение НИТ работ научно-технических работников и изобретателей НИО	
И12.1	Исполнительная работа	1
И12.2	Исполнительная работа	12
И12.3	Количество работ по изобретениям	13
И12.4	Количество работ по изобретениям	39
И12.5	Количество работ по изобретениям	43
И13	Выполнение работ по изобретениям, изобретателями, изобретателями, изобретателями	
И13.1	Исполнительная работа по изобретениям	1
И13.2	Количество работ по изобретениям	190
И13.3	Количество работ по изобретениям	2
И13.4	Количество работ по изобретениям	2
И13.5	Количество работ по изобретениям	0
И13.6	Количество работ по изобретениям	1
И13.7	Количество работ по изобретениям	2
И14	Количество работ по изобретениям	
И15	Количество работ по изобретениям	5
И16	Количество работ по изобретениям	0
И17	Количество работ по изобретениям	20
И18	Количество работ по изобретениям	0
И19	Количество работ по изобретениям	4
И20	Количество работ по изобретениям	4
И21	Количество работ по изобретениям	1
И22	Количество работ по изобретениям	4
И23	Количество работ по изобретениям	4
И24	Количество работ по изобретениям	4
И25	Количество работ по изобретениям	4
И26	Количество работ по изобретениям	4
И27	Количество работ по изобретениям	4
И28	Количество работ по изобретениям	4
И29	Количество работ по изобретениям	4
И30	Количество работ по изобретениям	4

Рисунок 6 – Клиентская часть программы АИС «Инновация»

В первом параграфе третьей главы рассмотрен процесс настройки нейронных сетей и формализованных зависимостей в узлах дерева знаний. В шести узлах в качестве метода решения был определен аппарат нейронных сетей. В результате многочисленных экспериментов по обучению сетей, позволило выявить оптимальную структуру для каждого узла (на следующей странице таблица 1).

Под оптимальной структурой в работе понимается такое строение нейронной сети, при котором ошибка обобщения будет иметь устойчивый и удовлетворительный результат. Экспертами установлена приемлемая ошибка обобщения не более 6%.

При обучении использовались различные методы. Наилучший результат показали методы CGB, SCG, BFGS. При обучении данными методами ошибка обучения через 3-4 итераций быстро уменьшалась. Надо отметить, что при слишком низкой ошибке обучения, нейронная сеть переобучалась.

Устранение аномалий значительно уменьшило дисперсию рассматриваемых факторов, однако результаты тестирования показали однако результаты тестирования показали результаты значительно хуже при тех же структурах сети.

Таблица 1 — Результаты обучения нейронных сетей.

Наименование узла	Структура сети	Ошибка обучения	Ошибка обобщения
Оценка видов завершения собственных НИОКР	2-1	3,95	5,30
Оценка руководителями деловых связей между производством и наукой	5-5-1	1,65	2,83
Оценка влияния на инновационный потенциал задела научно-технических разработок и изобретений в НТО	4-1	1,97	3,15
Задел научно-технических собственных и приобретенных разработок и изобретений.	5-1	1,67	5,63
Инфраструктурные возможности НТО для обеспечения основных этапов инновационного процесса	5-5-5-5-5	0,07	3,47
Внешние факторы	4-1	2,21	1,90

В некоторых узлах рассматриваемого дерева в качестве метода решения определены формализованные зависимости (формулы). В данном случае формулы составлены экспертным путем с помощью определения весов каждого показателя в итоговом результате. То есть итоговое значение показателя определяется по следующей формуле:

$$R = \sum_{i=1}^N k_i F_i, \quad (8)$$

где R – результат расчета по формуле, k_i – весовой коэффициент i -го фактора, F_i – значение i -го фактора.

Ниже представлен список узлов, в которых используется формула:

- инновационный потенциал;
- использование изобретений;
- информационное обеспечение инновационных разработок;
- внешние и внутренние факторы.

В результате проведенного эксперимента были получены следующие результаты оценки инновационного потенциала (рисунок 7)

Разработанная методика является экспериментальной попыткой оценить сложный, но очень важный для университета показатель. Проведена работа по выявлению критериев оценки и построено дерево решений. Работоспособность дерева действительно решать поставленные задачи, которое продолжает проверяться экспертами в данной области.

Полученные с помощью аналитической информационной системы результаты позволят руководству университета решить сразу несколько управленческих задач:

- получение руководством университета достаточно полной информации об инновационной деятельности его подразделений, что позволяет принимать направленные и эффективные решения;
- выявление «слабых мест» в научной организации, причин, затрудняющих ее развитие, и принятие мер по исправлению положения;
- выставление рейтинговой оценки подразделений и стимулирование «лидеров»;
- выявление «слабых мест» в научной организации, причин, затрудняющих ее развитие, и принятие мер по исправлению положения;
- выставление рейтинговой оценки подразделений и стимулирование «лидеров»;
- в единой базе данных университета накапливается статистическая информация, которую можно использовать для определения различных закономерностей.

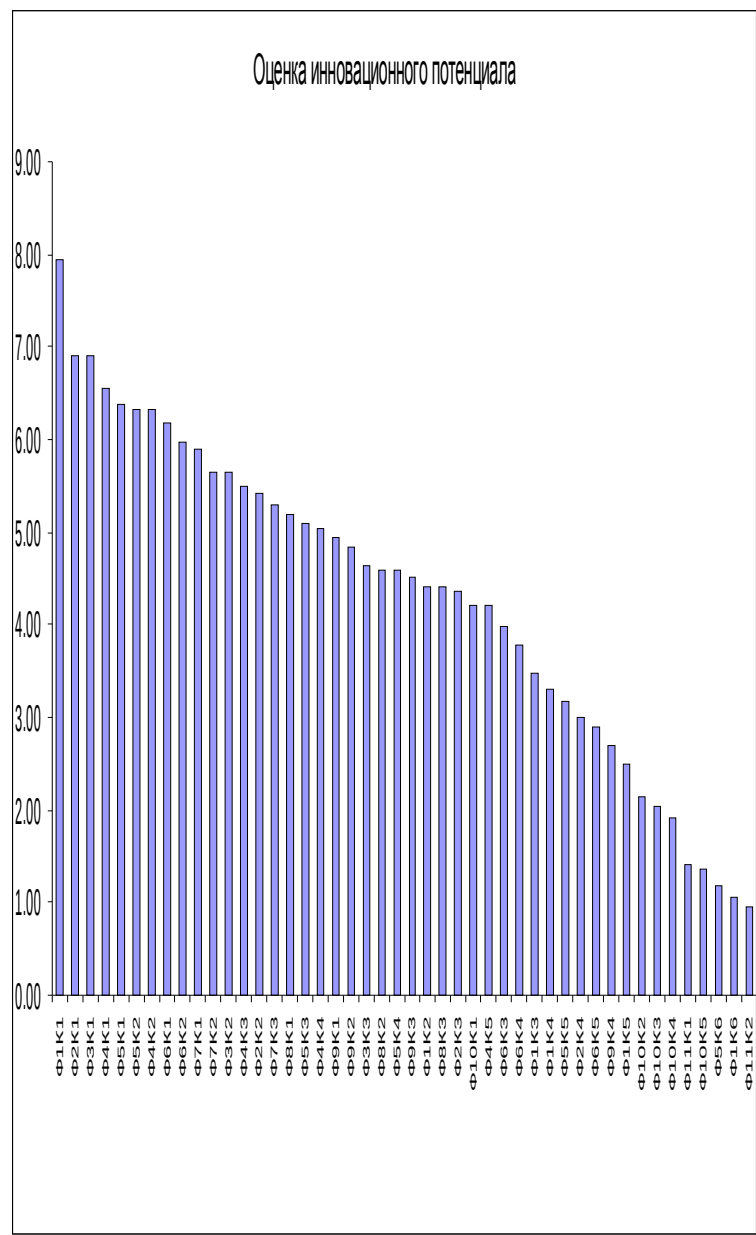


Рисунок 7 – Диаграмма оценки инновационного потенциала подразделений АлтГУ

Центральной проблемой в решении подобных задач является выбор критериев – исходных показателей и промежуточных вершин, а также существенны проблемы сбора исходных данных, проверки достоверности, контроля и полноты. Первую проблему можно решить путем создания web-интерфейса, средствами которого может быть осуществлен ввод исходных данных, что позволит существенно сократить временные затраты на сбор первичной информации.

Работа по оценке инновационного потенциала и отладке разработанной методики продолжается. Данное направление является перспективным и востребованным. В конечном итоге система может оценивать не только потенциал учебного подразделения, но и любой организации, выпускающей наукоемкую продукцию, и даже города или региона. В заключение диссертации формулируются основные выводы, приводятся важнейшие результаты работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В ходе проведенного исследования решены поставленные задачи и достигнуты следующие результаты:

1. На основе методов системного анализа исследован процесс оценки инновационного потенциал технического университета. Проведен анализ существующих подходов и систем оценки инновационного потенциала университета. Проведен анализ инновационного потенциала университета как объекта исследования на примере АлтГТУ им И.И. Ползунова.

2. Проведен анализ использования нейросетевых технологий в оценке инновационного потенциала. Определена структура модели и системы оценки инновационного потенциала. Выделены интеллектуальные блоки и определены методы решения задач оценки инновационного потенциала в узлах графов связи.

3. Показано, что настройка гибридной модели на решение задач оценки включает в себя ее структуризацию, выбор и настройку метода решения всех внутренних подзадач.

4. Выработаны критерии и алгоритмы выбора методов решения для вершин иерархического дерева.

5. Описан процесс проведения экспертизы с целью получения экспертных знаний для настройки методов формализации в узлах графа. Предложен алгоритм оценки компетентности экспертов на основе аппроксимации их мнений нейросетевыми решателями.

6. Разработана аналитическая информационная система оценки инновационного потенциала научно-технических организаций. «Инновация».

7. Проведена серия вычислительных экспериментов по использованию разработанной системы, подтверждающих эффективность использования выбранных методов и алгоритмов, а также разработанного программного продукта. Проанализированы полученные результаты.

Сравнительный анализ инновационного потенциала структурных подразделений АлтГТУ им. И.И. Ползунова показывает, что имеются кафедры, приоритетно развивающиеся и требующие планирования мероприятий для их развития в университете. Таким образом, имеется возможность систематизации кафедр по признакам, характеризующим инновационный потенциал.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Евстигнеев А.Н. Инновации: Что мешает прорыву? Решение глобальных и региональных проблем в экономике : сборник докладов на Всероссийской межвузовской научно-практической конференции аспирантов и преподавателей с международным участием / АлтГТУ им. И.И. Ползунова. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2004. – С. 138–141.

2. Евстигнеев А.Н. Факторы, влияющие на развитие инновационной деятельности региона. Повышение экологической безопасности автотракторной техники : сборник статей / под ред. д.т.н., проф., академика РАТ А.Л. Новоселова / Российская академия транспорта, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2003. – С. 125–127.

3. Новоселов С.В. Системная трансформация университетского комплекса, как особая миссия в стратегии регионального развития экономики, основанной на знаниях / С.В. Новоселов, **А.Н. Евстигнеев** // Ползуновский вестник : Экономика. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2005. – №1. – С. 164–169.

4. Евстигнеев А.Н. Инновационное образование в стратегии развития учебно-научно-инновационного комплекса АлтГТУ им. И.И. Ползунова / А.Н. Евстигнеев, А.А. Максименко, С.В. Новоселов, В.В. Евстигнеев // Известия Международной Академии наук Высшей школы. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2003. – №2 (24). – С. 22–27.

5. Евстигнеев В.В. Основы стратегии научно-инновационного развития регионального технического университета / В.В. Евстигнеев, А.А. Максименко, В.Д. Гончаров, С.В. Новоселов, **А.Н. Евстигнеев** // Инженерное образование : журнал ассоциации инженерного образования России. – Томск, 2004. – №2. – С. 52–59.

6. Евстигнеев А.Н. Научно-образовательные инновационные программы АлтГТУ им. И.И. Ползунова в Ползуновских традициях / А.Н. Евстигнеев, А.А. Максименко, С.В. Новоселов // Ползуновский альма-

нах: наука – образование – экономика – производство – бизнес – культура. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2005. – №3 – С. 6–10.

7. Демчик Д.С. Разработка системы оценки инновационного потенциала вуза / Д.С. Демчик, **А.Н. Евстигнеев**, О.И. Тишков // Ползуновский вестник: управление в социальных и экономических системах. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2006. – №1. – С. 78–86.

8. Пятковский О.И. Система оценки инновационного потенциала подразделений университета с использованием методов нейроинформатики / О.И. Пятковский, С.В. Новоселов, О.И. Тишков, **А.Н. Евстигнеев** // Нейроинформатика и ее приложения : XIV Всероссийский семинар. – Красноярск, 2006. – С. 82–83.

9. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2005612344. Аналитическая информационная система оценки инновационного потенциала научных организаций (Инновация). Правообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (АлтГТУ) (RU). Авторы: **Евстигнеев А.Н.**, Новоселов С.В., Пятковский О.И., Тишков О.И. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 09 сентября 2005 года.

10. О.И. Пятковский. Применение нейросетевых технологий в системе оценки инновационного потенциала подразделений университета / О.И. Пятковский, С.В. Новоселов, О.И. Тишков, **А.Н. Евстигнеев** // Ползуновский Альманах : тезисы научно-технической конференции «Виртуальные и интеллектуальные системы». – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2006. – №4. – С. 21–22.