

# РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ВУЗА

Д.С. Демчик, А.Н. Евстигнеев, О.И. Тишков

*На региональном уровне технический ВУЗ является основным поставщиком инноваций в производственную сферу, поэтому необходимо осуществлять мониторинг инновационной деятельности ВУЗа с целью более эффективного использования его ресурсов. В статье рассмотрены вопросы создания системы оценки инновационного потенциала ВУЗа. Для решения этой задачи изучено применение интеллектуальных компонентов.*

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

Под инновацией понимается конечный результат творческого труда, получивший реализацию в виде новой или усовершенствованной продукции, либо нового или усовершенствованного технологического процесса, используемого в экономическом обороте (инновации – нововведения, которые ведут к улучшению экономического оборота).

В новых условиях технический ВУЗ становится учебно-научно-инновационным комплексом (УНИК). В такой роли его инновационная деятельность определяется научной направленностью и потребностями региона. Инновационная работа строится на основе планирования и управления систематизированными научными исследованиями в инфраструктуре университета с целью разработки и внедрения, применения инноваций в отраслях жизнедеятельности общества.

Для оценки взаимодействия в инновационном развитии подразделений УНИК высшей школы, а также самого комплекса необходима оценка инновационного потенциала и его сопряжения и соответствия показателям возможности и потребности инновационного развития региона.

В условиях возрастающего значения инновационной деятельности в экономическом развитии регионов требуется система показателей, которая позволяет оценивать не только количественные и качественные изменения, происходящие в инновационной сфере деятельности, но и осуществлять мониторинг ее влияния на экономику. Необходимо установление понятия инновационного потенциала высшей школы, его структуры, источников образования и форм проявления, способов оценки, а также определение его влияния на инновационный потенциал региона.

В экономической литературе понятие «инновационный потенциал» часто отождествляется с понятиями научного, интеллектуального, творческого и научно-технического потенциалов. Состояние инновационного потенциала любого субъекта можно правильно оценить лишь в том случае, если инновационная деятельность рассматривается в неразрывном единстве с научно-технической и с производственной деятельностью, то есть наука, инновации и производство – это единая органическая система. Превращение этих трех видов деятельности в целостную систему «наука-инновации-производство» (рис. 1) есть следствие и условие разворачивания научно-технической революции.

В современных условиях, когда большая доля научных исследований и разработок наукоемкой продукции сосредоточена в высших учебных заведениях органическим элементом названной системы, становится и образование как подготовка квалифицированных кадров, без которых невозможно эффективное воплощение научных достижений в производстве [2].

Развитие инновационной деятельности вузов 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 все вышесказанное, очевидна актуальность оценки инновационного потенциала вуза и его подразделений с целью стимулирования развития инновационной активности и ориентации научных разработок на конечных потребителей.

Инновационный потенциал ВУЗа в общем случае можно рассматривать как сумму потенциалов его основных научно-инновационных подразделений (центров, институтов, кафедр, лабораторий и т.д.). Таким образом,

*ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 1 2008*

возникает необходимость в разработке универсальной адаптивной информационной системы оценки инновационного потенциала научно-технической организации, ВУЗа. Эффективность реализации системы в конечном

счете будет подтверждена улучшением процессов взаимодействия участников инновационного процесса.

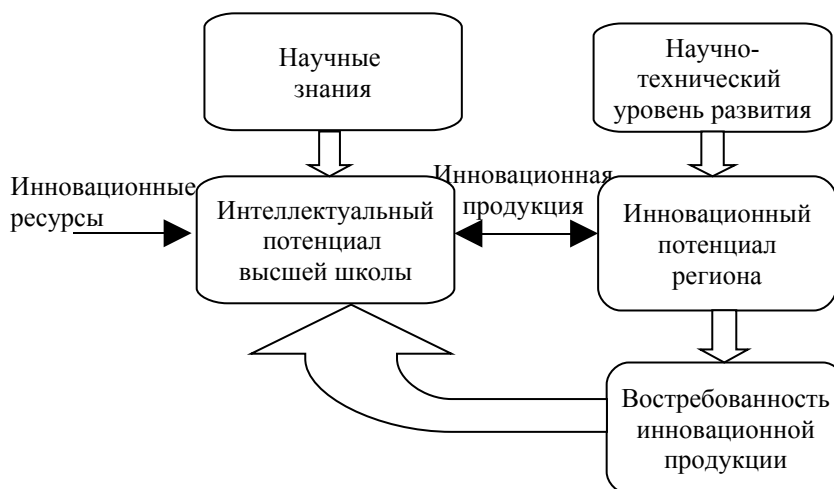


Рисунок 1 - Схема взаимодействия инновационного потенциала высшей школы и региона

Эффективная система мониторинга должна соответствовать реалиям настоящего времени, то есть методика оценки всегда должна быть актуальной, таким образом, система должна обладать свойствами адаптивности и гибкости.

Задача оценки инновационной деятельности является неформализованной задачей, учитывающей большое количество различных по типу и содержанию факторов. Исходные показатели объединены в группы, таким образом, смоделирована гибридная модель решения задачи. Промежуточные вершины полученного дерева представляют собой отдельно решаемые задачи, для которых могут применяться любые методики решения.

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.

Применение гибридной аналитической системы позволяет использовать методы искусственного интеллекта, что значительно

улучшает общий результат. Наилучшие результаты, как показывали проводимые эксперименты, при оценке факторов, влияющих на инновационный потенциал, дает нейросетевой анализ. При этом необходимо привлечение группы высоко квалифицированных экспертов, с помощью которых можно создавать полные и непротиворечивые обучающие выборки, при этом применимы методы мозгового штурма, деловых игр, Делфи и др.

Главное преимущество нейросетевого анализа над зависимостями формализованными экспертным путем – это более точная аппроксимация мнения эксперта. Режим дообучения позволяет оперативно подстраивать сеть под меняющуюся реальность, тогда как на расчет экспертных весовых коэффициентов требуются дополнительные затраты времени специалистов.

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:

- полнота охвата предметной области;
- избыточность (отсутствие повторов) и непротиворечивость критериев;

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ВУЗА

- 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. Задел научно-технических собственных и приобретенных разработок и изобретений. Причем 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.

2. Инфраструктурные возможности НТО для обеспечения основных этапов инновационного процесса.

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

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

В качестве ресурсов, обеспечивающих инновационную деятельность можно выделить:

- кадровую составляющую (ППС, научные сотрудники, технический персонал, специалисты);
- технико-технологическую составляющую (техническая база);
- информационную составляющую (входящие, исходящие и внутренние информационные потоки);
- организационную составляющую;
- финансовую составляющую.

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.

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 производственных экспертных систем и нейронных сетей, и предпочтения пользователя, решающего задачу.

Характеристики задачи в значительной степени влияют на способ и возможность ее решения. Для задач оценки главной характеристикой является сложность ее решения. Определение сложности задачи неоднозначно. На основе анализа подходов к понятию сложности в выделены следующие характеристики задач, по которым определяется их сложность: размерность, доступность информации, динамичность, детерминированность, характер входных показателей.

Аналитические зависимости, или формулы, можно использовать для решения задач малого и среднего размера. Построение формулы для большого количества показателей затруднено. Функциональная зависимость может отразить только задачи с определенным (детерминированным) механизмом функционирования.

Производственные экспертные системы могут решать и более сложные задачи. Их тип сложности можно охарактеризовать как разрешимые и трудно разрешимые. Они могут быть использованы и для решения простых

задач, однако затраты на создание базы знаний будут не сопоставимы с эффектом.

Экспертные системы лучше использовать для решения задач среднего размера, поскольку при большом числе правил, модификация базы знаний сильно затруднится. Способность экспертных систем к наращиванию базы знаний в процессе эксплуатации позволяет использовать их при решении изменчивых задач. Внесение изменений в базу знаний производится экспертом, что может занять значительное время, поэтому решение нестабильных задач в рамках экспертной системы затруднено. Наличие коэффициентов уверенности внутри системы позволяет решать стохастические задачи, а структура правил базы знаний работать с качественными показателями.

Нейронные сети позволяют решать задачи, для которых нет информации о методах решения, но есть статистический материал. Таким образом, нейронные сети можно использовать для решения трудно разрешимых задач, а при наличии достаточного статистического материала – и неразрешимых. Нейронные сети могут оперировать большим числом показателей, они легко модифицируются, дообучаются, т.е. пригодны для решения изменчивых и нестабильных задач. Для обучения нейронных сетей задачник может быть построен экспертом на основании предположений и может быть уточнен позже при появлении информации, нейронная сеть в этом случае дообучается по измененному задачнику.

Не исключено использование и других методов решения.

Внутривузовская система оценки инновационного потенциала, является составной частью комплексной системы управления научно-инновационными процессами не только в ВУЗе, но и в регионе. В ней заложены некоторые основные принципы всеобщего управления качеством, такие как развитие корпоративного сотрудничества, вовлечение, участие и мотивация сотрудников, ориентация на результат и достижение целей, уверенное руководство. Все эти принципы направлены на совершенствование управленческой деятельности университета и поддержание инновационной активности. Конечной целью системы мониторинга является интенсификация работы научных объединений, и как следствие повышение инновационной активности в регионе.

Для обеспечения наиболее качественно и объективно оценивания разработана

аналитическая система, к которой изначально предъявлялись следующие требования:

- максимально возможная достоверность результатов – достоверность и сохранность исходных данных, согласованная с объектами оценки система критериев, верифицированная процедура расчета, простота интерпретации результатов оценки;
- технологичность процесса оценивания: ориентация форм отчетности на первичные источники исходных данных, минимальное участие оператора в процессе сбора и обработки данных, использование общедоступных средств для сбора и первичной обработки данных, использование специализированной системы расчета [1].

На рис. 2 представлена общая структура интеллектуальной информационной системы, предназначенной для решения задачи оценки инновационного потенциала высшего учебного заведения с использованием нейросетевых технологий.

В качестве интеллектуального блока аналитического комплекса использована гибридная экспертная система «Бизнес-Аналитик», позволяющая решать как формализованные, так и неформализованные задачи. Конфигурация системы в данном исполнении настроена на решение узких задач мониторинга инновационной деятельности организации.

При неизменности решаемых пользователями задач «Бизнес-Аналитик» может даже не запускаться, а быть необходимым лишь для расчета показателей. Грубо говоря «Бизнес-Аналитик» содержит методику (дерево) решения задач и позволяет производить ее корректировку. В каждом узле дерева указывается один из решателей:

- формула,
- экспертная система,
- нейронная сеть.

Настройка каждого решателя осуществляется методами системы «Бизнес-Аналитик». Так, для формулы создаются формализованные зависимости между подчиненными показателями (математические). Для экспертной системы создаются правила продукции. При настройке нейронной сети предварительно подготавливается обучающая выборка, на которой затем обучается нейронная сеть. Процесс обучения проходит несколько эта-

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ВУЗА

пов, и в заключении выдается ответ о качестве обучения сети.

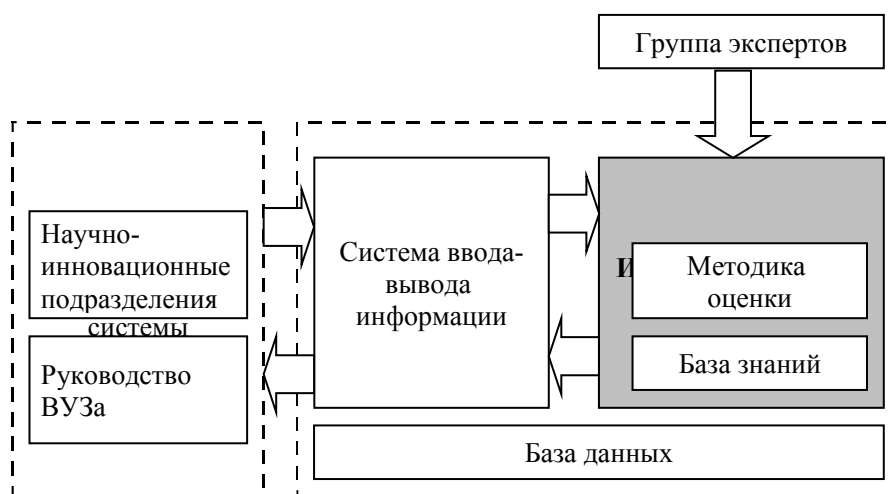


Рисунок 2 – Система оценки инновационного потенциала ВУЗа

Таким образом, рассматривая весь программный комплекс в целом можно выделить два функциональных элемента, выполненных в виде отдельных взаимосвязанных приложений:

- система ввода-вывода данных;
- интеллектуальная система.

При этом работу в системе можно разделить на четыре этапа:

- настройка (корректировка) интеллектуальной системы на решение задачи;
- ввод исходных данных (заполняемых анкет);
- решение задачи оценки состояния объекта;
- просмотр и анализ полученных результатов.

Ввод исходных данных осуществляется по документам «Информационная карта» за различные периоды.

Выходная информация системы представляет собой различные отчеты, графики и диаграммы, описывающие инновационную деятельность объекта.

В том числе сложные аналитические отчеты, включающие элементы объяснения причин изменения показателей потенциала, и рекомендации по дальнейшим действиям.

На рис. 3 представлены основные этапы работы в комплексе «Инновация».

Система функционирует в режимах администратора и пользователя. В режиме администратора проектируется структура гибридной экспертной системы и настраиваются методы решения в узлах графа связей задач. При выборе нейросетевого метода ре-

шения администратор определяет структуру и параметры сети, формирует обучающую выборку. Для производственной системы он вербализует показатели и составляет правила продукции. Для формализованных задач – задает формулы.

В режиме пользователя производится автоматический расчет целевых и промежуточных вершин за указанный период на основе уже настроенных методов. Результаты анализа можно просмотреть в динамике в виде графических зависимостей, вывести на принтер.

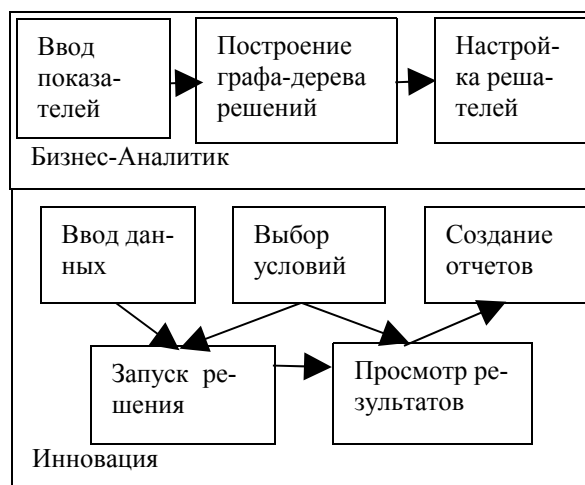


Рисунок 3 – Этапы работы в системе

Система «Бизнес-Аналитик» предоставляет достаточно мощные средства преобразования исходных данных: исключение ано-

мальных значений, заполнение пропусков, кластеризация, фильтрация.

Обработанные данные поступают в задачник нейронной сети, причем структуру сети можно задать как вручную, так и довериться конструктору, который автоматически подберет оптимальное количество слоев и нейронов.

Несомненным достоинством системы «Бизнес-Аналитик» является возможность пользователю-исследователю самостоятельно изменять опыт нейронной сети, оперативно дообучать и перенастраивать ее, ориентируясь на конкретные требования.

Для обучения нейронных сетей с учетом совокупного мнения экспертов были предварительно подготовлены обучающие выборки, которые содержат примеры, описывающие состояние объекта исследования, и значения целевого параметра. Обучающую выборку

можно составить на основе накопленного опыта за прошлые периоды. Однако в данном случае при решении неформализованных задач получение целевых параметров экспериментальным путем невозможно. В этом случае используется экспертная информация, формируемая опытным специалистом в соответствующей области знаний или группой экспертов при помощи метода экспертной оценки.

При формировании обучающих выборок каждому опрошенному эксперту был присвоен определенный коэффициент, характеризующий его компетентность в рассматриваемом вопросе. Таким образом, наибольшее влияние на итоговое значение показателя оказали мнения наиболее квалифицированных экспертов. Фрагмент обучающей выборки представлен в таблице 1. Мнения экспертов проставлялись по десятибалльной шкале.

Таблица 1  
Обучающая выборка для узла «Инфраструктурные возможности НТО для обеспечения основных этапов инновационного процесса»

Решение вопросов о защите ИС в своей стране	Патентный поиск и патентование за рубежом	Экспертиза проектов	Сертификация продукции	Информационное обеспечение инновационных разработок	Участие в выставках	Мнение эксперта
1	0	0	0	4	3	5
2	2	2	2	3	2	9
4	0	1	0	3	2	6
0	0	0	0	2	2	1
4	0	2	2	3	10	9,3
1	1	1	1	2	1	7,5
1	0	1	1	5	3	7
5	5	5	1	5	5	9,8
5	5	0	0	5	5	7
2	2	0	0	3	4	5,5
3	1	1	1	4	1	8
2	0	2	0	3	9	6
0	0	0	0	0	0	0
10	10	10	10	5	10	10
10	10	10	10	5	0	10
0	0	0	0	5	10	2

Обучение сети проходило в системе «Бизнес-Аналитик». Подготовленные выборки были сохранены в файлах формата Excel и затем загружены в систему.

На рис. 4 изображен процесс обучения сети с помощью нейросетевого блока системы «Бизнес-Аналитик» на исходной выборке. Структура сети: 1-й слой – 2 нейрона, 2-й слой 1 нейрон.

При данной структуре сеть обучилась достаточно хорошо, ошибка составила 0,84 %. Обучение сети было проведено при различных структурах и различными методами, во всех случаях сеть улавливала закономерность оценки эксперта и обучалась с маленькой ошибкой. В результате тестирования нейронных сетей, были отобраны сети, наиболее точно решающие поставленные задачи. Ре-

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ВУЗА

результаты обучения сети приведены в таблице 2.

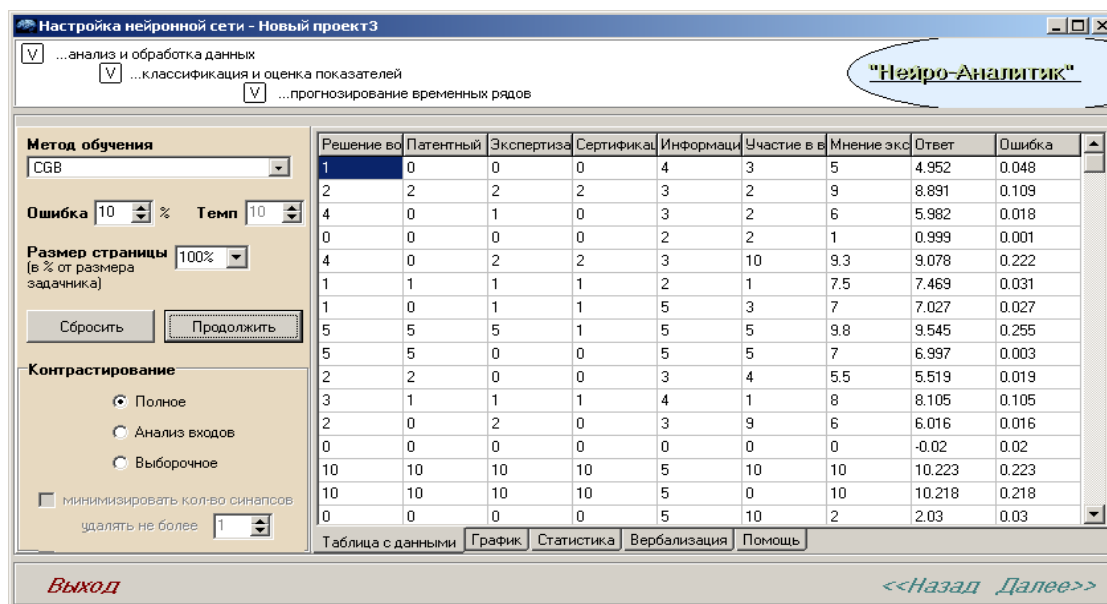


Рисунок 4 – Обучение нейронной сети

Таблица 2  
Результаты обучения сетей на выборке «Инфраструктурные возможности НТО для обеспечения основных этапов инновационного процесса»

Но- мер сети	Структура сети			Метод обучения	Ошибка обуче- ния, %	Ошибка тести- рова- ния, %	Примечания
	1 слой	2 слой	3 слой				
1	5	5	1	Постраничный	2,7	3,6	
2	5	1	0	Постраничный	3,1	3,3	
3	3	1	0	Постраничный	2,8	0,8	
4	2	1	0	Постраничный	3,3	1,3	
5	1	0	0	Постраничный	8,5	1,52	
6	5(2)	5(2)	1(1)	Постраничный	2,63	1,95	Контрастирование, в результате удалено 7 нейронов, 7 синапсов.
7	5	5	1	Фиксированный шаг	3,4	2,96	
8	5	1	0	Фиксированный шаг	3,6	2,2	
9	3	1	0	Фиксированный шаг	2,22	1,74	
10	2	1	0	Фиксированный шаг	1,5	1,63	
11	1	0	0	Фиксированный шаг	13,82	8,81	
12	5(3)	5(1)	1(1)	Фиксированный шаг	1,24	1,15	Контрастирование, в результате удалено 6 нейронов, 47 синапсов.
13	5	5	1	Плавающий шаг	0,85	2,96	
14	5	1	0	Плавающий шаг	1	1,42	
15	3	1	0	Плавающий шаг	3,25	2,4	

				шаг			
16	2	1	0	Плавающий шаг	2,52	1,15	

прод. табл.2

17	1	0	0	Плавающий шаг	29,61	33,21	
18	5(3)	5(2)	1(1)	Плавающий шаг	2,9	1,82	Контрастирование, в результате удалено 5 нейрона, 25 синапсов.
19	5	1	0	СGB	0	0,94	
20	1	0	0	СGB	8,54	3,6	
21	5	1	0	BFGS	1,12	1,92	
22	1	0	0	BFGS	8,54	3,14	
23	5	5	1	kPartan	0,53	4,4	
24	2	1	0	kPartan	1,87	0,56	
25	2	1	0	mPartan	2,88	1,1	

Постраничный метод – метод обучения градиентным спуском с оптимизацией шага на каждом этапе обучения.

Фиксированный шаг – метод обучения градиентным спуском без оптимизации шага.

Плавающий шаг – метод обучения градиентным спуском без оптимизации шага (на основе простейших арифметических операций).

В рамках эксперимента были проведены исследования по оценке инновационного потенциала кафедр АлтГТУ.

Результат, полученный с помощью системы, незначительно расходился с мнением экспертной комиссии. Таким образом, системе удалось достаточно точно дать оценку инновационного потенциала кафедры (таблица 3, 4).

Таблица 3

Результат оценки кафедры ИСЭ за 2004 год

Показатель	Результат	Мнение эксперта	Ошибка
Оценка инновационного потенциала	5,06	5,2	0,14
Уровень инновационной культуры	8	8	0
Задел научно-технических собственных и приобретенных разработок и изобретений	4,99	5,5	0,51
Инфраструктурные возможности НТО	2,5	2,8	0,3
Внешние и внутренние факторы	6,7	6,5	0,2

Таблица 4

Результат оценки ИП кафедры ИСЭ за 2005 год

Показатель	Результат	Мнение эксперта	Ошибка
Оценка инновационного потенциала	7,45	7	0,45
Уровень инновационной культуры	8,2	8,2	0
Задел научно-технических собственных и приобретенных разработок и изобретений	10,18	7,2	2,98
Инфраструктурные возможности НТО	3,82	3,6	0,22
Внешние и внутренние факторы	7,6	7,4	0,2

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

- получение руководством ВУЗа достаточно полной информации об инновационной деятельности его подразделений, что позво-

ляет принимать направленные и эффективные решения;

- выявление «слабых мест» в организации, причин, затрудняющих ее развитие, и принятие мер по исправлению положения;

- выставление рейтинговой оценки подразделений и стимулирование «лидеров»;



## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ВУЗА

– в единой базе данных ВУЗа накапливается статистическая информация, которую можно использовать для определения различных закономерностей.

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. Остальные задачи могут решаться как совершенствование терминологии при определении исходных данных, так и проверкой правильности ввода.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Никитина Н.Ш. Рейтинговая оценка деятельности факультетов как элемент системы мониторинга качества образования в университете // Университетское управление: практика и анализ. - 2003. - N 4(27). - С. 62-70.
2. Новоселов С.В. Инновационный менеджмент в стратегии развития экономики «основанной на знаниях»: Учебное пособие для слушателей программы «Мастер делового администрирования» MBA, Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2004. – 124 с.
3. Пятковский О.И. Интеллектуальные компоненты автоматизированных информационных систем управления предприятием. Монография - Барнаул: Изд-во АлтГТУ.-1999.-351 с.