

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ ЗАДАЧ ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ВУЗА НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРТНО-СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

В статье рассмотрен ряд предложенных авторами алгоритмов: построения формализованных критериев для оценки качества объектов образовательного процесса, принятия решений по результатам тестирования, принятия решения на основе неоднородной последовательной процедуры распознавания. Все они входят в состав информационной технологии, построенной авторами для решения задач оценки качества обучения студентов в техническом университете.

Целью настоящего исследования была разработка информационной технологии для решения задач оценки качества обучения студентов технического университета. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи [1]: разработать схему оценки качества обучения студентов технического вуза; создать инструментарий (алгоритмическую и программную базу) для обработки информации, полученной в результате исследования качества отдельных объектов образовательного процесса; сформировать набор психодиагностических и педагогических измерителей (тестов); разработать алгоритм построения формализованных критериев для решения задач оценки качества объектов

образовательного процесса; разработать систему поддержки принятия решения для определения степени ответственности объекта образовательного процесса некоторым заданным условиям и прогнозирования успешности абитуриентов, студентов и молодых специалистов в различных сферах интеллектуальной деятельности; разработать программное обеспечение для контроля и оценки остаточных знаний абитуриентов, студентов и выпускников.

Информационная технология оценки качества обучения студентов базируется на экспертно-статистических алгоритмах, предназначенных для решения прикладных задач и позволяющих создать единый комплекс программного обеспечения.

1. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ БЛОК АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРТНОГО ОЦЕНИВАНИЯ

Применение экспертного оценивания позволяет получить наиболее полную информацию о состоянии образовательного процесса и особенно тех его составляющих, для оценки которых невозможно использовать

количественные показатели. На рис. 1 приведена общая схема оценки качества обучения студентов с использованием разработанных авторами алгоритмов.



Рис. 1. Схема оценки качества обучения

В качестве экспертов могут выступать студенты, выпускники вуза, потенциальные работодатели и преподаватели. В статье предлагается комплексный алгоритм обработки и анализа результатов экспертных оценок, схема которого представлена на рис. 2. На основе этого алгоритма решена, в частности, задача выявления требований руководителей предприятий и фирм к молодым специалистам [2]. В рамках решения задачи выявления требований руководителей предприятий и фирм к молодым специалистам получены резуль-

таты экспертного оценивания специалистов 29 фирм, среди которых были широко известные фирмы Томска и области, например такие, как Waterloo Hydrogeologic (создание программного обеспечения), Игрэм (продажа и сервисное обслуживание компьютерной техники), ЗАО НПФ «Сибнефтекарт» (разработка программно-аппаратных комплексов), Контек (разработка и внедрение программного обеспечения), Гранит (сборка компьютеров, настройка программного обеспечения), Сибирский химический комбинат и др. [1].

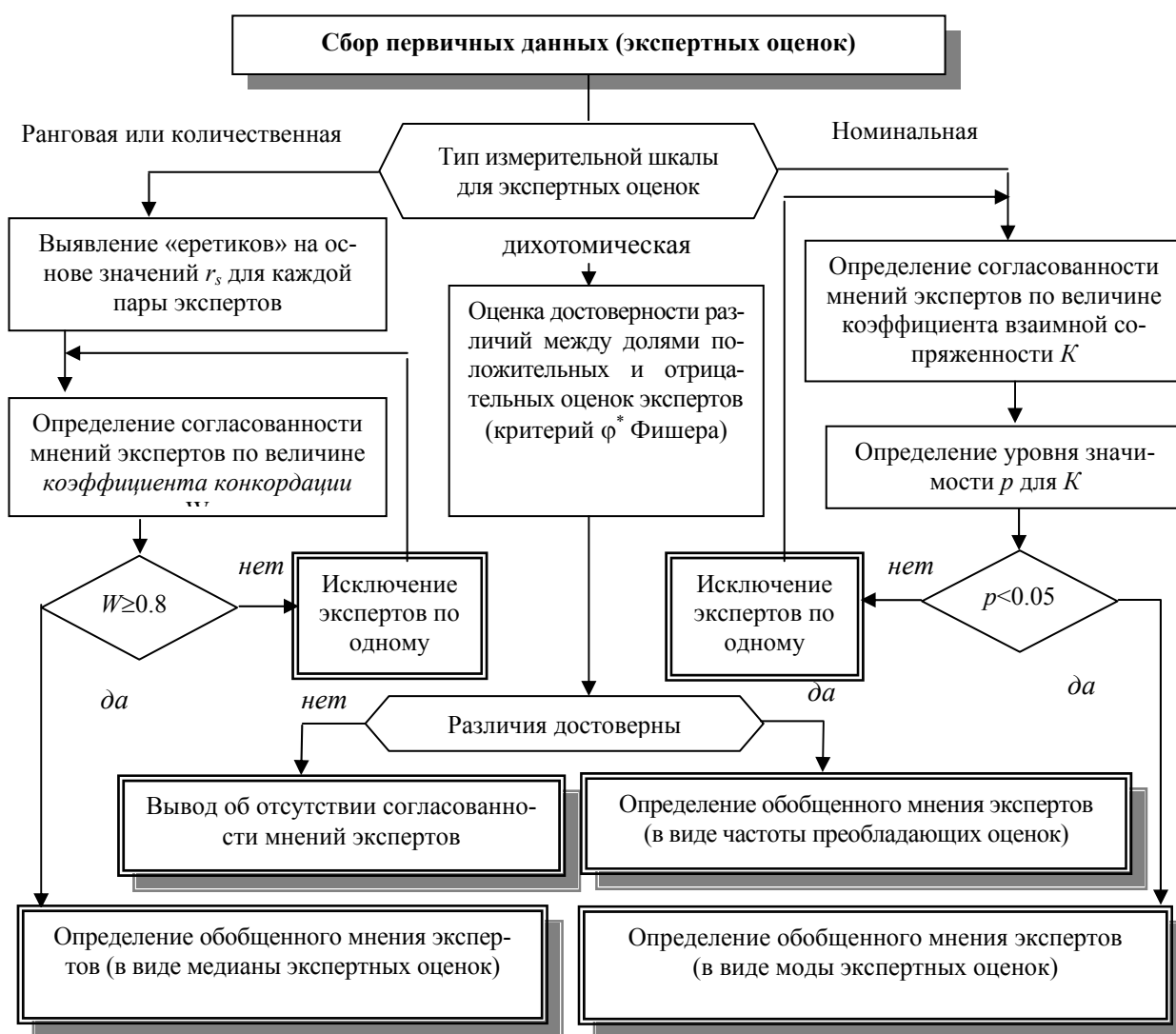


Рис. 2. Схема алгоритма обработки и анализа результатов экспертного оценивания

Основной целью анкетирования было выявление основных характеристик специалиста в области компьютерных технологий, программного и математического обеспечения ЭВМ. Результаты анализа экспертных оценок показали, что мнения экспертов оказались согласованными, кроме четырех фирм, здесь требуется привлечение дополнительных экспертов для получения достоверных результатов.

В процессе обработки выделилось блоки профессионально значимых качеств: общие требования; специальные требования; требования к личности.

Для определения обобщенных профессионально значимых качеств специалиста-выпускника АВТФ с точки зрения руководителей предприятий и организаций, был проведен факторный анализ. Результаты решения данной задачи представлены в табл. 1.

Таблица 1

Выявленные группы экспертов-руководителей

Группа	% от общего числа экспертов	Описание
1	41	Эта группа руководителей «ждет» от специалиста только безупречного знания своего дела, высокой работоспособности
2	23	Эти руководители «ждут» от молодого специалиста динамичной работы: стремления к профессиональному росту, самостоятельности в работе
3	17	Эти руководители «ждут» от молодого специалиста высокую профессиональную подготовку и динамичную работу
4	11	Это авторитарный тип руководителя, который в молодом специалисте видит только качественную рабочую силу
5	8	Равнодушный тип. Эти руководители не смогли определить наиболее приемлемые личностные качества молодого специалиста для работы на своем предприятии, лишь бы работал

Анализ оценок экспертов посредством предложенных авторами алгоритмов показывает, что большая

часть работодателей оценили предлагаемые качества, ориентируясь на профессиональную модель будущего

специалиста. Прослеживается также тенденция в универсальном подходе подготовки специалиста, ориентированном на наличие творческих, интеллектуальных

способностей и определенных личностных качеств студентов, способствующих профессиональной самореализации.

2. ВЫЯВЛЕНИЯ СКРЫТЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ МНОГОМЕРНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Авторами предложена технология выявления скрытых закономерностей объектов образовательного процесса на основе методов многомерного статистического анализа. В состав этой технологии входит разработанный авторами алгоритм построения формализованных критериев для решения прикладных задач оценки качества объектов образовательного процесса, который является развитием подхода, предложенного в работах С.А. Айвазяна, З.И. Бежаева, О.В. Старовойтова [3].

Факторный анализ использовался для понижения размерности множества исходных признаков и получения формализованных критериев для количественной оценки качества объектов образовательного процесса. Основная модель факторного анализа представлена формулой (1) [4].

$$x_i = \sum_{j=1}^k a_{ij} f_j + e_i, i = 1, \dots, p, \quad (1)$$

где $f_j, j = 1, \dots, k$ – латентные переменные (факторы), $k < p$; $x_i, i = 1, \dots, p$ – наблюдаемые переменные (исходные признаки); a_{ij} – факторные нагрузки; e_i – случайная ошибка измерения.

Полученные факторы представляют собой линейные функции вида:

$$Y_i = f_{i1} \cdot x_1 + f_{i2} \cdot x_2 + \dots + f_{ip} \cdot x_p, \quad (2)$$

где $i = 1, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, p$; m – количество факторов; p – количество переменных; f_{ij} – нагрузка i -го фактора на j -ю переменную; x_j – переменные. Предлагается использовать функцию вида (2) в качестве формализованного критерия для оценки качества объектов образовательного процесса. Для выделения имеющих однородных групп (типов) исследуемых объектов в работе использовался метод k -средних кластерного анализа.

В [1, 5] показана эффективность работы предложенного подхода на примере решения следующих прикладных задач: оценка качества содержания учебных дисциплин; оценка качества преподавательской деятельности. Так, например, в задаче оценки профессио-

нальных качеств преподавателей получены следующие формализованные критерии (исходные признаки x_i являются результатами анкетирования студентов):

– критерий $Y_{ПеодМ}$ – для оценки педагогического мастерства преподавателя: $Y_{ПеодМ} = 0,87x_1 + 0,87x_2 + 0,92x_3 + 0,83x_4 + 0,88x_5 + 0,78x_6 + 0,89x_7 + 0,68x_8 + 0,79x_{14}$;

– критерий $Y_{ЛичК}$ – для оценки личностного качества преподавателя: $Y_{ЛичК} = 0,93x_9 + 0,73x_{12} + 0,60x_{13} + 0,54x_{18}$;

– критерий $Y_{ПрофК}$ – для оценки профессиональной компетентности преподавателя: $Y_{ПрофК} = 0,86x_{10} + 0,51x_{11}$,

где x_1 – доступное изложение материала; x_2 – разъяснение сложных мест; x_3 – выделение главных моментов; x_4 – умение вызвать и поддержать интерес аудитории к предмету; x_5 – обратная связь с аудиторией; x_6 – побуждение к дискуссии; x_7 – логика в изложении; x_8 – культура речи; x_9 – умение снять напряжение аудитории; x_{10} – ориентация на использование изученного материала в будущей деятельности; x_{11} – творческий подход; x_{12} – доброжелательность и тактичность; x_{13} – терпение; x_{14} – требовательность; x_{15} – заинтересованность в успехах студентов; x_{16} – объективность в оценке знаний; x_{17} – уважительное отношение к студентам; x_{18} – эрудиция.

Применение кластерного анализа при решении данной задачи позволило выявить основные типы преподавательской деятельности [4].

Проверка эффективности полученных формализованных критериев ($Y_{ПеодМ}$, $Y_{ЛичК}$, $Y_{ПрофК}$) была проведена на основе анализа значений коэффициента корреляции Спирмена (r_s) между значениями данных критериев и рейтинговыми оценками профессиональной деятельности преподавателя по этим же составляющим. Полученные значения r_s оказались статистически значимыми ($p < 0,01$).

Применение кластерного анализа при решении данной задачи позволило выявить основные типы преподавательской деятельности [5, 9]. Результаты решения других прикладных задач приведены в работе [1].

3. АЛГОРИТМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ С УЧЕТОМ РАЗНОТИПНОСТИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Для работы с разнотипными признаками предложен алгоритм принятия решений с учетом разнотипности исходных данных, основанный на подходе, предложенном Е.В. Гублером (использование неоднородной последовательной процедуры распознавания – НПП) [6]. В этом случае формула принятия решения имеет вид

$$10 \lg \frac{\alpha}{1-\beta} < \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^n Dk(x_{ij}) < 10 \lg \frac{1-\alpha}{\beta},$$

$$Dk_{ij} = 10 \lg \frac{P(x_{ij} / A_1)}{P(x_{ij} / A_2)}, \quad (3)$$

где α и β – ошибки 1-го и 2-го рода; $Dk(x_{ij})$ – диагностический коэффициент i -го признака для j диапозоне; A_1, A_2 – классы состояний; $P(x_{ij}/A_k)$ – вероятность попадания объекта, принадлежащего к классу A_k в диапозон j признака i .

Достоинством выбранного нами подхода является возможность перехода к номинальной шкале с произвольным количеством градаций исследуемых признаков. С использованием описанного алгоритма решены некоторые следующие задачи [1].

Задача 1. Прогнозирование успешности обучения студентов младших курсов на основе анализа личностных качеств. В этом случае A_1 – «успешные», A_2 – «неуспешные» студенты.

ЗАДАЧА 2. Прогнозирование успешной интеллектуальной самореализации студентов старших курсов на основе анализа показателей познавательной деятельности: A_1 – имеющие реальные достижения в интеллектуальной сфере деятельности; A_2 – не имеющие реальных достижений в интеллектуальной сфере деятельности.

Объем обучающей выборки для этих задач составил соответственно 194 и 220 чел., контрольной – 100 и 110 чел. Результаты работы неоднородной последовательной

процедуры распознавания на контрольной выборке при $\alpha = 0,05$ и $\beta = 0,1$ приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Результаты работы НПП

№ задачи	% правильно распознанных	% неправильно распознанных	% неопределенных ответов
1	78	15	7
2	80	5	15

4. АЛГОРИТМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Результаты как психологического, так и педагогического тестирования чаще всего выражены в виде тестовых баллов. Однако окончательная интерпретация результатов тестирования связана с отнесением полученной числовой характеристики к одной из следующих градаций: очень низкий, низкий, средний, высокий и очень высокий уровень измеряемого качества. При установлении граничных точек для данных интервалов присутствует элемент нечеткости и неопределенности. Таким образом, результат тестирования можно рассматривать как лингвистическую переменную, в связи с чем предложен алгоритм принятия решения в условиях неопределенности, основанный на использовании метода анализа альтернатив, предложенный А. Борисовым и И. Крумбергом [7]. Для построения функций принадлежности выбран метод интервальных оценок. В этом случае если имеется интервал $[h^*, h^0]$ значений критерия h , который соответствует понятию «хороший» объект, то с приближением значения h^a к границе h^* возможность признания a «хорошим» объектом линейно возрастает (рис. 3). При этом для определения функции принадлежности используются формулы (4).

$$\begin{aligned} \mu(u) &= 0, \text{ если } h^a \leq h^0; \\ \mu(u) &= \frac{h^a - h^0}{h^* - h^0}, \text{ если } h^0 < h^a < h^*; \\ \mu(u) &= 1, \text{ если } h^a \geq h^*. \end{aligned} \quad (4)$$

5. АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ТЕСТА

Педагогическое тестирование на основе компьютерных технологий официально признано основным средством диагностики качества знаний в проекте Федерального закона «О государственном образовательном стандарте основного общего образования». Задания педагогического теста выражаются не в виде вопросов и задач, а представляют собой утверждения, которые в зависимости от ответов испытуемых могут превращаться в истинные или ложные высказывания.

Успех участника тестирования в решении определенного тестового задания зависит, в основном, от двух факторов: трудности задания и подготовленности испытуемого [10]. Для оценки вероятности правильного ответа при данном уровне подготовленности студентов нами были выбраны логистическая модель вероятности успеха Бирнбаума.

6. ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Авторами разработан программный комплекс MG-SYSTEM, предназначенного для решения задач оценки качества обучения студентов вуза, а также для автоматизации алгоритмов и решения задач, описанных выше

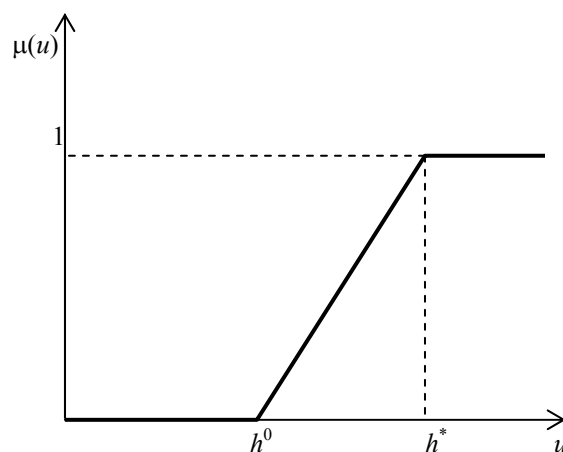


Рис. 3. Представление функции принадлежности

На основе алгоритма принятия решения в условиях неопределенности разработана программа для выбора абитуриентом по результатам компьютерного психодиагностического тестирования наиболее подходящего факультета. Абитуриенты оцениваются по показателям, являющимся наиболее важными для выбранного факультета. Для каждого из факультетов были определены пороговые значения h^0 и h^* по интеллектуальным и личностным показателям [1,8].

$$p_i = \frac{1}{1 + e^{-a_j(\theta_i - \delta_j)}}, \quad (5)$$

где δ – логит уровня трудности j -го задания теста; θ – логит уровня подготовленности i -го испытуемого; a_j – дифференцирующая способность j -го задания теста.

Основное достоинство этой модели в том, что она преобразует измерения, сделанные в дихотомических и порядковых шкалах в линейные измерения, в результате качественные данные анализируются с помощью количественных методов.

На рис. 4 приведены характеристические кривые (модель Бирнбаума) для заданий теста по дисциплине «Компьютерная графика» для студентов IV курса одного из факультетов Томского политехнического университета [1].

в статье. Программное обеспечение является универсальным и может быть адаптировано для внедрения в любом вузе.

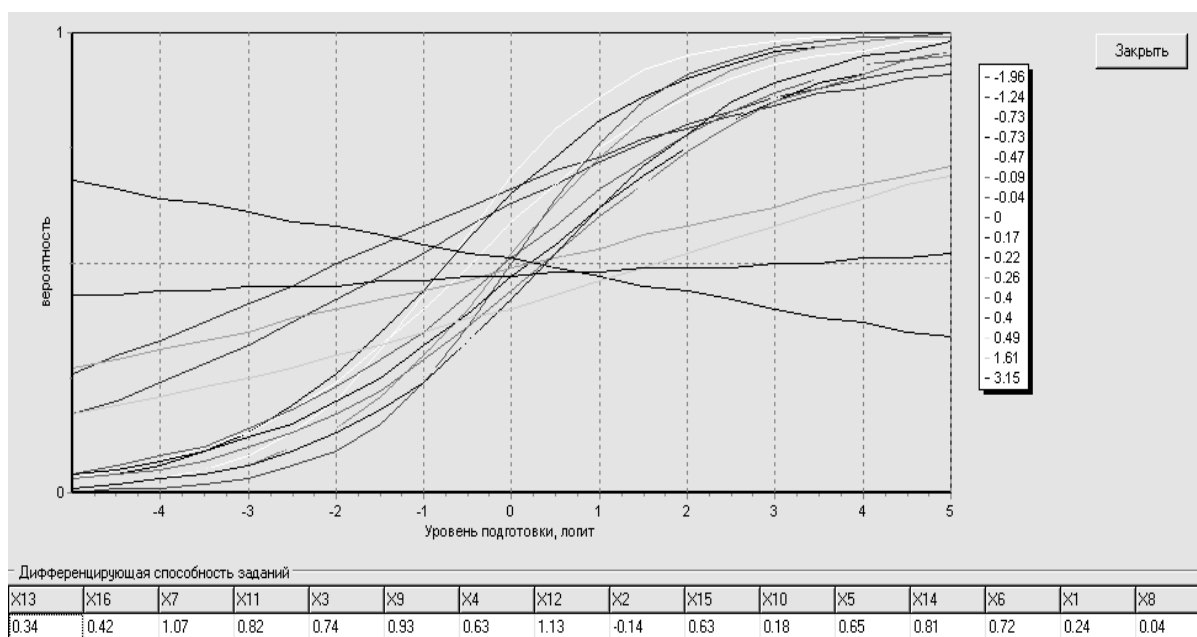


Рис. 4. Характеристические кривые заданий теста контроля остаточных знаний

Программный комплекс имеет дружелюбный пользовательский интерфейс, гибкую систему настроек, сопровождается пакетом справочной информации и представляет собой набор стандартных Windows-приложений, отвечающих всем современным требованиям программного продукта для операционных систем Windows 95/98/NT/2000. Все базовые функции системы разделены на два логических блока:

- 1) блок компьютерного тестирования;
- 2) универсальный блок анализа результатов экспертного оценивания.

В блоке компьютерного тестирования предусмотрено два варианта проведения тестирования: в бланковой форме, с последующим вводом результатов в базу данных; в интерактивном режиме. В блоке экспертного оценивания также возможно два варианта получения экспертных оценок: посредством анкетирования и ввода данных оператором в базу данных через Internet.

ВЫВОДЫ

Проведенные авторами исследования были направлены на решение задач, связанных с разработкой информационной технологии для оценки качества образовательного процесса.

1. Разработана информационная технология для решения задач оценки качества обучения студентов вуза, отличительной особенностью которой является возможность использования в качестве инструментария

как тестовой технологии, так и методов экспертного оценивания.

2. Предложенные авторами алгоритмы обработки и анализа результатов экспертного оценивания и технология выявления скрытых закономерностей объектов образовательного процесса были использованы для решения следующих задач: оценка профессиональных качеств преподавателей, оценка качества содержания учебных дисциплин, выявление требований работодателей к потенциальным специалистам. Получены формализованные критерии для оценки качества педагогической деятельности и оценки качества преподавания учебных дисциплин.

3. Построена система поддержки принятия решения по результатам компьютерного тестирования, с использованием которой решены задачи: прогнозирование успешности обучения студентов младших курсов на основе анализа личностных качеств, прогнозирование успешной интеллектуальной самореализации студентов старших курсов на основе анализа показателей познавательной деятельности, оценка соответствия личностных качеств абитуриента выбранному факультету. Полученные решающие правила обеспечивают качество распознавания 80–86 %.

4. Разработанный авторами статьи программный комплекс является универсальным инструментом для решения задачи мониторинга и оценки качества образовательной деятельности вуза. Отдельные программные модули комплекса имеют самостоятельное значение и могут использоваться в автономном режиме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марухина О.В. Алгоритмы обработки информации в задачах оценивания качества обучения студентов вуза на основе экспертно-статистических методов: Дис. ... канд. техн. наук. Томск, 2003. 164 с.
2. Берестнева О.Г., Марухина О.В. Компьютерные технологии в оценке качества обучения // Изв. Томского политехнического университета. 2003. Т. 306. № 6. С. 106–112.
3. Айвазян С.А., Бежаев З.И., Староверов О.В. Классификация многомерных наблюдений. М.: Статистика, 1974. 240 с.
4. Берестнева О.Г., Уразаев А.М., Муратова Е.А. Математические методы в психологии. Томск: Изд-во ТГПУ, 2001. 304 с.
5. Берестнева О.Г., Марухина О.В. Методы многомерного анализа данных в задачах оценки качества образования // Радиоэлектроника. Информатика. Управление. 2002. № 1. С. 15–26.
6. Гублер Е.В. Вычислительные методы анализа и распознавания патологических процессов. Л.: Медицина, 1978. 294 с.
7. Борисов А., Крумберг И., Федоров И. Принятие решений на основе нечетких моделей. Рига: Знание, 1990. 352 с.

8. *Марухина О.В., Берестнева О.Г.* Системный подход к оценке качества образования // Стандарты и качество. 2002. № 4. С. 35–36.
9. *Марухина О.В., Берестнева О.Г., Иванкина Л.И.* Применение методов многомерного анализа данных для оценки качества деятельности преподавателя // Кибернетика и вуз. Межвузовский научно-технический сборник. Вып. 30. Томск: Изд-во ТПУ, 2003. С. 108–116.
10. *Нейман Ю.М., Хлебников В.А.* Введение в теорию моделирования и параметризации педагогических тестов. Москва, 2000. 168 с.

Статья представлена кафедрой оптимизации систем управления и кафедрой прикладной математики Томского политехнического университета, поступила в научную редакцию «Кибернетика» 15 мая 2004 г.