



На правах рукописи

КРЕХОВ ЕВГЕНИЙ ВИКТОРОВИЧ

**АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ДОВЕРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ СПЕЦИАЛИСТА**

Специальность 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (образование)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2010

Диссертация выполнена в Учреждении Российской академии образования «Институт информатизации образования», в лаборатории автоматизации управления технологическими процессами в образовании.

Научный руководитель: Доктор технических наук, профессор
Павлов Александр Алексеевич

Официальные оппоненты: Доктор технических наук, профессор
Дараган Алексей Данилович

Кандидат технических наук
Лоцманова Елена Владимировна

Ведущая организация: Серпуховской военный институт Ракетных войск

Защита состоится «24» сентября 2010 года в 15-00 часов на заседании объединённого диссертационного совета по защите докторских и кандидатских диссертаций ДМ 008.004.02 при Учреждении Российской академии образования «Институт информатизации образования» по адресу: 119121, г. Москва, ул. Погодинская, д. 8.

Отзывы, заверенные печатью, просим направлять по адресу: 119121, г. Москва, ул. Погодинская, д. 8.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Учреждения Российской академии образования «Институт информатизации образования».

Автореферат разослан «20» августа 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук,
доктор педагогических наук,
профессор



О.А. КОЗЛОВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. В настоящее время определяющим фактором экономического благополучия фирм становится высокий уровень профессиональных компетенций специалиста (ПКС). Уровень современного отечественного образования позволяет подготавливать высококвалифицированного специалиста, однако, особенности средств производственной базы конкретной фирмы (технологического оборудования, инструмента, оснастки, технологических условий и т.д.) не всегда позволяют обеспечить требуемый уровень ПКС. В связи с этим возникает необходимость формирования требуемых уровней ПКС путём внутрифирменной переподготовки специалиста.

Анализ исследований Беспалько В.П., Брановского Ю.С., Ваграменко Я.А., Граб В.П., Козлова О.А., Колина К.К., Кравцовой А.Ю., Мартиросян Л.П., Панюковой С.В., Роберт И.В., Романенко Ю.А., Хуторского А.В. показывает, что эффективность переподготовки специалиста может быть обеспечена на основе информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) с использованием автоматизированной системы управления (АСУ) технологическими процессами в образовании. Исследованию АСУ технологическими процессами в образовании посвящены работы Данилюка С.Г., Дарагана А.Д., Добровольской Н.Ю., Емелина Н.М., Карповой И.П., Луценко Е.В., Михайлова Ю.Ф., Надеждина Е.Н., Павлова А.А., Попова А.Г., Сердюкова В.И., Теленой И.С., Царькова А.Н., Шарова А.Г. В этих работах АСУ рассматривается как комплекс программных и технических средств, служащий для автоматизации управления переподготовкой специалиста. Одним из важных аспектов разработки рассматриваемой АСУ является совершенствование алгоритмического обеспечения, необходимого для принятия решения по формированию ПКС. Принятие решения по формированию ПКС направлено на определение индивидуального содержания и объёма профильных дисциплин (СОПД) для переподготовки специалиста. Под содержанием профильной дисциплины понимается совокупность изучаемых тем, их разделов и самих дисциплин, которые специалист должен усвоить, а под их объёмом понимается количество часов, отведённых для теоретической и практической переподготовки специалиста.

Внутрифирменная переподготовка включает в себя СОПД, которые в зависимости от исходного уровня подготовки являются индивидуальными для каждого специалиста. В связи с этим для определения СОПД необходимо оценить исходные уровни ПКС, что в свою очередь предполагает временные и стоимостные затраты на внутрифирменную переподготовку. Анализ работ Аванесова В.С., Бодалева А.А., Столина В.В., Шмелева А.Г. показывает, что одним из основных методов оценки специалиста с использованием АСУ является тестовый контроль уровней усвоения профильных дисциплин. Основными показателями качества тестового контроля для оценки исходных уровней ПКС являются его точность и достоверность. В трудах Берестневой О. Г., Белоус В.В., Войта Н.Н.,

Вяловой Е.П., Маслова В.Г. показано, что точность контроля уровней усвоения профильных дисциплин может быть достигнута на основе алгоритмов нечеткой логики. Однако такие алгоритмы ещё не обеспечивают достоверности оценки уровней ПКС при заданной точности тестового контроля уровней усвоения профильных дисциплин. Это объясняется тем, что число контрольных заданий ограничено и проводится только точечное оценивание указанных уровней, что приводит к неопределённости выбора СОПД в условиях временных и стоимостных ограничений на переподготовку специалиста. В соответствии с ГОСТ 20911-89 под достоверностью контроля понимается степень объективного соответствия результатов контроля действительному состоянию объекта, в частности уровням усвоения профильных дисциплин и ПКС.

В связи с этим особую **актуальность** приобретает вопрос обеспечения АСУ внутрифирменной переподготовкой специалиста возможностью достоверно контролировать уровни усвоения профильных дисциплин для принятия решения по формированию ПКС.

Объектом исследования является АСУ, служащая для автоматизации управления внутрифирменной переподготовкой специалиста.

Анализ программных и технических средств управления внутрифирменной переподготовкой специалиста показывает, что в части алгоритмического обеспечения рассматриваемой АСУ существуют недостатки:

- отсутствуют алгоритмы, позволяющие обеспечить достоверность контроля уровней усвоения профильных дисциплин для оценки ПКС в условиях ограничения числа контрольных заданий;

- отсутствуют алгоритмы, позволяющие обеспечить выбор СОПД для принятия решения по формированию ПКС на основе их оценки в зависимости от уровней усвоения профильных дисциплин.

Учесть влияние числа контрольных заданий на достоверность контроля исходных уровней усвоения профильных дисциплин возможно применением метода доверительных границ. При этом количественной мерой достоверности контроля является доверительная вероятность оценки уровня усвоения профильной дисциплины специалистом, а под доверительной оценкой ПКС понимается совокупность таких уровней по профильным дисциплинам специалиста.

Предметом исследования является алгоритмическое обеспечение АСУ внутрифирменной переподготовкой специалиста, предназначенное для принятия решения по формированию ПКС на основе их доверительной оценки.

Однако применение метода доверительных границ для принятия решения по формированию ПКС на основе их оценки затруднено по следующим причинам:

- отсутствие модели доверительной оценки ПКС;
- отсутствие алгоритмов определения СОПД для формирования ПКС на основе их доверительной оценки;

- отсутствие алгоритмов формирования базы данных (БД) тестовых задания на основе доверительной оценки ПКС;

- отсутствие структуры АСУ внутрифирменной переподготовки специалиста, включающей блоки доверительной оценки ПКС.

На основании проведённого анализа определена **проблемная ситуация**, сущность которой состоит в **противоречии** между практической необходимостью автоматизированного формирования ПКС с обеспеченной достоверностью контроля уровней усвоения профильных дисциплин и отсутствием необходимого алгоритмического обеспечения АСУ внутрифирменной переподготовки специалиста, предназначенного для принятия решения по формированию ПКС на основе их доверительной оценки.

Исходя из сформулированной проблемной ситуации, решаемая в диссертационной работе **научная задача** может быть определена как разработка алгоритмического обеспечения принятия решения АСУ внутрифирменной переподготовкой специалиста, позволяющего с заданной доверительной вероятностью контролировать уровни усвоения тем профильных дисциплин для формирования требуемых ПКС в условиях временных и стоимостных ограничений.

Целью исследования является обеспечение достоверности контроля исходных уровней усвоения профильных дисциплин для принятия решения по формированию ПКС путём разработки алгоритмического обеспечения АСУ на основе доверительной оценки ПКС.

Для достижения указанной цели решаются следующие задачи.

1. Анализ алгоритмического и программного обеспечения для автоматизации управления внутрифирменной переподготовкой специалиста.

2. Разработка алгоритмической модели определения СОПД на основе доверительной оценки ПКС.

3. Разработка алгоритмического обеспечения принятия решения по формированию ПКС на основе их доверительной оценки.

4. Построение структурной и функциональной схем АСУ внутрифирменной переподготовкой специалиста на основе доверительной оценки ПКС.

5. Эксперимент по определению СОПД на основе доверительной оценки ПКС для подтверждения достигнутых результатов на примере оценки специалистов нефтяной промышленности.

Методы исследований. В работе использовались методы общей теории систем, теории вероятности, искусственного интеллекта, управления, нечёткой логики, принятия решений, математической статистики, системного и кластерного анализа.

Научные результаты, выносимые на защиту.

1. Алгоритмическая модель определения СОПД на основе доверительной оценки ПКС, позволяющая обеспечить достоверность контроля уровней усвоения тем профильных дисциплин и автоматизировать переподготовку специалиста на основе такого контроля.

2. Алгоритмическое обеспечение принятия решения по формированию ПКС, позволяющее определять наиболее целесообразные СОПД при заданных временных и стоимостных ограничениях на переподготовку специалиста в зависимости от исходных уровней усвоения тем профильных дисциплин.

Научная новизна и теоретическая значимость исследования состоит:

- в разработке алгоритма определения СОПД, отличающегося процедурой формирования вариантов переподготовки специалиста, дополненных стоимостными и временными показателями, что позволяет выбрать наиболее целесообразные темы профильных дисциплин для переподготовки специалиста в зависимости от исходного уровня их усвоения и требуемых профессиональных компетенций;

- в разработке алгоритма формирования БД тестовых заданий, отличающегося процедурой доверительной оценки уровней усвоения профильных дисциплин для их классификации по уровням и составу компетенций, что позволяет обеспечить достоверность контроля уровней усвоения тем профильных дисциплин;

- в разработке алгоритма определения целесообразности переподготовки специалиста, обеспеченного процедурой выбора ПКС в зависимости от исходных уровней усвоения тем профильных дисциплин, что даёт возможность определить компетенции, которые наиболее целесообразно формировать в условиях временных и стоимостных ограничений на внутрифирменную переподготовку специалиста.

Практическая значимость состоит в том, что:

- разработанная алгоритмическая модель определения СОПД на основе доверительной оценки ПКС позволяет повысить достоверность контроля уровней усвоения профильных дисциплин в среднем на 20%, по сравнению с моделью оценки ПКС на основе нечёткой логики;

- разработанное алгоритмическое обеспечение принятия решения по формированию ПКС позволяет сократить СОПД для внутрифирменной переподготовки специалиста в среднем на 15%;

- разработанное алгоритмическое обеспечение АСУ на основе доверительной оценки ПКС реализовано в программном продукте для оценки профессиональных компетенций специалистов нефтяной промышленности, что позволило автоматизировать управление внутрифирменной переподготовкой специалистов «ТНК-ВР».

Апробация результатов. Основные положения и результаты исследования обсуждались на научных конференциях МГУПИ «Программное и информационное обеспечение систем различного назначения на базе персональных ЭВМ» (М., 2006 г.), СВИ РВ «Проблемы оценки устойчивости и эффективности функционирования автоматизированных систем управления и связи на основе внедрения новых информационных технологий» (Серпухов, 2009, 2010 гг.); всероссийских научно-технических конференциях МИФИ «Нейроинформати-

ка» (М., 2008, 2009 гг.), ИИО РАО «Ученые записки ИИО РАО» (М. 2007, 2008, 2009 гг.).

По теме диссертации опубликовано 11 работ. Среди наиболее значимых публикаций: 3 статьи в 3 научно-технических журналах, из перечня рекомендуемых ВАК РФ для публикации научных результатов диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, 8 работ в материалах Всероссийских и Международных НК.

Внедрение результатов исследований. Результаты исследований реализованы и внедрены в автоматизированной системе оценки профессиональных компетенций специалистов нефтяной промышленности «ТНК-ВР» в 2007, 2008, 2009 гг., что подтверждено соответствующим актом об использовании результатов.

Структура диссертации. Работа состоит из введения, трех разделов, заключения и списка используемой литературы. Диссертация объемом 153 страницы включает 17 таблиц и 42 рисунка.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении к диссертации обоснована актуальность выбранной темы, раскрыты цель и содержание поставленных задач, указаны применяемые методы исследования, показана научная новизна и практическая значимость работы, перечислены основные научные результаты, выносимые на защиту.

В первом разделе диссертации проведён анализ структуры АСУ, служащей для автоматизации управления переподготовкой специалиста, а также её алгоритмического и программного обеспечения.

Проведённый анализ позволил определить причины низкой достоверности контроля уровней усвоения профильных дисциплин методами тестирования. Тест представляет собой набор из n заданий (длина теста) одинаковой сложности, предъявляемых специалисту. Результат выполнения каждого задания оценивается по шкале, в частности, пятибалльной. Появление того или иного результата испытания предполагается случайным, с определенной вероятностью, независимой от номера и числа заданий. Вероятность выполнения задания, при неограниченной длине теста, характеризует истинный уровень усвоения темы специалистом.

Для получения истинного значения уровня усвоения темы специалистом проводится многократное тестирование. За истинное значение уровня усвоения темы принимается среднее арифметическое значение m . Поскольку тест имеет ограниченную длину, то в результате тестирования получается только выборочная оценка истинного значения уровня усвоения темы специалистом \tilde{m} :

$$\tilde{m} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (1)$$

где n - число выполненных заданий; i - номер задания; x_i - балл за задание i .

В связи с тем, что оценка по выборочному среднему \tilde{m} является случайной, то во многих научных работах (Аванесова В.С., Буравлева А.И., Переверзева В. Ю., Рудницкого И. Д.) при определении её характеристик используется нормальный закон распределения. Это обусловлено тем, что такая оценка, является несмещенной и асимптотически нормальной. Используя асимптотическое свойство оценки \tilde{m} , нетрудно построить для нее доверительный интервал $[\tilde{m} - \delta, \tilde{m} + \delta]$, содержащий истинный балл m с заданной доверительной вероятностью P^D :

$$\begin{cases} P^D \approx 2\Phi(z^D), \\ z^D = \frac{\delta\sqrt{n}}{s(x)}, \end{cases} \quad (2)$$

где Φ - интеграл вероятностей (функция Лапласа); z^D - доверительный коэффициент; $s(x)$ - стандартное отклонение значений уровней усвоения темы x от \tilde{m} ; δ - полуширина доверительного интервала, характеризующая погрешность определения истинного балла m ; P^D - доверительная вероятность, характеризующая достоверность определения истинного балла m . Соответствие доверительных коэффициентов z^D и доверительных вероятностей P^D определяется по таблице 1.

Таблица 1 – Соответствие доверительных коэффициентов z^D и доверительных вероятностей P^D

z^D	0.00	0.01	...	1.04	...	1.96	...	2.0
P^D	0.00000	0.00798	...	0.70166	...	0.95000	...	0.95450

Стандартное отклонение уровней усвоения темы профильной дисциплины может быть получено на основе выражения:

$$s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\tilde{m} - x_i)^2}{(n-1)}}. \quad (3)$$

Чем меньше стандартное отклонение s , тем с большей вероятностью можно утверждать, что интервал $\pm \delta$ будет содержать рассматриваемое значение уровня усвоения темы профильной дисциплины. Значение доверительной вероятности, которую требуется обеспечить, выбирается равным $P^D_{\text{зад}}=0.95$.

Так, например, уровни усвоения темы профильной дисциплины для двух специалистов 4, 4, 4, 5 и 3, 5, 4, 5. Соответственно имеем одинаковое математическое ожидание равное 4.25 для обоих специалистов, но при разных стандартных отклонениях в первом $s_1(x)=0.5$ и втором $s_2(x)=0.96$ случаях. Тогда при заданной, к примеру, погрешности контроля $\delta=0.5$ в первом случае имеем доверительную вероятность $P_1^D=0.95$, которая соответствует заданной, а во втором $P_2^D=0.7$, которая не соответствует заданной. Для получения заданной до-

верительной вероятности увеличим количество контрольных заданий второму специалисту. Например, при 4 дополнительных заданиях, в совокупности с которыми второй специалист имеет уровни усвоения темы профильной дисциплины 5, 4, 4, 4, 3, 5, 4, 5 стандартное отклонение уменьшится до $s_2(x)=0.7$, что позволяет получить заданную доверительную вероятность $P_2^D=0.95$.

Приведённый пример показывает, что доверительная оценка уровня усвоения темы профильной дисциплины для первого специалиста соответствует заданной. Во втором случае потребовалось 4 дополнительных задания для получения заданной доверительной оценки $P_2^D=0.95$. Таким образом, обоснован подход к принятию решения по формированию ПКС на основе их доверительной оценки.

В результате анализа, проведённого в первом разделе, был сформулирован подход к обеспечению достоверности контроля уровней усвоения профильных дисциплин для оценки ПКС на основе метода доверительных границ, определена цель, сформулирована научная задача исследования.

Второй раздел посвящён разработке алгоритмической модели определения СОПД на основе доверительной оценки ПКС и алгоритмического обеспечения принятия решения по их формированию.

В основу алгоритмической модели определения СОПД на основе доверительной оценки ПКС в зависимости от уровней усвоения тем профильных дисциплин положен следующий алгоритм:

- ввод лимита на время и стоимость переподготовки специалиста;
- определяется исходный уровень ПКС путём подачи стандартного набора контрольных заданий по каждой профильной дисциплине (в приведённом примере потребовалось 8 контрольных заданий);
- при недостаточном исходном уровне ПКС определяется уровень теоретической подготовки специалиста по темам профильных дисциплин, формирующих заданные компетенции;
- если теоретическая подготовка отвечает требуемому уровню, то определяется СОПД для формирования практических навыков специалиста в конкретных производственных условиях;
- если теоретическая подготовка не отвечает требуемому уровню, то специалисту представляются контрольные задания, позволяющие определить конкретные темы профильных дисциплин, по которым специалист имеет недостаточную подготовку с заданной доверительной вероятностью;
- лимит времени и стоимости переподготовки специалиста уменьшается на стоимость и время переподготовки по выбранной теме профильной дисциплины;
- определение СОПД, связанных с темами профильных дисциплин, повторяется до тех пор, пока не будет израсходован лимит на стоимость и время переподготовки специалиста.

Математическая модель доверительной оценки ПКС может быть представлена системой уравнений и условий:

$$P_j^D = 2\Phi(z_j^D) \text{ для } z_j^D = \begin{cases} \frac{\delta_{\text{ЗАД}} \sqrt{n^j}}{s(x^j)}, & \text{если } s(x^j) > 0, \\ z_{\text{MAX}}^D, & \text{если } s(x^j) = 0, \end{cases} \quad (4)$$

где j - номер темы профильной дисциплины, связанной с контрольным заданием из БД тестовых заданий; P_j^D - доверительная вероятность оценки уровня усвоения темы j профильной дисциплины; z_j^D - доверительный коэффициент, полученный по результатам оценки уровня усвоения темы j профильной дисциплины; z_{MAX}^D - максимальное значение доверительного коэффициента z_j^D ; x^j - уровни усвоения темы j профильной дисциплины; $s(x^j)$ - стандартное отклонение уровней x^j ; n^j - количество контрольных заданий одного уровня сложности, связанных с одним и тем же СОПД для переподготовки специалиста; Φ - функция Лапласа.

Контрольные задания связаны с СОПД для переподготовки специалиста, что позволяет управлять ими по результатам оценки ПКС. Принятие решения по определению СОПД для переподготовки специалиста предлагается проводить по следующему правилу:

$$j_{\text{П}} = \arg \min_{j_{\text{max}}} x^{j_{\text{max}}} \text{, при } \begin{cases} j_{\text{max}} = \arg \max_j P_j^D, \\ x^{j_{\text{ТРЕБ}}} - (M(x^j) + \delta_{\text{ЗАД}}) > 0, \end{cases} \quad (5)$$

где $j_{\text{П}}$ - номера контрольных заданий, по которым определяется СОПД; j_{max} - номер контрольных заданий, при которых значение доверительной вероятности P_j^D максимально; $x^{j_{\text{ТРЕБ}}}$ - требуемый уровень владения СОПД, связанный с контрольными заданиями j ; $M(x^j)$ - математическое ожидание уровней x^j .

Для определения СОПД в условиях временных и стоимостных ограничений на переподготовку специалиста выполняется проверка заданного времени и стоимости формирования ПКС по правилу:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^{N_x} c_j \leq C_{\text{ЗАД}}, \\ \sum_{j=1}^{N_x} t_j \leq t_{\text{ЗАД}}, \end{cases} \text{, при } j = j_{\text{П}}. \quad (6)$$

где c_j - стоимость переподготовки в зависимости от СОПД, которые связаны с контрольными заданиями j ; t_j - время переподготовки в зависимости от СОПД, которые связаны с контрольными заданиями j .

Для обеспечения достоверности контроля уровней усвоения тем профильных дисциплин и ПКС разработан алгоритм формирования БД тестовых задания, представленный блок-схемой на рисунке 1. Этот алгоритм позволяет пополнить БД контрольных заданий характеристическим свойством, значение которого определяет вероятность получения истинного уровня усвоения профильной дисциплины специалистом.

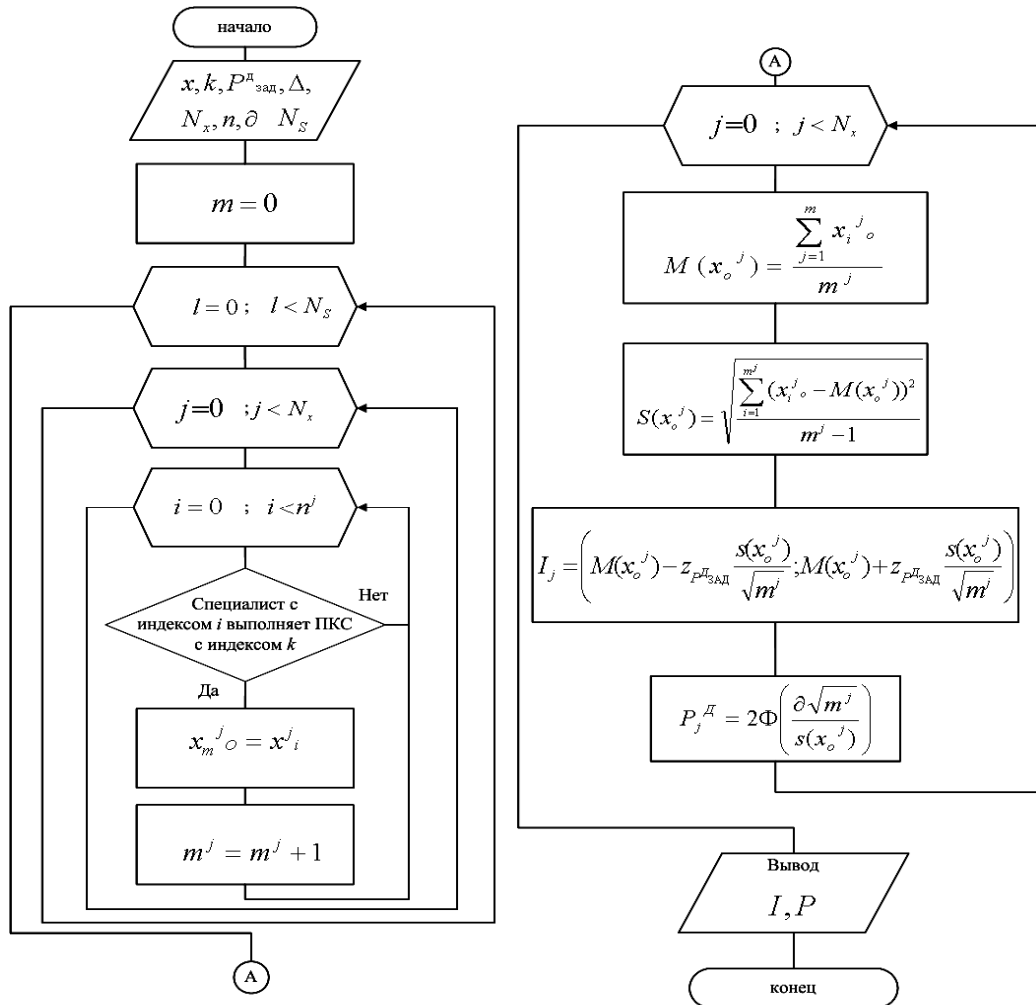


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма формирования БД тестовых задания на основе доверительной оценки уровней ПКС

Достоверность контроля уровней ПКС обеспечивается применением метода доверительных границ в совокупности с моделью анализа результатов такого контроля. Поскольку компетенции специалиста структурно связаны с темами профильных дисциплин, то для анализа результатов их контроля может быть использован классификатор ПКС на основе, например, метода наименьших квадратов. При этом для построения ортогональных векторов в евклидовом пространстве используется процедура Грама-Шмидта. Применение метода наименьших квадратов в условиях известности структуры ПКС позволяет рассчитать показатель уровня компетенции в зависимости от внутрифирменных требований, предъявляемых к специалисту и уровней усвоения тем профильных дисциплин по формуле:

$$Q^k = \sqrt{\sum_{j=1}^{N_x} (\bar{x}^j - \bar{x}^{k,j}_{\text{ТРЕБ}})^2}, \quad (7)$$

где Q^k - уровень компетенции специалиста; \bar{x}^j – ортогонализированный уровень усвоения специалистом темы с номером j ; $\bar{x}^{k,j}_{\text{ТРЕБ}}$ – ортогонализированный требуемый уровень усвоения темы j для компетенции k . Чем меньше значение уровня Q^k , тем более целесообразно формировать компетенцию специалиста с номером k .

В случае неопределённости структуры ПКС и требований к уровням усвоения тем профильных дисциплин классификация компетенций может быть реализована нейросетью.

Разработанная алгоритмическая модель, представленная формулами (4-7), позволяет провести моделирование изменений уровней усвоения тем профильных дисциплин и определить то, как такое изменение повлияет на уровни компетенций специалиста. Изменение уровня усвоения темы профильной дисциплины определяется по формуле:

$$x^{j,k}_{\text{МОД}} = x^j + \Delta^{j,k}, \quad (8)$$

где $x^{j,k}_{\text{МОД}}$ - моделируемый уровень усвоения темы профильной дисциплины j ; $\Delta^{j,k}$ - величина изменение уровня усвоения темы профильной дисциплины j для компетенции k . Величина $\Delta^{j,k}$ определяется как разность между уровнем усвоения x^j и требуемым уровнем усвоения для k -той компетенции $x^{j,k}_{\text{ТРЕБ}}$:

$$\Delta^{j,k} = x^j - x^{j,k}_{\text{ТРЕБ}}. \quad (9)$$

Учитывая возможность моделирования изменений уровней усвоения тем профильных дисциплин, для определения целесообразности переподготовки специалиста предлагается использовать следующие показатели: время переподготовки, стоимость переподготовки, текущий и моделируемый уровень ПКС. Исходя из предположения того, что переподготовка специалиста наиболее целесообразна, если затраты на неё соответствуют заданным, а получаемый уровень ПКС максимален, то для определения целесообразности переподготовки специалиста предлагается использовать отношение составленное согласно Парето по следующему правилу:

$$\Psi^k_l = \frac{\sum_{j=0}^{N_x} Q^{j,k}_{\text{МОД}} \cdot t^k_l \cdot t_{\text{ЗАД}}}{N_x \cdot Q^k \cdot |c^k_l \cdot t_{\text{ЗАД}} - c_{\text{ЗАД}} \cdot t^k_l|}, \quad (10)$$

где Ψ^k_l - целесообразность переподготовки специалиста с номером l по компетенции k ; t^k_l - время переподготовки специалиста с номером l по компетенции k ; c^k_l - стоимость переподготовки специалиста с номером l по компетенции k ;

$Q^{j,k}_{\text{МОД}}$ - моделируемый уровень ПКС при условии переподготовки по теме профильной дисциплине j ; $t_{\text{ЗАД}}$, $c_{\text{ЗАД}}$ - заданные соответственно временные и стоимостные затраты на переподготовку специалиста; N_x - количество тем профильных дисциплин.

Алгоритм определения целесообразности переподготовки специалиста представлен блок-схемой на рисунке 2. Временные и стоимостные затраты на формирование ПКС в зависимости от требуемого уровня по специальной таблице затрат, составленной с привлечением экспертов. Также введены дополнительные переменные – это количество специалистов N_s и количество компетенций N_k .

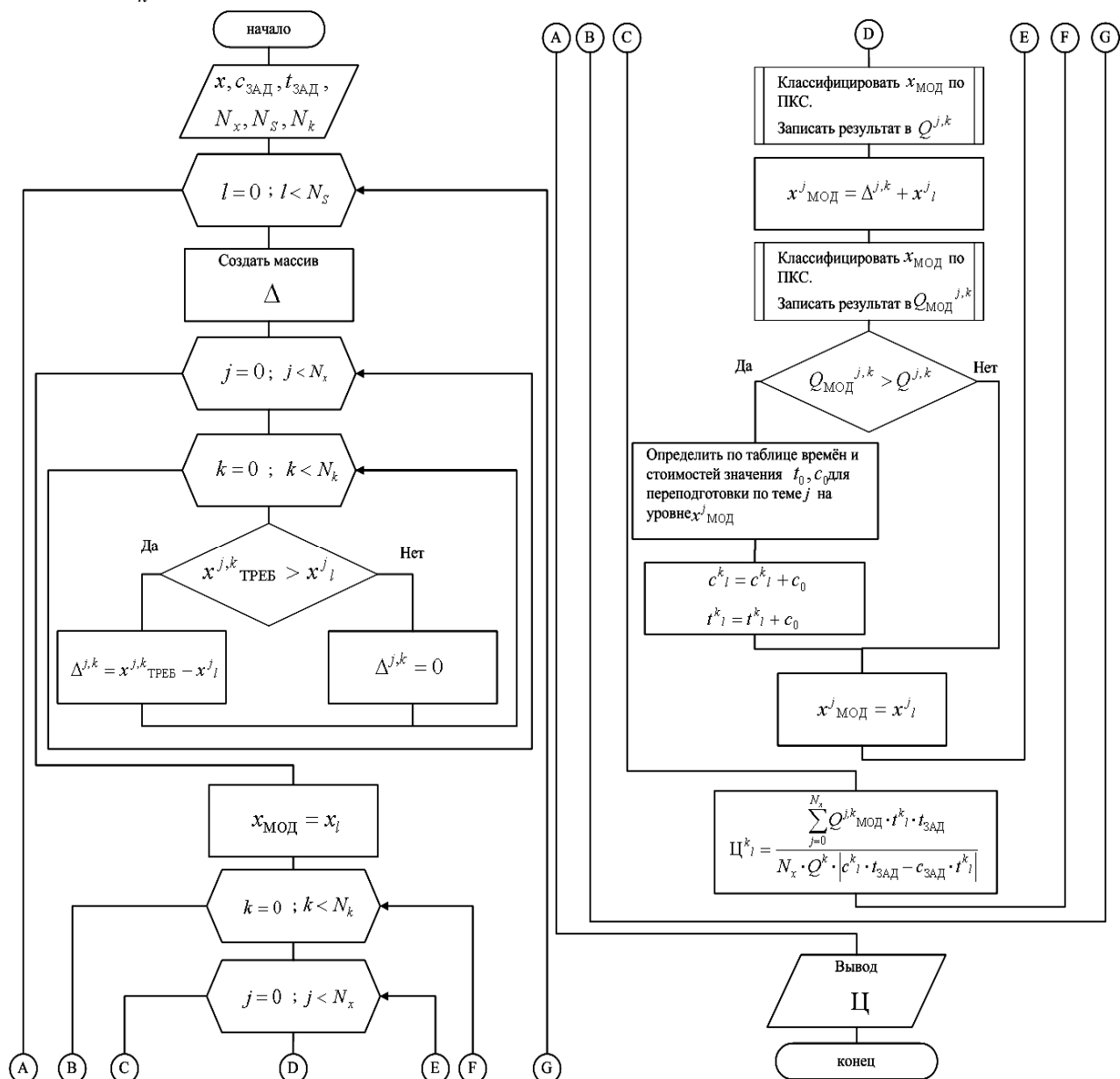


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма определения целесообразности переподготовки специалиста

Для практической реализации алгоритмического обеспечения принятия решения по формированию компетенций специалиста построена структурная

схема АСУ внутрифирменной переподготовкой специалиста на основе доверительной оценки ПКС, которая представлена на рисунке 3.

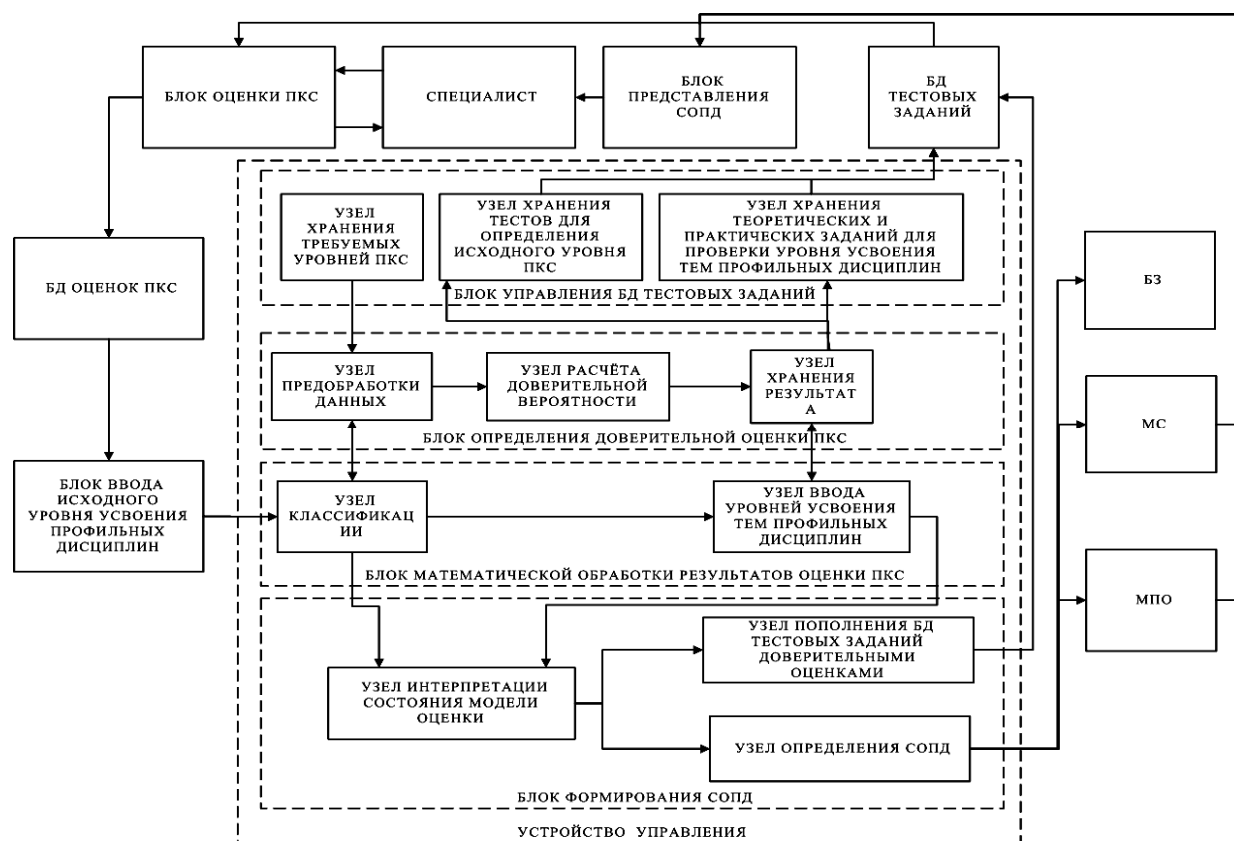


Рисунок 3 – Структурная схема АСУ внутрифирменной переподготовкой специалиста на основе доверительной оценки ПКС

Существенным отличием представленной структурной схемы АСУ внутрифирменной переподготовкой специалиста от существующих является устройство управления на основе модели доверительной оценки ПКС, включающее ряд следующих новых блоков.

1. Блок управления БД тестовых заданий, который предназначен для хранения контрольных заданий и представления их специалисту, он содержит: узел хранения требуемых уровней ПКС, узел хранения тестов для определения исходного уровня ПКС, узел хранения теоретических и практических заданий для проверки уровня усвоения тем профильных дисциплин.

2. Блок определения доверительной оценки ПКС, который предназначен для проверки исходного уровня усвоения тем профильных дисциплин специалистом, он содержит: узел преобработки данных, узел расчёта доверительной вероятности, узел хранения результата.

3. Блок математической обработки результатов оценки ПКС, который предназначен для классификации ПКС и получения заданной доверительной вероятности $P^D_{\text{зад}}$ при заданной погрешности $\delta_{\text{зад}}$, он содержит: узел классификации и узел ввода уровней усвоения тем профильных дисциплин.

4. Блок формирования СОПД, который предназначен для определения СОПД в условиях временных и стоимостных ограничений на переподготовку

специалиста и пополнения БД тестовых заданий доверительными оценками, он содержит: узел интерпретации состояния модели доверительной оценки ПКС, узел пополнения БД тестовых заданий доверительными оценками и узел определения СОПД.

В процессе функционирования разработанного устройства управления организуется обмен информацией с другими компонентами рассматриваемой АСУ: моделью специалиста (МС), моделью предметной области (МПО), БД тестовых заданий, БД оценок ПКС.

Предлагаемое алгоритмическое обеспечение АСУ на основе доверительной оценки ПКС позволяет:

- обеспечить выбор СОПД на основе доверительной оценки ПКС в условиях стоимостных и временных ограничений на переподготовку специалиста;
- обеспечить БД контрольных тестов и перечня ПКС доверительными оценками ПКС;
- классифицировать результаты контроля уровней усвоения тем профильных дисциплин по уровням и составу ПКС;
- определять целесообразность переподготовки специалиста по профессиональным компетенциям и темам профильных дисциплин в условиях временных и стоимостных ограничений на переподготовку;
- автоматизировать принятие решения по формированию ПКС на основе их доверительной оценки и классификации уровней усвоения тем профильных дисциплин по уровням и составу компетенций.

Третий раздел содержит результаты эксперимента по определению СОПД на основе доверительной оценки ПКС для подтверждения достигнутых результатов и согласования разработанной алгоритмической модели на примере оценки специалистов нефтяной промышленности.

Определение пригодности модели доверительной оценки ПКС проводится по коэффициенту несовпадения Тейла (K_T). Чем меньше значение коэффициента Тейла, тем согласованнее модели. Указанное значение определяет степень несовпадения ретроспективного предсказания разработанной модели доверительной оценки ПКС x_A^j с наблюдавшимися значениями выхода x_B^j на базовой модели, составленной нами аналитически с привлечением экспертов, причем:

$$K_T = \frac{\sqrt{\frac{1}{N'_x} \sum_{j=1}^{N_x} (x_A^j - x_B^j)^2}}{\sqrt{\frac{1}{N'_x} \sum_{j=1}^{N_x} x_A^{j^2} + \frac{1}{N'_x} \sum_{j=1}^{N_x} x_B^{j^2}}}, \quad \text{при} \begin{cases} N'_x = N_x, & \text{если } N_x > 50, \\ N'_x = N_x - 1, & \text{если } N_x \leq 50. \end{cases} \quad (11)$$

Сравнительные результаты оценки ПКС – «Геолог - Трехмерное моделирование» приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительные результаты оценки компетенции «Геолог - Трёхмерное моделирование»

Наименование профильной дисциплины	Эксперт	Разработанная модель	Нечёткая логика
Седиментология и стратиграфия	3	3	4
Структурная геология	3	3	3
Геологоразведка	5	4	4
Нефтяные системы	3	3	3
Трёхмерное картирование	4	4	4
Запасы	3	3	4
Сбор данных сейсморазведки	2	2	2
Обработка данных сейсморазведки	2	3	3
Моделирование сейсмических данных	4	4	3
Анализ керна / Свойства пород	3	2	2
Уровень согласованности моделей K_T		0,08	0,12

Полученные результаты свидетельствуют о пригодности разработанной модели. Анализ результатов показывает, что разработанное алгоритмическое обеспечение принятия решения АСУ на основе доверительной оценки ПКС позволяет обеспечить более высокую достоверность контроля уровней усвоения профильных дисциплин, по сравнению с моделью оценки на основе нечёткой логики. Полученные результаты доверительной оценки ПКС позволяют сократить СОПД для внутрифирменной переподготовки специалиста за счёт выбора только тех тем профильных дисциплин, по которым наиболее целесообразна такая переподготовка при заданных временных и стоимостных ограничениях. В диссертационной работе проведена оценка общего количества учебных часов до и после применения разработанного алгоритмического обеспечения принятия решения по формированию ПКС для переподготовки специалиста нефтяной промышленности, которая показала возможность, сокращения СОПД в среднем на 15%.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате проведённых исследований разработана структурная схема АСУ на основе доверительной оценки ПКС и её алгоритмическое обеспечение, что позволяет повысить достоверность автоматизированного контроля уровней усвоения профильных дисциплин для принятия решения по формированию компетенций специалиста.

Выводы по диссертационной работе и полученные в ней научные результаты можно обобщить следующим образом.

1. Проведён анализ алгоритмического и программного обеспечения для автоматизации управления внутрифирменной переподготовкой специалиста. Анализ позволил выявить недостатки средств принятия решения по формированию ПКС. Недостатки заключаются в отсутствие алгоритмов, позволяющих обеспечить достоверность контроля уровней усвоения профильных дисциплин

для оценки ПКС в условиях ограниченного числа контрольных заданий и обеспечить выбор содержания и объёма профильных дисциплин для переподготовки специалиста на основе такой оценки. Определён путь преодоления указанных недостатков, который заключается в разработке алгоритмического обеспечения АСУ на основе доверительной оценки ПКС.

2. Разработана алгоритмическая модель определения содержания и объёма профильных дисциплин на основе доверительной оценки ПКС, отличающаяся: процедурой пополнения контрольных заданий характеристическим свойством, значение которого определяет вероятность получения истинного уровня усвоения профильной дисциплины специалистом; правилами выбора содержания и объёма профильных дисциплин для формирования требуемых компетенций в условиях стоимостных и временных ограничений на внутрифирменную переподготовку специалиста. Указанные отличия разработанной алгоритмической модели позволяют повысить достоверность контроля уровней усвоения профильных дисциплин для оценки ПКС в среднем на 20%, по сравнению с моделью на основе нечёткой логики за счёт получения значений доверительных вероятностей указанных уровней и определения их влияния на компетенции специалиста.

3. Разработано алгоритмическое обеспечение принятия решения по формированию ПКС на основе их доверительной оценки. Алгоритмическое обеспечение отличается процедурами доверительной оценки уровней усвоения профильных дисциплин для их классификации по уровням и составу компетенций, что позволяет: выбирать содержание и объём профильных дисциплин для внутрифирменной переподготовки специалиста в условиях стоимостных и временных ограничений; обеспечить БД контрольных тестов и перечня профессиональных компетенций их доверительными оценками; классифицировать результаты контроля уровней усвоения тем профильных дисциплин по уровням и составу ПКС.

4. Построены структурная и функциональная схемы АСУ внутрифирменной переподготовкой специалиста, отличающиеся устройством управления на основе доверительной оценки ПКС, которое, в отличие от известных аналогов, позволяет не только оценивать компетенции специалиста в учебном процессе, но и установить зависимость между исходными уровнями усвоения профильных дисциплин и необходимыми содержанием и объёмом профильных дисциплин в условиях стоимостных и временных ограничений на формирование требуемых компетенций.

5. Проведён эксперимент по определению содержания и объёма профильных дисциплин на основе доверительной оценки ПКС для подтверждения достигнутых результатов на примере оценки специалистов нефтяной промышленности. Это позволило сократить содержание и объём профильных дисциплин в среднем на 15% по результатам определения целесообразности переподготовки специалиста в условиях временных и стоимостных ограничений.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**Публикации в рецензируемых журналах ВАК**

1. Павлов А. А., Крехов Е. В. Применение нейросетевых моделей профессиональных компетенций специалиста в автоматизированной обучающей системе – М: Научно-методический журнал «Информатизация образования и науки», №4, 2009. – с. 132 – 144.

2. Крехов Е. В., Павлов А. А. и др. Метод контроля выполнения арифметических операций ЭВМ в автоматизированных системах контроля и измерения – М.: Измерительная техника, № 3, 2008 – с. 10 - 12.

3. Крехов Е. В., Хабибулин И. В. Нейросетевая модель профессиональных компетенций специалиста для обоснования затрат на обучение – Серпухов: Известия Института инженерной физики, Т. 2, №16, 2010 – с. 33-38.

Другие публикации результатов диссертационного исследования

4. Крехов Е. В. Алгоритмическое обеспечение принятия решения по формированию профессиональных компетенций специалиста // сборник статей «Проблемы обеспечения эффективности и устойчивости функционирования сложных технических систем», часть 4, Серпухов. 2010. – с. 100 - 104.

5. Крехов Е. В. Методика прогнозирования профессиональных компетенций специалиста на основе нейросетевых моделей // XI Всероссийская НТК, «Нейроинформатика-2009» Сб. научных трудов, ч.1. – М.: Изд-во МИФИ, 2009. – с. 114 – 115.

6. Крехов Е. В. Методика статистико-математического обоснования затрат на профессиональное обучение специалистов // Сборник «Ученые записки ИИО РАО» – М.: ИИО РАО, 2009. – с. 83 – 88.

7. Крехов Е. В. Методика программно-модульного эмулирования нейронных сетей // НТК «Программное и информационное обеспечение систем различного назначения на базе персональных ЭВМ», Сб. научных трудов – М.: МГУПИ, 2006 – с. 64 – 72.

8. Крехов Е. В. Модель доверительной оценки профессиональных компетенций специалиста / Крехов И. В. // сборник статей «Проблемы обеспечения эффективности и устойчивости функционирования сложных технических систем», часть 4, Серпухов. 2010. – с. 105 - 109.

9. Крехов Е. В. Нейросетевой классификатор профессиональной компетентности специалиста // X Всероссийская НТК, «Нейроинформатика-2008» Сб. научных трудов, ч.1. – М.: Изд-во МИФИ, 2008. – с. 53 – 61.

10. Крехов Е. В. Нейросетевая модель автоматизированной обучающей системы / Крехов И. В. // сборник статей «Проблемы обеспечения эффективности и устойчивости функционирования сложных технических систем», часть 2, Серпухов. 2009. – с. 112 - 119.

11. Крехов Е. В. Результаты применения нейросетевых моделей предиктора профессиональной квалификации специалиста в автоматизированной обучающей системе // Сборник "Ученые записки ИИО РАО" – М.: ИИО РАО, 2008. – с. 219–225.

Подп. в печ. 17.08.2010 г. Формат 60 x 84 1/16. Объем 1,0 п.л. Тир. 100. Зак 1149.

ГУП МО «Серпуховская типография»

Министерство по делам печати и информации Московской области