

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗНАНИЙ ОПЕРАТОРА ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Файзрахманов Р.А.¹, Полевщиков И.С.¹

¹ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, Россия (614990, Пермский край, г. Пермь - ГСП, Комсомольский проспект, д. 29), e-mail: hwgdi@mail.ru

В статье рассмотрены особенности создания системы моделей для управления процессом формирования профессиональных знаний обучаемых, основанной на проведении автоматизированного контроля осваиваемых знаний посредством тестирования. Показаны схемы управления, лежащие в основе данной системы моделей, а также сети Петри, демонстрирующие особенности процесса принятия решений и уточняющие схемы управления. Отличительной чертой предложенной системы моделей является возможность за наименьшее время объективно и качественно оценить знания обучаемого за счет автоматического подбора количества заданий в тесте, что обеспечит допустимо низкую вероятность угадывания последовательности тестовых заданий и позволит максимально исключить повторение одних и тех же заданий при различных попытках прохождения теста обучаемым по определенной теме. Полученные модели являются основой для реализации программного и информационного обеспечения автоматизированной обучающей системы.

Ключевые слова: автоматизированная обучающая система, профессиональные знания, тестирование, производственно-технологический процесс, перегрузочный процесс.

MODELING AND AUTOMATION OF THE MANAGEMENT PROCESS OF FORMATION OF PROFESSIONAL KNOWLEDGE OF THE OPERATOR OF THE PROCESS SYSTEM

Fayzrakhmanov R.A.¹, Polevshchikov I.S.¹

¹Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia (614990, Perm, Komsomolsky Av. 29), e-mail: hwgdi@mail.ru

The article describes the features of the creation of models for managing the process of formation of professional knowledge of trainees based on an automated control to harness knowledge through testing. Showing management scheme underlying the system of models, as well as Petri nets, showing features of decision-making and clarifying the control circuit. A distinctive feature of the proposed system is the ability to model the shortest possible time to objectively and accurately assess students' knowledge by automatically adjusting the amount of tasks in the test, which will provide acceptably low probability of guessing the sequence of tests and will maximize prevent a repetition of the same tasks at various attempts to pass the test the student on a particular subject. The resulting models are the basis for the implementation of software and information support automated training system.

Keywords: automated training system, professional knowledge, testing, production and technological process, the process of reloading.

Известно, что эффективность и безопасность выполнения работ по обслуживанию различного сложного оборудования зависят от такого важнейшего фактора, как конструкторские и технологические знания персонала, эксплуатирующего данное оборудование [3].

В настоящее время на кафедре ИТАС ПНИПУ ведутся работы по созданию автоматизированных обучающих систем (АОС) операторов производственно-технологических процессов (на примере операторов перегрузочных машин). АОС помимо тренажера, предназначенного для освоения профессиональных умений и навыков [8-11], включает в себя также подсистему освоения профессиональных знаний: например, знаний об

устройстве перегрузочной машины, знаний о технике безопасности при работе на перегрузочной машине и т.д. В рамках данных работ создается система моделей и алгоритмов для управления процессом формирования профессиональных знаний обучаемых (т.е. будущих крановщиков).

Теоретический этап автоматизированного обучения представляет собой последовательное прохождения теоретических учебных модулей, каждый из которых направлен на изучение определенного вида профессиональных знаний (т.е. определенной темы). Количество учебных модулей и их содержание определяется преподавателем, наполняющим АОС информацией. Освоение очередного модуля начинается только после успешного освоения предыдущего модуля. Успешность освоения определяется посредством контроля знаний в форме тестирования. Обучаемый должен совершить столько попыток прохождения теста по модулю, пока тест не будет пройден успешно.

Следовательно, исходя из общего описания процесса теоретического этапа обучения, приведенного выше, процесс управления формированием знаний может быть представлен в виде двух уровней:

- 1) управление процессом прохождения некоторым обучаемым теста по теме определенного теоретического модуля;
- 2) управление процессом последовательного прохождения обучаемым теоретических модулей.

В первую очередь, рассмотрим особенности управления процессом прохождения теста по теме определенного теоретического модуля.

Каждому теоретическому модулю, направленному на изучение определенного вида знаний, соответствует комплект (т.е. множество) тестовых заданий, из которого в процессе контроля знаний обучаемого по теме модуля будет автоматически сформирован тест для оценки качества полученных знаний. В процессе прохождения теста АОС псевдослучайным образом будет выбирать задания из комплекта и предоставлять обучаемому для решения.

Для тестирования было предложено использовать задания закрытой формы с одним правильным вариантом ответа в виду такого существенного преимущества, как соответствие данной формы заданий проблеме выбора, решаемой ежедневно эксплуатационным персоналом сложной технологической системы в процессе работы [1].

Следует отметить, что в научной литературе [2, 4, 5, 7, 8] в недостаточной степени рассмотрены модели автоматизированного управления формированием профессиональных знаний эксплуатационного персонала технологической системы, позволяющие качественно, за наименьшее время оценить знания, максимально исключив при этом субъективное мнение преподавателя (устанавливающего вручную различные параметры тестирования) и снизить

негативное влияние угадывания ответов обучаемым. Рассмотрим предлагаемую методику решения данной проблемы.

В качестве важнейшей составляющей системы моделей была предложена схема управления процессом прохождения теста по теме определенного теоретического модуля, представленная на рис. 1.

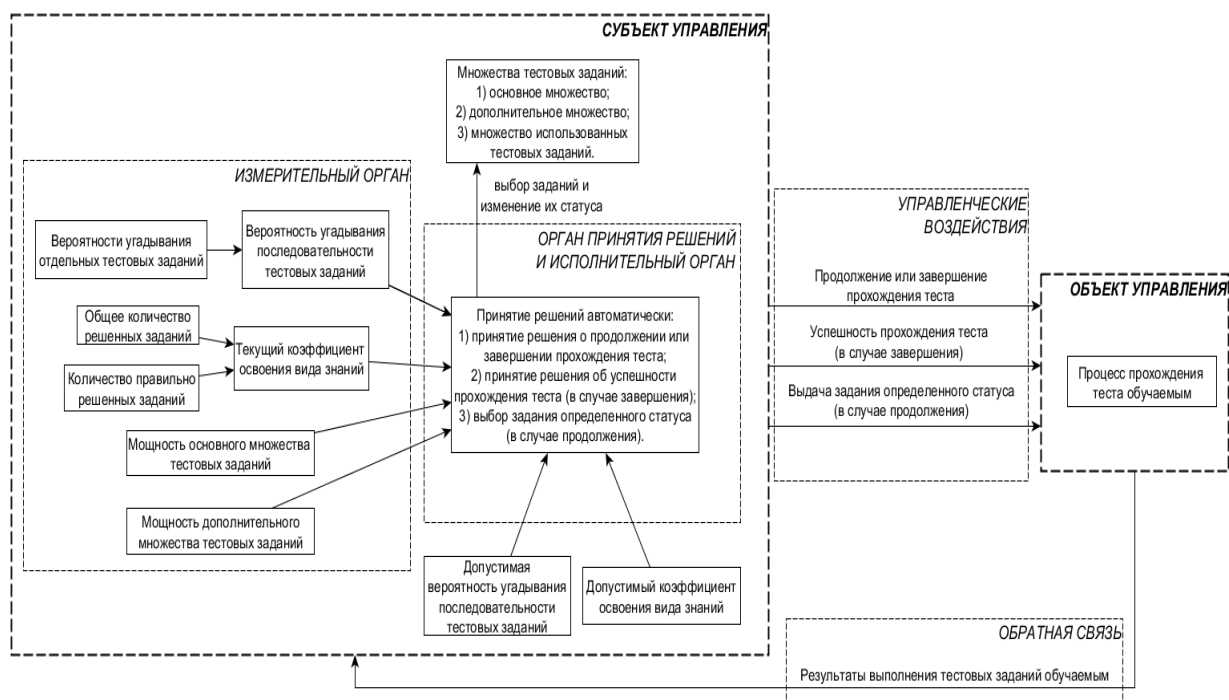


Рис. 1. Схема управления процессом прохождения теста

Схема управления обладает научной новизной по сравнению с существующими, поскольку в процессе принятия решений используется не только традиционный коэффициент освоения знаний [4], но и такая новая характеристика, как вероятность угадывания последовательности тестовых заданий обучаемым. Это позволяет за наименьшее время объективно и качественно оценить знания обучаемого за счет автоматического подбора количества заданий в тесте, обеспечивая допустимо низкий уровень влияния такого негативного фактора в процессе тестирования, как угадывание обучаемым ответов на тестовые задания.

Эффективность псевдослучайного выбора заданий из комплекта, обусловленная индивидуализацией процесса обучения, будет дополнена, в отличие от существующих подходов, тем, что тестовые задания будут выбраны из комплекта с учетом их статуса, в зависимости от того, к какому из трех множеств принадлежит тестовое задание. Это способствует максимальному исключению повторений одних и тех же заданий при различных попытках прохождения теста обучаемым по определенной теме.

После выполнения каждого задания в ходе прохождения теста вычисляются два показателя – коэффициент освоения вида знаний и вероятность угадывания последовательности тестовых заданий.

Коэффициент освоения вида знаний вычисляется по формуле:

$$K_{osv} = \frac{N_{prav}}{N_{obsh}},$$

где N_{prav} - количество правильно решенных заданий;

N_{obsh} - общее количество решенных заданий.

Вероятность угадывания последовательности заданий вычисляется следующим образом:

$$P_{ugad} = P'_{ugad} \cdot P_{ugad i} = \frac{P'_{ugad}}{N_{votv i}},$$

где P_{ugad} - значение вероятности угадывания последовательности заданий после выполнения обучаемым i -го задания;

P'_{ugad} - предыдущее значение вероятности угадывания последовательности заданий;

$P_{ugad i}$ - вероятность угадывания i -го задания;

$N_{votv i}$ - количество вариантов ответа в i -м задании.

Для более детального описания процессов принятия решений и формирования управленческих воздействий, отмеченных на рис. 1, воспользуемся построением сетей Петри. Как известно, сеть Петри - это математическая модель для представления динамики функционирования некоторой системы в терминах «условие-событие». Достоинством использования сетей Петри является возможность адекватного представления логико-временных особенностей функционирования сложных систем различной природы: экономических, биологических, социальных, технические и т.д. [6].

На рис. 2 в форме сети Петри показана модель процесса принятия решений и формирования управленческих воздействий о продолжении или завершении прохождения теста (и об успешности в случае завершения) обучаемым.

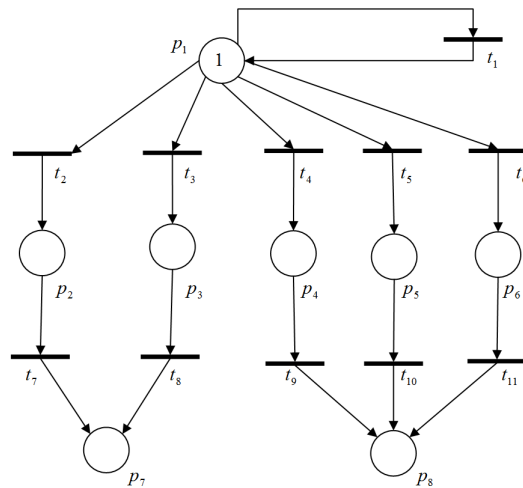


Рис. 2. Модель процесса принятия решений и формирования управленческих воздействий о продолжении или завершении прохождении теста обучаемым

Известно, что позициям в сетях Петри соответствуют некоторые условия, а переходам – события [6].

В таблице 1 представлено описание условий, соответствующих позициям сети Петри, изображенной на рис. 2. Используются следующие обозначения:

K_{osv} - текущее значение коэффициента освоения;

P_{ugad} - текущая вероятность угадывания последовательности заданий;

K_{osv}^{dop} - пороговый (допустимый) коэффициент освоения вида знаний (устанавливается преподавателем в настройках АОС);

P_{ugad}^{dop} - пороговая (допустимая) вероятность угадывания последовательности заданий (устанавливается преподавателем в настройках АОС);

M_{osn} - основное множество заданий (содержит задания, которые еще не использовались в предыдущих попытках прохождения теста);

M_{dpl} - дополнительное множество заданий (содержит задания, которые уже использовались в предыдущих попытках).

Таблица 1

Описание позиций сети Петри

Позиция	Условие
p_1	$(P_{ugad} > P_{ugad}^{dop}) \wedge \neg((M_{osn} \equiv \emptyset) \wedge (M_{dpl} \equiv \emptyset)) \wedge ((K_{osv}^{dop} \neq 1) \vee (K_{osv}^{dop} = 1) \wedge (K_{osv} = 1))$.
p_2	$(M_{osn} \equiv \emptyset) \wedge (M_{dpl} \equiv \emptyset) \wedge (K_{osv} \geq K_{osv}^{dop})$.
p_3	$(P_{ugad} \leq P_{ugad}^{dop}) \wedge (K_{osv} \geq K_{osv}^{dop})$.
p_4	$(M_{osn} \equiv \emptyset) \wedge (M_{dpl} \equiv \emptyset) \wedge (K_{osv} < K_{osv}^{dop})$.
p_5	$(K_{osv}^{dop} = 1) \wedge (K_{osv} \neq 1)$.

p_6	$(K_{osv}^{dop} \neq 1) \wedge (P_{ugad} \leq P_{ugad}^{dop}) \wedge (K_{osv} < K_{osv}^{dop})$.
p_7	Текущее тестирование пройдено успешно.
p_8	Текущее тестирование пройдено не успешно.

Начальная маркировка сети Петри соответствует состоянию АОС после выполнения обучаемым первого задания и может быть различной. Возможны 6 различных начальных маркировок, каждая из которых соответствует наличию одного маркера в позиции p_1 , p_2 , p_3 , p_4 , p_5 или p_6 и отсутствию маркеров во всех других позициях. На рис. 2 продемонстрирован один, наиболее типичный вариант начальной маркировки.

В таблице 2 представлено описание событий, соответствующих переходам сети Петри, изображенной на рис. 2.

Таблица 2

Описание переходов сети Петри

Переход	Событие
t_1	Принятие автоматически решения о продолжении выполнения теста. Выполнение обучаемым очередного тестового задания, что заново приводит к переходу в состояние p_1 .
$t_2, t_3, t_4,$ t_5, t_6	Принятие автоматически решения о продолжении выполнения теста. Выполнение обучаемым очередного тестового задания, что приводит к переходу в состояние p_2, p_3, p_4, p_5 или p_6 соответственно.
t_7, t_8	Принятие автоматически решения об успешном завершении прохождения теста (по причине выполнения условия позиции p_2 или p_3 соответственно).
t_9, t_{10}, t_{11}	Принятие автоматически решения о неуспешном завершении прохождения теста (по причине выполнения условия позиции p_4, p_5 или p_6 соответственно).

Таким образом, как видно из описания позиций и переходов сети Петри (изображенной на рис. 2), принятие решений зависит от текущих значений коэффициента освоения и вероятности угадывания последовательности заданий, от пороговых значений коэффициента освоения и вероятности угадывания последовательности заданий, а также от мощности основного и дополнительного множеств заданий.

На рис. 3 в форме сети Петри показана модель процесса принятия решений и формирования управленческих воздействий о выборе задания определенного статуса из базы тестовых заданий.

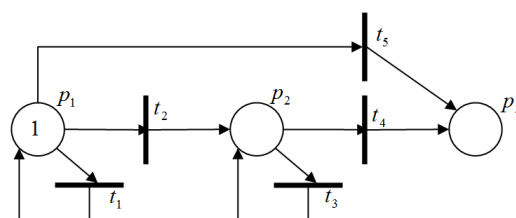


Рис. 3. Модель процесса принятия решений и формирования управленческих воздействий о выборе задания определенного статуса из базы тестовых заданий

В таблице 3 представлено описание условий, соответствующих позициям сети Петри, изображенной на рис. 3.

Таблица 3

Описание позиций сети Петри

Позиция	Условие
p_1	Основное множество тестовых заданий не пустое.
p_2	Дополнительное множество тестовых заданий не пустое, а основное – пустое.
p_3	И основное, и дополнительное множества тестовых заданий пустые.

Возможны следующие начальные маркировки сети Петри (соответствующие началу прохождения теста), изображенной на рис. 3: $m_0 = (1,0,0)$ или $m_0 = (0,1,0)$. В таблице 4 представлено описание событий, соответствующих переходам сети Петри, изображенной на рис. 3.

Таблица 4

Описание переходов сети Петри

Переход	Событие
t_1	Выбор тестового задания из основного множества, причем основное множество не станет после этого пустым.
t_2	Выбор последнего тестового задания из основного множества, т.е. основное множество станет после этого пустым.
t_3	Выбор тестового задания из дополнительного множества, причем дополнительное множество не станет после этого пустым.
t_4	Выбор последнего тестового задания из дополнительного множества, т.е. дополнительное множество станет после этого пустым.
t_5	Выбор последнего тестового задания из основного множества при пустом дополнительном множестве, т.е. оба множества (и пустое, и дополнительное) будут являться после этого пустыми.

Таким образом, основной принцип, заложенный в модели, показанной на рис. 3, заключается в том, что пока в основном множестве еще есть задания, то задания для теста будут выбираться случайным образом именно из этого множества. А когда основное множество стало пустым, что задания будут выбираться из дополнительного множества.

На рис. 4 в форме сети Петри изображена модель, отражающая особенности переходов задания из одного множества в другое. Переход задания из одного множества в другое – это вспомогательное действие в процессе управления.

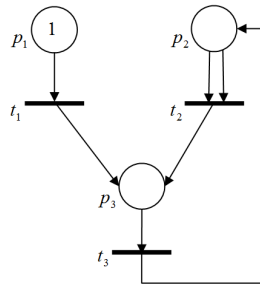


Рис. 4. Модель процесса перехода задания из одного множества в другое

В таблице 5 представлено описание условий, соответствующих позициям сети Петри, изображенной на рис. 4.

Таблица 5

Описание позиций сети Петри

Позиция	Условие
p_1	Тестовое задание находится в основном множестве задании.
p_2	Тестовое задание находится в дополнительном множестве задании.
p_3	Тестовое задание находится в множестве использованных заданий.

Возможны две начальные маркировки сети Петри (соответствующие началу выполнения теста), изображенной на рис. 4:

- 1) $m_0 = (1,0,0)$ - для случая, когда задание еще не было использовано при тестировании обучаемого;
- 2) $m_0 = (0,2,0)$ - для случая, когда задание уже было использовано при тестировании обучаемого в одной из предыдущих попыток.

В таблице 6 представлено описание событий, соответствующих переходам сети Петри, изображенной на рис. 4.

Таблица 6

Описание переходов сети Петри

Переход	Событие
t_1	<p>Тестовое задание переходит из основного множества в множество использованных в результате выполнения данного задания обучаемым в ходе прохождения теста:</p> $M_{osn} = M'_{osn} \setminus \{tz_{vybr}^{osn}\},$ <p>где tz_{vybr}^{osn} - очередное выбранное задание из основного множества заданий;</p> M'_{osn} - основное множество заданий до выбора из него задания tz_{vybr}^{osn} ; $M_{isp} = M'_{isp} \cup \{tz_{vybr}^{osn}\},$ <p>где M'_{isp} - множество использованных заданий до включения в него задания tz_{vybr}^{osn} .</p>

t_2	<p>Тестовое задание переходит из дополнительного множества в множество использованных в результате выполнения данного задания обучаемым в ходе прохождения теста:</p> $M_{dpl} = M'_{dpl} \setminus \{tz_{vybr}^{dpl}\},$ <p>где tz_{vybr}^{dpl} - очередное выбранное задание из дополнительного множества заданий;</p> <p>M'_{dpl} - дополнительное множество заданий до выбора из него задания tz_{vybr}^{dpl};</p> $M_{isp} = M'_{isp} \cup \{tz_{vybr}^{dpl}\},$ <p>где M'_{isp} - множество использованных заданий до включения в него задания tz_{vybr}^{dpl}.</p>
t_3	<p>Тестовое задание переходит из множества использованных в дополнительное множество после выполнения обучаемым теста:</p> $M_{dop} = M'_{dop} \cup M_{isp},$ <p>где M'_{dop} - множество дополнительных заданий до объединения его с множеством использованных.</p> <p>M_{isp} - множество использованных заданий на момент завершения тестирования обучаемого.</p>

Любое тестовое задание изначально всегда находится в основном множестве. После того, как оно было решено обучаемым в одной из попыток прохождения теста, то сначала попадает в множество использованных (это множество содержит задания, которые уже использовались в ходе текущей попытки прохождения теста), а затем, после выполнения теста – в множество дополнительных.

Далее рассмотрим особенности управления процессом последовательного прохождения обучаемым теоретических модулей.

Предложенная схема управления данным процессом представлена на рис. 5. Как видно на данной схеме, автоматическое принятие решений зависит от показателя успешности прохождения теста по текущему теоретическому модулю и наличия очередного теоретического модуля в индивидуальной траектории обучения, т.е. последовательности модулей (теоретических и практических), которую должен освоить обучаемый.

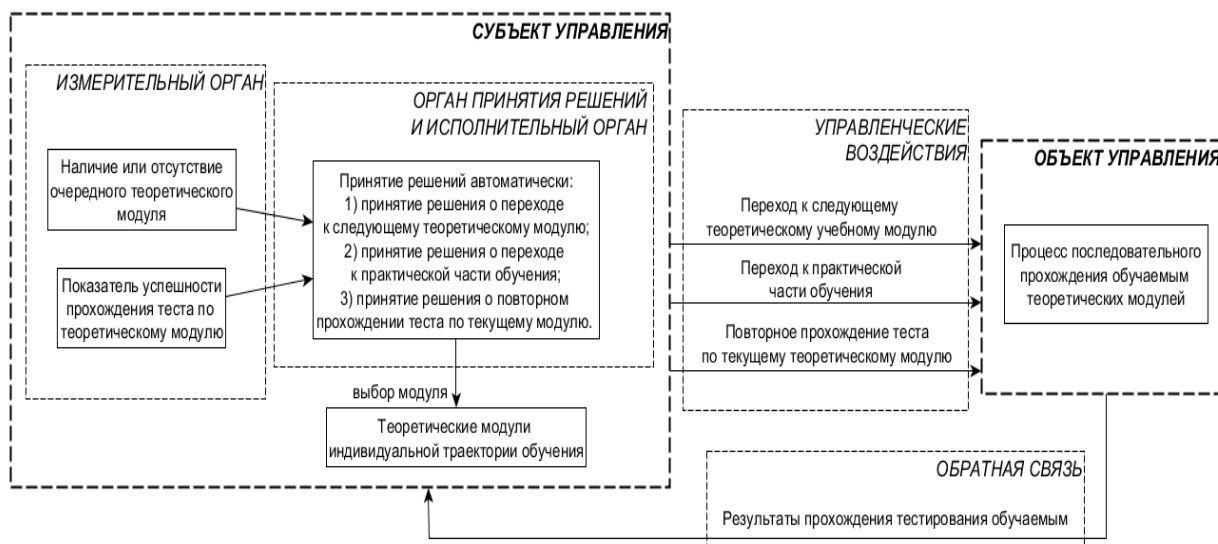


Рис. 5. Схема управления процессом последовательного прохождения теоретических модулей

Как показано на рис. 5, возможно принятие решений о переходе к изучению следующего теоретического модуля (в случае успешного прохождения теста по текущему модулю), о повторном изучении текущего теоретического модуля (в случае неуспешного прохождения теста) либо о переходе к практической части обучения (после изучения всех теоретических модулей).

Таким образом, была разработана система моделей, отличительной чертой которой является возможность за наименьшее время объективно и качественно оценить знания обучаемого (т.е. будущего оператора) за счет автоматического подбора количества заданий в тесте, что обеспечит допустимо низкую вероятность угадывания последовательности тестовых заданий и позволит максимально исключить повторение одних и тех же заданий при различных попытках прохождения теста обучаемым по определенной теме.

В ближайшей перспективе планируется реализация программного и информационного обеспечения подсистемы АОС, соответствующей предложенным моделям.

Список литературы

1. Введение в практическое тестирование. Лекция 2: Правила разработки тестового задания и теста. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.intuit.ru/studies/courses/1023/300/lecture/4038> (дата обращения: 28.06.2013).
2. Карпова И.П. Исследование и разработка подсистемы контроля знаний в распределенных автоматизированных обучающих системах: дис. ... канд. тех. наук: 05.13.13. - М., 2002.

3. Полевщиков И.С. Автоматизированное управление процессом формирования профессиональных знаний оператора технологической системы // Теоретические и прикладные аспекты математики, информатики и образования: материалы Междунар. науч. конф. (Архангельск, 16-21 ноября 2014 г.). – Архангельск: САФУ, 2014. – С. 408-415.
4. Профессиональная педагогика: Учебник для студентов, обучающихся по педагогическим специальностям и направлениям. Под ред. С.Я. Батышева, А.М. Новикова. Издание 3-е, переработанное. М.: ЭГВЕС, 2009. – 456 с.
5. Саакян И.Э. Автоматизация и адаптивное управление аттестацией персонала промышленных предприятий : автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.13.06. – М., 2009.
6. Теория вычислительных процессов: практикум / Р.А. Файзрахманов, Д.Б. Кузнецов, И.С. Полевщиков. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 107 с.
7. Файзрахманов Р.А., Курушин Д.С., Рустамханова Г.И., Слаутин Ю.А., Полевщиков И.С. Разработка требований к составлению тестовых вопросов для курсантов, обучающихся на тренажерном комплексе // Вестник ПГТУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. - 2011. - №5. - С. 161-167.
8. Файзрахманов Р.А., Полевщиков И.С. Анализ методов и средств автоматизации процесса обучения операторов производственно-технологических систем (на примере операторов перегрузочных машин) // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5. – Режим доступа: www.science-education.ru/111-10494 (дата обращения: 27.10.2013).
9. Файзрахманов Р.А., Полевщиков И.С. Оценка качества выполнения упражнений на компьютерном тренажере перегрузочной машины с использованием нечетких множеств [Электронный ресурс] // «Инженерный Вестник Дона». – 2012. – №4-1. - Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4t1y2012/1265> (дата обращения: 30.09.2014).
10. Щемелева Т.К. Система подготовки крановщиков с применением тренажеров: 30 лет спустя // Вестник ПГТУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2009. – №3. – С. 106-109.
11. R. A. Fayzrakhmanov, I. S. Polevshchikov. Increased of Efficiency in the Automated Training of Fuelling Machine Operators Using Iterative Simulation Learning [Электронный ресурс] // World Applied Sciences Journal 22 (Special Issue on Techniques and Technologies): 70-75, 2013 - Режим доступа: [http://www.idosi.org/wasj/wasj22\(tt\)13/12.pdf](http://www.idosi.org/wasj/wasj22(tt)13/12.pdf) (дата обращения: 30.09.2014).

Рецензенты:

Затонский А.В., д.т.н., заведующий кафедрой автоматизации технологических процессов Березниковского филиала ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Березники.

Щербинин А.Г., д.т.н., профессор кафедры «Конструирование и технологии в электротехнике», ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь.