

УДК 004.588

**МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ
ФОРМИРОВАНИЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗНАНИЙ
ОПЕРАТОРА ПЕРЕГРУЗОЧНОЙ МАШИНЫ**

Файзрахманов Р.А., Полевщиков И.С.

*ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,
Пермь, e-mail: hwgdi@mail.ru*

В статье предложена система моделей и алгоритмов для автоматизированного управления процессом формирования профессиональных знаний будущего оператора сложной технологической системы (на примере оператора перегрузочной машины), основанная на вероятностном подходе при оценке качества знаний в процессе тестирования. Отличительной чертой предлагаемой системы моделей и алгоритмов является возможность осуществить автоматический подбор заданий в тесте, что обеспечит значительное снижение негативного фактора угадывания ответов обучаемым, сокращение времени проведения тестирования и позволит максимально исключить повторение одних и тех же заданий при различных попытках прохождения теста обучаемым по определенной теме. Разработанные модели и алгоритмы нашли практическое применение при реализации компьютерного тренажерного комплекса, используемого в процессе профессионального обучения операторов портального крана.

Ключевые слова: автоматизированный контроль знаний, компьютерный тренажерный комплекс, перегрузочные процессы, диаграмма деятельности UML

**MODELS AND ALGORITHMS FOR AUTOMATED CONTROL OF THE FORMATION
OF PROFESSIONAL KNOWLEDGE OPERATOR HANDLING MACHINE**

Fayzrakhmanov R.A., Polevshikov I.S.

Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: hwgdi@mail.ru

The paper proposes a system of models and algorithms for automated control of the process of formation of professional knowledge of the future operator of complex technological systems (for example, the operator handling machine), based on a probabilistic approach when assessing the quality of knowledge in the testing process. A distinctive feature of the proposed system models and algorithms is the ability to carry out automatic selection of tasks in the test, which will provide a significant reduction in negative factor guessing the student's answer, reducing the time of the test and will maximize prevent a repetition of the same tasks at various attempts to pass the test the student on a particular subject. The developed models and algorithms have been implemented in the implementation of computer training complex used in the process of vocational training gantry crane operators.

Keywords: automated control of knowledge, computer training complex, reloading processes, activity diagram

Во многих современных областях профессиональной деятельности от работников (например, водителей, летчиков, крановщиков и т.д.) требуется точное выполнение действий сенсорного характера с учетом конкретной ситуации, что главным образом обусловлено необходимостью безопасного и эффективного выполнения работ. Базисом для точного выполнения подобных действий являются профессиональные знания, умения, навыки и основанные на них профессиональные компетенции персонала предприятий и организаций.

Анализ уровня развития современной (отечественной и зарубежной) науки и практики позволяет сделать вывод о том, что для решения проблемы автоматизированного управления формированием профессиональных знаний, умений и навыков (в т.ч. в указанных выше областях профессиональной деятельности) существуют различные модели, методы и программно-аппаратные средства [3, 5, 7, 8].

Однако для некоторых видов профессиональной деятельности соответствующие модели, методы и средства автоматизированного управления формированием знаний, умений и навыков к настоящему времени не получили должного развития. К таким видам деятельности относятся тяжелые и трудоемкие работы по перемещению грузов, используемые в ряде отраслей экономики России [3].

В частности, эффективность и безопасность выполнения перегрузочных работ зависит от такого важного фактора, как конструкторские и технологические знания оператора. Применяемые в настоящее время программные продукты для проведения тестирования с целью контроля знаний в профессиональном обучении, а также модели и алгоритмы, лежащие в основе данных продуктов [1, 2, 4], не позволяют существенно уменьшить отрицательное влияние проблемы угадывания заданий, что значительно снижает надежность оценки знаний

будущих операторов перегрузочных машин и фактически недопустимо ввиду потенциальной опасности аварийных ситуаций и травм операторов при осуществлении перегрузочных работ. Также недостаток существующих систем тестирования знаний заключается в наличии субъективного мнения преподавателя, устанавливающего вручную различные параметры тестирования (например, количество заданий в тесте), тем самым снижая в некоторых случаях качество контроля знаний.

Далее показана методика решения описанной выше проблемы, а именно созданная система моделей и алгоритмов для автоматизированного управления процессом формирования профессиональных знаний у обучаемого (т.е. будущего крановщика) с использованием компьютерного тренажерного комплекса (КТК).

Специфика теоретического этапа автоматизированного обучения крановщиков

Теоретический этап автоматизированного обучения крановщиков с использованием КТК представляет собой последовательное прохождение теоретических учебных модулей, каждый из которых направлен на изучение определенного вида профессиональных знаний (т.е. определенной темы), например знаний об устройстве перегрузочной машины, знаний о технике безопасности при работе на перегрузочной машине, знаний об условиях эксплуатации перегрузочной машины и т.д. [2, 4]. Количество учебных модулей и их содержание определяется преподавателем, наполняющим КТК информацией. Освоение очередного модуля начинается только после успешного освоения предыдущего модуля. Успешность освоения определяется посредством контроля знаний в форме тестирования. Обучаемый должен пытаться пройти тест по модулю до тех пор, пока тест не будет пройден успешно.

Для тестирования было предложено использовать задания закрытой формы с одним правильным вариантом ответа ввиду такого существенного преимущества, как соответствие данной формы заданий проблеме выбора, решаемой ежедневно эксплуатационным персоналом сложной технологической системы в процессе работы [4]. Также преимуществами подобных заданий являются быстрота тестирования и простота подсчета итогового результата прохождения теста.

Следовательно, исходя из общего описания теоретического этапа обучения,

приведенного выше, была построена система моделей и алгоритмов автоматизированного управления процессом формирования знаний обучаемого. Из данной системы можно выделить следующие процессы автоматического управления (и, как следствие, соответствующие модели и алгоритмы), которые будут рассмотрены далее детально:

1) автоматическое управление процессом прохождения некоторым обучаемым теста по теме определенного теоретического модуля;

2) автоматическое управление процессом последовательного прохождения обучаемым теоретических модулей.

Автоматическое управление процессом прохождения теста

Главным образом рассмотрим особенности автоматического управления процессом прохождения теста по теме определенного теоретического модуля. Соответствующая схема управления представлена на рис. 1.

Схема управления, изображенная на рис. 1, обладает научной новизной по сравнению с существующими, поскольку в процессе принятия решений используется не только традиционный коэффициент освоения знаний [2], но и такая новая характеристика, как вероятность угадывания последовательности тестовых заданий обучаемым. Это предоставляет возможность осуществить автоматический подбор количества заданий в тесте, что обеспечит значительное снижение негативного фактора угадывания ответов обучаемым и сокращение времени проведения тестирования.

Также необходимо отметить, что 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 задание. Это способствует максимальному исключению повторов одних и тех же заданий при различных попытках прохождения теста обучаемым по определенной теме [4].

Измерительный орган схемы управления процессом прохождения теста

Основные действия, выполняемые измерительным органом схемы управления процессом прохождения теста, результаты которых непосредственно используются

в процессе принятия решений, были показаны на рис. 1. Рассмотрим более детально автоматические вычисления, выполняемые измерительным органом.

Следует отметить, что каждому теоретическому модулю, направленному на изучение определенного вида знаний, соответствует комплект (т.е. множество) тестовых заданий (введенных предварительно преподавателем в настройках КТК и хранящихся впоследствии в базе данных), из которого в процессе контроля знаний обучаемого по теме модуля будет автоматически сформирован тест из некоторого количества заданий для оценки качества полученных знаний. В процессе прохождения теста КТК псевдослучайным образом будет выбирать задания из комплекта и предоставлять обучаемому для решения.

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

Для вычисления текущего коэффициента освоения вида знаний в первую очередь вычисляется правильность выполнения i -го задания по следующей формуле:

$$f_{pravi} = \begin{cases} 1, & \text{если обучаемый выбрал правильный вариант ответа за отведенное время,} \\ 0, & \text{если задание выполнено неверно или истекло время выполнения.} \end{cases} \quad (1)$$

Таким образом, на основе формулы (1) количество правильно решенных заданий на текущий момент времени определяется следующим образом:

$$N_{prav} = \sum_{j=1}^{N_{obsh}} f_{prav j}, \quad (2)$$

где N_{obsh} – общее количество решенных заданий на текущий момент времени; $f_{prav j}$ – правильность выполнения j -го задания.

Используя обозначения из формулы (2), для текущего коэффициента освоения вида знаний можно предложить следующую формулу расчета:

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

Для вычисления текущей вероятности угадывания последовательности заданий в первую очередь определяется количество вариантов ответа на i -е задание, равное $N_{votv i}$. Далее вычисляется значение вероятности угадывания i -го задания (с учетом допущения о равной вероятности выбора обучаемым любого варианта ответа):

$$P_{ugadi} = \frac{1}{N_{votv i}}. \quad (3)$$

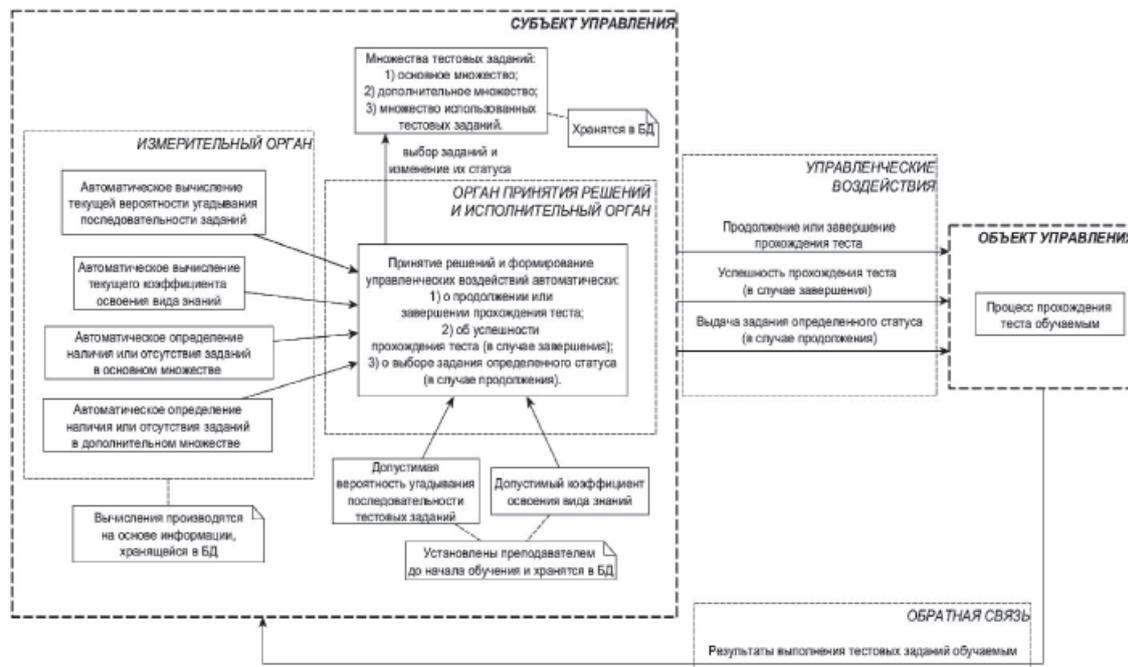


Рис. 1. Схема автоматического управления процессом прохождения теста

Таким образом, используя формулу (3), текущая вероятность угадывания последовательности заданий вычисляется следующим образом (фактически как произведение вероятностей независимых событий):

$$P_{ugad} = P'_{ugad} \cdot P_{ugad i} = \frac{P'_{ugad}}{N_{votv i}} = \prod_{j=1}^{N_{obsh}} P_{ugad j}, \quad (4)$$

где P_{ugad} – значение вероятности угадывания последовательности заданий после выполнения обучаемым i -го задания; P'_{ugad} – предыдущее значение вероятности угадывания последовательности заданий (следует отметить,

что после прохождения обучаемым первого задания в тесте $P'_{ugad} = 1$); $P_{ugad j}$ – вероятность угадывания обучаемым j -го задания.

Согласно формуле (4), в общем случае, чем больше заданий в тесте, тем вероятность угадывания последовательности тестовых заданий (т.е. всего теста в целом) меньше. Но необходимо отметить, что в зависимости от количества вариантов ответа в задании одно и то же значение вероятности угадывания последовательности заданий достигается при разных количествах заданий в тесте.

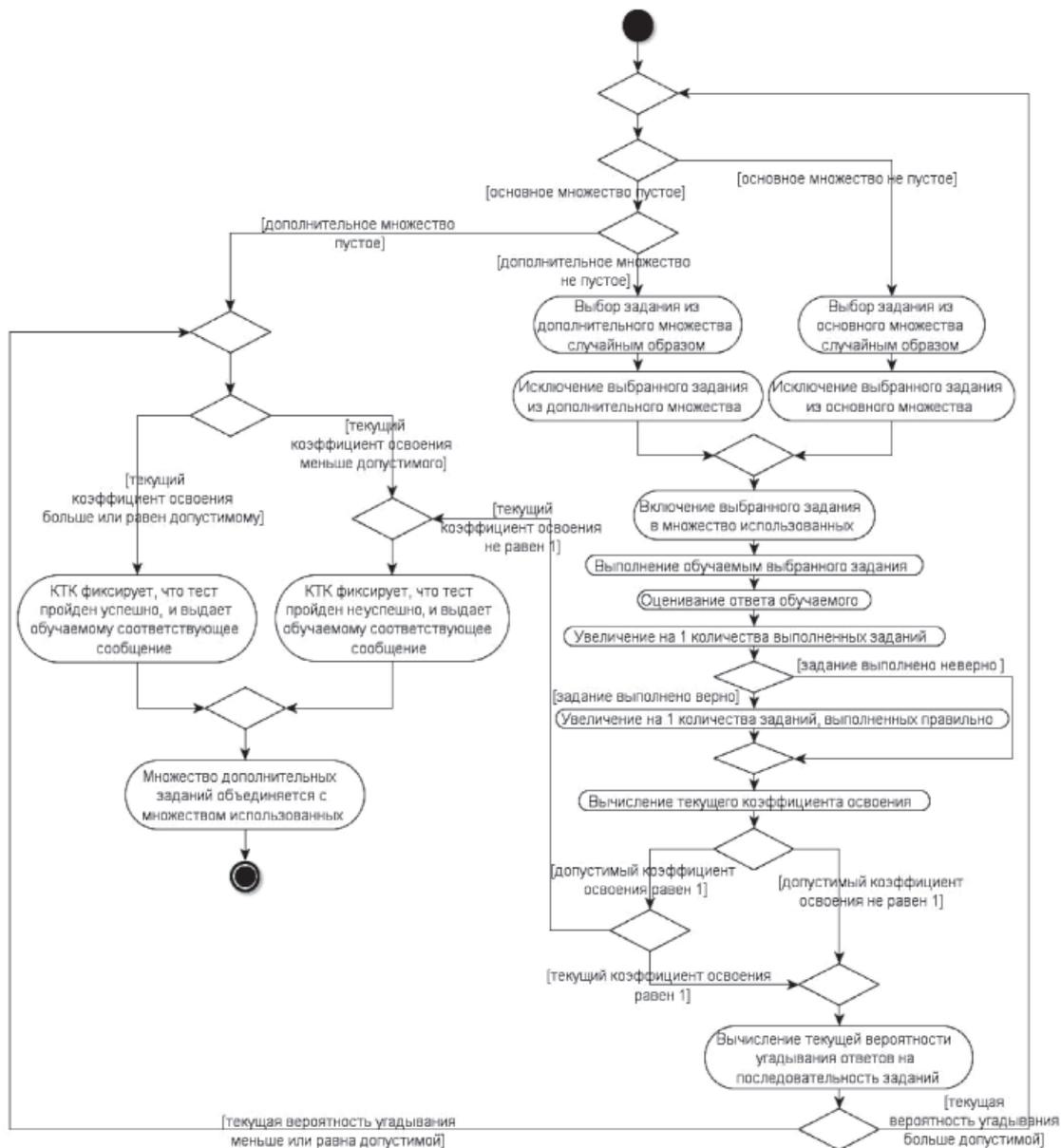


Рис. 2. Алгоритм управления процессом прохождения теста

Тест можно считать успешно пройденным, когда после очередного решенного задания автоматически вычисленное значение текущей вероятности угадывания последовательности заданий меньше или равно допустимой вероятности угадывания последовательности заданий (т.е. тому значению, которое ввел преподаватель в настройках КТК, фактически показывающему допустимую вероятность угадывания теста обучаемым), и одновременно текущий коэффициент освоения больше или равен допустимому.

Алгоритмы управления процессом прохождения теста и последовательного прохождения обучаемым теоретических модулей

Предложен алгоритм автоматического управления процессом прохождения теста по теме определенного теоретического модуля (рис. 2). Он основан на описанной выше схеме управления. Данный алгоритм выполнен в форме диаграммы деятельности унифицированного языка моделирования UML, широко используемого для построения визуальных моделей программных систем [6]. Алгоритм является основой для реализации программной системы.

В данном алгоритме заложен принцип, заключающийся в том, что пока в основном

множестве еще есть задания, то задания для теста будут выбираться случайным образом именно из этого множества (т.к. ни одно из этих заданий еще не предоставлялось обучаемому в предыдущих попытках тестирования). А когда основное множество стало пустым, что задания будут выбираться из дополнительного множества (содержащего задания, которые уже предоставлялись обучаемому в предыдущих попытках).

Как видно из 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. Отдельно учтен случай, когда пороговый коэффициент освоения равен 1, поскольку в таком случае, если хотя бы одно тестовое задание выполнено неверно, текущий коэффициент освоения уже не сможет стать равным пороговому.

Также предложен алгоритм автоматического управления процессом последовательного прохождения обучаемым теоретических модулей, выполненный в форме диаграммы деятельности UML (рис. 3).

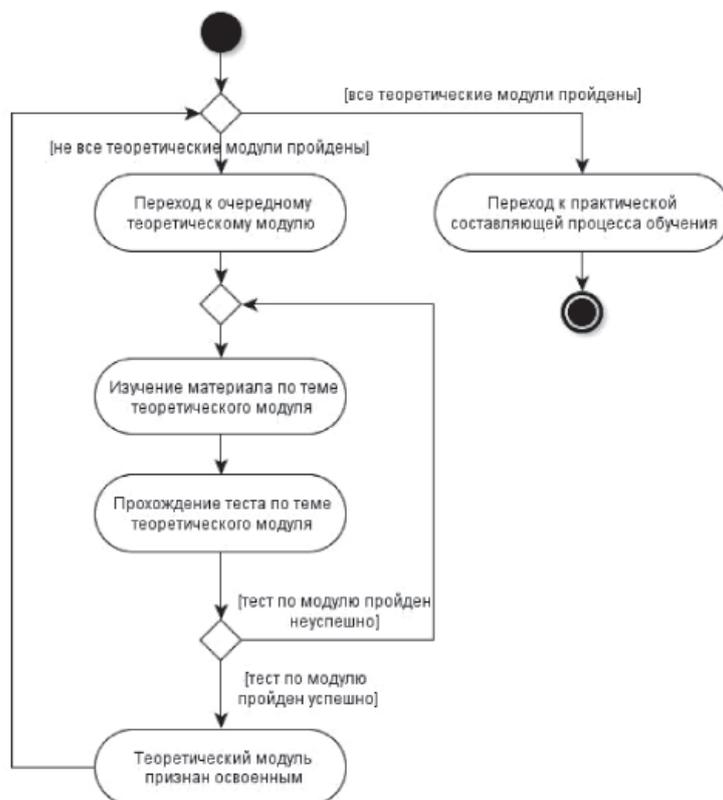


Рис. 3. Алгоритм управления процессом последовательного прохождения обучаемым теоретических модулей

Заключение

Таким образом, предложена система моделей и алгоритмов для автоматизированного управления процессом формирования профессиональных знаний будущего оператора, основанная на вероятностном подходе при оценке качества знаний в процессе тестирования.

Отличительной чертой предлагаемой системы моделей и алгоритмов является возможность осуществить автоматический подбор количества заданий в тесте, что обеспечивает значительное снижение негативного фактора угадывания ответов обучаемым, сокращение времени проведения тестирования и позволит максимально исключить повторение одних и тех же заданий при различных попытках прохождения теста обучаемым по определенной теме.

Разработанные модели и алгоритмы нашли практическое применение при реализации компьютерного тренажерного комплекса, используемого в процессе профессионального обучения операторов портального крана.

Список литературы

1. Ноткин А.М. Модель автоматизированной системы тестирования // Вестник ПГТУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2007. – № 9(1). – С. 41–48.
2. Полевщиков И.С., Файзрахманов Р.А. Контроль знаний при обучении на тренажере // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. – Ростов-на-Дону: ИЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2012. – С. 289–291.
3. 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. – URL: science-education.ru/111-10494.
4. Файзрахманов Р.А., Полевщиков И.С. Моделирование и автоматизация процесса управления формированием профессиональных знаний оператора производственно-технологической системы // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – URL: science-education.ru/120-16653.
5. Яговкин В.И., Стафеев С.К. Интерактивный тренажерный комплекс для государственных образовательных учреждений // Науч.-технич. вестн. СПбГУ ИТМО. – 2010. – № 5 (69). – С. 122–126.
6. Abdulhameed Alelaiwi. UML-Based Life Cycle for the King Saud University Scientific Excellence Prize System // Life Science Journal. – 2014. v № 11(6s). – P. 569–574. – URL: lifesciencesite.com/lj/life1106s/119_24674life1106s14_569_574.pdf.
7. Fayzrahmanov R.A., Polevshchikov I.S. Increased of Efficiency in the Automated Training of Fuelling Machine Operators Using Iterative Simulation Learning // World Applied Sciences Journal. – 2013. – № 22 (Special Issue on Techniques and Technologies). – P. 70–75. – URL: idosi.org/wasj/wasj22(tt)13/12.pdf.
8. Lisitsyna L., Lyamin A. Approach to development of effective e-learning courses // Frontiers in Artificial Intelligence and Application. – 2014. – Vol. 262. – P. 732–738.

References

1. Notkin A.M. Model avtomatizirovannoy sistemy testirovaniya // Vestnik PGU. Elektrotehnika, informatsionnye tekhnologii, sistemy upravleniya. 2007. no. 9(1). pp. 41'48.
2. Polevshchikov I.S., Fayzrahmanov R.A. Kontrol znaniy pri obuchenii na trenazhere // Trudy Severo-Kavkazskogo filiala Moskovskogo tekhnicheskogo universiteta svyazi i informatiki. Rostov-na-Donu: PTs «Universitet» SKF MTUSI, 2012. pp. 289'291.
3. Fayzrahmanov R.A., Polevshchikov I.S. Analiz metodov i sredstv avtomatizatsii protsessa obucheniya operatorov proizvodstvenno-tekhnologicheskikh sistem (na primere operatorov peregruzochnykh mashin) // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2013. no. 5. URL: science-education.ru/111-10494.
4. Fayzrahmanov R.A., Polevshchikov I.S. Modelirovanie i avtomatizatsiya protsessa upravleniya formirovaniem professionalnykh znaniy operatora proizvodstvenno-tekhnologicheskoy sistemy // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2014. no. 6. URL: science-education.ru/120-16653.
5. Yagovkin V.I., Stafeyev S.K. Interaktivnyy trenazhernyy kompleks dlya gosudarstvennykh obrazovatelnykh uchrezhdeniy // Nauch.-tekhnich. vestn. SPbGU ITMO. 2010. no. 5 (69). pp. 122–126.
6. Abdulhameed Alelaiwi. UML-Based Life Cycle for the King Saud University Scientific Excellence Prize System // Life Science Journal. 2014. no. 11(6s). pp. 569-574. URL: lifesciencesite.com/lj/life1106s/119_24674life1106s14_569_574.pdf.
7. Fayzrahmanov R.A., Polevshchikov I.S. Increased of Efficiency in the Automated Training of Fuelling Machine Operators Using Iterative Simulation Learning // World Applied Sciences Journal. 2013. no. 22 (Special Issue on Techniques and Technologies). pp. 70-75. URL: idosi.org/wasj/wasj22(tt)13/12.pdf.
8. Lisitsyna L., Lyamin A. Approach to development of effective e-learning courses // Frontiers in Artificial Intelligence and Application. 2014. V. 262. pp. 732–738.

Рецензенты:

Щербинин А.Г., д.т.н., профессор кафедры «Конструирование и технологии в электротехнике», ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь;
 Бочкарев С.В., д.т.н., профессор кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации», ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь.