

СТРУКТУРИРОВАНИЕ КОНТЕНТА ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА. ПРИМЕР ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРИРОВАННОГО КОНТЕНТА УЧЕБНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Г. Г. Куликов^а, доктор техн. наук, профессор

В. В. Антонов^а, доктор техн. наук, заведующий кафедрой

М. А. Шилина^а, канд. техн. наук, доцент

А. Р. Фахруллина^а, старший преподаватель

^аУфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, РФ

Постановка проблемы: при разработке современных предметно-ориентированных информационно-управляющих систем возникает проблема формализации и структурирования контента для учета прослеживаемости и идентификации в течение жизненного цикла процессов, связанных между собой в рассматриваемой предметной области. **Цель:** повышение эффективности учебно-производственных процессов путем возможной интеллектуальной распределенной обработки данных в рассматриваемой предметной области за счет формализации и структурирования контента, образующегося при взаимодействии вуза и предприятия в ходе подготовки обучающихся. **Результаты:** разработана формальная структурно-параметрическая модель интеллектуальной распределенной обработки данных, которая основана на базовых положениях цикла Деминга, теории множеств и теории категорий множеств. Модель позволяет идентифицировать и проследить вертикальные и горизонтальные процессы, связанные между собой в явной форме, что дает возможность получить формализованное описание системы, отвечающее требованиям алгоритмизации. **Практическая значимость:** разработанная модель детализирована до процессных моделей в нотации BPMN, которые в дальнейшем реализуются в виде интерактивных сценариев в автоматизированных web-портальных приложениях и позволяют непрерывно обрабатывать, анализировать данные и совершенствовать учебный процесс в образовательно-производственной среде.

Ключевые слова — контент предметной области, структурирование, системная модель, программа, образовательная-производственная среда, информационная система, теория категорий, теория множеств, web-портальные приложения, PDCA, BPMN, Moodle.

Введение

В соответствии с законодательством Российской Федерации [1] образовательные организации должны сформировать информационно-образовательную среду, в том числе с использованием web-портальных и дистанционных образовательных технологий, которая позволит обеспечивать взаимодействие всех участников образовательного процесса, включая работодателей. Активное участие предприятий-работодателей предусматривает прямое воздействие на учебный процесс и позволяет будущим выпускникам еще в процессе обучения находить работу по специальности благодаря системе стажировок и грантов. Университеты в свою очередь регулярно организуют и проводят курсы повышения квалификации, переподготовку сотрудников предприятий по востребованным направлениям.

Формирование образовательно-производственной среды (ОПС) позволяет осуществлять распределенную обработку данных для непрерывного совершенствования учебного процесса на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ) подготовки обучаемого за счет автоматизации с применением web-портальных технологий как со стороны вуза, так и со стороны работодателей. Исследования

в этой области проводятся уже довольно долгое время разными авторами [2–5 и др.]. Однако в последнее время наблюдается бурное развитие web-портальных технологий.

Существующие средства автоматизации учебно-методических процессов web-портальных технологий, включая платформы для дистанционного обучения (Blackboard, Moodle, Openmeetings и др.), представляют, прежде всего, инструментарий для создания интерактивных приложений типа Workflow. Для реализации таких приложений требуется формализовать и структурировать контент исследуемой предметной области, включая модели баз данных и баз знаний, модели бизнес-процессов и т. п.

Построение семантической модели совершенствования учебного процесса с учетом внешнего контура качества

Для управления и повышения качества бизнес-процессов стандартом ГОСТ Р ИСО 9001:2008 [6] рекомендовано применение цикла PDCA (Plan–Do–Check–Act), который иначе называют циклом Деминга (циклом Шухарта — Деминга).

В работе [7] описана семантическая модель непрерывного совершенствования учебного процесса

на уровне выпускающей кафедры, отражающая реализацию типовых учебно-методических процессов в едином информационном пространстве. Данная модель позволяет формально описать структуру этого пространства в терминах объектов и их характеристик, а также при помощи функций показать правила взаимодействия бизнес-процессов. Все функции, введенные в модель, реализуются в виде конкретных сценариев в интерактивном режиме.

Однако эта модель [7] в недостаточной степени учитывает так называемый внешний контур качества образовательного процесса в части взаимодействия вуза с предприятиями-работодателями. Исправим указанные недостатки.

Введем следующие обозначения:

$\Phi(St)$ — функция, характеризующая уровень знаний, умений и владений обучаемого St ;

R — множество целей учебного процесса, зафиксированных в соответствующих регламентирующих документах (основных профессиональных образовательных программах, учебных планах, программах практик и итоговой аттестации, рабочих программах и др.): $R = \{r_1, \dots, r_d\}$;

$Z(R)$ — функция получения регламентирующей документации (учебных планов, программ практик, рабочих программ дисциплин, фондов оценочных средств и др.) на основе множества целей;

$Y(R)$ — функция стандартизации полученного опыта, на основе которого может быть сформировано множество уточненных целей;

$F = \{f_1, \dots, f_i\} \in Q$ — функция, описывающая требования к уровню знаний, умений, владений (ЗУВ) у обучаемых со стороны государства;

$\Psi = \{\psi_1, \dots, \psi_{i_2}\} \in M$ — функция, описывающая требования к уровню обучаемых со стороны предприятий-работодателей;

$H = \{h_1, \dots, h_{i_3}\} \in M$ — функция, описывающая требования учебного управления вуза к уровню обучаемых по направлениям подготовки;

M — множество требований работодателей к специалисту;

Q — множество (совокупность) ЗУВ, удовлетворяющих требованиям государства, т. е. эталонная модель обучаемого.

Отметим, что в идеальном случае $H = F \cup \Psi$, но в реальной ситуации происходит корректировка требований вуза под изменяющиеся требования работодателей, поэтому в некоторые моменты времени это соотношение может не выполняться.

Из множества требований работодателей к специалисту можем выделить подмножество $V = \{V_1, \dots, V_m\}$, которое используется в основных критериях оценок и удовлетворяет непротиворечивости вышестоящим функциям.

Аналогично из множества Q можем также выделить подмножество $X = \{X_1, \dots, X_n\}$, кото-

рое используется в основных критериях оценок учебным управлением университета, и подмножество $L = \{L_1, \dots, L_k\}$, которое используется в основных критериях оценок органами в сфере образования РФ. Можем ввести следующие обозначения:

$GC_u(X)$ — подмножество критериев оценки качества ЗУВ на стадиях ЖЦ подготовки обучаемого с точки зрения учебного управления университета;

$GC_r(V)$ — подмножество критериев оценки качества ЗУВ на стадиях ЖЦ подготовки обучаемого с точки зрения предприятия-работодателя;

$GC_{ra}(L)$ — подмножество критериев оценки качества ЗУВ на стадиях ЖЦ подготовки обучаемого с точки зрения органов в сфере образования.

Графическое представление модели совершенствования учебного процесса с учетом внешнего контура качества приведено на рис. 1. Следовательно, $\Phi(St) \geq \Psi$ — критерий соответствия ЗУВ обучаемого требованиям работодателей. В процессе планирования учебного процесса появляются документы, которые и определяют проведение процесса подготовки обучаемых с учетом требований предприятия-работодателя к будущему выпускнику. На данном этапе определяются порядок и график проведения учебных занятий на базе промышленного предприятия; необходимое оборудование, информационные технологии и документы представлены в виде $Z(R)$. Последующий этап — процесс обучения — регламентирован документами, сформированными на предыдущем этапе.

В процессе обучения имеющиеся у объекта St ЗУВ пополняются новыми значениями $\Phi'(St)$, которые определены функцией целей учебного процесса $Z(R)$. Речь идет о некотором полилинейном отображении $f: \Phi(St) \times Z(R) \rightarrow \Phi'(St)$, которое может быть рассмотрено в виде объектов некоторой категории. То есть если $f: \Phi(St) \times Z(R) \rightarrow \Phi'_1(St)$ и $g: \Phi(St) \times Z(R) \rightarrow \Phi'_2(St)$, то морфизм $f \rightarrow g$ может быть определен как гомоморфизм $h: \Phi'_1(St) \rightarrow \Phi'_2(St)$, для которого коммутативна диа-

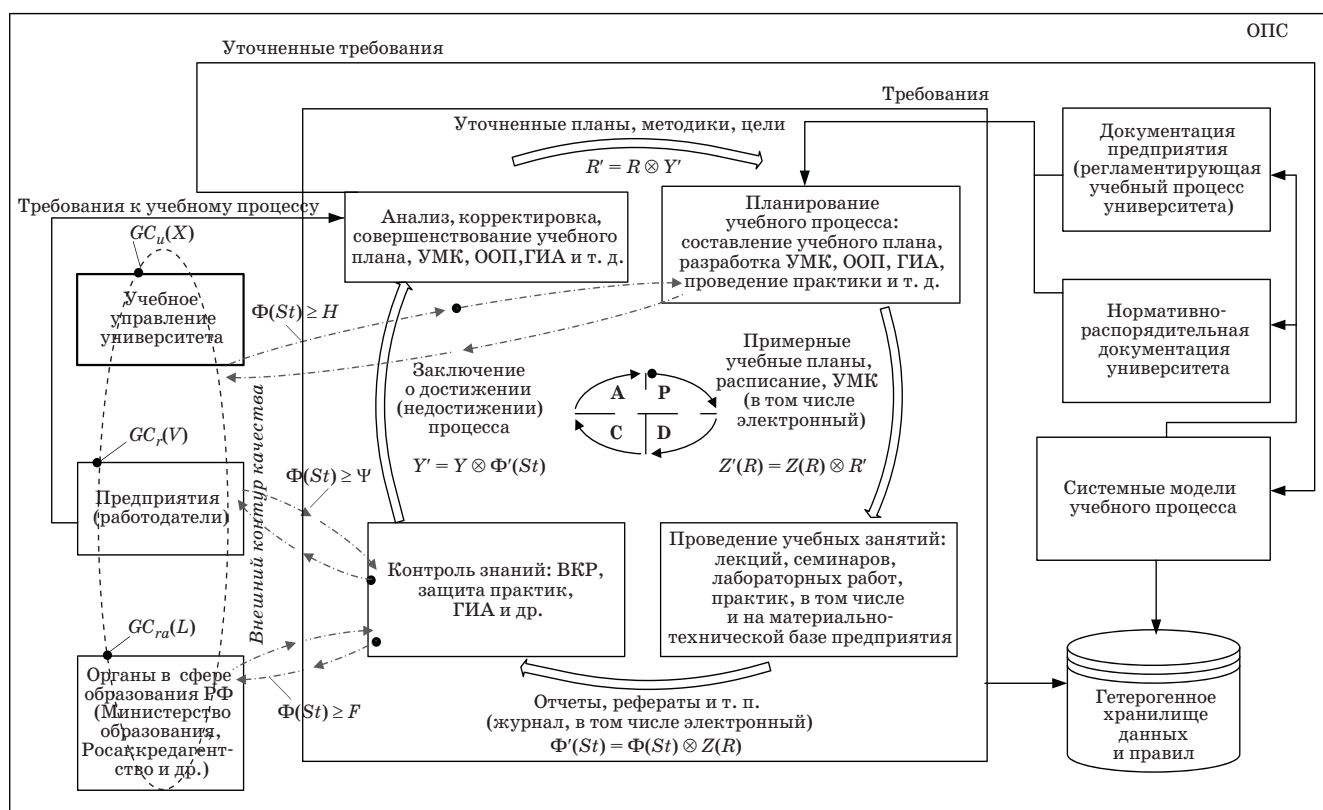
грамма $\Phi(St) \times Z(R) \begin{matrix} \xrightarrow{f} \Phi'_1(St) \\ \searrow h \\ \xrightarrow{g} \Phi'_2(St) \end{matrix}$; универсальный

объект этой диаграммы есть тензорное произведение $\Phi(St)$ и $Z(R)$, т. е. имеем формулу

$$\Phi'(St) = \Phi(St) \otimes Z(R), \quad (1)$$

где знак \otimes — тензорное произведение, которое отражает взаимодействие объектов по какому-либо правилу [8]. При некотором выборе базиса можем перейти к матричному исчислению.

Значение величины $\Phi'(St)$ определяется по результатам текущей, промежуточной, итоговой аттестации. Проверка ограничения $\Phi(St) \geq F$ осуществляется, например, в форме федерального



■ **Рис. 1.** Модель распределенной обработки данных совершенствования учебного процесса с учетом внешнего контура качества: УМК — учебно-методический комплекс; ООП — основная образовательная программа; ГИА — государственная итоговая аттестация; ВКР — выпускная квалификационная работа

интернет-экзамена в сфере профессионального образования, федерального интернет-экзамена для выпускников бакалавров и иных формах независимой оценки качества подготовки обучающихся на соответствие знаний требованиям федеральных образовательных стандартов высшего образования. Соответствие обучаемых в вузе требованиям предприятий-работодателей определяется в ходе прохождения ими учебных, производственных, преддипломных практик, выполнения курсовых, дипломных проектов по тематике работодателя, совместное проведение НИР, НИОКР и т. д. Учебное управление университета в соответствии с требованиями предприятий-работодателей к уровню ЗУВ обучаемых, отраженных в профессиональных стандартах и прочих регламентирующих документах, вводит изменения в ООП, учебные планы, рабочие программы дисциплин и т. п.

Вердикт о достижении или недостижении целей учебного процесса может быть сформирован на базе системы

$$\begin{cases} \Phi(St) \geq \Psi \\ \Phi(St) \geq F \end{cases} \quad (2)$$

В результате формируется множество $Y'(R) = \Phi(St)$, на основе которого может быть сформи-

ровано множество уточненных целей R' , представленных формулой

$$R' = R \otimes Y'(R). \quad (3)$$

Учитывая приведенные рассуждения, формирование новых регламентирующих документов может быть представлено формулой $Z'(R) = Z(R) \otimes R'$.

Изменения, поступающие с внешнего контура качества, например, изменение конкурентной среды предприятия-работодателя, изменение документов, регламентирующих процесс государственной аккредитации, отражаются на характеристиках учебного процесса: корректируются и совершенствуются учебные планы, рабочие программы, фонды оценочных средств, нормативно-распорядительные документы университета и т. п.

Между объектами выбранных подмножеств критериев каждого ведомства (GC_u, GC_r, GC_{ra}) могут быть установлены соответствия, реализующие сопоставление (отображение) критерия определенному критерию другого ведомства. То есть существуют X_i, V_j, L_e , при которых эти значения либо равны $GC_u(X_i) = GC_r(V_j) = GC_{ra}(L_e)$, где $i \in [1, n], j \in [1, m], e \in [1, k]$, либо существуют их отображения между собой. Данные подмножества образуют категории, для каждой пары объектов которых задано множество морфизмов. Связь между

объектами категорий реализуют отображения, сохраняющие структуру — функторы. Объектами в этой категории являются множества, морфизмами — отображения множеств. Можем сделать следующие выводы: приведенное подмножество критериев оценки образует класс объектов. Для любых двух объектов из данного класса (обозначим $GC_u(X_1)$ и $GC_u(X_2)$) установлено множество морфизмов $\text{Hom}(GC_u(X_1), GC_u(X_2))$, для которых определена их композиция, например:

$$g_{GC_u} \in \text{Hom}(GC_u(X_1), GC_u(X_2));$$

$$f_{GC_u} \in \text{Hom}(GC_u(X_2), GC_u(X_3));$$

$$g_{GC_u} \otimes f_{GC_u} \in \text{Hom}(GC_u(X_1), GC_u(X_3)).$$

При этом подмножество критериев оценки на стадиях ЖЦ учебного управления университета образуют категорию множеств. Проводя аналогичные рассуждения для $GC_r(V)$ и $GC_{ra}(L)$, приходим к тем же результатам. Отсюда в качестве объектов учета можем принять множество характеристик обучающихся — Stq , определив им в качестве параметров подмножества X, V и L , по значениям которых может определяться степень соответствия приведенным выше критериям, т. е.

$$Stq = \langle X, V, L \rangle. \quad (4)$$

Функциональная связь с внешним контуром качества, где объекты представлены в виде многомерных матриц приведенных выше критериев: для предприятий-работодателей — $GC_r(V)$, органов в сфере образования РФ — $GC_{ra}(L)$, учебного управления университета — $GC_u(X)$ — показана на рис. 2. В результате внешний контур качества образует вертикальные связи в виде совокупно-

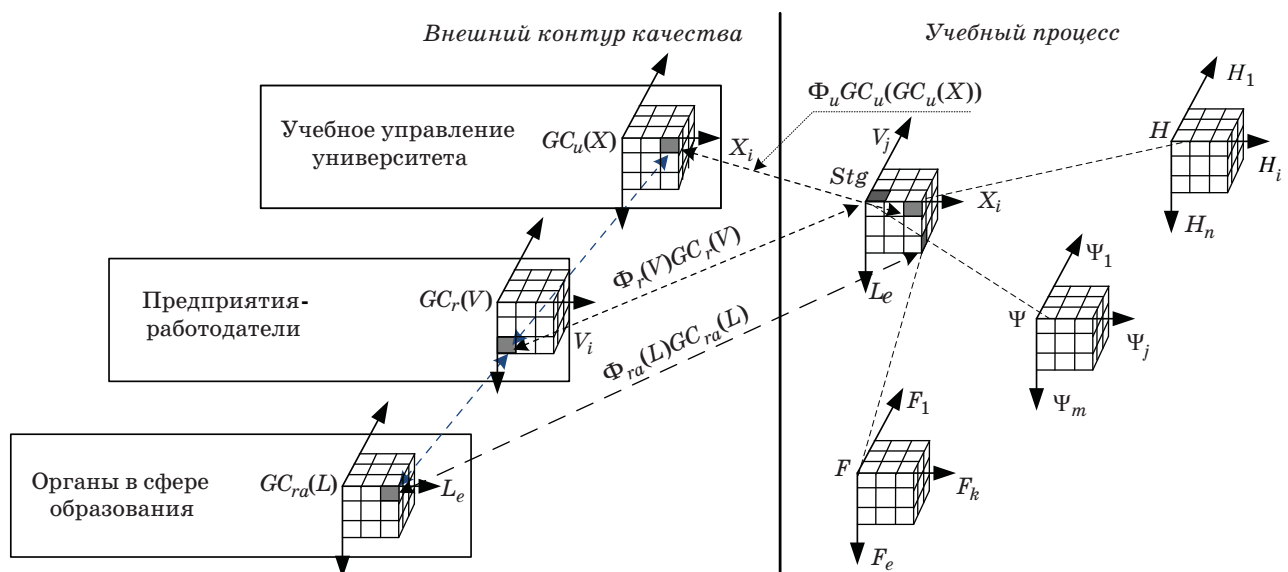
сти взаимосвязанных задач, направленных на достижение критериев, описанных выше, т. е. бизнес-процессов, при выполнении следующих условий (возможности совместимости ведомственных критериев):

$$GC_u(Stq)GC_{ra}(Stq)^1 \neq \emptyset;$$

$$GC_u(Stq)GC_r(Stq) \neq \emptyset. \quad (5)$$

Таким образом, может быть учтена семантическая составляющая взаимодействия объектов в ОПС в течение стадий ЖЦ и применена модель единого хранилища данных для систематизации процессов сбора и обработки данных об учебном процессе.

Учитывая наличие рекуррентных соотношений внутри модели совершенствования учебного процесса и наличие описанной выше связи между объектами категорий, реализующих отображения, с сохранением структур (функторов), представляется возможным для совмещенного процесса применить принцип организации цикла Деминга, а также детализировать данные и метаданные бизнес-процессов ОПС в виде процессных моделей в нотации BPMN, которые в дальнейшем реализуются в виде интерактивных сценариев в автоматизированных web-портальных приложениях и позволяют непрерывно обрабатывать, анализировать данные и совершенствовать учебный процесс в ОПС. Наличие математического описания и формул (1)–(5) позволяет сформировать структуру web-портальных приложений рассматриваемой предметной области в виде модели математической категории множеств. Сочетание теоретико-множественного представления приведенных положений и принципа организации цикла Деминга дает возможность применить



■ Рис. 2. Графическое представление взаимодействия внешнего контура качества с учебным процессом

инкрементную модель, а также использовать для правильного отображения основных свойств данного процесса как системы математические модели реальных объектов и язык теории категорий множеств. Разработанная модель позволяет применить для анализа и прогнозирования состояний системы математический аппарат, а выделенная при этом рекурсивная зависимость (3) — организовать процесс адаптации модели на каждой стадии ЖЦ учебного процесса.

Заключение

В работе предложена модель распределенного сбора и обработки данных для интерактивного управления и совершенствования учебного про-

цесса с учетом требований внешнего контура качества. Модель построена на основе положений теории категорий множеств и в соответствии с методологией ВРМН (в форме интерактивных сценариев в ОПС), а также детализирована до комплексной модели бизнес-процессов, реализуемой в web-портальных приложениях. В качестве примера web-портальных приложений использована система электронного обучения.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований инициативных научных проектов за 2016 г., выполняемых молодыми учеными, № 16-37-00064 «Программное обеспечение для многоуровневого структурирования контента информационного пространства по системной модели».

Литература

1. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29 дек. 2012 г. № 273 (ред. от 31 декабря 2014 г.).
2. Мартынов В. В., Рыков В. И., Закиева Е. Ш. Управление функциональной структурой и контентом в обучающих системах // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2010. Т. 14. № 5(40). С. 157–162.
3. Федоров И. Г. и др. Особенности проектирования системы управления бизнес-процессами на примере электронного вуза / И. Г. Федоров, К. С. Курышев, А. В. Данилов, Е. А. Завражная, В. И. Швей // Открытое образование. МЭСИ. 2012. № 4. С. 75–81.
4. Васильев В. И. Интеллектуальные системы управления. Теория и практика. — М.: Радиотехника, 2009. — 392 с.
5. Воробьева М. С. Построение модели интеграции данных в информационно-управляющих системах // Модернизация образования в условиях глобализации: тр. Междунар. конф., Тюмень, 14–15 сентября 2005 г. Тюмень, 2005. С. 26–28.
6. ГОСТ Р ИСО–9000:2008. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. — М.: Изд-во стандартов, 2009. — 61 с.
7. Куликов Г. Г., Антонов В. В., Старцев Г. В., Шилина М. А. Поддержка управления учебным процессом на основе информационных технологий многомерного анализа данных (на примере высшего учебного заведения). — Уфа: УГАТУ, 2013. — 152 с.
8. Куликов Г. Г., Михеев А. Г. Особенности реализации процессного подхода и обучения управлению бизнес-процессами при помощи свободного программного обеспечения с открытым кодом // Открытое образование. МЭСИ. 2011. № 4. С. 47–57.

UDC 004:04

doi:10.15217/issn1684-8853.2016.2.95

Structuring Domain Content for Further Data Mining: an example of Forming Structured Content for Education-and-Production Activity

Kulikov G. G.^a, Dr. Sc., Tech., Professor, gennadyg_98@Yahoo.com

Antonov V. V.^a, Dr. Sc., Tech., Head of Chair, boss@bashkortostan.ru

Shilina M. A.^a, PhD, Tech., Associate Professor, maria.shilina@gmail.com

Fakhrullina A. R.^a, Senior Lecturer, almirafax@mail.ru

^aUfa State Aviation Technical University, 12, Karla Marksa St., 450000, Ufa, Russian Federation

Introduction: Developing modern object-oriented information management systems often has the problem of formalizing and structuring the content in order to take into account the lifecycle traceability and identification of interlinked processes from the subject area. **Purpose:** The effectiveness of training and production processes should be improved by the intellectual potential of distributed data processing in the subject area through the formalization and structuring of the content generated during the interaction between the University and enterprises in the process of education. **Results:** A formal structural-parametric model of intelligent distributed data processing has been developed which allows you to identify and trace the vertical and horizontal processes associated with each other in an explicit form. The model is based on the basic provisions of the set theory, the category theory and the Deming cycle. It provides a formalized description of the system that meets the algorithmization requirements. **Practical relevance:** The developed

model is detailed down to process models in BPMN notation which are realized further in the form of interactive scenarios in automated web-portal applications, allowing you to continuously process and analyze the data, improving the educational process in the education-and-production environment.

Keywords — Domain Content, Structuring, System Model, Program, Education-and-Production Environment, Information System, Category Theory, Set Theory, Web-Portal Applications, PDCA, BPMN, Moodle.

References

1. Federal Law "On Education in Russian Federation" 29.12.2012 no. 273 (red. 31/12/2014 g.). (In Russian).
2. Martynov V. V., Rykov V. I., Zakieva E. Sh. Management of Functional Structure and Content in Learning Systems. *Vestnik Ufimskogo gosudarstvennogo aviatsionnogo tekhnicheskogo universiteta*, 2010, vol. 14, no. 5(40), pp. 157–162 (In Russian).
3. Fedorov I. G., Kuryshev K. S., Danilov A. V., Zavrzhnaya E. A., Shvej V. I. Features Design Business Process Management System on the Example of E-university. *Otkrytoe obrazovanie*, 2012, no. 4, pp. 75–81 (In Russian).
4. Vasilev V. I. *Intellektual'nye sistemy upravleniia. Teoriia i praktika* [Intelligent Control Systems. Theory and Practice]. Moscow, Radiotekhnika Publ., 2009. 392 p. (In Russian).
5. Vorobeva M. S. Construction of the Model of Data Integration in Information and Control Systems. *Trudy Mezhdunarodnoi konferentsii "Modernizatsiia obrazovaniia v usloviakh globalizatsii"* [Proc. Int. Conf. "Modernization of Education in the Context of Globalization"]. Tyumen, 2005, pp. 26–28 (In Russian).
6. State Standard R ISO 9000: 2008. Quality Management Systems. Fundamentals and Vocabulary. Moscow, Standartov Publ., 2009. 61 p. (In Russian).
7. Kulikov G. G., Antonov V. V., Startsev G. V., Shilina M. A. *Podderzhka upravleniia uchebnym protsessom na osnove informatsionnykh tekhnologii mnogomernogo analiza daniykh (na primere vysshego uchebnogo zavedeniia)* [Educational Process Support Management based on Information Technology of Multidimensional Data Analysis (on the Example of the University)]. Ufa, UGATU Publ., 2013. 152 p. (In Russian).
8. Kulikov G. G., Mikheev A. G. Features of the Learning Process Approach and Business Process Management using Open Source Software. *Otkrytoe obrazovanie*, 2011, no. 4, pp. 47–57 (In Russian).

Научный журнал
«ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ»
 выходит каждые два месяца.

Стоимость годовой подписки (6 номеров) для подписчиков России — 4800 рублей, для подписчиков стран СНГ — 5400 рублей, включая НДС 18%, таможенные и почтовые расходы.

Подписку на печатную версию журнала можно оформить в любом отделении связи по каталогу:

«Роспечать»: № 48060 — годовой индекс, № 15385 — полугодовой индекс,

а также через посредство подписных агентств:

«Северо-Западное агентство „Прессинформ“»

Санкт-Петербург, тел.: (812) 335-97-51, 337-23-05,

эл. почта: press@crp.spb.ru, zajavka@crp.spb.ru,

сайт: <http://www.pinform.spb.ru>

«МК-Периодика» (РФ + 90 стран)

Москва, тел.: (495) 681-91-37, 681-87-47,

эл. почта: export@periodicals.ru, сайт: <http://www.periodicals.ru>

«Информнаука» (РФ + ближнее и дальнее зарубежье)

Москва, тел.: (495) 787-38-73, эл. почта: informnauka3@yandex.ru,

сайт: <http://www.informnauka.com>

«Деловая пресса»

Москва, тел.: (495) 962-11-11, эл. почта: podpiska@delpress.ru,

сайт: <http://delpress.ru/contacts.html>

«Коммерсант-Курьер»

Казань, тел.: (843) 291-09-99, 291-09-47, эл. почта: kazan@komcur.ru,

сайт: <http://www.komcur.ru/contacts/kazan/>

«Урал-Пресс» (филиалы в 40 городах РФ)

Сайт: <http://www.ural-press.ru>

«Идея» (Украина)

Сайт: <http://idea.com.ua>

«BTL» (Узбекистан)

Сайт: <http://btl.sk.uz/ru/cat17.html> и др.

На электронную версию нашего журнала (все выпуски, годовая подписка, один выпуск, одна статья)

вы можете подписаться на сайтах НЭБ: <http://elibrary.ru>;

РУКОНТ: <http://www.rucont.ru>; ИВИС: <http://www.ivis.ru/>

Полнотекстовые версии журнала за 2002–2014 гг.

в свободном доступе на сайте журнала (<http://www.i-us.ru>),

НЭБ (<http://www.elibrary.ru>)

и Киберленинки (<http://cyberleninka.ru/>

journal/n/informatsionno-upravlyayuschiesistemy).