

Раздел III. Искусственный интеллект и нечеткие системы

УДК 004.822

В.В. Бова

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ*

Рассматривается подход к созданию информационных систем, основанных на знаниях, в частности образовательных порталов знаний, в которых онтология используется как для систематизации и интеграции разнородных знаний и информационных ресурсов в единое информационное пространство, так и для организации поддержки совместной интеллектуальной деятельности в распределенной образовательной среде. Образовательные порталы знаний обеспечивают представление информационных ресурсов знаний (в виде сети знаний и данных), их поиск и управляемую онтологией навигацию. Такой подход позволит повысить эффективность доступа и обработки слабосвязанной гетерогенной информации, представленной на образовательных порталах знаний. Предложена структура процессов поддержки работы со знаниями образовательного портала, основанная на интеграции трех компонент: модели представления знаний, модели бизнес-процессов, описывающая взаимосвязи информационных и функциональных элементов портала и системы управления знаниями. Разработана архитектура системы, поддерживающая процессы поиска и обработки данных и знаний. Информационную основу образовательной портала составляет метаонтология, в которой выделены базовые онтологии, независимые от предметной области знаний и предметная онтология.

Модель представления знаний; онтология; портал знаний; система управления знаниями; информационные системы; Semantic Web.

V.V. Bova

CONCEPTUAL MODEL OF KNOWLEDGE REPRESENTATION IN THE CONSTRUCTING INTELLIGENT INFORMATION SYSTEMS

Intelligent information system developing approach in integrated model of knowledge, in particular knowledge of educational portals in which the ontology is used for organizing and integrating heterogeneous knowledge and information resources in a single information space and support for the organization collaborative intellectual activity in a distributed learning environment is discussed in the article. Educational portals provide a knowledge representation of the information resources of knowledge (in the form of a network of knowledge and data), search and ontology-driven navigation. This approach will improve the efficiency of access and processing of loosely coupled heterogeneous information provided on educational portals of knowledge. The structure of support processes with knowledge of the educational portal, based on the integration of three components: model of knowledge representation, business process model describing interrelation of information and functional elements of the portal and knowledge management system. The architecture of the system, which supports the search and processing of data and knowledge. Information base is an educational portal metaontology, which highlighted the basic ontology independent of domain knowledge and objective ontology.

Model of knowledge representation; ontology; knowledge portal; knowledge management system; information systems; Semantic Web.

* Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проект № 13-07-00537).

Введение. В настоящее время формируется комплексный подход к разработке информационных систем обработки и управления знаниями на основе семантических Web-порталов, использующих онтологические модели и семантику при описании предметных областей [1]. На сегодняшний день в рамках семантических технологий наиболее активно исследуется и развивается онтологический подход к представлению знаний предметной области, на основании которого разрабатываются интеллектуальные информационные системы, и в том числе порталы знаний, предназначенные для обеспечения эффективного обмена знаниями и взаимодействия в процессе совместной интеллектуальной распределенной деятельности [2, 3].

Онтология является моделью представления знаний, которая может использоваться для описания семантики объектов предметно-ориентированных информационных систем. В данной работе рассматривается подход к созданию информационных систем, основанных на знаниях, в частности Web-порталов знаний, в которых онтология используется как для систематизации и интеграции знаний и информационных ресурсов в единое информационное пространство, так и для организации содержательного доступа к ним. Такие порталы знаний обеспечивают представление информационных объектов знаний (в виде сети знаний и данных), их поиск и управляемую онтологией навигацию.

1. Структура системы знаний образовательного портала. Информационная интеграция и системная поддержка совместной интеллектуальной деятельности в распределенных образовательных средах направлена на обеспечение эффективного обмена знаниями и взаимодействия в учебном процессе и при выполнении научных исследований территориально и географически удаленных друг от друга, объединенных в группы, команды или сообщества по интересам обучающихся [4].

Объектом обмена могут быть данные, информация и знания (теоретические, практические, явные и неявные). Поводом для интеллектуального взаимодействия могут быть практические задачи, учебные проекты, разрабатываемые территориально-разобщенными группами обучающихся, сложные решения, принимаемые в условиях неопределенности, вызванной недостаточной формализацией области знаний при проведении учебных и научных исследований, а также решения, принимаемые в условиях частично не совпадающих интересов и целей обучения.

Достижение указанных целей на практике сталкивается с рядом серьезных препятствий объективного характера. На пути эффективного накопления, распространения, совместного и повторного использования знаний возникает ряд естественных барьеров, схематически представленных на рис. 1.

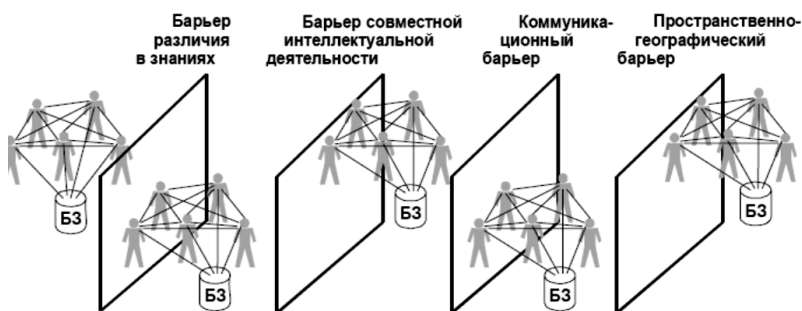


Рис. 1. Проблемы совместной распределенной интеллектуальной деятельности

Прежде всего, это барьер существенных различий в объемах и уровнях знаний обучающихся, который носит латентный характер [5]. За ним следует барьер готовности личностей и групп к совместной интеллектуальной деятельности.

Серьезным препятствием является и коммуникационный барьер, без преодоления которого невозможен оперативный обмен и распространение разных форм и видов знаний даже в пределах группы. Пространственно-географический барьер вызван взаимной удаленностью субъектов обучения.

Для решения описанных проблем в данной работе предложена концепция построения специализированных порталов знаний, которые обеспечивали бы систематизацию знаний и информационных ресурсов по требуемой образовательной и научной тематике, их интеграцию в единое информационное пространство и содержательный доступ к ним. Концептуальный подход к процессу разработки образовательных порталов базируется на интеграции наиболее важных компонентов технологии Semantic Web, в частности, использование онтологии для представления семантики информационных образовательных ресурсов (ИОР) и поддержки их интеллектуального анализа и технологиях управления знаниями для повышения эффективности доступа к гетерогенной слабосвязанной информации по различным аспектам образовательной и научной деятельности [2].

Таким образом, технология создания и сопровождения образовательного портала знаний, должна удовлетворять ряду требований [6]:

- ◆ обеспечивать систематизированное описание, классификацию и агрегацию знаний;
- ◆ обеспечивать фиксацию и хранение явных и неявных знаний;
- ◆ обеспечивать накопление и обновление знаний, доступ к ним пользователям такого портала: научных работников, преподавателей, студентов, исследователей;
- ◆ обеспечивать распространение знаний в соответствии с установленным регламентом (уровнями доступа) и по запросам;
- ◆ обеспечивать семантический поиск знаний и навигацию.

Исходя из перечисленных требований, можно предложить структуру процессов поддержки работы со знаниями образовательного портала (рис. 2), поддерживающую интеграцию трех компонент: модели представления знаний (информационная модель коллективной памяти), модели бизнес процессов и система управления знаниями (СУЗ).

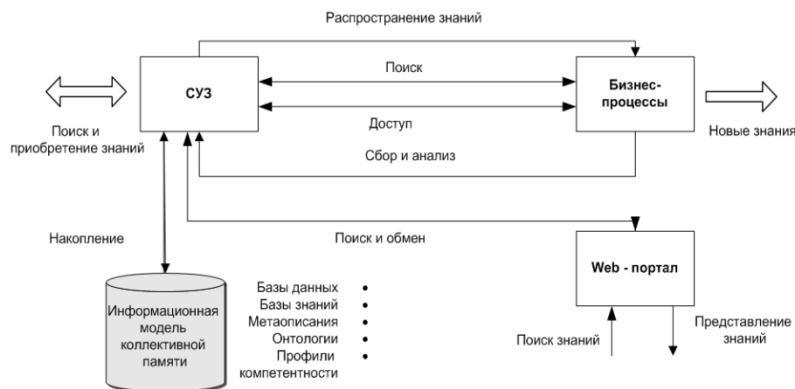


Рис. 2. Структура процессов поддержки работы со знаниями

Информационная модель коллективной памяти должна обеспечивать унифицированное представление и хранение знаний и данных по тематике портала, на ее основе должны строиться внутренние хранилища данных портала, базироваться его информационное наполнение, логический вывод, навигация и поиск [7]. В ка-

честве ядра такой модели выбрана онтология, которая является удобным средством описания областей знаний и содержит наряду с традиционным описанием предметной области соотнесенное с ним метаописание структуры и типологии соответствующих хранилищ данных и сетевых ресурсов знаний. Реализация стратегий управления знаниями основывается на использовании разработанных методов построения и работы с онтологической моделью знаний и множеством моделей объектов знаний [3]. Предлагаемый подход к построению системы знаний образовательного портала основан на двух основных программных компонентах.

1. Онтологической базе знаний, включающей средства хранения и работы с онтологической моделью и метаданными.

2. Семантическом web-портале по работе со знаниями (включающем сервер онтологии, сервер метаданных и набор функциональных подсистем).

Современный технологический уровень взаимодействия пользователей с онтологической базой знаний, а именно, распределенный, удаленный, многопользовательский режим работы обеспечивает семантический web-портал.

2. Архитектура портала знаний. Семантический Web-портал (SW-портал) – это специализированный Web-сайт, предоставляющий дополнение к инструментам знаниевого Web-портала – средства семантической обработки данных и информации, основанные на технологиях Semantic Web [8]. Он базируется на особом способе формализации предметных областей и бизнес-процессов с помощью метаописаний и онтологий. Применительно к SW-порталам можно выделить три технологических уровня [7], приведенных на рис. 3.



Рис. 3. Технологические уровни семантического портала знаний

К трем основным технологическим уровням относятся:

- ◆ доступ к информации (Information Access) с точки зрения пользователя. Уровень представления множества знаний и сервисов образовательного портала;
- ◆ обработка информации (Information Processing) на портале. Уровень поддержки процессов работы со знаниями;
- ◆ базовые технологии (Grounding Technologies).

К базовым технологиям относятся [9]:

- ◆ системные технологии – управление данными (Database RDF repository), передача данных, поддержка (администрирование) портала;

- ◆ SW-технологии – уровень работы со знаниями: модель знаний - онтологии, логический вывод (Inference and Reasoning), управление онтологиями (редактирование, поддержка, поиск, взаимодействие), SW-сервисы.

Образовательный портал знаний представляет собой специализированную информационную систему, снабженную эргономичным пользовательским web-интерфейсом, обеспечивающим возможность поиска и просмотра информации в рамках заданной предметной области [1]. Портал реализует все рассмотренные ранее функции и процессы поиска и обработки данных, метаописаний и знаний, используя широкий набор информационных и семантических методов и сервисов. Более детально состав блоков, элементов и связей между компонентами образовательного портала показан на рис. 4, где приведена его архитектура.

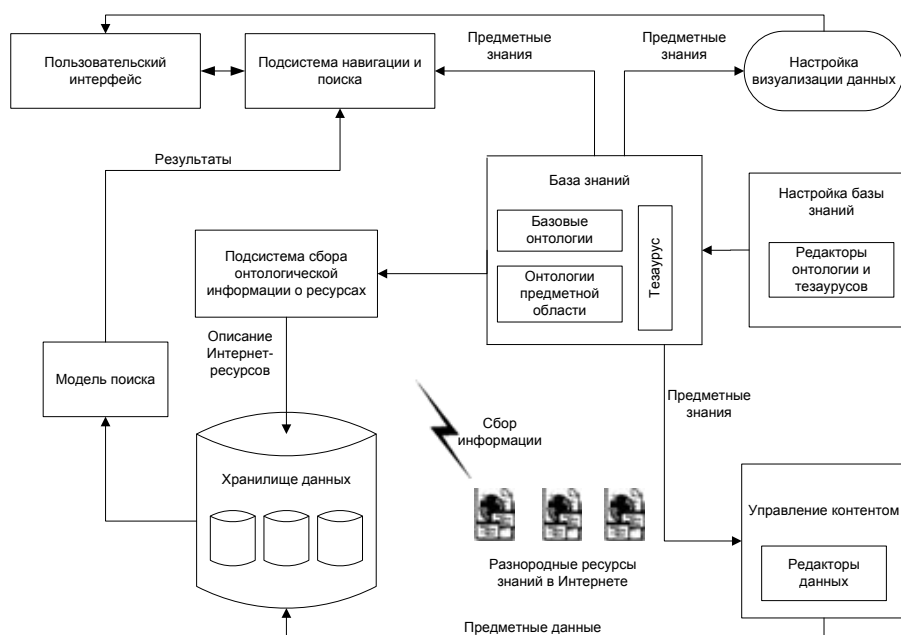


Рис. 4. Архитектура портала

Портал знаний имеет традиционную трехуровневую архитектуру (рис. 3): уровень доступа к информации, уровень обработки информации и базовый уровень.

Уровень доступа к информации обеспечивается пользовательским интерфейсом. Его главными функциями являются представление пользовательских запросов и результатов поиска, а также обеспечение удобной навигации в информационном пространстве портала. Благодаря использованию онтологии и тезауруса, пользовательский интерфейс позволяет формулировать запросы в терминах предметной области образовательного портала и поддерживает управляемую онтологией навигацию по информационным объектам знаний и интегрированным в портал информационным ресурсам. Уровень обработки информации включает подсистему навигации и поиска информации, средства настройки базы знаний портала и управления его контентом, а также подсистему сбора онтологической информации о ресурсах.

Настройка базы знаний выполняется с помощью редакторов онтологий и тезаурусов. Для управления контентом служит редактор данных, который позволяет описывать объекты разнородных знаний и связи между ними. Подсистема сбора

онтологической информации выполняет поиск релевантных информационных ресурсов в Интернете, их семантический анализ и индексирование (аннотирование) в терминах онтологии портала знаний. Содержимое аннотаций сохраняется в хранилище данных и вместе с другими объектами знаний используется при поиске и навигации по образовательному контенту портала.

В качестве хранилища данных используется специальная база данных, в которой одновременно хранятся и контент портала, и модель онтологии. Предложенная схема представления знаний и данных позволяет редактировать онтологию не только во время разработки, но и при эксплуатации портала. Следует заметить, что предложенная технология обеспечивает возможность не только оперативного пополнения контента, но и декларативной настройки онтологии портала знаний, что позволяет отслеживать динамику появления новых знаний и типов информационных ресурсов по его тематике и тем самым поддерживать его в актуальном состоянии.

3. Концептуальная модель представления знаний. Для представления знаний портала необходима формализованная модель, обеспечивающая гибкие средства описания понятий проблемной и предметной областей и разнообразных семантических связей между ними [1, 10]. Важным требованием к модели представления знаний является возможность задания ограничений на значения свойств объектов предметной области и описания семантики отношений в виде аксиом [11]. В качестве концептуальной модели представления знаний, удовлетворяющей описанным выше требованиям, предлагается метаонтология следующего вида:

$$O = (K, B, T, D, S, P, A),$$

где K – конечное непустое множество классов, описывающих понятия некоторой предметной или проблемной области; B – конечное множество бинарных отношений, заданных на классах (понятиях); T – множество стандартных типов; D – множество доменов (множеств значений стандартного типа string); S – конечное множество атрибутов, описывающих свойства понятий K и отношений B ; P – множество ограничений на значения атрибутов понятий и отношений; A – множество аксиом, определяющих семантику классов и отношений онтологии.

В онтологии выделены три типа отношений [12]: BT – асимметричное, транзитивное, нереклексивное бинарное отношение наследования, на базе которого могут строиться иерархии понятий K ; BP – бинарное транзитивное отношение включения («часть–целое») и BA – конечное множество ассоциативных отношений.

Онтология портала знаний строится на основе описанной выше метаонтологии. Для упрощения настройки портала на выбранную область знаний и его дальнейшего сопровождения выделены базовые онтологии, независимые от предметной области портала, и предметная онтология, описывающая определенную область знаний (рис. 5). В качестве базовых онтологий были выбраны две онтологии. Первая из них характеризует проблемную область системы. Она не зависит от предметной области системы и является онтологией верхнего уровня, которая включает классы понятий, относящиеся к организации образовательной деятельности, такие как Персона, Организация, Событие, Деятельность, ИОР, используемые для описания ее участников, организации учебной работы, мероприятий (семинаров, конференций), совместных проектов, различного типа информационных ресурсов.

Вторая онтология – онтология предметного знания, задает метапонятия для описания понятий возможных предметных областей, задающие структуры для описания понятий конкретной области знаний, такие, как Программа обучения, Технологии обучения, Дисциплина (Курс), Предмет изучения, Результат обучения.

Понятия базовых онтологий связаны между собой ассоциативными отношениями, выбор которых осуществлялся не только исходя из полноты представления проблемной и предметной областей портала, но и с учетом удобства навигации по

образовательному контенту и поиска информации. Построенная таким образом онтология не только описывает предметную и проблемную область портала знаний, но и задает структуры для представления реальных объектов (в том числе, информационных ресурсов) и связей между ними. Семантика связей между информационными объектами определяется отношениями, заданными между соответствующими понятиями онтологии. Совокупность таких информационных объектов и их связей образует информационное содержание или контент портала.

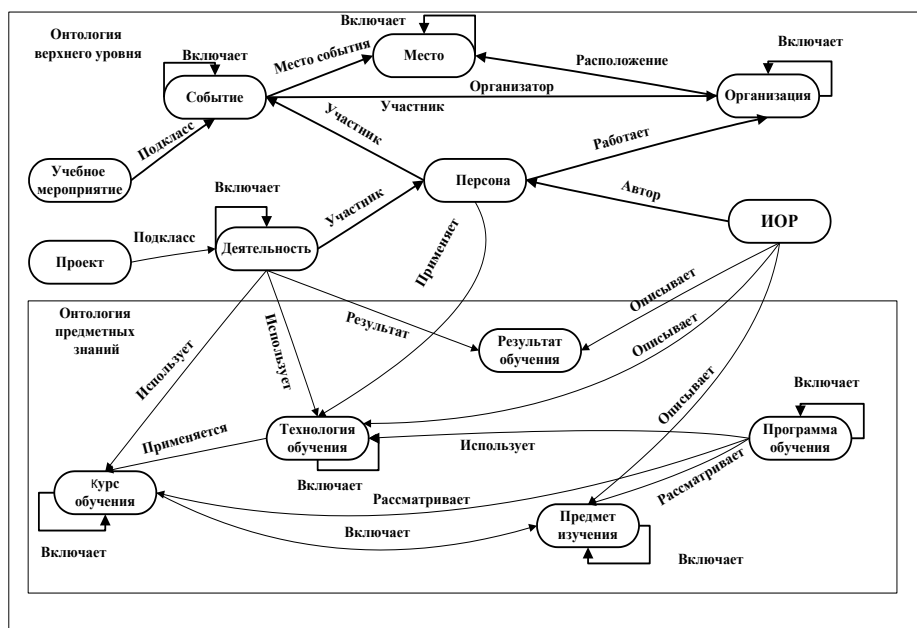


Рис. 5. Базовые онтологии образовательного портала

Заключение. На сегодняшний день существует большое количество подходов к построению порталов знаний, которые базируются на использовании в качестве концептуальной модели онтологию [1, 10, 13, 14]. Предлагаемый подход к построению образовательных порталов знаний положен в основу разрабатываемой технологии создания и сопровождения информационных сред распределенного обучения. Целью технологии организации информационных ресурсов знаний на порталах является структуризация, систематизация, организация контекстно-зависимого поиска а также, генерация новых знаний на основании имеющихся в среде портала. Информационную основу порталов знаний составляют онтологии, содержащие наряду с традиционным описанием предметной области соотнесенное с ним описание структуры и типологии соответствующих хранилищ данных и сетевых ресурсов. Кроме того, использование в качестве основы портала знаний онтологии, являющейся его декларативным компонентом, делает систему знаний портала легко расширяемой и настраиваемой – в нее могут интегрироваться как новые знания, так и новые срезы информационных ресурсов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гаврилова Т.А. Онтологический подход к управлению знаниями при разработке корпоративных информационных систем // Новости искусственного интеллекта. – 2003. – № 2. – С. 24-29.

2. *Запорожец Д.Ю., Кравченко Ю.А., Лежебоков А.А.* Способы интеллектуального анализа данных в сложных системах // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2013. – № 3. – С. 52.
3. *Кравченко Ю.А., Бова В.В.* Нечеткое моделирование разнородных знаний в интеллектуальных обучающих системах // Открытое образование. – 2013. – № 4 (99). – С. 70-74.
4. *Бова В.В., Курейчик В.В., Нужнов Е.В.* Проблемы представления знаний в интегрированных системах поддержки управленческих решений // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 7 (108). – С. 107-113.
5. *Лежебоков А.А., Гладков Л.А.* Автоматизированное рабочее место преподавателя с интеллектуальной поддержкой // Программные продукты и системы. – 2005. – № 4. – С. 12.
6. *Курейчик В.М.* Особенности построения систем поддержки принятия решений // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012. – № 7 (132). – С. 92-98.
7. *Тузовский А.Ф., Чириков С.В., Ямпольский В.З.* Системы управления знаниями (методы и технологии) / Под общ. ред. В.З. Ямпольского. – Томск: Изд-во НТЛ, 2005. – 260 с.
8. *Родзин С.И.* Вычислительный интеллект: немонотонные логики и графическое представление знаний // Программные продукты и системы. – 2002. – № 1. – С. 20-22.
9. *Бова В.В.* Моделирование области знаний в системах поддержки принятия решений для непрерывного профессионального обучения // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2009. – № 4 (93). – С. 242-248.
10. *Курейчик В.В., Сороколетов П.В., Щеглов С.Н.* Анализ современного состояния автоматизированных систем приобретения и представления знаний // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2008. – № 9 (86). – С. 120-125.
11. *Кравченко Ю.А.* Синтез разнородных знаний на основе онтологий // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012. – № 11 (136). – С. 216-221.
12. *Бова В.В., Курейчик В.В., Нужнов Е.В.* Проблемы представления знаний в интегрированных системах поддержки управленческих решений // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 7 (108). – С. 107-113.
13. *Кравченко Ю.А., Марков В.В.* Онтологический подход формирования информационных ресурсов на основе разнородных источников знаний // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – № 7 (144). – С. 116-120.
14. *Полковникова Н.А., Курейчик В.М.* Разработка модели экспертной системы на основе нечёткой логики // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2014. – № 1 (150). – С. 83-92.

REFERENCES

1. *Gavrilova T.A.* Ontologicheskiy podkhod k upravleniyu znaniyami pri razrabotke korporativnykh informatsionnykh sistem [Ontological approach to knowledge management in the development of corporate information systems], *Novosti iskusstvennogo intellekta* [News of Artificial Intelligence], 2003, No. 2, pp. 24-29.
2. *Zaporozhets D.Yu., Kravchenko Yu.A., Lezhebokov A.A.* Sposoby intellektualnogo analiza dannykh v slozhnykh sistemakh [Methods of data mining in complex systems], *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Journal Kabardino-Balkar Scientific Centre RAS], 2013, No. 3, pp. 52.
3. *Kravchenko Yu.A., Bova V.V.* Nechetkoe modelirovanie raznorodnykh znaniy v intellektualnykh obuchayushchikh sistemakh [Fuzzy modeling of heterogeneous knowledge in intelligent tutoring systems], *Otkrytoe obrazovanie* [Open Education], 2013, No. 4 (99), pp. 70-74.
4. *Bova V.V., Kureychik V.V., Nuzhnov E.V.* Problemy predstavleniya znaniy v integrirrovannykh sistemakh podderzhki upravlencheskikh resheniy [The problem of representation of knowledge in integrated systems to support management decisions], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2010, No. 7 (108), pp. 107-113.
5. *Lezhebokov A.A., Gladkov L.A.* Avtomatizirovannoe rabochee mesto prepodavatelya s intellektualnoy podderzhkoy [The automated workplace of the teacher with intellectual support], *Programmnye produkty i sistemy* [Software and Systems], 2005, No. 4, pp. 12.
6. *Kureychik V.M.* Osobennosti postroeniya sistem podderzhki prinyatiya resheniy [Features of construction of systems of support of decision making], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2012, No. 7 (132), pp. 92-98.

7. *Tuzovskiy A.F., Chirikov S.V., Yampolskiy V.Z.* Системы управления знаниями (методы и технологии) [The knowledge management system (methods and techniques)]. Tomsk: Izd-vo NTL, 2005, 260 p.
8. *Rodzin S.I.* Vychislitelnyy intellekt: nemonotonnye logiki i graficheskoe predstavlenie znaniy [Computational intelligence: nonmonotonic logic and graphical representation of knowledge], *Programmnye produkty i sistemy* [Software and Systems], 2002, No. 1, pp. 20-22.
9. *Bova V.V.* Modelirovanie oblasti znaniy v sistemakh podderzhki prinyatiya resheniy dlya nepreryvnogo professionalnogo obucheniya [Modeling the field of knowledge systems, decision support for continuous professional training], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2009, No. 4 (93), pp. 242-248.
10. *Kureychik V.V., Sorokoletov P.V., Shcheglov S.N.* Analiz sovremennogo sostoyaniya avtomatizirovannykh sistem priobreteniya i predstavleniya znaniy [Analysis of the current state of the automated systems of the acquisition and knowledge representation], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2008, No. 9 (86), pp. 120-125.
11. *Kravchenko Yu.A.* Sintez raznorodnykh znaniy na osnove ontologii [The synthesis of heterogeneous knowledge based on ontologies], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2012, No. 11 (136), pp. 216-221.
12. *Bova V.V., Kureychik V.V., Nuzhnov E.V.* Problemy predstavleniya znaniy v integrirovannykh sistemakh podderzhki upravlencheskikh resheniy [The problem of representation of knowledge in integrated systems to support management decisions], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2010, No. 7 (108), pp. 107-113.
13. *Kravchenko Yu.A., Markov V.V.* Ontologicheskyy podkhod formirovaniya informatsionnykh resursov na osnove raznorodnykh istochnikov znaniy [Ontological approach of formation of information resources on the basis of different sources of knowledge], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2013, No. 7 (144), pp. 116-120.
14. *Polkovnikova N.A., Kureychik V.M.* Razrabotka modeli ekspertnoy sistemy na osnove nechyotkoy logiki [Development of model of expert systems based on fuzzy logic], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2014, No. 1 (150), pp. 83-92.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Ю.А. Гатчин.

Бова Виктория Викторовна – Южный федеральный университет; e-mail: vvbova@yandex.ru; 347928, г. Таганрог, Некрасовский, 44; тел.: 88634371651; кафедра систем автоматизированного проектирования; старший преподаватель.

Bova Victoria Victorovna – Southern Federal University; e-mail: vvbova@yandex.ru; 44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371651; the department of computer aided design; senior teacher.

УДК 004.421.6

Н.И. Витиска, С.К. Буханцева

**СИНТЕЗ БИБЛИОТЕКИ КЛАССОВ ОБЪЕКТИВНО-С_НЕУРОН
ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ
ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ ОБРАЗОВ**

Излагается объектно-ориентированный метод создания библиотеки при внедрении искусственных нейронных сетей в мобильных и переносных устройствах, осуществляющих программные реализации моделей распознавания образов. Рассмотрены проблемы моделирования нейронных сетей для решения различных прикладных задач, сложно реализуемых с помощью стандартных методов. Предложена методология проектирования нейронных сетей на платформе iOS, которая позволяет реализовывать прикладные программы при распознавании образов без облачных вычислений, а также методы их создания и обучения с помощью разработан-