

УДК 004.624; 519.857.6
DOI: 10.15827/0236-235X.122.311-315

Дата подачи статьи: 13.12.17
2018. Т. 31. № 2. С. 311–315

ОБ ИНФОРМАЦИОННОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

О.В. Тиханьчев¹, к.т.н., старший научный сотрудник, tow65@yandex.ru

¹ 27 Центральный научно-исследовательский институт Минобороны России,
1-й Хорошевский пр-д, 5, г. Москва, 123007, Россия

Основой формализации информации, используемой в процессе автоматизированного управления, является система классификации и кодирования. Ее применение обеспечивает как работу пользователей с программными средствами, так и взаимодействие программных средств и АСУ между собой. При этом, по существующим нормативным документам, взаимодействие между АСУ, использующими различные системы классификации, организуется через специализированные протоколы взаимодействия: технического, организационного, информационного, программного. С ростом масштабов управляемых систем появляется проблема поддержания этих протоколов в актуальном состоянии, углубляющаяся с увеличением общего количества и типов взаимодействующих агентов.

В настоящее время в мировой практике существует достаточно широкий спектр подходов к решению указанной проблемы: обмен данными с использованием XML-файлов, взаимодействие на основе HLA-технологий и другие. Но ни один из них не обеспечивает в полной мере информационное взаимодействие в распределенных мультиагентных системах автоматизированного управления. Автор, исходя из анализа возможностей современных информационных технологий, предлагает для решения проблемы отказаться от жестких принципов кодирования информации, перейдя к ее классификации на основе механизмов нечетких множеств, многомерных OLAP-матриц или RDF-графов. При этом учтено, что особенности организации систем автоматизированной поддержки принятия решений и наличие в них многочисленных компонентов оперативной обработки информации делают взаимодействие на базе нечеткого информационного обеспечения наиболее приемлемым для решения описанной в статье проблемы.

Сделан вывод, что предлагаемый подход не противоречит принципам создания единого информационного пространства, а дополняет их за счет перехода от организационных методов обеспечения взаимодействия автоматизированных систем к более простым технологическим. Разумеется, с учетом ограничений для систем, предельно критичных к вероятности ошибки в обработке информации.

Ключевые слова: поддержка принятия решений, автоматизация управления, информационное обеспечение, информационно-лингвистическое обеспечение, информационное взаимодействие.

Автоматизация управления как любой сложный процесс сопровождается целым рядом проблем. Одна из них – информационный обмен как между пользователем и программой, так и между программами. Проблема порождается самим принципом функционирования компьютерных программ: если человек, принимая решения, преимущественно пользуется аналоговой информацией, то компьютерная программа оперирует исключительно формализованными данными. Проблема информационного обмена является одной из причин недостаточного быстрого внедрения в практику управления систем поддержки принятия решений, являющихся, по определению, мультиагентными программными комплексами. Именно влияние этого фактора делает проблему актуальной на настоящем этапе развития информационных технологий. Существуют различные подходы к организации межпрограммного взаимодействия, но действительно эффективное и универсальное средство пока не разработано.

Проблема информационной совместимости автоматизированных систем и ее влияние на организацию автоматизированной поддержки принятия решений

Проблема формализации информации при общении с компьютерными программами, в первую

очередь с ПО АСУ, в настоящее время решается использованием компонентов *информационного обеспечения* (ИО) из состава информационно-лингвистического обеспечения АСУ: классификаторов, словарей, унифицированных форм документов и т.п. [1–3].

Подобный подход обеспечил решение проблемы человеко-машинного и межпрограммного взаимодействия на раннем этапе развития информационных технологий. Однако с ростом масштаба автоматизации управления, с повышением количества агентов, взаимодействующих в АСУ, подход, положительно проявивший себя на начальном этапе информатизации, начал создавать все больше проблем. Прежде всего это проблемы информационной совместимости разнородных средств автоматизации управления. Особенно актуальна проблема взаимодействия в предметной области обеспечения принятия решений, где ее текущее состояние тормозит процесс создания и внедрения в практику управления автоматизированных *систем поддержки принятия решений* (СППР).

При относительно небольшом количестве взаимодействующих систем проблема информационного обмена между ними решается на основе разработки протоколов взаимодействия с детализацией по видам: техническое, организационное, программное и информационное (ГОСТ 34.003-90, ГОСТ Р 52292-2004, ГОСТ 15971-90, ГОСТ Р

43.0.4-2009, ГОСТ Р ИСО/МЭК 7498-1-99). Технологически взаимодействие реализуется разными способами: разработкой исполняемых процедур сопрягаемых БД с определением правил допуска, обменом через XML-файлы (eXtensible Markup Language), через протоколы HLA (High Level Architecture, standard IEEE 1516-2010) и другими. Тип конкретных применяемых технологий не важен, так как в основе любой из них лежит один принцип – заранее согласованные протоколы информационного обмена на основе жесткого сопоставления классификаторов и словарей взаимодействующих систем: числовой код системы 1 \Rightarrow семантическая единица информации из классификатора или словаря 1 \Leftrightarrow семантическая единица из классификатора или словаря 2 \Rightarrow числовой код системы 2.

Но, как показывает практика, любой протокол прежде всего требует поддержания его в актуальном состоянии. Это достаточно успешно решается выполнением ряда организационных мероприятий. Но с ростом количества агентов, участвующих в общем процессе управления, подход к организации взаимодействия на основе протоколов сопряжения начинает давать сбои. Рост размерности автоматизируемой системы приводит к «взрывному» увеличению количества регулируемых связей между ее компонентами, которые по мере развития меняются. Эксплуатация АСУ с точки зрения ИО превращается в процесс ликвидации постоянно возникающих разрывов в едином информационном поле системы. Процесс требует привлечения существенных сил, ресурсов и времени. Это может приводить к возникновению системного противоречия между потребностью в управлении крупными распределенными системами и невозможностью обеспечить эффективное функционирование систем автоматизации управления в едином процессе.

Для СППР, которая должна формироваться на основе разнородных средств автоматизации, объединяемых для обеспечения решения конкретной задачи [4, 5], указанная проблема чрезвычайно актуальна.

Наиболее очевидным решением задачи обеспечения совместимости стала концепция создания так называемого *единого информационного пространства* (ЕИП). Для этого необходимо реализовать ряд организационных и технологических мер. Но наиболее очевидное и потенциально эффективное решение, как это часто бывает, оказалось не самым простым: несмотря на определенные успехи, ЕИП так и не было создано, а поэтому проблема совместимости автоматизированных систем полностью не решена [6–8]. Препятствия к применению такого подхода, по сути своей правильного, как показала практика, находятся преимущественно в организационной области. И есть обоснованные опасения, что в обозримом будущем они преодолены не будут и указанная проблема сохра-

няется [9, 10]. Особенно при сопряжении АСУ разной ведомственной принадлежности.

Возникает вопрос об иных путях разрешения кризиса информационного обмена в мультиагентных системах. Анализ предметной области показывает, что другие варианты решения существуют.

Вариант решения проблемы ИО СППР

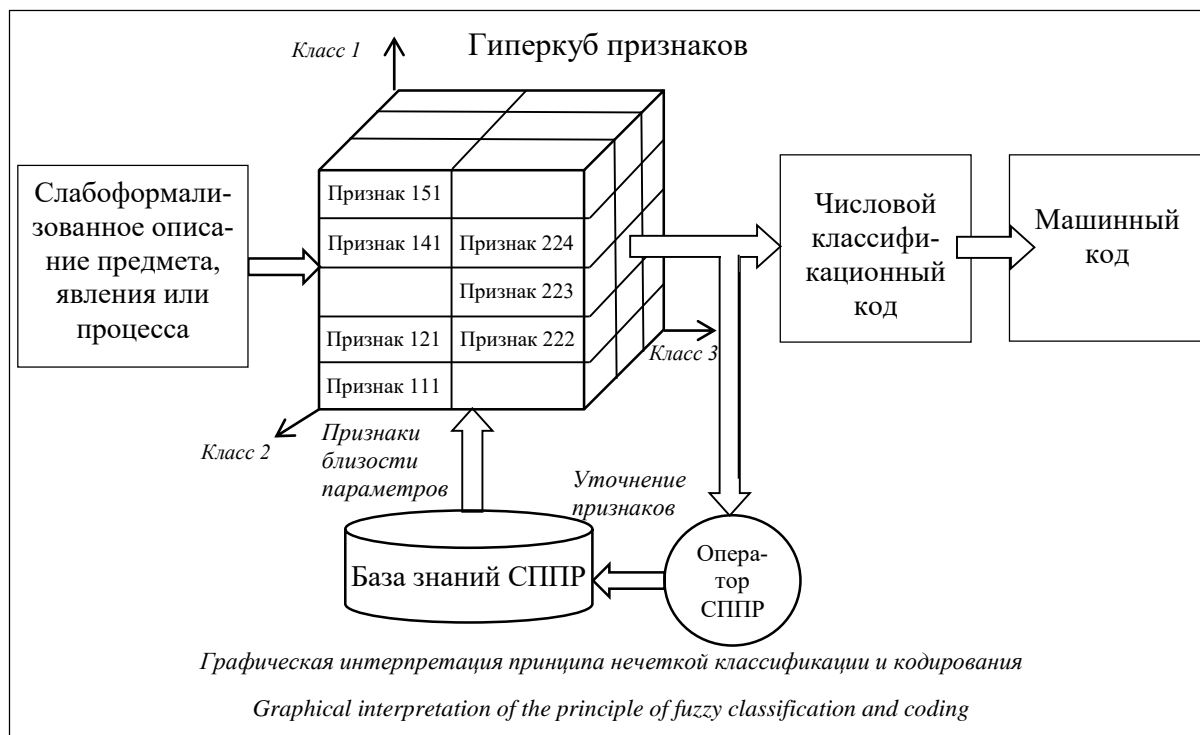
Анализ проблемы организации взаимодействия показывает, что одной из причин ее возникновения является потребность в организации жесткой связи между неформализованной информацией, ее описанием классификационными признаками и их реализацией в машинных кодах на аппаратно-ориентированном уровне данных. На определенном этапе развития информационных технологий других подходов к организации формализованного представления информации просто не было. В настоящее время появились и иные возможности решения проблемы, например алгоритмические [10, 11].

С учетом этого альтернативным вариантом решения проблемы информационной совместимости может быть использование математических методов формализации: элементов нечеткой логики, мягких вычислений и других, тем более, что опыт подобных работ имеется, подходы к решению проблемы существуют и апробированы [12–14].

Так, в работе [10] для решения аналогичных задач предлагается использовать многомерные OLAP-матрицы. Теоретически такой же подход можно использовать для решения задачи нечеткой классификации (см. рисунок).

Алгоритмы интеллектуального анализа данных посредством интеграции технологии OLAP (Online Analytical Processing) и нечеткой логики, описанные в [12], вполне применимы для организации нечеткой классификации и кодирования. Реализуемые в них средства для комплексного многомерного анализа больших объемов данных без особой доработки могут использоваться в СППР для классификации объектов и явлений, не описанных строгими классификаторами [15–17].

В работах [12, 13] авторами предложены алгоритмы распознавания текста, которые при соблюдении определенных условий можно применить в структуре ИО СППР. Механизмы теории нечетких множеств для комбинирования выходов классификаторов на основе t - (треугольной) и s -норм (треугольной t -конормы) могут быть использованы для анализа классификационных признаков и уточнения классификации объектов в автоматизированных СППР. При таком подходе система нечеткой классификации и кодирования может формироваться на основе подмножеств A (v) X в виде набора упорядоченных связей $A = \{(x, \mu_A(x) \mid x \subset X, \mu_A): X \rightarrow I = [0, 1]\}$, где $\mu_A(x)$ – степень принадлежности x к A ; $X \rightarrow I = [0, 1]$ – степень принадлежности x к классу I .



Перекодирование поступающей информации может осуществляться автоматически на основе степени соответствия ее множеству признаков. Механизмы такого кодирования успешно реализуются некоторыми современными системами управления БД [18]. Если уверенное кодирование нельзя осуществить программно, к обучению базы знаний признаков может привлекаться оператор СППР (см. рисунок).

Еще один возможный подход к формированию нечеткого ИО – его организация на основе так называемых RDF-графов, применяемых в семантической среде представления данных RDF (Resource Description Framework). Теоретически этот подход способен обеспечить, с одной стороны, выход на уровень аппаратно-зависимых данных, а с другой, настраиваемость системы неявных отношений (в рамках модели RDF-триплетов) и обучаемость реализующих ее RDF-графов [19, 20].

Кроме перечисленных подходов, для решения задач классификации и кодирования могут использоваться алгоритмы на основе семантических сетей [21, 22], нейронных сетей и другие методы работы с большими массивами слабоструктурированной информации.

В принципе не важно, какой алгоритмический подход будет использован для решения задачи нечеткого кодирования, важен результат, обеспечивающий эффективное функционирование автоматизированных СППР. Выбор подхода является предметом исследований в ходе концептуальной разработки конкретной АСУ.

Посредством предлагаемых алгоритмических подходов вполне может быть создан прецедент по разработке и использованию нечеткого ИО автома-

тизированных СППР. Возможность и эффективность использования конкретного метода создания нечеткого ИО может быть подтверждена практическими экспериментами и дальнейшими теоретическими исследованиями. Впрочем, известны практические попытки реализации некоторых принципов подобного подхода в части применения настраиваемого ИО. Например, при выполнении одной из работ был апробирован следующий механизм: в системе жесткого кодирования, когда в ходе обновления БД из внешнего источника программа не могла распознать какие-либо данные, выводилось сообщение оператору с предложением классифицировать их. Оператор, проанализировав информацию, классифицировал нераспознанные программой данные и сохранял уточнение в БД в формате один ко многим. Уточненная информация запоминалась с пометкой «классифицировано оператором» и использовалась в ходе последующих обновлений.

Разумеется, рассмотренный вариант динамической настройки БД является частным случаем решения проблемы ИО СППР, охватывающим небольшую область применения. Но его успешная реализация позволяет сделать вывод, что используемые принципы могут быть применены для решения аналогичных задач в более крупных системах. Потребуется лишь организационная адаптация метода к масштабам и структуре системы.

Заключение

Предлагаемый подход сформулирован для практической реализации при разработке ИО СППР. Теоретически он может быть реализован в

системе технического сопряжения большинства АСУ с учетом границ применимости метода. В последнем случае на применение принципа нечеткого ИО в системах управления техническими средствами с высокими требованиями по вероятности гарантированного доведения информации могут накладываться определенные ограничения. Но в большинстве автоматизированных СППР использование предлагаемого подхода весьма вероятно, поскольку подобные системы по определению работают со слабоформализованной информацией [4, 5] и имеют собственные средства обработки разнородной информации: алгоритмы, базы знаний, решающие правила. Таким образом, вполне логично воспользоваться возможностями компонентов СППР для решения проблемы ИО ее функционирования.

Внедрение предлагаемого подхода может обеспечить переход от процесса периодического поэтапного уточнения протоколов взаимодействия к односторонней оповестительной системе корректировки ИО отдельных АСУ. Переход от согласовательного механизма к оповестительному обещает существенное упрощение процесса информационного взаимодействия разнородных систем. Применение предлагаемого подхода не противоречит созданию ЕИП, а дополняет его, переводя процесс создания единого информационного поля АСУ из организационной плоскости в технологическую. Это только один из возможных вариантов решения проблемы информационного взаимодействия, но, как ожидается, достаточно эффективный.

Литература

1. Копытко В.К., Шептура В.Н. Проблемы построения единого информационного пространства Вооруженных Сил Российской Федерации и возможные пути их решения // Военная мысль. 2011. № 10. С. 16–26.
2. Баранюк В.В. Основные направления создания единого информационного пространства ВС РФ // Военная мысль. 2004. № 11. С. 32–33.
3. Голубев Ю.Н., Каргин В.Н. Информационные технологии в управлении войсками // Военная мысль. 2005. № 6. С. 43–45.
4. Тиханычев О.В. Системы поддержки принятия решений – перспективное направление развития автоматизации управления войсками (силами) // Военная мысль. 2012. № 8. С. 45–51.
5. Тиханычев О.В. Общие подходы к обеспечению автоматизированной поддержки принятия решений. М.: Эдитус, 2014. 64 с.
6. Чумичкин А.А. Обоснование путей создания эталонной модели данных единого информационного пространства ВС РФ // Вооружение и экономика. 2009. № 1. С. 35–42.
7. Ахмадишин И.Н., Баранюк В.В. Организационные вопросы создания информационной службы ВС РФ // Военная мысль. 2003. № 4. С. 45–49.
8. Иванов В. Машина без механизма. В разработке автоматизированных систем военного назначения каждый сам себе голова // Военно-промышленный курьер. 2014. № 20. С. 198–206.
9. Славин Р. Единственный путь повышения эффективности производства – интеграция «снизу вверх» // Мир компьютерной автоматизации. 2000. № 1. С. 17–22.
10. Симанков В.С., Толкачев Д.М. Информационное обеспечение ситуационного центра с использованием сети Интернет // Программные системы и вычислительные методы. 2015. № 3. С. 267–272. DOI: 10.7256/2305-6061.2015.3.16979.
11. Гулякина Н.А., Давыденко И.Т., Шункевич Д.В. Методика проектирования семантической модели интеллектуальной справочной системы, основанная на семантических сетях // Программные системы и вычислительные методы. 2013. № 1. С. 56–68. DOI: 10.7256/2305-6061.2013.01.5.
12. Еремеев А.П., Еремеев А.А. Интеграция технологии OLAP и нечетких множеств для обработки неопределенных и неточных данных в системах поддержки принятия решений // Программные продукты и системы. 2013. № 1. С. 6–11.
13. Сорокин С.В., Багрова И.А., Пономарев С.А., Сытник Д.А. Комбинирование классификаторов на основе теории нечетких множеств // Программные продукты и системы. 2010. № 4. С. 112–117.
14. Сорокин С.В., Ульянов С.В., Нефедов Н.Ю., Решетников А.Г. Архитектура подсистемы нечеткого вывода для оптимизатора баз знаний // Программные продукты и системы. 2013. № 1. С. 20–25.
15. Codd E.F., Codd S.B., Salley C.T. Providing OLAP to User-Analysts: An IT Mandate. 1993, 56 p.
16. Pendse N. The origins of today's OLAP products. OLAP Report, 2002. URL: <http://dssresources.com/papers/features/pendse10062002.html> (дата обращения: 6.12.2017).
17. Cios K.J., Pedrycz W., Swiniarski R.W., Kurgan L. Data mining: a knowledge discovery approach. Springer, 2007, 606 p.
18. Сорокин В.Е. Хранение и эффективная обработка нечетких данных в СУБД PostgreSQL // Программные продукты и системы. 2017. № 4. С. 609–618.
19. Письмак А.Е., Харитонов А.Е., Клименков С.Е. Метод автоматического формирования семантической сети из слабоструктурированных источников // Программные продукты и системы. 2016. № 3. С. 74–78.
20. Среда описания ресурса (RDF): понятия и абстрактный синтаксис. Рекомендации W3C. URL: https://www.w3.org/2007/03/rdf_concepts_ru/ (дата обращения: 10.12.2017).
21. Cure O., Blin G. RDF database systems. Morgan Kaufmann Publ., 2014, 256 p.
22. Segaran T., Evans C., Taylor J. Programming the semantic web. O'Reilly Media, 2009, 302 p.

ON INFORMATION SUPPORT OF DECISION SUPPORT

O.V. Tikhanychev¹, PhD (Engineering), Senior Researcher, tow65@yandex.ru

¹ 27 Central Research Institute of the Ministry of Defense of Russia,
1st Khoroshevsky lane 5, Moscow, 123007, Russian Federation

Abstract. The basis for formalization of information used in the automated management process is the system of classification and coding. It ensures the work of users with software tools as well as the interaction of software tools and automated control systems.

According to the existing requirements documents, the interaction between automated control systems is organized through specialized interaction protocols: technical, organizational, information, software. However, with the growing scale of managed systems there appears the problem of keeping these protocols up to date, which increases with growing number and types of interacting agents in a management network.

Nowadays, there is a wide range of approaches to solving this problem in the world practice. It includes data exchange using XML files, interaction based on HLA technologies, etc. Nevertheless, in general, none of them provides information interaction in distributed multi-agent systems of automated control. After analyzing the capabilities of modern information technologies, the author proposes to solve the problem through abandoning the "hard" principles of information encoding and moving to its classification based on fuzzy set mechanisms, multidimensional OLAP-matrices or RDF-graphs. Features of the organization of automated decision support systems and numerous components of operational information processing in them make interaction based on "fuzzy" information support the most acceptable to solve the problem.

There is a conclusion that the proposed approach does not contradict the principles of creating a single information space. It complements them due to the transition from organizational methods of ensuring systems interaction to simpler technological ones. Naturally, this takes into account the limitations for systems that are crucially critical to the error probability in information processing.

Keywords: decision support, control automation, information support, information and linguistic support, information interaction.

References

1. Kopytko V.K., Sheptura V.N. Problems of building a single information space of the Armed Forces of the Russian Federation and possible solutions. *Voennaya mysl* [Military Thought]. 2011, no. 10, pp. 16–26 (in Russ.).
2. Baranyuk V.V. The main directions of creating a unified information space of the Russian Armed Forces. *Voennaya mysl* [Military Thought]. 2004, no. 11, pp. 32–33 (in Russ.).
3. Golubev Yu.N., Kargin V.N. Information technology in the management of troops. *Voennaya mysl* [Military Thought]. 2005, no. 6, pp. 43–45 (in Russ.).
4. Tikhanychev O.V. Decision Support Systems – a promising direction of development of command and control automation (forces). *Voennaya mysl* [Military Thought]. 2012, no. 8, pp. 45–51 (in Russ.).
5. Tikhanychev O.V. *Obshie podkhody k obespecheniyu avtomatizirovannoy podderzhki prinyatiya resheniy* [General Approaches to Providing Automated Decision Support]. Moscow, Ehditus Publ., 2014, 64 p.
6. Chumichkin A.A. Substantiation of ways of creating reference data model of a single information space of the Russian Armed Forces. *Vooruzhenie i ekonomika* [Armament and Economy]. 2009, no. 5, pp. 35–42 (in Russ.).
7. Akhmadishin I.N., Baranyuk V.V. Organizational matters creation of an information service of the Armed Forces. *Voennaya mysl* [Military Thought]. 2003, no. 4, pp. 45–49 (in Russ.).
8. Ivanov V. A machine without a mechanism. In the development of automated military systems each with his own head. *Voенно-promyshlenny kurer* [Military and Industrial Courier]. 2014, no. 20 (538), pp. 198–206 (in Russ.).
9. Slavin R. The only way to improve production efficiency is to integrate "from the bottom up". *Mir kompyuternoy avtomatizatsii* [The World of Computer Automation]. 2000, no. 1, pp. 17–22 (in Russ.).
10. Simankov V.S., Tolkachev D.M. Information support of a situational center using the Internet. *Programmnye sistemy i vychislitelnye metody* [Software Systems and Computational Methods]. 2015, no. 3, pp. 267–272 (in Russ.).
11. Gulyakina N.A., Davydenko I.T., Shunkevich D.V. The method of designing a semantic model of an intelligent reference system based on semantic networks. *Programmnye sistemy i vychislitelnye metody* [Software systems and computational methods]. 2013, no. 1, pp. 56–68 (in Russ.).
12. Eremeev A.P., Eremeev A.A. Integration of the OLAP technology and fuzzy sets for processing uncertain and inexact data in decision support systems. *Programmnye produkty i sistemy* [Software and Systems]. 2013, no. 1, pp. 6–11 (in Russ.).
13. Sorokin S.V., Bagrova I.A., Ponomarev S.A., Sytnik D.A. Combining classifiers based on the theory of fuzzy sets. *Programmnye produkty i sistemy* [Software and Systems]. 2010, no. 4, pp. 112–117 (in Russ.).
14. Sorokin S.V., Ulyanov S.V., Nefedov N.Yu., Reshetnikov A.G. Fuzzy Inference Architecture for Soft Computing Optimizer of Knowledge Bases. *Programmnye produkty i sistemy* [Software and Systems]. 2013, no. 1, pp. 20–25 (in Russ.).
15. Codd E.F., Codd S.B., Salley C.T. *Providing OLAP to User-Analysts: An IT Mandate*. 1993, 56 p.
16. Pendse Nigel. *The origins of today's OLAP products*. OLAP Report. Available at: <http://dssresources.com/papers/features/pendse10062002.html> (accessed December 6, 2017).
17. Cios K.J., Pedrycz W., Swiniarski R.W., Kurgan L. *Data Mining: a Knowledge Discovery Approach*. Springer Publ., 2007, 606 p.
18. Sorokin V.E. Fuzzy data storing and efficient processing in PostgreSQL DBMS. Bases. *Programmnye produkty i sistemy* [Software and Systems]. 2017, no. 4, pp. 609–618 (in Russ.).
19. Pismak A.E., Kharitonova A.E., Klimenkov S.E. Method of automatic generation of semantic network from semi-structured sources. *Programmnye produkty i sistemy* [Software and Systems]. 2016, no. 3, pp. 74–78 (in Russ.).
20. *Sreda opisaniya resursa (RDF): ponyatiya i abstraktny sintaksis. Rekomendatsii W3C* [Resource Description Environment: Concepts and Abstract Syntax. W3C Recommendations]. Available at: https://www.w3.org/2007/03/rdf_concepts_ru/ (accessed December 10, 2017).
21. Cure O., Blin G. *RDF Database Systems*. Morgan Kaufmann Publ., 2014, 256 p.
22. Segaran T., Evans C., Taylor J. *Programming the Semantic Web*. O'Reilly Media Publ., 2009, 302 p.