



Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности

Сайт журнала:

<http://www.openaccessscience.ru/index.php/ijcse/>



УДК 004.82

ОБОБЩЕННАЯ НЕЧЕТКАЯ ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ПОИСКА И СЕМАНТИЧЕСКОЙ ИНТЕГРАЦИИ СТРУКТУРИРОВАННЫХ, СЛАБО СТРУКТУРИРОВАННЫХ И НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ ДАННЫХ

¹Борисов В.В., ²Котов Д.В., ³Молявко А.А.

¹Филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» в г. Смоленске, Россия, (214013, г. Смоленск, Энергетический проезд, 1), e-mail: vbor67@mail.ru;

²Военная академия войсковой противовоздушной обороны Вооруженных Сил Российской Федерации имени Маршала Советского Союза А.М.Василевского, Смоленск, Россия (214027, г. Смоленск, ул. Котовского, 2), e-mail: dim.kot2009@yandex.ru;

³Военная академия войсковой противовоздушной обороны Вооруженных Сил Российской Федерации имени Маршала Советского Союза А.М.Василевского, Смоленск, Россия (214012, г. Смоленск, ул. Котовского, 2), e-mail: volshebnik@list.ru.

Предлагается обобщенная нечеткая онтологическая модель, обеспечивающая интероперабельное представление знаний об агентах системы, выполняемых ими задачах и информационных ресурсах, а также поиск, обобщение и семантическую интеграцию структурированных, слабо структурированных и неструктурированных данных в едином информационном пространстве системы. Модель представляет собой композицию из двух согласованных взаимозависимых онтологических моделей: онтологии задач и онтологии функционально-ориентированных информационных ресурсов.

Ключевые слова: нечеткая онтологическая модель, функционально-ориентированные информационные ресурсы.

GENERALIZED FUZZY ONTOLOGICAL MODEL FOR THE ACQUISITION AND SEMANTIC INTEGRATION OF STRUCTURED, WEAKLY STRUCTURED AND UNSTRUCTURED DATA

¹Borisov V.V., ²Kotov D.V., ³Molyavko A.A.

¹Smolensk Branch of the National Research University "Moscow Power Engineering Institute", Smolensk, Russia (214013, Smolensk, Energeticheskyy proezd, 1), e-mail: vbor67@mail.ru;

²The RF Armed Forces Army Air Defense Military Academy, Smolensk, Russia (214027, Smolensk, Kотовского street, 2), dim.kot2009@yandex.ru;

³The RF Armed Forces Army Air Defense Military Academy, Smolensk, Russia (214027, Smolensk, Kотовского street, 2), volshebnik@list.ru.

A generalized fuzzy ontological model is proposed. The model provides an interoperable view of knowledge about system agents, tasks, and information resources. It allows you to search and semantic integration of structured, weakly structured and unstructured data in information space of the system. The model is a composition of two consistent interdependent ontological models: task ontology and ontology of function-oriented information resources.

Keywords: fuzzy ontological model, function-oriented information resources.

Для качественного принятия решений и эффективного управления в современных организационно- и социо-технических системах в условиях цифровой экономики всё более существенное значение приобретает необходимость выполнения поиска, обобщения и семантической интеграции больших объемов структурированных, слабо структурированных и неструктурированных данных в рамках организуемого для них единого информационного пространства.

Процессы подготовки и принятия решений в таких системах, как правило, включают в себя этапы уяснения задач, сбора и обработки структурированных и неструктурированных данных, оценку обстановки, принятия решений и их реализацию [1]. Специфика организации этих процессов определяет насущную потребность в повышении актуальности, точности и полноты информации, характеризующей динамически изменяющееся состояние системных и внешних факторов. В таких условиях агенты этих систем (должностные лица; лица, принимающие решения; интеллектуальные программные приложения и проч.) формируют информационные потребности в виде запросов в соответствующем информационном пространстве для последующего поиска, обобщения и интеграции информационных ресурсов.

Онтологические модели обеспечивают формализованное представление, выявление и интеграцию семантики в различных предметных областях. Вместе с тем, существующие подходы к построению онтологий ориентированы, как правило, только на модельное представление информационных ресурсов, и не учитывают в полной мере специфику функциональных задач агентов, что, в конечном итоге, существенно сказывается на эффективности управления системы в целом [2–7].

Кроме того, несмотря на то, что онтологические модели позволяют формализовать всё многообразие факторов (понятий, концептов, объектов, сущностей, показателей) и различных семантических отношений между ними, тем не менее, существует проблема оценки значимости и согласованности этих факторов и отношений в условиях их частичной или полной нестохастической неопределенности. Для решения этой проблемы в различные компоненты онтологических моделей может быть введена нечеткость [8–12].

Для решения указанных проблем предлагается обобщенная (композиционная) нечеткая онтологическая модель, обеспечивающая интероперабельное представление знаний об агентах системы, выполняемых ими задачах (процессах) и функционально-ориентированных информационных ресурсах, а также поиск, обобщение и семантическую интеграцию структурированных, слабо структурированных и неструктурированных данных в едином информационном пространстве системы.

1. Обобщенная нечеткая онтологическая модель

В основе предлагаемой обобщенной (композиционной) нечеткой онтологической модели лежат результаты анализа процессов принятия решений в организационно- и социо-технических системах [1]. Эти результаты позволили обосновать декомпозицию процессов принятия решений на функциональные (задачи агентов) и информационные (информационные ресурсы, требуемые для выполнения задач) составляющие [13].

Функциональная составляющая процесса принятия решений в таких системах характеризуется относительным постоянством и, как правило, не подвержена частым

изменениям состава, структуры и содержания задач. На каждом этапе Z_n этого процесса агенты решают задачи Z^m , которые, в свою очередь, разделяются на подзадачи $Z^{n,tn}$. Отметим, что терминальными компонентами этой декомпозиции являются совокупность подзадач по разработке соответствующих документов D . Каждый из этих документов содержит исходные данные, которые представляются в виде информации Inf , в том числе, в виде результатов выполнения информационно-аналитических задач RZ . При этом информация, которая содержится в разработанных документах, может послужить в качестве исходной для документов, формируемых на последующих этапах принятия решения (см. рисунок 1).

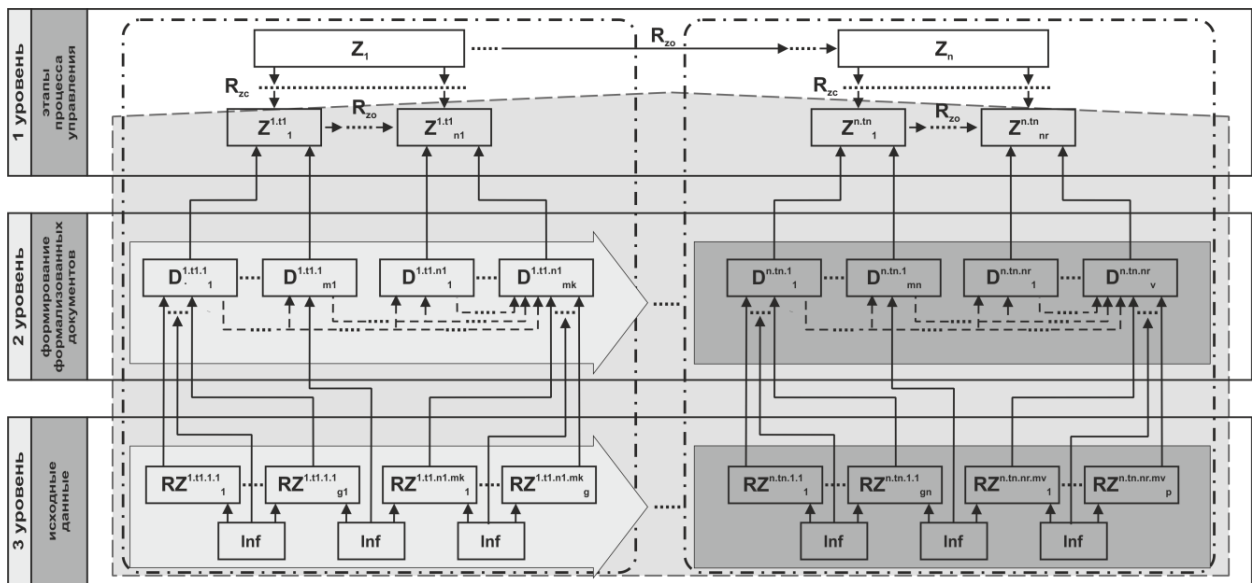


Рисунок 1 – Декомпозиция процесса принятия решений

Динамика изменения информационной составляющей обусловлена быстрым изменением внешних факторов и поступлением большого объема структурированных, слабо структурированных и неструктурированных данных. В то же время, информационная потребность агентов детерминирована руководящими документами и обязанностями агентов, что во многом предопределяет специфику поиска, сбора, обобщения и семантической интеграции данных, требуемых для качественного и оперативного принятия решений. Анализ же функционально-ориентированных информационных ресурсов, используемых агентами при принятии решений, позволяет обосновать семантическое представление этих ресурсов в виде классов и подклассов C (объектов управления и внешних факторов) с соответствующими им атрибутами A .

В соответствии с вышесказанным, предлагаемая обобщенная онтологическая модель представляет собой композицию из двух согласованных взаимозависимых онтологических моделей: онтологии задач и онтологии функционально-ориентированных информационных ресурсов.

Онтологическая модель задач Oz определяет совокупность этапов принятия решений, а также множество задач и подзадач, выполняемых на каждом из них, и представляется в виде:

$$Oz = \langle Z, Rzc, Rzo, A, F(A) \rangle,$$

Z – совокупность выполняемых задач, декомпозируемых на соответствующие им подзадачи; Rzc – множество отношений «часть–целое» между задачами и соответствующими им подзадачами; Rzo – множество отношений обусловленности при выполнении задач (подзадач); A – множество атрибутов задач и подзадач, представленных в виде атомарных информационных единиц, необходимых для их решения; $F(A)$ – множество ограничений значений атрибутов.

Онтологическая модель функционально-ориентированных информационных ресурсов Or , определяет информацию, для выполнения соответствующих задач, и представляется в виде:

$$Or = \langle C, Rr, D, A, F(A), Ax \rangle,$$

$C = \{C_s \mid s = 1, \dots, S\}$ – множество классов (разделяемых на подклассы), представленных в виде объектов, характеризующих информационные ресурсы, необходимые для принятия решений; Rr – множество иерархических отношений между классами и подклассами (отношение «часть–целое») и нечетких отношений влияния между атрибутами; D – множество доменов для объединения классов (подклассов) и их экземпляров по совокупностям характеризующих их атрибутов; A – множество атрибутов классов (подклассов), характеризующих системные и внешние факторы; $F(A)$ – множество ограничений значений атрибутов; Ax – множество аксиом для формирования вывода из совокупности атрибутов и отношений.

Пример структуры онтологической модели информационных ресурсов для транспортно-логистической системы представлен на рисунке 2.

Как было отмечено выше, онтологические модели задач и функционально-ориентированных информационных ресурсов образуют композиционную онтологическую модель:

$$KOM = \langle Oz, Or, Rs \rangle,$$

между атрибутами которых устанавливаются нечеткие отношения соответствия Rs .

На рисунке 3 приведен пример структуры композиционной онтологической модели для транспортно-логистической системы.

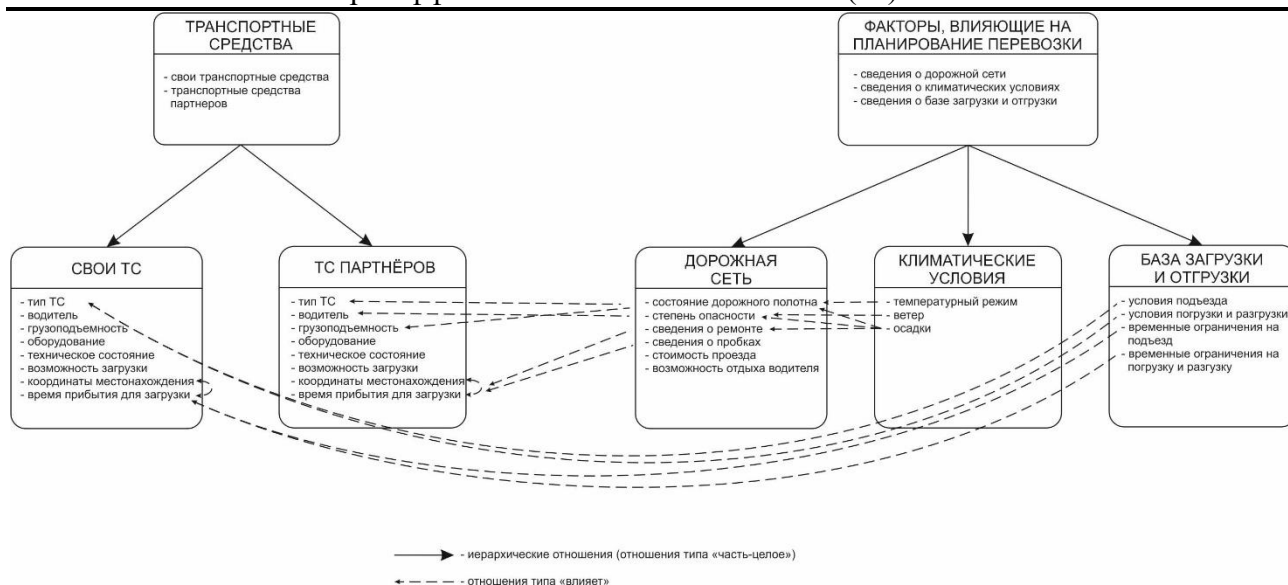


Рисунок 2 – Пример структуры онтологической модели функционально-ориентированных информационных ресурсов

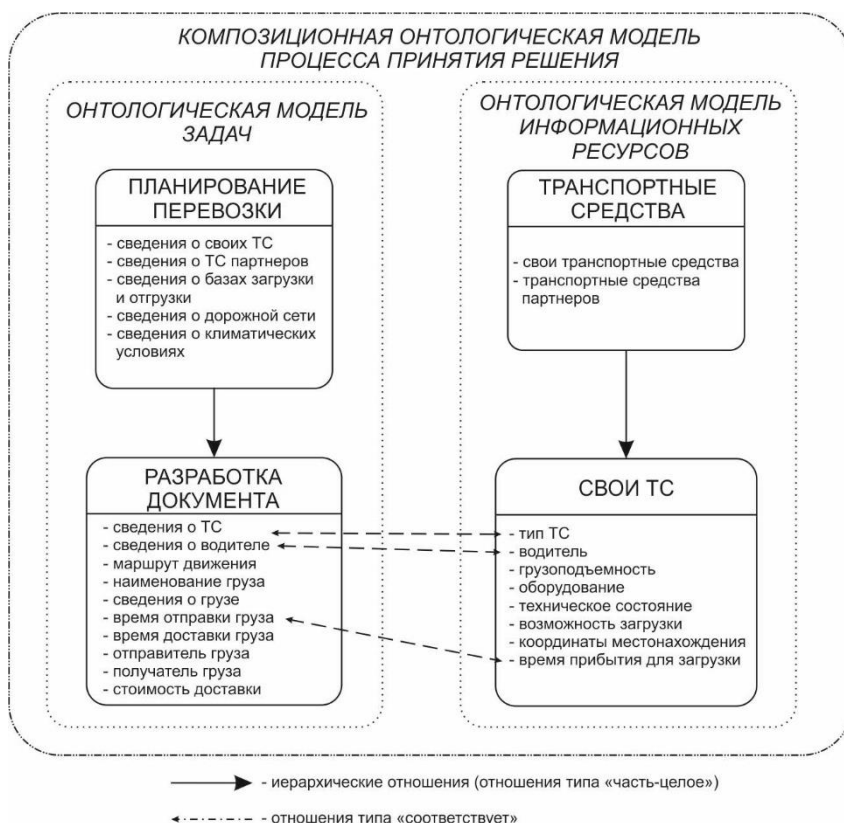


Рисунок 3 – Пример структуры композиционной онтологической модели

2. Мультиагентный подход к использованию обобщенной нечеткой онтологической модели для поиска, обобщения и семантической интеграции данных

Композиция онтологических моделей задач и функционально-ориентированных информационных ресурсов на основе нечетких отношений соответствия R_s предопределяет необходимость создания инструментов работы с онтологическим представлением процессов принятия решений. Данные инструменты предлагается реализовать на основе мультиагентного подхода [14], в соответствии с которым агенты представляются в виде профилей, учитывающих следующие компоненты:

$$Per = \langle Id, Ef, Str \rangle,$$

(Id – сведения об агенте, Ef – множество действий агента, Str – множество стратегий поведения агента) и реализуют задачи:

- автоматического формирования поисковых запросов к хранилищам данных;
- анализа и обобщения результатов информационного поиска;
- согласованной структурной и параметрической адаптации онтологических моделей при изменении функциональной или информационной составляющих процессов принятия решений.

Сведения Id об агенте включают в себя данные: об уровне иерархии и статусе агента, а также об уровне масштабируемости информации.

Множество действий Ef агента включает в себя: обновление текущей информации; уяснение задачи; внесение изменений в онтологическую модель задач Oz ; формирование поискового запроса; информационный поиск; оценку результатов информационно поиска; агрегирование (отождествление) информации; внесение изменений в онтологическую модель функционально-ориентированных информационных ресурсов Or .

В соответствии с возможными последовательностями перечисленных выше действий, возможны следующие стратегии поведения агента:

- поставлена известная задача, для удовлетворения информационных потребностей агента достаточно имеющихся информационных ресурсов;
- поставлена известная задача, для удовлетворения информационных потребностей агента не достаточно имеющихся информационных ресурсов;
- поставлена новая задача, для удовлетворения информационных потребностей агента достаточно имеющихся информационных ресурсов;
- поставлена новая задача, для удовлетворения информационных потребностей агента не достаточно имеющихся информационных ресурсов.

3. Пример использования обобщенной нечеткой онтологической модели для поиска и семантической интеграции данных

В качестве примера использования разработанной модели (см. рисунки 2 и 3) рассмотрим процесс планирования перевозки грузов транспортно-логистическим предприятием. Агентом, на которого возложено выполнение этой задачи, является менеджер данного предприятия. Эффективность решения этой задачи напрямую зависит от опыта работы, уровня квалификации и осведомленности агента.

Для планирования перевозок агент должен разработать следующий перечень документов строгой отчетности:

- товарно-транспортная накладная;
- счет фактура;
- товарная накладная и т.д.

Для эффективного выполнения данной задачи необходимо осуществить поиск, обобщение и семантическую интеграцию структурированных, слабо структурированных и неструктурированных данных о транспортном средстве, водителе, маршруте движения, наименовании и характере груза, времени отправки и доставки груза, отправителе и получателе груза, стоимость доставки.

Таким образом, для поиска, обобщения и семантической интеграции этих данных необходимо расширить область поиска за счет онтологии функционально-ориентированных информационных ресурсов и получить дополнительные сведения, влияющие на планирование перевозки: о базе разгрузки, климатических условиях, дорожной сети.

Заключение

В работе предлагается обобщенная нечеткая онтологическая модель, обеспечивающая интероперабельное представление знаний об агентах системы, выполняемых ими задачах и информационных ресурсах, а также поиск, обобщение и семантическую интеграцию структурированных, слабо структурированных и неструктурированных данных в едином информационном пространстве системы. Модель представляет собой композицию из двух согласованных взаимозависимых онтологических моделей: онтологии задач и онтологии функционально-ориентированных информационных ресурсов.

Проиллюстрирован мультиагентный подход к использованию предлагаемой обобщенной нечеткой онтологической модели для поиска и семантической интеграции данных на примере планирования перевозки грузов транспортно-логистическим предприятием.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 18-29-03088_мк.

Список литературы

1. Борисов В.В., Котов Д.В., Молявко А.А. Результаты информационного анализа процесса организации боевых действий сил и средств ПВО в ЕИП ВС РФ // Вестник ВА ВПВО. Вып. № 20. – Смоленск: Изд-во ВА ВПВО, 2018.
2. Добров Б. В., Иванов В.В., Лукашевич Н.В., Соловьев В.Д. Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009.
3. Константинова Н.С., Митрофанова О.А. Онтологии как системы хранения знаний [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.sciinnov.ru/icalog_new/index.php?action=send_att&entry_id=68352&fname=68352e2-st08 (Дата обращения: 07.08.2016).
4. Курейчик В.М. Обработка информации на основе онтологий // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT'15». Т. 2. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2015.

Борисов В.В., Котов Д.В., Молявко А.А. Обобщенная нечеткая онтологическая модель для сбора и семантической интеграции структурированных, слабо структурированных и неструктурированных данных // Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности. – 2019. – Т. 4 № 2(12) с. 3–11

5. Гаврилова Т.А., Кудрявцев Д.В., Муромцев Д.И. Инженерия знаний. Модели и методы. – СПб.: Лань, 2016.
6. Цуканова Н.И. Онтологическая модель представления и организации знаний. Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2014.
7. Зайцева О.В. Онтологическая модель предметной области исследовательской организации// Перспективы науки и образования. №1. 2014.
8. Котеленко С.А. Формальное описание онтологий на основе нечеткой гиперграфовой модели данных// Известия Южного федерального университета. Технические науки. №6 (50). 2005.
9. Наместников А.М., Субхангулов Р.А., Филиппов А.А. Применение нечетких моделей в задачах кластеризации и информационного поиска текстовых проектных документов // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте. Сборник научных трудов VII Международной научно-практической конференции (Коломна, 20-22 мая 2013 г.). Т. 3. – М.: Физматлит, 2013.
10. Тарасов В.Б., Калуцкая А.П., Святкина М.Н. Гранулярные, нечеткие и лингвистические онтологии для обеспечения взаимопонимания между когнитивными агентами// Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2012). 2012.
11. Потапова Е.В. Модель лингвистической онтологии предметной области с нечеткими семантическими состояниями терминов// Бионика интеллекта. № 2 (79). 2012.
12. Курейчик В.М., Курейчик Л.В. Построение онтологии для поиска нетривиальных знаний // Информатика, вычислительная техника и инженерное образование. № 4(24). 2015.
13. Котов Д.В., Молявко А.А. Композиционная онтологическая модель процесса принятия решения в системах военного назначения // Сборник трудов XXV Международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь». Т. 6. Воронеж, 16–18 апреля 2019 г.
14. Котов Д.В., Злобинова М.В., Сивакова Л.Н. Применение мультиагентных информационно-поисковых систем в АСУ ВПВО // Вестник ВА ВПВО. Вып. №20, – Смоленск: Изд-во ВА ВПВО, 2018.

References

1. Borisov V.V., Kotov D.V., Molyavko A.A. Results of information analysis of process of organization of the fighting forces and air defense systems in common information space of the RF armed forces // Bulletin VA VPVO. Iss. No. 20. 2018. (in Russian)
2. Dobrov B. V., Ivanov V. V., Lukashevich N. In. Soloviev V. D. Ontologies and thesauruses: models, tools, applications. – М.: Binom. Laboratory of knowledge, 2009. (in Russian)
3. Konstantinova N.S., Mitrofanova O.A. Ontology as a system of knowledge storage [Electronic resource]. – Access mode: http://www.sciinnov.ru/icatalog_new/index.php?action=send_at&entry_id=68352&fname=68352e2-st08 (date accessed: 07.08.2016). (in Russian)
4. Kureychik V.M. Information processing on the basis of ontologies // Proceedings of the Congress on intelligent systems and information technologies "IS&IT'15". Vol.2. – Taganrog: Publishing house of SFU, 2015. (in Russian)

5. Gavrilova T.A., Kudryavtsev D.V., Muromtsev D.I. Knowledge engineering. Models and methods. – SPb, Lan', 2016. (in Russian)
 6. Tsukanova N.I. Ontological model of knowledge representation and organization. – Moscow, Hot Line – Telecom, 2014. (in Russian)
 7. Zaitseva O.V. Ontological model of the subject area of research organization // Prospects of science and education. No. 1. 2014. (in Russian)
 8. Kotelenko S. A. Formal description of ontologies based on fuzzy hypergraphic data model // Proceedings of the Southern Federal University. Technical science. No. 6(50). 2005. (in Russian)
 9. Namestnikov A. M., Subhangulov R. A., Filippov A. A. Application of fuzzy models in problems of clustering and information retrieval of text project documents // Integrated models and soft computing in artificial intelligence. Collection of scientific papers of the VII International scientific-practical conference (Kolomna, may 20-22, 2013). Vol. 3. – Moscow, Fizmatlit, 2013. (in Russian)
 10. Tarasov V.B., Kalutskaya A.P., Svyatkina M.N. Granular, fuzzy and linguistic ontologies for mutual understanding between cognitive agents// Open Semantic Technologies of Intelligent Systems (OSTIS-2012). 2012. (in Russian)
 11. Potapova E.V. Model of linguistic ontology of the subject area with fuzzy semantic states of terms// Bionics of intelligence. No. 2 (79). 2012. (in Russian)
 12. Kureichik V.M., Kureichik L.V. Development of ontologies for the search of nontrivial knowledge // Informatics, Computer Science and Engineering Education. No. 4(24). 2015. (in Russian)
 13. Kotov D.V., Molyavko A.A. Compositional ontological model of decision-making process in military systems // Proceedings of the XXV International scientific and technical conference "Radar, navigation, communication". Vol. 6. Voronezh, April 16-18, 2019. (in Russian)
 14. Kotov D.V., Sobinova M.V., Sivakov L.N. The application of multi-agent information retrieval system in management information system // Bulletin VA VPVO. Iss. No. 20. 2018. (in Russian)
-