



Math-Net.Ru

All Russian mathematical portal

A. A. Trishin, Math methods and models of products knowledge management,
Comp. nanotechnol., 2022, Volume 9, Issue 4, 35–41

<https://www.mathnet.ru/eng/cn393>

Use of the all-Russian mathematical portal Math-Net.Ru implies that you have read and agreed to these terms of use

<https://www.mathnet.ru/eng/agreement>

Download details:

IP: 18.97.14.80

May 22, 2025, 03:50:50



МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

MATHEMATICAL MODELING, NUMERICAL METHODS AND COMPLEX PROGRAMS

1.2.2

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ MATHEMATICAL MODELING, NUMERICAL METHODS AND COMPLEX PROGRAMS

DOI: 10.33693/2313-223X-2022-9-4-35-41

Математические методы и модели управления знаниями о товарах

А.А. Тришин ©

Финансовый университет при правительстве Российской Федерации,
г. Москва, Российская Федерация

E-mail: info@nationalscience.ru

Аннотация. Целью данной исследовательской работы является обзор существующей литературы, методов и решений проблемы эффективного хранения и обработки слабоструктурированной семантической информации в том числе в области управления знаниями о товарах. В начале статьи приводится обоснование актуальности исследования, затем в ней рассматриваются возможные способы построения онтологии семантических сетей, различные виды представления знаний, стек возможных технологий, на которых потенциально могут быть реализовано такие сети. Приводится объяснение семантики, способы поиска информации в подобных системах, включая обзор используемых языков запросов семантических данных, а также готовые реализации баз знаний. Результатами исследовательской работы стало создание обширной базы проанализированных источников, в которых поднимается проблема обработки слабоструктурированных разнородных данных, а также поиска информации по ним. Помимо этого, в результате проведения исследования было выведено наиболее эффективное решение вышеуказанной проблемы – построение онтологии знаний, представление знаний внутри онтологии, семантические сети и их архитектура, и реализация. Наконец, автору удалось доказать высокую степень актуальности дальнейших качественных и глубоких научных изысканий на рассматриваемую в исследовательской работе проблему.

Ключевые слова: онтология, семантика, семантическая сеть, база знаний, управление знаниями, знания о товаре

ССЫЛКА НА СТАТЬЮ: Тришин А.А. Математические методы и модели управления знаниями о товарах // Computational Nanotechnology. 2022. Т. 9. № 4. С. 35–41. DOI: 10.33693/2313-223X-2022-9-4-35-41

Math Methods and Models of Products Knowledge Management

A.A. Trishin ©

Financial University under the Government of the Russian Federation,
Moscow, Russian Federation

E-mail: info@nationalscience.ru

Abstract. The purpose of this research work is to review the existing literature on methods and solutions to the problem of efficient storage and processing of semi-structured semantic information, including in the field of product knowledge management. At the beginning of the article, the rationale for the relevance of the study is given, then it discusses possible ways to build an ontology of semantic networks, various types of knowledge representation, a stack of possible technologies on which such networks can potentially be implemented. An explanation of the semantics, ways to search for information in such systems, including an overview of the semantic data query languages used, as well as ready-made implementations of knowledge bases, is given. The result of the research work was the creation of an extensive database of analyzed sources, which raises the problem of processing semi-structured heterogeneous data, as well as searching for information on them. In addition, as a result of the study, the most effective solution to the above problem was derived – the construction of an ontology of knowledge, the representation of knowledge within the ontology, semantic networks and their architecture, and implementation. Finally, the author managed to prove a high degree of relevance of further qualitative and in-depth scientific research on the problem considered in the research work.

Key words: ontology, semantics, semantic network, knowledge base, knowledge management, product knowledge

FOR CITATION: Trishin A.A. Math Methods and Models of Products Knowledge Management. *Computational Nanotechnology*. 2022. Vol. 9. No. 4. Pp. 35–41. (In Rus.) DOI: 10.33693/2313-223X-2022-9-4-35-41

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня очень остро стоит проблема автоматизации бизнесов-процессов любого предприятия, в том числе оптимизация хранения данных и знаний о производимых товарах. Вообще говоря, эта проблема появляется не только у компаний, которые производят и продают свои товары, но и, например, у маркетплейсов – e-commerce платформ, которые служат «витриной» для продавцов-партнеров. Только за 2016–2017 гг. во всем мире более 50% потребителей совершали онлайн-покупки через такие платформы [1]. Соответственно возникает проблема поиска товаров по их характеристикам, а значит и несколько связанных с этим технических проблем. Во-первых, характеристики различных товаров – информация слабо структурированная и сильно отличающаяся между категориями этих товаров. Во-вторых, это ведет к проблеме не только поиска товаров по запросам, но и к проблеме эффективного хранения, обработки и передачи информации о товарах. В силу коммерческой специфики данной тематики на сегодняшний день практически нет открытых исследований способов решения таких проблем, так как каждая компания их решает по-своему, а результаты своих работ не публикует.

Однако сама задача управления и поиска семантически связанной информации не нова и решается при

помощи онтологий, семантических сетей и баз знаний. В рамках данного обзора литературы будут рассмотрены онтологии баз знаний, способы построения их архитектуры, а также различные фреймворки, на которых эта архитектура может быть реализована.

1. ОНТОЛОГИЯ

Начнем с онтологий баз знаний. Они в последнее время становятся все более популярными и получают активное развитие в рамках нового направления семантического Интернета (Semantic Web). Онтологии представляют собой концептуальные модели знаний предметной области, которые строятся из понятий и их отношений, позволяющих в дальнейшем специфицировать, то есть позволить управлять данными об объектах в рамках данной предметной области. Подробно системы онтологии знаний были рассмотрены в [2]. В ней авторы описывают два важных аспекта: общую типологию онтологий и представление в них знаний.

Изучая первый аспект, можно разделить онтологии по области применения на теоретические и практические. Если проводить классификацию глубже, то в качестве ее признака можно взять конкретную область, например, фундаментальную и прикладную науки (подвиды теоретического вида) и разработка

Тришин А.А.

и бизнес-процессы (подвиды практического вида). Далее по тому же принципу можно продолжать классификацию вплоть до вида знаний, которые хранятся внутри базы. Здесь можно заметить, что в онтологии могут «вкладываться» друг в друга и таким образом образовывать разные уровни: мета-уровень, верхний уровень, и уровень отрасли. В мета-уровень входит так называемый концептуальный каркас [3], который определяет классификационную взаимосвязь производных понятий. Затем внутрь вкладывается верхний уровень, который, в свою очередь, включает фундаментальные понятия и отношения (время, событие, соответствие и т.д.). Стоит отметить, что онтологией верхнего уровня может быть несколько. Далее внутри идут онтологии уровня отрасли, которые содержат общие и специфические знания в рамках конкретной прикладной области. Не сложно заметить, что любые два рядом стоящий уровня соотносятся друг с другом как «язык-объект» и «мета-язык» (вложенная и вышестоящая соответственно).

Рассматривая второй аспект, можно выделить две сферы представления знаний:

- сфера основной целевой деятельности;
- сфера информационных коммуникаций, которые обеспечивают хранение, обработку и передачу знаний.

Этими двумя сферами представления знаний можно дополнить классификацию, которая была рассмотрена ранее.

Далее стоит рассмотреть вопрос практического применения онтологий, что было изучено в [4]. В ней авторы говорят о двух ключевых системах, в которых было бы целесообразно применять онтологии – это экспертные системы (ЭС) и системы поддержки принятия решений (СППР). В первых онтология составляет каркас базы знаний, а также определяет экспертные правила, которые связывают знания между собой. В целом, так как экспертные системы и системы поддержки принятия решений являются системами одного класса, то же самое можно сказать и про роль онтологий в рамках СППР.

Также в статье рассматриваются основные аспекты разработки онтологий в системах, основанных на знаниях. Здесь речь идет о моделях представления знаний. Наиболее распространенной из них являются семантические сети и сети фреймов. А для формального описания онтологий применяются различные подмножества дескриптивной логики и построенные на их основе диалекты формального языка описания онтологий OWL. При разработке подобных систем онтология применяется для:

- формирования и фиксации общего разделяемого всеми экспертами знания о предметной области;
- явной концептуализации предметной области, позволяющей описывать семантику данных;
- обеспечения возможности переиспользования знаний;
- описания функционала CO3 (типов решаемых задач);

- разработки отдельных компонентов системы в качестве высокоуровневой спецификации;
- разработки хранилищ данных в качестве высокоуровневого интерфейса.

В конце статьи авторы представляют конкретные примеры, где применялась онтология и раскрывают ее роль в этих системах.

2. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЗНАНИЙ

Теперь стоит изучить вопрос представления самих знаний в онтологиях. Этот вопрос актуален, так как какая бы онтология ни была, ее нужно формализовать таким образом, чтобы данные были пригодны для машинной обработки. Данная проблема рассмотрена в [5]. Авторы приводят несколько способов формализации знаний. Во-первых, чаще всего, когда говорят о реализации онтологий, в качестве примера рассматриваются семантические сети. Семантическая сеть – это информационная модель предметной области, представленная в виде ориентированного графа. Вершинами графа являются объекты предметной области, а ребра, в свою очередь, являются отношениями между этими объектами. Авторы также отмечают, что семантические сети тесно связаны с так называемыми семантическими фреймами, которые отражают ту же концепцию, но в другой форме. Если в сетях отношения – это дуги между вершинами графа, то во фреймах – это структуры, которые содержат в себе объекты или другие фреймы. Семантические сети хорошо отражают таксономическую структуру предметной области и выражают утверждения внутри нее.

Затем приводятся «правила», как способ представления знаний. Правила представляют собой выражения «если – то» и конкретные факты. Их можно встретить в языках логического программирования, например в Prolog, в дедуктивных базах данных или BRMS (Business Rule Management System) системах.

3. СЕМАНТИКА В СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Теперь перейдем к видам семантик в семантических сетях и статье [6], в которой автор выделил три их вида: неявную, формальную и сильную.

Неявная семантика не указывается явно и извлекается из шаблонов в данных. Этот вид семантики позволяет найти релевантность данных в некотором контексте, однако такой подход не подходит для машинной обработки в силу невозможности обозначения связей между найденными данными. Примерами, когда такой вид семантики разумно использовать могут быть:

- совместное появление документов или терминов в одном и том же кластере после завершения процесса кластеризации на основе некоторой меры сходства;
- документ, связанный с другим документом через гиперссылку, потенциально связывающую семантические метаданные, описывающие связь между этими документами;

- тип семантики, подразумеваемый двумя документами, принадлежащими к категориям, которые являются родственными друг другу в иерархии понятий;
- автоматическая классификация документа для общего указания того, что содержится в документе в отношении выбранной таксономии;
- использование в биоинформатике для выравнивания последовательностей, анализа структуры белка и т.д.

Формальные семантики представляют собой формализованный язык, который должен включать в себя следующие свойства:

- понятие модели и теоретико-модельной семантикой, то есть языковые выражения должны интерпретироваться в моделях, отражающих окружающий мир;
- принцип композиционности, то есть значение выражения должно зависеть от значений частей выражения и того, как они синтаксически объединены.

Примерами таких языков являются RDF, OWL, OWL DL и др. Такой тип семантики подходит для машинной обработки. Основным недостатком является тот факт, что ее становится тяжело использовать по мере роста знаний. Обычно такие семантики применяются:

- в семантиках в дескрипционной логике, отражающей категоризацию при помощи более широких или узких понятий;
- в семантиках мерономии, учитывающих части объекта, а не то к какой категории объект принадлежит.

Сильные семантики могут использовать неявные и формальные семантики, чтобы выводить отношения с помощью статистического анализа, например, используя вероятности или теории нечетких множеств. Выведенные отношения будут верными с определенной долей вероятности, и это является как достоинством, так и недостатком таких семантик.

4. СПОСОБЫ ПОИСКА

В [7] определяются два способа поиска информации внутри семантических сетей: навигационный поиск и исследовательский поиск. В навигационном поиске пользователь предоставляет поисковому обработчику фразу или комбинацию слов, которые он ожидает увидеть в ответе. В данном случае прямого и обоснованного толкования этих слов, чтобы обозначить какое-либо понятие, не существует. В исследовательском поиске пользователь предоставляет фразу, которой описывает какой-либо объект, о котором он хочет получить информацию. Здесь он пытается найти набор документов, которые вместе позволят ему найти данные, которые он хочет получить.

4.1. Языки запросов к RDF-данным

В рамках данной работы стоит уделить внимание непосредственным техническим способам получения данных из семантических сетей. Так как самым низким именно семантическим уровнем в стеке является

RDF, то необходимо найти способы получения данных из него. В рамках этой задачи рассмотрим статью [8]. Отметим, что запрашивать данные можно на трех уровнях абстракции:

- синтаксический уровень (xml разметка);
- структурный уровень (набор триплетов);
- семантический уровень (графы с частично предопределенной семантикой).

На синтаксическом уровне достаточно стандартных средств обработки XML таких, как XPath или XQuery. Однако можно заметить, что структура данных RDF представляет собой именно направленный граф, а не дерево. Из-за этого факта, отношения в данных RDF модели, которые не видны из древовидной структуры XML, становится сложно запрашивать. Но все же есть несколько способов сериализовывать ту же информацию, используя RDF синтаксис.

На структурном уровне RDF документы представляют собой набор триплетов субъект–предикат–объект. Преимущество такого способа заключается в том, что он напрямую обращается к триплетам, и поэтому он не зависит от конкретного способа сериализации данных. Однако к недостаткам любого языка запросов на этом уровне можно отнести тот факт, что в триплетах невозможно отличить одни предикаты от других в контексте RDFS. Например, информация о классе и иерархичности свойств не используется в таких языках (к примеру SquishQL или RDQL).

На семантическом уровне для запросов учитывается семантика RDFS. Например, запрос, получающий экземпляры какого-либо класса, также получит и экземпляры подкласса. В качестве примера языка такого уровня можно привести RQL.

4.2. Обзор основных языков RDF-запросов

На текущий момент времени нет какого-либо стандартного языка или подхода к запросам в онтологии. Однако существует несколько широко применяемых, обзору которых посвятим данную часть работы.

Начнем с языка RQL (Resource Query Language) – это подкласс языка запросов OQL (Object Query Language), который определяет набор базовых запросов и итераторов, в его основе лежит функциональный подход для построения сложных запросов. Одним из достоинств данного языка является внутренняя поддержка RDFS, что позволяет комбинировать запросы к данным и запросы к схеме. RQL основан на интерпретации RDF-графа.

SeRQL (Sesame RDF Query Language) – аналогичный язык запросов RDF, похожий на SPARQL. Данный язык является попыткой спроектировать более мощный и в то же время простой способ работы с RDF-данными, основанный на идеях RQL и N3. Синтаксически схож с RQL, однако работает на интерпретации теории модели данных RDF.

Versa – язык разработанный на основе платформы 4Suite, вдохновляемый XPath. Основан на том, что

Тришин А.А.

главный блок запроса – это список RDF-ресурсов. Versa позволяет легко по ним итерироваться.

N3 (Notation3) – язык запросов, основанный на типе данных *text/n3*. Предоставляет дополнительную текстовую нотацию для выражения RDF-триплетов, а также возможность описывать правила и запросы. Отметим, что N3 не различает эти правила и запросы.

TRIPLE – язык использующий внутри F-логику [9], в нем RDF-триплеты субъект – предикат – объект выглядят как выражения Субъект [Предикат → Объект]. TRIPLE похож на N3, так как они оба правило-ориентированные.

RDQL (RDF Data Query Language) – язык, похожий на SQL, низкоуровневый язык запросов для работы с RDF. Не поддерживает RDFS.

SquishQL являлся базой, на основе которой был разработан RDQL. Имеет схожий с SQL синтаксис, интерпретацию данных и возможности.

Сравнение этих шести языков представлено в работе [10]. В ней авторы изучали выразительность, замыкания и достаточность данных языков. Были спроектированы 28 запросов, чтобы оценить каждый язык. Получились следующие результаты (максимальное значение шкалы было 14):

- RQL – 10,5;
- SeRQL – 8,5;
- Versa – 7,5;
- N3 – 7,0;
- TRIPLE – 5,5;
- RDQL – 4,5.

Из чего можно сделать, вывод, что авторы считают язык RQL наиболее подходящим для работы с RDF.

5. РЕАЛИЗАЦИИ БАЗ ЗНАНИЙ, ОСНОВАННЫХ НА СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Существует множество различных баз знаний, которые основаны на семантических сетях. Здесь мы рассмотрим наиболее популярные из них, опишем их основные функциональные особенности, способ хранения данных и их обработки.

Начнем с Semagix Freedom и статье, в которой она рассматривается [11]. Это коммерческая система, которая поддерживает все уровни стека семантических сетей. В частности, предоставляет следующий функционал:

- автоматическая классификация данных;
- получения метаданных онтологии;
- поддержка сложный запросов, которые обращаются к метаданным и онтологии;
- проектирование онтологии;
- агрегация данных;
- агрегация и создание знаний;
- экспорт онтологии в формате RDF(S) с ограничениями, которые не могут быть выражены на языке RDF.

Semagix предоставляет инструмент для проектирования онтологии, внутри этой системы находятся так

называемые «агенты знаний» (knowledge agents), которые поддерживают онтологию. Метаданные хранятся в отдельной от основных данных реляционной базе. Имеет HTTP интерфейс и Java API. Предназначена для хранения порядка десятков классов сущностей, десятков связей и несколько сотен свойств. Справляется с миллионом конкретных экземпляров. Поддерживает десять миллионов запросов за 1 час, обрабатывая при этом 64 параллельных запросов около 10 мс.

Semantic Search – приложение семантических сетей для поиска основанном на технологии TAP. TAP – это инфраструктура для приложений, использующих семантические сети, которая предоставляет следующие возможности:

- простой интерфейс запросов GetData, который должен быть поддержан хранилищем;
- обработчик запросов;
- хранение RDF-графа в памяти;
- кэширование объектов.

GetData – это интерфейс запросов, основанный на протоколе SOAP. Каждый запрос GetData – это SOAP-сообщение. Это сообщение принимает два аргумента: ресурс, чьи свойства ищем, и сами свойства, которые ищем в ресурсе. GetData позволяет итерироваться по графу в противоположных ребрам направлениях.

Sesame – это RDF фреймворк, поддерживающий RDFS. Включает в себя несколько языков запросов: SeRQL, RDQL и RQL. Имеет несколько нотаций сериализации и десериализации данных, а также поддерживает в качестве хранилища MySQL, PostgreSQL, Oracle, SQL Server и хранение в памяти. Он может быть развернут в качестве RDF базы данных с сохранением их в реляционную базу или в качестве Java приложения для использования в памяти. Клиентские приложения используют Sesame Access API для работы с сервером Sesame через HTTP или RMI. Имеет интерфейс администратора.

DLDB – это база знаний, которая расширяет реляционный подход хранения данных, поддерживая онтологический вывод. DLDB предоставляет поддержку несколько языков описания онтологий: RDFS, DAML и OWL. Реляционная схема хранения автоматически генерируется на основе онтологии – для каждого класса и свойства создается таблица с соответствующим классу или свойству именем. Для каждой таблицы создается представление, которое содержит внутри себя данные этой таблицы, а также выведенные данные (например, будет представление не только с экземплярами конкретного класса, но еще и с экземплярами всех его подклассов).

DAMLJessKB и OWLJessKB – это базы знаний в памяти, основанные на F-логике для DAML и OWL соответственно. Обе внутри себя используют Java Expert System Shell в качестве сервера для вывода правил и базы данных в памяти. Они умеют парсить RDF в список триплетов, отображать триплеты в факты или в вывод правил из семантики.

Jena – это Java фреймворк для проектирования приложений, основанных на семантических сетях, который предоставляет программный API для обработки RDF, RDFS и OWL, включая вывод на основе правил. Jena хранит RDF граф в памяти или в базе данных и поддерживает два вида запросов: поиск триплетов и RDQL.

KAON (Karlsruhe Ontology) – проект с открытым исходным кодом для управления онтологией для бизнес приложений. Он предоставляет инструмент для простого построения и управления онтологий, а также фреймворк для проектирования приложений, которые используют онтологии. Стоит отметить, что KAON делает упор на масштабируемость и эффективный вывод. Умеет хранить RDF данные в памяти, базах данных (SQL Server, Oracle, PostgreSQL) и на файловой системе. Поддерживает язык запросов RDF-QEL.

6. ПРИМЕНЕНИЕ СЕМАНТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ В E-COMMERCE

Существует несколько исследований на тему потенциала семантических сетей для улучшения поиска товаров по запросу пользователя, например [12–14]. Также существует несколько общих стандартов категоризации товаров и услуг, например UNSPSC или eOTD. В [15] приведено сравнение между этими и другими стандартами, где авторы сделали вывод о том, что по ним очень сложно что-либо искать.

Были попытки создать онтологии на основе этих стандартов, например eClassOWL и unspscOWL, однако в работе [16] было показано, что эти онтологии не подходят для практического применения, так как в них были совсем простые утверждения, например, о том, что iPhone является экземпляром класса смартфонов. Данные онтологии подходят лишь для специфического приложения в B2B секторе e-commerce, где нужно описывать отношения между товарами и продавцами (например, какая сейчас установленная цена у товара, сколько товара лежит на складе и так далее).

Авторы работы [17] предлагают продукт, полностью основанный на семантических сетях. Однако этот сервис не позволяет делать обобщенный поиск товара, а только по конкретно указанной категории. Также стоит отметить, что в этой работе авторы используют свою онтологию, которую разработали сами.

В работах [18; 19] предложено решение, использующее разнородные источники информации. Но в рамках этого решения предлагается искать только внутри одной товарной категории. Данный подход похож на поиск по ключевым словам с возможностью указать категорию отдельно от ключевых слов. Отметим, что в своей работе авторы решили не использовать семантические сети, а остановили свой выбор на HTML и веб-службах.

Авторы [20] предлагают фреймворк для e-commerce-платформы, основанной на онтологии и описывают метод опорных векторов, адаптированный под нее с весами товарных характеристик. В этой работе была построена онтология, связанная с компонентами, которая размечала документы и строила векторы этих документов. Однако в данной модели не удалось уникально определять товары – OWL этого не позволял. Поиск товаров требовал трансформации OWL в RDF, так как для поиска использовался язык SPARQL.

Также была проведена работа [21] по исследованию эффективности использования SQWRL и SPARQL. В ней приведены доказательства того, что моделирование B2C базы знаний при помощи OWL более выразительно, чем при помощи RDF или RDFS. Авторы разработали и реализовали фреймворк, основанный на семантических сетях, однако им не удалось применить его на реальных данных.

В статье [22] авторы используют семантический анализ для построения рекомендательной модели о товарах. Они предлагают эвристический алгоритм, который использует таксономические деревья из атрибутов товаров и затем сравнивают деревья для получения рекомендации. Стоит отметить, что по факту, здесь нет непосредственного построения онтологии, что позволило бы использовать полученные результаты в данной работе, т.к. отсутствует непосредственное хранение знаний о товарах.

Похожее исследование проводилось в [23]. Здесь авторы ставили перед собой задачу сопоставления категорий для улучшения поиска и рекомендаций внутри маркетплейса. Они также составляли таксономию товаров, размечали товары аннотациями и на основе них сопоставляли категории. Однако это также не решает проблему управления знаниями об этих товарах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данной работы были изучены различные источники, связанные с решением проблемы обработки слабоструктурированных разнородных данных, а также поиска информации по ним. Было изучено общее решение такой задачи, основанное на семантических сетях, а именно: построение онтологии знаний, представление знаний внутри онтологии, семантические сети и их архитектура, и реализация. В ходе изучения литературы по теме исследования было отмечено, что практически нет публикаций на тему решения проблемы поиска товаров по их характеристикам. Было найдено несколько открытых исследований и решений, каждое из которых недостаточно подходит для промышленного применения, что подчеркивает актуальность данной проблемы.

Тришин А.А.

Литература/References

- O'Grady M. Half of online retail spending came from marketplaces in 2016. Research article. URL: <https://www.forrester.com/blogs/half-of-online-retail-spending-came-from-marketplaces-in-2016/> (data of accesses: 15.01.2021).
- Maksimov N., Lebedev A. Knowledge ontology system. In: *Procedia Computer Science: Annual International Conference on Brain-Inspired Cognitive Architectures for Artificial Intelligence: Eleventh Annual Meeting of the BICA Society*. 2020. No. 190. Pp. 540–545.
- Haav H. A semi-automatic method to ontology design by using FCA. In: *Proceedings of Concept Lattices and their Applications (CLA)*. V. Snásel, R. Belohlávek (eds.). Ostrava, Czech Republic, 2004. Pp. 13–24.
- Avdeenko T.V., Makarova E.S. Knowledge representation model based on case-based reasoning and the domain ontology: Application to the IT consultation. *IFAC-Papers Online*, 2018. Vol. 51. Issue 11. Pp. 1218–1223.
- Grimm S., Hitzler P. Knowledge representation and ontologies. *Semantic Web Services: Concepts, Technologies, and Applications*. 2007. Pp. 51–106.
- Sheth A., Ramakrishnan C., Thomas C. Semantics for the Semantic Web: The implicit, the formal and the powerful. *International Journal on Semantic Web and Information Systems*. 2005. No. 1 (1). Pp. 1–18.
- Guha R., McCool R., Miller E. Semantic search. In: *The Twelfth International World Wide Web Conference*, May 2003.
- Broekstra J., Kampman A., van Harmelen F. Sesame: A generic architecture for storing and querying RDF and RDF Schema. In: *Proceedings of the First International Semantic Web Conference*, number 2342 in *Lecture Notes in Computer Science*. I. Horrocks, J. Hendler (eds.). Springer Verlag, July 2002. Pp. 54–68.
- Kifer M. Rules and Ontologies in F-logic. Department of Computer Science. Stony Brook University, 2005.
- Haase P., Broekstra J., Eberhart A., Volz R. A comparison of RDF query languages. In: *The Semantic Web – ISWC 2004. Proceedings of the Third International Semantic Web Conference*, 2004.
- Sheth A., Ramakrishnan C. Semantic (Web) technology in action: Ontology driven information systems for search, integration and analysis. *IEEE Data Engineering Bulletin, Special issue on Making the Semantic Web Real*. December 2003. Pp. 40–48.
- Corcho O., Gómez-Pérez A. Solving integration problems of e-commerce standards and initiatives through ontological mappings. *International Journal of Intelligent Systems*. 2001. No. 16.
- Fensel D., McGuinness D.L., Schulten E. et al. Ontologies and electronic commerce. *IEEE Intelligent Systems*. 2001. No. 16 (1). Pp. 8–14.
- Obrst L., Wray R.E., Liu H. Ontological engineering for B2B e-commerce. In: *Proceedings of the International Conference on Formal Ontology in Information Systems (FOIS 2001)*. ACM Press, 2001. Pp. 117–126.
- Hepp M., Leukel J., Schmitz V. A quantitative analysis of eClass, UNSPSC, eOTD, and RNTD: Content, coverage, and maintenance. In: *Proceedings of the IEEE International Conference on e-Business Engineering (ICEBE 2005)*. IEEE Computer Society, 2005. Pp. 572–581.
- Hepp M. Goodrelations: An ontology for describing products and services offers on the web. In: *Proceedings of the 16th International Conference, Knowledge Engineering and Knowledge Management Conference (EKAW 2008)*, LNCS, Vol. 5268, Springer, 2008, pp. 329–346
- Cuadrado A.F., de la Torre E.V. SIS: Semantic Intelligent Search engine from heterogeneous information sources applied to e-commerce. *GI Jahrestagung*. 2008. No. 2. Pp. 700–705.
- Schuster D., Walther M., Braun I. Towards federated consumer product search from heterogeneous sources. In: *Proceedings of IADIS International Conference WWW/Internet*. 2008. Pp. 453–456.
- Walther M., Schuster D., Schill A. Federated product search with information enrichment using heterogeneous sources. In: *Proceedings of the 12th International Conference on Business Information Systems (BIS 2009)*. *Lecture Notes in Business Information Processing*. Vol. 21. Springer, 2009. Pp. 73–84.
- Zhang L., Huang W. A framework for an ontology-based e-commerce product information retrieval system. *Journal of Computers*. *Academy Publisher*. 2009. No. 4 (6). Pp. 439–440.
- Oyelade O., Junaidu S., Obinyi A. Semantic web framework for e-commerce based on OWL. *IJCSI International Journal of Computer Science*. 2014. Vol. 11. Issue 3. No. 2. Pp. 1694–0814. URL: 1694-0784.www.IJCSI.org
- Mao M., Chen S., Zhang F. et al. Hybrid ecommerce recommendation model incorporating product taxonomy and folksonomy. *Knowledge-Based Systems*. 2021. Vol. 214.
- Kejriwal M., Shen K., Ni Ch.-Ch., Torzec N. An evaluation and annotation methodology for product category matching in e-commerce. *Computers in Industry*. 2021. Vol. 131.

Статья проверена программой Антиплагиат. Оригинальность – 83,38%

Рецензент: Катерина Т.С., кандидат технических наук; доцент кафедры информатики и методики преподавания информатики Нижневартковского государственного университета

Статья поступила в редакцию 17.10.2022, принята к публикации 29.11.2022
The article was received on 17.10.2022, accepted for publication 29.11.2022

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Тришин Алексей Андреевич, аспирант Финансового университета при правительстве Российской Федерации. Москва, Российская Федерация. ORCID: 0000-0003-4637-8861; E-mail: info@nationalscience.ru

ABOUT THE AUTHORS

Alexey A. Trishin, graduate student at the Financial University under the Government of the Russian Federation. Moscow, Russian Federation. ORCID: 0000-0003-4637-8861; E-mail: info@nationalscience.ru