

КРАТКИЙ ОБЗОР ПОДХОДОВ К УПРАВЛЕНИЮ ЗНАНИЯМИ

Бобров Л. К.

Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИНХ»

E-mail: l.k.bobrov@edu.nsuem.ru

Черепова Ю. В.

ООО СДЭК-Глобал

E-mail: y.v.samoylova@gmail.com

В статье представлен краткий обзор публикационной активности по проблемам построения информационных систем управления знаниями. Исследование публикационной активности проводилось на материалах, отражаемых в базах данных SCOPUS, Web of Science, Science Direct и РИНЦ. Приводятся тематические и видовые распределения публикаций, а также динамика публикационной активности по разработке и использованию онтологий. Дается анализ подходов к управлению политематическими знаниями с использованием онтологий. В качестве альтернативы тезаурусному представлению знаний предлагается подход, основанный на использовании классификационных языков.

Ключевые слова: управление знаниями, публикационная активность, онтологии, представление знаний, тезаурусный подход, классификационный подход

DOI: 10.32324/2412-8945-2021-2-83-93

A BRIEF OVERVIEW OF KNOWLEDGE MANAGEMENT APPROACHES

Bobrov L. K.

Novosibirsk State University of Economics and Management

E-mail: l.k.bobrov@edu.nsuem.ru

Cherepova Yu. V.

LLC CDEK-Global

E-mail: y.v.samoylova@gmail.com

The article provides a brief overview of the publication activity on the problems of building information systems for knowledge management. The research of publication activity was carried out on the materials reflected in the databases SCOPUS, Web of Science, Science Direct and RSCI. The article presents the thematic and specific distribution of publications, as well as the dynamics of publication activity in the development and use of ontologies. The analysis of approaches to the management of polythematic knowledge using ontologies is given. As an alternative to the thesaurus representation of knowledge, an approach based on the use of classification languages is proposed.

Keywords: knowledge management, publication activity, ontologies, knowledge representation, thesaurus approach, classification approach

DOI: 10.32324/2412-8945-2021-2-83-93

Введение

Развитие современной экономики прочно связано с инноватикой, управлением знаниями и цифровой трансформацией различных областей деятельности. Симбиоз этих трех областей позволяет говорить об экономике, основанной на знаниях в условиях информационного общества. В этой связи представляет интерес исследование публикационной активности по проблемам управления знаниями и содержательный анализ работ, посвященных управлению знаниями на основе построения онтологий.

Управление знаниями и онтологии: краткий обзор публикационной активности

Проблемам построения информационных систем управления знаниями посвящено огромное количество публикаций в отечественных и зарубежных источниках. Так, поиск в базе SCOPUS по запросу TITLE-ABS-KEY (knowledge AND management) дает в результате 363 695 документов. Из этого множества 88,5 % (321 895 документов) было опубликовано за последние двадцать (2001—2020) лет, включая 19 639 (6,1 %) по онтологиям. В результате поиска по аналогичному запросу в базе данных Science Direct выдается 41 546 документов, в том числе при ограничении поиска 2001—2020 годами — 34 639, или 83,4 % документов, в том числе по онтологиям —

762 работы (2,2 %). Поиск информации по теме (knowledge management) в базе Web of Science за эти же годы дает результат в 111 015 документов, из них 1 913 (1,7 %) — по онтологиям. При поиске работ по управлению знаниями по полям заглавий, ключевых слов и аннотаций в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ) выдается

27 072 документа, из них за 2001—2020 гг. было опубликовано 9 863 работы (36,4 %), в том числе 329 (3,3 %) работ по онтологиям¹.

Общая картина публикационной активности по онтологиям выглядит следующим образом (табл. 1).

Таблица 1

Публикационная активность по проблемам разработки и использования онтологий

База данных	Запрос	Число публикаций
SCOPUS	TITLE-ABS-KEY: ontology	136 846*
Web of Science	TEMA: (ontology)	41 595
Science Direct	Title, abstract, keywords: ontology	11 632
РИНЦ	Заглавие-аннотация-ключевые слова: (онтологии), с учетом морфологии	20 875

*В 2011—2020 гг. — 91 420.

SCOPUS. Наибольшее число публикаций выдает БД SCOPUS, в которой примерно две трети (66,8 %) от общего числа опубликованных работ датируются 2001—2020 гг. Тематическое распре-

деление публикаций показывает широкий диапазон — от 3 588 мультидисциплинарных публикаций до 40 641 в том числе области компьютерных знаний (рис. 1).

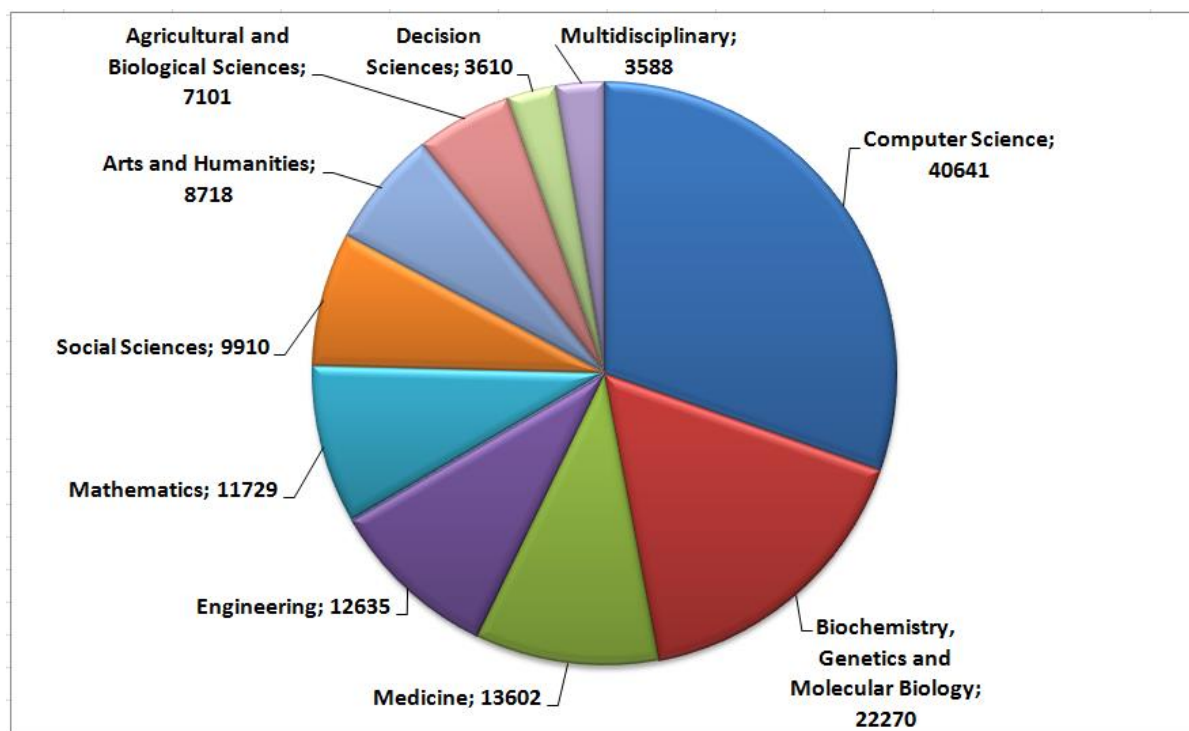


Рис. 1. Тематическое распределение публикаций по онтологиям в БД SCOPUS

Распределение публикаций по типам документов показывает, что наибольшее число работ публикуется в виде журнальных статей (58,3 %)

и трудов в материалах конференций (32,9 %) (рис. 2).

¹ По состоянию на 7 апреля 2021 г.

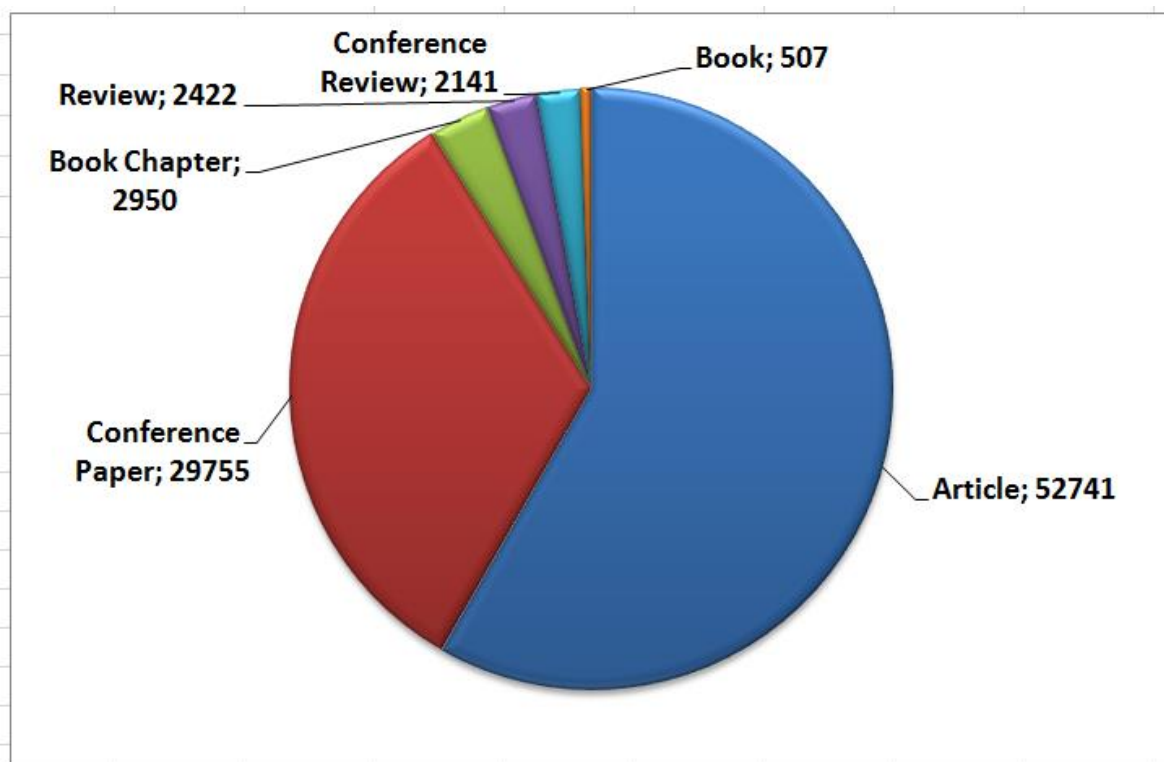


Рис. 2. Распределение публикаций по типам документов

Web of Science. Поиск информации по онтологиям в базе *Web of Science* (Core Collection) дает 41 595 документов (см. табл. 1), т. е. примерно треть по отношению к SCOPUS. Однако следует учитывать, что в базе *Web of Science*

предоставляется возможность поиска в коллекции с глубиной ретроспективы до 2000 г. Тематическое распределение публикаций *Web of Science* по онтологиям имеет следующую структуру (рис. 3).

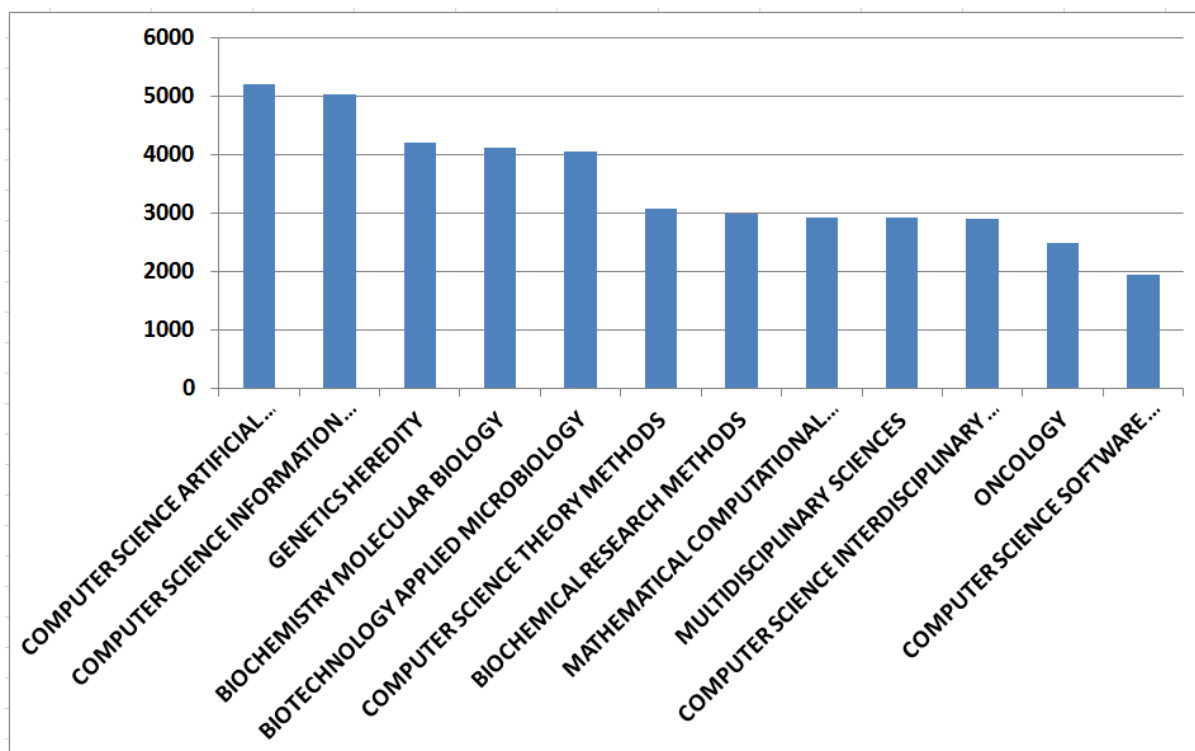


Рис. 3. Тематическое распределение публикаций *Web of Science* по онтологиям

Распределение публикаций по типам документов также показывает абсолютное преиму-

щество статей среди всех типов документов (табл. 2).

Распределение публикаций по типам документов

Тип документа	Число публикаций	Процент
ARTICLE	39 559	95,105
PROCEEDINGS PAPER	3 510	8,439
REVIEW	1 247	2,998
EDITORIAL MATERIAL	371	0,892
EARLY ACCESS	340	0,817
MEETING ABSTRACT	260	0,625
BOOK CHAPTER	59	0,142

Science Direct. Поиск документов в базе Science Direct дает 11 632 документа, тематическое распределение которых также выводит на

первое место публикации в области компьютерных знаний (рис. 4).

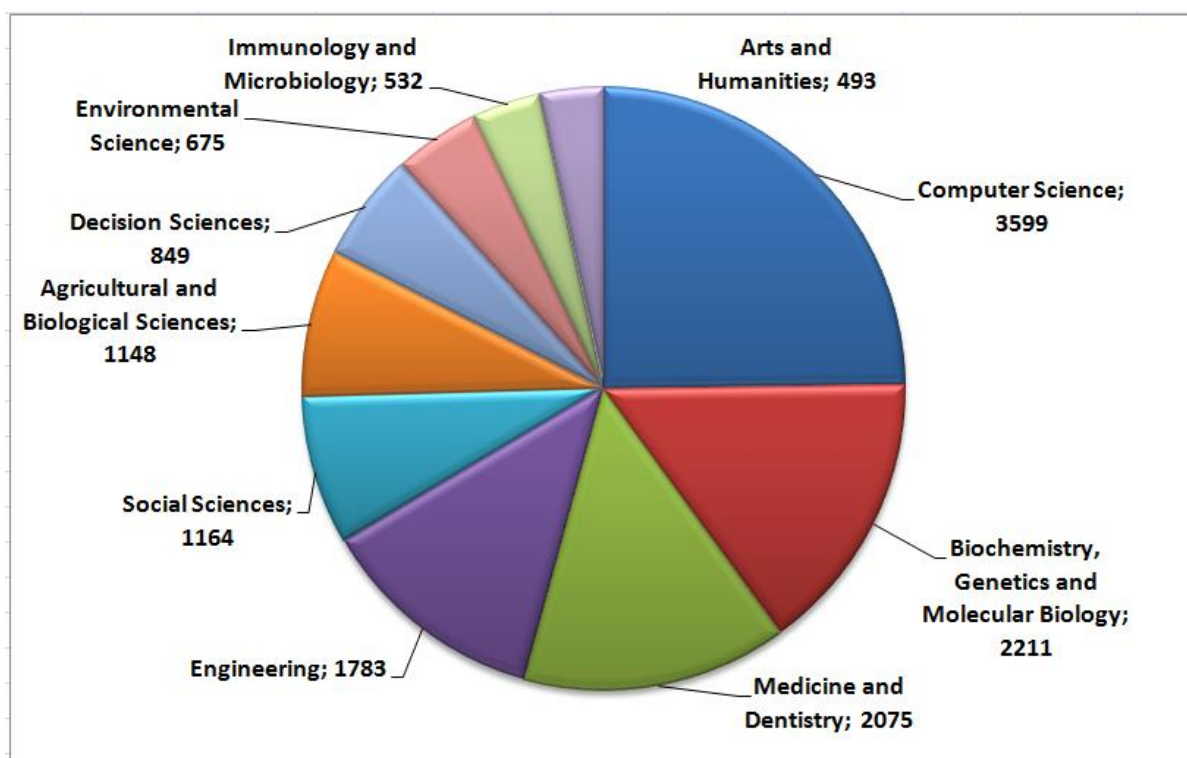


Рис. 4. Тематическое распределение документов по онтологиям в базе Science Direct

Распределение публикаций по типам документов, принятым в Science Direct, позволяет увидеть, что, во-первых, почти 85 % работ прихо-

дится на исследовательские статьи, а во-вторых, в этой БД довольно слабо отражаются публикации в трудах конференций (табл. 3).

Таблица 3

Распределение публикаций в Science Direct по типам документов

Тип документа	Число публикаций
Research articles	9 850
Book chapters	421
Review articles	367
Short communications	319
Encyclopedia	178
Conference abstracts	169
Data articles	90
Discussion	51
Editorials	42
Mini reviews	34
Correspondence	20
Book reviews	17

Тип документа	Число публикаций
Errata	15
Conference info	7
Case reports	6
Software publications	3
Product reviews	1
Other	42

Российский индекс научного цитирования. Результат поиска документов по онтологиям в БД РИНЦ дает 20 875 документов (см. табл. 1). Тематическое распределение публикаций на при-

мере трехлетней подборки из 4 387 документов за 2018—2020 гг. иллюстрирует соответствующий стандартный отчет РИНЦ (рис. 5).

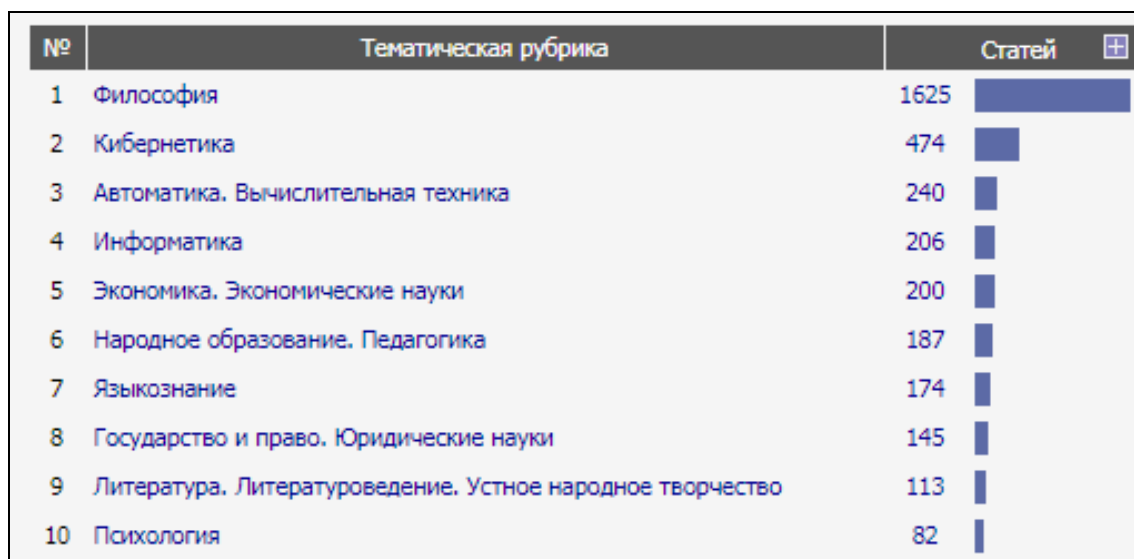


Рис. 5. Тематическое распределение публикаций в РИНЦ

Динамика публикационной активности SCOPUS, Web of Science, Science Direct, РИНЦ по онтологиям показывает наибольший рост

БД SCOPUS и снижение показателей БД РИНЦ (рис. 6).

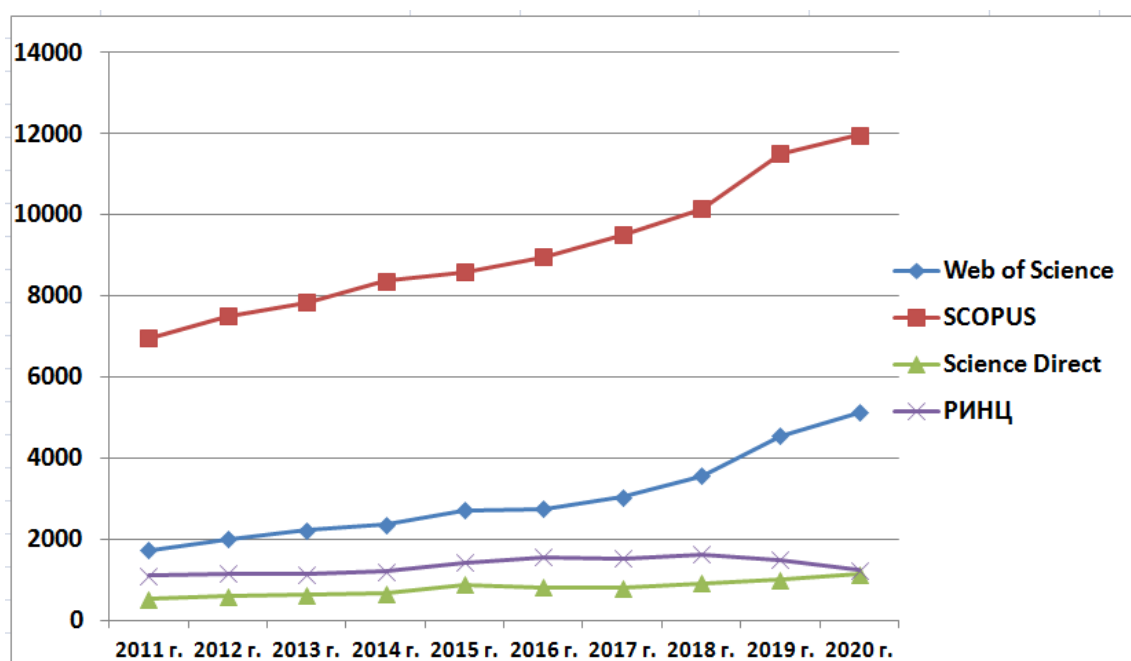


Рис. 6. Динамика публикационной активности по онтологиям

Сравнивая приведенные данные SCOPUS, Web of Science, Science Direct и РИНЦ, можно сделать следующие выводы:

- в целом наблюдается положительная динамика публикационной активности;
- наибольшие объемы публикаций отражены в БД SCOPUS, наименьшие — в БД Science Direct;
- тематическое распределение публикаций свидетельствует о том, что наибольшее число опубликованных работ онтологического содержания принадлежит компьютерной и смежным тематикам;

— типологическое распределение публикаций свидетельствует о существенном преобладании журнальных статей над другими видами публикаций.

Основные подходы к управлению знаниями с использованием онтологий

Для дальнейшего анализа будем использовать подборку из 5 596 документов, полученную в результате поиска по слову «онтологии» в заглавиях публикаций¹, исходя из общих показателей подборки (рис. 7).

Подборка		ОНТОЛОГИИ РИНЦ ЗГЛ
Общие показатели:		
Общее число публикаций		5596
Число статей в журналах		3157
Число статей в журналах, входящих в Web of Science или Scopus		315
Число статей в журналах, входящих в ядро РИНЦ		586
Число статей в журналах, входящих в RSCI		480
Средневзвешенный импакт-фактор журналов, в которых были опубликованы статьи		0,271
Число авторов		5949
Среднее число публикаций в расчете на одного автора		0,94
Суммарное число цитирований публикаций		17763
Среднее число цитирований в расчете на одну статью		3,17
Число статей, процитированных хотя бы один раз		2383
Число самоцитирований (из статей этой же подборки)		1887
Индекс Хирша		45

Рис. 7. Общая характеристика подборки документов

Список организаций с наибольшим числом публикаций по онтологиям открывает Санкт-Петербургский государственный университет, за

которым следуют МГУ им. М. В. Ломоносова и Томский государственный университет (табл. 4).

Таблица 4

Топ-10 организаций с наибольшим числом публикаций²

№ п/п	Организация	Число публикаций	Число цитирований	Число авторов	Среднее число цитирований в расчете на одну статью
1	Санкт-Петербургский государственный университет	294	559	332	1,90
2	Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова	203	820	333	4,03
3	Национальный исследовательский Томский государственный университет	118	305	101	2,58
4	Ульяновский государственный технический университет	107	214	86	2,00
5	Институт философии РАН	96	1 450	111	15,1
6	Институт систем информатики им. А. П. Ершова СО РАН	96	470	54	4,90
7	Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»	95	312	158	3,28
8	Российский государственный гуманитарный университет	90	270	76	3,00
9	Самарский национальный исследовательский университет им. акад. С. П. Королева	73	430	86	5,89
10	Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина	68	159	67	2,34

¹ По состоянию на 28 января 2020 г.

² Данные пересчитаны по сравнению с выдаваемым стандартным отчетом РИНЦ.

Анализируя публикации, можно заметить, что лишь относительно небольшая доля работ посвящена подходам к построению онтологических моделей организации с политематической сферой деятельности. В качестве примеров здесь можно привести работы [1 ; 10 ; 13 ; 19 ; 21 ; 25], в которых рассматривается политематичность

знаний и вытекающая из этого необходимость создания и последующего объединения некоторого множества различных онтологий. Сравнение подходов к управлению политематическими знаниями с использованием онтологий позволяет выделить плюсы и минусы каждого из них (табл. 5).

Таблица 5

Подходы к управлению политематическими знаниями с использованием онтологий

Подход	Основные этапы	Преимущества	Недостатки
Пошаговое создание сети онтологий	Создание базовой онтологии организации Выделение перечня предметных областей Создание детальной онтологии конкретной предметной области Установление взаимосвязей между онтологиями предметных областей по ссылкам друг на друга Получение итогового дерева онтологии организации	Позволяет осуществлять достаточно полное и итеративное развитие онтологической модели организации	Централизованное определение и сопровождение онтологической модели практически невозможны, так как ни одна группа специалистов не может выполнять описание всех знаний организации Поэтапность построения полной онтологической модели знаний организации и необходимость обеспечения совместимости предметных онтологий развивающейся модели Высокая трудоемкость разработки
Описание знаний на основе предварительной предметизации электронных публикаций с последующей разработкой таксономий предметных областей	Выделение перечня предметных областей Автоматическое отнесение публикации к рубрике «Государственный рубрикатор научно-технической информации» (ГРНТИ) Составление набора лексических функций для автоматизации процесса предметизации рубрик Разработка таксономий предметных областей, термины которых связаны различными отношениями Установление взаимосвязей между онтологиями и топологиями предметных областей по ссылкам друг на друга Получение итогового дерева онтологии организации	Предметизация и индексация в соответствии с тематическим рубрикатором и связанными с ним предметными таксономиями терминов устраняет многозначность терминов за счет отсекаания других предметных областей	Необходимость разработки предметных таксономий терминов, для чего требуется привлечение высококвалифицированных специалистов-предметников (экспертов) В результате глубокой проработки онтологии получаем значительный рост индексной базы данных, который определяется как самой спецификой алгоритма индексации электронных публикаций, так и объемом используемой для индексации таксономии
Создание онтологий из готовых блоков (паттернов)	Выделение перечня предметных областей Использование готовых паттернов для некоторых предметных областей Создание собственных онтологий для предметных областей, по которым не существует подходящих паттернов Установление взаимосвязей между используемыми паттернами и новыми онтологиями Получение итогового дерева онтологии организации	Возможность использования уже готовых фрагментов общей онтологии организации	Паттерны имеют разные форматы, написаны на разных языках и с помощью различных библиотек Сложность повторного использования паттернов из-за семантики, заложенной авторами Отсутствие удобных инструментов разработки онтологий, поддерживающих использование паттернов Большое разнообразие паттернов, разработанных разными авторами, которые не составляют единой системы паттернов Отсутствие систематизированных наборов паттернов, ориентированных на специалистов в предметной области

Пошаговое создание сети онтологий рассмотрим на примере работ [22—24], где анализируется политематичность знаний и вытекающая из этого необходимость создания и последующего объединения некоторого множества различных онтологий. Подход подразумевает обязательное выполнение основных этапов (табл. 6). Получение итогового дерева онтологии организации — весьма трудоемкая и протяженная во времени задача, связанная с разработкой тематических тезаурусов, привлечением коллектива экспертов, согласованием множества локальных онтологий и т. п.

Для упрощения этой задачи различные авторы предлагают следующее:

— ограничение лексики и включение в тезаурусы только наиболее значимых понятий рассматриваемых тематических областей;

— последовательное наращивание числа локальных онтологий и пошаговая проверка правильности объединенной онтологии;

— иерархическая классификация тематических областей организации и разработка локальных онтологий, описывающих знания с той степенью детальности, которая требуется на практике.

Подход карельского ученого В. Т. Вдовицына к описанию знаний предполагает предварительную предметизацию электронных научных публикаций по рубрикам тематического рубрикатора ГРНТИ с последующим использованием специально разработанных таксономий предметных областей [3—5]. Подход включает в себя следующие этапы: автоматическое отнесение публикации к рубрике рубрикатора ГРНТИ [7], формирование набора лексических функций для

автоматизации процесса предметизации рубрик, разработка ряда таксономий определенных предметных областей, термины которых связаны различными отношениями (классификация, агрегация, синонимия). При этом таксономии являются продолжениями конечных узлов рубрикатора. Для автоматической предметизации публикаций сначала рассматривают название публикации, аннотацию, список ключевых слов, а затем, учитывая название рубрики, соотносят слова из рубрики со словами из названия публикации, аннотации, списка ключевых слов публикации.

В последние годы активизировались работы в части онтологического проектирования на основе паттернов (см. работы [8 ; 9 ; 11 ; 14 ; 15 ; 17] и др.). В частности, новосибирские ученые Ю. А. Загоруйко, Г. Б. Загоруйко, О. И. Боровикова в своих работах также подчеркивают, что онтологии стали основным средством формализации и систематизации знаний в научных предметных областях. В связи с этим появляется потребность в методах и программных средствах, позволяющих привлечь к процессу построения онтологий не только инженеров знаний, но и специалистов конкретных предметных областей. Поскольку разработка онтологии с нуля является весьма трудоемкой задачей, очевидным решением данной проблемы является подход, предусматривающий создание онтологий из уже готовых фрагментов (паттернов). В настоящее время существует несколько крупных каталогов паттернов [см., например: 26 ; 27], однако для разработки онтологий научных областей требуется систематизация каталогов и организация их совмест-

ного использования, так как зачастую многие из них представлены в разных форматах, написаны на разных языках и с помощью различных библиотек. Это усложняет практическое использование существующих паттернов и требует особого подхода к их использованию [8].

Таким образом, можно констатировать, что на сегодняшний день наиболее распространенный подход к управлению знаниями основан на использовании онтологических моделей. В таких системах описание знаний осуществляется с использованием языка, близкого к естественному, элементы которого берутся из тезауруса предметной области. Однако, как показал анализ источников, описывающих использование онтологического подхода при построении систем управления знаниями, все еще не решена ключевая проблема — с помощью классического онтологического подхода сложно построить политематические системы. Поэтому представляется целесообразным поиск возможных менее трудоемких и практически применимых подходов, ориентированных на одновременный охват некоего множества предметных областей.

Предлагаемый подход к формальному описанию знаний

В качестве альтернативы тезаурусному представлению знаний предлагается подход, основанный на использовании классификационных языков. Сравнительный анализ тезаурусного и классификационного подходов позволяет выявить достоинства и недостатки каждого (табл. 6).

Таблица 6

Сравнение тезаурусного и классификационного подходов

№ п/п	Критерий	Тезаурусный подход	Классификационный подход
1	Возможность описания знаний на языке, близком к естественному	Описание знаний на языке, близком к естественному, что способствует минимальным различиям понятий предметной области и формальной модели	Описание понятий предметной области с использованием шифров рубрик, что не является языком, близким к естественному
2	Политематичность	Охват только одной предметной области	Охват большого количества предметных областей
3	Глубина покрытия предметной области	Обеспечивает достаточно глубокое покрытие предметных областей	Классификаторы с небольшим количеством уровней слишком поверхностно раскрывают предметные области
4	Трудоемкость создания и ведения понятийного аппарата	Высокие трудозатраты на разработку и ведение тезаурусов предметных областей	Невысокие затраты при использовании существующих политематических рубрикаторов
5	Трудоемкость процессов построения онтологий и их поддержания в актуальном состоянии	Высокая	Невысокая
6	Наличие словаря терминов	Есть (тезаурус)	Есть (например, наименования предметных рубрик и ключевые слова)
7	Многообразие видов отношений между терминами	Использование нескольких видов связей между терминами: отношения эквивалентности, отношения ассоциативности, отношения целое — часть и др.	Использование только одного вида связи между рубриками: вид — подвид
8	Степень нормализации лексических единиц	Использование только нормализованных лексических единиц	Возможно использование ненормализованных слов и словосочетаний
9	Взаимосвязи с другими системами формального описания знаний	Нет	Есть

Обобщая результаты анализа тезаурусного и классификационного подходов, можно отметить следующее:

1. Тезаурусы обеспечивают высокую глубину покрытия предметной области и обеспечивают минимум различий между понятиями реальной предметной области и формальной моделью. Однако настолько глубокая проработка тезауруса влечет за собой высокую трудоемкость, что является причиной отсутствия детальных политематических тезаурусов/онтологий на текущий момент.

2. При использовании классификационного подхода большое значение имеет глубина рубрицирования. Увеличение глубины может достигаться одновременным использованием сразу нескольких рубрикаторов, где один рубрикатор является логическим продолжением другого. Например, ГРНТИ, имея более 80 рубрик первого уровня, обладает всего тремя уровнями вложенности. Однако в дополнение к ГРНТИ может использоваться рубрикатор ВИНТИ (более 53 тыс. рубрик), предусматривающий детализацию рубрик ГРНТИ вплоть до девятого уровня. В данном случае дополнительным преимуществом подхода, основанного на использовании классификационных схем, является то, что для тематических рубрик ВИНТИ установлены соответствия с рубриками более чем 15 других классификационных схем (УДК, ВАК, Web of Science, SCOPUS и пр.). Таким образом, совместное использование нескольких рубрикаторов позволяет существенно увеличить глубину покрытия предметной области и тем самым сократить различия между терминами предметной области и формальным языком описания знаний.

3. В классификационных языках используются шифры рубрик, что осложняет работу с понятиями предметной области. Для нивелирования данного недостатка с недавнего времени эксперты ВИНТИ готовят предметные описания рубрик (списки ключевых слов с указанием частотности их использования), которые формируют по пятилетнему массиву генерируемых этим институтом баз данных. Это открывает возможность описывать знания предметной области, используя язык, близкий к естественному, сохранив простоту структуры классификационного языка.

Список литературы

1. Андреевская Н. К. Разработка прикладной онтологии в системах обработки данных научных и научно-образовательных организаций // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. 2020. № 3. С. 43—51.
2. Андрушкевич С. К., Ковалев С. П., Нефедов Е. И. Разработка цифрового двойника энергетической системы на основе онтологической модели // Автоматизация в промышленности. 2020. № 1. С. 51—56.
3. Вдовицын В. Т., Лебедев В. А. Ранжирование документов в системе поиска, основанной на применении онтологии // Труды XIV Всероссийской научной конференции RCDL'2012. 2012. С. 145—151.
4. Вдовицын В. Т., Лебедев В. А. Технологии информационного обеспечения научных исследований в ИАС «Природные ресурсы Карелии» // Информационные ресурсы России. 2012. Вып. 1. С. 7—12.
5. Вдовицын В. Т., Полин А. К. Основанный на онтологии подход к интеграции геоинформационной системы с коллекциями электронных научных публикаций // Труды XIV Всероссийской научной конференции RCDL'2012. 2012. С. 37—42.
6. Воройский Ф. С. Информатика. Энциклопедический систематизированный словарь-справочник: введение в современные информационные и телекоммуникационные технологии в терминах и фактах / 5-е электр. изд. М. : Физматлит, 2006. 767 с.

Однако, несмотря на все различия тезаурусного и классификационного подходов, можно выделить и их схожие характеристики: в обоих случаях понятия предметной области описываются набором ключевых слов (в случае тезауруса — это дескрипторы, а в случае тематических рубрик — это предметные описания рубрик), а также наличествуют отношения иерархичной зависимости (в случае тезауруса — это отношения типа род — вид, а в случае рубрикатора — отношения типа рубрика — подрубрика).

Кроме того, существуют попытки построить симбиоз классификационного языка и дескрипторного языка. Так, Ф. С. Воройский в своем справочнике терминов по информатике [6] выделил некие принципы построения словаря, которые являются результатом параллельного использования особенностей тезаурусного подхода и классификационного:

— во-первых, все термины вместо общепринятого алфавитного расположения представлены в тематических разделах и сгруппированы по рубрикам;

— во-вторых, понятия расположены в строго логической последовательности: от простого к сложному, от общего к частному;

— в-третьих, словарь содержит варианты терминов, т. е. их синонимы.

Заключение

Исходя из сказанного, можно сделать вывод, что для построения политематической информационной системы управления корпоративными знаниями разумно рассмотреть возможность модификации классической онтологической модели путем замены тезауруса некой конструкцией, которая объединяет преимущества классификационных языков и возможность сохранения некоторых тезаурусных особенностей. Такое решение способствует существенному сокращению трудоемкости практической реализации единой онтологии организации в условиях политематичности ее деятельности. Это представляется важным со многих позиций, включая решение проблем создания цифровых двойников [см., например: 2 ; 16 ; 18 ; 20 ; 25], чему в последнее время стало уделяться повышенное внимание.

7. Государственный рубрикатор научно-технической информации. URL: <http://grnti.ru/> (дата обращения: 25.02.2020).
8. Загорулько Ю. А., Боровикова О. И. Использование системы разнородных паттернов онтологического проектирования для разработки онтологий научных предметных областей // Программирование. 2020. № 4. С. 27—35.
9. Загорулько Ю. А., Боровикова О. И. Подход к реализации паттернов содержания при разработке онтологий научных предметных областей // Системная информатика. 2018. № 12. С. 27—40.
10. Использование онтологий в системах управления знаниями организаций / С. В. Козлов, А. Ф. Тузовский, С. В. Чириков, В. З. Ямпольский // Известия Томского политехнического университета. 2006. Т. 309, № 3. С. 180—184.
11. Использование паттернов для разработки онтологии информационно-аналитического интернет-ресурса «поддержка принятия решений» / О. И. Боровикова, Г. Б. Загорулько, Ю. А. Загорулько, В. К. Шестаков // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2017. № 3 (7). С. 144—153.
12. Краснов Ф. В., Хасанов М. М. Цифровой двойник научной организации: подходы и методики // International Journal of Open Information Technologies. 2019. Т. 7, № 6. С. 62—66.
13. Личаргин Д. В., Бачурина Е. П. Мультиерархическое представление онтологий в решении задач управления // Информатизация образования и науки. 2013. № 3 (19). С. 119—133.
14. Ломов П. А. Использование отношений между онтологическими паттернами содержания при работе с онтологиями // Информационные системы и технологии. 2016. № 2 (94). С. 30—39.
15. Ломов П. А. Применение паттернов онтологического проектирования для создания и использования онтологий в рамках интегрированного пространства знаний // Онтология проектирования. 2015. Т. 5, № 2 (16). С. 233—245.
16. Медведев А. В. Цифровые двойники территорий для поддержки принятия решений в сфере регионального социально-экономического развития // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 6—1. С. 61—66.
17. Олейник А. Г., Ломов П. А. Разработка онтологии интегрированного пространства знаний // Онтология проектирования. 2016. Т. 6, № 4 (22). С. 465—474.
18. Пономарев К. С., Шутиков М. А., Феофанов А. Н. Цифровой двойник как инструмент цифровой трансформации предприятия // Вестник МГТУ Станкин. 2019. № 4 (51). С. 19—23.
19. Скрипкин С. К., Ворожцова Т. Н. Модель взаимодействия онтологии прикладных областей, задач и приложений // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2005. № 4 (24). С. 25—30.
20. Тельнов Ю. Ф. Цифровые двойники и цифровая трансформация предприятий // Цифровая экономика: тенденции и перспективы развития : сб. тез. докл. нац. науч.-практ. конф. : в 2 т. М., 2020. С. 63—65.
21. Топоркова О. М. Система онтологий как основа информатизации профессионального образования // Прикладная информатика. 2008. № 4 (16). С. 131—138.
22. Тузовский А. Ф. Онтолого-семантические модели в корпоративных системах управления знаниями : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Томск, 2007. 40 с.
23. Тузовский А. Ф. Разработка систем управления знаниями на основе единой онтологической базы знаний // Известия Томского политехнического университета. 2007. Т. 310, № 2. С. 182—185.
24. Тузовский А. Ф., Козлов С. В., Ямпольский В. З. Использование онтологий в системах управления знаниями организаций // Известия Томского политехнического университета. 2006. Т. 309, № 3. С. 180—184.
25. Цифровые двойники знаний и онтологии для высшего технологического образования / Ю. И. Волокитин, О. В. Гринько, В. П. Куприяновский, А. В. Корзун, А. А. Алмазов, О. Н. Покусаев, М. Г. Жабицкий // International Journal of Open Information Technologies. 2021. Т. 9, № 1. С. 128—144.
26. *Ontology Design Patterns (ODPs) Public Catalog*. 2009 URL: <http://odps.sourceforge.net/odp/html/index.html> (дата обращения: 21.01.2021).
27. Shimizu C., Hirt Q., Hitzler P. MODL: A Modular Ontology Design Library. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2459/paper4.pdf> (дата обращения: 21.01.2021).

Bibliography

1. Andrievskaya N.K. Razrabotka prikladnoi ontologii v sistemakh obrabotki dannykh nauchnykh i nauchno-obrazovatel'nykh organizatsii. *Vestnik Donetskogo natsional'nogo universiteta. Seriya G: Tekhnicheskie nauki*, 2020, no 3, pp. 43—51.
2. Andryushkevich S.K., Kovalev S.P., Nefedov E.I. Razrabotka tsifrovogo dvoynika energeticheskoi sistemy na osnove ontologicheskoi modeli. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti*, 2020, no 1, pp. 51—56.
3. Vdovitsyn V.T., Lebedev V.A. Ranzhirovanie dokumentov v sisteme poiska, osnovannoi na primenenii ontologii. *Trudy XIV Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii RCDL '2012*, 2012, pp. 145—151.
4. Vdovitsyn V.T., Lebedev V.A. Tekhnologii informatsionnogo obespecheniya nauchnykh issledovaniy v IAS "Prirodnye resursy Karelii". *Informatsionnye resursy Rossii*, 2012, iss. 1, pp. 7—12.
5. Vdovitsyn V.T., Polin A.K. Osnovanni na ontologii podkhod k integratsii geoinformatsionnoi sistemy s kollektiyami elektronnykh nauchnykh publikatsii. *Trudy XIV Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii RCDL '2012*, 2012, pp. 37—42.
6. Voroiiskii F.S. Informatika. Entsiklopedicheskii sistematizirovannyi slovar'-spravochnik: vvedenie v sovremennye informatsionnye i telekommunikatsionnye tekhnologii v terminakh i faktakh / ed. 5, Moscow : Fizmatlit, 2006, 767 p.
7. Государственный рубрикатор научно-технической информации. URL: <http://grnti.ru/> (accessed 25.02.2020).
8. Zagorul'ko Yu.A., Borovikova O.I. Ispol'zovanie sistemy razno-rodnykh patternov ontologicheskogo proektirovaniya dlya razrabotki ontologii nauchnykh predmetnykh oblastei. *Programmirovaniye*, 2020, no 4, pp. 27—35.
9. Zagorul'ko Yu.A., Borovikova O.I. Podkhod k realizatsii patternov sodержaniya pri razrabotke ontologii nauchnykh predmetnykh oblastei. *Sistemnaya informatika*, 2018, no 12, pp. 27—40.
10. Kozlov S.V., Tuzovskii A.F., Chirikov S.V., Yampol'skii V.Z. Ispol'zovanie ontologii v sistemakh upravleniya znaniyami organizatsii. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*, 2006, vol. 309, no 3, pp. 180—184.
11. Borovikova O.I., Zagorul'ko G.B., Zagorul'ko Yu.A., Shestakov V.K. Ispol'zovanie patternov dlya razrabotki ontologii informatsionno-analiticheskogo internet-resursa «podderzhka prinyatiya reshenii». *Informatsionnye i matematicheskie tekhnologii v nauke i upravlenii*, 2017, no 3 (7), pp. 144—153.

12. Krasnov F.V., Khasanov M.M. Tsifrovoy dvoynik nauchnoi organizatsii: podkhody i metodiki. *International Journal of Open Information Technologies*, 2019, vol. 7, no 6, pp. 62—66.
13. Lichargin D.V., Bachurina E.P. Mul'tiierarkhicheskoe predstavlenie ontologii v reshenii zadach upravleniya. *Informatizatsiya obrazovaniya i nauki*, 2013, no 3 (19), pp. 119—133.
14. Lomov P.A. Ispol'zovanie otnoshenii mezhdu ontologicheskimi patternami sodержaniya pri rabote s ontologiyami. *Informatsionnye sistemy i tekhnologii*, 2016, no 2 (94), pp. 30—39.
15. Lomov P.A. Primenenie patternov ontologicheskogo proektirovaniya dlya sozdaniya i ispol'zovaniya ontologii v ramkakh integririrovannogo prostranstva znaniy. *Ontologiya proektirovaniya*, 2015, vol. 5, no 2 (16), pp. 233—245.
16. Medvedev A.V. Tsifrovye dvoyniki territorii dlya podderzhki prinyatiya reshenii v sfere regional'nogo sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 2020, no 6—1, pp. 61—66.
17. Oleinik A.G., Lomov P.A. Razrabotka ontologii integririrovannogo prostranstva znaniy. *Ontologiya proektirovaniya*, 2016, vol. 6, no 4 (22), pp. 465—474.
18. Ponomarev K.S., Shutikov M.A., Feofanov A.N. Tsifrovoy dvoynik kak instrument tsifrovoy transformatsii predpriyatiya. *Vestnik MGTU Stankin*, 2019, no 4 (51), pp. 19—23.
19. Skripkin S.K., Vorozhtsova T.N. Model' vzaimodeistviya ontologii prikladnykh oblastei, zadach i prilozhenii. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2005, no 4 (24), pp. 25—30.
20. Tel'nov Yu.F. Tsifrovye dvoyniki i tsifrovaya transformatsiya predpriyatii. *Tsifrovaya ekonomika: tendentsii i perspektivy razvitiya* : sb. tez. dokl. nats. nauch.-prakt. konf. : v 2 t., Moscow, 2020, pp. 63—65.
21. Toporkova O.M. Sistema ontologii kak osnova informatizatsii professional'nogo obrazovaniya. *Prikladnaya informatika*, 2008, no 4 (16), pp. 131—138.
22. Tuzovskii A.F. Ontologo-semanticheskie modeli v korporativnykh sistemakh upravleniya znaniyami : sci. diss. Abstr. ... Dr. tekhn. nauk, Tomsk, 2007, 40 p.
23. Tuzovskii A.F. Razrabotka sistem upravleniya znaniyami na osnove edinoi ontologicheskoi bazy znaniy. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*, 2007, vol. 310, no 2, pp. 182—185.
24. Tuzovskii A.F., Kozlov S.V., Yampol'skii V.Z. Ispol'zovanie ontologii v sistemakh upravleniya znaniyami organizatsii. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*, 2006, vol. 309, no 3, pp. 180—184.
25. Volokitin Yu.I., Grin'ko O.V., Kupriyanovskii V.P., Korzun A.V., Almazov A.A., Pokusaev O.N., Zhabitskii M.G. Tsifrovye dvoyniki znaniy i ontologii dlya vysshego tekhnologicheskogo obrazovaniya. *International Journal of Open Information Technologies*, 2021, vol. 9, no 1, pp. 128—144.
26. Ontology Design Patterns (ODPs) Public Catalog. 2009 URL: <http://odps.sourceforge.net/odp/html/index.html> (accessed 21.01.2021).
27. Shimizu C., Hirt Q., Hitzler P. MODL: A Modular Ontology Design Library. URL: <http://ceur-ws.org/Vol-2459/paper4.pdf> (accessed 21.01.2021).

БОБРОВ Леонид Куприянович — доктор технических наук, профессор кафедры прикладной информатики, Новосибирский государственный университет экономики и управления «НИИХ», Новосибирск, Российская Федерация. E-mail: l.k.bobrov@edu.nsuem.ru

Leonid K. BOBROV — Doctor of Technical Sciences, Professor of the Applied Informatics Department, Novosibirsk State University of Economics and Management, Novosibirsk, Russian Federation. E-mail: l.k.bobrov@edu.nsuem.ru

ЧЕРЕПОВА Юлия Вадимовна — руководитель проектов, ООО СДЭК-Глобал, Новосибирск, Российская Федерация. E-mail: y.v.samoylova@gmail.com

Yulia V. CHEREPOVA — Project Manager, LLC SDEK-Global, Novosibirsk, Russian Federation. E-mail: y.v.samoylova@gmail.com