

УДК 528.9:[111:004.94]

<https://doi.org/10.33764/2411-1759-2025-30-6-89-98>

## Проектирование онтологии на основе концептуальной модели профессиональных картографических знаний

Я. Г. Пошивайло<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup>Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация

e-mail: yaroslava@ssga.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы внедрения технологий искусственного интеллекта в картографию и геоинформатику, что обеспечивает интеллектуализацию картографических процессов, обусловленных новыми требованиями к геопространственной отрасли, такими как потребность в обработке большого объема разнородных данных; автоматизация максимального числа решаемых задач; повышение скорости получения и передачи геоинформации и геознаний до близкой к режиму реального времени. Отмечается, что одним из направлений развития картографии является создание интеллектуальных ГИС. Проанализировано современное состояние разработок баз профессиональных картографических знаний. Рассматривается онтологический подход к извлечению и представлению картографических знаний и предлагается последовательность этапов реализации онтологии предметной области «картография». Методологический подход к построению модели знаний в картографии рассмотрен на примере одного из ее разделов, а именно, тематического картографирования. Приводится пример фрагмента семантической сети раздела, созданного с помощью редактора Protégé и визуализированного в графическом виде. В заключении сделан вывод о том, что картографическому сообществу необходимо проделать большой объем работы по выявлению, формулированию и формализации профессиональных картографических знаний.

**Ключевые слова:** картография, онтология, геопространственные знания, искусственный интеллект, семантические сети

### Для цитирования:

Пошивайло Я. Г. Проектирование онтологии на основе концептуальной модели профессиональных картографических знаний. *Вестник СГУГиТ*. 2025. Т. 30, № 6. С. 89–98. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2025-30-6-89-98>

## Designing an ontology based on a conceptual model of professional cartographic knowledge

Y. G. Poshivaylo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

e-mail: yaroslava@ssga.ru

**Abstract.** The article explores the integration of artificial intelligence technologies into cartography and geoinformatics, enhancing the intellectualization of cartographic processes to meet emerging geospatial industry demands such as large-scale heterogeneous data processing, task automation, and near real-time geoinformation delivery. The development of intelligent GIS is highlighted as a key

advancement in cartography. The current state of professional cartographic knowledge bases is reviewed, and an ontological approach to knowledge extraction and representation is proposed. A methodological framework for constructing a knowledge model in thematic cartography is illustrated using a semantic network fragment created with Protégé software. The study concludes that significant efforts are needed within the cartographic community to identify, formulate, and formalize professional cartographic knowledge.

Keywords: cartography, ontology, geospatial knowledge, artificial intelligence, semantic networks

**For citation:**

Poshivaylo Y. G. (2025). Designing an ontology based on a conceptual model of professional cartographic knowledge. *Vestnik SSUGiТ [Vestnik SSUGT] Vol. 30, No. 6. pp. 89–98. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2025-30-6-89-98>*

**Введение**

Картография – это наука, которая находится в постоянном развитии и меняется зачастую революционным образом, по мере

смены технологических эпох. В наступающую эпоху знаний мир идет по пути к повсеместному внедрению искусственного интеллекта и технологий, с ним связанных (рис. 1).



Рис. 1. Эволюция технологических эпох в увязке с драйверами развития картографии

Картография в целом и картографическое производство в частности до сих пор подразумевают большое число процессов, задействующих интеллект специалиста-картографа (выбор исходных материалов, проектирование карты, векторизация, генерализация и др.). На повестке дня стоит более решительное внедрение в картографию технологий искусственного интеллекта, которые бы минимизировали трудоемкие картографические процессы и «... выполняли творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека» [1].

Необходимость интеллектуализации картографических процессов обусловлена новыми требованиями к геопространственной отрасли, такими как потребность в обработке все возрастающего объема разнородных данных; автоматизация максимального числа решаемых задач; повышение скорости получе-

ния и передачи геоинформации и геознаний до близкой к режиму реального времени.

Современные интеллектуальные системы, наряду с базами данных [2], используют в качестве инструментария базы знаний. Интеллектуальная система, оснащенная базой знаний, позволяет снизить общую потребность в картографической грамотности пользователей и облегчить весь процесс картографирования.

Базы знаний содержат в себе не только фактическую информацию, но и алгоритмы, допускающие автоматические умозаключения о вновь вводимых фактах и, как следствие, осмысленную обработку информации [3].

В публикации [4] отмечается, что база знаний должна строиться на систематизированных и формализованных закономерностях развития предметов, явлений, событий предметной области, полученных в резуль-

тате теоретических исследований, практической деятельности и опыта работы.

Задачи формализации картографических знаний относятся не только к логике предикатов, пропозициональной логике или нечеткой логике, но и к другим разделам, таким как топология и вычислительная геометрия, теория графов, пространственный анализ, методы моделирования, многокритериальная теория принятия решений [5].

В таблице представлена сравнительная характеристика баз данных и баз знаний.

Параметр	Базы данных	Базы знаний
Вид данных	Однородные данные	Разнородные и разнотипные данные
Модель	Жестко структурированная модель	Открытая модель
Вид представления	Набор записей	Семантическая сеть
Поисковые возможности	Находят существующие данные	Могут выявить новые знания

Создание баз знаний, осмысление применимости искусственного интеллекта актуально для различных процессов картографирования, в том числе с использованием новых технологий 4-й промышленной революции, таких как интернет вещей, большие данные, виртуальная и дополненная реальность, машинное обучение, аддитивные технологии и др.

### ***Интеллектуальные ГИС как основа интеллектуализации в картографии***

Одним из направлений интеллектуализации картографии является создание интеллектуальных ГИС [6].

Принципиальные отличия интеллектуального подхода в ГИС от традиционного представлены ниже.

1. Входные данные включают не только геопространственные данные, но и текст, фото, видео, аудио, данные социальных сетей и др.

2. Наряду с построением моделей территорий: анализ ситуации, оценивается динамика, прогнозируются изменения ситуации, вырабатываются проекты пространственных решений.

3. Обработка ведется в режиме реального времени и близком к реальному.

В настоящее время информатизация и глобализация общества стремятся к интеллектуализации. Это касается области геоинформатики и, в первую очередь, интеллектуальных ГИС [7].

В работе [8] отмечено, что в геоинформатике решаются различные задачи, в том числе такие, которые сближают ее с методами искусственного интеллекта и способствуют его развитию.

В статье [9] представлены результаты исследований структурной организации программных оболочек геоинформационных систем, реализующих функции интеллектуального характера.

Авторами [4] отмечается, что ГИС нового поколения для поддержки управленческих решений должна включать базу данных, базу знаний, программы контроля применительно к определенной территории. При этом могут использоваться следующие методы: поиск информации в базах данных и во внешней среде, интеллектуальный анализ данных, рассуждение на основе прецедентов, моделирование, эволюционные вычисления и генетические алгоритмы, нейронные сети, ситуационный анализ, когнитивное моделирование и др.

Ключевым моментом интеллектуализации является выявление и формализация знаний. Источниками знаний в области картографии являются картографы-эксперты, картографические книги, карты, атласы и др. Тема знаний в целом и геознаний в частности достаточно хорошо проработана в научной литературе. В работе [10] раскрыто содержание геознания, представлены основные его виды и показаны различия между геоинформационным и географическим знаниями, а также связь и различие между пространственным, декларативным и процедурным знаниями. Рассмотрены лингвистические особенности представления пространственных отношений.

В статье [11] выделены три вида геопространственных знаний, имеющих разное содержание и назначение: профессиональные, территориальные (отраслевые) и геопространственные знания о территории.

В монографии «Геознание» [12] раскрыт структурный состав геознания, показаны особенности его формирования, сходство и различие между геознанием и пространственным знанием.

В работе [13] на примере морских карт предлагается основанная на знаниях рекомен-

дательная система, цель которой – помочь картографу в процессе создания карт «по требованию».

### Материалы и методы

Процесс выявления и формализации профессиональных картографических знаний осуществляется в соответствии с уже достаточно апробированной общенаучной методологией построения онтологий. С точки зрения разработки интеллектуальных систем, использование этого подхода позволяет формализовать специфические предметные знания в виде, допускающем компьютерную обработку [14].

Актуальность представления профессиональных картографических знаний методом онтологии подтверждается созданием в 2022 г. рабочей группы Международной картографической ассоциации по разработке картографического свода знаний. Согласно техническому заданию, рабочая группа должна: «Провести обзор текущих терминов, связанных с картографией, и предложить новые термины и обновленные определения текущих терминов по мере необходимости» [15].

Онтологический подход предусматривает систематизированное описание всех терминов картографии, их свойств и отношений между ними [16]. По аналогии с [17, 18] онтология картографии  $O_k$  может быть представлена следующим набором множеств:

$$O_k = \langle X_k, A_k, R_k \rangle,$$

где:  $X_k$  – конечное множество концептов (понятий, терминов) предметной области «картография», которую представляет онтология  $O_k$ ;

$A_k$  – конечное множество атрибутов (свойств) концептов онтологии  $O_k$ ;

$R_k$  – конечное множество отношений между концептами предметной области «картография».

Построение онтологий в общем виде включает выполнение нескольких этапов исследований. Это этап извлечения знаний, включающий сбор суждений экспертов из профессионального сообщества картографов; этап представления знаний, включающий создание базы профессиональных картографических знаний, проверка сформулированных

знаний, происходящая во время тестирования и доводки создаваемой базы знаний.

Процесс создания онтологии картографии нами предлагается осуществлять в определенной последовательности, в развитие [19, 20].

*Первый этап* – это выделение из общего пространства картографии отдельных разделов и тем и их последующее структурирование. Разделение предлагается проводить по процессам создания карты (проектирование, составление, издание и т. д.), по разделам картографии (навигационная, мультимедийная, тактильная и т. д.), по тематическим направлениям (почвенное картографирование, геологическое и т. д.).

*Второй этап* – поиск уже существующих онтологий, сводов знаний по каждому выделенному структурному элементу, в том числе в смежных областях (например, для процесса «издание карты» может быть осуществлен поиск онтологии «полиграфия»).

*Третий этап* – формирование команды экспертов-картографов и распределение между ними тематик в соответствии с выделенными на первом этапе структурными элементами предметной области «картография».

*Четвертый этап* – создание вербальной модели знаний структурных элементов, содержащей знания, извлеченные из доступных источников (учебных и научных изданий, энциклопедий, справочников, карт и атласов, других картографических источников) и индивидуальные знания экспертов-картографов.

*Пятый этап* – объединение моделей в единую концептуальную модель профессиональных картографических знаний.

*Шестой этап* – проектирование онтологии на основе концептуальной модели профессиональных картографических знаний.

*Седьмой этап* – инструментальная реализация онтологической модели знаний.

Здесь одним из приложений онтологии является *семантическая модель*, в которой знания представлены в графическом виде. При семантическом моделировании конструируется семантическая сеть в виде графа, где вершина – объект (понятие, событие, процесс), а дуга – отношение объектов.

Проблемы разработки онтологии семантического содержания мультимасштабных электронных топографических карт раскрыты в публикациях Д. В. Учаева, Дм. В. Учаева, где сформулированы основные принципы онтологического подхода к решению задачи формализации семантического содержания топографи-

ческих карт, предлагаются решения данных задач с применением системы визуализации и анализа онтологий Ontoexplorer [21–23].

Кроме семантической модели находят применение фреймвые, логические, продукционные модели, каждая из которых обладает своими преимуществами и недостатками, а также ограничениями на описываемые знания, предметную область и системы, в которых они могут использоваться [24].

*Восьмой этап* – реализация базы знаний на основе созданной онтологии.

*Девятый этап* – проверка знаний (тестирование). На данном этапе формируется набор тестовых запросов и эталонных ответов на них. Выполняется запрос к базе знаний и оценивается соответствие фактических ответов эталонным. На основе полученных результатов принимается решение о необходимости проведения исправления базы знаний (доводки).

*Десятый этап* – доводка базы знаний по результатам проведенного тестирования.

На основании высказанных рассуждений предлагается перейти к построению семантической модели онтологии на примере одного из разделов картографии.

### Семантическая модель онтологии тематического картографирования

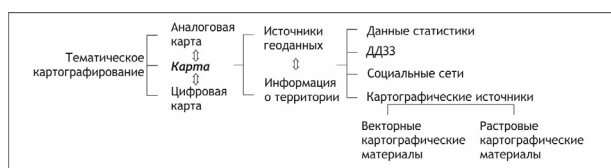
Методологический подход к построению модели знаний в картографии рассмотрим на примере одного из разделов картографии – тематического картографирования. Задача, которую необходимо решить: представить предметную область в виде, подходящем для последующей машинной обработки.

Как было показано в [25, 26, с. 262], тематическое картографирование средствами геоинформационных систем в самом общем случае можно представить как сложный технологический процесс ( $F_{kt}$ ), состоящий из последовательности технологических операций и имеющий целью создание конечного продукта (продуктов), например, тематической карты  $k_t (k_t \in K_t)$ . Эти операции, в свою очередь, можно представить в понятиях дискретной математики как геопространственные функции  $\varphi (\varphi \in F_{kt})$  отображения одного конечного множества объектов в другое, обеспечивающие получение требуемого результата, т. е.

$$F_{kt} : \langle \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \dots, \varphi_n \rangle \Rightarrow k_t.$$

Формализацию процесса тематического картографирования  $F_{kt}$  предлагается выполнить, опираясь на систему геопространственных функций, с учетом того, что в зависимости от главенствующих в тот или иной исторический период технологий, состав и содержание этого процесса существенно меняется.

Результаты, изложенные в [25, 26], позволяют сделать вывод о том, что выполненное формальное описание процессов и объектов тематического картографирования в различные технологические эпохи можно рассматривать как некоторую *картографическую онтологию*. Выберем произвольно несколько терминов, имеющих связь с тематическим картографированием, и представим схематически отношения между ними (рис. 2) как этап подготовки к представлению в виде семантической модели.



а)



б)

Рис. 2. Пример структурирования раздела тематического картографирования: а) объекты-сущности тематического картографирования; б) объекты-сущности карты

Ниже представим фрагмент онтологии раздела тематического картографирования в виде семантической модели.

Существует несколько «языков» для записи семантических моделей, основными из которых являются RDF/RDFS и OWL. RDF/RDFS позволяют записывать простейшие факты об объектах, классах и свойствах. OWL – это язык, полученный из дескриптивной логики, который предлагает больше конструкций по сравнению с RDFS; он синтаксически встроен в RDF, поэтому, как и RDFS, предоставляет дополнительный стандартизированный словарь. На практике онтология обычно представляет собой смесь из выражений всех трех стандартов [27].

Есть два основных инструмента: RDF (Resource Description Framework) или OWL (Ontology Web Language). Чтобы обеспечить стандартизированное описание таксономий и других онтологических конструкций, была создана схема RDF – RDFS, которую можно применять для описания таксономий классов и свойств и использовать их затем для создания облегченных онтологий. Более подробные онтологии можно создавать с помощью языка веб-онтологий OWL.

Традиционными инструментами формирования онтологий служат редакторы онтологий [28], одним из известных представителей которых является редактор Protégé.

Таким образом, инструментальная реализация онтологической модели знаний выполняются при помощи программных средств формирования онтологий, что позволяет представить разработку в виде семантической сети. При этом одновременно определяются классы и их иерархия, устанавливаются связи между классами и элементами класса, определяются свойства и накладываются ограничения. На рис. 3, а представлен экспериментальный фрагмент семантической сети «Тематическое картографирование», созданный с помощью редактора Protégé и визуализированный в графическом виде. Стрелки синего цвета показывают связи между вершинами по типу «является частью», желтые стрелки обозначают связи по типу «функционал», оранжевые стрелки демонстрируют связи, которые зависят от выбора, сделанного на определенном этапе. Возможности представления в статье результатов визуализации ограничены размером печатного листа и читаемостью элементов рисунка, таким образом продемонстрированы только некоторые зависимости между вершинами. Рис. 3, б является увеличенным фрагментом иллюстрации.

Стрелки синего цвета показывают связи между вершинами по типу «является частью», желтые стрелки обозначают связи по типу «функционал», оранжевые стрелки демонстрируют связи, которые зависят от выбора, сделанного на определенном этапе. Возможности представления в статье результатов визуализации ограничены размером печатного листа и читаемостью элементов рисунка, таким образом продемонстрированы только некоторые зависимости между вершинами. Рис. 3, б является увеличенным фрагментом иллюстрации.

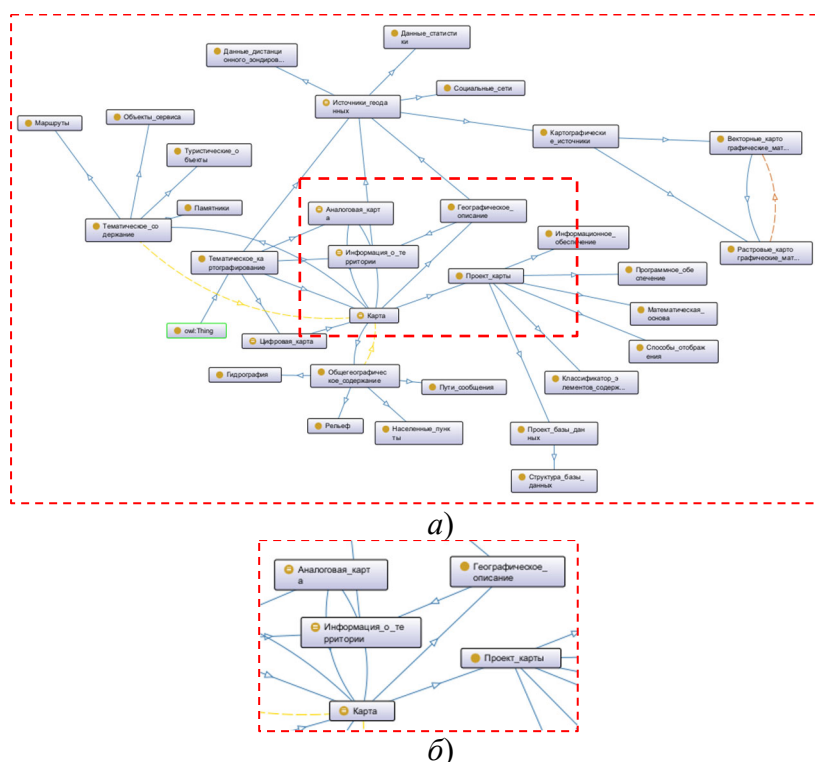


Рис. 3. Пример отображения в виде семантической сети фрагмента онтологии тематического картографирования с помощью встроенного визуализатора Protégé:

а) полная иллюстрация; б) увеличенный фрагмент иллюстрации

### Заключение

Анализ основных трендов развития геоинформационного обеспечения экономики, безопасности и социальной сферы показывает, что главным направлением научных исследований и разработок в этой области становится интеллектуализация геоинформатики и картографии. Поскольку большая часть технологических процессов картографирования основана на использовании человеческого интеллекта, то главным инструментом решения этой задачи является освоение и применение искусственного интеллекта, для реализации которого необходимо формирование и формализация профессиональных геоинформационно-картографических знаний.

Онтологический подход к получению и хранению знаний позволяет формализовать любую предметную область. Однако для создания глубоко проработанной онтологии предметной области «картография» необходима большая подготовительная работа по выявлению, формулированию и формализации профессиональных картографических знаний.

Такая обширная цель требует участия всего российского картографического сообщества. Творческий коллектив кафедры картографии и геоинформатики СГУГиТ под руководством доктора технических наук, профессора Дмитрия Витальевича Лисицкого инициирует создание свода картографических знаний, онтологии картографии и затем базы профессиональных картографических знаний и приглашает коллег к сотрудничеству.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аверкин А. Н., Гаазе-Рапопорт М. Г., Поспелов Д. А. Толковый словарь по искусственному интеллекту М. : Радио и связь, 1992. 256 с.
2. Zhao, T., Peng, Y., Liu, W., Ma, W., Di, X., Cai, Z., Wang, X., and Che, L.: A Database-based Automatic Cartography Method, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVIII-4-2024. P. 585–590. DOI 10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-2024-585-2024.
3. Анненков И. С. Базы знаний как следующий этап эволюции баз данных. Управление инновациями–2011 : Материалы международной научно-практической конференции, Москва, 14–16 ноября 2011 года Под редакцией Р. М. Нижегородцева. М. : Ленанд, 2011. С. 395–397. EDN SMQDRX.
4. Istomin, Eugene P.; Abramov, Valery M.; Sokolov, Alexander G.; Burlov, Vyacheslav G.; Slesareva, Lyudmila S. Knowledge database in geoinformation management of the territory development. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference : SGEM*; Sofia. 2017. T. 17. DOI 10.5593/sgcm2017/21.
5. Laurini, Robert, Sylvie Servigne, Franck Favetta. About Territorial Intelligence and Geographic Knowledge Bases. *Cuadernos de Administración*. 2020. V. 33. DOI 10.11144/Javeriana.cao33.atigk.
6. Dobesova, Zdena, and Jan Brus. Intelligent Systems in Cartography// *Intelligent Systems, InTech*, 2 Mar. 2012. Crossref, DOI 10.5772/35860.
7. Бучкин В. А. Состояние и развитие интеллектуальных ГИС. *Информация и космос*. 2020. № 3. С. 119–123. EDN DSSPHR.
8. Савиных В. П., Цветков В. Я. Развитие методов искусственного интеллекта в геоинформатике. *Транспорт Российской Федерации*. 2010. № 5 (30). С. 62–66. EDN NCBMQZ.
9. Розенберг И. Н., Беляков С. Л. Программные интеллектуальные оболочки геоинформационных систем. М. : Научный мир, 2010. 131 с. EDN QKJCDJ.
10. Кулагин В. П., Цветков В. Я. Геознание: представление и лингвистические аспекты. *Информационные технологии*. 2013. № 12. С. 2–9. EDN ROTLXP.
11. Янкелевич С. С. Современная концепция и методология картографирования. *Вестник СГУГиТ*. 2024. Т. 29, № 3. С. 118–125. DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-3-118-125. EDN CFMNFH.
12. Савиных В. П. Геознание : монография. М. : МАКС Пресс, 2016. 130.
13. Koteich, B.; Saux, E.; Laddada W. Knowledge-Based Recommendation For On-Demand Mapping: Application To Nautical Charts. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2021, 1, 0 <https://doi.org/-1-20pp>.
14. Матюшин М. М., Вакурина Т. Г., Котеля В. В. [и др.] Методы и средства построения онтологий для визуализации связанных информационных объектов произвольной природы в сложных информационно-аналитических системах. *Информационно-управляющие системы*. 2014. № 2 (69). С. 9–17. EDN SAXBSJ.
15. Cartographic body of knowledge. ICA Working Group. URL: <https://bok.cartography.no/sample-page/> (дата обращения: 08.11.2024).

16. Gruber T. Towards Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. *Int. J. of Human and Computer Studies*. 1995. Vol. 43, № 5/6. P. 907–928.
17. Гаврилова Т. А., Хорошевский В. М. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб. : Питер, 2000. 384 с.
18. Кравченко Ю. А., Новиков А. А., Марков В. В. Метод создания онтологии предметной области на основе глоссария. *Известия ЮФУ. Технические науки*. 2015. № 6 (167). С. 158–168. EDN ULFGTX.
19. Цуканова Н. И. Онтологическая модель представления и организация знаний : учебное пособие для вузов. М. : Горячая линия Телеком, 2015. 272 с.:
20. Natalya F. Noy and Deborah L. McGuinness. *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology*. Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880, March 2001.
21. Учаев Д. В., Учаев Д. В. Разработка онтологии семантического содержания мультимасштабных электронных топографических карт. Часть 1. Теоретические предпосылки и методологические аспекты *Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка*. 2017. № 1. С. 53–61. EDN XWFIVP.
22. Учаев Д. В., Учаев Д. В. Разработка онтологии семантического содержания мультимасштабных электронных топографических карт. Часть 2. Технология реинжиниринга и правила именования понятий и атрибуто. *Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка*. 2018. Т. 62, № 1. С. 70–80. DOI 10.30533/0536-101X-2018-62-1-70-80. EDN YTFUMK.
23. Учаев Д. В., Учаев Д. В. Разработка онтологической среды моделирования процессов автоматизированной генерализации электронных топографических карт. *Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. От идеи до внедрения : сборник материалов II международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 08–10 ноября 2017 года / Санкт-Петербургская ассоциация геодезии и картографии*. СПб. : Политехника, 2017. С. 249–253. EDN YTOXLG.
24. Барышев М. В., Гатчин И. Ю., Гатчин Ю. А. Модели представления знаний экспертных систем. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. 2006. № 29.
25. Пошивайло Я. Г., Лисицкий Д. В. Формализация представления технологических процессов картографирования на основе системно-технического анализа. *Информация и космос*. 2023. № 2. С. 106–113.
26. Андрюхина Ю. Н., Бугаков П. Ю., Касьянова Е. Л., Кацко С. Ю., Колесников А. А., Комиссарова Е. В., Лисицкий Д. В., Молокина Т. С., Радченко Л. К., Пошивайло Я. Г., Утробина Е. С., Янкелевич С. С. *Цифровая картография : монография ; под научной редакцией Д. В. Лисицкого*. Новосибирск : СГУГиТ, 2023. 442 с.
27. Горшков С. Введение в онтологическое моделирование ООО «ТриниДата», 2016. URL: <https://trinidata.ru/files/SemanticIntro.pdf> (дата обращения: 05.11.2024).
28. Куликова А. А. Методы и средства формирования и использования онтологий проектов в процессе проектирования автоматизированных систем : диссертация ... кандидата технических наук : 05.13.12 / Куликова Анна Александровна; [Место защиты: ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет»]. Ульяновск, 2021. 207 с.

## REFERENCES

1. Averkin, A. N., Gaaze-Rapoport, M. G., Pospelov, D. A. (1992). *Tolkovyy slovar' po iskusstvennomu intellektu [Explanatory Dictionary of Artificial Intelligence]*. Moscow: Radio i svyaz', 256 p. [in Russian].
2. Zhao, T., Peng, Y., Liu, W., Ma, W., Di, X., Cai, Z., Wang, X., Che, L. (2024). A Database-based Automatic Cartography Method. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLVIII-4-2024, pp. 585–590. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-2024-585-2024>.
3. Annenkov, I. S. (2011). Knowledge Bases as the Next Stage of Database Evolution / In *Sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii [Proceedings of the International Scientific and Practical Conference]* (pp. 395–397): R.M. Nizhegorodceva (Eds.). Moscow: Lenand. EDN SMQDRX [in Russian].
4. Istomin, E. P., Abramov, V. M., Sokolov, A. G., Burlov, V.G., Slesareva, L. S. (2017). Knowledge database in geoinformation management of the territory development. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference : SGEM*, 17, pp. 951–958. DOI 10.5593/sgcm2017/21.

5. Laurini, R., Sylvie, S., Franck, F. (2020). About Territorial Intelligence and Geographic Knowledge Bases. *Cuadernos de Administración*, 33. DOI 10.11144/Javeriana.cao33.atigk.
6. Dobesova, Z., Jan, B. (2012). Intelligent Systems in Cartography. *Intelligent Systems, InTech*. DOI 10.5772/35860.
7. Buchkin, V. A. (2020). Sostojanie i razvitie intellektual'nyh GIS *Informacija i kosmos [Information and space]*, 3, pp. 119–123. EDN DSSPHP [in Russian].
8. Savinyh, V. P., Cvetkov, V. Ya. (2010). Development of artificial intelligence methods in geoinformatics. *Transport Rossijskoj Federacii [Transport of the Russian Federation]*, 5(30), pp. 62– 66. EDN NCBMQZ [in Russian].
9. Rozenberg, I. N., Beljakov, S. L. (2010). Software intelligent shells of geoinformation systems. Moscow: *Nauchnyj mir [Scientific world]*, 131 p. ISBN 978-5-91522-195-5. EDN QKJCDJ [in Russian].
10. Kulagin, V. P., Cvetkov, V. Ya. (2013). Geoscience: representation and linguistic aspects. *Informacionnye tehnologii [Information Technology]*, 12, pp. 2–9. EDN ROTLXP [in Russian].
11. Yankelevich, S. S. (2024) Modern concept and methodology of mapping / С. С. Янкелевич *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 3(29), 118–125 DOI 10.33764/2411-1759-2024-29-3-118-125. EDN CFMHHF [in Russian]
12. Savinyh, V. P. (2016). *Geoznanie [Geoscience]*. Moscow: MAKS Press, 130 p. ISBN 978-5-317-05319-2 [in Russian].
13. Koteich, B., Saux, É, Laddada, W. (2021). Knowledge-Based Recommendation for On-Demand Mapping: Application to Nautical Charts. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(11), 786 p. <https://doi.org/10.3390/ijgi10110786>.
14. Matjushin, M. M., Vakurina, T. G., Kotelja, V. V., Skobelev, P. O., Lahin, O. I., Kozhevnikov, S. S., Simonova, E. V., & Noskova, A. I. (2014). Methods and tools for constructing ontologies for visualizing related information objects of arbitrary nature in complex information and analytical systems. *Informacionno-upravlyayushchiye sistemy [Information and management systems]*, 2 (69), pp. 9–17. EDN SAXBSJ [in Russian].
15. Midtbø, T., Bandrova, T., Gartner, G., Lapaine, M., Meng, L., Shen, J., Varanka, Da., Voženílek, V., Wang, T. (2023). Cartographic Body of Knowledge – work in progress. *Abstracts of the ICA*, 6, pp. 1–2. DOI 10.5194/ica-abs-6-166-2023.
16. Gruber, T. (1995). Towards Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing // *Int. J. of Human and Computer Studies*, 43(5/6), pp. 907–928.
17. Gavrilova, T.A., Horoshevskij, V.M. (2000). Bazy znanij intellektual'nyh sistem [Knowledge bases of intelligent systems]. SPb: Piter, 384 p. [in Russian].
18. Kravchenko, Ju. A., Novikov, A. A., Markov, V. V. (2015). Method for creating a domain ontology based on a glossary. *Izvestija JuFU. Tehnicheskie nauki [Izvestija JuFU. Tehnicheskie nauki]*, 6(167), pp. 158–168. EDN ULFGTX [in Russian].
19. Cukanova, N.I. (2015). Ontologicheskaja model' predstavlenija i organizacija znanij [Ontological model of representation and organization of knowledge]. M.: Gorjachaja linija – Telekom, 272 p. ISBN: 978-5-9912-0454-5 [in Russian].
20. Noy, N., McGuinness, D. L. (2001). *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880*, 32.
21. Uchaev, D., Uchaev, D. (2017). Developing the ontology of the semantic content of multi-scale electronic topographic maps. Part 1. Re-engineering technology and rules of naming concepts and attributes // *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos"yemka [News of universities. Geodesy and Aerophotosurveying]*, 1, pp. 53–61. EDN XWFIVP [in Russian].
22. Uchaev, D., Uchaev, D. (2018). Developing the ontology of the semantic content of multi-scale electronic topographic maps. Part 2. Re-engineering technology and rules of naming concepts and attributes. // *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos"yemka [News of universities. Geodesy and Aerophotosurveying]*, 62, pp. 70–80. DOI 10.30533/0536-101X-2018-62-1-70-80 [in Russian].
23. Uchaev, D.V., Uchaev, D.V. (2017). Development of an ontological environment for modeling the processes of automated generalization of electronic topographic maps. *Geodezija, kartografija, geoinformatika i kadastry. Ot idei do vnedrenija : SBORNIK MATERIALOV II MEZHdUNARODNOJ NAUChNO-PRAKTICHESKOJ KONFERENCII [Geodesy, cartography, geoinformatics and cadastres. From idea to implementation: COLLECTION OF PROCEEDINGS OF THE II INTERNATIONAL*

SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE] (pp. 249–253). Sankt-Peterburg: Izdatel'stvo "Politehnika". EDN YTOXLG [in Russian].

24. Baryshev, M.V., Gatchin, I.Ju., Gatchin, Ju.A. (2006). Modeli predstavlenija znaniy jeks-pertnyh sistem" [Models of knowledge representation of expert systems]. *Nauchno-tehnicheskij vestnik informacionnyh tehnologij, mehaniki i optiki [Scientific and technical journal of information technologies, mechanics and optics]*, 29, pp. 14–18 [in Russian].

25. Poshivajlo, Ja. G., Lisickij, D. V. (2023). Formalized representation of technological processes mapping based on system and technical analysis. *Informacija i kosmos [Information and Space]*, 2, pp. 106–113 [in Russian].

26. Andriuhina, Ju. N., Bugakov, P. Ju., Kas'janova, E. L., Kacko, S. Ju., Kolesnikov, A. A., Komissarova, E. V., Lisickij, D. V., Molokina, T. S., Radchenko, L. K., Poshivajlo, Ja. G., Utrobina, E. S., Jankelevich, S. S. (2023). Cifrovaja kartografija [Digital cartography]: D. V. Lisickij (Eds.). Novosibirsk : SGUGiT, 442 p. ISBN 978-5-907711-37-2 [in Russian].

27. Gorshkov, S. (2016). Vvedenie v ontologicheskoe modelirovanie [Introduction to ontological modeling]. Retrieved from <https://trinidata.ru/files/SemanticIntro.pdf> (access data 05.11.2024) [in Russian].

28. Kulikova, A.A. (2021). Metody i sredstva formirovaniya i ispol'zovaniya ontologii proek-tov v protsesse proektirovaniya avtomatizirovannykh sistem [Methods and means of formation and use of project ontologies in the process of designing automated systems], 207 p. *Candidate's thesis*. Ul'yanovsk [in Russian].

### Об авторе

Ярослава Георгиевна Пошивайло – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой картографии и геоинформатики.

### Author details

Yaroslava G. Poshivaylo – Ph. D., Associate Professor, Head of the Department of Cartography and Geoinformatics.

Получено / Received 05.12.2024

Поступила после рецензирования / Revised 25.09.2025

Принята к публикации / Accepted 29.09.2025