

И. В. Соловьёв

Онтологии предметной области в науках о Земле

Рассматриваются онтологии в науках о Земле как инструмент познания. Раскрывается структура онтологии. Описаны особенности онтологий в предметной области наук о Земле. Показано, что онтология является инструментом познания и средством междисциплинарного переноса знаний.

Ключевые слова: онтология, знания, познание, науки о Земле.

I. V. Solov'ev

Domain ontologies in geosciences

This article describes the ontology in the geosciences as a tool for learning. The article reveals the structure of the ontology. The features of ontology in the domain of Earth Sciences. Article shows that the ontology is a tool of knowledge and a means of interdisciplinary knowledge transfer.

Keywords: ontology, knowledge, cognition, geosciences.

Одной из главных задач науки является получение новых знаний [1]. В любой развивающейся науке важной проблемой является систематизация знаний. Особенностью развития наук о Земле является то, что в силу динамики их развития возникают проблемы, которые нельзя решить обращением к накопленному опыту, пока не вводятся новые представления, понятия и модели, которые вместе с данными опыта позволяют решить проблему.

Информацию в области наук о Земле можно разделить на две группы, одна из которых описывает факты, а другая является интерпретацией фактов [2, 3, 4]. Назовем первую группу фактофиксирующей, а вторую – интерпретирующей. Это приводит к проблеме создания правил интерпретации полезной информации. Укрупнено можно выделить три вида правил интерпретации: аксиоматические, эмпирические, продуктивные.

Аксиоматические правила интерпретации основаны на системе аксиом понятий языка интерпретации и сводят новое знание к системе базисных положений [5]. Доминирующим в этом подходе является базис или система аксиом, которые являются объясняющим фактором. В результате новые факты исследователь интерпретирует с помощью известных базисных положений. Этот подход можно назвать объяснительным. В геоинформатике этот путь практически не используется.

Эмпирические правила интерпретации определяются опытным путем, применительно к конкретной ситуации и могут быть не пригодны для иных условий. Они применяются при ис-

пользовании набора моделей и дают интерпретацию некой модельной ситуации, при которой исследователь видит начало и результат. Доминирующим является выявление взаимосвязей и тенденций между фактами, видимыми исследователю. Этот подход является основным в науках о Земле [6].

Продуктивные правила интерпретации получают на основе анализа структуры и связей между элементами языковых конструкций [7]. Доминирующим в этом подходе является использование механизма вывода, который может привести к результатам и выявить факты ранее неизвестные исследователю. Этот подход используется мало в геоинформатике, но в перспективе намечается рост его использования.

Следовательно, чтобы информация приобрела практическую ценность для развития науки и практической деятельности, необходимо свести разнообразную первичную информацию к виду, удобному для обработки и интерпретации. Решение этой проблемы связано с задачей представления пространственных знаний [8] и формирования пространственных знаний [9]. Следует напомнить, что в области наук о Земле существует дополнительно так называемое пространственное знание. На сегодняшний день разработан ряд средств извлечения и представления знаний, и к наиболее эффективным из них относится онтология [10].

Онтологии (от др. греч. онто – сущее, логос – учение, понятие) – термин, определяющий учение о бытии, о сущем, в отличие от гносеологии – учения о познании. Автором термина «онтология» является Х.Вольф (1679-1754). В

философскую литературу термин введен немецким философом Р. Гоклениусом (1547-1628). При этом онтология являлась частью метафизики, наукой не связанной с логикой, с «практической философией», с науками о природе. Ее предмет составляло изучение абстрактных и общих философских категорий, таких как бытие, субстанция, причина, действие, явление и т.д., а сама онтология претендовала на полное объяснение причин всех явлений. С развитием информационных технологий и интеллектуальных систем получили распространение ниже приведенные определения.

Онтологии — это точная спецификация концептуализации [11]. Впоследствии это определение было уточнено.

Онтологии — это формальная точная спецификация совместно используемой концептуализации [12].

Под концептуализацией понимается абстрактная модель явлений (процессов) в мире, составленная посредством определения существенных для описания данных явлений понятий. Точность подразумевает, что типы используемых понятий и ограничения на область применения данных понятий явно определены.

Формальность имеет отношение к тому факту, что онтология должна быть ориентирована на компьютерное представление, что исключает использование естественных языков. Совместное использование отражает понятие того, что онтология описывает всеобщие знания, т.е. не персональные знания одного человека, а знания, принятые в группе, сообществе. Для обеспечения совместного использования это понятие приводит к другому понятию — онтологическое соглашение.

Онтологическое соглашение — объем словаря, достаточный для описания представляемых понятий, предназначенных для совместного использования.

Онтология ссылается на конкретные понятия, взятые из онтологического соглашения, используемого для описания некоторой реальности, и на множество толкований предполагаемых значений слов, входящих в словарь.

Концептуализация, как абстрактная модель, является независимой от языка. Онтология, представляющая данную концептуализацию, ссылается на понятия, определенные в словаре и, таким образом, является зависимой от используемого языка.

Определение онтологии, используемое в рамках технологии агентов и соответствующее спецификации FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents):

Онтология — это подробная спецификация структуры определенной проблемной области. Онтология включает в себя словарь (список) логических констант и предикатных символов для описания предметной области и набор логиче-

ских высказываний, формулирующих существующие в данной проблемной области ограничения и определяющих интерпретацию словаря. Онтология предлагает словарь для представления и обмена знаниями по интересующей проблеме и набор связей и свойств, которые определены между имеющимися в ее словаре неделимыми сущностями [13].

В области искусственного интеллекта известно определение, данное А.С. Нариньяни: Онтология — это комплекс понятий от самых общих до наиболее конкретных, охватывающий полный спектр объектов и отношений, включая события и процессы, а также значения (атрибутов и отношений), определяемые, если необходимо, во времени и пространстве.

Онтология как система сущностей связывается универсальными зависимостями типа «общее — частное», «часть — целое», «причина — следствие» и т.п., и специфическими для соответствующей модели предметной области (МПО) и для тезауруса тоже. При этом, определяя сущности в онтологии, можно использовать различные аппараты представления знаний, — например, фреймы, слоты которых связываются ограничениями, обуславливающими допустимые сочетания их значений. В качестве ограничений могут выступать продукции, логические, алгебраические, табличные и другие зависимости.

Онтология — это модель предметной области, использующая все доступные средства представления знаний, релевантные для данной области.

Онтология с одной стороны, является основой модели предметной области, а с другой, выступает в качестве основы семантико-прагматической структуры проблемно-ориентированного тезауруса.

В такой схеме онтология является общей частью МПО и тезауруса, связывающей знания о мире со знаниями о языке в проекции на конкретную сферу деятельности [10]. Основное назначение онтологий — интеграция информации. Онтологии связывают два важных аспекта [14].

Во-первых, они определяют формальную семантику информации, что дает возможность обработки этой информации и получения знаний на этой основе.

Во-вторых, онтологии определяют семантику реального мира, позволяя, на основе терминологических отношений связывать информацию, представленную для обработки, с информацией, представленной в форме для восприятия ее человеком.

Назначение онтологий — интеграция информации, поэтому сами онтологии как информационные единицы тоже могут подвергаться интеграции. Процесс интеграции онтологий может быть либо восходящим, либо нисходящим. Однако восходящий подход чрезвычайно трудоемок, и пока не существует средств, кото-

рые позволили бы создать полную систему знаний («Модель Мира»). Поэтому применяется, в основном, нисходящий подход к интеграции частных онтологий, ориентированных на конкретные, зачастую очень ограниченные практические задачи.

Для любых двух абстрактных систем, пользующихся одним и тем же словарем, не существует гарантии, что они смогут правильно использовать одну и ту же концептуализацию. Две концептуальные модели систем могут пользоваться пересекающимися онтологиями, в то время как сами они не будут пересекаться. Это означает, что восходящий метод интеграции систем может не работать, особенно если частные онтологии ориентированы только на концептуальные связи, значимые для конкретного контекста. Следовательно, более удобно опираться на одну онтологию верхнего уровня вместо того, чтобы полагаться на договоренности, основанные на пересечении различных онтологий [12].

В области наук о Земле существует специфическая система онтологий, которая лучше отра-

жают сущность онтологий [10]. Они представлены на рис.1.

Концептуальные онтологии определяют концепции, которые лежат в основе формализма представления знаний. Аспектные онтологии включают фундаментальные аспекты концептуализации, например, такие категории как «род», «целое», «причина».

Онтологии отношений [15] и понятий содержат общие понятия и отношения, характерные для конкретной предметной области, они могут играть роль интерфейса между различными подобластями предметной области. Семантические онтологии уровня являются конкретным выражением понятий общих и промежуточных онтологий.

Онтологии предметной области содержат понятия данной области знаний. Онтологии задач описывают определенные задачи области знаний или деятельности, релевантной рассматриваемой области. Онтологии-приложения являются специализацией онтологий предметных областей и задач.



Рис.1. Виды онтологий в науках о Земле

Описание онтологии в терминологии словаря обычно представляется в форме, предлагаемой теорией логики первого порядка, где слова из словаря выступают в качестве унарных или бинарных имен предикатов, называемых соответственно понятиями и отношениями. В самом простом случае онтология описывает иерархию связанных понятий, в более сложных случаях — добавляются подходящие аксиомы, выражающие связи между понятиями и ограничивающие их интерпретацию.

Все объекты и события, которые составляют основу общего понимания необходимой для решения задачи информации, называются предметной областью.

Онтологии предметной области могут образовывать концептуальные связи с несколькими проблемными областями [16]. Одно и то же множество объектов с одним и тем же набором свойств может использоваться в различных проблемных областях. Для предметной области характерен набор определенных задач, что определяет содержание онтологий задачи.

В области наук о Земле, одной из главных онтологических задач является получение пространственных знаний или геознаний [17]. Важным вопросом решаемым с помощью онтологий в области наук о Земле является лингвистика пространственных знаний [17].

Модель поведения объектов предметной области также может определять онтологии задач. Знания предметной области вместе с моделью, описывающей их поведение в рамках определенных в онтологии задач функций, образуют частную модель проблемной области.

Модели предметной и проблемной областей тесно связаны с интенциональным и экстенциональным частями представлениями знаний.

В экстенциональную часть входят конкретные факты, касающиеся предметной области. Экстенциональные представления описывают конкретные объекты из предметной области, конкретные события, происходящие в ней, или конкретные явления и процессы. В области наук о Земле специфика экстенциональных представления связана с особенностью получения и формирования информации. В качестве основы в области наук о Земле применяют специфические данные которые называют геоданными [18]. Они классифицируются по трем классам «место», «время», «тема». Соответственно, на основе этих данных строят специфические модели, которые называют либо пространственными моделями [19], либо цифровыми [20].

В интенциональную часть входят схемы используемых для описания связей и отношений между фактами или данными. Интен-

циональные представления фиксируют те закономерности и связи, которым описываемые компоненты предметной области должны удовлетворять в рамках данной проблемной области. Интенциональные представления служат основой анализа в области наук о Земле [21, 22].

Интенциональные представления знаний в искусственном интеллекте рассматриваются как знания проблемной области.

Онтологии предметной области являются средством получения знаний и пространственных знаний в науках о Земле. Именно в этих онтологиях выражается специфика задач предметной области. Именно в этих онтологиях отражается специфика знаний в данной предметной области

Онтологии предметной области отражают концептуализацию мира, определенную в онтологиях более высокого уровня. Онтологии предметной области используют словари предметной области для объектов, их качественных характеристик, отличительных особенностей в данной предметной области. Почти все программные средства специального назначения, в своей основе используют онтологии предметной области.

Онтологии предметной области интегрируют методы получения информации и знаний в единой концептуальной среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванников А.Д., Тихонов А.Н., Соловьев И.В., Цветков В.Я. Инфосфера и инфология. – М: ТОРУС ПРЕСС, 2013. – 176 с.
2. Поляков А.А., Цветков В.Я. Прикладная информатика: Учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся по специальности «прикладная информатика» (по областям) и другим междисциплинарным специальностям: В 2-х частях: / Поляков А.А., Цветков В.Я.; Под общ.ред. А.Н. Тихонова. – М.: МАКС Пресс. 2008.
3. Кудж С.А. О философии информации // Перспективы науки и образования, 2013. – №6. – С.9-13.
4. Кудж С.А. Исследование окружающего мира методами геоинформатики // Вестник МГТУ МИРЭА, 2013. – №1 (1). – С. 95-102.
5. Соловьев И.В., Цветков В.Я. О содержании и взаимосвязях категорий «информация», «информационные ресурсы», «знания» // Дистанционное и виртуальное обучение, 2011. – №6. – С.11-21.
6. Цветков В.Я. Пространственные знания // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2013. – №7. – С.43-47.
7. Соловьёв И.В. Формирование интеллектуальных ресурсов в геоинформатике // Науки о Земле, 2013. – № 2-3. – С.76-79.
8. Цветков В.Я. Представление пространственных знаний // Науки о Земле, 2013. – №2-3. – С.69-75.
9. Цветков В.Я. Пространственные знания: Формирование и представление LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, Saarbrücken, Germany 2013. – 107 с.
10. S. A. Kudzh, V. Ya. Tsvetkov Geoinformatics Ontologies // European Researcher, 2013, Vol.(62), № 11-1, p.2566-2572.
11. Gruber T.R. Translation Approach to Portable Ontology Specification // Knowledge Acquisition Journal, 1993. V.5. Pp.199-220.
12. Duineveld A.J. tal. WonderTools? A Comparative Study of Ontological Engineering Tools / Proceeding of the Twelfth Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling and Management/ Voyager Inn, Banff, Alberta, Canada, October, 1999. URL: <http://sern.calgary.ca/~KSI/-KAW/-KAW99/-papers.html>.
13. FIPA 98 Specification. Part 12 – Ontology Service. Geneva, Switzerland, Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA), 1998. Version 1.0. URL: <http://www.fipa.oorg>.
14. Fensel D. Ontologies: Dynamic Networks Formally Represented Meaning. Proceeding of the International Semantic Web Working Symposium (SWWS). Stanford University, California, USA, 2001. URL: <http://www.semanticweb.org/SWWS/program/position/>.
15. Цветков В.Я. Лингвистика пространственных отношений // Перспективы науки и образования, 2013. – №5. – С.19-24.
16. Соловьёв И.В. О происхождении и содержании понятия «инфосфера». Инфосфера как объект исследования наук об информации // Фундаментальные исследования, 2013. – № 6-1. – С. 66-71.
17. Кулагин В.П., Цветков В.Я. Геознание: представление и лингвистические аспекты // Информационные технологии, 2013. – №12. – С.2-9.
18. Кудж. С.А. Добыча геоданных // Науки о Земле, 2013. – № 2-3. – С.82-84.
19. V. Ya. Tsvetkov. Spatial Information Models // European Researcher, 2013, Vol.(60), № 10-1, p.2386-2392.
20. Цветков В.Я. Цифровые карты и цифровые модели // Известия высш.уч. заведений. Геодезия и аэрофотосъемка, 2000. – №2. – С.147-155.
21. Кудж С.А. Коррелятивный анализ как метод познания // Перспективы науки и образования, 2013. – №5. – С.9-13.
22. S. A. Kuja. Geoinformation Analysis // European Researcher, 2013, Vol.(60), № 10-1, p.2358-2365.

REFERENCES

1. Ivannikov A.D., Tikhonov A.N., Solov'ev I.V., Tsvetkov V.Ia. *Infosfera i infologiya* [Infosphere and infology]. Moscow, TORUS PRESS, 2013. 176 p.
2. Poliakov A.A., Tsvetkov V.Ia. *Prikladnaia informatika: Uchebno-metodicheskoe posobie dlia studentov, obuchaiushchikhsia po spetsial'nosti «prikladnaia informatika» (po oblastiam) i drugim mezhdistsiplinarnym spetsial'nostiam: V 2-kh chastiakh* [Applied Informatics: textbook for the students on a speciality «applied computer science» (in some areas) and other interdisciplinary specialties: In 2 parts / Polyakov A. A., Tsvetkov V.Ia.]. Moscow, MAKS Press. 2008.
3. Kudzh S.A. About the philosophy of information. *Perspektivy nauki i obrazovaniia - Perspectives of science and education*, 2013, no.6, pp.9-13 (in Russian).
4. Kudzh S.A. Study of the surrounding world methods of Geoinformatics. *Vestnik MGTU MIREA - Bulletin of MGTU MIREA*, 2013, no.1(1), pp.95-102 (in Russian).
5. Solov'ev I.V., Tsvetkov V.Ia. About content and interrelationship of categories «information», «information resources», «knowledge». *Distantionnoe i virtual'noe obuchenie - Distance and virtual training*, 2011, no.6, pp.11-21 (in Russian).
6. Tsvetkov V.Ia. Spatial knowledge. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy - International journal of applied and basic research*, 2013, no.7, pp.43-47 (in Russian).
7. Solov'ev I.V. Development of intellectual resources in Geoinformatics. *Nauki o Zemle - Earth Sciences*, 2013, no.2-3, pp.76-79 (in Russian).
8. Tsvetkov V.Ia. Representation of spatial knowledge. *Nauki o Zemle - Earth Sciences*, 2013, no.2-3, pp.69-75 (in Russian).
9. Tsvetkov V.Ia. *Prostranstvennye znaniia: Formirovanie i predstavlenie* [Spatial knowledge: the formation and representation]. Germany, LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, Saarbrücken, 2013. 107 p.
10. S. A. Kudzh, V. Ya. Tsvetkov Geoinformatics Ontologies. *European Researcher*, 2013, V.62, no.11-1, pp.2566-2572.
11. Gruber T.R. Translation Approach to Portable Ontology Specification. *Knowledge Acquisition Journal*, 1993, V.5, pp.199-220.
12. Duineveld A.J. tal. WonderTools? A Comparative Study of Ontological Engineering Tools / *Proceeding of the Twelfth Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling and Management/ Voyager Inn, Banff, Alberta, Canada, October, 1999*. Available at: <http://sern.calgary.ca/~KSI/-KAW/-KAW99/-papers.html> (accessed 3 February 2014).
13. FIPA 98 Specification. Part 12 – Ontology Service. Geneva, Switzerland, Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA), 1998. Version 1.0. Available at: <http://www.fipa.org> (accessed 3 February 2014).
14. Fensel D. Ontologies: Dynamic Networks Formally Represented Meaning. *Proceeding of the International Semantic Web Working Symposium (SWWS)*. Stanford University, California, USA, 2001. Available at: <http://www.semanticweb.org/SWWS/program/position/> (accessed 3 February 2014).
15. Tsvetkov V.Ia. Linguistics spatial relations. *Perspektivy nauki i obrazovaniia - Perspectives of science and education*, 2013, no.5, pp.19-24 (in Russian).
16. Solov'ev I.V. About the origin and content of the term «InfoSphere». InfoSphere as an object of research on information sciences. *Fundamental'nye issledovaniia - Fundamental research*, 2013, no.6-1, pp.66-71 (in Russian).
17. Kulagin V.P., Tsvetkov V.Ia. Geoknowledge: presentation and linguistic aspects. *Informatsionnye tekhnologii - Information technologies*, 2013, no.12, pp.2-9 (in Russian).
18. Kudzh S.A. Geodata mining. *Nauki o Zemle - Earth Sciences*, 2013, no.2-3, pp.82-84 (in Russian).
19. V. Ya. Tsvetkov. Spatial Information Models. *European Researcher*, 2013, V.60, no.10-1, pp.2386-2392.
20. Tsvetkov V.Ia. Digital maps and digital models. *Geodeziia i aerofotos'emka - Geodesy and air photography*, 2000, no.2, pp.147-155 (in Russian).
21. Kudzh S.A. Correlative analysis as a method of cognition. *Perspektivy nauki i obrazovaniia - Perspectives of science and education*, 2013, no.5, pp.9-13 (in Russian).
22. S. A. Kuja. Geoinformation Analysis. *European Researcher*, 2013, V.60, no.10-1, pp.2358-2365.

Информация об авторе

Соловьёв Игорь Владимирович

(Россия, Москва)

Профессор, доктор технических наук, проректор по научной работе, заслуженный геодезист.

Московский государственный технический

университет радиотехники, электроники и

автоматики.

E-mail: i.v.soloviev54@mail.ru

Information about the author

Solov'ev Igor' Vladimirovich

(Russia, Moscow)

Professor, Doctor of Technical Sciences, Pro-rector on scientific work, Honored geodesist.

Moscow State Technical University

of Radioengineering,

Electronics and Automation.

E-mail: i.v.soloviev54@mail.ru