

## ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ЗНАНИЯ В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ

Цветков В.Я.

*Центр перспективных фундаментальных и прикладных исследований ОАО «НИИИАС», Москва, e-mail: cvj2@list.ru*

Рассмотрено пространственное знание в науках о Земле. Пространственное знание рассматривается как развитие понятия знания. Пространственное знание в науках о Земле сравнивается с пространственным знанием в области искусственного интеллекта. Показано различие между ними. Описаны основные виды пространственного знания. Показано различие между геоинформационным и географическим знанием. Раскрывается геореференция как основа получения и представления пространственного знания. Показана связь между пространственными отношениями и пространственным знанием. Описаны компоненты пространственного знания, из которых важными являются конфигурационная, координационная и когнитивная составляющие. Показана конфигурационная составляющая пространственного знания.

**Ключевые слова:** знание, пространственное знание, координация, конфигурация, искусственный интеллект, геознание, целостность

## SPATIAL KNOWLEDGE IN EARTH SCIENCES

Tsvetkov V.Ya.

*Center for Advanced fundamental and applied research of JSC NIIS, Moscow, e-mail: cvj2@list.ru*

The article analyzes the spatial knowledge in the earth sciences. Spatial knowledge is seen as the development of the concept of knowledge. Spatial knowledge in Earth Sciences is compared with the spatial knowledge in the field of artificial intelligence. The article describes the difference between spatial knowledge in the field of Earth Sciences in the field of artificial intelligence. The article describes the main types of spatial knowledge. The article shows the difference between the geo-information and geographical knowledge. This article describes the reference of the geometry as a basis for preparation and presentation of spatial knowledge. The article describes the relationship between spatial relations and spatial knowledge. Article describes the components of spatial knowledge. Important parts of the spatial knowledge has a configuration, coordination and cognitive components. The article reveals the contents of the configuration component of spatial knowledge.

**Keywords:** knowledge, spatial knowledge, coordination, configuration, artificial intelligence, geoknowledge, integrity

Одной из отличительных особенностей современного развития наук о Земле науки является тенденция к углубленному изучению смысловой стороны процессов и явлений [7]. Первоначально исследования в этой области сводились к наблюдениям, измерениям и накоплению данных и фактов. Позже появилась тенденция изучения и наблюдения процессов. Еще позже появилась тенденция к исследованию и применению пространственных знаний, что в существенной мере было стимулировано исследованиями пространственных знаний в области искусственного интеллекта. Кроме того, большую роль сыграло появление геоинформатики [5] как интегратора наук о Земле. Геоинформатика дала импульс к обобщению исследований и стимулировала к исследованию пространственных знаний – науке о Земле.

По мере развития наук о Земле в них появляются и решаются новые задачи и проблемы. Появляются новые термины, обусловленные появлением новых областей исследования и обобщением существующих понятий. К числу таких новых понятий

относится пространственное знание и его разновидность геознание [4]. Пространственное знание отличается от знания, применяемого в управлении и теории искусственного интеллекта. Это обусловлено лингвистическим и интеграционными аспектами: Лингвистический аспект состоит в том, что включение в дефиницию дополнительных терминов сужает объем понятия и требует уточненной формулировки. Интеграционный аспект состоит в появлении дополнительных отношений и связей, объединяющих ранее разрозненные данные отдельных наук о Земле. Появление дополнительных отношений и связей позволяет объединять различные виды информации и знаний и получать на этой основе новые модели и новое знание.

**Развитие пространственных знаний**

Проблема получения, формирования, анализа и применения пространственных знаний (Spatial Knowledge) обсуждается в литературе более 50 лет. Можно отметить известную работу Бенжамина Купера (1978) «Моделирование пространствен-

ных знаний» [12] Первоначально эта проблема соотносилась только с областью искусственного интеллекта. С 90-х годов после появления геоинформатики интенсивно началась интеграция исследований пространственного знания в области наук о Земле и методов искусственного интеллекта. Кроме того, эта проблема изучается в психологии в аспекте когнитивного пространственного моделирования и когнитивной графики [3].

Современное получение и представление пространственных знаний имеет свои особенности. Проблема получения пространственных знаний в настоящее время связана с информационным моделированием, с пространственным анализом, геостатистикой. Проблема формирования пространственных знаний в настоящее время связана с развитием информационных методов, в частности с пространственными информационными моделями [16].

### **Три типа пространственных знаний**

В настоящее время выделяют три разных типа пространственных знаний. Первый тип пространственных знаний связывают с абстрактными пространственными моделями. Этот тип знаний применяют в первую очередь в области математики и искусственного интеллекта и во вторую в области наук о Земле. Этот тип пространственного знания характеризуется конфигурационной компонентой. Этот тип пространственного знания связан с морфологическим и топологическим анализом. Это направление связано со сравнением пространственных информационных конструкций и поиском их свойств и закономерностей. Дополнительным развитием этого направления является теория нечетких множеств [13].

Второй тип пространственных знаний связывают с реальными пространственными объектами и их моделями, которые расположены на земной поверхности и в реальном пространстве. Этот тип знаний применяют, в первую очередь, в области наук о Земле и во вторую в сфере искусственного интеллекта. Второй тип пространственного знания характеризуется в равной степени координационной и конфигурационной компонентой. Второй тип пространственного знания связан с пространственными отношениями [9] и геореференцией [14]. В этом направлении появляются такие виды как пространственно временное знание [11]. Это открывает возможности применения методов темпоральной логики [1] для исследования пространственно временных знаний. Это направление связано с исследованием расположения простран-

ственных информационных конструкций и поиском их свойств и закономерностей

Третий тип пространственных знаний связывают с мышлением и визуальным представлением пространственных объектов и моделей. Этот тип знаний применяют, в первую очередь, в области психологии, образования, во вторую искусственном интеллекте и в третью в науках о Земле. Третий тип пространственного знания связан с визуальным моделированием [10]. Третий тип пространственного знания характеризуется в первую очередь когнитивной составляющей [3] и во вторую в равной степени координационной и конфигурационной компонентой. Третий тип пространственного знания связан с понятием целостности восприятия или гештальта [17].

В научных исследованиях все шире начинают применять понятие геознания (второй тип пространственного знания), как знания связанного с пространственными отношениями. Геознание рассматривается как форма знания, связанного, в первую очередь, с пространственными отношениями на земной поверхности. Отсюда следует возможность более широкого описания геознаний.

Знание об объектах в теории искусственного интеллекта, как правило, используют описания, основанные на традиционной лингвистической или аналитической форме. Пространственные знания могут быть достаточно адекватно переданы не только в традиционной форме, но и в дополнительных описаниях (карты, цифровые модели, изображения, псевдоизображения, трехмерные визуализации, пространственные топологические схемы).

### **Сравнение географического и геоинформационного знаний**

Термин пространственное знание [8] включает разные виды знаний: геоинформационное знание; географическое знание. Между ними существует различие. Термин «географические знания» появились раньше термина «геоинформационные знания». Это обусловлено тем, что география существовала несколько столетий раньше геоинформатики. Но термин «географические знания» обусловлен работами в области искусственного интеллекта и возник как вид знаний. Географические знания получают из процедурных и вторичных источников, поэтому они имеют в первую очередь качественные признаки и во вторую очередь количественные [15]. Это создает структурную несогласованность между качественными и количественными характеристиками географического знания [15].

Географические знания определяются качественными категориями «близко – далеко», «расположение относительно Севера», «Город в данной стране». Альтернативные им геоинформационные знания определяются количественными категориями: «расстояние до данного объекта», «азимут», «координаты данного объекта». Очевидно, что во втором случае мы имеем дело с количественными характеристиками, которые можно измерять и обрабатывать.

Пространственные знания получают на основе сбора количественной информации. После ее обработки и анализа пространственные знания опираются на геоданные и являются структурно согласованными [2] в систематизированных [18]. Пространственные модели [16], например, карты, космические снимки, радиолокационные снимки, цифровые модели – обеспечивают пространственный контекст, по которому исследователь может осуществить структурную согласованность пространственных объектов и адекватно их интерпретировать.

Еще одно различие между географическими и геоинформационными категориями выявили Смит и Марк [15]. Они выявили, что «географическое» и «визуальное» на карте являются различными понятиями для многих людей и особенно для студентов. Категория «географическое понятие» имела самую низкую степень согласованности с тем, что эта категория означает на практике. Авторы пришли к выводу, что термин «визуальный» является в реальной практике более широко употребляемым, чем термин «географический». Термин «визуальный» (визуальное моделирование) является термином геоинформатики. Этим подчеркнута преимущество геоинформационного знания.

#### Геореференция как характеристика пространственного знания

Важной онтологической характеристикой пространственного знания является референция. Для пространственного знания существует понятие геореференции [14] как средства описания получения знания о земных объектах. Пространственные отношения являются обобщением геореференции. Пространственные отношения наиболее представимы в трех видах: в виде топологических отношений, в виде геореференций, в виде пространственных иерархических отношений вида ISA, АКО [4].

Геореференция, определяемая наименованием, несущим характеристики отношений или описание объекта, называется идентифицирующей. Идентифицирующая референция связана с идентификатором

объекта исследований и использует три вида отношений – *указание, именование и обозначение*.

Выбор отношения при идентификации пространственного объекта обусловлен следующими правилами. Отношение «обозначение» применяют в ситуации явного описания объекта исследования. В математике оно соответствует явному описанию функции. Отношение «именование» применяют в ситуации неявного описания объекта космических исследований. В математике оно соответствует не явному описанию функции. Отношение «именование» применяют при отсутствии описания объекта, но наличии других объектов связанных с объектом исследования. Эти объекты находятся в пространственных отношениях с объектом исследования. В математике такое отношение соответствует набору ограничений, определяющих область существования.

#### Компоненты пространственного знания

Структурно пространственное знание в науках о Земле отличается от знания, применяемого в теории искусственного интеллекта и пространственного знания в теории искусственного интеллекта. Это обусловлено следующими основными причинами:

Пространственное знание в науках о Земле как система может быть представлено в виде кортежа, включающего: декларативные ( $D$ ), процедурные ( $P$ ), координационные ( $C$ ), конфигурационные ( $F$ ) и когнитивные ( $Cog$ ) – компоненты знаний.

$$SK = \langle D, P, C, F, Cog \rangle \quad (1)$$

Компоненты ( $D$ ) и ( $P$ ), как множества имеют пустое пересечение  $D \cap P = \emptyset$ , поэтому являются дизъюнктивными. В теории искусственного интеллекта такое описание является основой. В пространственном знании появляется еще три составляющие. Координационная составляющая дает отличие пространственного знания в науках о Земле от пространственного знания, применяемого в искусственном интеллекте. Это наглядно видно по материалам работы [11], в которой эквивалентными называют информационные ситуации [6], не эквивалентные при использовании координационной составляющей, что показано в работе [4].

Конфигурационная компонента ( $F$ ) пространственного знания является основной в области искусственного интеллекта. Когнитивная компонента пространственного знания ( $Cog$ ) является основной в области психологии. Все три компонента ( $C$ ,  $F$ ,  $Cog$ ) применяются в геоинформатике.

Важной особенностью пространственного знания является возможность не толь-

ко его визуального отображения на картах, схемах, фотоизображениях и других видах изображений, но возможность восприятия его субъектами с помощью образного мышления. Это отражается когнитивной компонентой пространственного знания. Соединение конфигурационной и когнитивной компоненты в пространственном знании дает возможность использовать топологические модели. Топологические модели не имеют метрических характеристик.

### Выводы

Пространственное знание имеет три разновидности, каждая из которых ориентировано на определенную предметную область. В области наук о Земле доминирующим является пространственное знание второго вида, для которого важное значение имеет координационная составляющая, при наличии конфигурационной. В области искусственного интеллекта доминирующим является пространственное знание первого вида с конфигурационной составляющей и практически отсутствием координационной составляющей. В области восприятия и визуального моделирования доминирующим является пространственное знание третьего вида, для которого доминирующим является процесс восприятия образов, образное мышление. Для знания этого вида важной характеристикой является целостность восприятия. Пространственное знание в науках о Земле позволяет решать новые задачи не только на земной поверхности, но и в околоземном пространстве и при космических исследованиях.

### Список литературы

1. Берштейн Л.С., Боженок А.В., Розенберг И.Н. Метод нахождения сильной связности нечетких темпоральных графов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2011. – № 3 (43). – С. 15–20.
2. Дулин С.К., Розенберг И.Н. Об одном подходе к структурной согласованности геоданных // Мир транспорта. – 2005. – Т. 11. № 3. – С. 16–29.
3. Зенкин А.А. Когнитивная компьютерная графика / Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. – 192 с.
4. Кулагин В.П., Цветков В.Я. Геознание: представление и лингвистические аспекты // Информационные технологии. – 2013. – № 12. – С. 2–9.
5. Майоров А.А., Цветков В.Я. Геоинформатика как важнейшее направление развития информатики // Информационные технологии. – 2013. – № 11. – С. 2–7.
6. Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Информационная ситуация. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2010. – № 12. – С. 126–127.
7. Савин А.И., Бондур В.Г. Научные основы создания и диверсификации глобальных аэрокосмических систем // Оптика атмосферы и океана. – 2000. – Том 13. № 1. – С. 46–62.
8. Цветков В.Я. Пространственные знания // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 7. – С. 43–47.
9. Цветков В.Я. Пространственные отношения в геоинформатике // Международный научно-технический и производственный журнал «Науки о Земле». Выпуск 01-2012. – С. 59–61.
10. Шорыгин С.М. Элементы языка визуального моделирования // Славянский форум. – 2014. – № 2 (6). – С. 171–175.
11. Antony Galton. Spatial and temporal knowledge representation // Earth Science Informatics, September, 2009, Volume 2, Issue 3, P. 169–187.
12. Benjamin Kuipers. Modeling Spatial Knowledge (1978) // Cognitive Science № 2. – P. 129–153.
13. Bozhenyuk A., I. Rozenberg and D. Yastrebinskaya, 2013. Finding of Service Centers in GIS Described by Second Kind Fuzzy Graphs. World Applied Sciences Journal (Special Issue on Techniques and Technologies), 22: 82-862.
14. Hill Linda L. Georeferencing: The Geographic Associations of Information – MIT Press Cambridge, Massachusetts, London, England. – 2009. – 272 p.
15. Smith B., and D.M. Mark. Geographical categories: An ontological investigation. // International Journal of Geographical Information Science. – 2001. – № 15 (7). – P. 591–612.
16. Tsvetkov V. Ya. Spatial Information Models // European Researcher. – 2013. – Vol.(60), № 10-1. – P. 2386–2392.
17. Tsvetkov V.Ya., Maslov A. S. Informative Description of Gestalt // European Journal of Technology and Design, 2014, Vol.(5), № 3. – P. 153–160.
18. Savinykh V.P. and V. Ya. Tsvetkov. Geodata As a Systemic Information Resource. ISSN 1019\_3316, Herald of the Russian Academy of Sciences, 2014, Vol. 84, № 5, P. 365–368.