

УДК 04.82; 528.4.

## ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ЗНАНИЯ

Цветков В.Я.

*ФГОУ ВПО «Московский государственный университет геодезии и картографии», Москва,  
e-mail: cvj2@list.ru*

Рассмотрено новое понятие в геоинформатике и области искусственного интеллекта- пространственное знание. Показаны основные виды пространственного знания. Раскрыто содержание геознания. Показано различие между геоинформационным и географическим знанием. Показана связь и различие между пространственным декларативным и процедурным знанием. Раскрывается геореференция как основа получения и представления пространственного знания. Показана связь между пространственными отношениями и геознанием. Показана конфигурационная составляющая пространственного знания. Показаны три вида отношений геореференции.

**Ключевые слова:** геоинформатика, знание, пространственное знание, искусственный интеллект, геознание

## SPATIAL KNOWLEDGE

Tsvetkov V.Y.

*FSEI «Moscow State University of Geodesy and Cartography», Moscow, e-mail: cvj2@list.ru*

The paper considers a new concept in the field of geo-informatics and artificial intelligence and spatial knowledge. The article describes the main types of spatial knowledge. The article reveals the geoknowledge. The article presents the difference between the geofomation knowledge and geographic knowledge. The article shows connection and the difference between spatial, declarative and procedural knowledge. Georeferences disclosed as a basis for preparation and presentation of spatial knowledge. The article shows the relationship between the spatial relationships and geoznaniem. The article shows the configuration of the spatial component of knowledge. The article describes three types of relationships georeferences.

**Keywords:** geoinformatics, knowledge, spatial knowledge, artificial intelligence, geoknowledge

Проблема получения, формирования, анализа и применения пространственных знаний (Spatial Knowledge) обсуждается в литературе более 40 лет. Можно отметить работу Бенжамина Купера (1978) «Моделирование пространственных знаний» [1], на которую в апреле 2013 года было 732 цитирования. Первоначально эта проблема соотносилась только с областью искусственного интеллекта. С 90-х годов после появления геоинформатики интенсивно началась интеграция геоинформационных технологий и методов искусственного интеллекта в области представления пространственных знаний. Кроме того, эта проблема изучается в психологии в аспекте когнитивного пространственного моделирования и когнитивной графики.

**Область исследования.** 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 моделями информационной позиции, информационной ситуации [2] и др. В частности, *информационная позиция* пространственного объекта определяется

на основе текущей оценки состояния объекта наблюдения по отношению к внешней среде в информационном поле. На основе информационной позиции осуществляется моделирование и прогноз динамики состояний объекта наблюдения и среды.

Получение пространственных знаний включает этапы построения терминологического поля [3], построение отношений, извлечение знаний из фактов наблюдения (data mining) и результатов обработки пространственных данных. Пространственные знания отражают знания о пространственных объектах, и знания о пространственных непространственных отношениях [4].

В настоящее время выделяют три разных типа пространственных знаний. Первый тип пространственных знаний связывают с абстрактными пространственными моделями. Этот тип знаний применяют в области математики, искусственного интеллекта и частично в области геоинформатики. Второй тип пространственных знаний связывают с пространственными объектами и их моделями, с тем, что расположено на земной поверхности и в реальном пространстве. Этот тип знаний применяют, в первую очередь, в области геоинформатики и в науках о Земле. Во вторую в сфере искусственного интеллекта. Третий тип пространственных знаний

связывают с мышлением и представлением пространственных объектов и моделей. Этот тип знаний применяют, в первую очередь, в области психологии, образования, во вторую в геоинформатике и искусственном интеллекте.

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, псевдо-изображения, трехмерные визуализации, пространственные топологические схемы).

Термин геознание имеет две разновидности: 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 [5]. Это создает структурную несогласованность между качественными и количественными характеристиками географического знания [5].

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.

Преподаватели в области наук о Земле и пространственные аналитики, понимают, что при изучении пространственных

знаний второго типа происходит переход от знаний о местности, полученных отчасти субъективно к знаниям, полученным через символы и отображение карт [6]. Это подчеркивает важную окраску геознания и особенно географического знания как знания, содержащего субъективные характеристики и субъективную интерпретацию. Степень этой субъективности может быть разной, в зависимости от применяемых методов и точности инструментов.

Геознания или геоинформационные знания, которые получают на основе сбора количественной информации, ее обработки и анализа являются структурно согласованными в количественном и качественном отношениях. Отсюда географические методы часто используют качественные оценки, в то время как геоинформационные методы опираются и на количественные оценки и связанные с ними качественные понятия.

Пространственные геоинформационные модели, 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 [7]. 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. Поэтому еще раз подчеркнуто преимущество геоинформационного знания.

Географические категории часто являются обобщениями. Например, достаточно часто термин «географические координаты» используют как обобщение астрономических и геодезических координат [8] координат. В других случаях термином «географическими» заменяют термин «геодезические». Например, в ГИС географической сеткой называют сетку широт и долгот, полученную с помощью геодезических измерений и в геодезических проекциях.

Значительная неопределенность географических категорий является результатом существования диапазона интерпретации референций места и диапазона пограничных значений пространственно-координатного отпечатка таких референций [9]. В то же время «Четкость» категорий обычно используется в ГИС для определения пространственных особенностей, где нет никаких неточностей в определении границ местоположения [5]

Важной онтологической характеристикой пространственного знания является референция. Для пространственного знания и геознания существует понятие геореференции [5, 10] как средства описания получения геознания 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 [10].

Геореференция, определяемая наименованием, несущим характеристики отношений или описание объекта, называется идентифицирующей.

Идентифицирующая референция связана с идентификатором объекта космических исследований и использует три вида отношений – *указание, именование и обозначение*.

Выбор отношения при идентификации пространственного объекта обусловлен следующими правилами.

Отношение «обозначение» применяются в ситуации явного описания объекта исследования. В математике оно соответствует явному описанию функции.

Отношение «именование» применяют в ситуации неявного описании 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.

При введении нового понятия целесообразно дать сходство и различие с близкими понятиями.

Структурно пространственное знание отличается от знания, применяемого

в управлении и теории искусственного интеллекта. Это обусловлено следующими основными причинами:

*Лингвистический аспект.* Привязка к конкретной предметной области сужает объем понятия;

*Интеграционный аспект.* Появление дополнительных отношений и связей позволяет объединять различные виды информации и знаний и получать на этой основе новые модели и новое знание.

Пространственное знание как подмножество представляет собой объединение декларативного ( $D$ ), процедурного ( $P$ ) и конфигурационного ( $C$ ) множеств.

$$GK = D \cup P \cup C. \quad (1)$$

Множества  $D$  и  $P$  имеют пустое пересечение  $D \cap P = \emptyset$ , поэтому являются дизъюнктивными. В теории искусственного интеллекта такое описание является основой. В пространственном знании появляется еще одна составляющая называемая конфигурационной. Именно эта составляющая дает отличие пространственного знания от знания, применяемого в искусственном интеллекте.

Еще одним отличием пространственного знания является возможность его *визуального отображения* на картах, схемах, фотоизображениях и других видах изображений. При отображении применяют специальные преобразования, позволяющие представлять пространственные знания в визуальной форме удобной для анализа.

Для обозначения отображения  $\varphi$  множества  $A$  на множество  $B$  используется запись:

$$\varphi: A \rightarrow B. \quad (2)$$

Если  $x \in A$ , то множество всех элементов из  $B$ , сопоставляемых при отображении  $\varphi$  элементу  $x$ , обозначается через  $\varphi(x)$  и называется *образом элемента  $x$* .

Благодаря преобразованию (2) в пространственном знании широко применяют топологические модели.

### Выводы

Пространственное знание имеет три разновидности, одной из которых является геознание. Пространственное знание имеет свою специфику, которая называется конфигурационной составляющей. Пространственное знание в качестве основы использует геореференцию и пространственные отношения, которые являются основой пространственного знания. Пространствен-

ное знание позволяет решать новые задачи в области геоинформатике, в области искусственного интеллекта и в области наук о Земле. Пространственное знание применяется при создании и организации инфраструктур пространственных данных.

#### Список литературы

1. Benjamin Kuipers. Modeling Spatial Knowledge // Cognitive Science. – 1978. – № 2. – P. 129–153.
2. Tsvetkov V.Y. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European Researcher. – 2012. – Vol.(36). – № 12–1. – P. 2166–2170.
3. Тихонов А.Н., Иванников А.Д., Цветков В. Я. Терминологические отношения // Фундаментальные исследования. – 2009. – № 5. – С. 146–148.
4. Малинников В.А., Майоров А.А., Савиных В.П., Цветков В.Я. Знания и пространственные знания // Геопространственные технологии и сфера их применения: материалы 7-ой Международной научно-практической конференции. – М.: Информационное агентство «Гром», 2011. – С. 12–14.
5. Hill Linda L. Georeferencing: The Geographic Associations of Information – MIT Press Cambridge, Massachusetts. – London, England, 2009. – 272 p.
6. Ishikawa, T., and K. A. Kastens. Why some students have trouble with maps and other spatial representations // *Journal of Geoscience Education*. – 2005. – № 53 (2). – P. 184–197.
7. Smith, B., and D. M. Mark. Geographical categories: An ontological investigation. // *International Journal of Geographical Information Science*. – 2001. – № 15 (7). – P. 591–612.
8. Геодезия, картография, геоинформатика, кадастр: Энциклопедия. В 2-х т. / под ред. А.В. Бородко, В.П. Савиных. – М.: ООО «Геодезкартиздат», 2008. – Т. I – 496 с.
9. Burrough P, Frank AU (eds) (1996) Geographic objects with indeterminate boundaries. Number 2 in GISData. Taylor and Francis, London.
10. Майоров А.А., Цветков В.Я. Геореференция как применение пространственных отношений в геоинформатике // Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 3. – С. 87–89.
11. Цветков В.Я. Логика в науке и методы доказательств. – LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, Saarbrücken, Germany 2012. – 84 с.