

В. Я. Цветков
Профессор, доктор технических наук

ЛИНГВИСТИКА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОТНОШЕНИЙ

Рассмотрены лингвистические особенности представления пространственных отношений. Дается сравнение подхода искусственного интеллекта и геоинформационного подхода. Показано, что теории искусственного интеллекта при изучении пространственного знания используют морфологический подход, а в геоинформатике координатно-морфологический подход. Показано наличие геоинформационного знания или геознания. Описаны функциональные пространственные характеристики. Раскрывается лингвистика пространственных отношений. Приводятся информационные пространственные ситуации. Дана графическая модель информационного взаимодействия.

Ключевые слова: лингвистика, пространственное знание, искусственный интеллект, геоинформатика, геознание.

V. Ia. Tsvetkov
Professor, doctor of technical sciences

LINGUISTICS SPATIAL RELATIONS

The article describes the linguistic features of representation of spatial relations. The article compares the approach of Artificial Intelligence and GIS approach in the study of spatial relationships. The article states that the theory of artificial intelligence in the study of spatial knowledge using morphological approach. Geoinformatics uses a coordinate-morphological approach. This article describes a kind of spatial knowledge: knowledge of geo-information, or geoznanie. The article describes the features of the spatial characteristics associated with spatial knowledge. The article describes the spatial relationships of linguistics. The article describes the spatial information of the situation. The article describes the graphic model of information interaction.

Key words: linguistics, spatial knowledge, artificial intelligence, geoinformatics, geoknowledge.

Пространственные отношения исследуются в области искусственного интеллекта достаточно давно [1] и менее длительное время в геоинформатике [2, 3]. Они тесно связаны с моделированием и представлением пространственных знаний [1], с геореференцией [3, 4]. В Российской науке эта проблема освещается слабо. С появлением тенденции применения методов искусственного интеллекта в геоинформатике [5] исследования в этих областях стали более связанными.

Эта связь отражается в статье Энтони Гэлтона [6]. Данная статья является в какой-то степени рубежной, поскольку она не только обобщает работы более чем 100 исследователей в этой области, но и вводит в рассмотрение дополнительно к «пространственному знанию» еще и «пространственно-временное знание».

Одной из отличительных особенностей современной науки является тенденция к углубленному изучению смысловой стороны процессов и явлений. Она проявляется в геоинформатике и в теории искусственного интеллекта (включая область пространственного знания), где вызвана необходимостью рассматривать средства и единицы информационных взаимодействий и информационных ситуаций с учетом лингвистических факторов, рассматриваемых с учетом имманентных свойств, а также внешних факторов. Это мотивирует к изучению различных видов знаний, включая пространственные знания.

Пространственные знания в геоинформатике называют геоинформационными знаниями или геознаниями [7]. Геознания отражают не одну предметную область, а интегрированные с геоинформатикой предмет-

ные области [8]. Это повышает их ценность по сравнению со знаниями отдельных предметных областей. Корни геознания лежат в области пространственных знаний и опираются на исследования именно в этой области.

Говоря о достоинствах статьи Энтони Гэлтона [6] посвященной эволюции и особенностями пространственного и пространственно-временного знания, необходимо отметить и недостатки, которые явились побудительным мотивом написания этой статьи.

Семантическая сущность информационных единиц пространственного знания (геознания) связана с наличием признаков: дейктивности, релятивности, референциальности и ситуативности. Эти термины не придуманы автором статьи, а широко применяются в лингвистике.

Поясним для неискушенного читателя, что дейктивность означает свойство «указывать на что-то». Релятивность – это относительность, важное свойство которое позволяет обобщать и переносить знания из одной области в другую. Референциальность необходимо отличать от референции [4]. Для этого понятия воспользуемся определением К. Донелана (в статье "Референция и определенные дескрипции"). Он определяет референциальность как характеристику определенных способов употреблять языковые конструк-

ции [9]. Примером такого способа является синтаксис. Ситуативность это учет или учет и описание ситуации, в которой находится объект или явление.

Рассматривая пространственные отношения, Энтони Гэлтон [6] не рассматривает свойство ситуативности, то есть не вводит и не рассматривает понятие информационной ситуации [10]. В силу этого у него описание пространственных отношений в некоторых случаях не отделяется от информационной ситуации и даже подменяет ее. Ситуация и отношение – существенно разные категории. На уровне интуиции он включает референциальность и дейктивность. Но на уровне описания их не применяет.

Он также не вводит функциональные пространственные характеристики. Это обусловлено тем, что, как он пишет в заключении, в первую очередь он опирался на подход и методы искусственного интеллекта и старался не использовать методы геоинформатики.

Одно из основных различий подходов области искусственного интеллекта (ИИ) и геоинформатики (ГИ) состоит в неиспользовании в (ИИ) и использовании в (ГИ) локализации, или позиционирования, пространственных объектов.

Оба направления используют аппарат теории множеств, для которого важны отноше-

Таблица 1

Функциональные пространственные характеристики

Характеристика	Значение (Meaning)
$D(R1, R2)$	Расстояние между $R1$ и $R2$.
$S(R1)$	Площадь $R1$.
$L(R1)$	Протяженность, длина $R1$
$Co(R1, n1B, n2H)$	Координаты $R1$ широта ($n1$), долгота ($n2$)
$Co(R1, n1B, n2H, n3A)$	Координаты $R1$ широта ($n1$), долгота ($n2$), альтитуда ($n3$)
$Co(R1, n1X, n2Y)$	Координаты $R1$: $X=n1$; $Y=n2$
$Co(R1, n1X, n2Y, n3Z)$	Координаты $R1$: $X=n1$; $Y=n2$; $Z=n3$
$Co(R1, n1\phi, n3R)$	Координаты $R1$: $\phi=n1$; $R=n3$
$Co(R1, n1\phi, n2\theta, n3R)$	Координаты $R1$: $\phi=n1$; $\theta=n2$; $R=n3$

ния между множествами и элементами. Но в искусственном интеллекте не учитываются координатные характеристики, то есть позиция множества в реальном пространстве.

В геоинформатике позиционирование (координатное определение) является дополнительным фактором, который различает множества, не различимые с позиций искусственного интеллекта. Этот фактор обусловлен введением в рассмотрение точек отсчета и координатных систем [11]. Точка

отсчета определяет точное положение системы координат и положение объектов в этой системе. В области ИИ эта идея трансформировалась в ведение когнитивной точки отсчета (ссылки) Cognitive Reference Points (CRP). Но CRP по существу субъективная качественная характеристика – референция, связанная с исследователем. Точка отсчета в геоинформатике и геодезии [12] объективная качественная и количественная характеристика.

Можно констатировать, что исследование пространственных объектов в ИИ опирается на морфологический подход, а исследование пространственных объектов в геоинформатике на координатно-морфологический подход. Оба подхода не противоречат друг другу, но в ИИ доминирующим является морфологические характеристики и отношения, а в геоинформатике позиционные характеристики в первую очередь и морфологические во вторую.

Возможно по этой причине Энтони Гэлтон [6] не вводит функциональные пространственные характеристики, которые являются важными при изучении пространственных объектов. Эти основные характеристики приведены в таблице 1. Для того, чтобы легче было сравнивать содержание статьи [6] и данной статьи в таблицах 2 и 3, в некоторых случаях, сохраняются английские термины и пояснения, используемые в единственной таблице статьи [6]

Для характеристик таблицы 1 применяется следующий синтаксис.

$$F(a_1, a_2 \dots a_n) = (A_1, A_2, A_n)$$

F – идентификатор функциональной характеристики; $a_1, a_2 \dots a_n$ – перечень параметров; A_1, A_2, A_n – перечень значений параметров.

Таблица 1 может дополняться, так как в ней приведены только основные характеристики и показаны особенности их применения.

В таблице 2 приведены основные пространственные отношения. Она построена по аналогии с таблицей отношений [6], но имеет существенные дополнения и различия. В [6] обозначения даются без предикатов, там даются другие названия отношений для ISA и АКО, в то время как эти обозначения достаточно употребляемые. В [6] не разделяются отношения агрегации, классификации и индикации. В таблице 2 выделены отношения агрегации и классификации. Напомним, что отношение классификации ISA происходит от английского «is a». Отношение ISA предполагает, что свойства объекта наследуются от множества. Отношение между множеством и подмножеством АКО происходит от английского «a kind of». От-

Таблица 2

Основные пространственные отношения

Отношения (Relation)	Обозначение (Symbol)	Значение (Meaning)
Отношение отсутствия связи	R1 , ANC R2	R1 and R2 are not connected. R1 и R2 не связаны.
Отношение связи	R1 , AC R2	R1 and R2 are connected. R1 и R2 связаны.
Иерархическое отношение классификации «есть часть», «один ко многим» множество (класс) классифицирует свои экземпляры	R1 , ISA R2	R1 is part of R2. Свойства объекта (экземпляра) R1 наследуются от множества (класса) R2
Иерархическое отношение агрегации «есть экземпляр» «один ко многим»	R1 , EXO R2	R1 example of R2. Объект R1 есть экземпляр объекта R2. R1 есть элемент системы R2
Иерархическое отношение классификации «есть часть», «многое ко многим» Подмножество есть часть множества	R1 , АКО R2	R1 a kind of” R2. Подмножество R1 есть часть множества R2 свойства подмножества R1 наследуются от множества R2
Иерархическое отношение агрегации, «отношение меронимии» – отношение целого к части	R1 , HPA R2	R1 has part R2. R1 имеет в качестве части R2
Иерархическое отношение агрегации, «отношение холонимии» – отношение части к целому	R1 , IPA R2	R1 is a part R2. R1 является частью R2

личие АКО от отношения ISA заключается в том, что ISA – отношение «один ко многим», а АКО отношение – «многое к многим».

Для характеристик таблицы 2 применяется следующий синтаксис.

$$R1 , SRel R2$$

SRel – идентификатор пространственного отношения; R1 – первый объект отношения (первый коррелят); R2 – второй объект отношения (второй коррелят). Следует отметить,

что элементы отношения могут быть коррелятами [13], но это не обязательное условие.

В таблице 3 приводятся информационные пространственные ситуации. Информацион-

Таблица 3

Информационные пространственные ситуации

Информационная ситуация	Обозначение Symbol	Значение
Ситуации перекрытия		
Наличие перекрытия	OV	R1overlapsR2
Отсутствие перекрытия	DC	R1 is discrete from R2. R1 does not overlap R2
Полное перекрытие	FO	R1 full overlaps R2
Частичное перекрытие	PO	R1 partially overlapsR2
Ситуации эквивалентности		
Эквивалентность	EQ	R1 is equal to R2
Не эквивалентность	NEQ	R1 is not equal to R2
Ситуации соединения		
Отсутствие соединения	DC	R1 is discrete from R2. R1 is disconnected from R2
Соединение без перекрытия (отношение «общая граница»)	EC	R1 is externally connected to R2. R1 and R2 are connected but do not overlap
Частичное соединение без перекрытия («частичная граница»)	PC	R1 is partially connected to R2. R1 and R2 are partially connected and overlap
Ситуация части и целого		
R1 является собственной частью R2	PP	R1 is a proper part of R2. R1 is part of R2 but not equal to it
R1 представляет собой тангенциальную правильную часть R2	TPP	R1 is a proper part of R2 and some region is EC to both. R1 is a tangential proper part of R2
R1 не является тангенциальной частью R2	NTPP	R1 is a non-tangential proper part of R2. R1 is a proper part of R2 but not a TPP

ная ситуация это разновидность информационной модели, но не самого объекта, а микроокружения в котором он находится.

Для характеристик таблицы 3 применяется следующий синтаксис.

$$F(a_1, a_2 \dots a_n; b_1, b_2 \dots b_n) \rightarrow A_1, A_2, A_n$$

F – идентификатор пространственной информационной ситуации; a₁, a₂ ... a_n; b₁, b₂ ... b_n – параметры описания ситуации; A₁, A₂, A_n

– значение (значения) ситуации.

Для пояснения приведем графическую интерпретацию некоторых информационных ситуаций. На рис.1 приведены информационные ситуации DC, EC, PO. Соединительная линия связывает эти ситуации и в совокупности они отражают процесс информационного взаимодействия между объектами (a,b).

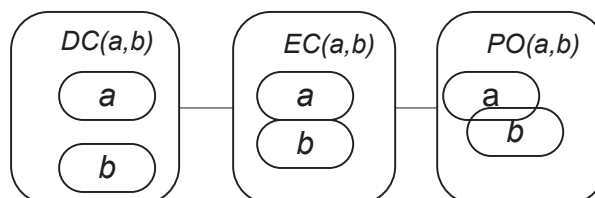


Рис.1. Информационные ситуации, отражающие информационное взаимодействие

В работе [6] также не рассматривается информационное взаимодействие [14] пространственных объектов. Информационные ситуации на рис. 1 отражают состояния: отсутствия взаимодействия (ситуация DC),

начало взаимодействия (ситуация EC), процесс взаимодействия (ситуация PO). На рис. 2 приведена ситуация эквивалентности для тангенциально правильных частей b, d по отношению к a, c

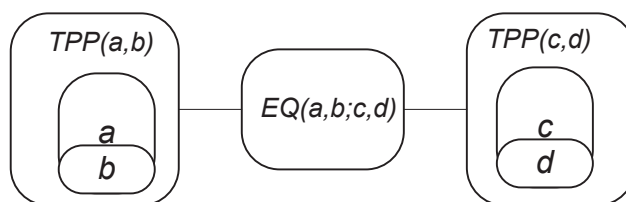


Рис. 2. Ситуация эквивалентности для тангенциально правильных частей

На рис. 3 приведена ситуация не эквивалентности для тангенциально правильных частей *b*, *d* по отношению к *a*, *c*

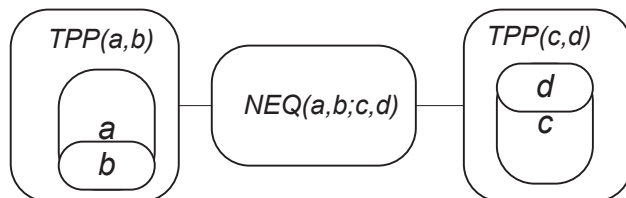


Рис. 3. Ситуация не эквивалентности для тангенциально правильных частей

Следует отметить, что в работе [6] такую ситуацию считают эквивалентной. Это допустимо с позиций морфологии, но включение координат в рассмотрение делает ситуацию

на рис. 3 не эквивалентной, поскольку координаты частей *b* и *d* существенно различны.

На рисунке 4 приведена ситуация эквивалентности для не тангенциальных частей.

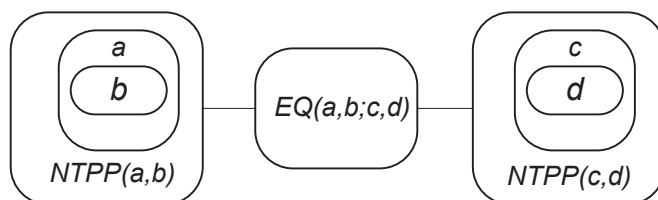


Рис. 4. Ситуация эквивалентности для не тангенциальных частей и объектов

На рис. 5 приведена ситуация не эквивалентности для не тангенциальных частей

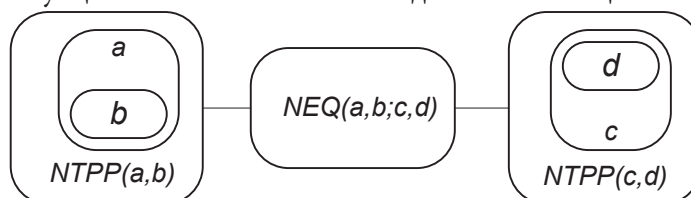


Рис. 5. Ситуация не эквивалентности для не тангенциальных частей и объектов

В работе [6] ситуацию на рис. 5 считают эквивалентной. Это допустимо с позиций морфологии, но включение координат в рассмотрение делает ситуацию на рисунке 5 не эквивалентной, поскольку координаты частей *b* и *d* различны.

Выводы

Применение и анализ пространственных отношений существенно упрощается при использовании лингвистического обеспечения как формального описания. Один из вариантов, апробированный в [6], и развитый в

настоящей работе, приведен в таблицах 1-3 и на рисунках 1-5. Пространственные отношения имеют свой язык синтаксис и условные графические обозначения. Использование методологии искусственного интеллекта или только морфологического анализа упрощает ситуации и делает неэквивалентные с позиций геодезии и геоинформатики ситуации - эквивалентными. Поэтому применение геоинформатики дает более точные оценки пространственной ситуации и пространственным отношениям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Benjamin Kuipers. Modeling Spatial Knowledge (1978) // Cognitive Science - №2. - p. 129-153
2. Цветков В.Я. Виды пространственных отношений//Успехи современного естествознания, 2013.-№ 5-С. 138-140.

3. Майоров А.А., Цветков В.Я. Геореференция как применение пространственных отношений в геоинформатике // Геодезия и аэрофотосъемка, 2012. – №3. – С. 87-89.
4. Hill Linda L. Georeferencing: The Geographic Associations of Information – MIT Press Cambridge, Massachusetts, London, England, 2009. – 272 p.
5. Савиных В.П., Цветков В.Я. Развитие методов искусственного интеллекта в геоинформатике // Транспорт Российской Федерации, 2010. – № 5. – С.41-43.
6. Antony Galton. Spatial and temporal knowledge representation // Earth Science Informatics, September, 2009, Volume 2, Issue 3, pp 169-187.
7. Цветков В.Я. Пространственные знания // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2013. – №7. – С.43-47.
8. Савиных В.П., Максудова Л.Г., Цветков В.Я. Интеграция наук об окружающем мире в геоинформатике // Исследование Земли из космоса, 2000. – №1. – С.46-50.
9. Keith Donnellan Reference and Definite Descriptions // The Philosophy of Language (3 edition), A. P. Martinich (ed.), Oxford University Press, 1996
10. V. Ya. Tsvetkov. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European Researcher, 2012, Vol.(36), № 12-1, p.2166- 2170.
11. Бармин И. В., Савиных В. П., Цветков В. Я., Затыгалова В. В. Мониторинг загрязнений моря судами по данным дистанционного зондирования // Морской сборник, 2013. – т.1998. – №9. – С.41-49.
12. Бармин И.В., Ляшук Б.А., Савиных В.П., Цветков В.Я. Принципы глобального космического мониторинга // Полет. Общероссийский научно-технический журнал, 2013. – № 4. – С. 54-58.
13. V. Ya. Tsvetkov. Framework of Correlative Analysis // European Researcher, 2012, Vol.(23), № 6-1, p.839- 844
14. V. Ya. Tsvetkov. Information Interaction as a Mechanism of Semantic Gap Elimination // European Researcher, 2013, Vol.(45), № 4-1, p.782- 786.

REFERENCES

1. Benjamin Kuipers. Modeling Spatial Knowledge (1978) // Cognitive Science - №2. - pp. 129-153.
2. Tsvetkov V.Ia. Types of spatial relations. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia - Successes of modern science*, 2013, no.5. pp.138-140 (in Russian).
3. Maiorov A.A., Tsvetkov V.Ia. Georeferentsiya as the use of spatial relationships in Geoinformatics. *Geodeziia i aerofotos"emka - Geodesy and aerial photography*, 2012, no.3. pp.87-89 (in Russian).
4. Hill Linda L. Georeferencing: The Geographic Associations of Information – MIT Press Cambridge, Massachusetts, London, England, 2009. – 272 p.
5. Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ia. The development of artificial intelligence methods in Geoinformatics. *Transport Rossiiskoi Federatsii - Transport of the Russian Federation*, 2010, no.5. pp.41-43 (in Russian).
6. Antony Galton. Spatial and temporal knowledge representation // Earth Science Informatics, September, 2009, Volume 2, Issue 3, pp 169-187.
7. 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).
8. Savinykh V.P., Maksudova L.G., Tsvetkov V.Ia. Integration of Sciences about the world in Geoinformatics. *Issledovanie Zemli iz kosmosa - Study of Earth from Space*, 2000, no.1. pp.46-50 (in Russian).
9. Keith Donnellan Reference and Definite Descriptions // The Philosophy of Language (3 edition), A. P. Martinich (ed.), Oxford University Press, 1996
10. V. Ya. Tsvetkov. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European Researcher, 2012, Vol.(36), № 12-1, p.2166- 2170.
11. Barmin I. V., Savinykh V. P., Tsvetkov V. Ia., Zatiagalova V. V. Monitoring of pollution of the sea by vessels using the remote sensing. *Morskoi sbornik - Maritime Collection*, 2013, V.1998, no.9. pp.41-49 (in Russian).
12. Barmin I.V., Liashchuk B.A., Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ia. The principles of global satellite monitoring. *Polet. Obshcherossiiskii nauchno-tehnicheskii zhurnal - Flight. All-Russian Scientific-technical Journal*, 2013, no.4. pp.54-58 (in Russian).
13. V. Ya. Tsvetkov. Framework of Correlative Analysis // European Researcher, 2012, Vol.(23), № 6-1, p.839- 844
14. V. Ya. Tsvetkov. Information Interaction as a Mechanism of Semantic Gap Elimination // European Researcher, 2013, Vol.(45), № 4-1, p.782- 786.

Информация об авторе

Цветков Виктор Яковлевич (Россия, г. Москва) – Профессор, доктор технических наук, советник ректора. Московский государственный университет геодезии и картографии. E-mail: cvj2@mail.ru

Information about the author

Tsvetkov Viktor Iakovlevich (Russia, Moscow) – Professor, doctor of technical sciences, advisor to the rector. Moscow State University of Geodesy and Cartography. E-mail: cvj2@mail.ru