

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

12(208)  
2013

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И ПРИКЛАДНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с ноября 1995 г.

УЧРЕДИТЕЛЬ  
Издательство "Новые технологии"

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Кулагин В. П., Цветков В. Я. Геознание: представление и лингвистические аспекты . . . . . 2

### ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Лакаев А. С. Контекстные технологии — новое направление развития информационных технологий анализа текстовой информации . . . . . 10

### МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ

Четырбоцкий А. Н. Численное 2D-моделирование теплового потока в верхней мантии Земли . . . . . 17

Валева А. Ф., Гончарова Ю. А., Кошечев И. С. Разработка логистической транспортной системы для решения задачи доставки груза различным клиентам. Часть 1. . . . . 23

Елгаренко Е. А. Формирование коллективных предпочтений в многокритериальных задачах . . . . . 28

Субботин С. А. Выделение обучающих выборок для построения диагностических моделей на основе методов вычислительного интеллекта . . . . . 36

Струченков В. И. О различных подходах к автоматизации проектирования трасс линейных сооружений . . . . . 41

Юлюгин Е. А., Речистов Г. С., Плоткин А. Л. Моделирование нагрузки на сетевое оборудование. Изучение влияния топологии сети на производительность приложений молекулярной динамики . . . . . 48

### КОДИРОВАНИЕ И ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ

Дворников С. В., Дворников С. С., Спириин А. М. Синтез манипулированных сигналов на основе вейвлет-функций . . . . . 52

### ПРИКЛАДНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Антонов А. В., Сальников Н. Л., Хромова М. О., Чепурко В. А. Об одной оценке показателей надежности восстанавливаемых технических систем . . . . . 56

### ПРОГРАММНЫЕ ПРОДУКТЫ И СИСТЕМЫ

Власов В. А. Метод расширенной интеграции элементов управления в графических приложениях . . . . . 62

Указатель статей, опубликованных в журнале "Информационные технологии" в 2013 году. . . . . 67

Указатель приложений к журналу "Информационные технологии" в 2013 году . . 70

Contents . . . . . 71

Приложение. Актуальные вопросы автоматизированного проектирования: моделирование, оптимизация, обработка информации

Главный редактор:  
СТЕМПКОВСКИЙ А. Л.,  
акад. РАН, д. т. н., проф.

Зам. главного редактора:  
ДИМИТРИЕНКО Ю. И.,  
д. ф.-м. н., проф.  
ФИЛИМОНОВ Н. Б., д. т. н., с.н.с.

Редакционный совет:  
БЫЧКОВ И. В., акад. РАН, д. т. н.  
ЖУРАВЛЕВ Ю. И.,  
акад. РАН, д. ф.-м. н., проф.  
КУЛЕШОВ А. П.,  
акад. РАН, д. т. н., проф.  
ПОПКОВ Ю. С.,  
чл.-корр. РАН, д. т. н., проф.  
РУСАКОВ С. Г.,  
чл.-корр. РАН, д. т. н., проф.  
СОЙФЕР В. А.,  
чл.-корр. РАН, д. т. н., проф.  
СОКОЛОВ И. А., акад.  
РАН, д. т. н., проф.  
СУЕТИН Н. В., д. ф.-м. н., проф.  
ЧАПЛЫГИН Ю. А.,  
чл.-корр. РАН, д. т. н., проф.  
ШАХНОВ В. А.,  
чл.-корр. РАН, д. т. н., проф.  
ШОКИН Ю. И.,  
акад. РАН, д. т. н., проф.  
ЮСУПОВ Р. М.,  
чл.-корр. РАН, д. т. н., проф.

Редакционная коллегия:  
АВДОШИН С. М., к. т. н., доц.  
АНТОНОВ Б. И.  
БАРСКИЙ А. Б., д. т. н., проф.  
ВАСЕНИН В. А., д. ф.-м. н., проф.  
ГАЛУШКИН А. И., д. т. н., проф.  
ДОМРАЧЕВ В. Г., д. т. н., проф.  
ЗАГИДУЛЛИН Р. Ш., к. т. н., доц.  
ЗАРУБИН В. С., д. т. н., проф.  
ИВАННИКОВ А. Д., д. т. н., проф.  
ИСАЕНКО Р. О., к. т. н., с.н.с.  
КАРПЕНКО А. П., д. ф.-м. н., проф.  
КОЛИН К. К., д. т. н., проф.  
КУЛАГИН В. П., д. т. н., проф.  
КУРЕЙЧИК В. М., д. т. н., проф.  
КУХАРЕНКО Б. Г., к. ф.-м. н., доц.  
ЛЬВОВИЧ Я. Е., д. т. н., проф.  
МАЛЬЦЕВ П. П., д. т. н., проф.  
МИХАЙЛОВ Б. М., д. т. н., проф.  
НЕЧАЕВ В. В., к. т. н., проф.  
ПАВЛОВ В. В., д. т. н., проф.  
РЯБОВ Г. Г., чл.-корр. РАН, д. т. н., проф.  
СОКОЛОВ Б. В., д. т. н., проф.  
УСКОВ В. Л., к. т. н. (США)  
ФОМИЧЕВ В. А., д. т. н., проф.  
ЧЕРМОШЕНЦЕВ С. Ф., д. т. н., проф.  
ШИЛОВ В. В., к. т. н., доц.

Редакция:  
БЕЗМЕНОВА М. Ю.  
ГРИГОРИН-РЯБОВА Е. В.  
ЛЫСЕНКО А. В.  
ЧУГУНОВА А. В.

Информация о журнале доступна по сети Internet по адресу <http://novtex.ru/IT>.

Журнал включен в систему Российского индекса научного цитирования.

Журнал входит в Перечень научных журналов, в которых по рекомендации ВАК РФ должны быть опубликованы научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

УДК 04.82; 528.4

**В. П. Кулагин**, д-р техн. наук, зам. директора,  
МИЭМ НИУ ВШЭ,

**В. Я. Цветков**, д-р техн. наук, проф.,  
советник ректора Московского государственного  
университета геодезии и картографии  
e-mail: cvj2@mail.ru

## Геознание: представление и лингвистические аспекты

*Рассмотрено новое понятие в геоинформатике — гео-  
знание. Представлены основные виды геознания и рас-  
крыто его содержание. Показаны различия между гео-  
информационным и географическим знаниями, а также  
связь и различия между пространственным, деклара-  
тивным и процедурным знаниями. Раскрывается георефе-  
ренция как основа получения и представления геознания.  
Показана связь между пространственными отношениями  
и геознанием. Рассмотрены лингвистические особенности  
представления пространственных отношений. Приво-  
дятся информационные пространственные ситуации.  
Даны графические модели информационного взаимодей-  
ствия пространственных объектов.*

**Ключевые слова:** геоинформатика, геознание, про-  
странственное знание, знание, пространственные от-  
ношения, геореференция, лингвистика пространствен-  
ных отношений

### Введение

Одной из отличительных особенностей современной науки является тенденция к углубленному изучению смысловой стороны процессов и явлений. Она проявляется в геоинформатике, где вызвана необходимостью рассматривать средства и единицы информационных взаимодействий и информационных ситуаций с учетом лингвистических факторов, имманентных свойств пространственных объектов. Это мотивирует изучение различных видов знаний, включая геознания. По мере развития геоинформатики [1] в ней возникают и решаются новые задачи и проблемы. Появляются новые термины, обусловленные развитием новых областей исследования и обобщением существующих понятий. К числу таких новых понятий относится геознание как новый вид знания, обусловленный интеграцией, в первую очередь, пространственного знания, используемого в искусственном интеллекте, и знаний, применяемых в геоинформатике. При введении нового понятия необходимо выявить сходство и различие с близкими понятиями. Структурно геознание отли-

чается 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.

### Лингвистические аспекты

Необходимо связать термин геознание с родственными терминами и разграничить его с терминами, которые не являются родственными или связанными с ним лингвистическими отношениями, но по звучанию вызывают ассоциации связи.

Геознание является обобщением следующих понятий: географическое знание [2, 3], пространственное знание [4—6], геоинформационное знание. Поскольку геоинформатика интегрирует науки о Земле, то и геознание интегрирует знания наук о Земле, которые являются основой интеграции геоинформатики: геодезии, картографии, фотограмметрии, дистанционного космического зондирования, космической геодезии.

Геознание включает фрагментарно знания областей геоинформатики или знания, с которыми есть общие с геоинформатикой области исследований: геодинамика, транспорт [7], искусственный интеллект [8], геология [9], инженерные изыскания [10], экология, кадастр, землепользование [11] и др.

К недостаткам некоторых исследований в области геоинформатики следует отнести ряд введенных терминов, которые не являются обоснованными, а в некоторых случаях авторы терминов не могут придумать даже правильной дефиниции для этих новых терминов. Это прежде всего такие суррогаты, как "геопространственное знание", "кибернетическая цифровая модель", "высокоточная цифровая модель" [12, 13] и другие, но они не имеют отношение к геознанию.

Особо следует остановиться на термине "геопространственный". Этот термин имеет право на существование, но в рамках того объема понятия, который он содержит, а не в расширительном смысле, как его довольно часто употребляют.

Первая особенность этого термина в том, что для большинства людей, знающих физику, категории "пространство" и "время" — это разные категории, которые синонимами не являются. Тем не менее, термин "геопространственный" часто употребляют для описания временных характеристик, что является грубой ошибкой.

Вторая особенность состоит в несоответствии области применения и объема понятия. Рассмотрим часто употребляемый термин "геопространственные данные". Для тех, кто знаком с теорией множеств, очевидно, что "данные" являются множеством (или общим классом). "Пространственные данные" являются подмножеством множества "данные" и не являются временными данными. "Геопространственные данные" являются подмножеством "пространственных данных" и также не содержат временных данных. Употребление термина "геопространственные данные" как синонима термина "геоданные", который содержит три группы ("место", "время", "тема), является ошибкой.

### Что такое геознание?

Представление пространственных знаний (Spatial Knowledge) исследуется более 40 лет. Необходимо отметить работу Бенжамина Купера (1978 г.) "Моделирование пространственных знаний" [4], на которую в апреле 2013 г. было 732 цитирования. Первоначально эта проблема соотносилась только с областью искусственного интеллекта. С 90-х годов прошлого века после появления геоинформатики началась интеграция геоинформационных технологий и методов искусственного интеллекта в области представления пространственных знаний [2, 8]. Кроме того, эта проблема изучается в психологии и образовании в аспекте когнитивного пространственного моделирования и когнитивной графики.

В теории искусственного интеллекта выделяют процедурные и декларативные знания. Геознания можно рассматривать как синтез декларативных, процедурных и пространственных знаний.

Прежде чем дать определение геознания, проведем небольшой анализ. Геознание ( $GK$ ) как подмножество знания представляет собой объединение декларативного ( $D$ ), процедурного ( $P$ ) и пространственного ( $C$ ) множеств:

$$GK = D \cup P \cup C,$$

где пересечение множеств  $D$  и  $P$  является пустым. В теории искусственного интеллекта такое описание из двух множеств является основой знания. В геознании появляется еще одна составляющая, называемая пространственной. Именно эта составляющая обуславливает отличие пространственного геознания от знания, применяемого в искусственном интеллекте. Она позволяет соотносить геознание с точками пространства. С точки зрения дефиниции геознание сужает объем понятия термина "знание", поэтому является подмножеством множества "знания".

Особенностью геознания является возможность его визуального отображения на картах, схемах, фотоснимках и других визуальных моделях, что позволяет подключать когнитивные области человеческого восприятия для визуального (образного) анализа и повышает эффективность анализа. Это дает возмож-

ность говорить о визуальном отображении геознания, что не всегда приемлемо для других видов знаний.

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

$$\varphi: A \rightarrow B.$$

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

В геознании широко применяют топологические и картографические модели.

Пространственная составляющая геознания связана с отображением и описанием пространственных конструкций, пространственных структур, пространственных отношений, топологий и референций и может быть выражена в визуальной форме отображений пространственных объектов и моделей.

Благодаря возможности визуального отображения геознание имеет специфические характеристики и структуру [5], например, такие характеристики, как обозримость и воспринимаемость [14].

Отличительной особенностью геознания является то, что оно снимает или уменьшает селекционные ограничения на применимость аргументов предикатов при соотношении качественных и количественных шкал.

Например, утверждение "номер два это — синее" синтаксически хорошо сформировано, но на каком-то уровне (голубое) оно может быть аномальным [15]. "Голубые" не является предикатом, который может быть преобразован в числа, соответствующие синему. Но это в обычной логике и в обычном знании.

В *пространственном знании* при использовании визуальной картографической формы может задаваться цветовая шкала оттенков. Каждый из оттенков соответствует интервалу (количественная шкала) и номеру (порядковая шкала). В этом случае предикаты: "голубое", "синее", "темно-синее" и "светло-синее" и другие попадают в числовой ряд и могут использоваться в обработке.

*Географическим знаниям* присущи недостатки, связанные с нечеткостью и неопределенностью географических категорий. Например, категории "Сибирь", "Дальний Восток", "далеко от Москвы", "близко от Новгорода", которые часто используются в повседневной жизни, не соответствуют строго определенным регионам и в контексте употребления могут обозначать разные пространственные объекты.

В *геоинформатике*, в большинстве ГИС, в пространственных базах данных, в инфраструктуре пространственных данных (ИПД) [16] эта информация детализируется, уточняется и позволяет как референт использовать такое название с дополнением его необходимой информацией для того, чтобы точно определить пространственную область.

Таким образом, геознание в качественном отношении может включать географические атрибуты, но дополняет их количественными значениями из геоинформатики и тем самым уменьшает неопределенность [3] и повышает точность определения.

## Представление геознаний

Одна из проблем представления знаний формулируется как "Quantitative vs Qualitative", что означает "количественное против качественного" [15]. Шкалы качественных и количественных переменных в классическом описании разделены [17], и возникает проблема при переходе от качественных категорий к количественным для выполнения обработки (включая компьютерную). Вышеприведенный пример с "голубым" и "синим" показывает, что геознание через визуальные модели, имеющие качественно-количественные характеристики, устанавливает связь между шкалами и решает эту проблему.

Представление знаний (knowledge representing — KR) включает представление фактов и представление понимания этих фактов. Поэтому иногда употребляют термин "Knowledge Representation and Reasoning — (KRR)" — представление и понимание. Это ярко проявляется в геознании, в котором подключается когнитивная область человека как обязательный инструмент восприятия и анализа.

В геознании процесс понимания стандартизован применением библиотек визуальных образов (например, условных знаков), т. е. процессы понимания в геознании более регламентированы и отработаны. Особенность геознания — связь цветовых и морфологических характеристик с качественными и количественными значениями — в обычном знании отсутствует.

Современное представление пространственных знаний, в первую очередь как геознаний, имеет свои особенности [18]. Получение геознаний связано с информационным моделированием, с пространственным анализом, с геостатистикой. Проблема формирования геознаний связана с развитием информационных методов, в частности, с моделями информационной позиции, информационной ситуации [19] 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, построение онтологий [20], извлечение знаний из фактов наблюдения (data mining) и результатов обработки пространственных данных. Пространственные знания отражают знания о пространственных объектах и знания о пространственных и непространственных отношениях [21]. Представление знаний включает использование онтологий, систематики и классификации различных объектов, представленных в концептуализации модели мира, вместе с учетом их свойств и отношений.

Возникнув как направление в философии, формальная онтология стала одним из важных направлений в информационных системах исследований,

с приложением в задачах поддержки согласованности и последовательности при объединении знаний большого объема из различных источников. Этот аспект онтологий в пространственном знании применяют при создании электронных карт большого объема и при работе с базами геоданных.

## Три типа геознаний

В настоящее время выделяют три типа геознаний. Первый тип геознаний связывают с абстрактными пространственными моделями. Этот тип знаний применяют в области математики, искусственного интеллекта и частично в области геоинформатики. По существу это область пространственных знаний [4, 5, 15], применяемых в геознании.

Второй тип геознаний связывают с конкретными пространственными объектами и моделями, их расположением на земной поверхности и в реальном пространстве. Этот тип знаний применяют, в первую очередь, в области геоинформатики и в науках о Земле. Он приводит к понятиям пространственные отношения [21] и геореференция [2, 22, 23]. Геознание часто рассматривается как форма знания, связанного, в первую очередь, с пространственными отношениями на земной поверхности. Однако это не единственная его форма.

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

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).

## Географическое и геоинформационное знание

В термин "геознание" входят две разновидности (геоинформационное знание; географическое знание [2]), между которыми существует различие. Термин "географические знания" появился раньше термина "геоинформационные знания". Это обусловлено тем, что география существовала на несколько столетий раньше геоинформатики. Географические знания получают из процедурных и вторичных источников, поэтому они имеют, в первую очередь, качественные признаки и, во вторую очередь, количественные [2]. Это создает структурную несогласованность между качественными и количественными характеристиками географического знания [2].

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 аналитики, работающие в этой области, понимают, что при изучении пространственных знаний второго типа происходит переход от знаний о местности (отчасти субъективных), к знаниям, полученным через символы и отображение карт [24]. Это подчеркивает важную окраску географического знания как знания, содержащего субъективные характеристики, субъективную интерпретацию и значительную неопределенность. Степень этой неопределенности может быть разной в зависимости от применяемых методов и точности инструментов.

Геознания как 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 [3]: "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, т. е. еще раз подчеркнута точность геоинформационного знания.

Географические категории часто являются обобщениями. Например, достаточно часто термин "географические координаты" используют как обобщение астрономических и геодезических координат [25]. В других случаях термином "географические" заменяют термин "геодезические". Например, в ГИС географической сеткой называют сетку широт и долгот, полученную с помощью геодезических измерений и в геодезических проекциях. Строго говоря, эта сетка является геодезической.

Значительная неопределенность географических категорий является результатом существования диапазона интерпретации референций места и диапа-

зона пограничных значений пространственно-координатного отпечатка таких референций [26]. В то же время "четкость" категорий обычно используется в ГИС для определения пространственных особенностей, где нет никаких неточностей в определении границ местоположения.

### Референция и геореференция

Важной онтологической характеристикой знания и пространственного знания является референция. Для геознания это понятие трансформировано в понятие геореференции [2, 22, 23] как средства описания получения геознания о земных объектах.

Для описания пространственных объектов широко применяют графовые (топологические) модели. В этих моделях могут быть использованы и другие виды отношений. При этом следует отличать пространственный граф, который содержит пространственную топологию, от описательного графа, который содержит дополнительное описание. В этих моделях используют следующие отношения:

- функциональные (определяемые обычно глаголами "производит", "влияет", ...);
- количественные (больше, меньше, равно, ...);
- пространственные (далеко от, близко от, за, под, над, ...);
- временные (раньше, позже, в течение, ...);
- атрибутивные (иметь свойство, иметь значение);
- логические (И, ИЛИ, НЕ);
- лингвистические.

Геореференция может рассматриваться как процесс и как отношение. В этом она сходна с классификацией. Как процесс, геореференция означает определение объекта (геореференции) в физическом пространстве. Существует понятие объективной точки геореференции. Например, такой точкой является центроид ареального объекта. Существует понятие "когнитивной точки референции" [5]. В этом случае референция связана с когнитивной областью восприятия человека.

Геореференция, как отношение, может задаваться по-разному. Геореференция, определяемая наименованием, несущим характеристики отношений или описание объекта, называется идентифицирующей. Идентифицирующая геореференция 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 неявному описанию функции.

Отношение "именование" применяют при отсутствии описания объекта, но при 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.

### Пространственные отношения в геознании

Пространственные отношения являются одним из источников формирования геознаний. В геоинформатике пространственные отношения в основном представлены в трех видах: в виде топологических отношений, в виде геореференций, в виде пространственных иерархических отношений вида ISA, АКО.

Отношение классификации ISA происходит от английского "is a". Говорят, что множество (класс) классифицирует свои экземпляры (например, "улица есть часть городской территории"). Иногда это отношение именуют "member of". По-русски это может называться "есть" (единственное число) или "суть" (множественное число). Связь ISA предполагает, что *свойства объекта наследуются от множества*.

Обратное отношение — "example of" или "пример". Поэтому процесс порождения элементов из множества называется экземпляцией.

Отношение между множеством и подмножеством АКО происходит от английского "a kind of", например, "городские районы есть подмножество городской территории".

Отличие АКО от отношения ISA заключается в том, что ISA — отношение "один ко многим", а АКО отношение — "многое к многим".

Применяя иерархические типы отношений, следует четко различать, какие объекты являются классами, а какие — экземплярами классов. При этом вовсе не обязательно, что одно и то же понятие будет классом или экземпляром во всех предметных областях.

Так, "студент" всегда будет классом в базах знаний типа "студенческая группа" или "вуз", но может быть экземпляром класса учащихся.

Наличие отношения классификации еще не говорит о существовании системы классификации, а только служит основой для нее. Исключение составляют те случаи, когда классификация уже создана.

Объект, как сложная система, состоит из нескольких частей или элементов. Например, город включает улицы, площади, дома, объекты инфраструктуры, инженерные сооружения и т. д. Это определяет еще один тип отношения — отношение целого и части.

Отношение меронимии — отношение целого к части ("has part"). Мероним — объект, включающий другой объект как часть: "Город включает городские районы. Городская территория включает улицы".

Отношение холонимии — отношение части к целому ("is a part"): "Улица часть городской территории".

Улица — холоним для городской территории. Городская территория — мероним для улицы.

Основные идеи лингвистики геознаний сформированы на основе идей и положений, отраженных в статье Энтони Гэлтона [15]. Данная статья является итоговой, 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".

Говоря о достоинствах статьи Энтони Гэлтона [15], посвященной эволюции и особенностями пространственного и пространственно-временного знания, необходимо отметить ее недостатки.

Семантическая сущность информационных единиц [27] пространственного знания (геознания) связана с наличием признаков: дейктивности, релятивности, референциальности и ситуативности. Эти термины 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 надо отличать от референции [2, 22]. Для этого понятия воспользуемся определением К. Доннелана [28]. Он определяет референциальность как характеристику определенных способов употреблять языковые конструкции. Примером такого способа является синтаксис. Ситуативность — это учет или учет и описание ситуации, в которой находится объект или явление.

Рассматривая пространственные отношения, Энтони Гэлтон [15] не определяет свойство ситуативности, т. е. не вводит понятие информационной ситуации [29]. 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.

Энтони Гэлтон 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 в 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 отношения между множествами и элементами. Но в искусственном интеллекте не учитываются координатные характеристики, т. е. позиция множества в реальном пространстве.

В геоинформатике позиционирование (координатное определение) является дополнительным

Функциональные пространственные характеристики [15]

Характеристика	Значение (Meaning)
$D(R_1, R_2)$	Расстояние между $R_1$ и $R_2$
$S(R_1)$	Площадь $R_1$
$L(R_1)$	Протяженность, длина $R_1$
$Co(R_1, n1B, n2H)$	Координаты $R_1$ широта ( $n1$ ), долгота ( $n2$ )
$Co(R_1, n1B, n2H, n3A)$	Координаты $R_1$ широта ( $n1$ ), долгота ( $n2$ ), альтитуда ( $n3$ )
$Co(R_1, n1X, n2Y)$	Координаты $R_1$ : $X = n1$ ; $Y = n2$
$Co(R_1, n1X, n2Y, n3Z)$	Координаты $R_1$ : $X = n1$ ; $Y = n2$ ; $Z = n3$
$Co(R_1, n1\phi, n3R)$	Координаты $R_1$ : $\phi = n1$ ; $R = n3$
$Co(R_1, n1\phi, n2\theta, n3R)$	Координаты $R_1$ : $\phi = n1$ ; $\theta = n2$ ; $R = n2$

Таблица 2

Основные пространственные отношения

Отношения (Relation)	Обозначение (Symbol)	Значение (Meaning)
Отношение отсутствия связи	$R_1, \text{ANC } R_2$	$R_1$ and $R_2$ are not connected. $R_1$ и $R_2$ не связаны
Отношение связи	$R_1, \text{AC } R_2$	$R_1$ and $R_2$ are connected. $R_1$ и $R_2$ связаны
Иерархическое отношение классификации "есть часть", "один ко многим". Множество (класс) классифицирует свои экземпляры	$R_1, \text{ISA } R_2$	$R_1$ is part of $R_2$ , свойства объекта (экземпляра) $R_1$ наследуются от множества (класса) $R_2$
Иерархическое отношение агрегации "есть экземпляр" "один ко многим"	$R_1, \text{EXO } R_2$	$R_1$ example of $R_2$ . Объект $R_1$ есть экземпляр объекта $R_2$ , $R_1$ есть элемент системы $R_2$
Иерархическое отношение классификации "есть часть", "многое к многим" Подмножество есть часть множества	$R_1, \text{AKO } R_2$	$R_1$ a kind of $R_2$ . Подмножество $R_1$ есть часть множества $R_2$ , свойства подмножества $R_1$ наследуются от множества $R_2$
Иерархическое отношение агрегации, "отношение меронимии" — отношение целого к части	$R_1, \text{HPA } R_2$	$R_1$ has part $R_2$ , $R_1$ имеет в качестве части $R_2$
Иерархическое отношение агрегации, "отношение холонимии" — отношение части к целому	$R_1, \text{IPA } R_2$	$R_1$ is a part $R_2$ , $R_1$ является частью $R_2$

фактором, который различает множества, не различимые с позиций искусственного интеллекта. Этот фактор обусловлен введением в рассмотрение точек отсчета [30] и координатных систем. Точка отсчета определяет точное положение системы координат и положение объектов в этой системе. В области ИИ эта идея трансформировалась во ведение когнитивной точки отсчета (ссылки) *Cognitive Reference Points (CRP)*. Но *CRP*, по существу, — субъективная качественная характеристика, связанная с исследователем. Точка отсчета в геоинформатике и геодезии [25] — 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 доминирующими являются морфологические характеристики и отношения, а в геоинформатике — позиционные характеристики, в первую очередь, и морфологические — во вторую.

Возможно по этой причине Энтони Гэлтон [15] не вводит функциональные пространственные характеристики, которые являются важными при изучении пространственных объектов. Эти основные характеристики приведены в табл. 1. Для того чтобы легче было сравнивать содержание статьи [15] и данной статьи, в табл. 2 и 3 в некоторых случаях сохраняются английские термины и пояснения, используемые в единственной таблице статьи [15].

Для характеристик табл. 1 применяется следующий синтаксис:

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

где  $F$  — идентификатор функциональной характеристики;  $a_1, a_2, a_n$  — перечень параметров;  $A_1, A_2, A_n$  — перечень значений параметров.

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

В табл. 2 приведены основные пространственные отношения. Она построена по аналогии с таблицей отношений [15], но имеет существенные дополнения и различия. В работе [15] обозначения приводятся без предикатов, там даются другие названия отношений для *ISA* и *АКО*, в то время как эти обозначения достаточно употребляемые. В [15] не разделяются отношения агрегации, классификации и индикации. В табл. 2 выделены отношения агрегации и классификации. Отношение *ISA* предполагает, что *свойства объекта наследуются от множества*. Отличие *АКО* от отношения *ISA* заключается в том, что *ISA* — отношение "один ко многим", а *АКО* отношение — "многое к многим".

Для характеристик табл. 2 применяется следующий синтаксис:

$$R_1, \text{SRel } R_2,$$

где *SRel* — идентификатор пространственного отношения;  $R_1$  — первый объект отношения (первый коррелят);  $R_2$  — второй объект отношения (второй коррелят). Следует отметить, что элементы отношения могут быть коррелятами [31], но это не обязательное условие.

В табл. 3 приводятся информационные пространственные ситуации. Информационная ситуация — это разновидность информационной модели, но не самого объекта, а микроокружения, в котором он находится.

Таблица 3

**Информационные пространственные ситуации**

Информационная ситуация	Обозначение Symbol	Значение
<b>Ситуации перекрытия</b>		
Наличие перекрытия	OV	$R_1$ overlaps $R_2$
Отсутствие перекрытия	DC	$R_1$ is discrete from $R_2$ $R_1$ does not overlap $R_2$
Полное перекрытие	FO	$R_1$ full overlaps $R_2$
Частичное перекрытие	PO	$R_1$ partially overlaps $R_2$
<b>Ситуации эквивалентности</b>		
Эквивалентность	EQ	$R_1$ is equal to $R_2$
Неэквивалентность	NEQ	$R_1$ is not equal to $R_2$
<b>Ситуации соединения</b>		
Отсутствие соединения	DC	$R_1$ is discrete from $R_2$ $R_1$ is disconnected from $R_2$
Соединение без перекрытия (отношение "общая граница")	EC	$R_1$ is externally connected to $R_2$ $R_1$ and $R_2$ are connected but do not overlap
Частичное соединение без перекрытия ("частичная граница")	PC	$R_1$ is partially connected to $R_2$ $R_1$ and $R_2$ are partially connected and overlap
<b>Ситуация части и целого</b>		
$R_1$ является собственной частью $R_2$	PP	$R_1$ is a proper part of $R_2$ $R_1$ is part of $R_2$ but not equal to it
$R_1$ представляет собой тангенциальную правильную часть $R_2$	TPP	$R_1$ is a proper part of $R_2$ and some region is EC to both $R_1$ is a tangential proper part of $R_2$
$R_1$ не является тангенциальной частью $R_2$	NTPP	$R_1$ is a non-tangential proper part of $R_2$ $R_1$ is a proper part of $R_2$ but not a TPP

Для характеристики табл. 3 применяется следующий синтаксис.

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

где  $F$  — идентификатор пространственной информационной ситуации;  $a_1, a_2, \dots, a_n; b_1, b_2, \dots, b_n$  — параметры описания ситуации;  $A_1, A_2, A_n$  — 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 ( $a, b$ ).

В работе [15] также не рассматривается информационное взаимодействие [32] пространственных объектов. Информационные ситуации на рис. 1 отражают состояния: отсутствия взаимодействия

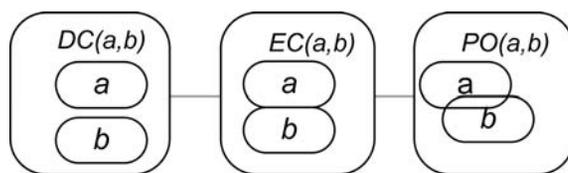


Рис. 1. Информационные ситуации, отражающие информационное взаимодействие

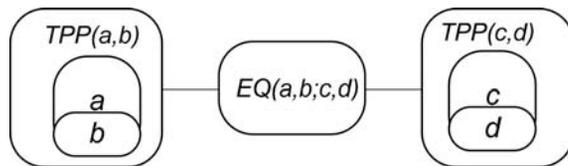


Рис. 2. Ситуация эквивалентности для тангенциально правильных частей

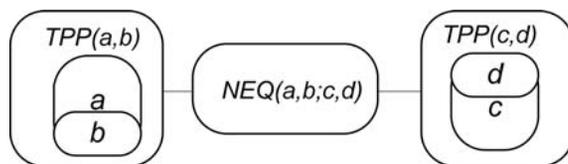


Рис. 3. Ситуация неэквивалентности для тангенциально правильных частей

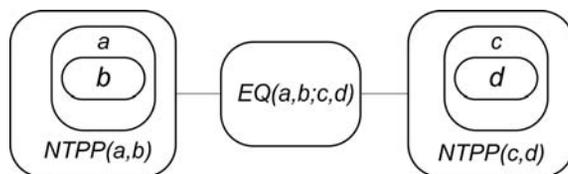


Рис. 4. Ситуация эквивалентности для нетангенциальных частей и объектов

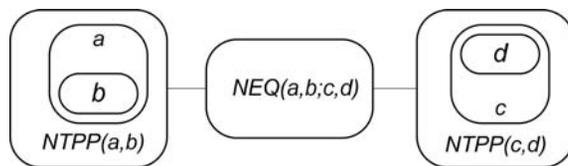


Рис. 5. Ситуация неэквивалентности для нетангенциальных частей и объектов

(ситуация  $DC$ ), начало взаимодействия (ситуация  $EC$ ), процесс взаимодействия (ситуация  $PO$ ).

На рис. 2 приведена ситуация эквивалентности для тангенциально правильных частей  $b, a$  по отношению к  $d, c$  ( $TPP, EQ$  — информационные ситуации).

На рис. 3 приведена ситуация неэквивалентности для тангенциально правильных частей  $b, d$  по отношению к  $a, c$  ( $NEQ$  — информационная ситуация).

Следует отметить, что в работе [15] такую ситуацию считают эквивалентной. Это допустимо с позиций морфологии, но включение координат в рассмотрение делает ситуацию на рис. 3 неэквивалентной, поскольку координаты частей  $b$  и  $d$  существенно различны.

На рис. 4 приведена ситуация эквивалентности для нетангенциальных частей ( $EQ, NTPP$  — информационные ситуации).

На рис. 5 приведена ситуация неэквивалентности для нетангенциальных частей

В работе [15] ситуацию на рис. 5 считают эквивалентной. Это допустимо с позиций морфологии, но включение координат в рассмотрение делает ситуацию на рис. 5 неэквивалентной, поскольку координаты частей *b* и *d* различны.

### Заключение

Применение и анализ пространственных отношений существенно упрощается при использовании лингвистического обеспечения как формального описания. Один из вариантов, апробированный в [15] и развитый в настоящей работе, приведен в табл. 1–3 и на пиктограммах на рис. 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.

Особенностью геознания является наличие пространственной составляющей. Геознание позволяет соотносить качественные переменные, представленные в визуальной форме с порядковой шкалой количественных переменных, что дает возможность решать новые задачи.

Геознания отражают не одну предметную область, а интегрированные с геоинформатикой предметные области [7]. 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.

Пространственное знание в качестве основы использует геореференцию и пространственные отношения, которые являются основой пространственного знания. Пространственное знание позволяет решать новые задачи в области геоинформатики, искусственного интеллекта и в области наук о Земле [17]. Пространственное знание применяется при создании и организации инфраструктур пространственных данных.

### Список литературы

1. Майоров А. А. Современное состояние геоинформатики // Инженерные изыскания. 2012. № 7. С. 12–15.
2. Hill L. Georeferencing: The Geographic Associations of Information. Cambridge, Massachusetts: MIT, 2009. 272 p.
3. Smith B., and Mark D. M. Geographical categories: An ontological investigation // International Journal of Geographical Information Science. 2001. N 15 (7). P. 591–612.
4. Kuipers B. Modeling Spatial Knowledge // Cognitive Science. 1978. N 2. P. 129–153.
5. Tverksy B. Levels and Structure of Spatial Knowledge. URL: <http://www-psych.stanford.edu/~bt/space/papers/levelsstructure.pdf>.
6. Малинников В. А., Майоров А. А., Савиных В. П., Цветков В. Я. Знания и пространственные знания // Тр. 7-й Международ. науч.-практ. конф. "Геопространственные технологии и

сфера их применения". Материалы конференции. М.: Информационное агентство "Гром", 2011. С. 12–14.

7. Майоров А. А., Цветков В. Я., Маркелов В. М. Геоинформационный подход в логистике // Геодезия и аэрофото-съемка. 2012. № 6. С. 93–97.

8. Савиных В. П., Цветков В. Я. Развитие методов искусственного интеллекта в геоинформатике // Транспорт Российской Федерации. 2010. № 5. С. 41–43.

9. Скларина Н. А. Решение задач расстановки сети датчиков при организации геоинформационной системы мониторинга оползнеопасных склонов. Ганновер: Cybernetika-verlag // Кибернетика. 2011. № 6. С. 25–29.

10. Майоров А. А., Цветков В. Я. Применение информатики и геоинформатики в инженерных изысканиях // Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации. Матер. 8-й общероссийской конф. изыскательских организаций, 13–14 декабря 2012. М.: ООО "Геомаркетинг". 2012. С. 140–142.

11. Бахарева Н. А. Применение информационных технологий в кадастре и мониторинге земель // Геодезия и аэрофото-съемка. 2013. № 2. С. 87–89.

12. Савиных В. П. О терминологии в области геодезии // Международный научно-техн. и производ. журнал "Науки о Земле". 2012. № 4. С. 34–36.

13. Кулагин В. П. О неадекватном применении некоторых терминов // Матер. междунар. образоват. форума "Бургас 2013". Бургас: ЕООД ИХНИИТ, 2013. С. 82–86.

14. Розенберг И. Н., Цветков В. Я. Среда поддержки интеллектуальных систем // Транспорт Российской Федерации. 2011. № 6. С. 6–8.

15. Galton A. Spatial and temporal knowledge representation // Earth Science Informatics, September, 2009. Vol. 2, N 3. P. 169–187.

16. Савиных В. П., Соловьёв И. В., Цветков В. Я. Развитие национальной инфраструктуры пространственных данных на основе развития картографо-геодезического фонда Российской Федерации // Геодезия и аэрофото-съемка. 2011. № 5. С. 85–91.

17. Тихонов А. Н., Цветков В. Я. Методы и системы поддержки принятия решений. М.: МаксПресс, 2001. 312 с.

18. Цветков В. Я. Пространственные знания: Формирование и представление LAP LAMBERT. Saarbrücken: Academic Publishing GmbH & Co. KG. 2013. 107 с.

19. Tsvetkov V. Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European Researcher. 2012. Vol. (36), N 12-1. P. 2166–2170.

20. Иваников А. Д., Кулагин В. П., Мордвинов В. А. и др. Получение знаний для формирования информационных образовательных ресурсов. М.: ФГУ ГНИИ ИТТ "Информика", 2008. 440 с.

21. Цветков В. Я. Пространственные отношения в геоинформатике // Междунар. научно-техн. и производ. журнал "Науки о Земле". 2012. № 01. С. 59–61.

22. Майоров А. А., Цветков В. Я. Геореференция как применение пространственных отношений в геоинформатике // Геодезия и аэрофото-съемка. 2012. № 3. С. 87–89.

23. Цветков В. Я. Геореференция как инструмент анализа и получения знаний // Междунар. научно-техн. и производ. журнал "Науки о Земле". 2011. № 2. С. 63–65.

24. Ishikawa, T., and Kastens K. A. Why some students have trouble with maps and other spatial representations // Journal of Geoscience Education. 2005. N 53 (2). P. 184–197.

25. Геодезия, картография, геоинформатика, кадастр: Энциклопедия. В 2-х т. / Под ред. А. В. Бородко, В. П. Савиных. М.: Геоледкартиздат, 2008. Т. I. 496 с.

26. Burrough P., Frank A. U. Geographic objects with indeterminate boundaries // GISData. 1996. N 2.

27. Tsvetkov V. Ya. Information objects and information Units // European Journal of Natural History. 2009. N 2. P. 99.

28. Donnellan K. Reference and Definite Descriptions // The Philosophy of Language (3 edition), A. P. Martinich (ed.), Oxford University Press, 1996.

29. Tsvetkov V. Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European Researcher. 2012. Vol. (36), N 12-1. P. 2166–2170.

30. Савиных В. П. Система получения координатно-временной информации для решения задач мониторинга // Междунар. научно-техн. и производ. журнал "Науки о Земле". 2012. № 03. С. 5–10.

31. Tsvetkov V. Ya. Framework of Correlative Analysis // European Researcher. 2012. Vol. (23), N 6-1. P. 839–844.

32. Tsvetkov V. Ya. Information Interaction as a Mechanism of Semantic Gap Elimination // European Researcher. 2013. Vol. (45), N 4-1. P. 782–786.