

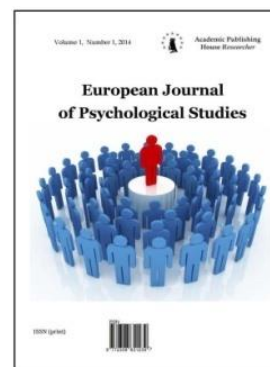
Copyright © 2017 by Academic Publishing House Researcher s.r.o.



Published in the Slovak Republic  
European Journal of Psychological Studies  
Has been issued since 2014.

ISSN: 2312-0363  
E-ISSN: 2409-3297  
2017, 5(1): 12-20

DOI: 10.13187/ejps.2017.5.12  
[www.ejournal12.com](http://www.ejournal12.com)



## Qualitative Spatial Reasoning and Spatial Relations

V.Ya. Tsvetkov <sup>a, \*</sup>

<sup>a</sup> Research and Design Institute of design information, automation and communication on railway transport, Russian Federation

### Abstract

The article describes the relationship between spatial reasoning and a series of spatial models, the most important of which are spatial relationships. Paper reveals the content of qualitative reasoning. Paper reveals the content of qualitative spatial reasoning. The article offers new concepts in the field of qualitative spatial reasoning. Paper reveals these new concepts: information units, spatial relationships, information structures and information situations. The article shows that information units are the basis of reasoning, information constructions by the mechanism of spatial conclusions. The article proves that spatial relations form the basis of qualitative analysis and qualitative spatial reasoning.

**Keywords:** artificial intelligence, spatial knowledge, information units, information structures, information situation, spatial relations, qualitative spatial reasoning.

### 1. Введение

Рассуждения с использованием о пространственных данных являются важной задачей во многих приложениях, таких как автоматизированное проектирование, лучевая диагностика, архитектурное и ландшафтное проектирование, геоинформационные технологии, анализ потоков и другие. Такие приложения часто требуют манипулирования и анализа с качественными пространственными данными. Качественное пространственное рассуждение (Qualitative spatial reasoning – QSR) (Cohn, Hazarika, 2001, Moratz, Ragni, 2008, Wallgrün, 2012) имеет несколько направлений развития. Одним из основных направлений является качественное пространственное рассуждение, связанное с предоставлением исчисления, которое позволяет компьютеру представлять и рассуждать с пространственными объектами без применения традиционных количественных методов. Представление касается различных форм пространственных знаний, а рассуждения касаются визуальных методов и логических методов принятия решений. Информационное поле (Tsvetkov, 2014a) «Качественное пространственное рассуждение» включает два внутренних поля визуального представления и логического рассуждения. Второе направление QSR связано с обучением в области информатики, целью которого является предоставление способов рассуждения о пространстве без необходимости получения точной количественной информации. Третье направление QSR представляет собой исследование механизмов вывода, которые связаны с когнитивными, вычислительными и формальными

\* Corresponding author  
E-mail addresses: [cvj2@mail.ru](mailto:cvj2@mail.ru) (V.Ya. Tsvetkov)

аспектами логических выводов, представляя непрерывные свойства пространства реального мира дискретными системами символов. Четвертое направление QSR связано с представлением непрерывных свойств мира дискретными символами, а затем рассуждение над такими символами без использования более дорогого (вычислительного) количественного знания. Качественные знания и рассуждения лучше имитируют процессы пространственного мышления человека.

## **2. Материал и методы исследования**

В качестве материала использовались существующие исследования в области искусственного интеллекта, пространственного знания и качественных рассуждений. Использовался опыт работ в области информационного конструирования и моделирования. В качестве методики исследования применялся системный анализ, структурный анализ, ситуационный анализа и информационное моделирование.

## **3. Результаты исследования**

### **Качественные рассуждения**

Искусственный интеллект (AI) в качестве одной из своих основных задач исследует способность рассуждать и формировать представления реального мира с помощью здравого смысла. Ранние попытки применять здравый смысл для рассуждения о физическом мире имеются во многих учебниках по физике и математике и пространственной логике. Эти рассуждения были адекватны рассуждениям о наиболее распространенных физических процессах и взаимодействиях. Манифест «Наивная физика» (Naive Physics) Hayes ([Hayes, 1978](#)) проложил путь для формирования качественной физики в качестве важной темы исследований в рамках ИИ.

Качественное рассуждение (QR) – это подход для общения со знаниями здравого смысла, не прибегая к полному количественному знанию. Представление знаний осуществляется через ограниченное хранилище качественных абстракций или стереотипов. Пространство и пространственные знания являются важной частью рассуждений здравого смысла. Несмотря на исследования, такие как Манифест наивной физики, представление пространства в рамках качественных рассуждений исследовано недостаточно. Однако, в последние годы наблюдается повышенный интерес к качественным пространственным рассуждениям, основанных на образном мышлении с использованием качественных абстракций.

### **Пространственные рассуждения**

Способность воспринимать пространственные образы и анализировать пространственные отношения кажутся легкими для людей, но оказалось настолько сложным для компьютеров, что они еще не достигли возможностей 5-летнего ребенка ([Bailey-Kellogg, Zhao, 2003](#)). Основная вычислительная проблема в этой области заключается в сложности определения качественных пространственных представлений. Например, хотя пиксели в цифровом изображении неявно определяют расположение пространственных «объектов», задача под рукой может потребовать более качественную характеристику конфигурации этих объектов, скажем, будет ли один объект в ближайшее время закрывать другой. Обработка пространственных данных является ключевой задачей во многих приложениях, включая геоинформационные системы (ГИС). Например, ГИС может иметь большое количество цифровой информации о пространственных характеристиках объектов, таких как рельеф местности, но требуется механизм для эффективного определения качественных отношений и визуального представления такого рельефа.

Качественное пространственное рассуждение (QSR) решает эти проблемы с использованием моделей информационной ситуации, пространственных отношений и информационных единиц. Информационные единицы имеют множество групп, включая графические ([Tsvetkov, 2014b](#)). В QSR применяют информационные единицы, обладающие свойством пространственной репрезентации, отчего эта группа называется репрезентативными информационными единицами. Информационные единицы выполняют роль алфавита и в совокупности образуют язык информатики, называемый пространственным «лексиконом» ([Bailey-Kellogg, Zhao, 2003](#)). Кроме того эти информационные единицы задают не только пространственные модели, но и входят в механизм вывода.

Подходы QSR характеризуются двумя важными и дополняющими классами проблем. Проблемы первого класса – это бедные данные, и целью является создание представлений, которые могут отвечать на качественные запросы без значительной числовой информации. Этот класс касается важного аспекта образного мышления человека и может быть найден во многих практических приложениях, таких как компьютерное обучение или понимание диаграмм. Из-за отсутствия подробной числовой информации представления, используемые подходами к проблемам с плохими данными, часто тщательно разрабатываются вручную в отношении задачи.

Проблемы второго класса (например, обработка цифровых изображений) являются богатыми данными и целью их является получение и управление качественными пространственными представлениями, которые эффективно и правильно абстрагируют важные пространственные аспекты базовых данных, и что можно использовать для различных задач.

Подходы к проблемам, богатым данными, дополняют подход к проблемам, связанным с данными, поскольку они могут автоматически строить пространственные представления. Вычислительная эффективность в рассуждении возникает из соответствующих качественных пространственных представлений; Например, качественное описание распределения температуры как конфигурации изоконтуров фокусирует поиск хороших схем теплового контроля. Точно так же качественные представления позволяют эффективно осуществлять доступ к данным и манипулировать данными, например, сопоставлять рельеф местности или карты. Они позволяют определять взаимодействие деталей в САД-дизайне и пути планирования для робототехники. Важной особенностью качественных пространственных представлений является их способность связывать результаты рассуждений с базовыми данными (богатыми или бедными) и знаниями домена, предоставляемыми пользователем.

### **Пространственные отношения как основа для рассуждений**

Пространственные отношения являются основой построения пространственных структур и одним из источников формирования пространственных знаний. Пространственные знания включают три компонента: морфологическую или конфигурационную, позиционную и взаимную. Например, по морфологической компоненте пространственного знания мы можем оценить пространственный объект как куб, конус или цилиндр, не прибегая к количественному анализу. По взаимной компоненте мы можем оценить близко или далеко находятся объекты, пересекаются они или соприкасаются.

Пространственные отношения исследуются в области искусственного интеллекта и в геоинформатике. В геоинформатике пространственные отношения наиболее представлены в трех видах: в виде топологических отношений, в виде геореференций, в виде пространственных отношений классификации и агрегации. Пространственные отношения описывают отношение пространственных объектов и задают пространственные информационные ситуации. Пространственные отношения в реальном мире тесно связаны с экономическими отношениями и служат основой для экономических расчетов и установления прав на объекты недвижимости и земельные участки.

Пространственный сложный объект состоит из частей и элементов. Элементами часто являются информационные единицы. Например, город включает улицы, площади, дома, объекты инфраструктуры, инженерные сооружения и т.д. Это определяет тип пространственного отношения – 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.

В [таблице 1 \(Tsvetkov, 2015\)](#) приведены некоторые пространственные отношения. В ней выделены отношения агрегации и классификации. Отношение классификации ISA происходит от английского «is a». Отношение ISA предполагает, что свойства объекта наследуются от множества. В логике это относят к дедукции и на этом основании осуществляют рассуждения и выводы. Отношение агрегации – это отношение между множеством и подмножеством АКО происходит от английского «a kind of». Отличие АКО от отношения ISA заключается в том, что ISA – отношение «один ко многим», а АКО отношение – «многое к многим».

**Таблица 1.** Основные пространственные отношения

Отношения (Relation)	Обозначение	Значение
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.
Отношение классификации «есть часть», «один ко многим»	$R_1, \text{ISA } R_2$	$R_1$ is part of $R_2$ . <i>свойства объекта <math>R_1</math> наследуются от класса <math>R_2</math></i>
Отношение агрегации «один ко многим»	$R_1, \text{EXO } R_2$	$R_1$ example of $R_2$
Отношение классификации, «многое к многим»	$R_1, \text{AKO } R_2$	$R_1$ a kind of" $R_2$ .
Отношение агрегации, «отношение меронимии» –	$R_1, \text{HPA } R_2$	$R_1$ has part $R_2$
Отношение агрегации, «отношение холонимии» –	$R_1, \text{IPA } R_2$	$R_1$ is a part $R_2$ $R_1$ является частью $R_2$

Для характеристик таблицы 2 применяется следующий синтаксис в виде процессуальной информационной конструкции.

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

SRel – идентификатор пространственного отношения;  $R_1$  – первый объект отношения (первый коррелят);  $R_2$  – второй объект отношения (второй коррелят).

Пространственные отношения задают также пространственные информационные ситуации. В [таблице 2](#) приводятся некоторые информационные пространственные ситуации (Tsvetkov, 2012). Информационная ситуация это разновидность информационной модели, которая описывает объект и его локальное окружение.

**Таблица 2.** Информационные пространственные ситуации

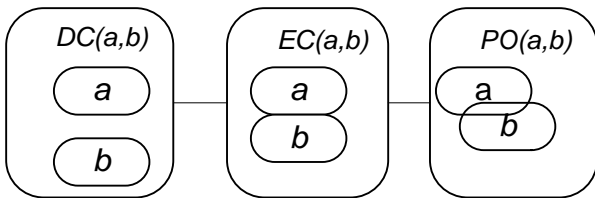
Информационная ситуация	Знак	Интерпретация
Перекрытие		
Наличие перекрытия	OV	$R_1 \text{ overlaps } R_2$
Отсутствие перекрытия	DO	$R_1$ does not overlap $R_2$
Полное перекрытие	FO	$R_1$ full overlaps $R_2$
Частичное перекрытие	PO	$R_1$ partially overlaps $R_2$
Эквивалентность		
Эквивалентность есть	EQ	$R_1$ is equal to $R_2$
Не эквивалентность	NEQ	$R_1$ is not equal to $R_2$
Соединение		
Отсутствие соединения	DC	$R_1$ is discrete from $R_2$ $R_1$ is disconnected from $R_2$
Соединение общая граница	EC	$R_1$ is externally connected to $R_2$
Соединение без перекрытия «частичная граница»	PC	$R_1$ is partially connected to $R_2$
Ситуация части и целого		
$R_1$ является собственной частью $R_2$	PP	$R_1$ is a proper part of $R_2$
$R_1$ тангенциально правильная часть $R_2$	TPP	$R_1$ is a tangential proper part of $R_2$
$R_1$ не является тангенциальной частью $R_2$	NTPP	$R_1$ is a proper part of $R_2$ but not a TPP

Для характеристик таблицы 2 применяется следующая информационная конструкция.

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

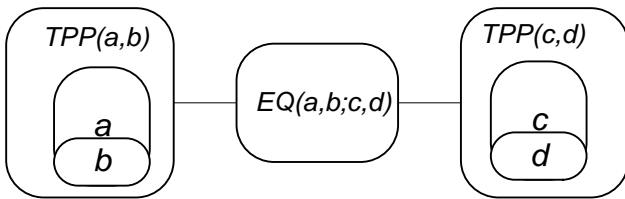
$F$  – идентификатор пространственной информационной ситуации;  $a_1, a_2, a_n; b_1, b_2, b_n$  – параметры описания ситуации;  $A_1, A_2, A_n$  – значение (значения) ситуации.

Приведем графическую интерпретацию некоторых информационных ситуаций. Обозначения приняты по аналогии с (Antony Galton (2009), в которой, однако, пространственные отношения не упоминаются. На [рисунке 1](#) приведены информационные ситуации  $DC, EC, PO$ . Соединительная линия связывает эти ситуации и в совокупности они отражают процесс информационного взаимодействия между объектами ( $a, b$ ).



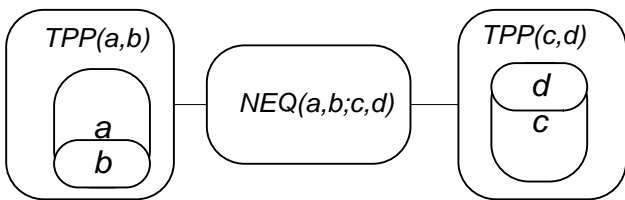
**Рис. 1.** Информационные ситуации, отражающие информационное взаимодействие

В работе (Antony Galton (2009) также не рассматривается информационное взаимодействие пространственных объектов. Информационные ситуации на [рисунке 3](#) отражают состояния: отсутствия взаимодействия (ситуация  $DC$ ), начало взаимодействия (ситуация  $EC$ ), процесс взаимодействия (ситуация  $PO$ ). На [рисунке 2](#) приведена ситуация эквивалентности для тангенциально правильных частей  $b, d$  по отношению к  $a, c$



**Рис. 2.** Ситуация эквивалентности для тангенциально правильных частей

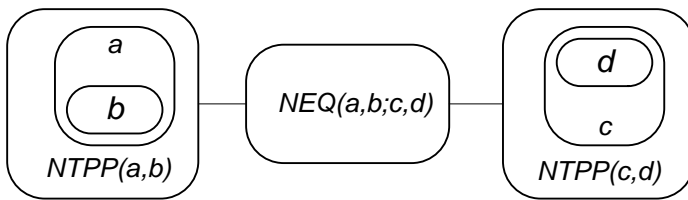
На [рисунке 3](#) приведена ситуация не эквивалентности для тангенциально правильных частей  $b, d$  по отношению к  $a, c$



**Рис. 3.** Ситуация не эквивалентности для тангенциально правильных частей

Следует отметить, что в работе Antony Galton (2009) такую ситуацию считают эквивалентной. Это допустимо с позиций морфологии, но включение координат или позиционного знания в рассмотрение делает ситуацию на [рисунке 3](#) не эквивалентной, поскольку координаты частей  $b$  и  $d$  существенно различны. На [рисунке 4](#) приведена ситуация не эквивалентности для не тангенциальных частей.





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

В работе (Antony Galton (2009)) ситуацию на рис. 4 считают эквивалентной. Это допустимо с позиций морфологии, но включение позиционного знания (системы координат) делает ситуацию на рисунке 4 не эквивалентной, поскольку координаты частей  $b$  и  $d$  различны.

#### **Пространственное агрегирование и информационные единицы.**

Один из частных подходов QSR для описания информационного взаимодействия называют пространственным агрегированием (Spatial Aggregation – SA) (Yip, Zhao, 1996). Он построен на следовании образному мышлению (Yip et al., 1995) и применяет комбинацию образов для манипуляции в многослойными геометрическими и топологическими структурами. Пространственное агрегирование позволяет использовать описанные выше пространственные отношения и пространственные информационные ситуации с визуальным моделированием и интеллектуальным анализом данных. Однако в контексте качественных рассуждений основное внимание должно уделяться явному представлению и объяснению результатов агрегации. Пространственная агрегация мотивирована некоторыми проблемами пространственного рассуждения, поднятыми Абельсоном и др. (Abelson et al., 1989). В статье Абельсона описывается ряд подходов к интерпретации численных результатов моделирования динамических систем. Эти проблемы имеют набор геометрических и топологических ограничений. Такого рода ограничения используют для значительного сокращения пространства информационного поиска, а также могут использоваться для передачи результатов интерпретации экспертам-специалистам.

Например, при интерпретации качественного поведения нелинейной динамической системы можно визуально описать множество траекторий, которые имеют одинаковое качественное поведение как один геометрический объект, который можно легко визуализировать (Yip, Zhao, 1996).

Метод SA позволяет описывать структуры в информационных полях на нескольких уровнях абстракции. При этом структуры, выявленные на одном уровне, становятся основой построения структуры на следующем уровне. Например, в приложении для анализа метеорологических данных (Huang, Zhao, 2000) SA могла извлекать из данных давления изобары, ячейки давления и прочее.

Поле пространственных данных, как правило, является гетерогенным. Состоящим из однородных областей. Однородные области в информационном поле можно объединять отношениями и рассматривать как пространственные структуры (например, изотермические контуры являются связанными кривыми равного значения. Тоже самое можно говорить о горизонталях на карте. Поэтому многослойные структуры возникают из однородных областей в полях разных масштабов.

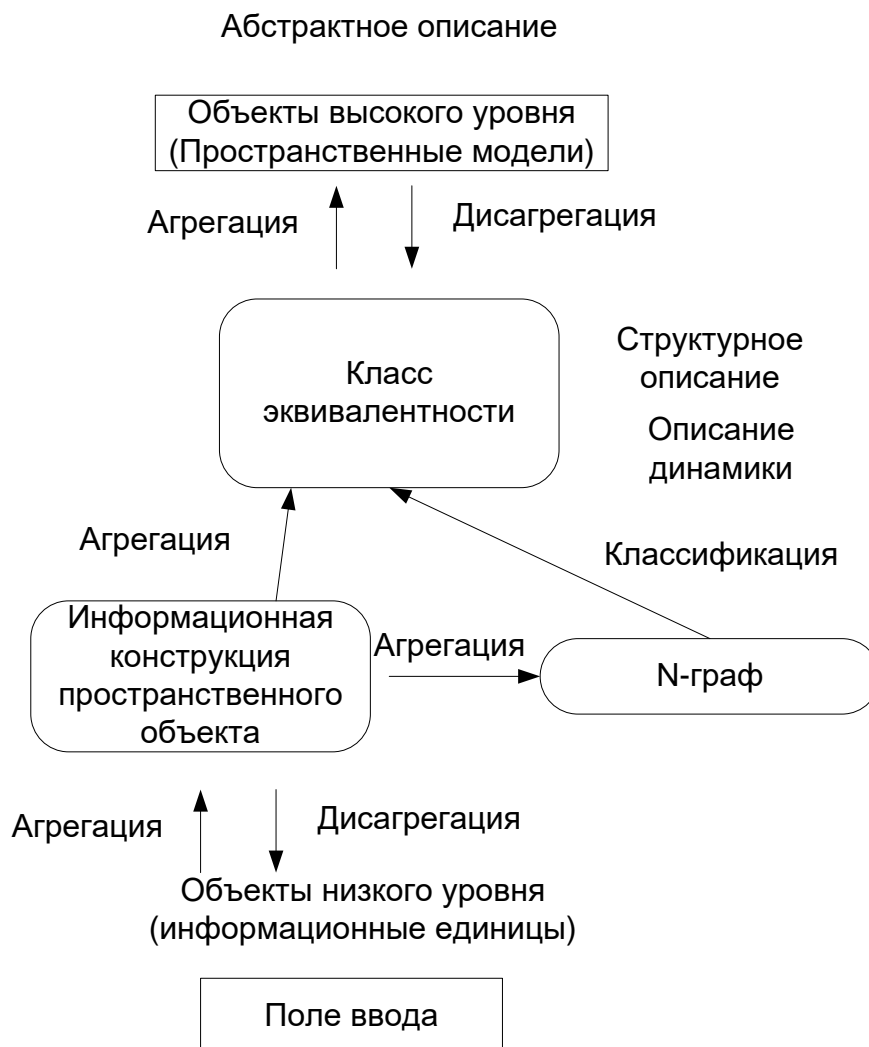
Наличие масштабов позволяет рассматривать сложные составные объекты и элементарные объекты, образующие информационные пространственные поля. Элементарные пространственные объекты вводятся в качестве примитивов в QSR. В другой интерпретации эти примитивы можно рассматривать как информационные единицы, элементы информационного языка. Информационные единицы служат основой инкапсуляции геометрических и топологических свойств в объекты, которые они образуют.

Параметрически пространственный объект представляет собой ячейку – параметрического пространства, топологически эквивалентную шару (Munkres, 1984). Сходство между объектами определяется сходством таких параметрических ячеек. Перемещение отображения из поля в абстрактное описание через несколько слоев, а не на один гигантский шаг, позволяет создавать модульные программы с управляемыми

элементами, которые могут использовать аналогичные методы обработки на разных уровнях абстракции.

Многоуровневое сопоставление также позволяет уровням более высокого уровня использовать глобальные свойства объектов нижнего уровня как локальные свойства объектов более высокого уровня. Например, средняя температура в области является глобальным свойством, если рассматривать ее относительно температурных точек данных, но является локальным свойством при рассмотрении более абстрактного описания области.

Метод SA предоставляет набор типов информационных единиц и процессуальных информационных конструкций (операторов) для построения иерархии пространственной совокупности. Информационные единицы и информационные конструкции явно используют знания о предметной области (Рис. 5), в частности сходство или близость объектов информационного поля и их функций, которые кодируются метриками, смежными отношениями и предикатами эквивалентности. Yip и Zhao (Yip, Zhao, 1996)



**Рис. 5.** Пространственное агрегирование с помощью информационных единиц и информационных конструкций

Метод SA позволяет создавать ряд прикладных программ, начиная от анализа динамических систем и заканчивая механическим анализом, с точки зрения одного и того же набора родовых операторов из области пространственных знаний. Центральный тип данных SA, граф окрестности (N-граф), является явным представлением отношения смежности объекта. Определение смежности является специфичным и зависит от метрических свойств входного поля. К общим отношениям смежности относятся, например,

триангуляции Делоне, связующие деревья и равномерные сетки. График окрестности служит информационной конструкцией, локализующей информационное взаимодействие между соседними объектами. Основные операторы SA объединяют объекты в графы окрестности или информационной ситуации. Эти модели удовлетворяют предикату смежности и классифицируют соседние узлы в классах эквивалентности, определяя сходство функции, и трансформируют классы эквивалентности в объекты более высокого уровня. Дополнительные операторы выполняют пространственный информационный поиск по графам окрестностей, проверяют согласованность объектов, извлекают их геометрические свойства и т.д.

Механизм пространственной агрегации использует свой собственный информационный язык, основанный на применении информационных единиц (примитивов) и их комбинаций (составных информационных моделей). Иногда его называют языком пространственной агрегации (The Spatial Aggregation Language - SAL) (Bailey-Kellogg et al., 1996; Yip, Zhao, 1996).

Библиотека графических информационных единиц поддерживает построение пространственных моделей. SAL позволяет пользователям изучать спецификации пространственных знаний, такие как отношения соседства и предикаты эквивалентности, а также интерактивно и графически изучать и изменять результаты. Исходный код SAL можно загрузить с сайта [www.cs.purdue.edu/homes/cbk/sal.html](http://www.cs.purdue.edu/homes/cbk/sal.html) или [www.parc.com/zhao/sal.html](http://www.parc.com/zhao/sal.html)

#### 4. Обсуждение

В большинстве зарубежных работ, посвященных пространственным рассуждениям и пространственным знаниям, не используют понятия информационных отношений, информационных ситуаций и информационных единиц. В тоже время их применение лежит на поверхности. Например, язык пространственной агрегации состоит из информационных единиц. Отношения между пространственными моделями и пространственными объектами также являются пространственными, хотя в явной форме их так не называют. Следует также различать пространственное отношение как фиксацию факта и пространственную информационную ситуацию, которая служит описанием и механизмом рассуждения. Эти базовые модели дополняют друг друга и позволяют внести системность в область пространственных рассуждений.

#### 5. Заключение

Качественные пространственные рассуждения основаны на образном анализе и ассоциативном мышлении. Человек без труда различает куб и шар, не прибегая к вычислениям. Человек по графику легко делает анализ в сравнении с табличными данными, по которым этот график построен. Во многих случаях качественные пространственные рассуждения повышают оперативность принятия решений и управления. К сожалению, теория этого подхода развивается разрозненно и в разных направлениях. Введение понятий предлагаемых в данной статье: пространственных отношений, информационных единиц, информационных конструкций и информационных ситуаций – систематизирует это направление и поможет сделать очередной шаг в формировании единой теории качественных пространственных рассуждений.

#### References

- Abelson et al., 1989 – Abelson, H.; Eisenberg, M.; Halfant, M.; Katzenelson, J.; Sacks, E.; Sussman, G.; Wisdom, J.; and Yip, K. (1989). Intelligence in scientific computing. *CACM* 32(5), 546–562.
- Galton, 2009 – Antony Galton (2009). Spatial and temporal knowledge representation. *Earth Science Informatics*, September, 2(3), 169-187.
- Bailey-Kellogg, Zhao, 2003 – Bailey-Kellogg, C., Zhao, F. (2003). Qualitative spatial reasoning extracting and reasoning with spatial aggregates. *AI Magazine*, 24(4), 47.
- Bailey-Kellogg et al., 1996 – Bailey-Kellogg, C., Zhao, F., Yip, K. (1996). Spatial aggregation: language and applications. In *The 13th Nat'l Conf. on Artificial Intelligence (AAAI)*, 517–522.
- Cohn, Hazarika, 2001 – Cohn, A. G., Hazarika, S. M. (2001). Qualitative spatial representation and reasoning: An overview. *Fundamenta informaticae*, 46(1-2), 1-29.



Hayes, 1978 – Hayes, P. J. (1978). The naive physics manifesto. Institut pour les études sémantiques et cognitives. Université de Genève.

Huang, Zhao, 2000 – Huang, X., and Zhao, F. (2000). Relation-Based Aggregation: Finding Objects in Large Spatial D atatasets. *Intelligent Data Analysis* 4(2): 129–147.

Moratz, Ragni, 2008 – Moratz, R., Ragni, M. (2008). Qualitative spatial reasoning about relative point position. *Journal of Visual Languages & Computing*, 19(1), 75–98.

Munkres, 1984 – Munkres, J. (1984). *Elements of Algebraic Topology*. Addison-Wesley.

Tsvetkov, 2014 – Tsvetkov V.Ya. (2014a). Information field. *Life Science Journal*, 11(5), 551–554.

Tsvetkov, 2014 – Tsvetkov V.Ya. (2014b). Information Units as the Elements of Complex Models. *Nanotechnology Research and Practice*, 1(1), 57–64.

Tsvetkov, 2015 – Tsvetkov V.Ya. (2015). Formation of Spatial Knowledge: Monograph. Moscow: MAKS Press, ISBN 978-5-317-05117-4

Tsvetkov, 2012 – Tsvetkov, V. Y. (2012). Information Situation and Information Position as a Management Tool. *European Researcher*, 36(12-1), 2166–2170.

Wallgrün, 2012 – Wallgrün, J. O. (2012, November). Exploiting qualitative spatial reasoning for topological adjustment of spatial data. In *Proceedings of the 20th International Conference on Advances in Geographic Information Systems*, pp. 229–238.

Yip et al., 1996 – Yip, K., and Zhao, F. (1996). Spatial aggregation: theory and applications. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 5, 1–26.

Yip et al., 1995 – Yip, K.; Zhao, F.; and Sacks, E. (1995). Imagistic reasoning. *ACM Computing Surveys* 27(3), 363–365.

## Качественные пространственные рассуждения и пространственные отношения

Виктор Яковлевич Цветков <sup>a, \*</sup>

<sup>a</sup> Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте, ОАО «НИИАС», Российская Федерация

**Аннотация.** Статья описывает связь между пространственными рассуждениями и рядом пространственных моделей, наиболее важными из которых являются пространственные отношения. Раскрыто содержание качественных рассуждений. Раскрыто содержание качественных пространственных рассуждений. Статья предлагает новые понятия в область качественного пространственного рассуждения. Это: информационные единицы, пространственные отношения, информационные конструкции и информационные ситуации. Статья показывает, что информационные единицы являются базисом рассуждений, информационные конструкции механизмом пространственных выводов. Показано, что пространственные отношения создают основу качественного анализа и качественных пространственных рассуждений.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, пространственные знания, информационные единицы, информационные конструкции, информационная ситуация, пространственные отношения, качественные пространственные рассуждения.

\* Корреспондирующий автор  
Адреса электронной почты: [cvj2@mail.ru](mailto:cvj2@mail.ru) (В.Я. Цветков)