

The article describes a model of a virtual map that is used for many purposes. The article shows that this model is the development of digital models and digital maps. This article describes the technology of construction of the virtual map. The article describes the possibilities of the virtual map in addressing training and management tasks. The article shows that the basis of the virtual map compositions are information units. The article proves that the virtual map closer to the spatial information model than to a cartographic model.

Keywords: applied geoinformatics, virtual map, spatial models, digital models, digital maps, three-dimensional maps, electronic cartography, information construction, information units.

УДК 1.61

ГЕОРЕФЕРЕНЦИЯ В ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОТНОШЕНИЯХ

*Владимир Петрович Кулагин, д-р техн. наук, профессор,
лауреат премии Президента РФ в области образования (2003 г.),
лауреат премии Правительства РФ в области образования (2009 г.),
член-корреспондент Российской академии естественных наук,*

*действительный член Академии информатизации образования, зав. лабораторией,
e-mail: kyp@miem.ru,*

*Московский институт электроники и математики Национального исследовательско-
го университета «Высшая школа экономики»,
<http://miem.hse.ru>*

DOI: 10.21777/2312-5500-2016-5-80-86

Статья описывает геореференцию как специальный объект изучения геоинформатики. Геореференция в прикладной области является описанием пространственных отношений. Лингвистика определяет геореференцию как производную референции. Логика определяет геореференцию как логическую цепочку. Информационное поле определяет геореференцию как полевую переменную. Статья описывает реализацию геореференции через фонд информационных единиц и их актуализаторы.

Ключевые слова: геоинформатика; прикладная геоинформатика; геореференция; геокодирование; геореференцирование; пространственный анализ; информационные единицы; моделирование; информационное конструирование; информационное поле; полевая переменная.

Введение

В настоящее время возрастает значение оперативного получения и использования пространственной информации для решения задач управления [1–3]. При этом важным является не просто получение пространственной информации, а преобразование ее в модели: цифровые модели [2, 4], модели ситуаций [5], дескриптивные модели, прескриптивные модели [6], управленческие модели [7, 8]. Именно модели являются основой обработки информации в информационных системах. Это повышает актуальность формирования моделей [9, 10] для информационных систем с использованием различных методов. Значительный объем пространственной информации, накопленный в результате производственной деятельности предприятиями России, а также разнообразие форматов, систем координат и технологий затрудняют процессы обмена информацией [11] и использование уже полученной информации. Требования рынка, предъявляемые к пространственной информации, обуславливают необходимость поиска новых методических решений и построение новых теоретических моделей. Выход из сложившейся ситуации видится в создании условий, обеспечивающих доступ потребителей к пространственным данным в электронном виде и их эффективное использова-



В.П. Кулагин

ние. Одним из подходов является создание инфраструктуры пространственных данных как новой формы хранения пространственной информации [12–14]. Другим подходом является создание новых информационных методов и моделей, описывающих информационные пространственные отношения, и использование этих моделей для систематизации пространственной информации с целью ее эффективного использования.

Геореференция как информационная модель. Новой информационной моделью, осуществляющей систематизацию пространственной информации, является геореференция [15–17]. Геореференция применяется в разных аспектах. Она служит средством описания связей между пространственными объектами. Она служит инструментом при организации поиска информации [18]. Она служит инструментом для получения знаний [19, 20].

Упрощенно геореференцию можно интерпретировать как пространственную (гео) ссылку (референция). Формальное определение геореференции [15, 20] – соотнесение информации об объектах на земной поверхности, в околоземном пространстве, в подземном пространстве с метрической составляющей геоданных. Иногда говорят о географическом или пространственном факторе, с которым соотносится любая информация в процессе геореференции.

Геореференция как информационная модель для получения знаний используется в разных аспектах: информационном, пространственном, лингвистическом и логическом. Информационный аспект определяет геореференцию как описание или дескриптивную модель [6]. Пространственный аспект соотносит геореференцию с точками координатного пространства [21, 22] (любого: земного, подземного, околоземного, космического). В этом аспекте геореференция может рассматриваться как пространственная референция и инструмент координации в пространстве. Термин координация в пространстве означает определение положения пространственного объекта в заданном пространстве или координатной системе. Причем для этой цели используют не только задание координат, но и векторные поля и лингвистические ссылки.

Лингвистический аспект использует геореференцию как производное понятие от термина «референция» и как лингвистическую ссылку для поиска информации, для лингвистического анализа и для сравнения ее с чем-либо. Этот аспект определяет место геореференции в терминологическом поле [23] или в семантическом поле.

Таким образом, рассмотренные три аспекта геореференции связывают ее с разными полями: информационным полем, пространственным координационным полем, векторным пространственным полем, семантическим полем, терминологическим полем. Это дает основание рассматривать геореференцию как полевою переменную [24], которая характеризует и связывает разные поля в геоинформатике.

Логический аспект рассмотрения геореференции дает возможность применять дедуктивный подход. Используя дедуктивный подход, можно рассматривать геореференцию как переход от общего (референция) к частному (геореференция). Референция (англ. *referens* – относящийся, сопоставляющий) определяется как отнесение именных групп или их эквивалентов к объектам действительности (референтам, денотатам). Часто географические названия и отношения между ними определяют геореференцию в этом аспекте [15].

В лингвистическом и пространственном аспекте геореференция должна отвечать трем принципам: замещения, предметности и однозначности.

Принцип замещения заключается в том, что пространственные номены, обозначающие один и тот же объект, могут взаимно заменяться. Например, имена «Москва» и «Столица России» могут взаимно заменяться. Соответственно, если любые имена x и y имеют одинаковый денотат, то утверждения $A(x)$ и $A(y)$ также имеют одинаковые значения при разных именах x и y . Семантически это означает, что одна сущность имеет разные формы представления.

Принцип предметности заключается в том, что геореференция должна выражать

пространственные и лингвистические отношения между пространственными объектами, а не между их названиями. Например, геореференция «кадастровый номер» отражает связи между элементами кадастровой системы, а не между названиями элементов этой системы.

Принцип однозначности объекта заключается в том, что геореференция должна однозначно обозначать только один предмет. Этот принцип является выражением свойства изоморфности. Например, геореференция «почтовый адрес» отражает определенный объект или субъект. Эти принципы определяют построение геореференции как выражения пространственных отношений в геоинформатике. Как сложная модель геореференция формируется как информационная конструкция [25] на основе информационных единиц [26].

При координатном описании пространства геореференция рассматривается как инструмент привязки к пространству. Например, декартова система координат определяется как «система для локализации точки на основе отношения (референции *by reference*) ее расстояния от осей, пересекающихся под прямым углом, часто представляемых как сетка на карте» [15].

Геореференция конструируется как информационная конструкция и реализуется как информационная модель.

Техника реализации геореференции в пространстве называется за рубежом «геореференцирование» (*georeferencing*) [27]. Геореференцирование означает процедуру связывания названия или имени с определенным местом в физическом пространстве. Этот термин обычно используется в информационных полях ГИС для описания процесса связывания электронной карты или растрового изображения с пространственным местом. Например, адрес места доставки товара может быть применен к любому виду адреса объекта, который может определять положение объекта (почтовый адрес, географические координаты) [28].

Для реализации геореференцирования применяют специальные справочники. Например, пространственные местоположения наиболее широко представлены с помощью справочной системы координат, которая, в свою очередь, может быть связана с геодезической системы отсчета, такой как WGS-84. Геореференцирование включает установление релевантного положения объекта на аэрофотоснимке изображению на карте или в пространстве. В ГИС есть специальная процедура геокодирования (*geocoding*) [16], которая осуществляет привязку объектов карты к адресам или координатам. Геокодирование можно рассматривать как частный случай геореференцирования.

С позиций теории и семантики в реализации геореференции участвуют фонд информационных единиц и их актуализаторы. Актуализаторы – это либо методы (геокодирование), либо вспомогательные информационные единицы, которые показывают и привязывают информационную модель к действительности. Они конкретизируют и актуализируют информационную модель, переводя ее понятие из абстрактного или общего в конкретное значение. Например, общее понятие (общая модель) «река» переводится в понятие «широкая река Волга». Актуализаторы: «широкая», «Волга».

Геореференция может реализовываться как идентифицирующая референция, то есть как информационная модель-идентификатор, указывающая на событие, явление, процесс. Идентифицирующая геореференция опирается на три вида отношений: *указание, именование и обозначение*. Эти три вида отношений задают три способа представления геореференции. Обозначение (идентификация) как отношение применяют для представления геореференции в ситуации явного описания геообъекта. Например, «столица России». Именование (идентификация) как отношение применяют для представления геореференции при неявном описании пространственного объекта. Например, «город-герой».

Указание (ограничение, отношение, сравнение) применяют для представления геореференции при отсутствии точного описания объекта. Оно соотносит геореференцию

с другими объектами, находящимися в каких-либо пространственных отношениях с искомым пространственным объектом. Например, «юго-восток». Геореференция может рассматриваться как инструмент снятия информационной неопределенности [29, 30].

Геореференции как информационные конструкции делятся на простые и составные. Простая геореференция реализуется с помощью геокодирования. Сложная геореференция представляет собой логическую цепочку, связывающую понятие или данные с положением или пространственным объектом. Сложная геореференция может быть описана графом $G(X, U)$, который представляет собой пару множеств X, U .

Здесь X – множество вершин (терминов, понятий), U – множество ребер (отношений, связей, дефиниций), связывающих понятия в систему терминологических отношений [23]. Такая геореференция задает пространственные связи и отношения. Отношения порядка формируют структуру графовой модели. Если последовательно брать отношения четкого порядка, то это будет структурная модель простой линейной геореференции или четкого графа. На рис. 1 приведен пример простой линейной геореференции «почтовый адрес».

Здесь O_1 – страна, O_2 – регион, O_3 – город, O_4 – улица, O_5 – дом, O_6 – квартира (офис), O_7 – субъект или объект, r – простое отношение (референция) «содержит». Особенностью схемы является то, что отношение r повторяется между разными вершинами модели. В общем случае между каждой вершиной может быть разное отношение.

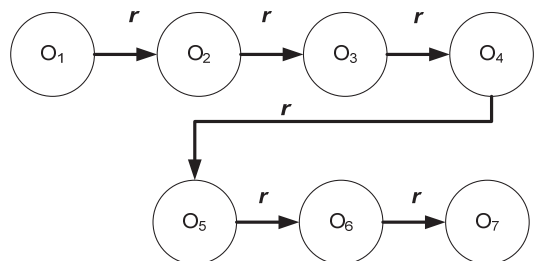


Рис. 1. Линейная геореференция

Такая линейная геореференция (LGR) может быть записана в общем виде как

$$LGR = (O_1, r_1; O_1, r_2; \dots O_1, r_n) \quad (1)$$

Эта модель является типичной для земельного кадастра и кадастра недвижимости [3]. В выражении (1) отношения могут быть разными. Но главным является ее уникальность. На практике редко встречаются отношения строгого порядка из-за нечеткости реальной информации, а главное – из-за многозначности описания. Это означает, что для некоторых объектов информационные элементы в LGR могут повторяться, а связи – дублироваться [3].

Если существует неоднозначность в отношениях, то структурная модель геореференции представляется как мультиграф. В этом случае необходима специализация исходной модели и дополнение выражения (1) новыми компонентами [3]. Поэтому структурная модель геореференции является усложнением линейной. Сложная геореференция включает как минимум три связанных цепочки: «место», «время» и «тема».

Таким образом, структурно геореференция представляет собой информационную модель события или объекта, в которой связаны все факторы, имеющие отношение к этому событию. Доминирующая цепочка в геореференции – характеристика «место», связанная с характеристиками «время», «тема». Построение структурных моделей геореференции позволяет получать пространственное знание. В настоящее время геореференция опирается на геоданные [31], которые включают три характерные группы: место, время, тема. Геореференция как информационная модель способствует стандартизации информационного взаимодействия в информационном поле. Геореференция как топологическая модель выражает предпочтительность иерархии пространственных объектов.

Геореференция как отношение. Геореференция является примером использования пространственных отношений. В табл. 1 [32–34] приведены основные пространственные отношения, описывающие геореференцию как пространственную ссылку.

Таблица 1

Основные пространственные отношения

Отношения	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
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 is 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 of R_2 . R_1 является частью R_2

В связи с использованием многих земных наук в области космических исследований, таких как космическая геодезия, космическая география, космическая геоинформатика [35, 36] и другие, есть все основания применять геореференцию для космических исследований. Одно из прямых ее назначений – применение при мониторинге астероидно-кометной опасности [37] для идентификации и уточнения положения объектов, представляющих угрозу для планеты Земля.

Заключение. Понятие, модель и методика применения геореференции снимают информационную неопределенность и позволяют решать задачи поиска и систематизации пространственной информации. Геореференция является новым и динамически развивающимся понятием. Оно все шире находит применение в разных областях от географии до сферы искусственного интеллекта. Следует констатировать, что исследования в этой области проводятся недостаточно интенсивно. В то же время геореференция является удобным средством описания при нечеткой информации и больших объемах информации.

Литература

1. *Бахарева Н. А.* Пространственная информация в региональном и муниципальном управлении // Государственный советник. 2013. № 4. С. 39–42.
2. *Цветков В. Я.* Цифровые карты и цифровые модели // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2000. № 2. С. 147–155.
3. *Маставичене Т. В.* Совершенствование технологии ведения адресного реестра для повышения эффективности информационной системы кадастра недвижимости: Дис. ... канд. техн. наук. – М.: МГУГиК, 2016. 107 с.
4. *Цветков В. Я.* Использование цифровых моделей для автоматизации проектирования // Проектирование и инженерные изыскания. 1989. № 1. С. 21–23.
5. *Цветков В. Я.* Информационные модели объектов, процессов и ситуаций // Дистанционное и виртуальное обучение. 2014. № 5. С. 4–11.
6. *Цветков В. Я.* Дескриптивные и прескриптивные информационные модели // Дистанционное и виртуальное обучение. 2015. № 7. С. 48–54.
7. *Розенберг И. Н., Цветков В. Я.* Свойства управленческих моделей // Славянский фо-

рум. 2012. № 1(1). С. 245–249.

8. Давыдова Н. Н. Организационно-управленческая модель взаимодействия образовательных учреждений как фактор инновационного развития регионального образования // Образование и наука. 2010. № 8.

9. Цветков В. Я. Семиотический подход к построению моделей данных в автоматизированных информационных системах // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2000. № 5. С. 142–145.

10. Zhang S. et al. Building information modeling (BIM) and safety: Automatic safety checking of construction models and schedules // Automation in Construction. 2013. Vol. 29. P. 83–195.

11. Tsvetkov V. Ya. Information interaction // European Researcher. 2013. Vol. 62. No. 11-1. P. 2573–2577.

12. Granell C. et al. Spatial data infrastructures // Encyclopedia of Geoinformatics. – Idea Group Press, 2009.

13. Савиных В. П., Соловьёв И. В., Цветков В. Я. Развитие национальной инфраструктуры пространственных данных на основе развития картографо-геодезического фонда Российской Федерации // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2011. № 5. С. 85–91.

14. Майоров А. А., Соловьёв И. В., Цветков В. Я., Дубов С. С., Шкуров Ф. Ф. Мониторинг инфраструктуры пространственных данных. – М.: МИИГАиК, 2012. 198 с.

15. Hill L. Georeferencing: The Geographic Associations of Information. – Cambridge, Massachusetts, London, England: MIT Press, 2009. 272 p.

16. Heywood I., Cornelius S., Carver St. An introduction to Geographical Information Systems. 3rd ed. – Pearson Education Limited, 2006. 426 p.

17. Кулагин В. П. Геореференция как описание пространственных отношений // Славянский форум. 2015. № 4 (10). С. 175–183.

18. Цветков В. Я., Вознесенская М. Е. Геореференция как новый подход к информационному поиску // Современные наукоемкие технологии. № 1. 2010. С. 98–100.

19. Розенберг И. Н., Вознесенская М. Е. Геознания и геореференция // Вестник Московского государственного областного педагогического университета. 2010. № 2. С. 116–118.

20. Цветков В. Я. Геореференция как инструмент анализа и получения знаний // Науки о Земле. 2011. № 2. С. 63–65.

21. Розенберг И. Н. Цветков В. Я. Координатные системы в геоинформатике. – М.: МГУПС, 2009. 67 с.

22. Wess J. Deformed Coordinates Spaces; Derivatives // arXiv.org. 2004. hep-th/0408080.

23. Тихонов А. Н., Иванников А. Д., Цветков В. Я. Терминологические отношения // Фундаментальные исследования. 2009. № 5. С. 146–148.

24. Tsvetkov V. Ya. Information field // Life Science Journal. 2014. Vol. 11. No. 5. P. 551–554.

25. Дешко И. П. Информационное конструирование: Монография. – М.: МАКС Пресс, 2016. 64 с.

26. Tsvetkov V. Ya. Information Units as the Elements of Complex Models // Nanotechnology Research and Practice. 2014. Vol. 1. No. 1. P. 57–64.

27. Georeferencing. <https://en.wikipedia.org/wiki/Georeferencing>.

28. Hackeloeer A., Klasing K., Krisp J. M., Meng L. Georeferencing: a review of methods and applications // Annals of GIS. 2014. Vol. 20. No. 1. P. 61–69.

29. Цветков В. Я. Информационная неопределенность и определенность в науках об информации // Информационные технологии. 2015. № 1. С. 3–7.

30. MacEachren A. M. et al. Visualizing geospatial information uncertainty: What we know and what we need to know // Cartography and Geographic Information Science. 2005. Vol. 32. No. 3. P. 139–160.

31. Савиных В. П., Цветков В. Я. Геоданные как системный информационный ресурс // Вестник Российской академии наук. 2014. Т. 84. № 9. С. 826–829.

32. Кулагин В. П., Цветков В. Я. Геознание: представление и лингвистические аспекты // Информационные технологии. 2013. № 12. С. 2–9.

33. Цветков В. Я. Формирование пространственных знаний: Монография. – М.: МАКС Пресс, 2015. 68 с.

34. Савиных В. П. Геознание. – М.: МАКС Пресс, 2016. 132 с.

35. Bondur V. G., Tsvetkov V. Ya. New Scientific Direction of Space Geoinformatics // Europe-

an Journal of Technology and Design. 2015. Vol. 10. Iss. 4. P. 118–126.

36. Савиных В. П. Развитие космической геоинформатики // Славянский форум. 2016. № 2 (12). С. 223–230.

37. Вениаминов С. С. и др. Концепция системы противодействия космическим угрозам: астрономические аспекты // Астрономический вестник. 2013. Т. 47. № 4. С. 327–340.

Georeference in spatial relations

Vladimir Petrovich Kulagin, Doctor of Technical Sciences, Professor. Winner of the Prize of the President of the Russian Federation in the field of education (2003), winner of the RF Government Prize in Education (2009), Corresponding Member of the Russian Academy of Natural Sciences, member of the Academy of Informatization of Education, Head of the Laboratory of HSE

This article describes the georeference, as a special object of study Geoinformatics. Georeference in the application area is the description of spatial relations. Linguistics defines the reference of the geometry as a derivative reference. The logic determines the reference of the geometry as a logical chain. Information field specifies the reference of the geometry as a field variable. This article describes the implementation of georeference information units through the fund and actualizer.

Keywords: geoinformatics, applied geoinformatics, georeference, geocoding, georeferencing, spatial analysis, information units, modeling, information engineering, information field, a field variable.

УДК 001.6; 001.8; 165.0

ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ГЕОИНФОРМАТИКЕ

Игорь Наумович Розенберг, профессор, д-р техн. наук,

*Генеральный директор ОАО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (ОАО «НИИАС»), академик Академии транспорта, академик Международной академии наук Евразии, заведующий кафедрой «Геодезия, геоинформатика и навигация»,
e-mail: ig.rozenb2012@yandex.ru,*

*Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II,
http://www.miit.ru*

DOI: 10.21777/2312-5500-2016-5-86-95

Статья раскрывает содержание онтологического подхода в геоинформатике как инструмента описания знаний. Раскрываются основы интерпретации информации для получения знаний. Раскрывается содержание трех групп интерпретации. Две группы являются априорными. Одна группа является апостериорной. Статья раскрывает содержание онтологии как комплексного интегрированного описания. Дается анализ определений и формулируется понятие онтологии в геоинформатике. Статья анализирует предметную область геоинформатики. На этой основе вводится структурная модель онтологий предметной области геоинформатики. Статья доказывает, что онтология является средством междисциплинарного переноса знаний между разными предметными областями.

Ключевые слова: онтология; знание; онтологический подход; интерпретация информации; аксиоматический подход; продуктивный подход; эмпирический подход; геоинформатика; предметная область; предметная область геоинформатики; информационные конструкции; концептуализация; спецификация.

Введение

Одна из задач научных исследований – получение новых знаний [1, 2]. При получении новых знаний важной задачей является их систематизация. При проведении новых научных исследований возникают проблемы, которые нельзя решить обращением к накопленному опыту. Особенностью новых научных исследований является необходимость введения новых представлений и понятий, которые вместе с эксперименталь-