

УДК 004.04

ОБРАБОТКА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ

Ткаченко Димитрий Игоревич¹,
e-mail: Tkachenko.mitya@gmail.com,

¹Институт информационных технологий РТУ МИРЭА – Российский технологический университет,
г. Москва, Россия

Статья раскрывает основные свойства и особенности пространственной информации, которые задают специфику ее обработки. Дана систематика моделей пространственной информации. Раскрыто содержание пространственной информационной модели. Процесс построения пространственной модели представляется как отражение реального объекта, находящегося в некоей внешней среде и в некоей информационной ситуации. Показан механизм перехода от одной пространственной модели к другой по принципу усложнения. Описаны виды вспомогательных моделей, которые используют при построении пространственной модели. Описано пространственное метамоделирование как инструмент обобщения и извлечения знаний. Изложены принципы пространственного моделирования: принцип «отражения реальности», методологический принцип изоморфизма, принцип усложнения пространственной модели. Дана систематика видов пространственного моделирования. Показано значение координатного обеспечения в пространственном моделировании. Описано моделирование пространственной информационной ситуации. Отмечается, что с учетом роста значения и расширения области применения пространственной информации разработка и модернизация методов ее обработки является актуальным научным направлением и требует дальнейших исследований.

Ключевые слова: пространственная информация, геоданные, пространственное моделирование, пространственные модели

SPATIAL INFORMATION PROCESSING

Tkachenko D.I.¹,
e-mail: Tkachenko.mitya@gmail.com,

¹Institute of Information Technologies. RTU MIREA – Russian Technologies University, Moscow, Russia

The article reveals the main properties and features of spatial information. These features define the specifics of its processing. The systematics of spatial information models is given. The content of the spatial information model is revealed. The process of constructing a spatial model is presented as a reflection of a real object, which is located in a certain external environment and in a certain information situation. The mechanism of transition from one spatial model to another according to the principle of complication is shown. The types of auxiliary models that are used in the construction of a spatial model are described. Spatial metamodeling is described as a tool for generalizing and extracting knowledge. The principles of spatial modeling are outlined: the principle of “reflection of reality”, the methodological principle of isomorphism, the principle of complication of the spatial model. The systematics of the types of spatial modeling is given. The value of coordinate support in spatial modeling is shown. Modeling of the spatial information situation is described. It is noted that, taking into account the growing importance and expansion of the scope of spatial information, the development and modernization of methods of its processing is an urgent scientific direction and requires further research.

Keywords: spatial information, geodata, spatial modeling, spatial models

DOI 10.21777/2500-2112-2022-2-76-82

Введение

В современном обществе большое значение приобретает пространственная информация [1]. Исследование процессов и явлений на земной поверхности, в околоземном пространстве [2], в космических исследованиях [3] требует применения методов и средств обработки пространственных данных. Пространственные данные (*Spatial Data*) определяют географическое положение и форму реальных пространственных объектов. Для представления пространственных данных используются определенные способы и модели цифрового описания пространственных объектов. Наукой, которая изучает пространственную информацию, является геоинформатика [4]. Данные, которые описывают пространственные объекты и используются в геоинформатике, называются геоданными (*Geodata*) [5]. Отличительной особенностью геоданных от непространственных данных является координатное описание пространственных объектов. Координаты, определяющие положение объекта на земной поверхности или в космосе, являются важным фактором, влияющим на результаты исследования объекта и решение связанных с ним задач.

В связи с динамичностью процесса исследования пространственных объектов возникает необходимость частого обновления и хранения больших объемов пространственной информации [6; 7]. Соответственно с этим связана проблема «больших геопространственных данных» [8]. С учетом роста значения, расширения границ и области применения пространственной информации развивается новое экономическое направление – пространственная экономика [9].

Пространственная информация обуславливает применение пространственного моделирования [10; 11] и пространственного метамоделирования [12; 13]. Современное пространственное моделирование представляет широкий спектр технологий и методов, ориентировано на решение различных предметных задач. Пространственное моделирование должно удовлетворять требованиям не только информатики, но и экономики, в том числе пространственной экономики, и инновационного развития общества. Для пространственной информации характерны синергетические процессы [14]. С учетом вышеизложенного исследование проблем обработки пространственной информации является актуальным [15].

1. Особенности пространственной информации

Пространственная информация характеризуется рядом особенностей. В обобщенном виде особенности пространственной информации показаны на рисунке 1.



Рисунок 1 – Особенности пространственной информации

В связи с динамикой процессов наблюдения за пространственными объектами пространственная информация требует регулярного обновления и хранения больших объемов геоданных. Это могут быть разные виды и формы представления информации: трехмерная, псевдотрехмерная и т.д. В соответствии со сложившейся технологией обработки пространственная информация имеет традиционную классификацию по группам: «место», «время», «тема». Для пространственной информации большое значение имеет описание формы пространственного объекта и его геометрия. Это включает и координатную привязку объектов в пространстве. При анализе пространственных объектов применяют специальный вид логики – пространственную логику, которая имеет свой язык, интерпретируемый над классом структур, представляющих реальные объекты, геометрические объекты и пространственные отношения. Пространственная логика сопрягается с когнитивной логикой, которая опирается на метод прецедентов, психологию и извлечение неявного знания.

2. Пространственная модель

Обработка пространственной информации включает построение пространственной модели. Пространственное моделирование основано на предварительном построении формальных моделей на основе специального информационного языка [16]. В рамках теории категорий пространственное моделирование можно рассматривать как информационный морфизм [17]. Условием применения такого подхода является наличие отношений информационного соответствия и отношения соразмерности [18]. Пространственное моделирование использует модели объектов и процессов, информационных ситуаций, информационных конструкций, метамодели. На рисунке 2 приведены основные виды пространственных моделей.

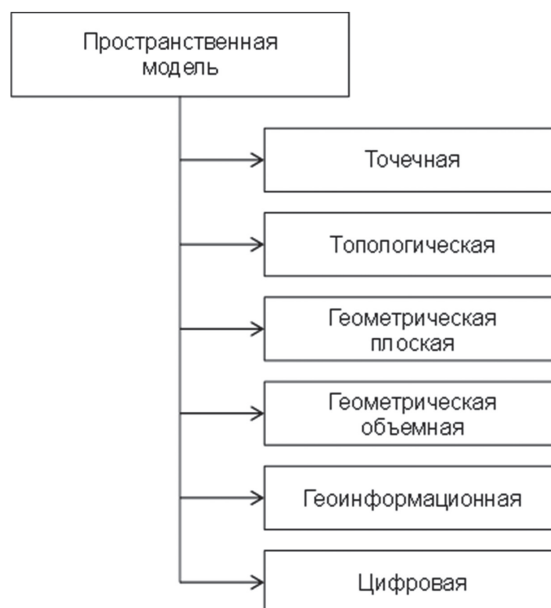


Рисунок 2 – Виды пространственных моделей по степени нарастания их сложности

Систематика дана по степени нарастания сложности моделей. Простейшей моделью является точечная модель. Размещение изучаемых событий и объектов в пространстве абстрактно представляется в виде пространственного размещения точек, которое называется точечным образом (паттерном, рисунком). Не каждые пространственные данные могут быть изучены методами анализа точечных образов. Эти методы применяются при изучении процессов, создающих размещение дискретных объектов или событий. Следующей на рисунке 2 указана топологическая модель, которая включает дуги и узлы и описывает структуры и отношения. Следующей по сложности представлена геометрическая модель. Она в своей основе имеет

топологическую модель и дополняет ее наборами линий и поверхностей. Геометрические модели являются набором простых абстрактных и сложных фигур. Они подразделяются на плоские и объемные, простые и составные (сложные). Сложные геометрические модели состоят из элементов, которые называют графическими примитивами или информационными единицами. Геоинформационные модели являются наиболее сложными из пространственных моделей. Основой их построения являются геоданные.

Пространственную модель используют для получения объяснений пространственных явлений и предсказания их изменений. При построении пространственной модели реализуется принцип «отражения реальности». При этом реальные объекты рассматривают как находящиеся в некоей внешней среде и в некоей информационной ситуации (рисунок 3).

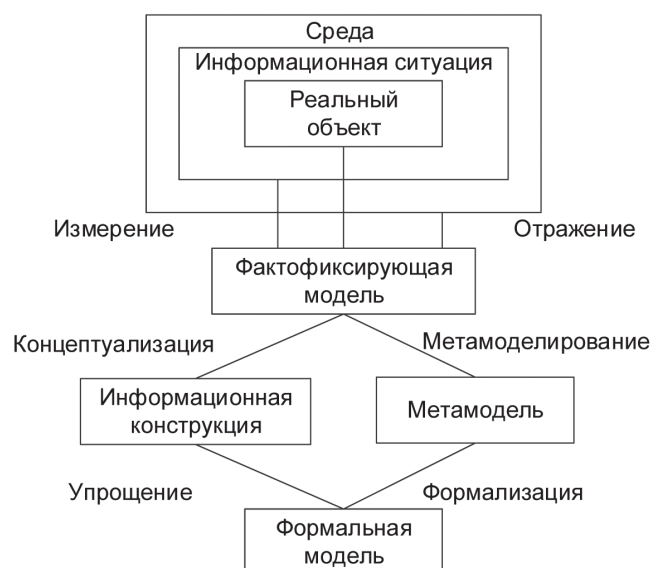


Рисунок 3 – Пространственная модель как отражение реального объекта

В процессе построения формальной модели используют дополнительные модели: «фактофиксирующие», «трансформационные», «объяснительные», «предсказательные». Основное требование к моделям и моделированию – выполнение методологического принципа изоморфизма, который определяет структурное тождество модели и реального объекта.

3. Пространственное моделирование

Основным видом обработки пространственной информации является пространственное моделирование. Оно основано на построении пространственных моделей и их преобразованиях. Основные виды пространственного моделирования показаны на рисунке 4.

Основой пространственного моделирования является координатное обеспечение. Оно состоит в выборе и задании системы координат как системы пространственных отношений между объектами и процессами. Основой моделирования реальных объектов является геометрическое моделирование, основанное на применении правильных геометрических фигур. Моделирование реальных объектов начинается с определения координат характерных точек пространственного объекта. Такая модель пространственного объекта представляет совокупность точек и называется точечной. Точечная модель соответствует вершинам топологической модели. Затем точечная модель начинает включать связи между точками на основе применения пространственной логики. Получается модель, которую называют каркасной. Из каркасной модели формируют модель объекта или объектную пространственную модель. На следующем этапе с использованием паттернов и текстур формируют модели поверхности, которые накладывают на модель объекта. Обобщенным видом многих видов моделирования является геоинформационное моделирование [19; 20].

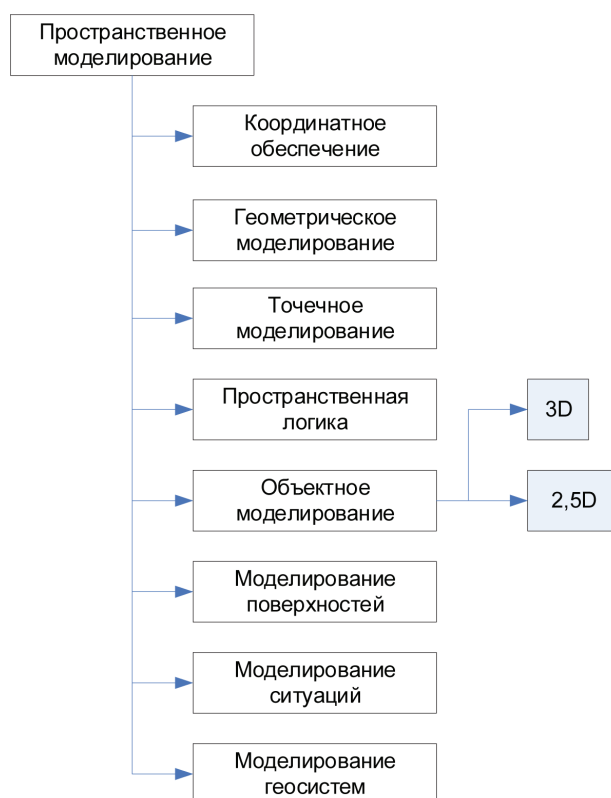


Рисунок 4 – Виды пространственного моделирования

После моделирования объектов и поверхностей моделируют пространственные ситуации как совокупность связанных объектов. Совокупность пространственных ситуаций позволяет моделировать геосистемы. Моделирование геосистем или иных пространственных систем является самым сложным видом пространственного моделирования.

Технологии пространственного моделирования используются в разных сферах и областях – от медицины до машиностроения. Технологии пространственного моделирования используют методы геоинформатики, геодезии, фотограмметрии, методы автоматизированного проектирования. В основе теории пространственного моделирования лежит геометрия и пространственная логика, качественный анализ и системный анализ. Многие приложения пространственного моделирования применяют в области наук о Земле, в области транспорта, машиностроения, в экологии, в космических исследованиях. Пространственное моделирование широко используют в различных видах мониторинга и геомониторинга. Информационной основой пространственного моделирования являются пространственные данные, фотограмметрические данные. Пространственное моделирование использует разнообразные модели и методы моделирования, в том числе временные модели.

Заключение

Исследование методов обработки и применения пространственной информации входит в научное направление, основанное на интеграции геометрии, информатики и наук о Земле, изучающее пространственно-временные явления в реальном пространстве. Выделяется ряд прикладных направлений, связанных с решением практических задач (размещение ресурсов, управление территориями, управление транспортом). Обработка пространственной информации применяется в различных областях, в том числе, в ракетной технике при расчете траекторий и положения подвижных объектов; в робототехнике связана со стереозрением роботов; в управлении транспортом, в частности, связана с беспилотным управлением. Таким образом, разработка и модернизация методов обработки пространственной информации является актуальным научным направлением и требует дальнейших исследований.

Список литературы

1. Бахарева Н.А. Пространственная информация в региональном и муниципальном управлении // Государственный советник. – 2013. – № 4. – С. 39–42.
2. Barmin I.V., Kulagin V.P., Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya. Near_Earth Space as an Object of Global Monitoring // Solar System Research. – 2014. – Vol. 48, No. 7. – P. 531–535. – DOI 10.1134/S003809461407003X.
3. Bondur V.G., Tsvetkov V.Ya. New Scientific Direction of Space Geoinformatics // European Journal of Technology and Design. – 2015. – Vol. 4, No. 10. – P. 118–126.
4. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоинформатика как система наук // Геодезия и картография. – 2013. – № 4. – С. 52–57.
5. Козлов А.В. Пространственное управление с применением геоданных // Наука и технологии железных дорог. – 2020. – Т. 4, № 4 (16). – С. 16–26.
6. Матчин В.Т. Обновление баз данных с пространственной информацией // Славянский форум. – 2015. – № 3 (9). – С. 173–180.
7. Цветков В.Я. Обновления пространственной информации // Образовательные ресурсы и технологии. – 2015. – № 3 (11). – С. 110–116.
8. Буравцев А.В., Цветков В.Я. Облачные вычисления для больших геопространственных данных // Информация и космос. – 2019. – № 3. – С. 110–115.
9. Tsvetkov V.Ya. Spatial Relations Economy // European Journal of Economic Studies. – 2013. – № 1 (3). – P. 57–60.
10. Ознамец В.В. Пространственное моделирование. – Saarbruken, 2021. – 117 с.
11. Лотоцкий В.Л. Пространственное информационное моделирование // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. – № 3 (15). – С. 114–122.
12. Цветков В.Я., Булгаков С.В., Титов Е.К., Рогов И.Е. Метамоделирование в геоинформатике // Информация и космос. – 2020. – № 1. – С. 112–119.
13. Зайцева О.В. Пространственное метамоделирование // Славянский форум. – 2021. – № 3 (33). – С. 57–68.
14. Кудж С.А. Пространственная синергетика // Славянский форум. – 2017. – № 1 (15). – С. 17–24.
15. Розенберг И.Н. Обработка пространственной информации // Перспективы науки и образования. – 2015. – № 3. – С. 17–24.
16. Иванников А.Д. Проблема информационных языков и современное состояние информатики // Вестник МГТУ МИРЭА. – 2014. – № 4 (5). – С. 39–62.
17. Цветков В.Я. Ситуационное моделирование в геоинформатике // Информационные технологии. – 2014. – № 6. – С. 64–69.
18. Раев В.К. Соразмерность в информационном поле // Славянский форум. – 2021. – № 3 (33). – С. 105–114.
19. Цветков В.Я. Основы геоинформационного моделирования // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1999. – № 4. – С. 147–157.
20. Андреева О.А. Геоинформационное моделирование // Славянский форум. – 2019. – № 2 (24). – С. 7–12.

References

1. Bahareva N.A. Prostranstvennaya informatsiya v regional'nom i municipal'nom upravlenii // Gosudarstvennyj sovetnik. – 2013. – № 4. – S. 39–42.
2. Barmin I.V., Kulagin V.P., Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ya. Near_Earth Space as an Object of Global Monitoring // Solar System Research. – 2014. – Vol. 48, No. 7. – P. 531–535. – DOI 10.1134/S003809461407003X.
3. Bondur V.G., Tsvetkov V.Ya. New Scientific Direction of Space Geoinformatics // European Journal of Technology and Design. – 2015. – Vol. 4, No. 10. – P. 118–126.
4. Savinykh V.P., Cvetkov V.Ya. Geoinformatika kak sistema nauk // Geodeziya i kartografiya. – 2013. – № 4. – S. 52–57.
5. Kozlov A.V. Prostranstvennoe upravlenie s primeneniem geodannyh // Nauka i tekhnologii zheleznih dorog. – 2020. – T. 4, № 4 (16). – S. 16–26.

6. *Matchin V.T.* Obnovlenie baz dannyh s prostranstvennoj informaciej // Slavyanskij forum. – 2015. – № 3 (9). – S. 173–180.
7. *Cvetkov V.Ya.* Obnovleniya prostranstvennoj informacii // Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii. – 2015. – № 3 (11). – S. 110–116.
8. *Buravcev A.V., Cvetkov V.Ya.* Oblachnye vychisleniya dlya bol'shikh geoprostranstvennyh dannyh // Informaciya i kosmos. – 2019. – № 3. – S. 110–115.
9. *Tsvetkov V.Ya.* Spatial Relations Economy // European Journal of Economic Studies. – 2013. – № 1 (3). – R. 57–60.
10. *Oznamec V.V.* Prostranstvennoe modelirovanie. – Saarbruken, 2021. – 117 s.
11. *Lotockij V.L.* Prostranstvennoe informacionnoe modelirovanie // Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii. – 2016. – № 3 (15). – S. 114–122.
12. *Cvetkov V.Ya., Bulgakov S.V., Titov E.K., Rogov I.E.* Metamodelirovanie v geoinformatike // Informaciya i kosmos. – 2020. – № 1. – S. 112–119.
13. *Zajceva O.V.* Prostranstvennoe metamodelirovanie // Slavyanskij forum. – 2021. – № 3 (33). – S. 57–68.
14. *Kudzh S.A.* Prostranstvennaya sinergetika // Slavyanskij forum. – 2017. – № 1 (15). – S. 17–24.
15. *Rozenberg I.N.* Obrabotka prostranstvennoj informacii // Perspektivy nauki i obrazovaniya. – 2015. – № 3. – S. 17–24.
16. *Ivannikov A.D.* Problema informacionnyh yazykov i sovremennoe sostoyanie informatiki // Vestnik MGTU MIREA. – 2014. – № 4 (5). – S. 39–62.
17. *Cvetkov V.Ya.* Situacionnoe modelirovanie v geoinformatike // Informacionnye tekhnologii. – 2014. – № 6. – S. 64–69.
18. *Raev V.K.* Sorazmernost' v informacionnom pole // Slavyanskij forum. – 2021. – № 3 (33). – S. 105–114.
19. *Cvetkov V.Ya.* Osnovy geoinformacionnogo modelirovaniya // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Geodeziya i aerofotos»emka. – 1999. – № 4. – S. 147–157.
20. *Andreeva O.A.* Geoinformacionnoe modelirovanie // Slavyanskij forum. – 2019. – № 2 (24). – S. 7–12.