

УДК 004.041

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Булгаков С.В., к.т.н., доцент, МГТУ МИРЭА, E-mail: bulgkov@mirea.ru
Москва, Россия

Аннотация. Раскрываются особенности пространственного моделирования как специального вида моделирования. Показано, что пространственное моделирование в отличие от других видов моделирования, использует интеграцию данных. Показано значение и особенности визуального моделирования при пространственном моделировании. Раскрывается цель пространственного моделирования. Показано, что особенностью пространственного моделирования является использование пространственных отношений. Описано цифровое моделирование как основной вид пространственного моделирования. Цифровые модели содержат различные типы информации. По аспекту пространственных отношений выделяют метрическую и атрибутивную типы информации. По аспекту семиотического анализа выделяют семантическую и синтаксическую составляющие. Раскрыта логическая и физическая структура цифровой модели.

Ключевые слова: информатика, пространственные системы, пространственные технологии, пространственное моделирование.

FEATURES OF SPATIAL MODELING

Bulgakov S.V., Ph.D., assoc.prof., MSTU MIREA, E-mail: bulgkov@mirea.ru
Moscow, Russia

Abstract. The peculiarities of spatial modeling as a special kind of simulation. It is shown that the spatial modeling, unlike other types of modeling uses a data integration. Shows the value and characteristics of visual modeling with spatial modeling. Disclosed purpose of spatial modeling. It is shown that spatial modeling feature is the use of spatial relationships. Digital simulation described as the main form of spatial modeling. Digital models contain different types of information. According to an aspect of spatial relations and allocate metric attribute types of information. According to an aspect of the semiotic analysis of isolated semantic and syntactic components. Discloses a logical and physical structure of digital model

Keywords: computer science, spatial systems, spatial technology, spatial modeling

Введение. Моделирование, как метод научного познания, представляет собой построение модели и действия с моделью [1]. Моделирование в технологическом аспекте может быть рассмотрена как форма отражения действительности [2, 3]. Моделирование создает возможность переноса результатов, полученных в ходе построения и исследования моделей, на оригинал, и тем самым решает задачу переноса знаний [3, 4]. Каждое моделирование имеет свою особенность. Пространственное моделирование также имеет свою специфику, что делает актуальным исследование этого вида моделирования.

Основная часть. Особенность пространственного моделирования в том, что оно тесно связано с геоинформатикой [5, 6], и геоинформационными системами [7]. Геоинформатика строится на интеграции разных наук [4], а обработка информации в геоинформатике строится на основе применения пространственных моделей. Современное пространственное моделирование тесно связано с визуальным моделированием [8, 9],

При визуализации применяют знаковое пространственное моделирование [9м]. При знаковом пространственном моделировании моделями служат знаковые конструкции, например: карты [10], схемы, графики, чертежи, формулы, графы, условные знаки, тайлы и т.п.

Сама по себе визуализация включает несколько разновидностей [8] моделирование континуума, моделирование дискретных объектов. Моделирование знаковое, моделирование образное. Моделирование структуры, моделирование представления и даже моделирование сложности.

Одно из назначений визуального пространственного моделирования в том, чтобы модели помогали понять процессы любой сложности. Визуальные модели должны упрощать ситуацию, несмотря на сложность исходной информации. Визуализация имеет следующие разновидности [8]:

- визуализация сложных систем для их упрощения;
- визуализация при исследовании непредвиденных результатов и разъяснения новых процессов;
- визуализация для упрощения работы конечным пользователем, которым нет необходимости понимать процессы построения модели, а важно глубоко понимать решаемую проблему;
- визуализация для прогнозирования, управления и контроля [11].

Пространственное моделирование часто привязывается к конкретной местности. В этом случае речь идет о локализации данных [7] и локализации моделирования [12]. Комплекс пространственных неоднородных экологических систем трудно описать и интерпретировать с помощью одной модели. По этой причине уделяют внимание методам локального пространственного моделирования. Одним из таких методов является – метод географически взвешенной регрессии (GWR) [12].

Оценки параметров и пространственная статистика модели легко визуализируются в виде 2D- модели и наносятся на карту с использованием географических информационных систем (ГИС). Они иллюстрируют локальную пространственную вариацию в регрессии пространственных отношений и задают

геореференции [13].

Гестатистическое моделирование широко применяется при современном пространственном моделировании [14, 15, 16]. При моделировании пространственных объектов в последнее время широко применяется лазерное сканирование [17]. Метод моделирования, описанный в [17], позволяет быстро моделировать рабочие зоны с помощью высокочастотных датчиков 3D визуализации. Этим он существенно улучшает управление ресурсами на строительной площадке. Он позволяет проводить быструю обработку десятков тысяч точек диапазона, что является одним из важнейших компонентов процесса пространственного моделирования.

Работа [17], описывает тестовую систему, которая была разработана для изучения эффективности различных алгоритмов для точечных данных диапазон обработки захваченных с использованием 3D датчики изображения. Представлены результаты применения различных комбинаций фильтрации данных, преобразования и методов сегментации. Некоторые из алгоритмов исследованных оказались устойчивыми к датчику шума и способны точно и быстро обрабатывать данные высоких частот.

Еще одна проблема пространственного моделирования связана с необходимостью определения геодезических расстояний [18] и преобразованием координат.

Пространственное моделирование имеет несколько видов: это математическое моделирование, информационное моделирование [19], моделирование с использованием цифровых моделей, моделей пространственных данных, с использованием ГИС, с использованием геоданных и геоинформации. Общим для этих видов является использование трех интегрированных групп данных «место», «время», «тема».

Пространственное моделирование не только одно из средств отображения явлений и процессов реального мира, но и объективный практический критерий проверки истинности знаний [20]. Пространственное моделирование создает в итоге новые информационные модели и информационные ресурсы.

При моделировании исходный объект заменяется другим объектом, называемым моделью. В модели входят множество параметров, связанных между собой. Часть параметров подлежит определению на основе измерений исходного объекта и рассматривается как совокупность известных значений. Другая часть параметров определяется на основе расчетов с использованием известных параметров. Целью пространственного моделирования является либо «объяснение того, что есть»,

либо «прогнозирование того, что будет».

Моделирование позволяет с меньшими затратами воссоздать процессы взаимодействия реального объекта и внешней среды и выявить критерии оптимизации этого взаимодействия. Особенностью пространственного моделирования является опора на пространственные отношения.

При исследовании явлений или процессов, при выявлении латентных связей, - предпочтительным является математическое моделирование. Математическая модель представляет собой совокупность формальных описаний (формул, уравнений, неравенств, логических условий), отражающих реальный процесс изменения состояния объекта в зависимости от различных внешних и внутренних факторов. Особенностью пространственного математического моделирования является использование пространственной реальной топологии [5].

При исследовании пространственных объектов широко применяют цифровое моделирование [6, 10]. В информатике [19] и геоинформатике [6] цифровое моделирование заключается в реализации возможностей математических методов и программных средств для моделирования объектов.

В широком смысле слова цифровая модель (ЦМ) (digital model, *DM*) это информационная дискретная модель сформированная для обработки на компьютере. Цифровая модель - компьютерно-ориентированная модель. В этом смысле она является обобщением даталогической и физической модели.

В узком смысле слова цифровая модель это дискретная модель пространственных объектов, в которой одними из обязательных параметров являются: координаты, размеры, габариты, точность координат, масштаб и т.д. Естественно, что эта модель предназначена для обработки в информационных или пространственных технологиях.

Определяющим в названии цифровая модель является то, что она сформирована в цифровом коде, который воспринимает компьютер и может проводить обработку на этой основе.

Цифровые модели могут иметь в качестве структурной основы иерархическую, реляционную, сетевую или комплексную модель. Они могут храниться в базах данных или в виде файловых структур. Наибольшее распространение цифровые модели нашли в геоинформатике, проектировании, строительстве, архитектуре, экологии и др.

Цифровые модели содержат различные типы информации (рис. 1). По аспекту пространственных отношений выделяют метрическую и атрибутивную типы

информации. По аспекту семиотического анализа выделяют семантическую и синтаксическую составляющие.

Метрическая информация определяет положение путем задания абсолютных координат точек ЦММ и размеры объекта путем относительных координат точек в условных или местных системах.



Рис.1. Основные типы информации в цифровой модели

Качественным отличием метрической информации цифровых моделей, полученных по реальным измерениям, является точностная характеристика. Она обусловлена ошибками измерений и последующими ошибками вычислений. Этот параметр определяет применимость цифровой модели при решении практических задач в разных масштабах.

Атрибутивная информация в ЦММ определяет принадлежность точек или объектов к определенному классу или объекту (сложный или простой объект), описывает свойства объектов и их частей, задает взаимосвязи и условия обработки, условия воспроизведения и т.п. также как и во всей геоинформатике она решает главную задачу нахождения пространственных отношений

Семиотический аспект позволяет, рассматривая ЦМ как информационную модель, вводит известные в информатике оценки коэффициент информативности и коэффициент содержательности цифровой модели.

Семантическая часть информации определяет ее содержательную сторону, она связана с кодированием данных.

Синтаксическая информация определяет набор правил и отношений работы с цифровой моделью как с обычной информационной моделью. Она связана с классификацией и правилами построения моделей.

Аспект рассмотрения структуры цифровой модели позволяет выделить в ней логическую и физическую структуры цифровой модели (рис. 2).

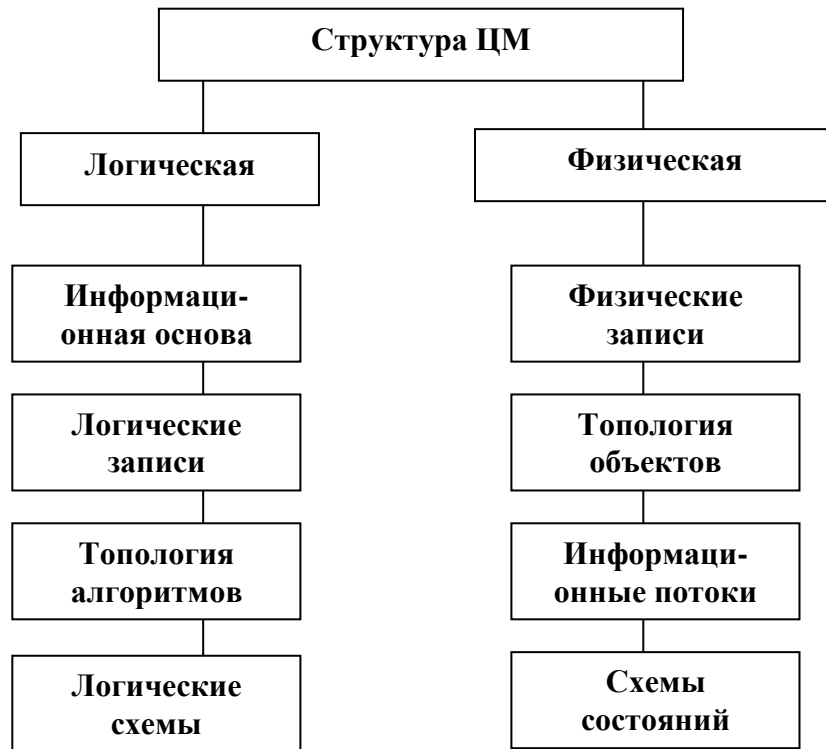


Рис. 2. Логическая и физическая структура ЦМ

Логическая структура ЦМ определяется как совокупность схем и логических записей, описывающих данную ЦМ. Она может включать схемы взаимосвязи частей ЦММ в натуре, в базе данных, схемы взаимосвязи свойств ЦММ и схемы построения ЦММ. Она содержит логические записи, составляющие информационную основу. Элементом логической структуры ЦММ является логическая запись.

Физическая структура ЦММ определяется способом реализации логической ЦММ на конкретной технической основе. Она задает формат записи данных, размеры кластеров, слов и т.д. Элементом физической структуры ЦММ является физическая запись.

Эти две части являются соответствием даталогической и физической моделей. Таким образом, цифровая модель это компьютеро-ориентированная модель и модель,

объединяющая даталогическую и физическую модели.

Среди пространственных цифровых моделей выделяют несколько: цифровая модель местности, цифровая модель объекта, цифровая модель явления (процесса) рассмотрим их в качестве примера. Наибольшее применение в САПР и геоинформатике находит цифровая модель местности.

Одним из результатов пространственного моделирования является цифровая модель местности.

Цифровая модель местности (ЦММ) - информационная дискретная модель местности, предназначенная для хранения и обработки в компьютерных технологиях, которая должна содержать несколько основных свойств, вытекающих из ее определения, а именно:

1. Как информационная модель [19] ЦММ должна содержать полную (в рамках решаемых задач) информацию об объекте моделирования. В этой части можно говорить о семантической составляющей ЦММ.

2. Как семиотически [21] полная модель ЦММ должна включать три части:

- синтаксис - правила построения и использования;
- семантику - содержательную часть об объекте моделирования;
- прагматику - быть полезной, иметь меру оценки полезности.

3. Как цифровая [10] она должна быть оптимально организована и удобна при работе на ЦВМ. Это означает, что для полной ее реализации должна быть определена ее даталогическая и физическая составляющая. Она должна быть представлена в цифровом коде на машиночитаемом носителе информации..

4. Как модель [22] вообще ЦММ должна быть классифицирована на известном классе моделей. Это означает, что она должна в качестве логической основы содержать одну из базовых моделей данных, а также удовлетворять требованиям и обладать общими свойствами моделей соответствующего класса безотносительно к предметной области ее применения.

5. Как модель объекта отражения (местности), т.е. модель, имеющая конкретное назначение и функции [23], она должна содержать специальную тематическую информацию о моделируемом объекте. Это означает, что ЦММ должна содержать описания и характеристики моделируемых объектов.

6. Как содержимое базы данных ЦММ должна быть организована не в виде файловой системы, а структурирована в модель базы данных. Это накладывает на нее определенные условия формирования и использования..

7. Как информационная продукт ЦММ должна обладать потребительскими

свойствами. Потребительские свойства определяются разнообразными возможностями применения ЦММ. Следовательно, с целью повышения потребительской полезности ЦММ в базе данных должна быть информативно переопределена, чтобы ее можно было использовать для решения не одной, а различных задач. В этой части можно говорить о прагматической составляющей ЦММ.

Одной из разновидностей ЦММ является цифровая модель рельефа. Эта модель используется для отображения рельефа местности. Одним из способов решения этой задачи является использование изолиний.

Пространственное моделирование широко используется при управлении территориально распределенными предприятиями [24], при территориальном распределении ресурсов или производства, при управлении территориально распределенными предприятиями обязательным компонентом управления наряду с информационными ресурсами должны быть геоинформационные ресурсы. В управлении большое значение имеет пространственная информация. Координаты местоположения на земной поверхности – это неотъемлемый атрибут объекта недвижимости, который определяет его рыночную стоимость. При оценке эффективности инновационных проектов пространственный фактор влияет на диффузию инноваций и требует учета. При перемещении материальных потоков пространственный фактор также влияет на стоимость перевозки и требует учета. Не случайно за рубежом появилось новое направление в экономике – пространственная экономика, которое отличается от региональной экономики и имеет свои методы и задачи.

Следует отметить, что геоданные различного территориального охвата и содержания имеют широкий круг потребителей из различных сфер производственной и административной деятельности. Сами по себе геоданные являются товаром, и существует рынок этих товаров, называемый геомаркетом [5].

Применительно к среде экономической деятельности пространственная информация выполняет три основные функции [25].

Первая функция — связующая. Она заключается в том, что пространственная информация служит основой связи и интеграции других видов информации как наиболее постоянная в сравнении с другими видами. Чаще всего эта функция реализуется при сборе статистической информации [16], которая затем «накладывается» на пространственную информацию и на основе такой комбинации строятся различные тематические картографические модели, отражающие какое либо явление [22].

Вторая ее функция — измерительная — используется для различных расчетов и для получения экономических оценок. На самом деле пространственная информация в геоданных составляет меньшую часть. Большую часть в них составляют социально-экономические данные. Примером является расчет площади земельного участка или объекта недвижимости, которая определяет стоимость данного объекта.

Третья функция — прогностическая. Она связана с тем, что экономическая ситуация может быть связана с распределением в реальной пространственной среде. Например, факторы стоимости могут иметь пространственные зависимости. В данном случае следует говорить о наличии некоего информационного поля, которое определяет некий экономический показатель. Такие задачи решает геостатистика [15].

Данная модель создает информационное поле, связанное с пространством, на основе которого можно делать экономические оценки, применяемые при принятии решений и управлении.

Пространственное моделирование характеризует не только факторы диффузии, но и факторы развития, например распределение природных и других видов ресурсов. Обычно ресурсы не могут быть потреблены в их первоначальном виде. Они должны быть переработаны в удобную технологическую форму реализации. С развитием общества, спрос на ресурсы растет. Пространственная информация как потенциал этих ресурсов дает возможность оценить ресурсы для последующего развития.

Выводы. пространственное моделирование и его основной вид – цифровое моделирование позволяют решать широкий круг задач, который с помощью иных методов моделирования решить нельзя. Пространственное моделирование является ключевым в цепочке получения пространственных знаний [20н]. Пространственное моделирование является обязательным компонентом при территориальном управлении планировании и прогнозировании.

Список литературы

1. Штофф В. А. Моделирование и философия. – Изд-во Наука, 1966.
2. Цветков В.Я. Модели в информационных технологиях. -. М.: Макс Пресс 2006 -104с.
3. Цветков В.Я. Информационные модели объектов, процессов и ситуаций // Дистанционное и виртуальное обучение– 2014. . - №5. - с.4- 11
4. Максудова Л.Г., Савиных В.П., Цветков В.Я Интеграция наук об окружающем мире в геоинформатике // Исследование Земли из космоса.- №1. - 2000. с.46-50
5. Иванников А.Д., Кулагин В.П., Тихонов А.Н. . Цветков В.Я. Прикладная

геоинформатика . - М.: МаксПресс 2005 -360с.

6. Булгаков С.В. Особенности геоинформационного моделирования // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2013. – №3. – с.77.-80.

7. Бугаевский Л., М. , Цветков В.Я. Геоинформационные системы. - М.: "Златоуст", 2000 - 224с

8. Batty M., Steadman P., Xie Y. Visualization in spatial modeling //Complex artificial environments. – Springer Berlin Heidelberg, 2006. – С. 49-70.

9. Булгаков С.В Информационное визуальное моделирование // Вестник МГТУ МИРЭА «MSTU MIREA HERALD» 2014 - № 1 (2) - с.58-73

10. Цветков В.Я. Цифровые карты и цифровые модели // Геодезия и аэрофотосъемка, 2000, №2. с.147-155/

11. Савиных В.П. Решение экономических задач с помощью системы ГЛОНАСС // Вестник МГТУ МИРЭА «MSTU MIREA HERALD» 2013 - № 1 (1) - с.164-174.

12. Shi H. et al. Local spatial modeling of white-tailed deer distribution //Ecological Modelling. – 2006. – Т. 190. – №. 1. – С. 171-189.

13. Цветков В.Я. Геореференция как инструмент анализа и получения знаний // Международный научно-технический и производственный журнал «Науки о Земле». 2011. — №2. с.63-65

14. Holdaway M. R. Spatial modeling and interpolation of monthly temperature using kriging //Climate Research. – 1996. – Т. 6. – №. 3. – С. 215-225.

15. Majumdar A., Gelfand A. E. Multivariate spatial modeling for geostatistical data using convolved covariance functions //Mathematical Geology. – 2007. – Т. 39. – №. 2. – С. 225-245.

16. Цветков В.Я. Геоestatистика // Геодезия и аэрофотосъемка. – 2007. – №3. – с. 174–184.

17. Gong J., Caldas C. H. Data processing for real-time construction site spatial modeling //Automation in Construction. – 2008. – Т. 17. – №. 5. – С. 526-535

18. Banerjee S. On geodetic distance computations in spatial modeling //Biometrics. – 2005. – Т. 61. – №. 2. – С. 617-625

19. Поляков А.А., Цветков В.Я. Прикладная информатика: Учебно-методическое пособие: В 2-х частях: Часть.1 / Под общ.ред. А.Н. Тихонова- М.: МАКС Пресс. 2008 - 788 с

20. Цветков В.Я. Пространственные знания// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. -2013. - №7. – с.43-47

21. Цветков В.Я. Модели в информационных технологиях. - М.: Макс Пресс

2006 - 104с

22. Цветков В.Я. Информационные модели объектов, процессов и ситуаций // Дистанционное и виртуальное обучение– 2014. . - №5. - с.4- 11

23. Mladenoff D. J., Baker W. L. (ed.). Spatial modeling of forest landscape change: approaches and applications. – Cambridge University Press, 1999.

24. Савиных В.П., Булгаков С.В. Управление территориально распределенными предприятиями // Государственный советник. – 2014. - №1. – с38-43.

25. Маркелов В.М. Пространственная информация как фактор управления // Государственный советник. – 2013. - №4. – с34-38.