

Copyright © 2016 by Academic Publishing House *Researcher*

Published in the Russian Federation
European Journal of Computer Science
Has been issued since 2015.
ISSN: 2412-2033
Vol. 2, Is. 1, pp. 38-46, 2016

DOI: 10.13187/ejcs.2016.2.38
www.ejournal39.com



UDC 004.02; 004.03; 004.8; 52-38; 528

Spatial Information Modeling

Vladimir L. Lototsky

Moscow Technologies University (MIREA), Institute of Information Technology
Doctor of Technical Sciences, Professor
E-mail antaros05@ya.ru

Abstract

The article analyzes the spatial information modeling as a tool to solve applied problems. The article reveals the multidimensional nature of this simulation. This article describes the main groups of spatial information modeling. This article describes the contents of the main characteristics of this simulation. This article describes the relationship of spatial models with intelligent models. This article describes the features of solving problems with the use of spatial models.

Keywords: information, applied geoinformatics, modeling, information modeling, spatial modeling.

Введение

Интерес к пространственному моделированию в информатике повысился в связи с исследованиями пространственного знания, которые проводились первоначально в области искусственного интеллекта [1, 2, 3]. Это обуславливает связь пространственного моделирования в информатике с искусственным интеллектом. Пространственное моделирование в информатике основано на информационном моделировании. В свою очередь, информационное моделирование сводится в этом случае к направлению – пространственному информационному моделированию. Информационное моделирование основано на использовании различных информационных моделей. Информационной моделью называют целенаправленное формализованное отображение существующего объекта или системы объектов с помощью совокупности взаимосвязанных, идентифицируемых, информативно определяемых параметров, отображающих наиболее существенные свойства, связи и отношения объекта [4]. В упрощенном понимании пространственная информационная модель может быть представлена как набор параметров или показателей, образующих взаимосвязанную систему [5], включающую связи и отношения. Информационные модели выполняют в первую очередь описательные функции [6].

Пространственное моделирование в информатике также использует специальные пространственные модели [7]. При этом основой моделирования в реальном пространстве являются геоданные [8]. Они представляют собой системный информационный ресурс, что делает возможным применять при таком пространственном моделировании системный анализ. Еще одним направлением пространственного моделирования является получение пространственных знаний [3]. Информационная модель отображает качественные признаки, связи и отношения и количественные значения признаков. Некоторые

информационные модели обладают свойством ресурсности [9]. Ресурсность означает возможность накопления и использования опыта для улучшения свойств модели. По существу ресурсность означает возможность накопления неявных знаний и их трансформации в явные [10] знания.

Материал и методы исследования

В качестве материала использовались существующие описания пространственного моделирования в проектировании, науках о Земле, геометрии. Использовался опыт цифрового моделирования в информатике и геоинформатике. Использовались методы координатных описаний и координатных пространств. Использовался опыт визуального моделирования и визуального представления пространственной информации. В качестве методики исследования применялись логические и теоретико-множественные отношения. Как инструмент анализа применялся дихотомический анализ..

Многообразие пространственного информационного моделирования.

Особенность пространственного информационного моделирования (ПИМ) состоит в том, что оно не однородно. Существует пространственное моделирование в искусственном интеллекте, существует пространственное моделирование при обработке изображений, существует визуальное пространственное моделирование.

Виртуальное моделирование также связано с пространственным информационным моделированием. Мультимедийные технологии связаны с пространственным информационным моделированием. Компьютерное моделирование в геометрии и топологии входит в область пространственного информационного моделирования [11].

Компьютерное моделирование в геодезии, картографии, кадастре геоинформатике и фотограмметрии – также связано с пространственным информационным моделированием [12]. Моделирование в экологии и геологии связано с пространственным моделированием. При дистанционном зондировании Земли существует много видов моделирования, которые также связаны с пространственным информационным моделированием [13-16]. В региональной и пространственной экономике также применяют пространственное информационное моделирование.

Одно из назначений пространственного информационного моделирования в том, чтобы модели помогли визуально раскрыть явления и процессы любой сложности [17]. Визуальные модели должны упрощать ситуацию, несмотря на сложность исходной информации. Визуализация имеет следующие разновидности [17]: визуализация сложных объектов для упрощения их изучения; визуализация при исследовании новых процессов; визуализация для прогнозирования, управления и контроля [17].

Пространственное моделирование часто связано с реальной поверхностью. В этом случае возникает необходимость исследовать привязку данных к реальной поверхности и локализации моделирования [18]. Комплекс пространственных неоднородных 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) [18].

Гестатистическое моделирование широко применяется при современном пространственном информационном моделировании [19, 20]. При моделировании пространственных объектов широко применяют лазерное сканирование [21]. Этот метод, 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 [21], 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.

Методически пространственное информационное моделирование включает несколько разновидностей моделирование континуума, моделирование дискретных объектов.

Применение информационных конструкций [22], применение знаковых моделей, образное когнитивное моделирование. Моделирование структуры, моделирование представления и даже моделирование сложности.

Технологически пространственное информационное моделирование имеет несколько видов: это математическое моделирование, информационное моделирование, 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».

Это не полное перечисление показывает разнообразие применения пространственного информационного моделирования.

Группы пространственного информационного моделирования. Поскольку единой теории на настоящее время не существует, то в реальной практике применяют нескольких групп моделирования, качественно отличающихся друг от друга. Рассмотрим некоторые группы.

При пространственном моделировании приходится работать с образной информацией. Это обуславливает подключение когнитивной области субъекта. Соответственно образность моделирования учитывается группой характеристик, которые можно обозначить термином «когнитивные». К этим характеристикам относятся: «восприимчивость», «интерпретируемость», «семантическая содержательность» [23].

Пространственное моделирование сопряжено с необходимостью решения измерительных задач. Это учитывается группой характеристик пространственного моделирования, которые можно назвать «метрические». В эту группу входят: «измеряемость», «точность», «масштаб».

Пространственное информационное моделирование всегда выполняет какие-то функции. Это учитывается группой функциональных характеристик. К этим характеристикам относятся: «функциональность», «целевая определенность», «ситуационная определенность», «полнота», «достоверность», «актуальность», «согласованность», «надежность», «время согласования».

Пространственное информационное моделирование выполняет описательные задачи. Эти характеристики можно обозначить термином «информационные». К ним относятся: «информированность», «информационная асимметричность», «информационная определенность», «информационная идентифицируемость» и оппозиционные этим терминам характеристики.

Пространственное информационное моделирование работает или создает пространственные образы. Эта особенность учитывается группой характеристик, которые можно обозначить термином «конфигурационные» [23]. Эти характеристики связаны с морфологическим анализом.

Пространственное информационное моделирование опирается на системный анализ. Это приводит к необходимости введения группы характеристик, которые можно обозначить термином «системные». К этим характеристикам относятся: «структура», «иерархия», «связи», «отношения», «структурная сложность», «линейность или нелинейность», «эмерджентность». Рассмотрим характеристики групп моделирования более детально.

Группа когнитивных методов моделирования. Особенность этой группы в том, что при моделировании используют характеристики, свойственные визуальным наблюдениям и включением в рассмотрение и анализ модели когнитивной области человека. Другими словами, в этой группе моделирования подключается образное мышление человека.

Облик модели – когнитивная характеристика, которую дает субъект модели по совокупности ее визуальных когнитивных характеристик.

Снимок модели – зафиксированное на определенный момент времени состояние модели с фактическими значениями параметров на данный момент. Совокупность таких «снимков» позволяет оценить динамику модели.

Восприимчивость – свойство человека воспринять и понять данную модель как отражение объективной реальности или ее практическое назначение. Если модель не восприимчива, она не используется в анализе.

Интерпретируемость – свойство модели, состоящее в том, что имеются средства интерпретации данной модели [24].

Содержательность – свойство модели, состоящее в том, что она содержит и передает определенные смысловые значения. Уровень человеческого интеллекта существенно различается у разных людей, например, у специалистов в данной области и не специалистов. Отсюда такие свойства как обозримость различны для разных людей.

Группа функционального пространственного информационного моделирования. Особенность этой группы в том, что при моделировании используют функциональные характеристики, свойственные пространственным моделям и моделированию. Эти характеристики обусловлены тем, что любое моделирование должно выполнять набор функций, связанных с решением задач в прикладной области.

Функциональность – свойство моделей и методов моделирования, состоящее в том, что данная модель или метод моделирования обязаны выполнять ряд функций.

Ситуационное пространственное моделирование. Особенность ситуационного моделирования в том, что во внимание принимается объект моделирования и окружающая его микроситуация или микросреда. Совокупность развития ситуаций образует сценарий. Возможны 4 типа развития пространственных ситуаций (сценариев) [25]. Сценарий 1 соответствует обычному статическому геоинформационному моделированию. Остальные приводят к динамическому ситуационному моделированию. Динамику среды задают пространственные отношения. Они же определяют характер взаимодействия объекта и среды.

При ситуационном пространственном информационном моделировании пространственные отношения играют доминирующую роль как инструмент описания именно ситуаций, в которых находится объект моделирования или группа объектов. Пространственные отношения задают описание начальной ситуации и определяют динамику ее развития. Связи «объект – среда», которые были упомянуты выше, в геоинформатике задают именно пространственные отношения. Следует подчеркнуть, что пространственные отношения не эквивалентны связям, а только задают условия для их возникновения, существования и развития.

На практике пространственные отношения имеют четыре основных вида: иерархические, топологические, геореференционные и геостатистические [19]. Первые два вида в явной форме задают отношения порядка. Вторые два вида представляют собой неявное знание [10] и требуют достаточно кропотливой обработки для получения явного знания.

Иногда выделяют более мелкие пространственные отношения такие как «тангенциальные» [23], «конфигурационные», «координатные» [23]

Важной характеристикой ситуационного пространственного моделирования является ситуационная определенность. *Ситуационная определенность* состоит в том, что модель может быть применима в информационных ситуациях, которые заранее определены.

Полнота – системное свойство технологий моделирования, характеризующее достаточность ресурсов технологии моделирования для решения прикладной задачи.

Актуальность - свойство характеристик модели соответствовать характеристикам объекта моделирования на период ее использования.

Комплементарность [26] – свойство моделей и технологий моделирования быть согласованными друг с другом что создает синергетический эффект.

Надежность – это свойство сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных условиях применения, хранения, коммуникации и представления [27, 28].

Время согласования - допустимое время целесущественного воздействия на пространственную информационную модель в процессе моделирования. Эта характеристика определяется поведением моделируемого объекта. Применяется в управлении, так накладывает ограничения на временные характеристики анализа и управления моделью. Если время анализа и выработки управляющего воздействия становится больше времени согласования, объект управления становится неуправляемым.

Группа дескриптивных характеристик пространственного информационного моделирования. Особенность этой группы в том, что при любом моделировании, включая пространственное информационное моделирование, используют информационное обеспечение, которое представляет собой набор описаний и

информационных ресурсов. Эти группа обусловлена тем, что любое моделирование должно иметь и использовать некие ресурсы для решения прикладных задач.

Информированность – степень обеспечения технологий моделирования информацией, необходимой для нормального функционирования технологии и достижения целей пространственного моделирования. Информированность это желательная и необходимая характеристика при пространственном информационном моделировании.

Информационная определенность – состояние моделирования, при котором имеющейся информации достаточно для выполнения технологии моделирования ее функций. Это состояние противоположно состоянию информационной асимметрии.

Информационная идентифицируемость – свойство моделей, участвующих в моделировании, состоящее в том, что все их параметры могут быть информационно определены на основе сбора информации, измерений или наблюдений.

Эти характеристики желательны при пространственном информационном моделировании. Наоборот, можно выделить ряд характеристик моделирования, наличие которых нежелательно и наличие которых снижает эффективность пространственного моделирования. Пример информационная асимметрия. *Информационная асимметричность* – несоответствие между имеющейся в наличии информации и необходимой для моделирования. Это внутренняя асимметрия или «асимметрия по информированности». Другой вид информационной асимметричности – несоответствие между имеющейся в наличии информации и необходимой для адекватного анализа внешней информационной ситуации и информационной позиции модели. Это внешняя асимметрия или «асимметрия по ситуации» [7].

Информационный объем – объем файла или информационного сообщения (в Байтах), необходимый для полного описания модели. Иногда эту характеристику ошибочно называют «количество информации».

Пространственная референция при исследовании объектов земной поверхности чаще заменяется термином «геореференция» [29]. Особенность этой характеристики в том, что она является не чисто «информационной», а «пространственно-информационной». То есть она принадлежит группе информационных и конфигурационных характеристик.

Пространственная референция – соотнесение непространственной и пространственной информации с пространственными объектами или с точками пространства. При этом пространство не ограничивается только земной поверхностью, может быть околоземным или космическим. Последнее отличает пространственную референцию от геореференции, которая соотносит информацию только об объектах на земной поверхности. Основная функция пространственной референции – соотнесение информации с точками реального пространства.

Группа конфигурационных характеристик пространственного информационного моделирования. Специфика этой группы в том, что при пространственном информационном моделировании всегда возникает необходимость работать с пространственными формами в реальном пространстве. Это реальное пространство играет роль информационного поля [30], в котором человек извлекает информацию и знания. Эта группа моделирования обусловлена необходимостью решения задач в реальном пространстве. Она содержит характеристики моделирования, которые условно можно разделить на координатные и конфигурационные.

Координатное описание – количество и вид координат, необходимых для однозначного определения моделируемого объекта в пространстве. Эта характеристика задает условия пространственного информационного моделирования.

Координатная поддержка ПИМ – эта характеристика включает технологии и системы, делающие координатное описание информационно определенным.

Топология – свойство ПИМ описывать топологические характеристики пространственных объектов, включая их топологическую структуру.

Конфигурация – форма и структура пространственного объекта и пространственной модели и ее отношение к другим пространственным моделям. Конфигурация включает геометрическую структуру.

Геометрическая сложность – характеристика кривых, определяющих форму пространственных моделей. Характеризуется количеством точек экстремума, гладкостью

контуров, числом радиусов кривизны для данной формы модели, набором переходных линий и числом графических примитивов, содержащихся в кривой.

Размерность – характеристика модели, позволяющая ее соотносить с 2D, 2.5D, 3D геометрическими визуальными моделями.

Группа системных характеристик пространственного информационного моделирования. Наличие этой группы обусловлено тем, что при пространственном информационном моделировании возникает необходимость системного анализа, обобщенного анализа. Наличие этой группы обусловлено тем, что при пространственном информационном моделировании возникает необходимость междисциплинарного переноса знаний и обмена опытом моделирования. Эта группа содержит системные характеристики моделирования, которые позволяют определить целостность и полноту технологий моделирования.

Структура – системная характеристика технологии моделирования (не путать с геометрической), заключающаяся в том, что совокупность частей, элементов технологии моделирования и связей между ними задают четкую структуру, по которой технологию моделирования можно анализировать как систему.

Иерархия – свойство технологии в возможности ее представления в виде стратифицированной иерархической системы, в которой четко определены начало и конец моделирования или условия и цель моделирования.

Структурная сложность – системная характеристика технологии моделирования, заключающаяся в том, что совокупность частей, элементов технологии и связей между ними задаются в виде графа сложности, анализ которого позволяет дать оценку системной сложности модели.

Линейность или нелинейность – свойство технологии пространственного информационного моделирования, которое позволяет представлять ее линейными или нелинейными формальными описаниями.

Эмерджентность технологии пространственного информационного моделирования, – свойство технологии пространственного информационного моделирования, при котором оно не сводится к сумме свойств ее частей и элементов.

Обсуждение

Перечисленные основные свойства разных групп пространственного информационного моделирования, не являются единственными. Возможно дополнение групп и расширение их состава. Все свойства применяются в информационных системах и технологиях и определяют так называемый системный подход к моделированию. Его особенность в рассмотрении пространственных ситуаций и моделей как совокупности связанных в единую систему параметров, связей, процессов и ресурсов.

В процессе пространственного информационного моделирования, изменяют количественные параметры пространственных информационных моделей, что приводит к визуальному изменению ее формы. Анализ качественной составляющей мотивирует к очередному количественному решению, что и создает цепочку познания.

Пространственное информационное моделирование часто сталкивается с проблемой больших данных [31], которая отражается в большой сложности, больших объемах и неприемлемых периодах времени обработки информации. Это приводит к необходимости моделирования по методу решения задач второго рода [32]. Основной причиной, обуславливающей ПИМ по способу решения задач второго рода, это ее большой информационный объем и высокая сложность. Эти факторы создают информационный барьер [33], снижающий или исключаящий обзорность и воспринимаемость пространственной модели. Поэтому обработка и анализ осуществляется только той части модели, которая воспринимаема и обозрима. Анализ воспринимаемости части модели позволяет проводить обработку такой части.

Комплементарность информационных ресурсов является новым фактором в теории пространственного информационного моделирования, хотя на практике интуитивно комплементарность ресурсов пытаются обеспечить технологическими средствами. Но именно отсутствие теоретических положений сводит организацию комплементарности к эмпирическим подходам. Информационных ресурсов можно эффективно исследовать с

применением модели информационного поля. В целом исследования в области информационного поля также проводятся недостаточно широко.

Заключение

Пространственное информационное моделирование представляет собой совокупность технологий моделирования, которые включают ряд специфических параметров. Эти технологии используются как основа решения прикладных задач в разных областях от космических исследований до кадастра и экологии. Пространственное информационное моделирование применимо в области искусственного интеллекта и при анализе информационно неопределенных объектов. В целом совокупность групп пространственного информационного моделирования позволяет осуществлять декомпозицию и анализ различных сложных информационных ситуаций. Такой подход позволяет получать решения в условиях информационной неопределенности и информационных барьеров.

Литература

1. Benjamin Kuipers. Modeling Spatial Knowledge (1978) // Cognitive Science. №2. pp. 129-153.
2. Barbara Tversky. Levels and Structure of Spatial Knowledge. <http://www-psycho.stanford.edu/~bt/space/papers/levelsstructure.pdf>.
3. Antony Galton. Spatial and temporal knowledge representation // Earth Science Informatics, September, 2009, Volume 2, Issue 3, pp 169-187.
4. Цветков В.Я. Социальные аспекты информатизации образования // Международный журнал экспериментального образования. 2013. №4. С. 108-111.
5. Аникина Г.А., Поляков М.Г., Романов Л.Н., Цветков В.Я. О выделении контура изображения с помощью линейных обучаемых моделей. // Известия АН СССР. Техническая кибернетика. 1980. №6. С. 36-43.
6. Keith Donnellan Reference and Definite Descriptions // The Philosophy of Language (3 edition), A. P. Martinich (ed.), Oxford University Press, 1996.
7. Tsvetkov V.Ya. Spatial Information Models // European Researcher, 2013, Vol.(60), № 10-1, pp. 2386- 2392.
8. Цветков В.Я. Модель геоданных для управления транспортом // Успехи современного естествознания. 2009. №4. С. 50-51.
9. Ожерельева Т. А. Ресурсные информационные модели // Перспективы науки и образования. 2015. №1. С. 39-44.
10. Сигов А. С., Цветков В.Я. Неявное знание: оппозиционный логический анализ и типологизация // Вестник Российской Академии Наук, 2015, том 85, № 9, с.800–804. DOI: 10.7868/S0869587315080319.
11. Маркелов В.М. Применение топологических моделей геоданных для оптимизации транспортных маршрутов // Славянский форум. 2012. 2 (2). С. 56-61.
12. Бородко А.В., Бугаевский Л.М., Верещака Т.В., Запругаева Л.А., Иванова Л.Г., Книжников Ю.Ф., Савиных В.П., Спиридонов А.И., Филатов В.Н., Цветков В.Я. Геодезия, картография, геоинформатика, кадастр / Энциклопедия. В 2 томах. Москва, Картоцентр-геодезиздат, 2008. Том II, Н-Я.
13. Затягалова В.В. Геоэкологический мониторинг загрязнений моря по данным дистанционного зондирования // Образовательные ресурсы и технологии. 2014. №5(8). с.94-99.
14. Цветков В.Я. Методы и системы обработки и представления видеоинформации. М.:ГКНТ, ВНИЦентр, 1991. 113 с.
15. Shi H. et al. Local spatial modeling of white-tailed deer distribution //Ecological Modelling. 2006. V. 190. №. 1. pp. 171-189.
16. Цветков В.Я. Геоestatистика // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2007. №3. с. 174-184.
17. Majumdar A., Gelfand A. E. Multivariate spatial modeling for geostatistical data using convolved covariance functions // Mathematical Geology. 2007. V. 39. №. 2. pp. 225-245.
18. Gong J., Caldas C. H. Data processing for real-time construction site spatial modeling //Automation in Construction. 2008. V. 17. №. 5. С. 526-535.
19. Tsvetkov V. Ya. Information Constructions // European Journal of Technology and

Design, 2014, Vol (5), № 3. pp. 147-152.

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

24. Чехарин Е.Е. Интерпретация космической информации при исследовании Земли // Образовательные ресурсы и технологии. 2015. №2 (10). С. 137-143.

25. Цветков В.Я. Ситуационное моделирование в геоинформатике // Информационные технологии. 2014. №6. С. 64-69.

26. Цветков В.Я. Комплементарность информационных ресурсов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. №2. С. 182-185.

27. Нетес В.А., Тарасьев Ю.И., Шпер В.Л. Как нам определить что такое «надежность» // Надежность, 2014. №04(51). С. 3-14.

28. Цветков В.Я. Надежность в информационной области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. №2 (часть 4). С. 611-612.

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

30. Денисов А.А. Информационное поле. СПб.: Изд-во "Омега", 1998.

31. Павлов А.И. Большие данные в фотограмметрии и геодезии // Образовательные ресурсы и технологии. 2015. №4 (12). С. 96-100.

32. Tsvetkov V.Ya. Incremental Solution of the Second Kind Problem on the Example of Living System, Biosciences biotechnology research Asia, November 2014. Vol. 11(Spl. Edn.), p. 177-180. doi: <http://dx.doi.org/10.13005/bbra/1458>.

33. Ozhereleva T.A. Information Barriers. // European Journal of Technology and Design, 2016, Vol.(11), Is. 1, pp.30-34. DOI: 10.13187/ejtd.2016.11.30 www.ejournal4.com.

References

1. Benjamin Kuipers. Modeling Spatial Knowledge (1978) // Cognitive Science. №2. pp. 129-153.

2. Barbara Tversky. Levels and Structure of Spatial Knowledge. <http://www-psych.stanford.edu/~bt/space/papers/levelsstructure.pdf>.

3. Antony Galton. Spatial and temporal knowledge representation // Earth Science Informatics, September, 2009, Volume 2, Issue 3, pp 169-187.

4. Tsvetkov V.Ya. Sotsial'nye aspekty informatizatsii obrazovaniya // Mezhdunarodnyi zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya. 2013. №4. S. 108-111.

5. Anikina G.A., Polyakov M.G., Romanov L.N., Tsvetkov V.Ya. O vydelenii kontura izobrazheniya s pomoshch'yu lineinykh obuchaemykh modelei. // Izvestiya AN SSSR. Tekhnicheskaya kibernetika. 1980. №6. S. 36-43.

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

7. Tsvetkov V. Ya. Spatial Information Models // European Researcher, 2013, Vol.(60), № 10-1, pp. 2386- 2392.

8. Tsvetkov V.Ya. Model' geodannykh dlya upravleniya transportom // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2009. №4. S. 50-51.

9. Ozherel'eva T.A. Resursnye informatsionnye modeli // Perspektivy nauki i obrazovaniya. 2015. №1. S. 39-44.

10. Sigov A. S., Tsvetkov V.Ya. Neyavnoe znanie: oppozitsionnyi logicheskii analiz i tipologizatsiya // Vestnik Rossiiskoi Akademii Nauk, 2015, tom 85, № 9, s.800–804. DOI: 10.7868/S0869587315080319.

11. Markelov V.M. Primenenie topologicheskikh modelei geodannykh dlya optimizatsii transportnykh marshrutov // Slavyanskii forum. 2012. 2 (2). S. 56-61.

12. Borodko A.V., Bugaevskii L.M., Vereshchaka T.V., Zapryagaeva L.A., Ivanova L.G., Knizhnikov Yu.F., Savinykh V.P., Spiridonov A.I., Filatov V.N., Tsvetkov V.Ya. Geodeziya, kartografiya, geoinformatika, kadastr / Entsiklopediya. V 2 tomakh. Moskva, Kartotsentr-geodezizdat, 2008. Tom II, N-Ya.

13. Zatyagalova V.V. Geoekologicheskii monitoring zagryaznenii morya po dannym distantsionnogo zondirovaniya // Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii. 2014. №5(8). s.94-99

17. Tsvetkov V.Ya. Metody i sistemy obrabotki i predstavleniya videoinformatsii. M.: GKNT,

VNTITsentr, 1991. 113 s.

18. Shi H. et al. Local spatial modeling of white-tailed deer distribution // Ecological Modelling. 2006. V. 190. №. 1. pr. 171-189.
19. Tsvetkov V.Ya. Geostatistika // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Geodeziya i aerofotos'emka. 2007. №3. s. 174-184.
20. Majumdar A., Gelfand A. E. Multivariate spatial modeling for geostatistical data using convolved covariance functions // Mathematical Geology. 2007. V. 39. №. 2. pp. 225-245.
21. Gong J., Caldas C. H. Data processing for real-time construction site spatial modeling // Automation in Construction. 2008. V. 17. №. 5. S. 526-535.
22. Tsvetkov V. Ya. Information Constructions // European Journal of Technology and Design, 2014, Vol (5), № 3. pp. 147-152.
23. Tsvetkov V.Ya. Formirovanie prostranstvennykh znanii: Monografiya. M.: MAKS Press, 2015. 68 s.
24. Chekharin E. E. Interpretatsiya kosmicheskoi informatsii pri issledovanii Zemli // Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii. 2015. №2 (10). C. 137-143.
25. Tsvetkov V. Ya. Situatsionnoe modelirovanie v geoinformatike // Informatsionnye tekhnologii. 2014. №6. C. 64-69.
26. Tsvetkov V.Ya. Komplementarnost' informatsionnykh resursov // Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovanii. 2016. №2. C. 182-185.
27. Netes V.A., Taras'ev Yu.I., Shper V.L. Kak nam opredelit' chto takoe «nadezhnost'» // Nadezhnost', 2014. №04(51). C. 3-14.
28. Tsvetkov V.Ya. Nadezhnost' v informatsionnoi oblasti // Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovanii. 2016. №2 (chast' 4). C. 611-612.
29. Tsvetkov V. Ya. Georeferentsiya kak instrument analiza i polucheniya znanii // Mezhdunarodnyi nauchno-tekhnicheskii i proizvodstvennyi zhurnal «Nauki o Zemle». 2011. №2. C. 63-65.
30. Denisov A.A. Informatsionnoe pole. SPb.: Izd-vo "Omega", 1998.
31. Pavlov A.I. Bol'shie dannye v fotogrammetrii i geodezii // Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii. 2015. №4 (12). C. 96-100.
32. Tsvetkov V.Ya. Incremental Solution of the Second Kind Problem on the Example of Living System, Biosciences biotechnology research Asia, November 2014. Vol. 11(Spl. Edn.), p. 177-180. doi: <http://dx.doi.org/10.13005/bbra/1458>.
33. Ozhereleva T.A. Information Barriers. // European Journal of Technology and Design, 2016, Vol.(11), Is. 1, pp.30-34. DOI: 10.13187/ejtd.2016.11.30 www.ejournal4.com.

УДК 004.02; 004.03; 004.8; 52-38; 528

Пространственное информационное моделирование

Владимир Леонтьевич Лотоцкий

Московский технологический университет (МИРЭА), Институт информационных технологий, Российская Федерация
 Доктор технических наук, профессор
 E-mail antaros05@ya.ru

Аннотация. Статья анализирует пространственное информационное моделирование как инструмент решения прикладных задач. Статья раскрывает многоаспектность этого моделирования. Описаны основные группы пространственного информационного моделирования. Раскрывается содержание основных характеристик этого моделирования. Показана связь пространственных моделей с интеллектуальными моделями. Показаны особенности решения задач с применением пространственных моделей.

Ключевые слова: информация, прикладная геоинформатика, моделирование, информационное моделирование, пространственное моделирование.