



## Геоинформационное моделирование как фундаментальный метод познания

Статья анализирует геоинформационное моделирование. Раскрыты виды геоинформационного моделирования. Описаны концепции геоинформационного моделирования. Описан системный подход при геоинформационном моделировании. Показана необходимость применения информационных единиц как основы моделирования. Приведены парадигматические отношения, моделирующие схему геоинформационного моделирования. Описано цифровое моделирование как важную составляющую геоинформационного моделирования.

**Ключевые слова:** информация, философия информации, познание, пространственная информация, моделирование, геоинформационное моделирование, геоинформационные модели, цифровые модели



## Geoinformation modeling as a fundamental method of cognition

The article analyzes geoinformation modeling. This article describes the types of geoinformation modeling. This article describes the geoinformation modeling concept. This article describes a systematic approach to GIS modeling. The article proves the need for information units as the modeling framework. This article describes the paradigmatic relations, modeling scheme of geoinformation modeling. This article describes digital simulation as an important component of geoinformation modeling.

**Keywords:** information, information, philosophy, cognition, the spatial information, modeling, geoinformation modeling, geoinformation models, digital models

### Введение

Модели служат основой при обработке информации в информационных технологиях и системах. Модели широко применяются в прикладных исследованиях [1-4]. Моделирование создает возможность замены эксперимента математическими или информационными манипуляциями и переноса результатов моделирования на объект исследования. Это прикладное значение моделирования. Междисциплинарное значение моделирования состоит в возможности переноса знаний. Логическое [5, 6] и системное [7, 8] моделирование, может служить критерием проверки истинности знаний. Технологически моделирование связано с построением моделей и созданием новых методов моделирования

для новых явлений и объектов. В ходе многообразия существующих и возникающих моделей возникает необходимость обобщения моделей и моделирования и создания неких моделей над моделями, которые могли бы эффективно осуществлять построение моделей и их анализ. Одной из таких обобщенных технологий моделирования является геоинформационное моделирование [9, 10].

### Геоинформационное моделирование как этап информатизации

Переход отдельных стран и всего человечества в информационное общество означает [11], что большая часть населения работает в сфере производства информации и информа-

ционных услуг, а значительная часть общества будет являться потребителем информационных продуктов и услуг. В этих условиях возрастает значение умения методов работы с информацией, информационными технологиями, информационными ресурсами. Это умение можно обозначить одним термином «информационное моделирование».

В настоящее время для управления и производства актуальными являются технологии применения пространственной информации. Накоплен большой объем данных, полученных в результате деятельности различных геодезических предприятий. Однако большой объем и не структурированность накопленной совокупности пространственных данных создают информационный барьер [12], а иногда препятствуют процессам эффективного применения этой информации. Выход из сложившейся ситуации видится в создании технологий повышающих эффективность использования пространственной информации. Такой технологией является геоинформационное моделирование.

Рассматривая глубинный процесс информатизации общества – интеграцию, можно говорить о том, что информатика и геоинформатика являются основой интеграции информационного общества. В этих условиях геоинформационное моделирование становится ключом к освоению и познанию окружающего мира.

Умение работать с пространственной информацией означает использование информационных ресурсов и вычислительных средств с максимальной эффективностью. В современных условиях информационные ресурсы представляют собой набор информационных моделей. Геоинформатика строится на интеграции разных наук [13], а обработка информации в геоинформатике строится на основе применения моделей. Поэтому геоинформационное моделирование является ключевым в цепочке обработки геоинформации и геоданных.

Геоинформационное моделирование имеет несколько видов: это 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».

В основе большинства используемых методов обработки в информационных технологиях лежит понятие информационной модели - некоторого целенаправленного формализованного отображения существующей системы экономической информации с дополнением определенных элементов, характеризующих систему управления и управляемый объект. В основе большинства методов обработки пространственной информации лежит понятие геоинформационной модели и геоинформационного моделирования.

Геоинформационное моделирование обеспечивает формализованное представление (алгебраическое, графическое и др.) используемых данных и их взаимосвязей. Поэтому современное умение работать с информацией означает умение осуществлять геоинформационное моделирование. Таким образом, геоинформационное моделирование можно рассматривать как современную информационную технологию. Оно включает умение создавать различные информационные модели, их интерпретировать и применять.

Геоинформационная модель [9] содержит несколько уровней описания: предметный, связанный с областью обработки информации; системный, связанный с методов организации и способами обработки; базовый, определяемый выбором базовых моделей данных, независимых от области применения информационной модели.

Переход от информации к информационным ресурсам требует перехода от совокупности данных к совокупности взаимосвязанных моделей [14], обладающих свойство ресурсности [15]. Это отличает модели данных от моделей информационных ресурсов. Таким образом геоинформационное моделирование требует умения работать с пространственной информацией не только как с данными, но уметь осуществлять качественный переход от информационных моделей к ресурсным, от ресурсных к интеллектуальным. По этой причине можно говорить, что геоинформационное моделирование есть основа создания информационных ресурсов.

Такой подход определяет две концепции при обучении геоинформатики. Первая заключается в подготовке квалифицированных пользователей в области геоинформационных технологий и систем. Вторая - в изменении методики применения геоинформатики. Она требует перехода от репродуктивной дидактики к креативной [16]. Это означает, что технология обучения, основанная на тиражировании и передаче знаний, должна смениться технологией обучения, основанной на творчестве и развитии у обучающихся умения созидания новых знаний на основе уже известных. Именно вторая концепция обучения определяет геоинформационное моделирование как технологию манипулирования с информацией и создание на этой основе новых знаний.

Геоинформационное моделирование основано на определенных концепциях: базовых понятиях, классификации, пространственных отношениях, системном подходе, структурном анализе, построении информационных единиц, выборе методов преобразования. Базовыми понятиями являются объект моделирования и метод моделирования.

Объектом моделирования может быть объект окружающего пространства, модель объекта, набор данных, система, процесс, решение задачи, прогнозная оценка и т.п. Метод моделирования может быть также разнообразным. Он определяется набором допустимых условий и правил осуществления преобразований над объектами моделирования.

В рамках модели “сущность-связь”, разработанной Стивом Ченом, объект моделирования можно рассматривать как “сущность”, а метод моделирования как “связь” между разными информационными формами представления объекта моделирования. Классификация означает прежде всего определение классов (подклассов, групп) моделей и преобразований над ними, определение свойств классов и ограничений.

Концепция отношений означает определение и выбор классов отношений между объектами моделирования таких как: пространственные, временные, функциональные, логические, вероятностные, организационные, количественные, качественные. Отношения отражают многоаспектность объектов и связей между ними. Отдельные отношения становятся доминирующими в конкретных предметных областях. Например, в геоинформатике доминирующими становятся пространственно-временные отношения.

Системный подход требует абстрактного рассмотрения объектов моделирования и связей на основе обобщенного использования понятия “системы”. Этим понятием может быть обозначен, объект, процесс, набор данных, модель. При системном анализе выявляются наиболее общие части структуры, связи и отношения между элементами “системы” все это можно определить понятием элементы системы. Выявленные элементы служат основой дальнейшей детализации “системы”.

Дальнейшую детализацию осуществляет структурный анализ, который проводится не на уровне абстракций, а на уровне функций. Структурный анализ позволяет представить структуру объекта моделирования как совокупность функциональных блоков преобразующих информационные модели. В отличие от системного анализа, работающего с абстрагированными данными, структурный анализ работает с реальными данными. Он требует сведения разнообразных реальных данных и информационных потоков в единую систему. Такая единая система, называемая информационной основой [17], требует выбора информационных единиц. Примерами таких информационных единиц [18] могут служить условные знаки в картографии. Совокупность условных обозначений на карте несет информационное сообщение понятное специалисту.

При более общем подходе можно говорить о “знаке” как о некоей информационной единице [18]. Полная совокупность знаков образует алфавит и подчиняется определенной грамматике. Сообщение, составленное из таких знаков, име-

ет ценность или полезность. Информационные единицы, выбранные в процессе информационного моделирования, должны подчиняться определенным правилам - синтаксису.

Таким образом, геоинформационное моделирование в самом общем виде, независимо от области применения должно отвечать определенным концепциям и должно быть направлено на отображение и изучение окружающей действительности. Пояснения содержания геоинформационного моделирования можно показать с помощью парадигматических отношений. Процесс исследования объектов окружающего мира можно упрощенно представить в виде следующих отношений:

Объект → содержание → отображение

При использовании геоинформационного моделирования этот процесс интерпретируется как

Пространственный объект → существенные признаки и пространственные отношения → геоинформационная модель

Особенностью геоинформационного моделирования является опора на пространственные отношения [19]. Особенностью геоинформационного моделирования является применение визуального моделирования. При визуализации применяют знаковое геоинформационное моделирование. При знаковом геоинформационном моделировании моделями служат знаковые образования какого-либо вида: карты, схемы, графики, чертежи, формулы, графы, условные знаки, тайлы и т.п.

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 геоинформационного математического моделирования является использование топологии и пространственных данных.

Цифровое моделирование как составляющая геоинформационного моделирования. При исследовании пространственных объектов широко применяют цифровое моделирование. В информатике и геоинформатике 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 геоинформационных 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.

### Заключение

Геоинформационные модели и геоинформационное моделирование служат основой исследования окружающего мира и построения картины мира [20, 21]. Геоинформационное моделирование основано на применении ресурсного подхода и ресурсных моделей, то оно обладает свойством совершенствования и постоянной модернизации. Информационное моделирование основано на концепциях, реализация которых определяется развивающимися информационными технологиями и техническими средствами. Это обеспечивает преемственность и долгий жизненный цикл информационного моделирования в условиях быстрой смены технических и программных средств. этой задачи является использование изолиний. Таким образом, геоинформационное моделирование и его основной вид – цифровое моделирование позволяют решать широкий круг задач, который с помощью иных методов моделирования решить нельзя.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Свойства управленческих моделей // Славянский форум, 2012. – № 1(1). – С.245-249.
2. V.Ya. Tsvetkov. The Cognitive Modeling with the Use of Spatial Information // European Journal of Technology and Design, 2015, 4. Vol. 10, Is. 4, pp. 149-158., DOI: 10.13187/ejtd.2015.10.149
3. Цветков В.Я. Модель геоданных для управления транспортом // Успехи современного естествознания. 2009. №4. С.50-51.
4. Арнольд В.И. Жесткие и мягкие математические модели. М.: МЦНМО, 2004
5. Цветков В.Я. Логика в науке и методы доказательств. – LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, Saarbrücken, Germany 2012. – 84 с.
6. Цветков В.Я. Применение темпоральной логики для обновления информационных конструкций // Славянский форум. 2015. № 1(7). С. 286-292.
7. Савин Г.И. Системное моделирование сложных процессов. – М.: Фазис. – 2000.
8. Илюшко В.М. Системное моделирование в управлении проектами: монография. – Харьков: Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», 2010. 220 с.
9. Цветков В.Я. Геоинформационное моделирование // Информационные технологии. 1999. №3. С. 23-27.
10. Розенберг И.Н., Духин С.В. Геоинформационные технологии – важнейшая составляющая современных информационных систем // Автоматика, связь, информатика. 2005. № 7. С. 8-12.
11. Коваленко Н.И. Глобализация, пространственная информация, геоданные // Славянский форум, 2015. – № 4(10). – С.147-156.
12. 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
13. Майоров А.А., Цветков В.Я. Геоинформатика как важнейшее направление развития информатики // Информационные технологии. – 2013. – № 11. – С.2-7.
14. V. Ya. Tsvetkov, V. T. Matchin. Information Conversion into Information Resources// European Journal of Technology and Design. – 2014. – Vol.(4), № 2, pp.92-104 DOI: 10.13187/ejtd.2014.4.92.
15. Ожерельева Т.А. Ресурсные информационные модели // Перспективы науки и образования. – 2015. – №1. – С. 39-44.
16. Розенберг И.Н. Построение автоматизированной системы дистанционного обучения для специалистов // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2013. – №2. – С.4-8.
17. Коваленко А.Н. Системный подход создания интегрированной информационной модели // Славянский форум. – 2014. – № 2 (6). – С.51-55.
18. Цветков В.Я. Семантика информационных единиц // Успехи современного естествознания. – 2007. – №10. – С.103-104.
19. Цветков В.Я. Пространственные отношения в геоинформатике // Международный научно-технический и производственный журнал «Науки о Земле». 2012. № 1. С.59-61.
20. Савиных В.П. Космические исследования как средство формирования картины мира // Перспективы науки и образования. 2015. №1. С. 56-62.
21. Tsvetkov V.Ya. Worldview Model as the Result of Education // World Applied Sciences Journal. 2014. 31 (2). p.211-215.

#### Информация об авторе

**Розенберг Игорь Наумович**  
(Россия, Москва)

Профессор, доктор технических наук,  
Первый заместитель генерального директора  
ОАО «Научно-исследовательский и проектно-  
конструкторский институт информатизации,  
автоматизации и связи на железнодорожном  
транспорте» (ОАО «НИИАС»)

#### Information about the author

**Rozenberg Igor Naumovich**  
(Russia, Moscow)

Professor  
Doctor of Technical Sciences,  
First Deputy General Director  
JSC "Scientific-research and design Institute of  
Informatization, automation and communication on  
railway transportation (OJSC "NIIAS")