

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ И ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ

**Виктор Яковлевич Цветков**, проф., д-р техн. наук,  
лауреат премии Президента РФ, лауреат премии Правительства РФ,  
«Заслуженный деятель науки и образования», «Почетный работник науки и техники»,  
«Почетный работник высшего профессионального образования»,  
«Отличник геодезической службы»,  
академик: Российской академии космонавтики им. К. Э. Циолковского (РАКЦ),  
Российской академии естествознания (РАЕ), Российской академии информатизации  
образования (РАО), Международной академии наук Евразии (IEAS),  
заместитель руководителя,  
e-mail: [svj2@mail.ru](mailto:svj2@mail.ru),  
Центр перспективных фундаментальных и прикладных  
исследований ОАО «НИИАС»  
<http://www.vniias.ru>

Статья описывает информационные и геоинформационные модели. Статья описывает четыре подхода к получению знаний, в которых применяют модели разных видов. Статья показывает особенности информационных моделей. В технологическом плане это компьютерная модель. Статья описывает важные свойства информационных моделей: интерпретируемость и структурность. Статья показывает, что геоинформационная модель является развитием информационной модели. Раскрывается структура и особенности геоинформационной модели. Показано значение пространственных отношений, которые выявляются только с помощью геоинформационной модели. Статья раскрывает важные свойства геоинформационной модели: полимасштабность и полиморфность. Раскрывается содержание геоинформационной модели.

Ключевые слова: геоинформатика; прикладная геоинформатика; моделирование; модели; информационные модели; геоинформационные модели

DOI: 10.21777/2312-5500-2016-4-114-120

### Введение

Современная наука выделяет четыре подхода к получению знаний [1]: обработка эмпирических данных, формализация исследуемых объектов или явлений, моделирование объектов исследования, создание фундаментальных или прикладных теорий. Первый подход основан на измерениях и математической обработке экспериментальных данных и может быть рассмотрен как применение математических методов обработки данных и математического моделирования. В этом подходе одна категория моделей служит алгоритмами первичной обработки измерений [2]. В этом подходе другая категория моделей является результатом измерений и является моделями данных или коллекциями данных.

Второй подход можно рассматривать как построение формальных или абстрактных моделей. Этот подход основан на формализации связей, функций и отношений. В этом подходе модели служат инструментом абстрактного описания. Свойства моделей в этом подходе определяют на основе формального описания.

Третий подход организации знаний определяется как прикладной. В нем выделяют и детализируют формальные модели. В нем в формальных моделях выделяют информационно-измеряемые параметры [2] и расчетные параметры. В этом подходе некоторые параметры модели рассматривают как основные, или как независимые, а другие как зависимые. Это означает, что одни параметры моделей определяют на основе изме-



**В.Я. Цветков**

рений или на основе первичной обработки измерений, а другие вычисляются или выводятся исходя из значений измерений. Первичная обработка не меняет качества измерений и параметров модели. Вторичная обработка меняет качество и количество параметров модели. Первые три подхода создают фрагментарное знание.

Четвертый подход основан на системном подходе и создании целостной системы знаний. Эта целостная система знаний, как правило, является новой теорией данной предметной области знаний. В этом подходе свойства моделей определяют на основе измерений, обработки, обобщений анализа и логического вывода и верификации [3]. Таким образом, роль моделей в построении картины мира велика [4]. Модели участвуют во всех четырех подходах к получению знания.

**Анализ понятия информационная модель.** Несмотря на широкое применение термина «информационная модель» [5–8], нет четкой дефиниции этого понятия применительно к информационным технологиям и информатике. Любая модель содержит информацию и формально является информационной как «модель, несущая информацию». Разграничение можно провести при сравнении термина информационные технологии и новые информационные технологии (НИТ). Информационные технологии (ИТ) существовали и до появления компьютера. Для того чтобы выделить информационные технологии, связанные с компьютерной обработкой, ввели термин новые информационные технологии (НИТ). Появилась новая, или информационная, экономика [9]. Однако с течением времени аббревиатура НИТ стала заменяться на ИТ (ИТ). Поэтому в узком смысле ИТ – это информационные технологии, связанные с обработкой информации на компьютере или в других автоматизированных системах. Это определяет одну качественную характеристику информационных моделей (ИМ). Информационная модель связана с возможностью обработки, хранения, представления и передачи ее в инфокоммуникационных технологиях. Это определяет технологическую сторону ИМ.

Как средство получения знания информационная модель связана с третьим этапом познания и формализацией объекта моделирования. Информационная модель [10, 11] – это целенаправленное формализованное отображение существующего объекта или системы объектов с помощью совокупности взаимосвязанных, идентифицируемых, информационно определяемых параметров, отображающих наиболее существенные свойства, связи и отношения объекта моделирования. В упрощенном понимании информационная модель может быть представлена как набор характеристик или показателей, образующих взаимосвязанную целостную систему, включающую связи и отношения. Информационная модель с формальной стороны может быть определена как информационная конструкция [12], предназначенная для решения задач моделирования и исследования свойств и явлений окружающего мира.

**Структурный анализ информационной модели.** На рис. 1 приведена структура информационной модели. В соответствии с определением в ней выделены: цель, свойства, связи, отношения.

Информационная модель (ИМ) может быть представлена как кортеж

$$IM = IM\langle T, CON(M1), PR(M2), REL(M3)\rangle.$$

Здесь: T – цель, CON(M1) – связи, PR(M2) – существенные свойства, REL(M3) – отношения; M1, M2, M3 – информационно определяемые параметры, которые задают полноту и целостность компонент информационной модели и полноту и целостность информационной модели в целом.

Информационная модель не является абстрактным описанием, а строится на основе информации, получаемой из информационного поля. Информационное поле как активная составляющая вложено в информационное пространство, которое является пассивной составляющей. Информационное пространство является формальным отображением окружающего мира. Информационное поле является физическим отображением реального мира [13, 14]. Информационное поле содержит полевую переменную

[15]. Различие между подходами к описанию информационного поля в [13, 14] и [15] в том, что авторы [13, 14] в качестве основы поля используют статистическую теорию поля с использованием модели физического поля. В работе [15] информационное поле рассматривается с познавательных позиций как источник сведений о внешнем мире безотносительно к физическим или иным полям

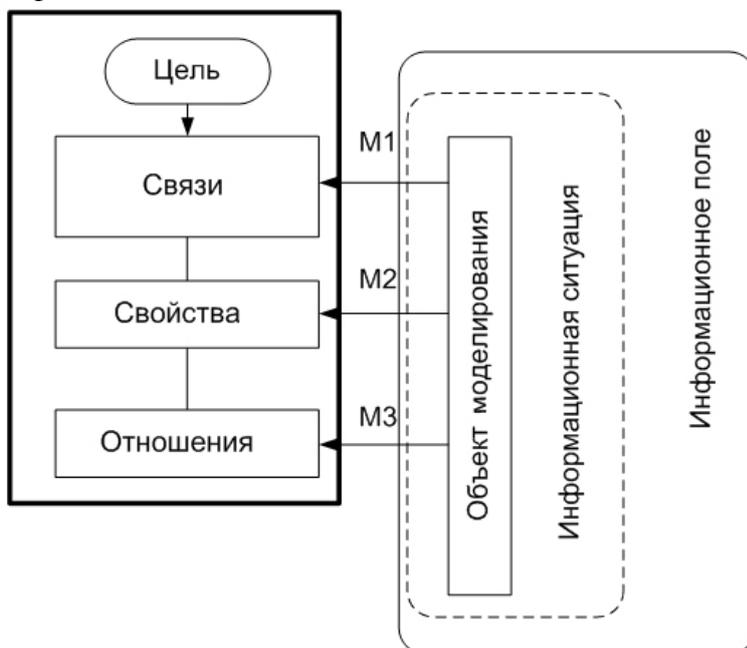


Рис. 1. Структура информационной модели

Информационное поле может быть естественным и искусственным [16]. Естественное информационное поле отражает внешний мир и служит источником информации и знаний для человека. Изучение этого поля осуществляется на основе технологий, которые создает человек. Эти технологии создают информационный барьер [17] к познанию. Это не только ограничивает исследование естественного поля, но и вносит искажения в информацию, получаемую человеком. По существу, искусственное информационное поле представляет собой информационную модель естественного поля. В информационном поле существуют информационные отношения [18], часть из которых входит в информационную модель. Информационные отношения являются обязательным фактором информационного поля и пространства.

Информация извлекается не из всего информационного поля, а только из небольшой его части, которая называется «информационная ситуация». В этой информационной ситуации находится объект исследования, и на его состояние влияет именно информационная ситуация. Поэтому информационная модель строится не обособленно, а как модель, связывающая объект моделирования с той информационной ситуацией, в которой он находится.

**Особенности информационной модели.** В информационную модель входит множество параметров, связанных между собой. Чем сложнее объект, тем больше связей и выше сложность информационной модели. Информационно определенные параметры определяют на основе измерений и рассматривают как совокупность известных значений. Другая часть параметров определяется расчетным путем на основе информационно определенных параметров.

Рассматривая отношение информационной модели к объекту моделирования, можно выделить обобщенные требования к информационной модели. Модель может служить основой интерпретации объекта исследований и сама должна быть интерпретируемой [19]. Модель может давать описание объекта в статике при фиксированных параметрах или жесткой детерминации – жесткая модель, а также и давать возмож-

ность исследования его в динамике при вариации параметров – мягкая модель [20]. Рассмотрим важные свойства информационной модели: интерпретируемость, структурность, представление.

*Интерпретируемость.* Интерпретация (от лат. *interpretatio* – толкование, объяснение) [19] – совокупность значений, придаваемых тем или иным способом элементам какой-либо теории или понятия. Понятие интерпретации имеет важное значение при сопоставлении научных теорий с отраженной в них реальностью, при описании разных способов построения теории и при характеристике изменения соотношения между ними в ходе развития познания. Интерпретируемость может рассматриваться как соответствие представления объекту. По мере возрастания уровня абстракции модели ее интерпретируемость становится все менее очевидной. Однако при этом возрастает переносимость применения данной модели.

*Структурность.* Структура – свойство модели, определяющее относительно устойчивое единство ее элементов, их отношений и целостности модели; инвариантный аспект модели. Структура означает наличие компонентов и элементов модели [21].

Для применения в информационных технологиях ИМ должна иметь следующие основные свойства:

- целенаправленность – модель всегда отображает некоторую систему, т. е. имеет цель (рис. 1);
- конечность – модель отображает оригинал в конечном количестве его свойств, связей и отношений;
- упрощенность – модель отображает только существенные признаки объекта и должна быть воспринимаемой и обозримой [22];
- информационное соответствие – модель должна содержательно соответствовать объекту моделирования [23];
- полнота – модель должна содержать все основные свойства, связи и отношения, необходимые для достижения цели;
- устойчивость – модель должна сохранять устойчивое состояние при некоторой вариации параметров;
- эволюционируемость – возможность развития модели.

**Структурный анализ геоинформационной модели.** Геоинформатика является развитием информатики [24], поэтому геоинформационная модель является развитием информационной модели. На рис. 2 приведена структура геоинформационной модели. По аналогии со структурой информационной модели (рис. 1) в ней выделены: цель, свойства, связи, отношения.

Геоинформационная модель (GM) может быть представлена как кортеж

$$GM = GM\langle T, CON(M1), PR(M2), REL(M3), SPREL(M4)\rangle.$$

Здесь: T – цель, CON(M1) – связи, PR(M2) – существенные свойства, REL(M3) – отношения; SPREL(M4) – пространственные отношения M1, M2, M3, M4 – информационно определяемые параметры, которые задают полноту и целостность компонент информационной модели и полноту и целостность информационной модели в целом. Особо следует отметить параметры M4, которые дают оценку трех качеств: пространственных отношений объекта моделирования; пространственных отношений информационной ситуации, в которой он находится; взаимные пространственные отношения объекта и ситуации.

Отличием геоинформационной модели (GM) является применение и использование пространственных отношений, которые в ИМ не используют. Другим отличием является хранение GM в базе геоданных. Отличием GM от ИМ является двойственная форма представления: визуальная (чаще всего картографическая) и дискретная цифровая форма (часто в виде цифровой модели местности). Отличием GM от ИМ является связь между графической формой и дискретной. В связи с этим базу геоданных можно

заполнять путем создания графической формы или традиционным, с помощью внесения информации в БГД как в обычную базу данных. Отличие ГМ от ИМ состоит в использовании разных типов данных. ГМ в качестве основы использует геоданные [25, 26], которые являются структурированным и системным информационным ресурсом и позволяют с большей легкостью проводить системный анализ.

Эти отличия приводят к тому, что при исследовании реального пространства предпочтительнее применять геоинформационную модель. Она позволяет получать результаты и выявлять такие факторы, которые при помощи информационной модели получить нельзя. ГМ является основой пространственного знания, которое также отличается от обычного знания и позволяет получать описания, не получаемые обычным знанием.

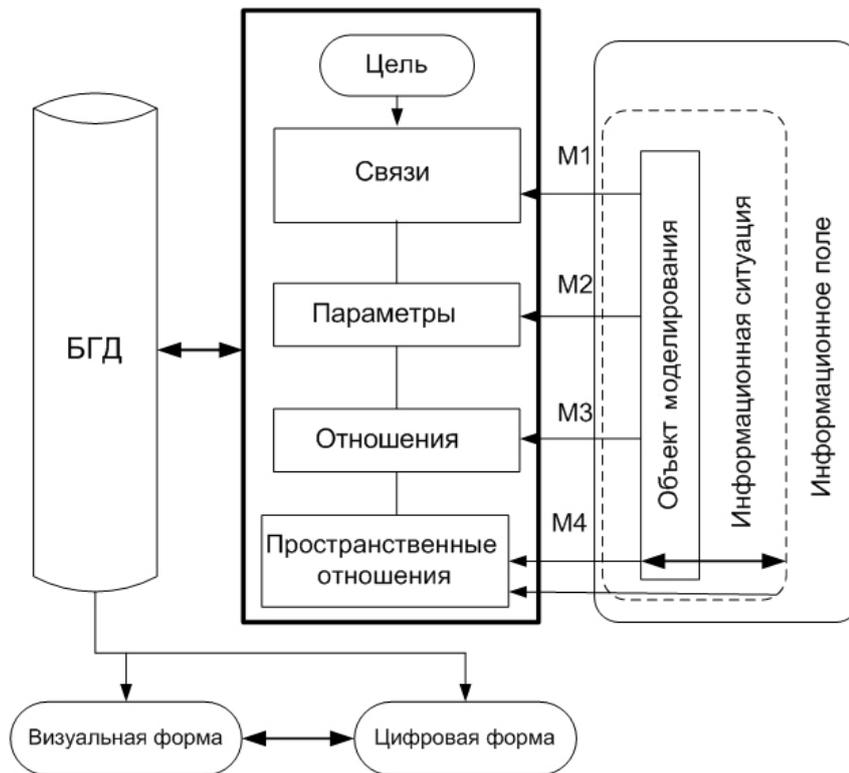


Рис. 2. Структура геоинформационной модели

С формальной стороны геоинформационная модель представляет собой совокупность формальных моделей, отражающих изменение состояния пространственного объекта в зависимости от внешних факторов и пространственных отношений. Геоинформационные модели делят на статические и динамические [27]. Динамические ГМ позволяют воспроизводить динамику явлений в реальном пространстве. Динамические ГМ обладают важным свойством *полимасштабности*, то есть вариации масштабов: пространства, процесса, времени. Это приближает геоинформационные модели к виртуальным моделям.

ГМ обладают важным свойством *полиморфности*: одно и то же явление или объект могут описывать разные геоинформационные модели. Геоинформационная модель строится на основе эвристических принципов. Это повышает значение когнитивных факторов при ее построении. Чем более квалифицированный специалист, тем более качественной получается геоинформационная модель. Для формальных моделей такое свойство отсутствует. Поэтому наиболее содержательной ГМ эвристической деятельности считают структурно-семантическую модель. Геоинформационные модели включает следующий комплекс моделей: цифровые модели местности; визуальные модели; когнитивные модели; 3D-модели; картографические модели; проектные модели; фотограмметрические модели; цифровые изображения; ситуационные модели; топологиче-

ские модели; результат распознавания образов [28].

Анализ дает возможность ввести определение геоинформационной модели – это целенаправленная, информационно определенная совокупность параметров, отображающих существенные признаки пространственных объектов с помощью совокупности взаимосвязанных, идентифицируемых, информационно определяемых параметров, отображающих наиболее существенные свойства, связи и отношения объекта моделирования.

Геоинформационные модели широко применяют в управлении, поскольку они полностью отвечают требованиям, предъявляемым к управленческим моделям [29].

**Заключение.** Модели являются инструментом исследования окружающего мира [30]. Геоинформационные модели можно рассматривать как развитие информационных моделей в аспекте системности данных, большей структуризации и, как следствие, возможности решения ряда задач, которые информационные модели в принципе не решают. Информационные модели более универсальны, но менее чувствительны и представительны. Геоинформационные модели дополняют информационные модели в части познания и исследования окружающего мира. Недостатком геоинформационных моделей в сравнении с информационными моделями является их высокая сложность и требование специальных средств обработки (ГИС). Как метод познания ИМ и ГМ служит средством построения картины мира [4]. В социальном плане модели служат средством решения практических задач развития общества на производстве, в образовании и управлении [31].

#### Литература

1. Цветков В. Я. Информационное моделирование. – М.: МГТУ МИРЭА, 2015. 60 с.
2. Цветков В. Я. Информационно-измерительные системы и технологии в геоинформатике. – М.: МАКС Пресс, 2016. 94 с.
3. Цветков В. Я. Моделирование научных исследований в автоматизации и проектировании. – М.: ГКНТ, ВНИЦентр, 1991. 125 с.
4. Tsvetkov V. Ya. Worldview Model as the Result of Education // World Applied Sciences Journal, 2014. Vol. 31. No. 2. P. 211–215.
5. Фейгенберг И. М., Ровинский Р. Е. Информационная модель будущего как программа развития // Вопросы философии, 2000. Т. 5. С. 76–87.
6. Умрюхин Е. А. Механизмы мозга: информационная модель и оптимизация обучения. – М.: Горизонт, 1999.
7. Пасько Н. Б., Лавров Е. А. Информационная модель для поддержки принятия решений оператором-руководителем // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2009. Т. 6. № 2 (42).
8. Schlueter A., Thesseling F. Building information model based energy/exergy performance assessment in early design stages // Automation in construction, 2009. Vol. 18. No. 2. P. 153–163.
9. Стрелец И. А. Новая экономика и информационные технологии. – М.: Экзамен, 2003.
10. Цветков В. Я. Информационное моделирование при социологических исследованиях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2013. № 4. С. 87–90.
11. Цветков В. Я. Формирование пространственных знаний: монография. – М.: МАКС Пресс, 2015. 68 с.
12. Tsvetkov V. Ya. Information Constructions // European Journal of Technology and Design, 2014. Vol. 5. No. 3. P. 147–152.
13. Jump up «Information field theory». – Max Planck Society, retrieved 13 Nov 2014.
14. Enßlin T. Information field theory, 2013. arXiv:1301.2556v1.
15. Tsvetkov V. Ya. Information field // Life Science Journal, 2014. Vol. 11. No. 5. P. 551–554.
16. Цветков В. Я. Естественное и искусственное информационное поле // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2014. № 5 (часть 2). С. 178–180.
17. Ozhereleva T. A. Information Barriers // European Journal of Technology and Design, 2016. Vol. 11. Is. 1. P. 30–34.
18. Tsvetkov V. Ya. Information Relations // Modeling of Artificial Intelligence, 2015. Vol. 8. Is. 4. P. 252–260.

19. Чехарин Е. Е. Алгоритмы интерпретации данных дистанционного зондирования // Славянский форум, 2015. № 3 (9). С. 301–308.
20. Арнольд В. И. Жесткие и мягкие математические модели. – М.: МЦНМО, 2004.
21. Ожерельева Т. А. Структурный анализ систем управления // Государственный советник, 2015. № 1. С. 40–44.
22. Tsvetkov V. Ya. Cognitive information models // Life Science Journal, 2014. Vol. 11. No. 4. P. 468–471.
23. Цветков В. Я. Информационное соответствие // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2016. № 1 (часть 3). С. 454–455.
24. Майоров А. А., Цветков В. Я. Геоинформатика как важнейшее направление развития информатики // Информационные технологии, 2013. № 11. С. 2–7.
25. Омельченко А. С. Геоданные как инновационный ресурс // Качество, инновации, образование, 2006. № 1. С. 12–14.
26. Цветков В. Я. Модель геоданных для управления транспортом // Успехи современного естествознания, 2009. № 4. С. 50–51.
27. Розенберг И. Н., Цветков В. Я. Создание динамической пространственно-временной модели управления железной дорогой // Геодезия и картография, 2010. № 8. С. 48–51.
28. 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.
29. Розенберг И. Н., Цветков В. Я. Свойства управленческих моделей // Славянский форум, 2012. № 1 (1). С. 245–249.
30. Плотинский Ю. М. Модели социальных процессов. – М.: Логос, 2001.
31. Робертс Ф. С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. – М.: Наука, 1986.

### Information models and geoinformation models

*Victor Yakovlevich Tsvetkov, Professor, Doctor of Technical Sciences. Deputy Head Winner of the Russian President's Prize, the winner of the RF Government Prize. «Honored worker of science and education», «Honored Worker of Science and Technology», «Honored Worker of Higher Professional Education», «Excellent service geodesic» Academicians of the Russian Academy of Cosmonautics. KE Tsiolkovsky (RAC), the Russian Academy of Natural Sciences (RAE). Russian Academy of Informatization of Education (RAE), the International Eurasian Academy of Sciences (IEAS) Center for Advanced fundamental and applied Studies of «NIAS»*

*This article describes the information and geoinformation models. The paper describes four approaches of learning, which use different types of models. The article shows the features of information models. The article shows that the information model has a computer model. This article describes important features of information models: interpretability and structural. The article shows that the geoinformation model is the development of information model. The article describes the structure and features of geoinformation model. The article shows the importance of spatial relationships that are identified only by means of geoinformation models. The article reveals the important properties of geoinformation models: poly scale and polymorphism. The article reveals the contents of geoinformation models.*

*Keywords. geoinformatics, applied geoinformatics, simulation, models, information models, geoinformation models.*