



## Информационные модели в экологических исследованиях

В статье рассмотрены особенности использования информационных моделей в современных экологических технологиях и системах. Показано, что в информационных системах применяется не информация, а информационные модели. Эти модели разделяются на три разных класса. Рассмотрено свойство ресурсности моделей. Рассмотрены геоданные как новый вид информационных ресурсов.

В частности, над данными, входящими в описательную информационную модель, выделен ряд действий: анализ и выделение связей внутри и между наборами данных, классификация всех данных, определение отношений между данными.

Показана структура геоданных, состоящих из метрической (размеры, координаты, точностные характеристики), атрибутивной (названия, свойства, связи) и синтаксической (правила ввода, правила хранения, описание связей БД, правила вывода) информации.

Модели реального мира, применяемые в геоинформационных системах, рассматриваются с учетом трех аспектов: пространственного, временного и тематического.

**Ключевые слова:** философия информации, экология, информация, моделирование, информационные модели, пространственная информация, геоданные



## Information models in ecological studies

The article analyzes the peculiarities of the use of information models in modern environmental technologies and systems. The article argues that in the information systems used not information, and informational model. The article describes the separation of information models into three different classes. This article describes a property of the resource models. Article scribes describe geodata as a new kind of information resources.

In particular, on the data included in the descriptive information model, highlighted a number of actions: the analysis and selection of ties within and between sets of data, classification data, determining relationships between data.

Shows the structure of a geodatabase, consisting of a metric (dimensions, coordinates, accuracy characteristics), attribute (name, properties, context) and syntax (the rules input, the rules storage, description, links database, inference rules) information.

Models of the real world used in geoinformation systems are considered taking into account three dimensions: spatial, temporal and thematic.

**Keywords:** Information philosophy, ecology, information, modeling, information models, spatial information, geodata

## Введение

Современный этап развития общества характеризуется обострением противоречий между человеком и окружающей средой [1]. Мировой экономический и экологический кризисы породили множество проблем, связанных с ухудшением природно-экологических и социально-экономических условий жизнедеятельности населения. Это определяет то, что поэтому в современной экологии доминирующее положение занимают исследования, направленные на разработку научных основ моделирования и оценки состояния природных, природно-антропогенных и антропогенных геосистем и трендов их изменения на глобальном, региональном и локальном уровнях [2]. Сложность выполнения научных исследований в области взаимодействия природы и общества, обусловлена необходимостью учета множества природных закономерностей и антропогенных факторов, для которых не существует точных аналитических описаний. Это побуждает применение информационного подхода [3] и информационного моделирования [4] для анализа и оценке экологических ситуаций.

### Особенность информационного подхода в экологии

В соответствии с многочисленными определениями информация может быть рассмотрена как совокупность сведений. В различных формах она служит основой анализа, оценки и поддержки принятия решений. Информация используется в информационных технологиях и системах. Однако в ИС используется не информация как таковая, а когнитивные модели [6], модели данных, информационные модели [7], модели процессов [8], первичные и вторичные модели, визуальные модели [9].

Следовательно, при работе с информационными системами необходимо говорить о моделях и о преобразовании исходных данных в некие модели, пригодные для обработки. В современных информационных технологиях необходимо рассматривать именно информационные модели и производные от них информационные продукты, а не просто информацию.

Таким образом, можно говорить о качественно новом свойстве информации в современном обществе. Современная информация при ее реализации в информационных технологиях и системах предстает в виде различных моделей. Второе качественное свойство информации в том, что она выступает как ресурс. Переход от информации как от описания к информационным ресурсам [10] требует перехода в технологиях обработки информации от совокупностей данных к совокупностям моделей данных и инфор-

мационных моделей. Информационные модели создаются на основе элементарных моделей, которые называют информационными единицами [11]. На основе информационных моделей создаются альтернативы для поддержки принятия решений в экологических ситуациях.

### Характеристики информационных моделей

Информационные модели имеют качественные характеристики, подобно другим видам продукции. Основными характеристиками качества информационных моделей наряду с общепринятыми для других видов продукции, являются: репрезентативность, содержательность, прагматизм, достаточность, точность, актуальность. Отметим содержательность и точность. Содержательность информационных моделей определяется либо коэффициентом информативности, т.е. отношением количества синтаксической информации к ее общему объему, либо коэффициентом содержательности отношением семантической информации к ее общему объему [7].

Точность – специфическая характеристика. Она оценивается чаще всего с помощью числовых мер и определяется степенью соответствия данных к реальному состоянию процесса или объекта. В отличие от других информационных технологий информация в геоинформационных технологиях должна быть особым образом организована: локализована, интегрирована и стратифицирована.

### Информация как ресурс

Как производственный ресурс [12] информация должна иметь новое качество. Она должна быть специальным образом организована и преобразована [13] из первоначальной описательной формы в ресурсные информационные модели [12]. На этом основании информационные ресурсы должны рассматриваться как сложные совокупности, включающие простые описания и информационные модели различного вида. В свою очередь информационные модели также можно классифицировать с учетом их использования в информационных технологиях. Эта классификация обусловлена эволюцией информационных технологий.

В конце 60-х-начале 70-х годов основное направление компьютерных технологий было направлено на совершенствование методов обработки информации, в первую очередь алгоритмической. Основным типом моделей в системах обработки информации были информационные модели, представляющие наборы данных. К началу 80-х годов развитие компьютерных технологий и применение компьютерной техники меняется. Главным действующим

лицом становится не программист, а пользователь – специалист в области использования и обработки информации. При этом методика обработки информации от алгоритмов прямого счета смещается в сторону эвристической обработки в человеко-машинных системах (ЧМС). Это обусловило интенсивную разработку методов и средств, обеспечивающих эффективное взаимодействие пользователя и компьютера. Совокупность данных требовала согласованного описания и так появилась информационная основа или информационно-описательная модель.

Дальнейшее развитие компьютерных технологий было направлено на совершенствование методов хранения информации. Основным типом моделей в системах хранения были информационные модели, допускающие обновление и модификацию, представляющие модели базы

щего объекта или системы с помощью системы взаимосвязанных, идентифицируемых, информативно определяемых параметров. Информационная модель обеспечивает формализованное представление используемых данных и их взаимосвязей. Поэтому особенностью информационных моделей является то, что одна из их основных функций – описательная.

Наличие разных способов описания и возможное различие в построении определяет вторую особенность информационных моделей – на один и тот же объект могут быть сформированы несколько разных информационных моделей, дополняющих друг друга

На рис.1 дана классификация информационных моделей, применяемых в информационных технологиях и системах для решения задач экологии. Информационно-описательный класс



Рис.1. Классификация информационных моделей

данных. Появляются интегрированные информационные системы, меняющие концепцию однокомпонентной обработки информации в сторону многоаспектной многокомпонентной обработки данных. С появлением интегрированных систем появилось новая модель данных – интегрированная информационная основа.

Таким образом, в процессе эволюции для решения разных задач, в том числе и экологических применялись: наборы данных, информационно-описательные модели, модели базы данных, интеллектуальные модели, интегрированная информационная основа. Из этой совокупности можно выделить три класса информационных моделей: информационно-описательные, информационно-ресурсные, интеллектуальные [3]. Все три класса отличаются наличием различного качества.

Информационная модель – целенаправленное формализованное отображение существую-

щего объекта или системы с помощью системы взаимосвязанных, идентифицируемых, информативно определяемых параметров. Информационная модель обеспечивает формализованное представление используемых данных и их взаимосвязей. Поэтому особенностью информационных моделей является то, что одна из их основных функций – описательная.

Наличие разных способов описания и возможное различие в построении определяет вторую особенность информационных моделей – на один и тот же объект могут быть сформированы несколько разных информационных моделей, дополняющих друг друга

На рис.1 дана классификация информационных моделей, применяемых в информационных технологиях и системах для решения задач экологии. Информационно-описательный класс

(рис.1) включает модели, которые построены как описание некоего процесса, явления, объекта, сущности и т.д. Модели этого класса выполняют функции информационного сообщения. Эти модели могут быть простыми, составными и пр.

Основные функции этих моделей: описание объекта моделирования и хранение информации. Применимость таких моделей определяется сроком пригодности информации, которую они содержат. Эти модели обладают свойством накопления и актуализации, т.е. замены устаревшей информации на новую. Примером таких моделей служат: файл, текстовый документ, речевое сообщение, рисунок и пр.



Рис.2. Связь между информационно-описательной и информационно-ресурсной моделью

выше, чем моделей первого класса,

Ресурсность как свойство - пример синергетического эффекта. Оно проявляется, когда разрозненные наборы данных систематизируются и организуются в специальную систему данных. Примером информационно-ресурсных моделей могут быть модели базы данных, человеческая память.

Интеллектуальные модели – это класс моделей (рис.1), обладающих способностью к накоплению информации, совершенствованию и самосовершенствованию и осуществлению активных действий независимо от субъекта или объекта, создавшего эти модели. Период использования моделей последнего класса превосходит периоды использования моделей первых двух классов. Примером этих моделей могут быть базы знаний, некоторые типы компьютерных вирусов, модели реакции человека на воздействие внешней среды.

Все три класса моделей относят к информационным ресурсам. Следует особо остановиться на ресурсных моделях. Ресурсность модели означает возможность повышения качества информации и расширяет возможность применения модели. Именно такие модели могут служить основой инновации.

Таким образом, повышение качества информации возможно за счет организации ее как ресурса - преобразования исходных данных или описательных сведений в систему информационных моделей [15]. Процесс преобразования информационно-описательной модели к информационно-ресурсной показан на рисунке 2. Видно, что информационно-ресурсная модель имеет структуру и дополнительные свойства, которые обеспечивают возможность ее совершенствования. Информационно-описательная модель представляет собой описания наборов данных. Накопление информации в этой модели ведет к суммированию данных либо к замене одних данных другими. В этой модели данные хранятся в виде независимых наборов. Однако эту независимость можно снять.

Над данными, входящими в описательную информационную модель возможно выполнение ряда действий:

- Анализ и выделение связей внутри и между наборами данных.
- Классификация всех данных.
- Определение отношений между данными.

Совокупность этих действий позволяет преобразовать описания наборов данных в систе-



Рис. 3. Структура геоданных

му связанных данных. Эта система определяет информационно-ресурсную модель. Система связанных данных имеет некий механизм, образованный отношениями и классификацией данных. Этот механизм позволяет строить новые конструкции данных на основе имеющихся. Кроме того, по мере поступления новой информации в систему данных, механизм этой системы позволяет оптимизировать эту систему, если в ней заранее определены параметры оптимизации. В этом и заключается еще одно свойство ресурсности модели, – возможность получения новых знаний на основе внутреннего механизма, заложенного в ней. Третий класс моделей в отличие от первых двух является активным. Он является совершенствованием класса информационно-ресурсных моделей и дополняется по отношению к нему механизмом накопления знаний, позволяющим осуществлять активные действия без соответствующих запросов к этим моделям.

В неавтоматизированных технологиях наиболее широкое распространение получил первый класс информационных моделей. В информационных технологиях наибольшее значение получил информационно-ресурсный класс моделей. Применительно к экологии ресурсность решает две важные задачи. Создавая новое качество, она создает условия для инноваций, как носителей нового качества. Создавая возможность повышения качества, она дает возможность увеличения жизненного цикла.

В экологии большое значение имеют пространственные модели для описания реальной пространственной экологической ситуации [16].

Современные пространственные модели данных представляют собой интегрированную совокупность данных, в которых пространственная информация выполняет две основные функции.

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. Вторая ее функция измерительная заключается в том, что она используется для управления [17], в том числе для получения экологических оценок.

Точно также как географическая сетка на карте служит основой для нанесения различных видов информации, пространственная информация выполняет функции интеграции данных в информационных и геоинформационных технологиях. Организация пространственных данных приводит к созданию системной ресурсной модели или геоданных [18] (рис.3). Следовательно, – это новый вид информационных ресурсов, который позволяет проводить многоаспектный анализ, включая визуальный анализ.

Эта информация различного территориального охвата и содержания имеет широкий круг потребителей из различных сфер производственной и административной деятельности. Она играет важную роль в задачах экономического, политического и экологического развития на федеральном и региональном уровнях.

Любая современная система управления экологической ситуацией, действующая не только по территориальному принципу, но и связанная с такими системами, нуждается в комплексных данных, со-

державных пространственную информацию [19].

Свойство ресурсности определяет в современном мире геоданные и пространственные модели в качестве национального информационного ресурса многоцелевого использования. Они признаны одним из универсальных интегрированных информационно-технологических средств, способствующих эффективному решению территориальных проблем управления и планирования.

Для пространственных моделей характерна многоуровневость в аспекте территориального различия. В них выделяют 4 уровня [17]. Это определяет возможность их использования для анализа в рамках глобальных систем. Модели реального мира, применяемые в геоинформационных системах, необходимо рассматривать с учетом трех аспектов: пространственного, временного и тематического.

Пространственный аспект связан с определением местоположения исследуемого объекта или с привязкой информации к конкретным территориям.

Временной аспект обусловлен изменениями свойств объекта за конечный период времени. Примером временных данных служат результаты переписи населения.

Тематический аспект обусловлен включением в набор данных тематической информации, связанной с конкретными решаемыми задачами.

Эти три аспекта определили три группы основных характеристик геопропространственных данных и моделей "место", "время", "тема".

Важным свойством геопропространственных

данных является интеграция трех отмеченных групп в единую систему. Эта интеграция создает синергетический эффект, т.е. позволяет решать задачи, которые при разделении на отмеченные группы не решаются или решаются с меньшей эффективностью. Такая интеграция служит основой их применения в технологиях управления для содержательного анализа информации [20].

## Заключение

Таким образом, информационные модели в экологических исследованиях служат основой анализа и оценки экологической ситуации. Для оценки экологической ситуации обязательным является использование пространственной информации. Наиболее эффективно использование геоданных, которые являются системным информационным ресурсом, позволяющим достаточно просто организовать их хранение в базах данных и применять в геоинформационных системах. Геоданные позволяют создавать информационную общность [21] систем данных и систем обработки при экологическом моделировании [22]. Исходная информация включает информационно-описательные модели и не обладает свойством ресурсности. Первичная обработка преобразует эти исходные модели в новый вид, обладающий свойством ресурсности. Все три класса информационных моделей относятся к информационным ресурсам, но они имеют качественное различие. Поэтому, говоря об информационных ресурсах, необходимо уточнять какой класс информационных моделей применяется.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бондур В.Г., Крапивин В.Ф., Потапов И.И. Методы аэрокосмической диагностики лесных экосистем // Экологические системы и приборы. 2010. №3. С.17-26.
2. Бондур В.Г. Проблемы аэрокосмического мониторинга океана // Исследования в области океанологии, физики атмосферы, географии, экологии, водных проблем и геокриологии. Сборник докладов. М.: ГЕОС, 2001. С.87-94.
3. Поляков А.А., Цветков В.Я. Прикладная информатика. Учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся по специальности «прикладная информатика» (по областям) и другим междисциплинарным специальностям: В 2-х частях: / Под общ.ред. А.Н. Тихонова. М.: МАКС Пресс. Том 1. 2008. 88 с.
4. Семевский Ф. Н., Семенов С. М. Математическое моделирование экологических процессов. М.: Гидрометеоздат, 1982.
5. Цветков В.Я. Информационная модель как основа обработки информации в ГИС // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2005. № 2. С.118-122.
6. Tsvetkov V.Ya. Cognitive information models. // Life Science Journal. 2014. № 11(4). pp. 468-471.
7. Информатика / под ред. Н.В. Макаровой. М.: Финансы и статистика, 1997. 785 с.
8. Ермолов В. А. Геолого-экологическое моделирование пространственно-качественной структуры месторождений полезных ископаемых // Геология и разведка. 1997. №. 5. С. 1.
9. Шорыгин С.М. Визуальное моделирование в информационных технологиях // Перспективы науки и образования. 2014. №6. С.19-25.
10. 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
11. Цветков В. Я. Информационные единицы сообщений // Фундаментальные исследования. 2007. № 12. С.123-124.
12. Ожерельева Т. А. Ресурсные информационные модели // Перспективы науки и образования. 2015. № 1. С. 39-44.
13. Булгаков С.В. Агрегирование информационных моделей // Перспективы науки и образования. 2014. № 3. С. 9-13.
14. Годин В.В., Корнеев И.К. Управление информационными ресурсами. М.: "Инфра-М", 2000. 352 с.
15. Tsvetkov V. Ya. Logic units of information systems // European Journal of Natural History. 2009. № 2.p.99-100.
16. Майоров А.А. Пространственное когнитивное моделирование // Перспективы науки и образования. 2014. № 1. С. 33-37.
17. Маркелов В.М. Пространственная информация как фактор управления // Государственный советник. 2013. № 4. С. 34-38.
18. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоданные как системный информационный ресурс // Вестник Российской Академии Наук. 2014. Том 84. № 9. С.826–829. DOI: 10.7868/S0869587314090278.
19. Бондур В.Г. Актуальность и необходимость космического мониторинга природных пожаров в России // Вестник Отделения наук о Земле РАН. 2010. Т 2. С. 1-15.
20. Иваницков А.Д., Тихонов А.Н., Цветков В. Я. Основы теории информации. М.: МаксПресс, 2007. 356 с.
21. Поляков А.О. Информационная общность систем. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2002.
22. Роговая О. Г. Экологическое моделирование. СПб.: ООО «Книжный мир». 2007.

1. Bondur V.G., Krapivin V.F., Potapov I.I. Aerospace diagnostics of forest ecosystems. *Ekologicheskie sistemy i pribory - Ecological systems and devices*, 2010, no. 3, pp.17-26 (in Russian).
2. Bondur V.G. Problems of aerospace monitoring of the ocean. *Issledovaniia v oblasti okeanologii, fiziki atmosfery, geografii, ekologii, vodnykh problem i geokriologii. Sbornik dokladov* [Studies in the field of Oceanology, atmospheric physics, geography, ecology, water problems and Geocryology. A collection of reports]. Moscow, GEOS Publ., 2001, pp.87-94.
3. Poliakov A.A., Tsvetkov V.Ia *Prikladnaia informatika. Uchebno-metodicheskoe posobie dlia studentov, obuchaiushchikhsia po spetsial'nosti «prikladnaia informatika» (po oblastiam) i drugim mezhdistsiplinarnym spetsial'nostiam: V 2-kh chastiakh: / Pod obshch.red. A.N. Tikhonova* [Applied computer science. Textbook for students studying applied Informatics (by regions) and to other interdisciplinary majors: In 2 parts / Under the General editorship of A. N. Tikhonov]. Moscow, MAKS Press. V. 1. 2008. 88 p.
4. Semevskii F. N., Semenov S. M. *Matematicheskoe modelirovanie ekologicheskikh protsessov* [Mathematical modeling of ecological processes]. Moscow, Gidrometeoizdat Publ., 1982.
5. Tsvetkov V.Ia. Information model as the basis for information processing in GIS. *Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Geodeziia i aerofotos"emka - Proceedings of higher educational institutions. Geodesy and aerial photography*, 2005, no. 2, pp.118-122 (in Russian).
6. Tsvetkov V.Ya. Cognitive information models. *Life Science Journal*, 2014, no. 11(4), pp. 468-471.
7. *Informatika / pod red. N.V. Makarovo* [Computer science / edited by N. In. Makarova]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 1997. 785 p.
8. Ermolov V. A. Geological and environmental modeling spatial and qualitative patterns of mineral deposits. *Geologiya i razvedka - Geology and exploration*, 1997, no. 5, p. 1 (in Russian).
9. Shorygin S.M. Visual modeling in information technologies. *Perspektivy nauki i obrazovaniia - Perspectives of science and education*, 2014, no. 6, pp.19-25 (in Russian).
10. V. Ya. Tsvetkov, V. T. Matchin. Information Conversion into Information Resources. *European Journal of Technology and Design*. 2014. Vol.(4), no. 2, pp.92-104 DOI: 10.13187/ejtd.2014.4.92
11. Tsvetkov V. Ia. Information units of messages. *Fundamental'nye issledovaniia - Fundamental research*, 2007, no. 12, pp.123-124 (in Russian).
12. Ozherel'eva T. A. Resource information models. *Perspektivy nauki i obrazovaniia - Perspectives of science and education*, 2015, no. 1, pp. 39-44 (in Russian).
13. Bulgakov S.V. Aggregation information models. *Perspektivy nauki i obrazovaniia - Perspectives of science and education*, 2014, no. 3, pp. 9-13 (in Russian).
14. Godin V.V., Korneev I.K. *Upravlenie informatsionnymi resursami* [Information resource management]. Moscow, Infra-M Publ., 2000. 352 p.
15. Tsvetkov V. Ya. Logic units of information systems. *European Journal of Natural History*, 2009, no. 2, pp.99-100 (in Russian).
16. Maiorov A.A. Spatial cognitive modeling. *Perspektivy nauki i obrazovaniia - Perspectives of science and education*, 2014. no.1, pp. 33-37 (in Russian).
17. Markelov V.M. Spatial information as a factor of control. *Gosudarstvennyi sovetnik - The State Counsellor*, 2013, no. 4. pp.34-38 (in Russian).
18. Savinykh V.P., Tsvetkov V.Ia. GEODATA as a system information resource. *Vestnik Rossiiskoi Akademii Nauk - Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, 2014, V. 84, no. 9. pp.826–829. DOI: 10.7868/S0869587314090278.
19. Bondur V.G. Relevance and the need for space monitoring of natural fires in Russia. *Vestnik Otdeleniia nauk o Zemle RAN - Bulletin of the Department of Earth Sciences RAS*, 2010, V. 2, pp. 1-15.
20. Ivannikov A.D., Tikhonov A.N., Tsvetkov V. Ia. *Osnovy teorii informatsii* [Fundamentals of information theory]. Moscow, MaksPress Publ., 2007. 356 p.
21. Poliakov A.O. *Informatsionnaia obshchnost' sistem* [Information systems community]. Saint-Petersburg, SPbGTU Publ., 2002.
22. Rogovaia O. G. *Ekologicheskoe modelirovanie* [Ecological modelling]. Saint-Petersburg, Knizhnyi mir Publ., 2007.

### Информация об авторе

**Баяндурова Александра Александровна**

аспирант

Московский государственный университет путей  
сообщения

e-mail: alya.bayanova.92@bk.ru

### Information about the author

**Baiandurova Aleksandra Aleksandrovna**

(Russia, Moscow

graduate student

Moscow State University of Railway Engineering

e-mail: alya.bayanova.92@bk.ru