

УДК 519.113.115+681.3

**Интерпретационное моделирование в информатике и геоинформатике****Interpretive modeling in computer science and geoinformatics****Цветков / Tsvetkov V.**Виктор Яковлевич  
(cvj2@mail.ru)

доктор технических наук, профессор,  
действительный член РАН, РАКЦ, РАО,  
лауреат премии Президента РФ в области  
образования, лауреат премии Правительства РФ,  
почетный работник ВПО РФ.  
ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический  
университет» (РТУ МИРЭА),  
профессор института информационных технологий  
и автоматизированного проектирования.  
г. Москва

**Чехарин / Chekharin E.**Евгений Евгеньевич  
(tchekharin@mirea.ru)

РТУ МИРЭА,  
старший преподаватель кафедры инструментального  
и прикладного программного обеспечения.  
г. Москва

Ключевые слова: информатика – computer science; лингвистика – linguistics; интерпретация – interpretation; интерпретационное моделирование – interpretative modeling; ономазиология – onomasiology; семасиология – semasiology; морфология – morphology; семантика – semantics; синтактика – syntactics; пространственные объекты – spatial objects.

Статья исследует интерпретационное моделирование. Дана общая модель интерпретации. Введены понятия «интерпретирующая модель» и «интерпретационная модель». Интерпретирующая модель рассматривается как механизм интерпретации. Интерпретационное моделирование обеспечивает получение новых знаний. Статья проводит исследование интерпретации с использованием морфологии, синтактики и семантики. Они раскрывают содержание интерпретационного моделирования. Описано ономазиологическое и семасиологическое моделирование. Дана картографическая композиция как пример интерпретации.

The article explores interpretative modeling. The general model of interpretation is given. The concepts of interpretive model and interpretive model are introduced. The interpretive model is considered as an interpretation mechanism. Interpretive modeling provides new knowledge. The article conducts a study of interpretation using morphology, syntactics and semantics. They reveal the content of interpretative modeling. Onomasiological and semasiological modeling is described. The cartographic composition is given as an example of interpretation.

**Введение**

Интерпретационное моделирование называют также объяснительным моделированием. Во многом оно является общим для информатики и

геоинформатики. Его применяют, когда имеются исходные факты, данные, модели, ситуации, требующие объяснений. Эти объекты интерпретации в теории интерпретации можно обозначить общим термином «интерпретационный контент» или «контент». В геоинформатике данные трансформируются в геоданные, модели в геоинформационные модели, ситуации в пространственные ситуации [1]. В информатике и геоинформатике контент переводят в информационное и геоинформационное поле [2], которое позволяет многие модели обрабатывать совместно. В информационном поле для задач информатики применяют информационные связи и отношения. Для задач геоинформатики информационные отношения дополняют пространственными отношениями. Интерпретацию применяют в информатике и геоинформатике, когда возникают новые неизвестные ситуации и явления, требующие объяснения или детализации. Интерпретацию в информатике и геоинформатике применяют, когда возникают противоречия между новыми фактами и накопленными знаниями. Для интерпретации в информатике и геоинформатике можно применять методы моделирования. В этом случае возникает интерпретационное моделирование и специальные модели. Интерпретационное моделирование имеет важное значение: при анализе реальности, при сравнении теорий, при сопоставлении научных теорий с реальностью. Это направление актуально. В то же время термин «интерпретационное моделирование» (как показывает поиск в Интернет) пока не применялся ни на русском, ни на английском языке. Данная статья восполняет этот пробел.

## Основные понятия

Интерпретацией [3, 4] [лат. *interpretatio* – объяснение] называют совокупность смысловых значений, приписываемых фактам или иным информационным объектам. Модель дефиниции является примером интерпретационной модели. Интерпретация не является единым методом или технологией. Различают интерпретацию фактов, интерпретацию данных, интерпретацию моделей, интерпретацию ситуаций, интерпретацию противоречий теории и реальности. По прикладной области следует разделять информационную и геоинформационную интерпретацию. Информационная интерпретация входит в геоинформационную интерпретацию и составляет ее основу.

Будем разделять следующие понятия: контент (интерпретационный контент), интерпретирующая модель (механизм), интерпретационная модель (результат интерпретации). Контент есть исходный объект, подлежащий интерпретации и требующий объяснения. На рис. 1 приведена общая схема интерпретации.

Интерпретирующая модель может трактоваться по-разному. Ее можно считать интерпретационным ресурсом. Для информационной интерпретации это информационный ресурс [5]. Интерпретирующая модель может рассматриваться как механизм интерпретации, когда нельзя построить модель. Например, аргументация является механизмом интерпретации, многие процессы, такие как метамоделирование, также являются механизмом интерпретации. В общем случае интерпретирующая модель – это процессуальный механизм преобразования контента, который приводит к интерпретации как объяснению чего-либо. Примером интерпретирующей модели может служить в некоторых случаях информационный морфизм [6]. Интерпретационная модель представляет собой результат интерпретации, объяснение или новое знание.

Получение знаний является основной задачей информатики и геоинформатики, поэтому интерпретация и интерпретационное моделирование являются обязательным завершающим этапом в получении знаний в этих и других областях.

Решение уравнения можно рассматривать как интерпретацию. Исходные условия – контент, алгоритм – механизм интерпретации. Решение – интерпретирующая модель.

На рис. 2 дана обобщенная схема интерпретирующей модели. Выше отмечалось, что могут быть разные виды интерпретации. Поэтому схема на рис. 2 является общей для всех видов.

На первом этапе интерпретации исходный контент подвергается декомпозиции. Декомпозиция органически связана с ономасиологическим моделированием [7], особенно в лингвистической интерпретации.

Основой любой интерпретации является база интерпретационных единиц (БИЕ). Простейшим примером такой базы является словарь или дескриптор. Более сложным примером является база данных или база знаний. Между результатом или элементами ономасиологического моделирования и базой интерпретационных единиц находят информационное и семантическое соответствие. Это соответствие находится в два этапа. На первом этапе ищут сигнификативное или лемматизированное соответствие между ономасиологическими элементами и элементами БИЕ. По существу, элементам декомпозиции ставят в соответствие модели «слова» в широком смысле. Модель слова есть простая информационная единица, обладающая смыслом, то есть простая семантическая информационная единица. Она имеет сигнификативное значение, поскольку рассматривается изолировано от других единиц. Такое значение не представляет интерес для интерпретации. Для интерпретации важным является семантика связанных информационных единиц, то есть предложений и фраз. Для связывания простых семантических единиц используют информационные отношения и синтактику, то есть правила построения слов в предложения, правила образования предложений и правила связей между предложениями. Все это происходит на этапе нахождения семантического соответствия. После нахождения семантического соответствия начинается конструирование сложных составных моделей с использованием семасиологического моделирования. Семасиологическое моделирование [8, 9] формирует структурно согласованную или комплементарную модель совокупности семантических информационных единиц. Эта совокупность является интерпретационной моделью.

Можно сравнить интерпретацию и машинный перевод. Машинный перевод состоит в преобразовании одного исходного контента (Cont1) в другой контент (Cont2) как результат интерпретации. Формально эта задача записывается как:

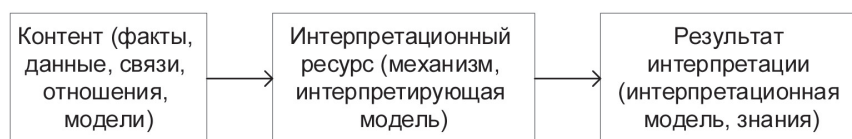


Рис. 1. Обобщенная схема интерпретации

$$\text{Cont1}(\text{Mrf1}, \text{Sint1}, \text{Sem1}) \rightarrow \text{Cont2}(\text{Mrf2}, \text{Sint2}, \text{Sem2}) \quad (1)$$

Составляющими контента в этом случае являются Mrf – морфология, Sint – синтаксис, Sem – семантика. При машинном переводе существуют следующие условия. Mrf1 трактуется как морфология исходного сообщения. Mrf2 есть морфология интерпретации. Цифра 1 относится к исходным данным, цифра 2 относится к результату интерпретации.

$$\begin{aligned} \text{Mrf1} &\neq \text{Mrf2} & (2) \\ \text{Sint1} &\neq \vee \approx \text{Sint2} & (3) \\ \text{Sem1} &= \text{Sem2} & (4) \end{aligned}$$

Задача сводится к изменению морфологии и синтактики при сохранении семантики. Эта задача решается во многом с помощью комбинаторики. При интерпретации имеют место другие условия, и задача интерпретации имеет вид

$$\text{Cont1}(\text{Mrf1}, \text{Sint1} \approx?, \text{Sem1} \approx?) \rightarrow \text{Cont2}(?, ?, ?) \quad (5)$$

Выражение (2) интерпретируется следующим образом

$$\begin{aligned} \text{Mrf1} &= \text{Conf} & (6) \\ \text{Mrf2} &\approx? & (7) \\ \text{Sint1} &\approx? & (8) \\ \text{Sint2} &=? & (9) \\ \text{Sem1} &\approx? & (10) \\ \text{Sem2} &=? & (11) \end{aligned}$$

Это означает, что существует (6) некая морфология контента Conf, не связанная с содержанием. Контент можно рассматривать как сообщение, для которого точно неизвестен синтаксис и семантика, хотя приближенная информация имеется о наличии синтаксиса и семантики. Результат интерпретации полностью неизвестен. То есть имеет это сообщение смысл или нет (11)? Существуют ли некие правила

построения (9) структуры сообщения или нет? Существует ли приемлемая для интерпретации морфология (7) или нет? Выражения (7), (9), (11) описывают разные формы неопределенности. Выражение (7) в когнитивном моделировании и рецепции информации означает необозримость. Выражение (9) означает невосприимчивость. Выражение (11) означает неинтерпретируемость. Интерпретация снимает все перечисленные виды неопределенности.

При интерпретации Sint1 и Sem1 находят с помощью ономасиологического анализа (рис. 2). Преобразования

$$\begin{aligned} \text{Sint1} &\rightarrow \text{Sint2} & (12) \\ \text{Sem1} &\rightarrow \text{Sem2} & (13) \end{aligned}$$

выполняют с помощью семасиологического анализа. Таким образом, интерпретация имеет больше этапов обработки и является более сложной, чем машинный перевод (1–4).

### Комплементарность как фактор интерпретации

Важную роль в информационном интерпретационном моделировании играет совместимость (модельная или интерпретационная комплементарность), позволяющая взаимодействовать факторам интерпретации на аппаратном, на семантическом, на программном (процессуальном) уровне посредством инфраструктуры связи. Различают виды интерпретационной интероперабельности.

Синтаксическая информационная комплементарность (12) позволяет обмениваться информацией между контентом с использованием схожих или модифицируемых правил.

Семантическая интерпретационная комплементарность (13) позволяет обмениваться общими смыслами или комбинированием смыслов.

Организационная интерпретационная комплементарность относится к институциональным соглаше-

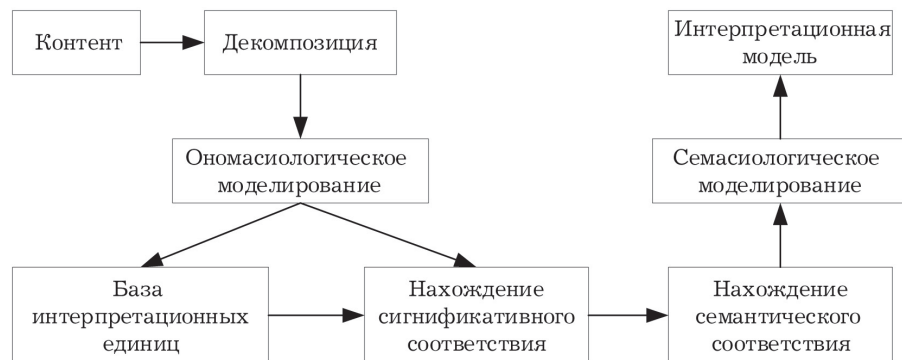


Рис. 2. Обобщенная интерпретационная модель

ниям, например, онтологические соглашения, которые задают рамки рассуждений и применения словарей.

Юридическая интерпретационная комплементарность относится к юридическим нормам интерпретации, использованием законов и нормативов, в рамках которых допустима интерпретация.

### Интерпретационные информационные единицы

Информационной единицей (элементом) обозначают понятие и модель, неделимую по выбранному критерию [10]. Множество критериев задает множество информационных единиц.

Информационной интерпретационной единицей 1 (ИИЕ1) назовем неделимый элемент ономазиологического моделирования, который получают при декомпозиции исходного или интерпретируемого контента. Информационной интерпретационной единицей 2 (ИИЕ2) назовем неделимый элемент семасиологического моделирования, который используют при построении интерпретационной модели.

ИИЕ1 разделяют на структурные и семантические. Структурные ИИЕ1 представляют собой неповторяемый символ, иероглиф или пиктограмму. Структурные ИИЕ1 имеют знаковое или символическое значение. Семантические ИИЕ1 представляют собой набор символов или неповторяемый символ, который обладает элементарным смыслом. Семантические ИИЕ1 соответствуют словам в любых языках, естественных и искусственных. Семантические ИИЕ1 характеризуются сигнификативным смыслом. Однако, они допускают деривацию и возможностью изменения

морфологии, влекущей изменение семантики. Это соответствует применению падежей или падежным отношениям, влекущим изменение смысла в определенных пределах. Падежные отношения (информационные отношения) выражают синтаксическую зависимость подчинения одного слова другому слову. Например, «стол», «у стола», «на столе», «под столом» – описывают разные информационные ситуации при употреблении слова «стол». Смысл ИИЕ1 как независимого информационного объекта и смысл ИИЕ1 в предложении могут различаться.

ИИЕ1 является простой, ИИЕ2 является составной. ИИЕ2 включает ИИЕ1 и информационные отношения между ними. В тексте ИИЕ2 соответствует предложению и фраза. Поэтому различают ИИЕ2п предложения и ИИЕ2ф фразы. В предложении ИИЕ2п имеет предикативный смысл. ИИЕ2ф имеет предикативный и контекстуальный смысл. ИИЕ2ф может иметь ассоциативный смысл. ИИЕ2 служит основой конструирования интерпретационной модели.

В геоинформатике есть особая интерпретационная модель – картографическая модель. Она является визуальной и выделяет только те объекты из исходных данных, которые нужны пользователю. На рис. 3 приведен исходный контент для интерпретации – космический снимок РТУ МИРЭА.

На рис. 4 приведена интерпретационная модель снимка в картографической форме, в форме тематической карты.

На этом примере видно, что интерпретационная модель может быть менее информативна, чем оригинал. Но это определяется задачами интерпретации. В последние годы при выполнении интерпретации большое



Рис. 3. Космический снимок окрестности РТУ МИРЭА



значение имеет проблема больших данных [11–13]. Интерпретируемость – одно из когнитивных свойств информационных моделей. Большие объемы затрудняют интерпретацию и интерпретационное моделирование. Поэтому в этих случаях дополнительно к модели на рис. 2 применяют предобработку данных.

## Обсуждение

В настоящее время интерпретационное моделирование не выделяют в особый вид моделирования. В то же время существуют близкие виды моделирования, такие как семантическое моделирование или морфологическое моделирование. Интерпретационное моделирование объединяет эти виды моделирования. Интерпретационное информационное моделирование объединяет идеи лингвистического моделирования и когнитивного моделирования. Оно использует идеи психологии в информатике и геоинформатике. Это направление является перспективным и тесно сопряжено с картографическим моделированием. Этот вид моделирования можно считать новым научным направлением вследствие того, что оно объединяет ряд видов моделирования и способствует их развитию.

## Заключение

Интерпретационное моделирование как новый вид моделирования включает процедуры и данные. Оно включает два основных этапа и множество мелких.

Основные этапы – это декомпозиция и композиция. В геоинформатике это картографическая композиция. Основой первого этапа является ономастологическое моделирование. Основой второго этапа является семасиологическое моделирование. Интерпретационное моделирование использует интерпретирующую модель, которую надо предварительно построить, и интерпретационную модель как результат интерпретации. Интерпретирующая модель чаще является прескриптивной моделью. Интерпретационная модель чаще является дескриптивной моделью. Интерпретационное моделирование служит основой для поддержки принятия решений и получения новых знаний. В зависимости от цели интерпретации и механизма интерпретации результаты могут различаться, но обладать сходимостью. Интерпретационное моделирование главной задачей ставит получение новых знаний. Эта же задача стоит в информатике и геоинформатике. В геоинформатике дополнительно получают геознание. В геоинформатике – это картографическая сходимость. Разные виды интерпретаций содержатся на общем картографическом фрагменте.

## Литература

1. Павлов, А. И. Пространственная информационная ситуация / А.И. Павлов // Славянский форум. – 2016. – № 4 (14). – С. 198–203.
2. Ознамец, В. В. Геоинформационное поле / В.В. Ознамец // Вектор ГеоНаук. – 2022. – Т. 5, № 1. – С. 58–64.



Рис. 4. Интерпретационная модель контента на рис. 3 в виде тематической карты

3. Willig, C. Interpretation and analysis / C. Willig // The SAGE handbook of qualitative data analysis / ed. U. Flick. – London : SAGE Publications Ltd, 2014. – P. 136.
4. Moscardo, G. Interpretation / G. Moscardo // Encyclopedia of Tourism Management and Marketing / Ed. D. Buhalis. – Cheltenham : Edward Elgar Publishing, 2022. – P. 776–779.
5. Тягунов, А. М. Информационные ресурсы в информационном поле / А.М. Тягунов. – Saarbruken : LAP LAMBERT, 2021. – 169 с.
6. Дышленко, С. Г. Информационный морфизм пространственных преобразований / С.Г. Дышленко // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. – 2018. – № 6 (10). – С. 21–26.
7. Павлов, А. И. Ономаσιологическое информационное моделирование / А.И. Павлов // Славянский форум. – 2019. – № 3 (25). – С. 45–55.
8. Лёвин, Б. А. Ономаσιологическое и семасиологическое моделирование в геоинформатике транспорта / Б.А. Лёвин, В.Я. Цветков // Наука и технологии железных дорог. – 2022. – Т. 6, № 2 (22). – С. 10–16.
9. Ознамец, В. В. Геоинформационное семасиологическое моделирование / В.В. Ознамец // Образовательные ресурсы и технологии. – 2022. – № 2 (39). – С. 68–75.
10. Цветков, В. Я. Информационные единицы как средство построения картины мира / В.Я. Цветков // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 8 (4). – С. 36–40.
11. Big data analytics: a survey / C.-W. Tsai, C.-F. Lai, H.-C. Chao, A.V. Vasilakos // Journal of Big data. – 2015. – No. 2 (1). – P. 1–32.
12. Лёвин, Б. А. Информационные процессы в пространстве «больших данных» / Б.А. Лёвин, В.Я. Цветков // Мир транспорта. – 2017. – Т. 15, № 6. – С. 20–30.
13. Буравцев, А. В. Облачные вычисления для больших геопространственных данных / А.В. Буравцев, В.Я. Цветков // Информация и Космос. – 2019. – № 3. – С. 110–115.