

## ЧАСТНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И ИХ СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Научное моделирование различных процессов и явлений — фундаментальный метод познания окружающей нас действительности. Ибо, как отмечают А. Розенблют и Н. Винер, «никакая существенная часть Вселенной не является настолько простой, чтобы ее можно было постичь и управлять без абстракции. Абстракция состоит в замещении части Вселенной, подлежащей рассмотрению, моделью с подобной, но более простой структурой [8, с. 19]. В последнее время интерес к вопросам моделирования заметно возрос, что в значительной мере объясняется широкими возможностями ЭВМ (высокая степень автоматизации процесса информации, быстродействие и большая память ЭВМ) и проникновением в различные области науки теории информации.

Однако несмотря на это, ряд вопросов теории моделирования требует дальнейшего изучения и уточнения. К ним относится в первую очередь вопрос классификации моделей, в частности классификация геодезических моделей. Правильное решение его позволит сравнивать конкретные классы моделей, их свойства, оценивать преимущества и недостатки. Обилие отечественной и зарубежной литературы, посвященной этому вопросу, свидетельствует, с одной стороны, о его сложности, а с другой — о невозможности построения единой универсальной классификации моделей [6].

1. В научной литературе термин «модель» понимается довольно широко и определения его иногда сильно отличаются. Поэтому, прежде чем приступить к рассмотрению предлагаемой частной классификации геодезических моделей, дадим определение этого термина\*.

Согласно В. А. Штоффу [6], модель должна обладать следующими четырьмя признаками:

- она должна быть мысленно представляемой или материально реализуемой системой;
- должна воспроизводить или отображать объект исследования;
- быть способна замещать объект исследования;
- изучение ее позволит получить новую информацию об этом объекте.

Давая определение частного вида моделей, например, геодезических, необходимо, учитывая требования принимать во внимание также особенности и специфику объекта исследования.

\* Отмечая частный характер предлагаемой классификации, мы тем самым подчеркиваем, что выбор другого основания приводит к классификации, отличной от нашей.

Исходя из этого, в дальнейшем под геодезической моделью будем понимать *упорядоченную систему знаний о Земле и ее свойствах*, носящих геодезический характер (координаты точек на земной поверхности, их высоты, аномалии силы тяжести, уклонения отвесной линии и т. п.), *реализуемую* в материальных и мысленных образах, *воспроизводящую и замещающую* объект исследования, *позволяющую* в результате решения различных геодезических задач *получать новую информацию* о Земле. Сам же процесс построения геодезических моделей мы называем геодезическим моделированием.

2. Геодезия относится к числу тех наук, для которых метод моделирования является основным в процессе познания окружающей действительности. Воспроизводя пространственные размещения объектов на земной поверхности, геодезисты создают модели местности, и хотя такие размещения до недавнего времени не назывались моделями (например, указание о карте как модели местности появилось впервые в 1967 г. [4]) они, по сути, являлись таковыми. Естественно, что за долгий период развития геодезия накопила большое количество разнообразных геодезических моделей.

Предлагаемые ранее их классификации [1, 3] выполнялись с использованием следующих критериев:

- по способу построения;
- по назначению;
- по способу получения информации;
- по порядку размещения исходных точек;
- по способу интерпретации;
- по порядку формирования выходных данных.

Не всегда четкая классификация геодезических моделей приводит к тому, что различные по смыслу модели объединяются в один класс. Так И. К. Бочаров [2], давая определение математическим моделям, указывает, что они «могут быть представлены или заданы функциональными или статистическими уравнениями, кривыми, графиками и даже таблицами и матрицами чисел». При этом автор отождествляет математические модели с образными (графики, кривые) и цифровыми (таблицы, матрицы).

Наши предложения по частной классификации геодезических моделей направлены на устранение отмеченной неопределенности. Они базируются на следующих соображениях: геодезическая информация обладает свойством пространственной локализации, которая проявляется в определенности ее положения в заданной системе пространственных координат. Иными словами, для нее характерно наличие некоторой функциональной зависимости, связывающей значение исследуемого параметра  $z$  в точке с положением этой точки в принятой системе координат  $u$  и  $v$

$$z = f(u, v).$$



Воспользуемся этой особенностью геодезической информации, взяв в качестве основы для классификации способ задания функциональной зависимости.

В литературе [5] описано много способов представления функциональной зависимости: графический, аналитический, табличный. Проанализируем в этом аспекте существующие виды геодезических моделей, учитывая, что необходимое условие графического представления функциональной зависимости заключается в ее наглядности, аналитического — в наличии определенного уравнения, описывающего поведение данной функции, и, наконец, табличного — в задании значений интересующего нас параметра в некоторых конкретных точках. Тогда все многообразие геодезических моделей вне зависимости от характера и качественной специфики моделируемого явления, естественно, подразделяется на три больших класса (см. рисунок).

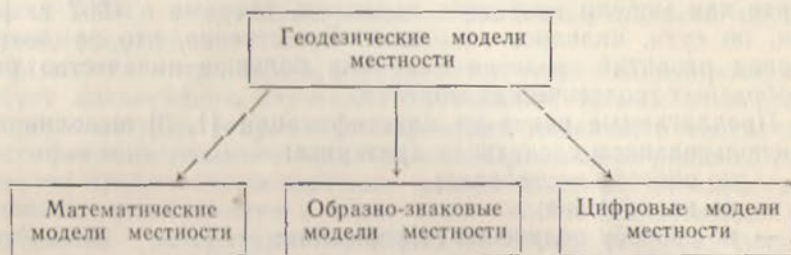


Схема частной классификации геодезических моделей.

К первому классу геодезических моделей отнесем образно-знаковые, объединяющие различного содержания карты, планы, абрисы, рельефные карты, макеты местности и т. п. Благодаря им, задолго до применения других методов исследований, в частности математических, ученые получили не только достаточно высокую степень точности представления исходной информации, но и ее наглядности. Этот факт особенно важен, так как некоторые задачи геодезии визуально решаются практически мгновенно, в то время как для решения подобных задач численными методами необходимы громоздкие вычисления. Отметим, что наглядность представления информации достигается путем использования системы условных знаков, позволяющих кодировать, хранить и передавать эту информацию.

Второй не менее представительный класс геодезических моделей объединяет математические модели, позволяющие сводить вопросы изучения явлений внешнего мира к чисто математическим задачам. Круг таких задач довольно широк. Сюда в первую очередь относятся задачи аналитического представления поверхностей относимости, гравитационных полей планет. Для этих целей в геодезии широко используются различного рода алгебраические полиномы, ряды Фурье, случай

ные и сплайн-функции. Несомненным достоинством моделей данного класса является возможность аналитического описания исследуемого объекта, позволяющего решать задачи геодезии в явном виде.

Третий класс геодезических моделей — сравнительно молодой класс цифровых моделей, включающий различного рода упорядоченные наборы числовых характеристик явления: цифровые модели рельефа, ситуации, гравитационного поля и т. п. Их отличительная особенность заключается в дискретном характере представления информации, который является наиболее достоверным и лучше соответствует характеру геодезических наблюдений.

Рассмотренная классификация геодезических моделей определенно не лишена некоторой условности. Однако, охватывая, в принципе, все их виды, она позволяет сравнительно легко устанавливать принадлежность используемой геодезической модели к конкретному классу.

3. Выбор определенного класса моделей для решения многих геодезических задач является делом сложным, поскольку все три класса дают примерно одинаковую вероятность успеха. Окончательный выбор во многом зависит от характера задачи, конкретной цели исследования, поэтому естественным, на наш взгляд, становится анализ основных свойств каждого класса моделей и их сравнительная оценка. К числу таких основных свойств отнесем абстрактность, избирательность, адекватность, истинность, непрерывность, динамичность, метричность, наглядность, аналитичность, формализм.

Говорить особо об абстрактности геодезических моделей нет необходимости, так как это свойство присуще всем моделям. Отметим только, что характер абстрагирования у различных классов различен. Если абстрактность математических и цифровых моделей возникает в результате отвлечения от некоторых несущественных сторон изучаемого явления, то абстрактность образно-знаковых моделей (необходимо сделать исключение для космических и аэрофотоснимков), наоборот, является следствием изучения и обобщения этих сторон.

Со свойством абстрактности связано очень важное свойство геодезических моделей — избирательность. Отвлекаясь от всего второстепенного, несущественного, мы получаем возможность раздельного изучения, воспроизведения различных процессов и явлений, неразрывных в реальной жизни. Такая избирательность в равной мере присуща как математическим, так и цифровым и образно-знаковым моделям.

Наряду с абстрактностью, адекватность также является обязательным свойством всех моделей, которая заключается в тождественности согласования их с характером моделируемого явления.

Говоря об адекватности моделей, необходимо выяснить вопрос о степени истинности каждого из рассмотренных классов.



Это особенно важно, поскольку геодезические модели характеризуются довольно сложным содержанием, причем отдельные стороны явления могут быть исследованы опосредствовано, путем изучения имеющихся в действительности устойчивых связей. Вследствие этого вопрос истинности наших знаний во многом зависит от наличия элемента субъективности в них. Исходя из этого, наибольшая степень истинности характерна для цифровых моделей, так как «действительная истина заключается в том, что естественная система наблюдается в дискретных точках» [7]. Математические и образно-знаковые модели обладают меньшей степенью истинности, поскольку она зависит от степени соответствия действительности теоретических знаний.

Геодезическая информация, наряду со свойством пространственной локализации, характеризуется непрерывностью, поэтому закономерным является стремление строить модели, обладающие этим свойством. Однако средства, с помощью которых строятся геодезические модели, не всегда позволяют этого достичь. Цифровые модели в силу дискретного характера представления исходной информации этим свойством вообще не обладают. Математические модели из-за сложности отображаемых явлений и процессов не всегда удовлетворяют этому условию (в таких случаях часто составляют ряд отдельных моделей на изучаемый район). И только образно-знаковые модели, не допускающие «белых пятен», обладают этим свойством в наибольшей степени.

Существенно важный момент любого исследования заключается в возможности изучения какого-либо явления в развитии, в динамике. Рассматривая в этом аспекте геодезические модели, отметим, что в наибольшей степени это свойство присуще математическим моделям, допускающим введение в качестве дополнительного параметра в аналитическое выражение времени  $t$ . В меньшей степени это свойство характерно образно-знаковым моделям, использующим для этих целей так называемые дежурные планшеты. Цифровые модели хотя и обладают этим свойством, но незначительно.

Давая определение геодезической модели, мы в качестве необходимого условия отмечали возможность замещения объекта исследования некоторым материальным или идеальным образом. При этом нас интересовали не сам образ, а те знания, которые мы можем получить с его помощью.

Один из возможных путей получения такой информации заключается в непосредственном измерении на модели. Однако такой подход возможен только тогда, когда модель обладает свойством метричности. Анализ геодезических моделей позволяет сделать вывод, что только одному классу моделей присуще это свойство, а именно, образно-знаковым, что является результатом, с одной стороны, строгих математических законов построения моделей, а с другой — масштаба изображения.

Второй не менее удобный, а для многих целей и более оптимальный, путь получения новой информации заключается в визуальной оценке изучаемой модели. Следует отметить, что использование такого метода исследования ограничивается наличием или отсутствием у модели свойства наглядности. Как и метричность, наглядность является специфическим свойством образно-знаковых моделей. Можно, конечно, найти элемент наглядности и в математических моделях, представляемых аналитическими выражениями, но в незначительной мере.

Основные свойства геодезических моделей

Класс геодезических моделей	Свойства									
	абстрактность	избирательность	адекватность	истинность	непрерывность	динамичность	метричность	наглядность	аналитичность	формализм
Образно-знаковые	+	+	+	2	2	1	+	1	-	+
Математические	+	+	+	2	1	2	-	-	+	+
Цифровые	+	+	+	1	+	-	-	-	-	+

Примечание: + — Наличие данного свойства у модели; — — отсутствие; 1, 2, 3 — степень обладания моделью конкретным свойством (1 — наивысшая, 2 — средняя, 3 — наименьшая).

Говоря о возможных методах исследований объектов с помощью моделей, нельзя не отметить еще один — аналитический. При этом необходимым условием применения этого метода является наличие у модели свойства аналитичности, под которым будем понимать правомерность выполнения обычных математических операций, таких, как интегрирование, дифференцирование. Из всех геодезических моделей только математическим — из-за своеобразия представления информации — присуще это свойство.

Применение моделей предполагает наличие некоторого формализма, носящего двойственный характер. С одной — положительной — стороны, он позволяет разработанный для иных целей аппарат моделирования с успехом применять для описания другого, отличного по своей природе, явления. С другой — отрицательной — формализм модели, базируясь на отвлечении от несущественных сторон, второстепенных связей явления, не всегда позволяет учитывать конкретные условия, особенности моделируемого объекта. Судить же о степени формальности каждого из классов геодезических моделей не представляется возможным, поскольку это свойство в равной мере присуще всем моделям.

В заключение отметим, что предложенная частная классификация геодезических моделей решает ряд вопросов. Во-пер-



вых, позволяет, исходя из особенностей представления функциональной зависимости, устанавливать принадлежность геодезической модели к некоторому конкретному классу, во-вторых, на основе определенной принадлежности оценить основные свойства соответствующей модели и, в-третьих, судить о целесообразности использования данного вида моделей для выполнения необходимых исследований.

**Список литературы:** 1. *Бойко А. В.* Методы и средства автоматизации топографических съемок. — М.: Недра, 1980. 2. *Бочаров И. К.* Методы математической статистики в географии. — М.: Мысль, 1971. 3. *Малявский Б. К., Жарновский А. Л.* О цифровом моделировании рельефа земной поверхности. — Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 1977, № 5. 4. *Салущев К. А.* Задачи картографии и автоматизации. — Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 1967, № 4. 5. *Смирнов В. И.* Курс высшей математики. — М.: Наука, 1974, т. 1. 6. *Штофф В. А.* Моделирование и философия. — М.; Л.: Наука, 1966. 7. *Эшби У.* Введение в кибернетику. — М.: ИЛ, 1957. 8. *Rosenbluth A., Wiener N.* The role of models in science. — *Phi. Sci.*, 1945, v. 12, N 4.