




Модели пространственных данных



Информационную основу **ГИС** образуют цифровые представления (модели) реальности. С появлением компьютера все множество данных разделилось на два типа: **цифровые и аналоговые**. Последними стали именовать данные на традиционных «бумажных» носителях, используя этот термин как антоним цифровым данным.



Рассматривая данные по отношению к описываемым ими объектам, говорят о цифровых моделях объектов, а применительно к пространственным объектам в **ГИС** - о цифровых моделях пространственных объектов.

Объектом информационного моделирования в ГИС является **пространственный объект**. Он может быть определен как цифровое представление (модель) объекта реальности (местности), содержащее его местоуказание и набор свойств (характеристик, атрибутов), или сам этот объект.


Некоторое множество цифровых данных о пространственных объектах образует **пространственные данные**. Они состоят из двух взаимосвязанных частей:

- позиционной (тополого-геометрической) и
- непозиционной (атрибутивной) составляющих, которые образуют описание пространственного положения и тематического содержания данных.

Базовыми (элементарными) типами пространственных объектов, которыми оперируют современные ГИС, обычно считаются (в скобках приведены их синонимы):

- *точка* (точечный объект) - 0-мерный объект, характеризуемый плановыми координатами;
- *линия* (линейный объект, полилиния) - 1-мерный объект, образованный последовательностью не менее двух точек с известными плановыми координатами (*линейными сегментами* или *дугами*);
- *область* (полигон, полигональный объект, контур, контурный объект) - 2-мерный (площадной) объект, внутренняя область, ограниченная замкнутой последовательностью линий (*дуг в векторных топологических моделях (данных) или сегментов в модели «спагетти»*) и идентифицируемая внутренней точкой (*меткой*);

- *пиксел* (пиксель, пэл) - 2-мерный объект, элемент цифрового изображения, наименьшая из его составляющих, получаемая в результате дискретизации изображения (разбиения на далее неделимые элементы *растра*); элемент дискретизации координатной плоскости в *растровой модели (данных)* ГИС;
- *ячейка* (регулярная ячейка) - 2-мерный объект, элемент разбиения земной поверхности линиями *регулярной сети*; *поверхность* (рельеф) - 2-мерный объект, определяемый не только плановыми координатами, но и аппликатой Z , которая входит в число *атрибутов* образующих ее объектов; *оболочка тела*;
- *тело* - 3-мерный (объемный) объект, описываемый тройкой (триплетом) координат, включая аппликату Z , и ограниченный *поверхностями*.



Общее цифровое описание пространственного объекта включает:

- наименование;
- указание местоположения
(местонахождения, локализации);
- набор свойств;
- отношения с иными объектами;
- пространственное «поведение».

Наименованием объекта служит его географическое наименование (имя собственное, если оно есть), его условный код и/или *идентификатор*, присваиваемый пользователем или назначаемый системой.

- **В зависимости от типа объекта его местоположение определяется парой (триплетом) координат (для точечного объекта) или набором координат, организованным определенным образом в рамках некоторой модели данных .**

Перечень свойств соответствует **атрибутам** объекта, качественным и количественным его характеристикам, которые приписываются ему в цифровом виде пользователем, могут быть получены в ходе обработки данных или генерируются системой автоматически (к последнему типу атрибутов принадлежат, например, значения площадей и периметров полигональных объектов).


Существует расширенное толкование понятия атрибута объекта;

- последнему могут быть поставлены в соответствие любые типы данных: текст, цифровое изображение, видео- или аудиозапись, графика (включая карту), что, по существу, реализуется на практике в мультимедийных *электронных атласах*. **Под атрибутами понимаются именно содержательные, тематические (непозиционные, непространственные) атрибуты (свойства) объектов.**

Под отношениями понимают прежде всего топологические отношения (*топологию*). К топологическим свойствам пространственных объектов принято относить

- его размерность (мерность, пространственную размерность), сообразно которой выше были выделены НУЛЬ-, ОДНО-, ДВУХ- и трехмерные объекты;
- замкнутость, если речь идет о линейных объектах в широком смысле слова;
- связность;
- простота (отсутствие самопересечения линейных объектов и «островов» в полигоне); нахождение на границе, внутри или вне полигона; признак точечного объекта, указывающий, является ли он конечным для некоторой линии.

Топология вместе с геометрией образует тополого-геометрическую часть описания данных, его позиционную часть.



Таким образом, в самом общем виде в пространственных данных следует различать и выделять три составные части:

- **топологическую,**
- **геометрическую,**
- **атрибутивную .**

Управление атрибутивной частью данных обычно возлагается на средства **систем управления базами данных (СУБД)**, встроенных в программные средства ГИС или внешних по отношению к ним. В наиболее яркой форме оно реализовано в **векторной модели данных**, атрибуты которой представлены таблицей, хранятся и управляются СУБД, поддерживающей реляционную модель данных, а их позиционная часть, связанная с атрибутивной через идентификаторы пространственных объектов, управляется другими средствами.

Модели пространственных данных такого типа получили широкое распространение и наименование геореляционных .

Способы организации цифровых описаний пространственных данных принято называть моделями данных по традиции, унаследованной из теоретических обобщений проектирования систем управления **базами данных**. Они называются также **цифровыми представлениями** или просто **представлениями пространственных данных**.

На концептуальном уровне все множество моделей пространственных данных можно разделить на три типа:

- модели дискретных объектов,
- модели непрерывных полей и
- модели сетей.

по существовавшей в 80х годах традиции «классификации моделей цифровых картографических данных», включает следующие их типы:

■ **векторные модели:**

- бесструктурная;
- топологическая;
- гиперграфовая;
- решетчатая;

■ **мозаичные модели:**

- регулярные мозаики;
- нерегулярные мозаики;
- TIN;
- полигоны Тиссена;
- иерархические (вложенные) мозаики;
- квадродерево;

■ **гибридные модели.**

ГОСТ 28441-90 «Картография цифровая. Термины и определения» [Картография цифровая ... , 1990] различает следующие формы представления цифровой картографической информации:

- линейную,
- векторную
- матричную (недопустимый синоним последней - позиционная).

В практике геоинформатики уже достаточно давно определился набор базовых моделей (представлений) пространственных данных, используемых для описания объектов размерности не более двух (планиметрических объектов):

- растровая модель;
- регулярно-ячеистая (матричная) модель;
- квадротомическая модель (квадродерево, дерево квадратов, квадрантное дерево, Q-дерево, 4-дерево);
- векторная модель:
 - векторная топологическая (линейно-узловая) модель;
 - векторная нетопологическая модель (модель «спагетти»).

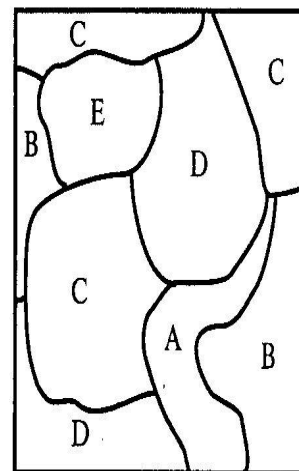
Растровая модель данных.

растр - прямоугольная решетка - разбивает изображение на составные однородные (гомогенные) далее неделимые части, называемые *пикселями* ,

каждому из которых поставлен в соответствие некоторый код, обычно идентифицирующий цвет в той или иной системе цветов (цветовой модели).

- Растровая модель данных в ГИС предполагает разбиение пространства (координатной плоскости) с вмещающими ее пространственными объектами на аналогичные пикселям дискретные элементы, упорядоченные в виде прямоугольной матрицы. Для цифрового описания (позиционирования) точечного объекта при этом будет достаточно указать его принадлежность к тому или иному элементу дискретизации, учитывая, что его положение однозначно определено номерами столбца и строки матрицы .

Пикселу присваивается цифровое значение, определяющее имя или семантику (атрибут) объекта. Аналогичным образом описываются линейные и полигональные объекты: каждый элемент матрицы получает значение, соответствующее принадлежности или непринадлежности к нему того или иного объекта (см. рис.1).



a

Исходная карта контуров

C	C	C	C	D	C	C
B	E	E	D	D	D	C
B	E	G	D	D	D	C
C	C	C	D	D	D	B
C	C	C	A	A	A	B
C	C	C	A	B	B	B
D	D	D	D	A	B	B

б

Формат с использованием ячеек сетки


Рис.1

Выбрав подходящий размер пиксела растровой модели, можно добиться пространственного разрешения (точности представления объектов), удовлетворяющего целям их цифрового описания и последующей обработки, если этому не препятствуют соображения экономии машинной памяти:

- двукратное увеличение разрешения ведет к четырехкратному росту объемов хранимых данных и т.д.

Полученная матрица образует **растровый слой** с однотипными объектами;

множество разнотипных объектов образует набор слоев, составляющих полное цифровое описание моделируемой предметной области.



Поддержка растровой модели данных - хорошая предпосылка (и условие) интеграции программных продуктов **ГИС** со средствами цифровой обработки данных дистанционного зондирования и обработки изображений в целом.

Регулярно-ячеистая модель данных.

Если атомарной единицей данных при их описании служит элемент «разбиения» *территории* - регулярная пространственная *ячейка* (территориальная ячейка) правильной геометрической формы - речь идет о другой, отличной от растровой, хотя и формально с нею схожей, *регулярно-ячеистой модели данных.*

Формальное сходство абсолютно в случае квадратной (прямоугольной) формы ячеек, хотя известны примеры **регулярных сетей** (решеток) с ячейками правильной треугольной, гексагональной или трапециевидной формы. При этом сеть может строиться (разумеется, мысленно) на плоскости в условных прямоугольных координатах некоторой картографической проекции или на поверхности шара или эллипсоида; в последнем случае регулярными ячейками обычно являются сферические трапеции фиксированного или переменного углового размера. Пример построения сети равновеликих трапеций на сфере иллюстрируется рис. 2.

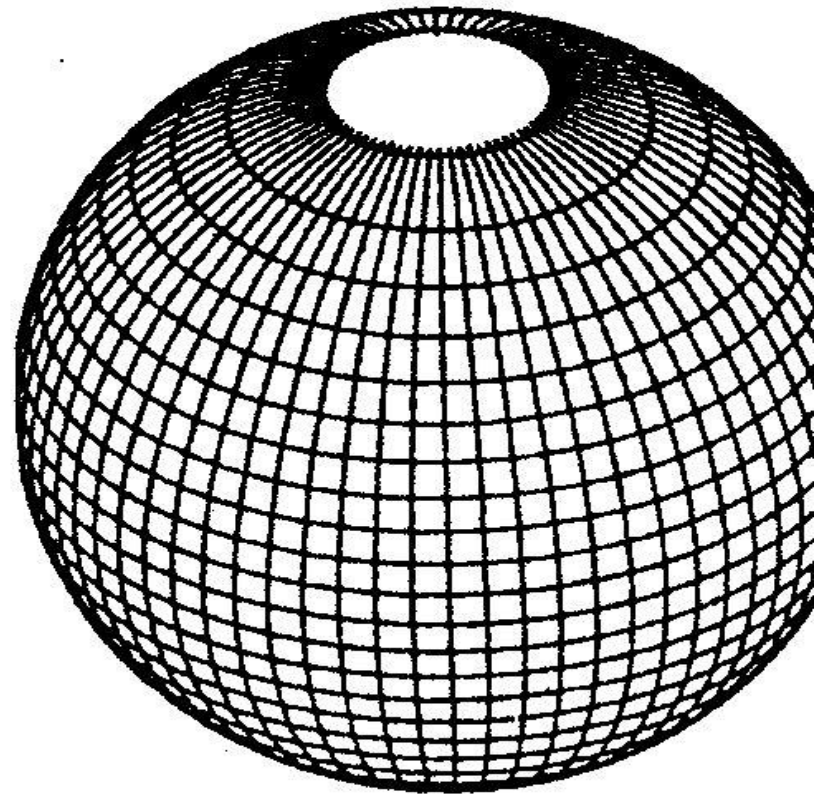


Рис.2. Разделение сферы на равновеликие трапеции.

Квадратомическая модель данных.

Главный мотив ее использования и поддержки программными средствами **ГИС** - компактность по сравнению с растровой моделью, расточительной по объемам машинной памяти, требуемой для хранения растровых данных .

Не меньшей эффективностью при сохранении быстрого доступа к элементам описания пространственных объектов обладает **квадратомическая модель данных**, основанная на подходе, известном как квадратомическое дерево (квадродерево). В его основе лежит разбиение территории или изображения на вложенные друг в друга пикселы или регулярные ячейки с образованием иерархической древовидной структуры - декомпозиции пространства на квадратные участки (квадраты, квадратные блоки, квадранты), каждый из которых делится рекурсивно на четыре вложенных до достижения некоторого уровня пространственного разрешения.

Механизм построения
 квадродерева исходного
 участка территории с
 пятью областями
 (полигонами), которому
 в растровом
 представлении
 соответствовал бы рис.
 10, в результате его
 последовательной
 (рекурсивной)
 декомпозиции на
 квадранты
 иллюстрируется рис. 11.

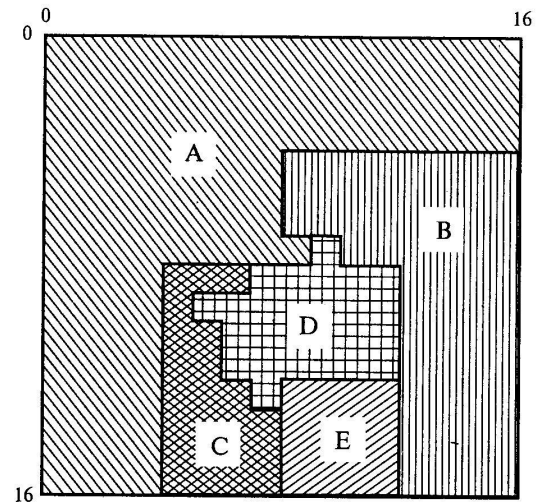


Рис. 10. Исходный участок территории с пятью областями
 A, B, C, D и E

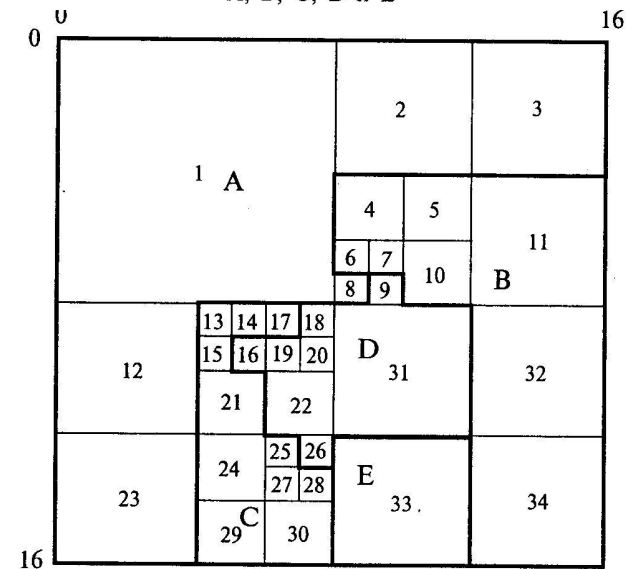


Рис. 11. Декомпозиция исходного участка (рис. 10)
 на квадранты (1 — 34)

Векторные модели данных.

Обобщенный класс векторных моделей включает два их типа:

- векторные топологические и
- векторные нетопологические модели.

Они используются для цифрового представления точечных, линейных и площадных (полигональных).

Векторная нетопологическая модель .

При описании множества полигонов каждый отрезок границы, заключенный между двумя узловыми точками, будет описан в этом случае дважды (по часовой стрелке и против). Такая модель данных для описания точечных, линейных и полигональных объектов носит наименование модели «спагетти». Она не является эффективной с точки зрения избыточности хранимых данных и возможностей использования аналитических операций ГИС и поддерживается недорогими программными средствами настольного картографирования и ГИС.

Векторная топологическая модель .

Главные ее элементы (примитивы):

- промежуточная точка;
- *сегмент* (линейный сегмент, отрезок (прямой));
- *узел*;
- *дуга*;
- *полигон* (область, полигональный объект, многоугольник, контур, контурный объект), в том числе:
 - простой полигон;
 - внутренний полигон («остров», анклав);
 - составной полигон;
 - универсальный полигон (внешняя область).

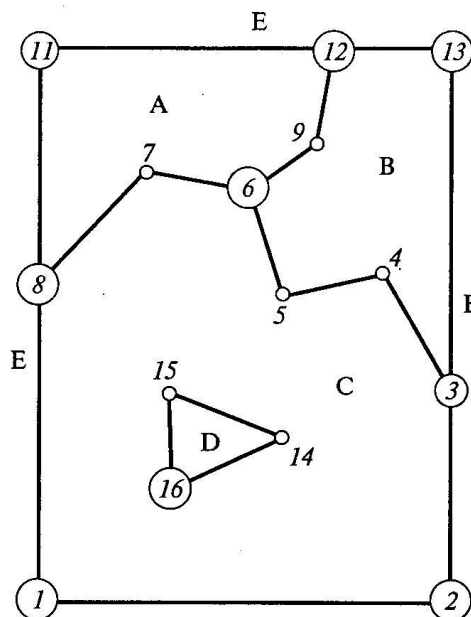


Рис. 13. Линейно-узловое (векторно-топологическое представление) данных:

1, 2, 3, 6, 8, 10, 11, 12, 13 — узлы;
4, 5, 7, 9, 14, 15 — промежуточные точки линейных сегментов (дуг); (1—2), (2—3), (3—6), (6—8), (8—1), (10—11), (11—8), (3—12), (12—10) — дуги; полигоны А, В, С, D («остров», анклав, для описания которого вводится фиктивный узел (псевдоузел) (13), E (внешний по отношению ко всем полигонам в пределах прямоугольного участка координатной плоскости) полигон