

Лекция 10

Специальные модели данных

(Модели пространственных данных)

Рассматриваемые вопросы

- 1. Растровая модель данных**
- 2. Векторная нетопологическая модель данных**
- 3. Векторная топологическая модель данных**

Модели пространственных данных

МОДЕЛИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ – форма представления пространственных (географических) данных, логические правила для формализованного цифрового описания объектов реального мира как пространственных объектов.



1. Растровая модель данных

Модель данных использует процесс квантования или дискретизации изображения т.е. разбиение пространства на некоторое множество элементов, каждый из которых представляет вполне определённую часть земной поверхности. Элементы изображения называются **ячейками** (*grid sells*) или, чаще всего, **пикселями**.

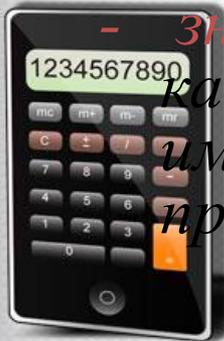
ПИКСЕЛ (ПИКСЕЛЬ) (*англ. picture element – элемент изображения*) – наименьший элемент растрового изображения, получаемый в результате дискретизации, которому могут быть независимо присвоены пространственные или атрибутивные данные.



Растровая модель данных – модель пространственных данных, цифровое представление пространственных объектов в виде совокупности элементов раstra (пикселей) с присвоенными им значениями класса объектов.

Характеристики РМ

- **разрешение** – минимальный линейный размер участка поверхности, отображаемый одним пикселем. Измеряется в DPI – количество точек на 1 дюйм (2,54 см)
- **положение** – номер строки (координата Y – сверху-вниз) и номер столбца (справа на лево)
- **ориентация** – угол между направлением на север и положением колонок растра
- **значение** – элемент информации (количественной или качественной). Об изображении говорят, что оно имеет определенное количество бит глубины цвета, приходящееся на один пиксель изображения.



Получение РМ

- сканирование, фотографирование
- аэрофото, космофото
- растеризация векторных данных
- интерполяции

Типы растровых данных

- изображения
- данные дистанционного зондирования (ДДЗ)
- качественные данные (тематические)
- количественные данные (ЦМР или DEM)

Форматы растровых данных:

BMP; PCX; TIFF; JPEG; GIF...
IMG, GeoTIFF...
GRD, GRID, DEM...



Форматы растровых данных

- По форматам записи РМ делятся на: битовые (булевы); байтовые; целочисленные; действительные. В битовом формате каждая ячейка раstra описывается значением 1 или 0. Такой формат требует для записи значения ячейки один бит. В байтовом формате диапазон значений пикселя расширяется до 256, т.е. до 8-ми бит, а в целочисленном и действительном форматах - до 16 и 32 бит соответственно. Наличие различных форматов позволяет оперировать с огромным числом значащих классов и диапазонами данных.
- В спектре принято выделять три основные зоны – красную (770-570 нм), зеленую (570-490 нм) и синюю (490-380 нм). Считается, что по цветовому тону глаз различает в спектре около 130 цветов, а по степени светлости около 100 ступеней каждого цвета.
- При синтезировании цвета на ЭВМ он так же является композицией трех основных цветов: красного (Red), зеленого (Green) и синего (Blue). Модели цвета определяют систему координат цвета и подпространство, внутри которого каждый описываемый цвет представляется точкой.

- Некоторые цветовые модели:

RGB (Red, Green, Blue) – цветовая модель – куб. Применяется для видеоэкранов.

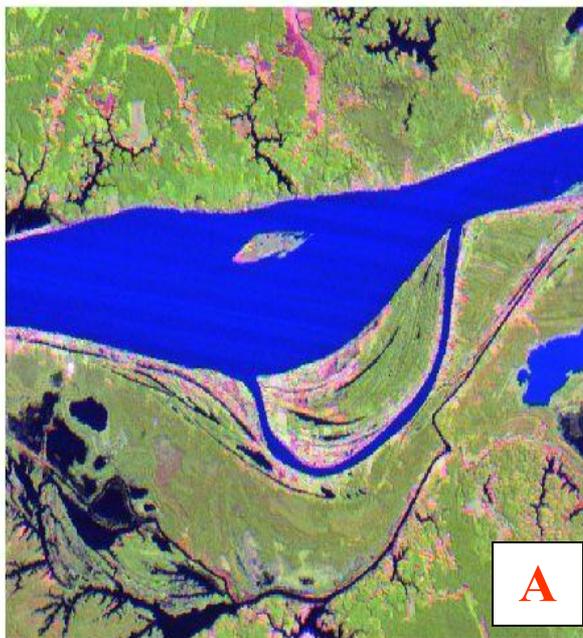
CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Black) – голубой, малиновый, желтый, черный. Для печати.

- **HSV (цветовой тон, насыщенность, значение)** - цветовая модель – конус

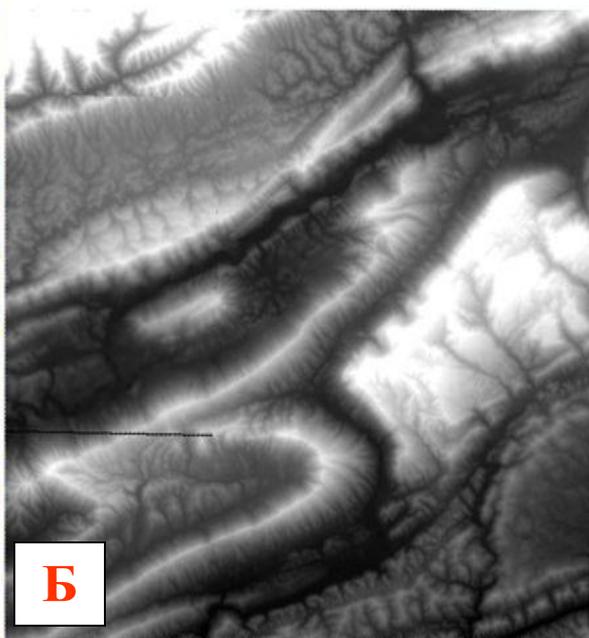


Примеры растровых данных

А – многоканальный снимок (**Continuous**);



Б – цифровая модель рельефа ЦМР, DEM (**Topographic**);



В – тематическая карта (**Thematic**);



Г – панхроматический снимок (**Continuous**);



Разрешение - это мера способности оптической системы различать сигналы, которые пространственно близки или спектрально подобны.

Для изображений, получаемых средствами ДЗ рассматриваются следующие типы разрешений:

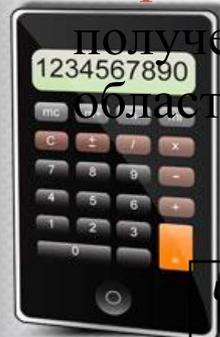
- **спектральное** - определяемое характерными интервалами длин волн электромагнитного спектра, к которым чувствителен датчик;

- **пространственное** - определяемое линейным размером области (площадки) на земной поверхности, представляемой каждым пикселем;

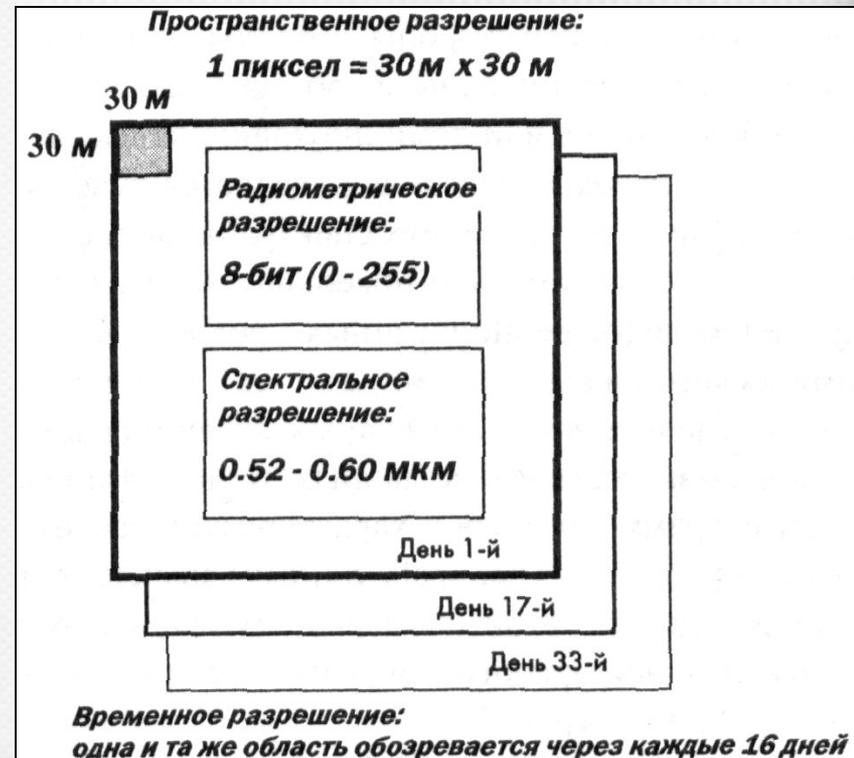
- **радиометрическое (яркостное)** - число возможных кодированных значений (уровней квантования) спектральной яркости в файле данных для каждой зоны спектра, указываемое числом бит;

- **временное** - определяемое частотой получения снимков конкретной

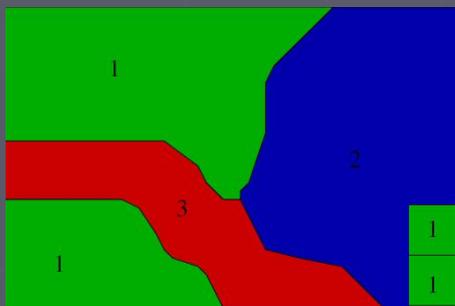
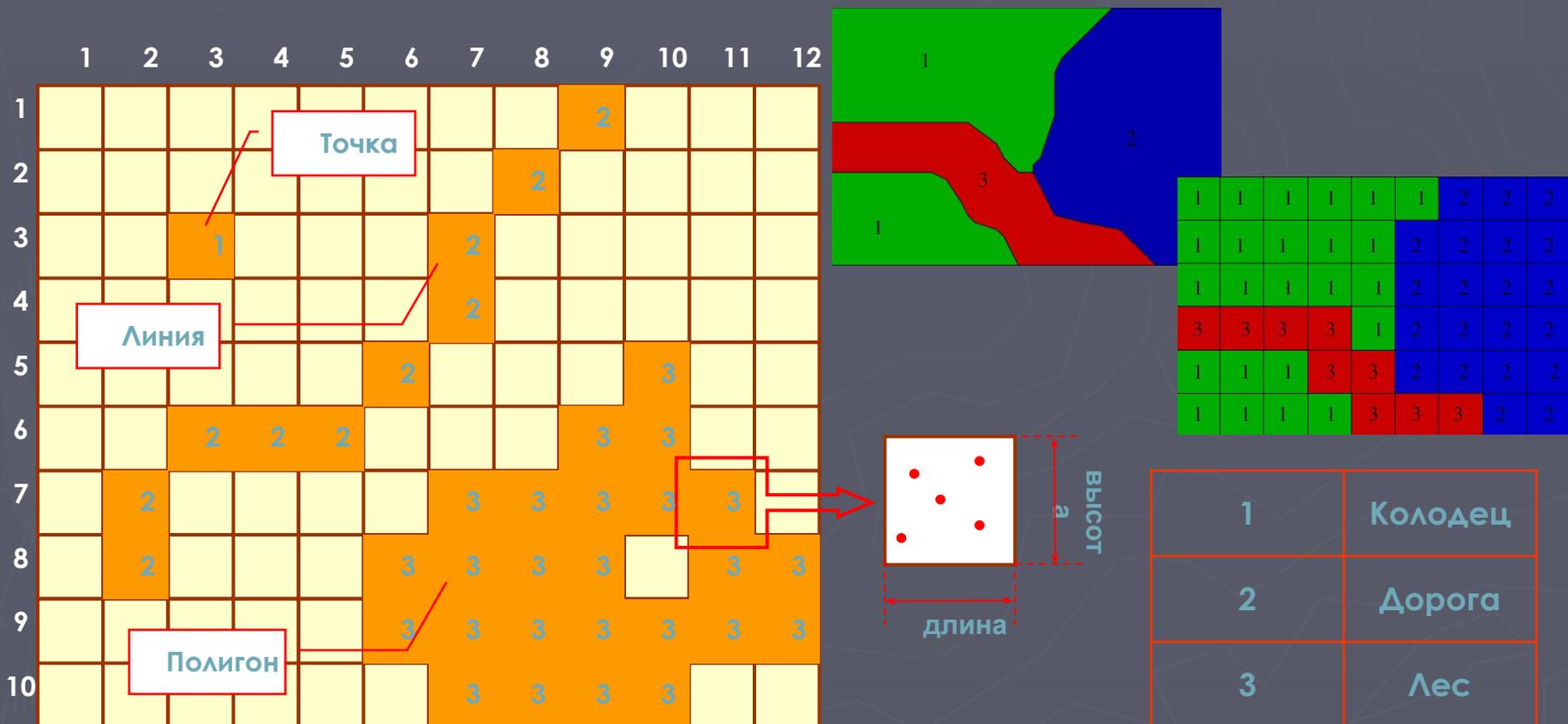
области.



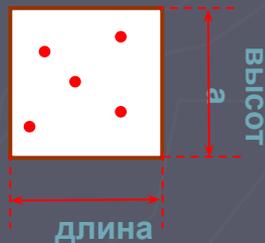
Четыре типа разрешения данных на примере снимка Ландсат ТМ в зоне 2



РАСТР – решётка, разбивающая изображение или координатную плоскость на элементы прямоугольной матрицы – пикселы, образующие основу растрового представления или растровой модели данных.



1	1	1	1	1	1	2	2	2
1	1	1	1	1	2	2	2	2
1	1	1	1	1	2	2	2	2
3	3	3	3	1	2	2	2	2
1	1	1	3	3	2	2	2	2
1	1	1	1	3	3	3	2	2



1	Колодец
2	Дорога
3	Лес

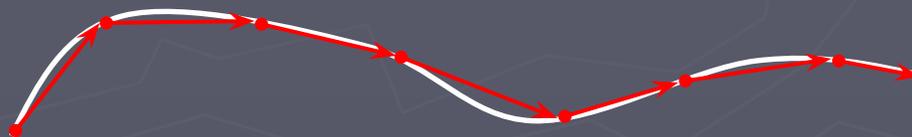
2. Векторная модель данных

Модель данных подразумевает, что географическое пространство является непрерывным, а не разбитым на отдельные элементы.

Это позволяет в отличие от растра задавать точные пространственные координаты явным образом.

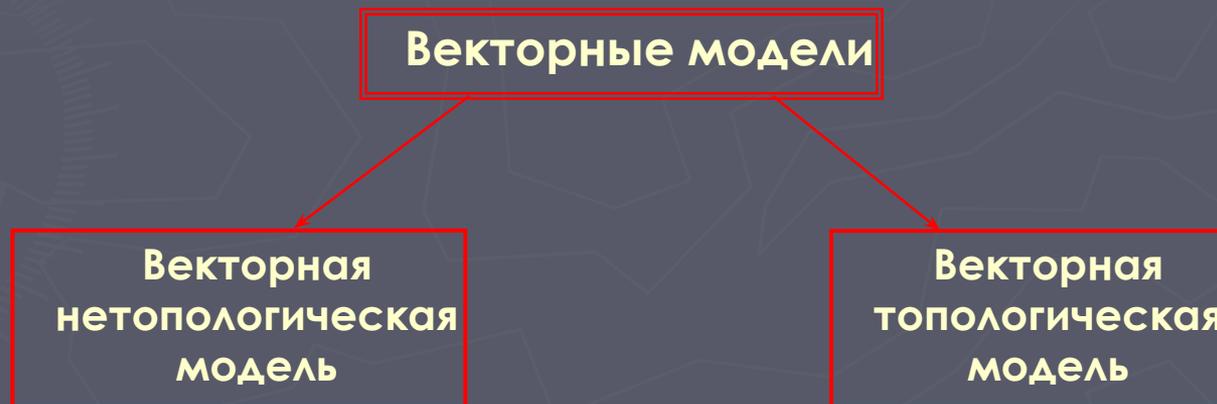
Достигается это присваиванием точкам пары координат, линиям – связной последовательности пар координат их вершин, а областям – замкнутой последовательности соединённых линий, начальная и конечная точки которой совпадают.

ВЕКТОР – величина, характеризуемая направлением и числовым значением. В геоинформационном картографировании: набор координатных пар в цифровом представлении пространственных **объектов**.



Векторная модель данных – модель пространственных данных, основанная на цифровом представлении точечных, линейных и полигональных пространственных объектов в виде набора координатных пар.

Векторная структура показывает только геометрию объектов, поэтому в отличие от растровой модели, где значение атрибута можно записать в каждую ячейку, в векторной модели в явном виде хранится только графика без атрибутов.



Объекты реального мира моделируются графическими примитивами.

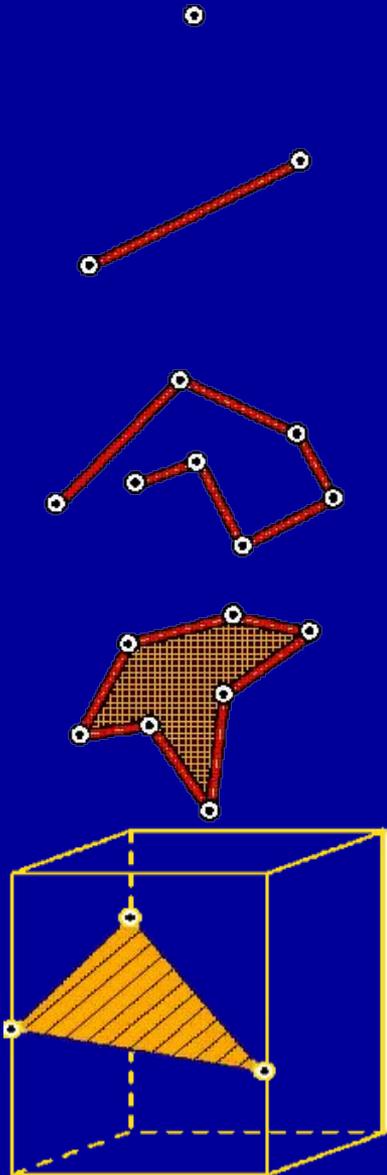
Точка (point, vertex). Нульмерный пространственный объект, координатные данные которого состоят из единственной пары координат (X, Y) и необязательной координаты Z . (Мультиточка – объект, состоящий из нескольких точек).

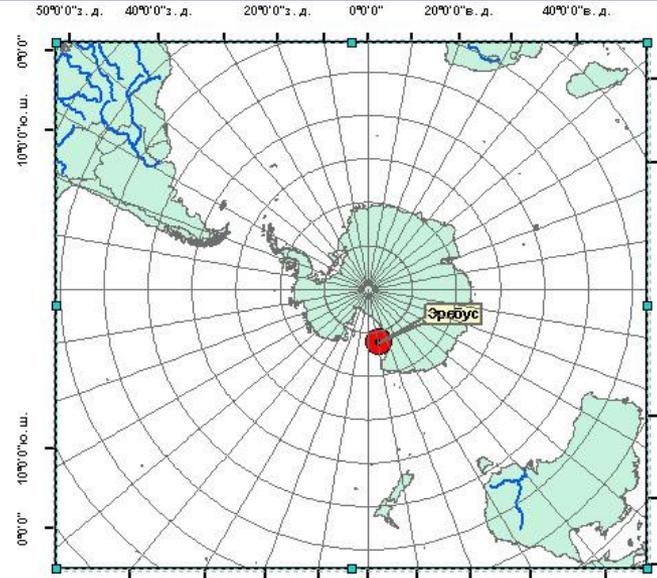
Линия (line). Одномерный пространственный объект, координатные данные которого состоят из двух пар координат – $(X_1, Y_1, [Z_1])$, $(X_2, Y_2, [Z_2])$

Полилиния (polyline). Одномерный пространственный объект, координатные данные которого состоят более двух пар координат – $(X_1, Y_1, [Z_1])$, $(X_2, Y_2, [Z_2])$, $(X_3, Y_3, [Z_3])$, ..., $(X_n, Y_n, [Z_n])$. Полилиния не имеет площади. Она может быть замкнутой, но область, ограниченная полилинией не может быть закрашена и площадь этой области не может быть посчитана.

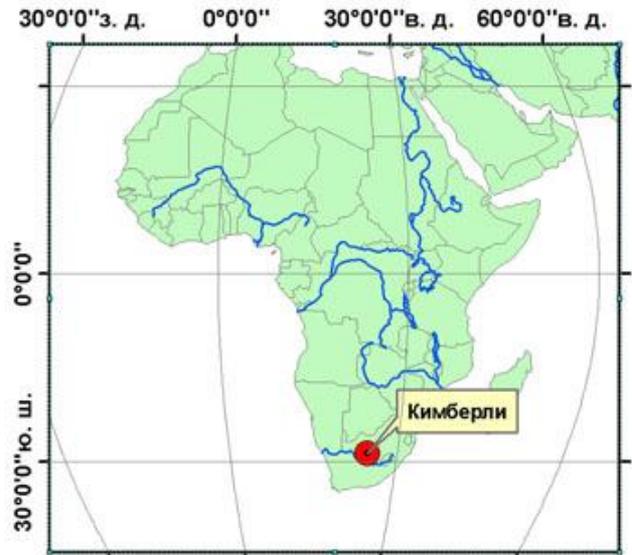
Полигон (polygon) Двухмерный пространственный объект, ограниченный замкнутым линейным объектом. В отличие от полилинии, обладает площадью и при визуализации может быть закрашен.

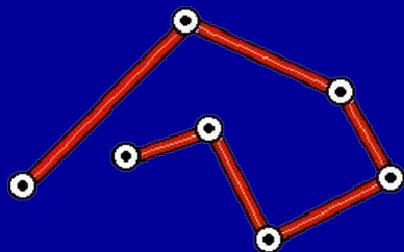
Пространственный треугольник. Определяется 3D координатами трёх точек, не лежащих на одной прямой. Является элементом при моделировании поверхностей и тел.



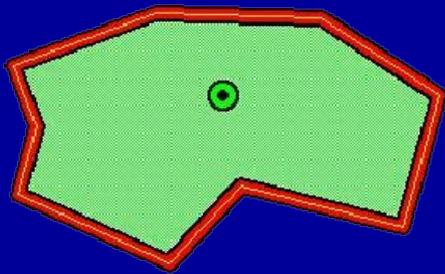
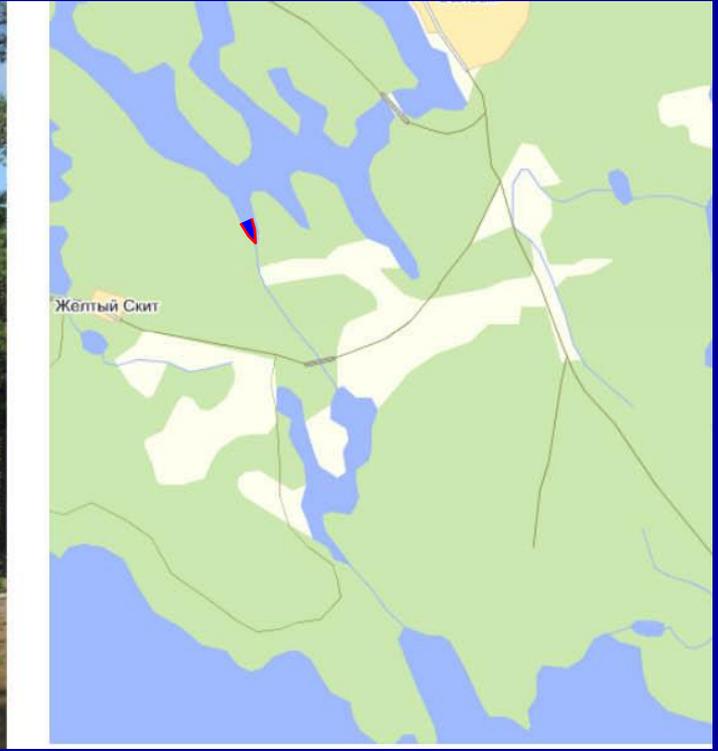


В зависимости от масштаба, точкой могут быть представлены шурфы, буровые скважины, месторождения, вулканы, города и т.д.





Линиями и полилиниями моделируются дорожная и речная сеть, геологические границы, горные выработки (стволы скважин, каналы, штольни, штреки...), трубопроводы, просеки и т.д.



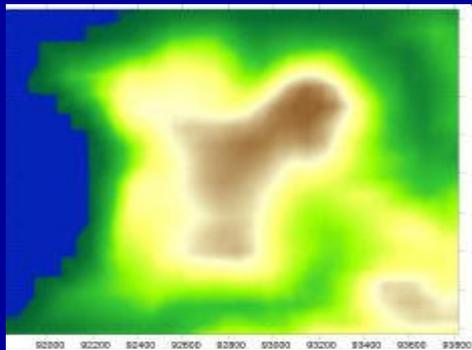
Полигоны используются для изображения областей – геологических тел, лесных массивов, озёр морей. При определённых масштабах полигонами моделируются крупные реки, городские кварталы и т.п.

Представление поверхностей.

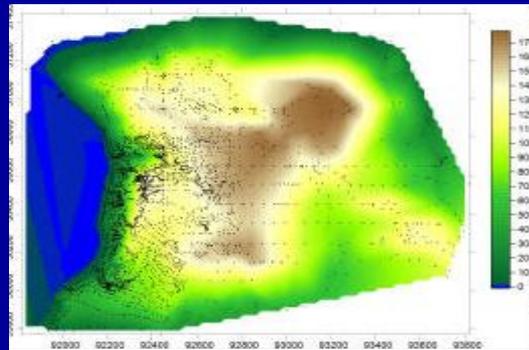
DTM - Digital terrain model; **DEM** - digital elevation model; **ЦМР** – цифровая модель рельефа

Регулярная сеть (матрица, грид) высот.

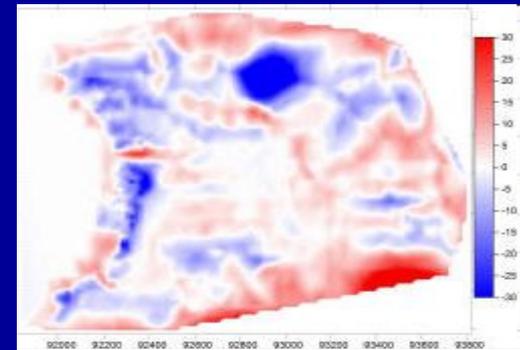
SRTM (Shuttle radar topographic mission) - радарная съемка поверхности земного шара осуществлена в 2000г с борта космического корабля «Шаттл». С 2004 г. доступны данные по сети 30x30 м и 90x90 м (<http://gis-lab.info/qa/srtm.html>)



По данным SRTM

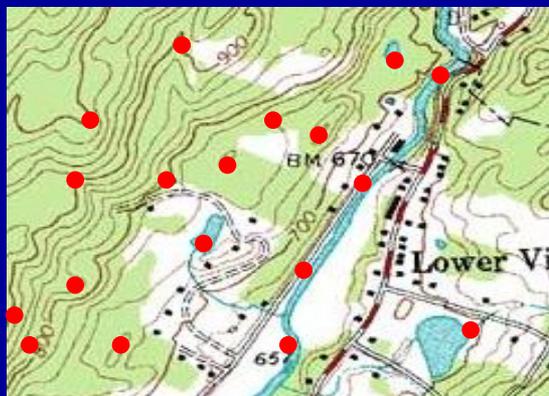


По данным топосъемки по сети < 100 м

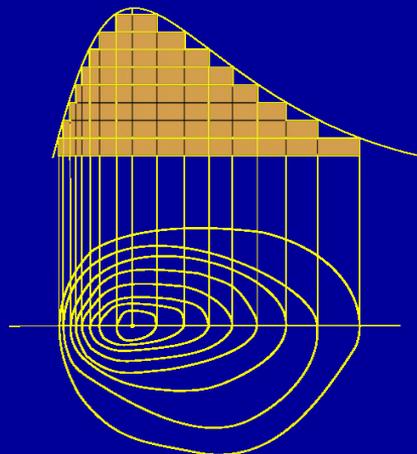


Разность

Нерегулярная сеть высот.

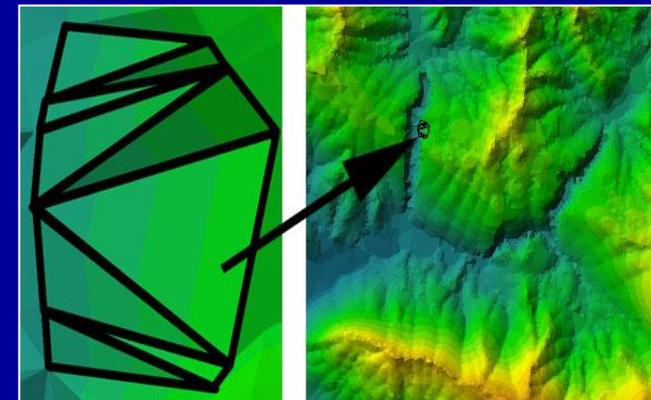


Изогипсы.

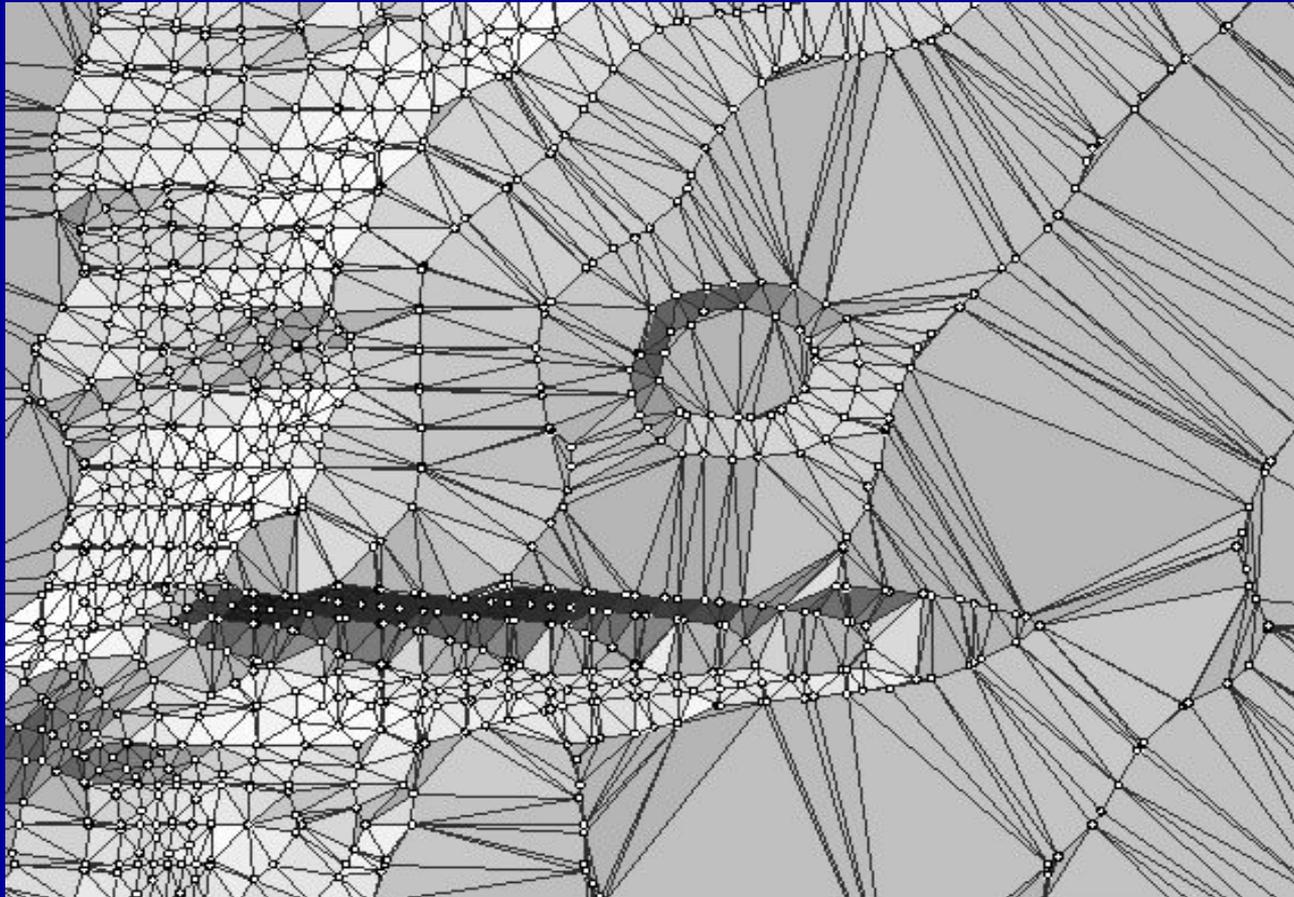


TIN (Triangle Irregular Net).

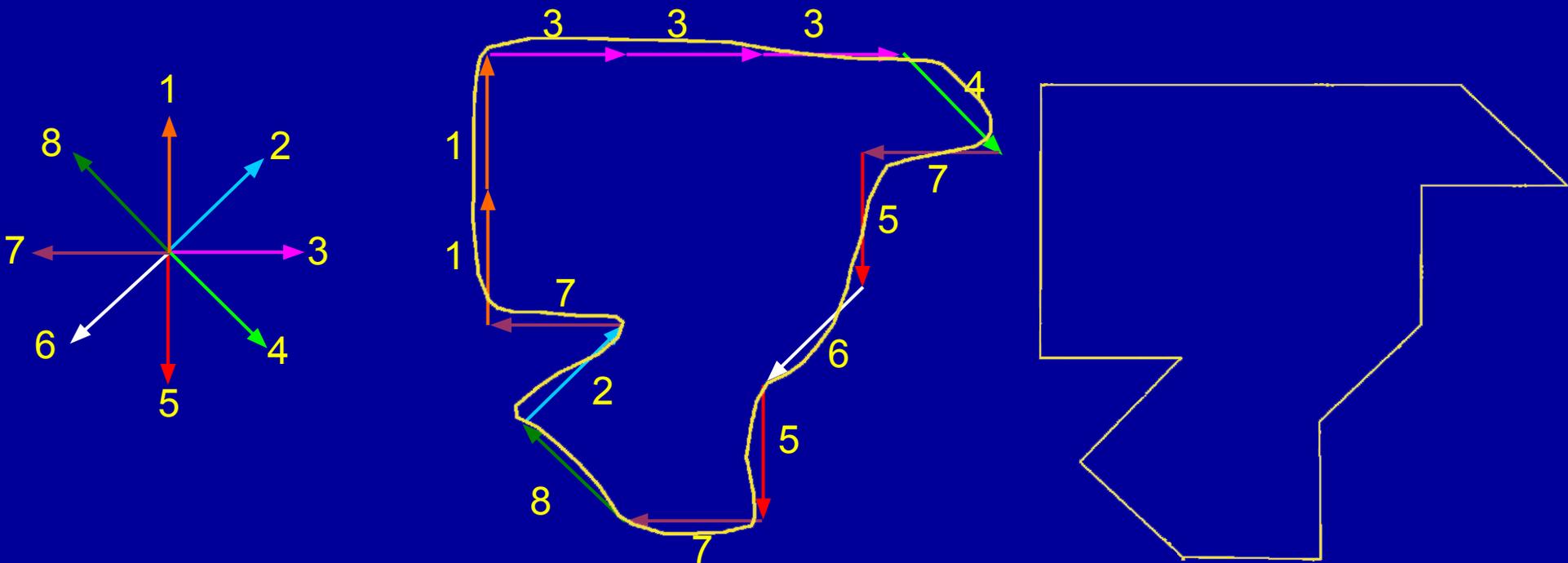
Нерегулярная сеть треугольников.



Модель TIN относится к классу трехмерных векторных моделей и представляет собой триангуляционную нерегулярную сетку (TIN) на моделируемой поверхности. TIN-эффективный способ хранения и анализа поверхностей, так как триангуляционная сеть позволяет более точно, чем растр, моделировать неоднородные поверхности, которые могут резко менять форму на одних участках и незначительно - на других. Это связано с тем, что можно поместить больше точек там, где значения меняются резко, и меньше точек там, где поверхность меняется плавно. Модель TIN применяется как способ хранения входных данных о поверхности и модель для решения задач на поверхностях в ГИС, допускающих работу с 3D-моделями



Представление линий и полигонов последовательностью фиксированных векторов.
(Этот способ дал название векторной модели отображения пространственных данных)



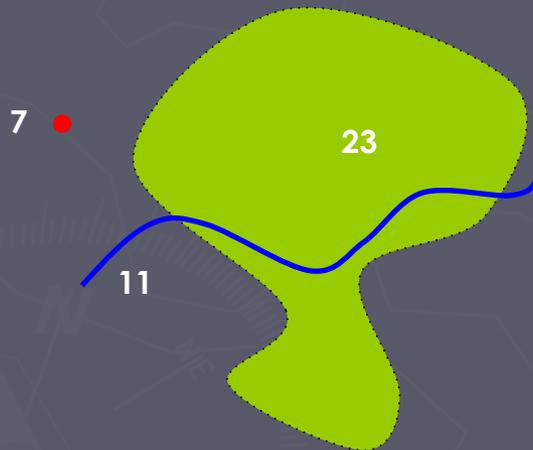
3, 3, 3, 4, 7, 5, 6, 5, 7, 8, 2, 7, 1, 1

В настоящее время полилинии и полигоны хранятся в ГИС
в виде последовательности координат точек.



Векторная нетопологическая модель данных (модель «Спагетти»)

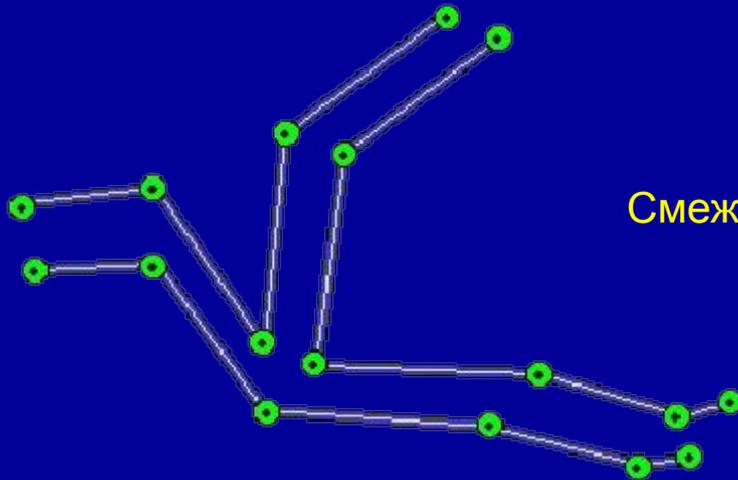
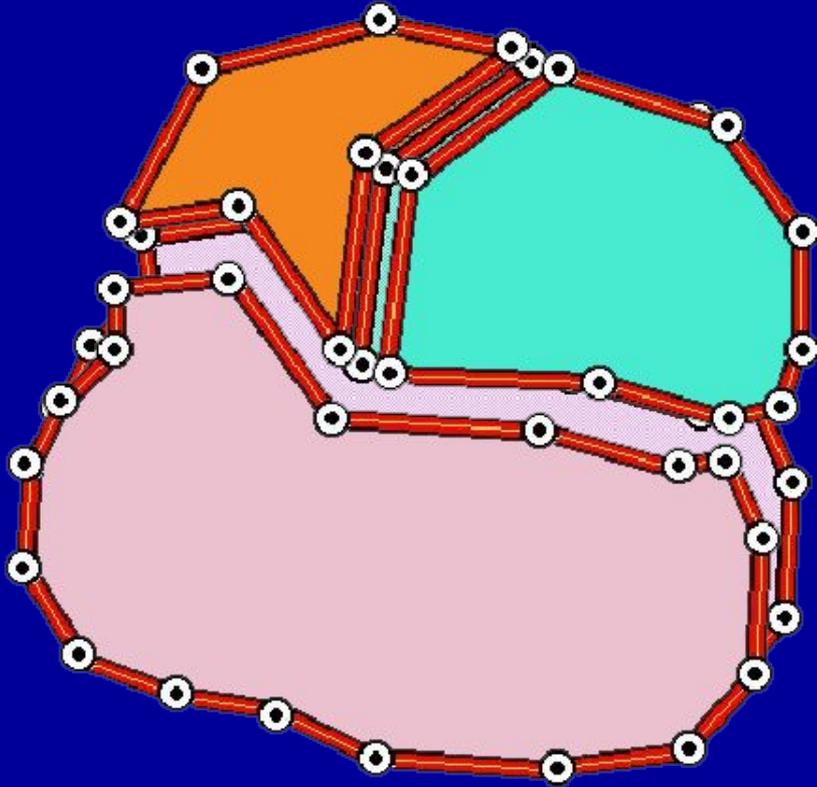
Векторная нетопологическая модель данных – модель пространственных данных, разновидность векторного представления линейных и полигональных пространственных объектов с описанием их геометрии (но не топологии) в виде неупорядоченного набора дуг или совокупности сегментов.



Объект	Номер	Положение
Точка	7	Одна пара координат (x,y)
Линия	11	Набор пар координат (x,y)
Полигон	23	Набор пар координат (x,y), первая и последняя точки совпадают

Перевод графического изображения в цифровую форму "один в один". Каждому графическому примитиву (точке, линии, полигону) соответствует одна логическая запись в базе, записанная как строки переменной длины пар координат.

Нетопологическая (объектная) векторная модель («спагетти»).



Смежные стороны полигонов дублируются.

Векторная топологическая модель данных

Векторная топологическая модель данных – модель пространственных данных, линейно-узловое представление, разновидность векторного представления линейных и полигональных пространственных объектов, описывающего не только их геометрию, но и топологические отношения между полигонами, дугами и узлами.

Топологическая информация представляется в виде набора узлов и дуг. **Дуга** – последовательность сегментов (отрезков), имеющая начало и конец в узлах, **узел** – начальная или конечная точка дуги.

Структура описывается несколькими файлами: **файлом узлов**, **файлом дуг** и **файлом областей**. Каждый элемент (узел, дуга, полигон) имеет свой уникальный идентификационный номер.

Топология

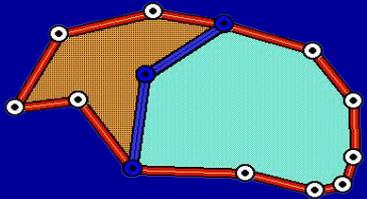
ТОПОЛОГИЯ (*греч. topos – место*) – раздел математики, изучающий свойства фигур, не изменяющиеся при любых деформациях, производимых без разрывов и склеиваний.

Топология в геоинформатике – пространственные взаимоотношения между смежными и близлежащими объектами; описание топологических свойств пространственных объектов (*размерность, замкнутость, связность, простота, нахождение на границе, внутри или вне полигона и т. д.*) и топологических отношений между ними (*совпадение, пересечение/не пересечение, касание, нахождение внутри или вне, содержание и т. д.*).

Топологическая векторная модель.

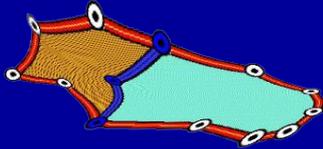
Топологические свойства объектов.

Топологическими свойствами векторных объектов называются такие их свойства, которые не изменяются при деформации «резинового листа» (т.е. деформации растяжения, сдвига, скручивания, но без разрывов). К топологическим свойствам относятся смежность, количество граней и вершин полигонов, принадлежность точки полигону, замыкание (пристыковка) одной линии на другую, точка на пересечении линий и др.).



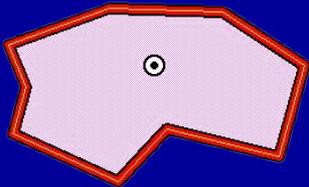
Смежность.

Два полигона являются смежными. Они имеют общие рёбра и вершины (выделены синим цветом).

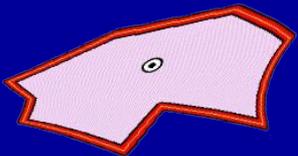


При деформации смежность, количество рёбер и вершин сохраняются.

Вложенность.



Точка внутри полигона

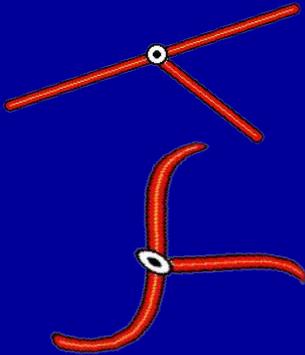


после деформации остаётся внутри полигона.

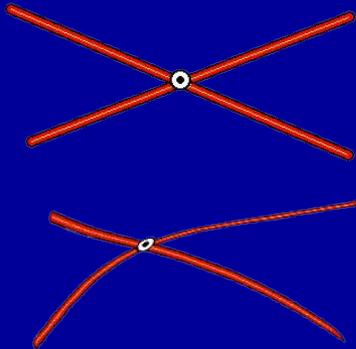
ТОПОЛОГИЯ - раздел математики, занимающийся изучением свойств фигур (или пространств), которые сохраняются при непрерывных деформациях

Топологические свойства объектов.

Связность

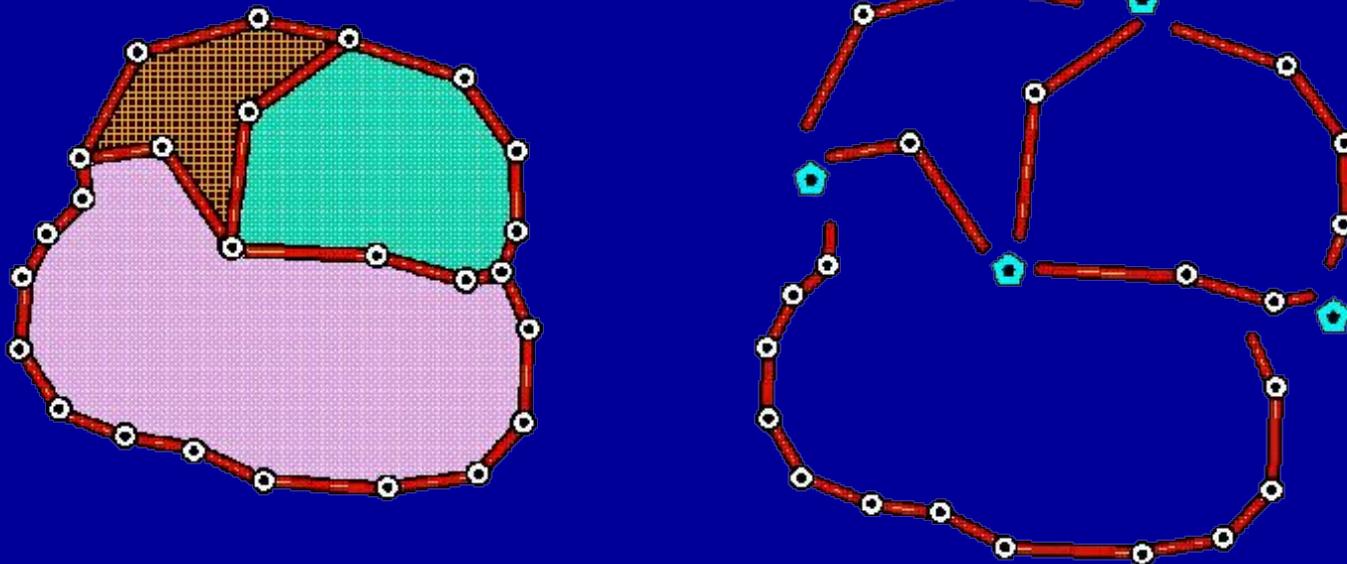


Замыкание одной линии на другую
сохраняется при деформации



Точка на пересечении линий

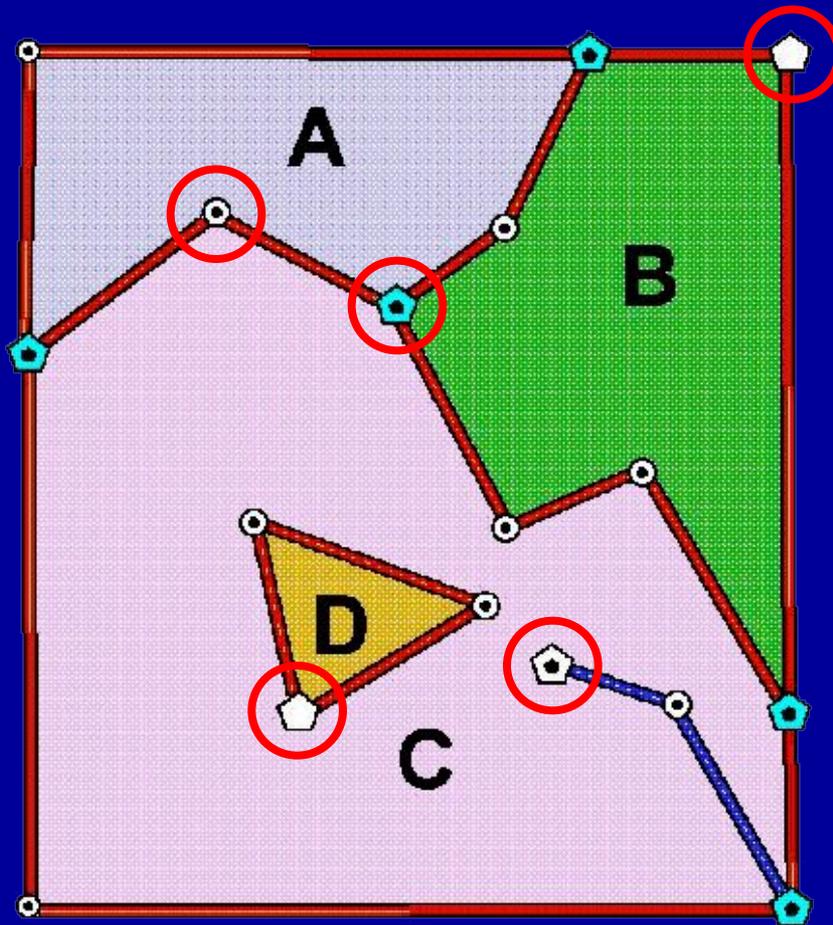
Топологическая линейно-узловая векторная модель.



В топологической линейно-узловой векторной модели создаются как сами пространственные объекты, так и пространственные отношения между ними - связность, соседство, смежность, вложенность и контролируется целостность объекта. При этом объекты типа «полигон» создаются в результате сборки полигонов из дуг, образующих замкнутые контура.

В ГИС применяются узловые топологии (Node Topology), сетевые топологии (Network Topology) и полигональные топологии (Polygon Topology).

Элементы топологической векторной модели.



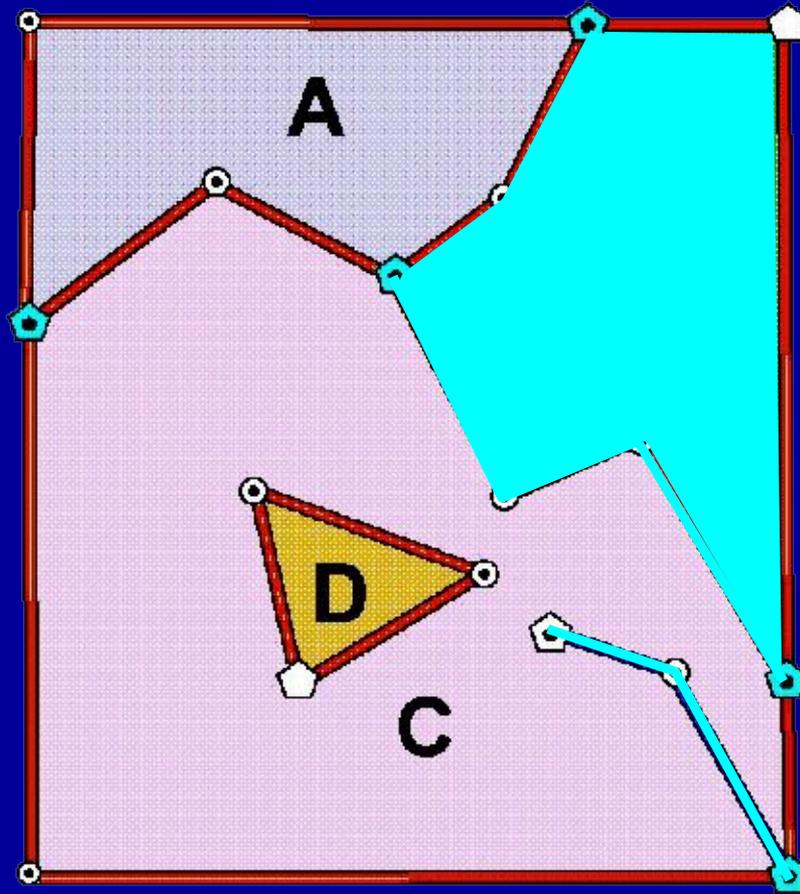
Точка (вершина) - vertex- ID (идентификатор), координаты X,Y и необязательная Z - высота.

Узел - node – начальная или конечная точки дуги. (идентификатор ID, координаты X,Y, [Z], необязательный вес [w]).

Псевдоузел – узел, образованный замыканием дуги на себя или соединяющий только две дуги. Псевдоузлы не являются узлами ветвления, не являются необходимыми для решения топологических задач и поэтому могут быть удалены

Висячий узел – узел, принадлежащей только одной дуге (висячей).

Элементы топологической векторной модели.



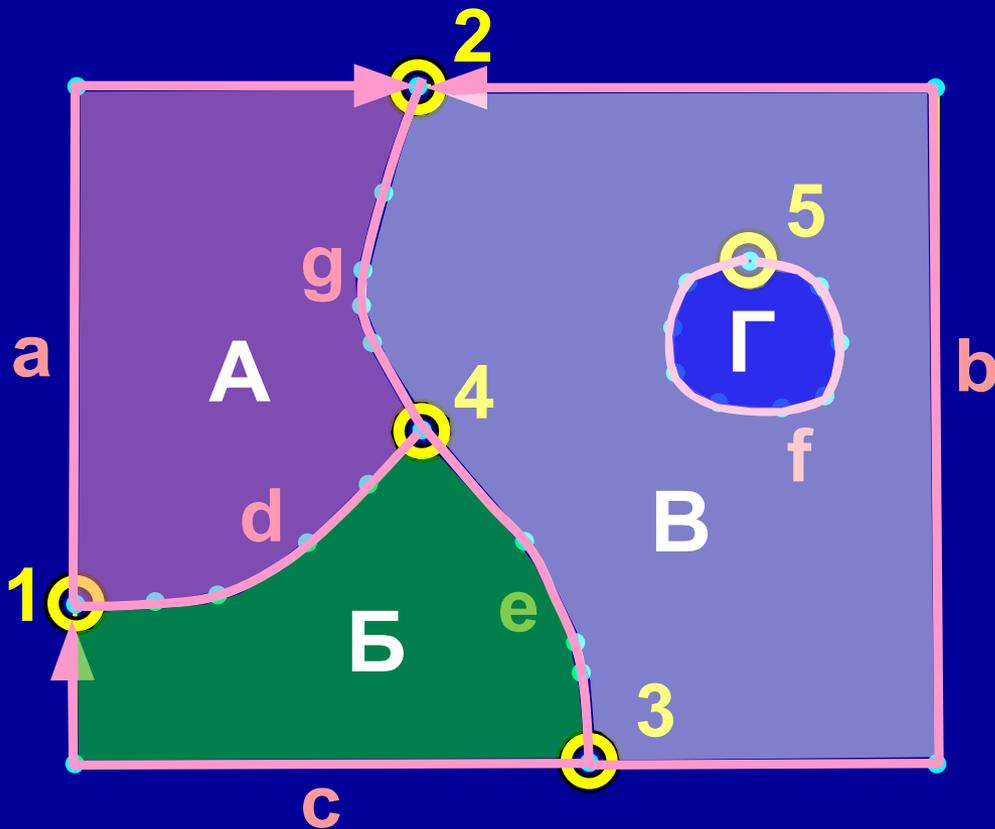
Отрезок – линия, соединяющая две вершины.

Дуга (ребро, arc)- упорядоченный набор связанных отрезков (соединенных вершинами). Каждое дуга характеризуется следующим набором данных: ID, StartNode, EndNode и необязательными LeftPol, RightPol, DirectWeight, BackWeight (ID - идентификатор; StartNode, EndNode –начальный и конечный узел дуги, LeftPol, RightPol - идентификаторы полигонов справа и слева от дуги, DirectWeight, BackWeight – вес дуги в прямом и обратном направлении).

Висячая дуга – дуга, имеющая висячий узел.

Полигон - область, ограниченная замкнутой дугой или набором связанных дуг, образующих замкнутый контур. Каждый полигон может характеризоваться следующим набором данных: ID, Area, N, X, Y, (ID – идентификатор, Area – площадь, N – количество дуг, X, Y – координаты центраида).

Построение топологии.



Узел	X	Y
1	0	1
2	2	4
3	3	0
4	2	2
5	4	3

Дуга	Начало	Конец
a	1	2
b	3	2
c	3	1
d	1	4
e	3	4
f	5	5
g	4	2

Полигон	Дуги
A	a,d,g
Б	c,d,e
B	f
Г	b,e,g,-f

Дуга	Слева	Справа
a	+	A
b	D	+
c	+	B
d	A	B
e	B	D
f	D	C
g	A	D

Отыскиваются (создаются) все узлы

На основе узлов определяются дуги и их направление (начальные и конечные узлы)

Полигоны определяются перечислением дуг

Для каждой дуги определяется полигон, находящийся справа и слева

(если дуга находится на границе изучаемой области, то полигон помечается как «внешний мир»)

Форматы векторных файлов

Векторные данные часто создают в других программах (САПР, векторизаторы, графические редакторы), которые используют для хранения данных свои внутренние закрытые форматы. Импорт и экспорт данных в ГИС осуществляется с помощью обменных форматов.



Шейп-файлы - стандартный обменный формат для представления векторных нетопологических данных от фирмы ESRI (производитель ArcGIS, ArcView, ARC/INFO). В этом файле можно представлять точки, мультиточки, линии или полигоны, (в одном файле смешивать геометрические примитивы разного типа запрещено). Все объекты могут представляться с координатами в 2-мерном (X, Y), 3-мерном ($X, Y, \text{мера } M$) и 4-мерном ($X, Y, Z, \text{мера } M$) пространстве.

В настоящее время формат шейп-файлов поддерживается большинством производителей ГИС в качестве обменного а иногда и внутреннего формата.



Каждый шейп-файл сохраняется в виде трёх обязательных файлов:

- 1) с расширением .SHP для представления геометрии,
- 2) с расширением .DBF для представления атрибутики (этот файл хранится в формате dBase III)
- 3) с расширением .SHX для представления вспомогательных индексов.

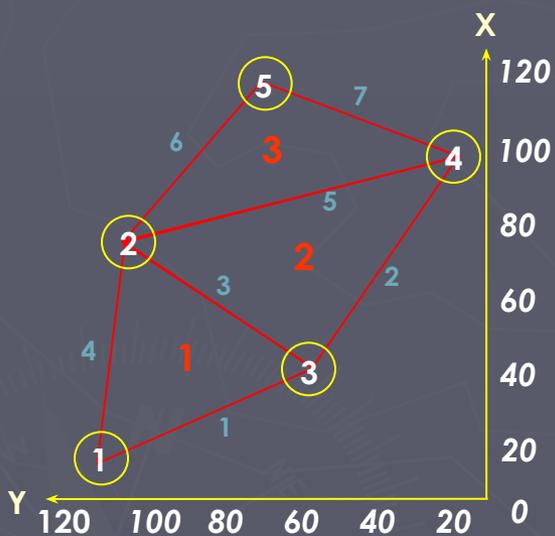
Векторная топологическая модель данных

Файл узлов

Номер узла	X	Y
1	20	115
2	75	110
3	40	60
4	100	15
5	120	70

Файл полигонов

Номер полигона	Список дуг
1	1, 3, 4
2	2, 5, 3
3	5, 7, 6



Файл дуг

Номер дуги	Правый полигон	Левый полигон	Начальный узел	Конечный узел
1	0	1	3	1
2	0	2	3	4
3	1	2	2	3
4	1	0	1	2
5	3	2	4	2
6	0	3	5	2
7	0	3	4	5