

地理信息系统原理 A

期末复习总结

2023/12/21

(一) 各章知识要点

第一章 地理信息系统概述

- 地理信息系统的概念（定义与理解）
- 地理信息系统的功能（基本功能+应用功能）
- 地理信息系统的构成（五个部分）

第二章 地理空间数据

- 地理空间数据的基本概念
- 空间数据对地理空间的表达（空间实体+定位，矢量表达法、栅格表达法和拓扑关系法）
 - 拓扑关系及其在 GIS 中的意义（三个基本拓扑关系，三条意义）
 - 空间数据的基本特征（三个或两个）
 - 空间数据结构（游程长度和四叉树的栅格编码结构、拓扑矢量存储结构以及规则格网和不规则三角形网的曲面结构）

第三章 空间数据采集与处理

- 空间数据采集中常见的错误类型及拓扑编辑
- 空间数据的几何校正与投影变换
- 基于图像的矢量化与多边形的栅格化

- 空间数据的接边与剪裁
- 多边形数据的化简综合

第四章 空间数据存储与管理

- 空间数据库的数据模型及其特点（四个基本模型）
- 空间数据库中数据管理方案（矢量数据 4 个，栅格数据 3 个，时空大数据 1 个）
 - 空间数据库中数据组织形式（分层和分块）
 - 空间数据库设计的方法步骤（重点是 E-R 模型）

第五章 空间分析与信息提取

- 空间分析的基本步骤
- 栅格数据的聚类聚合分析、叠加分析、窗口分析
- 矢量数据的叠加分析、缓冲区分析、网络分析

第六章 空间地形分析

- 数字地面模型与数字高程模型
- 数字高程模型的类型
- 数字高程模型的采集方式
- 数字高程模型的建立过程
- 坡度坡向分析与通视分析
- 空间插值的概念及其应用

第七章 空间可视化表达

- GIS 空间信息表达与输出方式
- 专题地图的基本概念

- 专题地图的表示方法与手段
- 专题地图设计

(二) 理论部分知识点

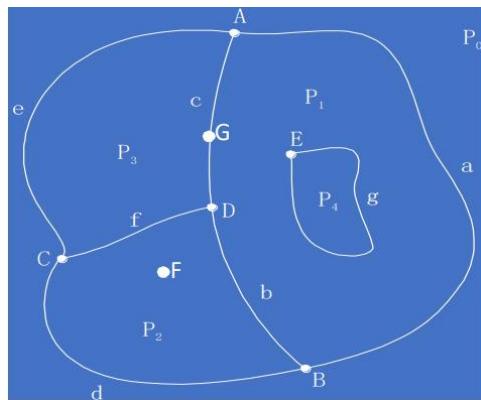
1、地理信息系统概念、功能与组成

- 地理信息系统：由计算机硬件、软件和不同方法组成的具有海量空间数据采集、管理、处理、分析、建模和显示的技术系统，以解决复杂的规划和管理问题，是地理信息科学的重要组成部分。
- 地理信息系统的特点：
 - ①是一个计算机系统支持的、高度信息化的地理系统；
 - ②操作对象是具有公共地理定位基础的地理空间数据；
 - ③具有采集、管理、分析和输出多种地理空间信息的能力，特别是具有极强的空间综合分析和动态预测能力；
 - ④是具有空间决策支持能力的多学科交叉理论与工程体系。
- 地理信息系统的主要功能：包括基本功能和应用功能两个方面。基本功能有数据的采集、空间数据的编辑与处理、数据存储与管理、空间分析、空间信息表达与输出，应用功能有地学分析应用和应用模型与系统开发等。空间分析是地理信息系统区别于其它类型系统最重要的功能特征。
- 地理信息系统的基本构成：包括系统硬件、GIS 软件、地理空间数据、应用人员、应用模型和方法等部分。

2、地理空间数据对地理空间的表达

- 地理空间数据：是以地球表面空间位置为参照的地理空间对象位置、形状、大小及分布特征的数据，包括自然、社会和人文景观在内一切带有地理位置的数据，是各种地理特征和现象间关系的符号化表示，是地理信息系统中关于现实世界的数据。

- 地理空间：人类生存的地球表层空间，在 GIS 中通常指经过投影变换后放在笛卡儿平面坐标中的地球表层特征空间，分为绝对空间和相对空间两种形式，一般包括空间特征实体及其所联结的地理空间定位框架。
 - 空间实体：现实世界中空间事物或现象的抽象化表示，是地理空间上不能继续分割的最小单元和表达对象，是地理信息系统表示和建库的主要对象。
 - GIS 中最基本的空间实体表达有矢量（Vector）和栅格（Raster）两种方式，分别对应于空间数据模型中的要素模型和场模型。GIS 地理空间最基本的表达方式是对空间实体的矢量表达法和栅格表达法，这是计算机识别、存储和处理的基础。空间实体矢量表达法采用没有大小的点表达基本点要素，表现了空间实体的形状特征以及不同实体之间的空间位置关系，具有位置明显、属性隐含的特点，而空间实体栅格表达法采用有固定大小的点表达基本点要素，描述了空间实体的级别分布特征及其位置，具有属性明显、位置隐含的特点。GIS 地理空间还有空间实体间相对位置关系表达，主要有顺序关系、度量关系和拓扑关系等三类。
 - 拓扑关系：在拓扑变换下点、线、面等基本的拓扑元素之间空间位置关系不变的关系。
 - 拓扑变换：几何图形在连续状态下进行拉伸和压缩变形但图形关系保持不变的性质。
- ### 3、GIS 中基本拓扑关系及其对于 GIS 数据处理和空间分析的意义
- GIS 中基本的拓扑关系：拓扑邻接、拓扑关联和拓扑包含。拓扑邻接描述同类元素之间的拓扑关系，拓扑关联描述不同类元素之间的拓扑关系，拓扑包含描述不同等级元素之间的拓扑关系。



例如：多边形 P_1 和 P_2 、 P_1 和 P_3 空间邻接；弧段 b 、 d 和 f 在空间上邻接；节点 A 与 B 、 A 与 D 在空间上相邻接。节点 D 与弧段 b 、 c 和 f 在空间上关联；多边形 P_1 与弧段 a 、 b 、 c 和 g 在空间上相关联。多边形 P_1 包含多边形 P_4 ；多边形 P_2 包含点 F ；弧段 c 包含点 G 。

- 拓扑关系对于 GIS 数据处理和空间分析的意义：①根据拓扑关系，不需要利用坐标或距离，可以确定一种地理实体相对于另一种地理实体的空间位置关系；②根据拓扑关系，可以方便地进行空间要素的查询；③根据拓扑关系，可以进行地理空间实体的重建。

4、空间数据的基本特征

- 空间数据的基本特征包括描述空间实体分布位置、几何特征及空间相互关系的空间特征，描述空间实体特性的（专题）属性特征和描述空间实体随时间变化的时间（属性）特征，也可以概括为空间特征和属性特征。

5、空间数据结构

- 空间数据结构：对空间数据的组织形式，是空间实体在空间的排列方式和相互关系的抽象描述。GIS 中两种最基本的空间数据结构是空间栅格数据结构和空间矢量数据结构。
- 栅格数据结构：将空间分割成规则的格网栅格单元，并在各个栅格单元内 赋

以相应的属性值（或指向属性的指针）来表示空间实体的数据组织方式。

- 常见栅格数据结构存储类型(编码方法)有栅格矩阵编码(完全栅格结构或直接栅格编码)、游程(长度)编码、四叉树编码等几种，其中四叉树编码结构压缩效率较高，在GIS中应用较为广泛。

- 栅格数据结构的特点：①用离散的量化栅格值表示空间对象，便于地理现象模拟；②位置隐含，属性明显，易于实现叠合操作；③数据结构简单，易与遥感数据结合，但数据量大；④几何和属性偏差较大；⑤面向位置，难以建立空间对象之间的关系。

- 游程(长度)编码：将原始栅格阵列中数据代码相同的连续若干个栅格单元映射为一个游程，在数据代码发生变化时依次记录该代码及相同代码重复个数的空间数据组织形式。

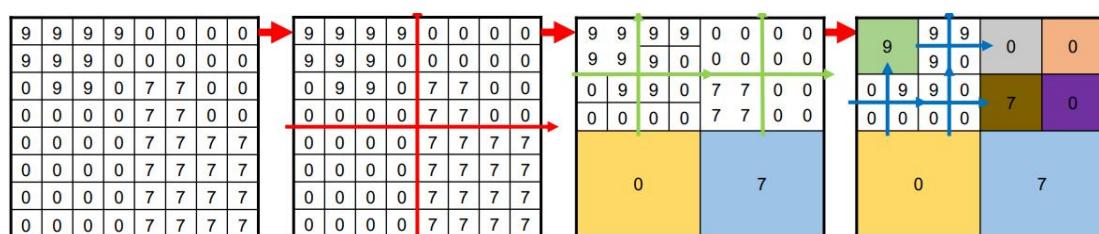
下图栅格数据结构的游程编码为：(A, 5) (B, 3) (A, 2) (B, 2) (A, 2) (B, 2) 或者 (A, 4) (A, 1) (B, 3) (A, 2) (B, 2) (A, 2) (B, 2) 或者

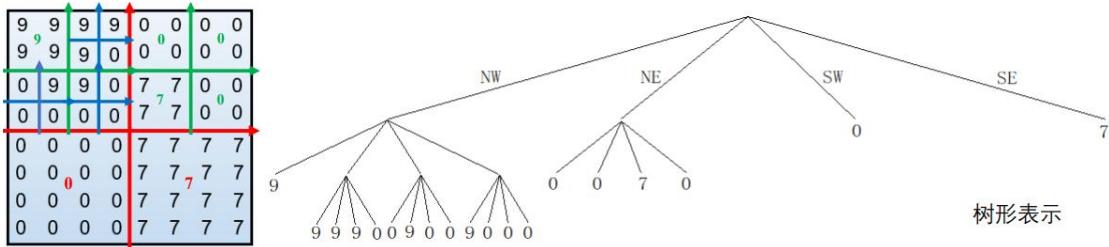
序号	二元组序列	序号	二元组序列
1	(A, 4)	2	(A, 1)
3	(B, 3)	4	(A, 2)
5	(B, 2)	6	(A, 2)
7	(B, 2)		

A	A	A	A
A	B	B	B
A	A	B	B
A	A	B	B

- 四叉树编码：在同一块区域上以大小可变的栅格（可变分辨率）记录空间代码的一种空间数据组织形式。

常规四叉树逐象限递归分割和树形表示示意图如下：





线性四叉树通过记录每个结点非 0 值叶结点位置的地址码（也称定位码或莫顿码）、深度(或结点大小)和结点属性值这 3 个变量来进行编码。莫顿(Morton)定位码的计算步骤为：①行号 I_b 与列号 J_b 变为二进制；② I 行 J 列交叉组成新的二进制数；③将新的二进制数转化为十进制数。线性四叉树编码过程：先按照已确定的坐标系和行列编号计算莫顿码，再结合各结点的深度和属性值进行编码。

0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0
1	1	1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0

原始栅格数据

7	42	43	46	47	58	59	62	63
6	40	41	44	45	56	57	60	61
5	34	35	38	39	50	51	54	55
4	32	33	36	37	48	49	52	53
3	10	11	14	15	26	27	30	31
2	8	9	12	13	24	25	28	29
1	2	3	6	7	18	19	22	23
0	0	1	4	5	16	17	20	21

行
列
Morton码

Morton	Size	Value
0	4X4	1
24	2X2	1
49	1X1	1

线性四叉树编码

- 矢量数据结构：利用欧氏几何学中的点、线、面及其组合体，通过记录坐标的方式，精确地表示空间实体位置和形状的数据组织方式。
- 常见矢量数据结构类型：简单矢量数据结构和拓扑矢量数据结构，其中拓扑

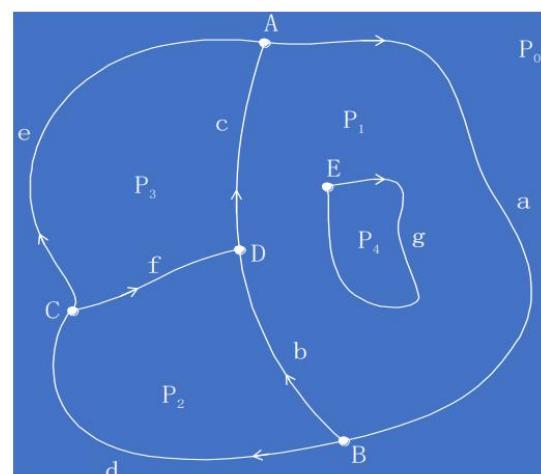
数据结构具有 GIS 中最重要的技术特征。

- 矢量数据结构的特点：①用离散的点描述空间对象与特征，定位明显、属性隐含；②用拓扑关系描述空间对象之间的关系；③面向目标操作，精度高、数据冗余度小；④与遥感等图像数据难以结合，空间叠置分析较为复杂；⑤输出图形质量好，精度高。
- 拓扑数据结构：记录空间对象坐标位置和拓扑关系的矢量数据组织形式。拓扑数据结构中，点相互独立，点连接成线，面由线构成，其边界被分割成一系列的线和点等拓扑要素。线（弧段）是数据组织的基本对象，每条线开始于起始结点（FN），结束于终止结点（TN）并与左右多边形（LP 和 RP）相邻接。
- 拓扑数据结构特点：具有拓扑编辑功能；拓扑关系明确，便于进行空间分析；多边形之间没有空间坐标重复，减小了数据冗余；拓扑信息与空间坐标分别存储，有利于拓扑查询操作；能够存储“岛”或“湖”结构的多边形信息。
- DIME 拓扑数据结构的数据文件：①弧段坐标文件；②拓扑编码的结点文件；③拓扑编码的弧段文件；④拓扑编码的多边形文件。

弧段坐标文件		拓扑编码弧段文件				
弧段号	坐标串	弧段号	起始点	终止点	左多边形	右多边形
a	$(x_A, y_A)(x_B, y_B)$	a	A	B	P_0	P_1
b	$(x_B, y_B)(x_D, y_D)$	b	B	D	P_1	P_1
c	$(x_D, y_D)(x_A, y_A)$	c	D	A	P_3	P_1
d	$(x_B, y_B)(x_C, y_C)$	d	B	C	P_0	P_1
e	$(x_C, y_C)(x_A, y_A)$	e	C	A	P_0	P_3
f	$(x_C, y_C)(x_D, y_D)$	f	C	D	P_3	P_2
g	$(x_E, y_E)(x_E, y_E)$	g	E	E	P_1	P_4

拓扑编码的结点文件	
节点号	连接弧段
A	a,c,e
B	a,b,d
C	d,e,f
D	b,c,f
E	g

拓扑编码的多边形文件	
多边形号	弧段号
P_1	a,b,c,-g
P_2	b,d,f
P_3	c,e,f
P_4	g



- 曲面数据结构：也称为表面格网型数据结构，是根据离散采样点的空间数据得到连续分布现象覆盖表面的一种数据结构。常见的曲面数据结构表达方法主

要有不规则三角网（TIN）、规则格网（GRID）和泰森多边形（Thiessen），其中 TIN 结构常用于数字化地形的表示。

- TIN 结构：将曲面上不规则分布的点连接成三角形网，以拟合连续分布现象覆盖表面的数据结构。
- GRID 结构：按照行列等距离规则采样点来模拟连续分布现象覆盖表面的数据结构。

6、空间数据采集输入

- 空间数据采集输入的主要内容：几何图形数据的采集输入和属性数据的采集输入。
 - 常见的矢量图形数据的采集方式有手工键盘输入、野外数据采集、地图数字化、摄影测量遥感和其它数据的传输与转换等。
 - 栅格数据采集常用的方法包括透明格网采集输入、扫描数字化输入、遥感影像解译输入和其它数据传输或转换输入等。
 - 属性数据的内容有时直接记录在栅格或矢量数据文件中，有时则单独输入数据库存储为属性文件，通过关键码与图形数据相联系。
 - 采集输入到 GIS 中的空间数据一般需要进行编辑处理，其主要目的是查错和建立拓扑关系。

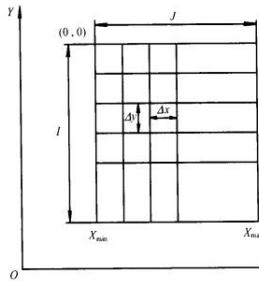
7、空间数据坐标变换

- 空间数据坐标系的变换主要包括几何纠正（或几何校正）和地图投影变换，其实质是两个平面点之间的一一对应关系。
- 几何校正：对数字化原图数据的坐标系变换和图纸变形误差的改正，以实现与理论值一一对应关系的空间数据变换方法。

- 仿射变换是 GIS 数据处理中使用最多的一种几何纠正方法，可以对坐标数据在 x 和 y 方向进行不同比例的缩放、平移、扭曲和旋转。
- 进行几何纠正时，一般选用比例尺相近的标准图廓、地形图或正射影像图作为变换标准，具体采点时要先采源点（需纠正的地形图或影像），后采目标点（标准图廓或地形图或正射影像图）。
- 重采样：将栅格数据由一种空间分辨率转换为另一种空间分辨率以解决栅格分辨率匹配的过程。
- 地图投影：将地球椭球面上的点从球面经纬度映射到二维平面坐标，用平面直角坐标来确定地面点位置。
- 为什么要继续地图投影：因为地理坐标是球面坐标，相同角度可能代表不同的距离，经纬度不具有标准长度单位，直接用地理坐标难以进行距离、方向和面积量算。
- 投影变换：将一种地图投影的数据变换为另一种地图投影数据的过程。
- 投影变换的必要性：GIS 数据库中的地理数据在以地理坐标存储时，以地图为数据源的空间数据必须通过投影变换转换成地理坐标；在输出和显示时，需将地理坐标表示的空间数据通过投影变换成为指定投影的平面坐标。

8、空间数据重构

- 矢量数据向栅格数据转换称为栅格化，栅格数据向矢量数据转换称为矢量化。
- 点的栅格化：将点的矢量坐标转换成栅格数据中行列值 (i, j) ，得到点在栅格元素中位置的数据转换过程。



$$\begin{cases} i = 1 + \lceil \frac{y_{max} - y}{\Delta Y} \rceil \\ j = 1 + \lceil \frac{x - x_{min}}{\Delta X} \rceil \end{cases}$$

式中， x 、 y 为矢量点坐标， i 、 j 分别表示全图网格的行号和列号， x_{min} 、 x_{max} 表示全图 x 坐标的最小值和最大值， y_{min} 、 y_{max} 表示全图 y 坐标的最小值和最大值， ΔX 、 ΔY 分别表示一个栅格的宽和高， $\lceil \rceil$ 表示取整。

例如，已知某地区 x 方向为15km， y 方向为30km，现要把该地区的地块图转换成栅格数据，要求栅格的分辨率为30m×30m，则由上述转换可以得到：

$$\text{行数} I = \frac{30\text{km}}{30\text{m}} = 1000$$

$$\text{列数} J = \frac{15\text{km}}{30\text{m}} = 500$$

- 在矢量结构向栅格结构的转换中，面实体的转换包括边界转换（或多边形轮廓转换）和面域的填充。当矢量边界线转换成栅格数据后，就需要进行面域填充，其关键是判断哪些点在多边形内，哪些点在多边形外，算法主要有射线法、边界点跟踪法和边界代数法等三种。
- 面状栅格数据向矢量数据转换，其实质是将相同属性代码的栅格集合转变为由少数数据组成的边界弧段以及区域边界的拓扑关系。根据数据文件的不同，由栅格数据向矢量数据转换，可以分为基于图像数据的矢量化方法和基于再生栅格数据的矢量化方法。基于图像数据的矢量化方法三个主要步骤是二值化、细化和边缘跟踪。
- 在相邻图幅边缘部分，常常会出现边界不一致的情况，对它们进行处理一般称为图幅接边（或图幅拼接或边缘匹配）。
- 实现空间数据格式转换的途径：外部文件交换方式、标准空间数据交换方式、空间数据互操作方式和基于语义数据转换方式，它们都是实现不同格式多源数据格式转换的重要手段。
- 空间数据综合：根据数据管理或数据使用的需要，对从GIS数据库中提取的空间数据按属性重新分类、空间图形化简等操作，主要是进行相同属性的合并和公共边界线的删除。

9、空间数据质量

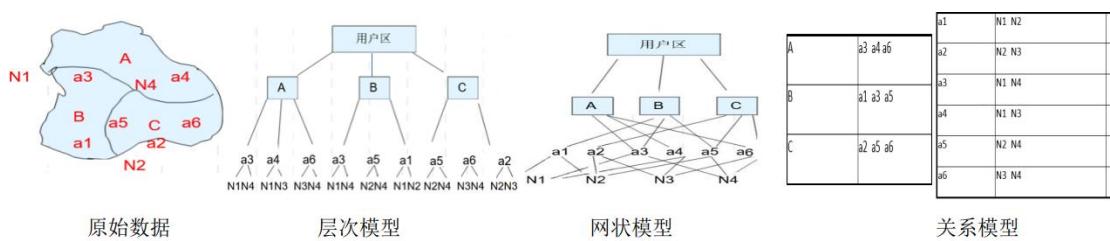
- 空间数据质量：空间数据对特定用途的分析和操作适用的程度，即数据适用

于不同应用的能力。

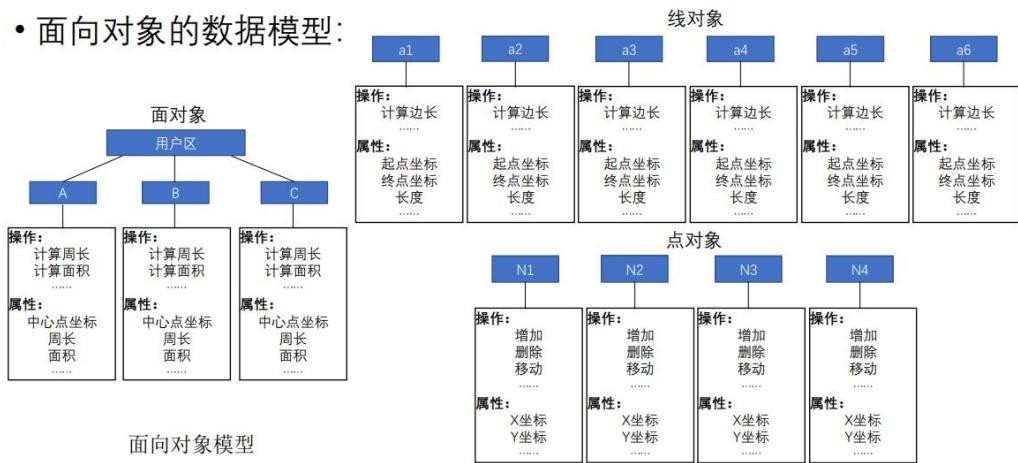
- 空间数据质量的基本概念有准确度、精度、不确定性、一致性、完整性、相容性和可得性等，精度包括位置精度（或定位精度）、属性精度和时间精度，其中时间精度是指数据的现势性。
- 空间数据质量控制的主要方法有传统的手工方法、元数据方法和地理相关法等三种。
- 元数据：关于数据的数据，是对数据进行解释和说明的数据。

10、空间数据库

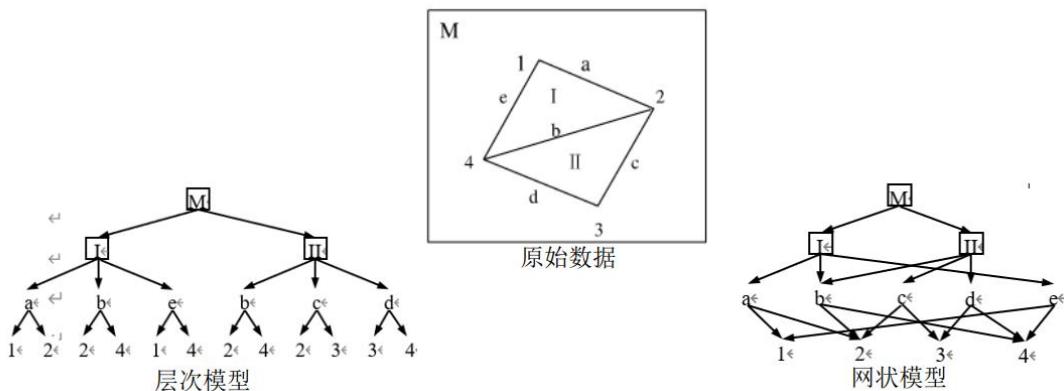
- 空间数据库：某一区域内关于一定地理要素特征的数据集合，是 GIS 在计算机物理存储介质上存储的与应用相关的地理空间数据（包括空间图形数据和专题属性数据）之总和。
- 基于数据库管理空间数据的特点：①数据结构化管理，用复杂的数据模型表示现实世界中的数据组织及数据间的联系；②数据的共享性高、冗余度低，易于扩展；③数据的独立性高，数据的物理储存方式和逻辑结构改变不必改变应用程序；④数据由 DBMS 统一管理和控制，数据可以得到安全保护和完整性检查。
- 数据库领域常用的传统数据模型：层次模型、网状模型和关系模型，其中应用最广泛的是关系模型。



• 面向对象的数据模型:

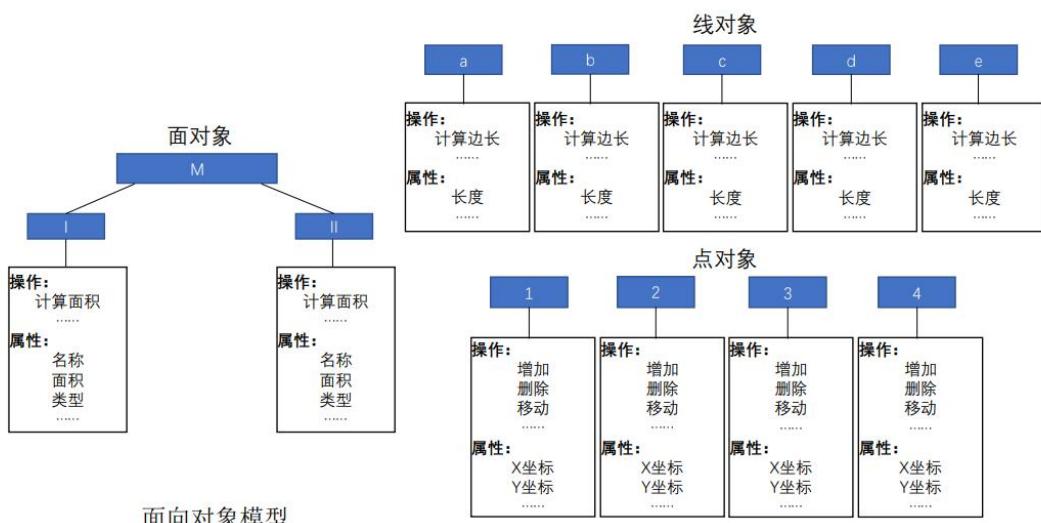


举例：



实体与多边形关系					多边形与边界线关系			边界线与结点关系			结点坐标		
空间区域 (E)	多边形编号 (P#)	名称 (N)	面积 (A)	地物类型 (T)	多边形编号 (P#)	边界线号 (E#)	边长 (L)	边界线号 (E#)	起结点号 (BN)	终结点号 (EN)	结点号 (N#)	X坐标	Y坐标
M	I				I	a b e		a	1	2	1		
	II				II	b c d		b	2	4	2		

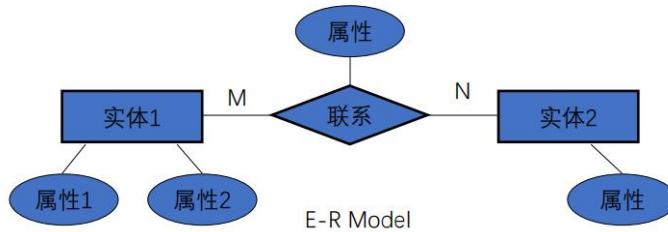
关系模型



- GIS 中矢量数据的管理方案：基于文件的管理方案、文件与关系数据库混合的管理方案、全关系型数据库的管理方案、对象与关系数据库混合的管理方案和面向对象数据库的管理方案等。基于文件的管理方案中，各个 GIS 应用程序对应各自的空间和属性数据文件；文件与关系数据库混合的管理方案中，GIS 空间图形数据存储在线状或面状实体的弧段文件中，属性数据存储在关系数据库管理系统中，两个子系统之间通过 OID 标识码进行连接；全关系型数据库的管理方案中，几何数据和属性数据都采用关系型数据库进行管理；对象与关系数据库混合的管理方案中，图形数据通过要素类和要素对象来存储，属性数据通过“实体”-“要素”-“记录”的关系数据库方式来存储，并实现了空间图形数据和属性数据统一存储；面向对象的管理方案允许用户定义对象和对象的数据结构及其操作，从而根据 GIS 的需要将空间对象定义出合适的数据结构和一组操作。
- GIS 中栅格数据的管理方案：文件管理方式、文件-数据库管理方式和关系数据库管理方式等。
- GIS 一般用数据层来分层组织空间图形数据，分层的目的是便于空间数据管理、便于空间数据查询、便于空间数据显示以及便于空间数据分析。空间图形数据分层的方法有专题分层、时间序列分层和地面垂直高度分层三种。
- GIS 中也可以按照图幅分块来组织空间图形数据，分幅的主要目的是便于空间数据存储、便于空间数据管理、便于空间数据维护和便于空间数据检索。空间图形数据分幅方式主要有按标准经纬度分幅、矩形分幅和按任意多边形分幅三种。大多数情况下，小比例尺采用按标准经纬线分幅方式，大比例尺采用矩形分幅方式。
- 空间索引：根据空间对象的位置和形状或空间对象之间的某种空间关系，按

一定顺序排列的一种数据结构。比较有代表性的空间索引方式有对象范围索引、格网索引、四叉树索引和 R 树（或 R+树）索引等。

- 空间数据库设计主要包括需求分析、概念模型设计、逻辑模型设计和物理模型设计等步骤，其中的 E-R 概念数据模型为数据库分析设计人员提供了实体（Entity）、联系（Relation）和属性（Attribute）的语义概念。



- 空间数据库维护的内容：程序的维护、数据文件的维护、代码的维护和机器设备的维护等；空间数据库维护的类型：更正性维护、更新性维护、完善性维护和预防性维护等。

11、基本空间分析

- 空间分析：以地学原理为依托，运用一组数字模型，对空间数据库中的数据进行运算和操作，从空间数据中获取有关地理对象的空间位置、空间分布、空间形态、空间形成和空间演变等信息的技术。
- 空间分析的基本步骤为：①确定分析目的和评价标准；②对收集、输入空间和属性数据进行分析；③进行空间数据的预处理和空间分析操作；④获得简要分析结果并进行解释和评价；⑤提供决策支持的专题地图、文字报表等形式的正式结果。
- 栅格数据的空间分析方法：聚类聚合分析、叠加分析、窗口分析、距离分析、路径分析和追踪分析等。其中的窗口分析使用邻域变换的方法计算新数据图层的图元值。

- 棚格数据叠加分析：对两个或多个相同地区、相同行列数、相同栅格大小的栅格数据进行叠合并通过计算产生新的栅格数据（即提取感兴趣数据）的空间分析方法。
- 空间聚类分析：根据设定的聚类条件对原有数据系统进行有选择的信息提取而建立新的栅格数据系统的方法。
- 空间聚合分析：根据空间分辨力和分类表，进行数据类型的合并或转换以实现空间地域兼并的方法。
- 窗口分析：对于栅格数据系统中的一个、多个栅格点或全部数据，开辟一个有固定分析半径的分析窗口，并在该窗口内进行诸如极值、均值等一系列统计计算，或与其它数据层面的信息进行必要的复合分析，从而实现栅格数据有效的水平方向扩展分析的空间分析方法。
- 矢量数据的空间分析方法：空间叠加分析、空间缓冲区分析、空间网络分析和空间查询统计分析等。
- 矢量数据叠加分析：把同一地区两幅或以上的矢量图层重叠放在一起进行图形和属性关系运算，产生新的空间图形和属性的空间分析方法。参与矢量数据叠加分析的图层必须具有完整的拓扑关系，它们不仅要进行空间关系的比较，还要进行属性关系的比较。
- 点与多边形的矢量图层叠加实际上是计算多边形对点的包含关系，叠加的结果产生新的属性信息但不生成新的数据图层；线与多边形的矢量图层叠加实际上是计算多边形对线的包含关系，叠加的结果既产生新的属性信息又生成新的数据图层。
- 与栅格数据叠加分析相比，基于矢量数据的叠加分析运算过程比较复杂，易

生成碎小多边形。

- 空间缓冲区分析：根据分析对象的点、线、面实体，自动建立它们周围一定距离的带状区，用以识别这些实体或主体邻近对象的辐射范围或影响程度，以便为某项分析或决策提供依据，从而实现空间数据在水平方向得以扩展的信息分析方法。
- 在进行空间缓冲区分析时，通常要将研究的问题抽象为主体、邻近对象和作用条件三类因素来进行。根据主体对邻近对象作用性质的不同，一般可采用线性模型、二次模型和指数模型三种不同的分析模型。
- 空间网络分析：依据网络拓扑关系（节点与弧段拓扑关联、弧段之间拓扑邻接连通等），通过考察网络元素的空间及属性数据，以数学理论模型为基础，对网络的性能特征进行多方面研究的一种空间信息分析方法。
- 空间网络的基本构成元素及其属性：①结点（Node），状态属性包括资源数量、方向数等；②链（Link/Arc），状态属性包括资源流动的时间和速度、资源的种类和数量、阻力、需求和弧段长度等；③中心（Center），状态属性包括资源最大容量、最大服务半径或最长时间限制等；④站点（Stop），状态属性包括资源需求量（正值表示装载量，负值表示下卸量）等；⑤拐角（Turn），状态属性是阻力；⑥障碍（Barrier），没有状态属性。
- 空间网络分析的主要内容：路径分析、定位-配置分析、地址编码与匹配、网络跟踪、连通分析和流分析等。其中，路径分析的内容：①静态求最佳路径，即根据每条给定每条路径链/弧段上的权值属性通过计算其权值之和得到最佳路径；②动态最佳路径分析，即根据权值的变化和临时出现障碍点动态计算最佳路径；③N条最佳路径分析，即给定起点、终点，求代价最小的N条路径；

④动态分段分析，即给定一条由多段组成的路径，通过路径分析标注出这条路径上的公里点（定位该路径上的某一点）或标注出这条路径上从某一公里数到另一公里数的路段；⑤最短路径或最低耗费路径分析，即确定起点、终点和要经过的中间点、链，求最短或耗费最小路径。

- 最佳路径分析：确定在网络中从起点经一系列特定的结点至终点的资源迁移最佳路线的空间网络分析方法，实质上是求加权后的最短路径。
- 空间查询方式：单一图形查询、单一属性查询以及图形-属性相互查询（图文互访）。其中，单一图形查询是根据图形的空间位置查询有关属性（图查文）或空间实体之间的拓扑关系（图查图），单一属性查询是根据一定的属性条件查询满足条件的空间实体，图文互访是将空间关系和属性结合起来进行查询，并将最后结果以图形和属性两种方式显示出来。
- 常规统计分析主要完成对数据集合的均值、总和、方差等参数的统计计算；回归分析用于分析两组或多组变量之间的相关关系，常见方法有线性回归、指数组归、对数组归、多元回归等；趋势分析通过数学模型模拟地理特征的空间分布与时间过程，把地理要素时空分布的实测数据点间的不足部分内插或预测出来；空间自相关分析用于认识空间分布特征、选择适宜的空间尺度；专家打分模型将相关影响因素按相对重要性排队后进行复合排序。

12、数字地形分析

- 数字地面模型（DTM）：按一定结构组织在一起的、描述地球表面多种地面特性信息空间分布的有序数值阵列，是通过地表点集的空间坐标及其属性数据表示地表特征的地学模型，是带有空间位置特征和地面属性特征的数字描述，是地形起伏的属性信息数字表达。

- 数字高程模型 (DEM)：表示地表区域上地形特征的三维有限向量序列，是数字地面模型中属性为高程要素的表现形式，是 DTM 的特殊表现形式。
- GIS 中表示和存储 DEM 的常用方法：规则格网 (GRID) 法、不规则三角网 (TIN) 法、等高线法等。其中，规则格网 (GRID) 方法结构最简单，但对于平坦地区冗余存储较大。
- 采集 DEM 的数据源主要有：遥感影像、地形图、地面实测记录、摄影测量数据等。利用点的内插建立 DEM，一般需要经过数据取样、 数据处理和数据记录三个过程。
- 空间插值：根据一组已知的空间数据，按照某种数学关系推求出其它未知空间数据的数学过程。
- 整体插值：基于研究区域内所有采样点特征观测值进行插值的空间数据处理方法，适用于大范围、长周期的变化检测，主要方法是趋势面分析和傅里叶级数。
- 局部插值：仅用邻近于未知点的少数已知采样点特征值来估算未知点特征值的数据处理方法，相对于整体插值精确性更高。
- 点的局部内插可分为分块内插和逐点内插（移动曲面法）等类型，前者主要包括线性内插、双线性多项式内插和双三次多项式（样条函数 Spline）内插，后者主要包括移动拟合法内插、移动平均法内插（常见于反距离加权 IDW）和克里金（Kriging）法内插。其中，样条函数内插速度快、精度高，可用于平滑处理；克里金插值可以实现局部最优无偏估计。

13、专题地图表达

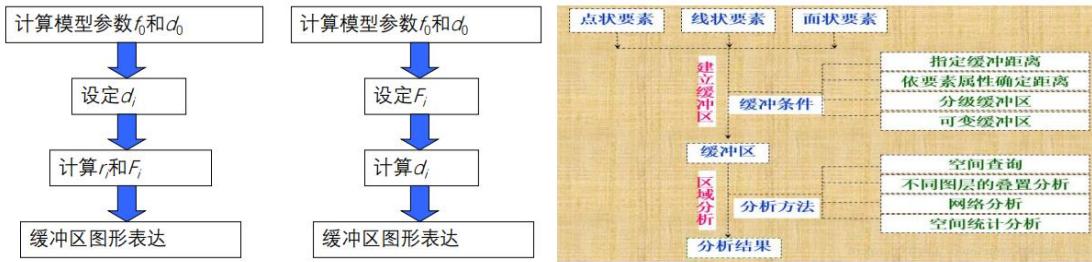
- GIS 中空间信息的表达形式：①常规形式，包括数据报表或文字报告、地图（含影像地图）等；②数字形式，包括各种存贮在磁盘、磁带或光盘上的图形、图

象或测量、统计数据。总之，GIS 空间信息表达的形式主要有地图、影像、表格和文字。

- 专题地图：表示与某一主题有关的内容并按照主题要求，突出而完善地表示一种或几种自然和社会经济现象的内容专题化、形式形式多样化、用途专门化的地图。
- 专题地图的内容：①地理基础②专题内容。
- 专题地图的构成：①数学要素；②专题要素；③地理底图要素。
- 专题地图的表示方法：点状符号法（或定点符号法）、线状符号法、质底法（质别底色法）、等值线法、定位图表法、范围法、点数法、统计图表法和运动线法等，其中布满制图区域的面状分布现象专题地图表示方法有质底法、等值线法和定位图表法三种。
- 专题地图的表现手段有：①色彩；②线条；③注记
- 专题地图设计内容主要：①地图符号设计；②色彩设计；③ 注记设计；④图幅轮廓设计，其总体设计包括图幅基本轮廓设计、制图区域范围设计、数学基础设计、图面配置设计和色彩与网文设计等内容。

13、解决实际问题

- 空间缓冲区分析应用：①确定缓冲区分析的主体、邻近对象和作用条件等缓冲影响因素；②选用适当的缓冲区分析模型；③根据选定的模型进行参数计算（如计算通达度 F_i 可根据设定的 d_i 进行计算得到；如计算便捷度 d_i 可根据设定的 F_i 进行计算得到）；④建立缓冲区并进行分析统计。



【示例 1】 假设某居民小区周边 200 米有 5 个公交车站。请以该居民小区为主体，居民出行行为邻近对象，写出该居民小区 200 米范围内居民出行便捷度的 GIS 解决方案。

答：根据题意，本解决方案主要用到了 GIS 基于模型的空间缓冲区分析方法。空间缓冲区分析是指根据分析对象的点、线、面实体，自动建立它们周围一定距离的带状区域，用以识别这些实体或主体对邻近对象的辐射范围或影响度，以便为某项分析或决策提供依据，从而实现空间数据在水平方向得以扩展的信息分析方法。

解决方案详细描述如下：(1) 首先计算各个公交车站的综合规模标准化指数 f_0 ，进行数据标准化处理；(2) 然后计算每个公交车站的最大影响距离 d_0 ；(3) 再根据设定的实际距离 d_i (200 米) 和实际应用需求选择合适的分析模型计算该居民小区的出行便捷度 F_i ；(4) 最后根据该居民小区的出行便捷度 F_i 实施缓冲区操作，进行缓冲区图形表达并将最终结果进行显示输出。

- 空间叠加分析与空间缓冲区分析的联合应用：①按照空间分析的步骤进行目标和标准确定；②对已获取的数据进行分析；③对空间数据进行必要的预处理；④建立各个图层的缓冲区并进行空间缓冲区分析；⑤将生成的缓冲区叠合并进行空间叠加分析；⑥得到最终分析结果并用专题地图、文字报表等形式表达。

【示例 2】 假设某项应用为停车场选址，选址标准：停车场必须在高速公路附近，但又距离高速公路一些距离以免除噪音或其它干扰；停车场必须沿天然小

河流建造；为使停车场的可利用面积最大，停车场的选址必须尽可能避免沿河的沼泽地。请用 GIS 空间分析技术方法写出具体的方法和步骤。

答：该项目选址问题可利用 GIS 空间缓冲区分析与叠加分析相结合的技术方法。具体的方法步骤如下：（1）明确分析的目的和标准。本选址问题分析的目的是为停车场建造选择最佳位置，分析的标准是建设位置需要考虑距离高速公路的远近、邻近天然的小河流、土地利用类型不能是沼泽地等；（2）准备进行分析的数据。本实例中涉及的数据主要包括：土地利用现状图、包含有高速公路的交通图、河流水系图等；（3）进行空间操作。相关的空间操作主要包括：①利用交通图中的高速公路进行缓冲区分析，得到满足距离高速公路远近的多边形区域 A；②利用河流水系图中天然的小河流进行缓冲区分析，可得到满足邻近河流条件的多边形区域 B；③将得到的两个多边形图层进行空间叠合相交分析（A+B），得到满足上述两个条件的新多边形区域 C；④将得到的新多边形 C 与土地现状利用图多边形图层进行叠合分析，得到一个新的多边形 D，该多边形具有土地利用类型属性同时又满足邻近高速公路和天然河流的条件；⑤在 D 多边形中 进行条件组合查询，得到不是沼泽地的多边形地块；（4）将查询选择得到的地块及相关信息以地图和表格的形式打印输出。

（三）实验部分知识点

1、GIS 空间数据采集、处理与入库管理

（1）实验原理

GIS 数据的输入包括空间图形数据的输入和属性数据的输入两个方面。空间图形数据输入的主要方法是扫描矢量化，通过扫描设备得到栅格数据，对栅格数据进行屏幕跟踪矢量化得到矢量数据。由于扫描得到的栅格数据可能存在变形

(遥感数据本身就存在几何变形), 或 GIS 空间数据坐标系发生改变, 需要对其进行几何校正(图像操作一般称为“配准”)、投影变换等坐标变换处理, 将其恢复到原来的空间关系或转换到新的空间参考坐标系下。属性数据可以采用键盘输入或外部表格连接等方法输入。

空间数据编辑是保证空间数据质量的重要工作, 一般通过空间数据编辑工具来进行, 包括结点的增删移、线的分割和面的切割。编辑完成的空间数据要进行拓扑检查, 构建正确的拓扑关系后才能入库管理。对于较大或较小的图幅, 还需要进行剪裁或拼接。图形拼接是由于原图本身的数字化误差导致坐标数据不能相互衔接或是由于坐标系统、编码方式等不统一需要进行的相邻图幅数据边缘匹配处理。

Geodatabase 是一种面向对象的空间数据存储模型库, 可以存储矢量数据、栅格数据以及表格、注记、几何网络、拓扑关系等。矢量数据可以是 Shapefile 格式的点、线、面等单一空间矢量要素 (Feature Class) 本身, 也可以是具有同一空间参考系统、性质或类型的相同或相近多个要素数据集 (Feature Dataset) (如将铁路、公路组织为交通数据集)。Geodatabase 有 Personal、File、ArcSDE 等不同的形式, 其中个人数据库存储在 Access 中, 文件大小为 2GB 以下, 仅运行于 Windows 操作系统。属性数据用属性表中的字段存储, 输入属性时先建立相应的字段, 再采用不同方法将其输入。

(2) 实验思路

将扫描后的图形数据进行屏幕跟踪, 得到矢量数据, 再利用图形编辑工具对创建的要素进行移动、分割、合并, 然后进行拓扑查错; 属性数据采用不同的方法输入数据或导入属性表中, 根据需要计算字段的值。将具有几何畸变的数据进

行几何校正，将不同坐标系下的数据进行空间参考转换，将不同图幅的数据按照应用进行剪裁和拼接处理，通过 Personal Geodatabase 空间数据库对处理后的空间数据进行组织和管理。

2、栅格数据与矢量数据空间分析

(1) 实验原理

栅格数据常见空间分析方法——叠加分析、窗口分析和聚类分析，局域像元统计、邻域窗口统计和分类分区统计是三种典型的统计运算模式和方法。局域像元统计用于计算多层栅格数据中具有相同空间位置像元的统计值，邻域窗口统计用于计算某一像元周围一定范围内像元的统计值，分类分区统计用于计算各分类区中被统计栅格像元的统计值。

空间缓冲区分析是对一组或一类地理要素按设定的距离条件，在其周围生成一定宽度范围的多边形区域（缓冲区），然后通过分析区内的空间数据，以获取数据在二维空间扩散的信息；空间叠加分析是将两个或两个以上具有重叠关系的空间数据进行空间叠加的过程，其结果不仅生成了新的空间关系，还将输入的多个数据层属性联系起来产生了新的属性关系。

(2) 实验思路

采用局域像元统计方法分析数据之间的差异，采用窗口邻域统计方法分析数据的邻域特征，采用重分类分析数据的聚类特征；以规划道路的中心线为基础，通过建立缓冲区确定用地范围，再将用地范围数据分别与土地利用数据、行政区划数据进行叠加，获取用地类型及所在村组信息，并通过统计确定道路建设需要征用的各村各类土地的面积。

3、DEM 的生成与应用

(1) 实验原理

基于 DEM 的三维表面空间分析是 GIS 空间分析的一个重要组成部分，通过空间分析方法可以获得地理目标多维空间特征。基于高程信息的三维表面空间分析包括地形表面参数计算、地形形态特征提取等，可以获得坡度、坡向、曲率、起伏度和粗糙度等地形表面参数，可用于计算地表面积和体积、提取特征点与特征线等地形形态特征，从而建立可视域分析、水文分析和可视化分析等模型。通过具有高程信息的点和线，可以生成 TIN 表面，根据 TIN 表面可以生成栅格 DEM，在此基础上，通过坡度计算与重分类以及空间查询、栅格叠加计算等进行基于 DEM 的分析与应用。

(2) 实验思路

根据高程点和等高线数据生成 TIN，再将 TIN 转换为栅格 DEM。根据 DEM 计算坡度、坡向、曲率、地形起伏度和地面粗糙度。通过对坡度分析，提取出某地需要退耕还林的区域并统计退耕还林的面积。

4、专题图制作

(1) 实验原理

专题电子地图通常面向某一专题应用领域的需要，包含自然电子地图、人文电子地图和特殊专题电子地图三大类。相对于普通地图而言，专题地图突出反映一种或几种主题要素或现象。专题地图一般由图形要素、数学要素和辅助要素等构成，而图形要素则包括地理底图要素和专题要素两大类。

(2) 实验思路

中国人口密度图制作时，先将外部表格中的人口等数据连接至行政区划数据中，然后根据人口数量与面积，计算各省份的人口密度，再对人口密度符号化、

对地图进行整饰处理，最后输出专题地图；校园迎新专题地图主要通过数据收集处理、专题图制作和布局打印三个关键步骤实现。