



圣才考研网

www.100exam.com

✓ 扫一扫 送本书 **手机版**

✓ 摇一摇 找学友互动学习

✓ 播一播 看名师直播答疑



国内外经典教材辅导系列·地理类

黄杏元《地理信息系统概论》

—— (第3版) ——

笔记和课后习题 (含考研真题) 详解

主编：圣才考研网
www.100exam.com

本书特色

- 免费下载、终身免费升级
- 3D体验、720度立体旋转
- 送本书手机版 (扫二维码)
- 摇摇手机, 找学友互动学习
- 电脑平板手机多端同步使用

本书内容

- ✓ 整理教材笔记, 浓缩知识精华
- ✓ 详解课后习题, 巩固重点难点
- ✓ 遴选考研真题, 培养解题思路
- ✓ 免费更新内容, 获取最新信息

送手机版, 摇一摇找学友, 交友互动学习, 名师直播答疑

圣才教育出版



圣才考研网
www.100exam.com

✓ 扫一扫 送本书 **手机版**
✓ 摇一摇 找学友互动学习
✓ 播一播 看名师直播答疑



国内外经典教材辅导系列·地理类

黄杏元《地理信息系统概论》

——（第3版）——

笔记和课后习题（含考研真题）详解

主编：圣才考研网
www.100exam.com

本书特色

- 免费下载、终身免费升级
- 3D体验、720度立体旋转
- 送本书手机版（扫二维码）
- 摇摇手机，找学友互动学习
- 电脑平板手机多端同步使用

本书内容

- ✓ 整理教材笔记，浓缩知识精华
- ✓ 详解课后习题，巩固重点难点
- ✓ 遴选考研真题，培养解题思路
- ✓ 免费更新内容，获取最新信息

送手机版，摇一摇找学友，交友互动学习，名师直播答疑

圣才教育出版

内容简介

黄杏元主编，由高等教育出版社出版的《地理信息系统概论》一直被用作高等院校地理专业教材，并被大部分院校指定为地理专业硕士研究生入学考试的参考教材。为了帮助学生系统、高效的掌握该教材内容，我们根据教学大纲和名校考研真题的命题规律，精心编制了黄杏元主编的《地理信息系统概论》的辅导用书（均提供免费下载，免费升级）：

1 [3D电子书]黄杏元《地理信息系统概论》（第3版）笔记和课后习题（含考研真题）详解[免费下载]

2 [3D电子书]黄杏元《地理信息系统概论》（第3版）配套题库【名校考研真题+课后习题+章节题库+模拟试题】[免费下载]

作为黄杏元主编的《地理信息系统概论》的配套辅导书，本书具有以下几个方面特点：

1 整理教材笔记，浓缩知识精华。本书每章的复习笔记均对本章的重难点进行了整理，并参考了国内名校名师授课的课堂笔记。因此，本书的内容基本上浓缩了该教材的所有知识精华。

2 详解课后习题，巩固重点难点。本书参考大量相关辅导资料，对黄杏元主编的《地理信息系统概论》的课后思考题进行了详细的分析和解答，并对相关重要知识点进行了延伸和归纳。

3 遴选考研真题，培养解题思路。本书遴选了部分名校近年来的相关考研真题（部分真题为考生回忆版）并予以详细解析，有利于强化对重要知识点的理解。

4 免费更新内容，获取最新信息。本书定期进行修订完善，补充最新的考研真题和答案解析。对于最新补充的考研真题和答案，均可以通过免费升级获取。

圣才考研网（www.100exam.com）提供全国各高校地理类专业考研考博辅导班【一对一辅导（面授/网授）、网授精讲班等】、3D电子书、3D题库（免费下载，免费升级）、全套资料（历年真题及答案、笔记讲义等）、地理类国内外经典教材名师讲堂、考研辅导图书等。本书特别适用于参加地理专业硕士研究生入学考试、指定教材为黄杏元主编的《地理信息系统概论》的考生，也可供各大院校地理专业的师生参考。

与传统图书相比，本书具有以下七大特色：

1 互动学习：摇一摇，找学友，交友学习两不误

摇一摇，找到学习本书的所有学友，可精确查找学友的具体位置；与学友互动，交流学习（视频、语音等形式），交友学习两不误；学习圈内有学霸解答本书学习中的问题，并配有专职教师指导答疑解惑。

2 720度立体旋转：好用好玩的全新学习体验

圣才e书带给你超逼真的3D学习体验，720度立体场景，任意角度旋转，模拟纸质书真实翻页效果，让你学起来爱不释手！

3 质量保证：每本e书都经过图书编辑队伍多次反复修改，年年升级

我们拥有一支强大图书编辑团队，他们专门从事图书的编辑工作，对各类职称考试、考研考博等教材教辅深入研究，以及各类职称考试、考研考博的历年真题进行详尽仔细研究与分析，掌握考试命题的规律和方向，并结合行业最新前沿动态，不断分析整理各个科目的考试要点，把重要考点全部固化为试题形式，形成精准领先及时的备考e书。同时，依托北京高校资源，我们聘请知名高校众多专家组成顾问团队严格审核圣才e书，确保质量。

4 手机扫码即可阅读，精彩内容，轻松分享

圣才电子书扫码即可在手机阅读，随处随学。可以不用客户端不用账号，简单方便！

5 免费升级：更新并完善内容，终身免费升级

如购买本书，可终生使用。免费自动升级指我们一旦对该产品的内容有所修订、完善，系统立即自动提示您免费在线升级您的产品，您将自动获得最新版本的产品内容。真正做到了一次购买，终身使用。当您的电子书出现升级提示时，请选择立即升级。

6 功能强大：记录笔记、答案遮挡等十大功能

本书具有“知识点串联列举”“划线添加笔记”、“答案自动遮挡”、“全文检索”等功能。

(1) 知识点串联列举——相同知识点内容列表呈现，便于读者记忆和复习，举一反三，触类旁通。【为考试教辅量身定做】

(2) 划线添加笔记——使用颜色笔工具，划一条线，写笔记，提交纠错。【圣才电子书独家推出】

(3) 答案遮挡——先看题后看答案，学习效果好。【圣才电子书独家推出】

(4) 全文检索——输入关键词，本书相关内容一览无余。【圣才电子书独家推出】

7 多端并用：电脑手机平板等多平台同步使用

本书一次购买，多端并用，可以在PC端（在线和下载）、手机（安卓和苹果）、平板（安卓和苹果）等多平台同步使用。同一本书，使用不同终端登录，可实现云同步，即更换不同设备所看的电子书页码是一样的。

特别说明：本书的部分内容参考了部分网络资料及相关资料。但由于特殊的原因，比如作者姓名或出处在转载之前已经丢失，或者未能及时与作者取得联系等，因而可能没有注明作者的姓名或出处。如果原作者或出版人对本书有任何异议，请与我们联系，我们会在第一时间为您处理！

圣才学习网（www.100xuexi.com）是一家为全国各类考试和专业课学习提供辅导方案【保过班、网授班、3D电子书、3D题库】的综合性学习型视频学习网站，拥有近100种考试（含418个考试科目）、194种经典教材（含英语、经济、管理、证券、金融等共16大类），合计近万小时的面授班、网授班课程。

如您在购买、使用中有任何疑问，请及时联系我们，我们将竭诚为您服务！

全国热线：4006-123-191（8:30-00:30）

咨询QQ：4006123191（8:30-00:30）

详情访问：<http://www.100exam.com/>（圣才考研网）

圣才学习网编辑部

目 录

第1章 导 论

- 1.1 复习笔记
- 1.2 课后习题详解
- 1.3 名校考研真题详解

第2章 地理信息系统的数据结构

- 2.1 复习笔记
- 2.2 课后习题详解
- 2.3 名校考研真题详解

第3章 空间数据处理

- 3.1 复习笔记
- 3.2 课后习题详解
- 3.3 名校考研真题详解

第4章 地理信息系统空间数据库

- 4.1 复习笔记
- 4.2 课后习题详解
- 4.3 名校考研真题详解

第5章 空间分析的原理与方法

- 5.1 复习笔记
- 5.2 课后习题详解
- 5.3 名校考研真题详解

第6章 地理信息系统的应用模型

- 6.1 复习笔记
- 6.2 课后习题详解
- 6.3 名校考研真题详解

第7章 地理信息系统的设计与评价

- 7.1 复习笔记
- 7.2 课后习题详解
- 7.3 名校考研真题详解

第8章 地理信息系统产品的输出设计

8.1 复习笔记

8.2 课后习题详解

8.3 名校考研真题详解

第1章 导论

1.1 复习笔记

一、地理信息系统基本概念、

1 数据与信息

(1) 数据与信息的基本概念

① 数据

数据是通过数字化并记录下来可以被识别的符号，用以定性或定量地描述事物的特征和状况。不仅包括数字，也包括文字、符号、图像和声音等。数据本身并没有意义，其格式随存储它的物理设备的形式而改变。

② 信息

a. 狭义信息论是指“两次不定性之差”，即人们获得信息前后对事物认识的差别；

b. 广义信息论认为，信息是指主体与外部客体之间相互联系的一种形式，是主体和客体之间的一切有用的消息或知识，是表征事物特征的一种普遍形式。地理信息系统中的信息即是广义的信息概念，它不随数据形式的改变而改变。

③ 数据与信息的关系

a. 数据是信息的表达形式，是信息的载体；

b. 信息则是数据中蕴含的事物的含义，是数据的内容；

c. 数据只有通过解释才成为信息。

(2) 数据处理与解释

① 数据处理的定义

数据处理是指对数据进行收集、筛选、排序、归并、转换、存储、检索、计算，以及分析、模拟和预测等操作。

② 数据处理的目的是

a. 把数据转换成便于观察、分析、传输或进一步处理的形式；

b. 把数据加工成对正确管理和决策有用的数据；

c. 把数据编辑后存储起来，以供后续使用。

③ 数据解释需要人类的智慧，包括学识和经验。

(3) 信息的特点

① 信息的客观性

任何信息都是与客观事实紧密相关的，这是信息的正确性和精确度的保证。

② 信息的适用性

信息对决策十分重要，地理信息系统将地理数据收集、组织和管理起来，经过处理和分析变为对决策具有重要意义的有用信息，这是由建立地理信息系统的明确目的性所决定的。

③ 信息的传输性

信息可以在发送者和接收者之间传输，既包括系统把信息传送至终端设备，也包括信息在系统内各个部分之间的流转和交换。

④ 信息的共享性

信息可以传输给多个用户，而信息本身并无损失，这为信息的并发应用提供了可能性。

2 地理信息与地理信息系统

(1) 地理信息

① 地理信息与地理数据的概念

a. 地理信息

地理信息是地理数据所蕴含和表达的地理含义。

b. 地理数据

地理数据是与地理环境要素有关的物质的数量、质量、分布特征、联系和规律等的数字、文字、图像和图形等的总称。

② 地理信息的特征

a. 空间特征

地理信息具有空间特征，属于空间信息，其数据是与确定的空间位置联系在一起。空间特征通过统一的地理定位基础实现。

b. 属性特征

地理信息具有属性特征，通常在二维空间的定位基础上，按专题来表达多维即多层次的属性信息。

c. 时序特征

地理信息具有时序特征，通常可以按照时间的尺度来区分地理信息。

(2) 地理信息系统

① 地理信息系统的定义

地理信息系统是由计算机硬件、软件和不同的方法组成的系统，该系统设计来支持空间数据的采集、管理、处理、分析、建模和显示，以便解决复杂的规划和管理问题。

② 地理信息系统的基本概念

a. 地理信息系统是一种计算机系统，通常由若干相互关联的子系统构成；

b. 地理信息系统的操作对象是地理数据或称空间数据。空间数据通常可以抽象成点、线和面等方式进行编码，并以空间坐标形式存储，或者以一系列栅格单元来表达连续的地理现象；

c. 地理信息系统的优势在于它的空间数据结构和有效的数据集成、独特的地理空间分析能力、快速的空间定位搜索和复杂的空间查询功能、强大的图形生成、地理过程的演化模拟和空间决策支持功能等；

d. 地理信息系统与地理学和测绘学有着密切的关系。地理学为地理信息系统提供了有关空间分析的基本观点与方法；测绘学不仅为地理信息系统提供各种不同比例尺和精度的定位数据，而且其理论和方法可直接用于空间数据的变换和处理。

③ 地理信息系统的特点及分类体系

a. 特点

地理信息系统与非空间信息系统的区别在于能够处理空间定位数据，与CAD / CAM系统的区别在于其具有空间分析功能。

b. 分类体系

第一，根据其研究范围分为全球系统、区域系统和国家系统；

第二，根据其研究内容分为专题系统和综合系统；

第三，根据其使用的数据模型分为矢量系统、栅格系统和矢栅混合系统。

二、地理信息系统的基本构成

地理信息系统一般包括系统硬件、系统软件、空间数据、应用人员和应用模型五个主要部分。

1 系统硬件

地理信息系统系统硬件用以存储、处理、传输和显示地理或空间数据。数据处理设备与数据输入、输出设备连接构成地理信息系统的硬件环境。

(1) 数据处理设备

目前运行地理信息系统的计算机包括大型机、图形工作站、服务器和个人计算机等。其中基于客户机 / 服务器结构的计算机硬件系统成为地理信息系统的主流。

① 图形工作站

图形工作站是一种具备强大的数据运算与图形、图像处理能力，为满足工程设计、动画制作、科学研究和模拟仿真等专业领域而设计开发的高性能微型计算机。图形工作站具有处理器的性能高、图形加速功能快及支持多种操作系统的特点。

② 个人计算机

个人计算机因其相对较高的性价比，目前广泛应用于地理信息系统领域。

③ 客户机 / 服务器系统

客户机 / 服务器系统是计算机网络中重要的分布式体系结构，服务器是整个网络系统中负责提供管理、计算和存储等功能的核心计算机，多台客户机通过网络和服务器相连，各自处理相应的任务，共同实现完整的应用。

(2) 数据输入设备

数据输入设备的作用是将地理数据转换成数字的形式存入计算机，以便进行处理和分析计算等工作。主要的输入设备有图形手扶跟踪数字化仪、图形扫描仪，以及各种类型的数字测量设备等。

① 图形手扶跟踪数字化仪

图形手扶跟踪数字化仪简称数字化仪，由电磁感应板、游标和相应的电子线路组成。图形手扶跟踪数字化仪的成本较高、工序繁琐、对操作人员素质要求较高，数字化的工作效率较低。

② 大幅面图形扫描仪

用于地图数据输入的大幅面图形扫描仪也称为工程扫描仪，它通常采用滚筒式或平推式的方法将大幅面地图卷入扫描仪进行扫描，能够提供高分辨率、真彩色的近乎完美的图像输入效果。

③ 数字测量设备

数字测量设备是地理数据的采集设备，通常有数字摄影测量工作站、全球定位系统等。

a. 数字摄影测量工作站

数字摄影测量工作站利用计算机实现摄影测量，以数字方式提供从遥感影像中获取空间定位信息的功能，能够生成高精度的数字高程模型和数字正射影像图等，以提供给地理信息系统进行分析应用。

b. 全球定位系统

全球定位系统主要由GPS卫星、地面监控站和用户接收机三部分组成。使用接收机用户可以获得所在地精确的地理位置坐标。

(3) 数据输出设备

地理信息系统数据输出设备主要有各种绘图仪、打印机、计算机显示器和大屏幕投影仪等。其作用是为用户提供操作的界面，并把地理信息系统的最终成果展现给用户。

① 绘图仪

绘图仪是最主要的输出设备，有笔式和喷墨式两种。

② 计算机显示器

计算机显示器是地理信息系统的主要图形交互操作人机界面，通常有CRT显示器和LCD显示器等两种主要类型。

a. CRT显示器

CRT是一种使用阴极射线管的显示器，具有可视角度大、色彩还原度高、色度均匀、可调节的多分辨率模式和响应时间极短等优点。

b. LCD显示器

LCD是通过电路控制屏幕上的液晶单元，从而控制屏幕背后荧光灯上发出的光线能否通过来显示图像的。有体积小、节能和不闪烁的优点，但同时存在视角不广、彩色不够理想、响应时间长、分辨率固定等问题。

2 系统软件

地理信息系统的软件用于执行包括数据输入、处理、数据库管理、空间分析和数据输出等各种操作。地理信息系统软件按照功能分为地理信息系统功能软件、基础支撑软件和操作系统软件等。

(1) GIS功能软件

① GIS基础软件平台

GIS基础软件平台一般指具有丰富GIS专业功能的通用型GIS软件，具有空间数据输入和编辑、空间数据管理、空间数据处理和分析、空间数据输出、图形用户界面及系统二次开发多种功能，可作为其他GIS应用软件系统建设的软件平台。

② GIS应用软件

GIS应用软件是利用GIS基础软件平台上提供的GIS数据处理与分析功能开发的，特别针对某一具体应用的信息系统软件。

(2) 基础支撑软件

基础支撑软件主要包括系统库软件和数据库软件等。其中，系统库软件提供基本的程序设计语言以及数学函数库等用户可编程功能，数据库软件提供复杂空间数据的存储和管理功能。

(3) 操作系统软件

操作系统是计算机系统中支撑应用程序运行环境以及用户操作环境的系统软件，其功能包括对硬件的直接监管、对各种计算资源的管理，以及提供诸如作业管理之类的面向应用程序的服务等。

3 空间数据

地理信息系统的操作对象是地理数据，它具体描述地理现象的空间特征、属性特征和时间特征，对应得到空间数据、属性数据和时态数据。根据地理现象在空间上的几何图形表示形式，可将地理现象抽象为点、线、面三种类型。地理数据通常在逻辑上可以采用矢量和栅格两种数据组织形式，分别称为矢量数据结构和栅格数据结构（表1-1）。在地理信息系统中，地理数据在物理上是以结构化的形式存储在计算机的地理数据库中的。

表1-1 地理数据的种类

地理数据	空间数据	矢量数据	点
			线
			面(多边形)
		栅格数据	平面
	曲面		
	属性数据	名称	
类型			
数量			
时态数据	描述对象时空变化的状态、特点和过程		

4 应用人员

地理信息系统应用人员包括系统开发人员和地理信息系统的最终用户，他们的业务素质和专业知识是地理信息系统工程及其应用成败的关键。

5 应用模型

地理信息系统应用模型是为某一特定的实际工作而建立的运用地理信息系统的解决方案。应用模型将人们对客观世界的规律性认识，经过从概念到计算机信息表达的映射，形成计算机中可以运行的软件功能序列。构建地理信息系统应用模型的步骤包括：

- (1) 明确用地理信息系统求解问题的基本流程。
- (2) 根据模型的研究对象和应用目的，确定模型的类别、相关的变量、参数和算法，构建模型逻辑结构框图。
- (3) 确定地理信息系统空间分析方法。
- (4) 模型运行结果的验证、修改和成果输出。

三、地理信息系统的功能简介

1 基本功能

(1) 数据采集与编辑

数据采集与编辑功能是指把各层地理要素转化为空间坐标及属性对应的代码输入到计算机中。

(2) 数据存储与管理

数据库是数据存储与管理的主要技术，地理信息系统数据库是地理要素特征以一定的组织方式存储在一起的相关数据的集合。地理信息系统数据库的管理功能，既包含与属性数据有关的常规数据库管理系统功能，还包含空间数据库的定义、数据访问和提取、通过空间位置检索空间物体及其属性、按属性条件检索空间物体及其位置、开窗和接边操作、数据更新和维护等空间数据的管理技术。

(3) 数据处理和变换

数据处理的任务和操作简单有：

① 数据变换

数据变换指对数据从一种数学状态转换为另一种数学状态，包括投影变换、几何纠正、比例尺缩放、误差改正和处理等。

② 数据重构

数据重构指对数据从一种几何形态转换为另一种几何形态，包括数据拼接、数据裁剪、数据压缩、结构转换等。

③ 数据抽取

数据抽取指对数据从全集合到子集的条件提取，包括类型选择、窗口提取、布尔提取和空间内插等。

(4) 空间分析和统计

空间分析和统计功能主要特点是帮助确定地理要素之间新的空间关系。常用的空间分析有：

① 叠合分析

叠合分析通过将同一地区若干个不同数据层相叠合，不仅建立新的空间数据，而且能将输入的属性数据予以合并。

② 缓冲区分析

缓冲区分析是在点、线或面等不同实体周围建立一定宽度的缓冲多边形，以确定不同地理要素的空间邻近性或其影响范围。

③ 数字地形分析

数字地形是地理信息系统中地形起伏的数字化表达和存储形式，其中，数字高程模型是常见的一种数字地形。地理信息系统提供了构造数字地形及有关地形分析的功能，包括分析地形的坡度、坡向、地表粗糙度、山谷线、山脊线、表

面积、立体图、剖面图和通视分析等。

(5) 产品制作与演示

地理信息系统产品是指经由地理信息系统处理和分析的结果，可以直接输出供专业规划或决策人员使用的各种地图、图像、图表或文字说明。地理信息系统产品制作与显示的功能包括设置地图范围、投影、比例尺，组织地图要素显示顺序，设置地图符号的大小和颜色，标注图名和图例，以及图形编辑等。

(6) 二次开发和编程

地理信息系统技术为了能够被广泛应用于各个领域，满足各种不同的应用需要，必须具备二次开发环境。它包括提供专用的脚本语言开发环境或系统将某些功能做成组件形式供用户开发语言调用等。

2 应用功能

(1) 资源管理

地理信息系统将各种来源的数据和信息有机地汇集在一起形成大型的地理数据库，并集成各种应用，用户可直接对数据库进行查询显示、统计、制图，以及提供区域多种组合条件的资源分析，成为资源的合理开发利用和规划决策的依据。资源的清查、管理和分析是地理信息系统应用最广泛的领域。

(2) 区域规划

地理信息系统能为城市规划人员提供功能强大的信息筛选、综合分析和处理工具。帮助其完成现有土地利用、分区一致性，空地、开发区和设施位置等分析工作。

(3) 国土监测

利用地理信息系统功能结合多时相的遥感数据，可以有效用于森林火灾的预测预报、洪水灾情监测和淹没损失估算、土地利用动态变化分析和环境质量的评估研究等。

(4) 辅助决策

地理信息系统利用拥有的数据和因特网传输技术，可以深化电子商务的应用，满足企业决策多维性的需求。

四、地理信息系统的发展概况

1 发展概况

地理信息系统的发展经历了60年代开拓发展阶段、70年代巩固阶段、80年代突破阶段和90年代社会化阶段，当前正向集成化、产业化和社会化发展方向迈进，呈现以下主要发展态势：

(1) 地理信息系统已成为一门综合性技术

地理信息系统与全球定位系统（GPS）、遥感（RS）、多媒体、因特网和虚拟现实相结合，构成了综合的信息技术。地理信息系统自身功能不断完善，为数字地球的建立及其应用提供了可靠的技术保证。

(2) 地理信息系统产业化发展势头强劲

由于地理信息系统是一项面向21世纪信息时代，关系国家综合竞争实力的高新技术，因此地理信息系统及其产业化发展日益受到各国的普遍关注。

(3) 地理信息系统网络化已构成当今社会的热点

因特网在全球的迅速发展，为信息产业提供了一次发展机会，也是地理信息系统技术发展的一次良机。

(4) 地理信息科学的产生和发展

地理信息系统在科技界和企业界的推广应用，大大提高了人类处理和分析有关地球资源、环境、社会与经济数据的能力，地理信息系统技术的进一步发展必须依托基础理论的研究，发展地理信息科学。

2 基础理论

地理信息系统是传统科学与现代技术相结合而诞生的边缘学科，因此体现出多学科交叉的特征，这些交叉学科的基础理论同样构成地理信息系统的基础理论体系。这些学科包括地理学、地图学、测量学、数学、计算机科学以及一切与获取、处理和分析空间数据有关的学科。

(1) 地理学

地理学以地域为单元研究人类环境的结构、功能、演化以及人地关系，其研究领域涉及地理空间，这与地理信息系统的研究对象是一致的。地理学中的空间分析方法也正是地理信息系统的核心。地理学是地理信息系统的理论依托，为地理信息系统提供引导空间分析的方法和观点。

(2) 测绘学

测绘学及其分支学科的理论、方法可直接用于地理信息系统空间数据的处理，保证空间数据的精度和质量，以及地理信息系统产品的开发等。

(3) 计算机科学

数据结构与数据库的原理为地理信息系统数据的组织、存储、检索和维护提供了信息模型和数据管理的方法论，使得各种形式的空间数据能够在计算机中表示。计算机图形学原理是地理信息系统图形输出的理论依据。

1.2 课后习题详解

1 什么是地理信息系统 (GIS) ? 它与一般的计算机应用系统有哪些异同点?

答: (1) 地理信息系统

地理信息系统是由计算机硬件、软件和不同的方法组成的系统, 该系统设计支持空间数据的采集、管理、处理、分析、建模和显示, 以便解决复杂的规划和管理问题。

(2) 与一般计算机应用系统的异同点

地理信息系统隶属于信息系统, 属于空间信息系统。它与非空间信息系统 (如管理信息系统) 的主要区别在于它能够处理空间定位数据, 并且其存储和处理的信息是经过地理编码的。具体如下:

① GIS与机助制图系统

机助制图是地理信息系统的主要技术基础, 它涉及GIS中的空间数据采集、表示、处理、可视化甚至空间数据的管理。地理信息系统和数字制图系统的主要区别在于空间分析方面。一个功能完善的地理信息系统可以包含数字制图系统的所有功能, 此外它还应具有丰富的空间分析功能。

② GIS与DBMS (数据库管理系统)

GIS除需要功能强大的空间数据的管理功能之外, 还需要具有图形数据的采集、空间数据的可视化和空间分析等功能。因此, GIS在硬件和软件方面均比一般事务数据库更加复杂, 在功能上也比后者要多得多。

③ GIS与CAD系统二者虽然都有参考系统, 都能描述图形, 但CAD系统只处理规则的几何图形、属性库功能弱, 更缺乏分析和判断能力。

④ GIS与遥感图像处理的系统

遥感图像处理的系统是专门用于对遥感图像数据处理进行分析处理的软件。它主要强调对遥感栅格数据的几何处理、灰度处理和专题信息提取。这种系统一般缺少实体的空间关系描述, 难以进行某一实体的属性查询和空间关系查询以及网络分析等功能。

2 地理信息系统有哪几个主要部分组成? 它的基本功能有哪些? 试举目前广泛应用的两个基础地理信息系统软件为例, 列出它们的功能分类表, 并比较其异同点。

答: (1) 系统组成

地理信息系统, 一般包括系统硬件、系统软件、空间数据、应用人员和应用模型。

① 系统硬件

用以存储、处理、传输和显示空间数据和地理信息系统。

② 系统软件

用于执行GIS功能的各种操作。

③ 空间数据

它具体描述地理实体的属性特征、空间特征。

④ 应用人员

包括开发人员和最终用户。

⑤ 应用模型

应用模型是GIS生命力的重要保证。

(2) 系统功能

① 数据采集与编辑功能

包括图形数据采集与编辑和属性数据编辑与分析。

② 数据的存储和管理功能

地理信息数据库管理系统是数据存储和管理的高新技术，包括数据库定义、数据库的建立与维护、数据库操作、通讯功能等。

③ 数据处理和变换

包括数据变换、数据重构、数据抽取。

④ 空间查询与空间分析功能

包括拓扑空间查询、缓冲区分析、叠置分析、空间集合分析、地学分析、数字高程模型的建立、地形分析等。

⑤ 二次开发和编程功能

用户可以在自己的编程环境中调用GIS的命令和函数，或者GIS系统将某些功能做成专门的控件供用户开发使用。

⑥ 应用功能

包括资源管理、区域规划、国土监测和辅助决策等。

(3) 基础GIS软件

① 功能分类表

a. ArcGIS

ArcGIS包括ArcReader、ArcView、ArcEditor及ArcInfo四个产品。ArcReader用来浏览、查询PMF数据文件；ArcView提供了全面的制图、数据使用、分析以及简单的数据编辑和空间处理工具；ArcEditor除了包括了ArcView中的所有功能之外，还包括了对Shapefile和Geodatabase的高级编辑功能，此外ArcEditor还具有管理存储在Microsoft SQL Server Express中ArcSDE Geodatabase的能力；ArcInfo是一个全功能的旗舰式GIS桌面产品，扩充了ArcView和ArcEditor的高级空间处理功能，还包括传统的ArcInfo Workstation应用程序。

b. GeoMedia

GeoMedia应用空间数据仓库技术，便于建立地理空间目标的自动综合，实现多进程、多线程、内存缓冲、快速索引、数据的完整性、一致性、分布性、并发控制、安全与恢复等特性；内嵌关系数据库引擎，用户建立的GIS数据库与其它系统可以进行实现真正的数据共享和交流；GeoMedia实现了多源数据的无缝集成，可以将多个GIS数据源的数据直接读取。

3 试说明地理信息系统的基本分析功能与应用模型之间的区别和联系是什么？

答：（1）GIS的基本分析功能

① 叠合分析

叠合分析通过将同一地区若干个不同数据层相叠合，不仅建立新的空间数据，而且能将输入的属性数据予以合并。

② 缓冲区分析

缓冲区分析是在点、线或面等不同实体周围建立一定宽度的缓冲多边形，以确定不同地理要素的空间邻近性或其影响范围。

③ 数字地形分析

数字地形是地理信息系统中地形起伏的数字化表达和存储形式，其中，数字高程模型是常见的一种数字地形。

(2) 分析功能与应用模型的区别和联系

① 联系

地理信息系统分析功能是基于现有数据按照一定规律或者参数进行计算得出的结构，这些规律和参数可以构成一个应用模型，比如降雨量计算模型和风力强度计算模型等。

② 区别

应用模型很多是专业领域的模型，其表现可以是参数表格也可以是图标或计算公式，不利于地理信息这种要与地理坐标想联系，并且需要特殊的可视化效果的信息分析与表达。因此，要构建适合于地理信息分析和表达的应用模型就要把如气象农业等行业应用模型转变或者结合地理信息做成与空间信息想连接的模型应用于分析。

4 根据你的了解，阐述地理信息系统的相关学科及关联技术，并就地理信息系统基础理论的建立和发展问题，发表你的意见和观点。

答：（1）与其他相关学科系统间的关系

① GIS与地图学

GIS是以地图数据库（主要来自地图）为基础，其最终产品之一也是地图，因此它与地图有着极密切的关系。GIS是地图学理论、方法与功能的延伸，它们都是空间信息处理的学科，地图学强调图形信息传输，而GIS则强调空间数据处理与分析，地图学与GIS之间的联系是通过地图可视化工具与他们的潜力来增强GIS的数据综合和分析能力。

② GIS与一般事务数据库

GIS离不开数据库技术。数据库技术主要通过属性来管理和检索，但一般没有空间概念，能够处理空间数据。

③ GIS与计算机地图制图

计算机地图制图技术的发展对GIS的产生起了促进作用，又反过来为地图GIS制图提供了现代化的先进技术手段。数字地图是GIS的数据源，也是GIS的表达形式，计算机地图制图是GIS的重要组成部分。

④ GIS与计算机辅助制图（CAD）

GIS处理的多为自然目标，CAD处理的多为规则几何图形及其组合。GIS的属性库内容结构复杂，功能强大，图形属性的相互作用十分频繁，且多具有专业化特征。

（2）对GIS发展的观点

GIS技术的发展不是孤立进行的，而是在与其他相关学科相互联系的过程中实现的，所以，未来GIS的发展，离不开相关学科的理论支持，地理信息系统已经发展为一门综合的学科，只有在与相关学科的相互借鉴中才能继续深入发展。

5 地理信息系统可应用于哪些领域？根据你的了解论述地理信息系统的应用和发展前景。

答：（1）地理信息系统的应用领域

地理信息系统广泛应用于资源调查、环境评估、灾害预测、国土管理、城市规划、邮电通讯、交通运输、军事公安、水利电力、公共设施管理、农林牧业、统计、商业金融等几乎所有领域。

① 资源管理

主要应用于农业和林业领域，解决农业和林业领域各种资源（如土地、森林、草场）分布、分级、统计、制图等问题。

② 资源配置

GIS在这类应用中的目标是保证资源的最合理配置和发挥最大效益。

③ 城市规划和管理

空间规划是GIS的一个重要应用领域，城市规划和管理是其中的主要内容。

④ 土地信息系统和地籍管理

土地和地籍管理涉及土地使用性质变化、地块轮廓变化、地籍权属关系变化等许多内容，借助GIS技术可以高效、高质量地完成这些工作。

⑤ 生态、环境管理与模拟

区域生态规划、环境现状评价、环境影响评价、污染物削减分配的决策支持、环境与区域可持续发展的决策支持、环保设施的管理、环境规划等。

⑥ 应急响应

解决在发生洪水、战争、核事故等重大自然或人为灾害时，如何安排最佳的人员撤离路线、并配备相应的运输和保障设施的问题。

⑦ 商业与市场

商业设施的建立要充分考虑其市场潜力，地理信息系统的空间分析和数据库功能可以解决这些问题。房地产开发和销售过程中也可以利用GIS功能进行决策和分析。

(2) 地理信息系统的发展前景

随着地理信息科学的发展，地理信息系统的应用领域将不断扩展，横向和纵向协调发展，GIS的空间分析能力将大大提高。

6 你对地理信息系统社会化的发展趋势是怎么理解的？

答：地理信息系统的社会化是指GIS技术的应用已经深入到社会公共生活的领域，与人们生活密切相关。大众化是社会化的主要方面，它是指GIS技术已经融入到人们的日常生活中，改变着人们的生活。利用GIS可以把空间信息按坐标组织起来，进而分析其空间分布规律，进行决策支持，数字地球是GIS社会化的顶点。公众在日常生活中使用着地理信息系统，如汽车导航，旅游等。GIS应用和其他应用紧密结合在一起，已经成为人们日常生活不可缺少的一部分。从应用角度来看，GIS的社会化意味着每个人都可以方便的使用其功能。从应用开发角度看，GIS社会化的标志是GIS产业的形成和分化，形成专门的数据生产厂商。

7 叙述地理信息系统的几个主要发展阶段，它们的标志性进展及其对地理信息系统发展的影响。

答：(1) 地理信息系统开拓期萌芽

二十世纪60年代计算机广泛应用，1963年Roger Tomlinson开创了世界上第一个地理信息系统即加拿大地理信息系统(CGIS)，Tomlinson被誉为地理信息系统之父。

(2) 地理信息系统的巩固和发展期

二十世纪70年代，计算机发展到第三代，推出了大容量直接存取设备-磁盘，而且通过计算机屏幕直接监视数字化操作，ESRI公司开发了著名的ArcInfo软件，这一个阶段还先后召开了一系列地理信息的国际学术讨论会。

(3) 地理信息系统技术的大发展时期

二十世纪80年代，由于第四代计算机推出，促进了地理信息系统技术提高，先后开发出了ArcInfo、Genqmp、Microstation、System9等地理信息系统基础软件，1987年美国成立了国家地理信息与分析中心(NCGIA)，地理信息系统开始用于解决全球化问题。

(4) 地理信息系统普及时代

二十世纪90年代，地理信息系统被认为一种通用的地理信息技术工具被广泛应用，美国前副总统提出了“数字地球”这一概念。

(5) 地理信息系统社会服务阶段

二十一世纪，地理信息系统正在走进千家万户，地理信息系统与英特网结合实现了人类社会巨大资源共享，网络GIS，移动GIS逐渐普及。

8 给出“Geomatics”一词的定义。如何理解“Geo”和“matics”的含义？“Geomatics”的出现有什么意义？

答：(1) Geomatics的定义

Geomatics是指利用各种手段，通过一切途径来获取和管理有关空间基础信息的空间数据部分的科学技术领域。

(2) “Geo”和“matics”的含义

Geo是地理的意思，matics是数据的意思。Geomatics的出现反映了现代测绘科学、遥感和地理信息系统与现代计算机和信息科学相结合的多学科集成，以满足对空间信息要求的发展趋势。信息是向人们或机器提供关于现实世界各种事实的知识，是数据、消息中所包含的意义，它不随载体的物理形式的各种改变而改变。

(3) “Geomatics”出现的意义

Geomatics反映了传统测绘科学与遥感、地理信息系统、多媒体通讯等现代计算机科学和信息科学的集成，标志着推动地球科学研究从定性走向定量、从模拟走向数字、从孤立静止走向整体动态乃至实时的信息化过程。

1.3 名校考研真题详解

一、名词解释

1 地理信息[江西师范大学2014年研]

答：地理信息是指表征地理圈或地理环境固有要素或物质的数量、质量、分布特征、联系和规律等的数字、文字、图像和图形等的总称；它属于空间信息，具有空间定位特征、多维结构特征和动态变化特征。

2 地理数据[西北大学2012年研]

答：地理数据是以地球表面空间位置为参照，描述自然、社会和人文景观的数据，主要包括数字、文字、图形、图像和表格等。地理数据可分为空间数据、属性数据、时态数据。

3 客户机/服务器结构[南京大学2001年研]

答：客户机/服务器结构是一种分布式计算机体系结构，充分利用中央处理机和服务器，采用智能终端，把数据和程序放在服务器上，工作业务专门化，每台计算机可专门设置一种功能，可把应用分为前、后台放在计算机上，在网络上只传递请求和应答，而不是大量的程序和数据，这样也减少了网络通信量。

二、简答题

1 根据所学专业，说出GIS和云计算的关系和发展趋势。[哈尔滨师范大学2012年研]

答：云计算是一种按使用量付费的模式，这种模式提供可用的、便捷的、按需的网络访问，进入可配置的计算资源共享池（资源包括网络，服务器，存储，应用软件，服务），这些资源能够被快速提供，只需投入很少的管理工作，或服务供应商进行很少的交互。

云计算前景是非常广阔的，但它还是一项发展中的技术，必须慎重考虑它对软件开发的有利方面和不利因素。下面从成本和实施步骤等方面进行探讨从成本上看，云计算的优势就是能够大大地降低成本，这对于GIS软件开发组织特别是中小企业来说，在硬件设施和软件工具等方面将大大降低开发费用。但对云计算GIS服务商来说，在建设云计算基础设施时需要较大的投入，如能利用已有设施和工具，这项成本也可以降低，而大量的企业进入云计算的GIS软件开发亦可进一步分摊成本。

关于GIS与云计算的融合也是可观的，地理信息系统是以计算机软硬件系统的支持为基础，对各种形式的地理数据进行采集、存储、操作、运算、分析、描述和显示的集成系统GIS的应用，需要采集海量的基本地理空间信息，并对这些信息进行存储、管理、分析等操作。GIS的基本功能中对地理信息数据的存储和处理非常重要。这就带来两个重要的基本问题。其一，是如何对海量的地理信息数据进行存储；其二，如何满足对地理信息数据进行处理的计算能力的需求。在此基础上，还需要进一步对GIS系统可靠性等方面提出了更高的要求。根据已有的研究，可以发现，GIS对于计算和存储具有以下的要求：

(1) 存储能力需求。GIS的实现需要存储海量的地理信息数据及其关系信息，对数据存储能力要求高。

(2) 计算能力需求。GIS的应用领域往往要求GIS能够对地理信息数据进行高速的处理和实时的显示，对计算能力的要求很高。

(3) 数据可靠性需求。GIS的数据及其处理结果是大量工作的结果，对于GIS的高效应用具有至关重要的作用。因此需要提供可靠性保障。GIS对计算、存储和可靠性均由较高的要求。将这些要求与云计算的特点相比较，可以发现，云计算所提供的服务能够很好地满足GIS的需要。根据上述分析，云计算能够应用于GIS，为GIS提供基本的服务。两者的融合既是技术发展的需要，也是业务应用扩展的大势所趋。

2 简述常规地理信息系统的硬件组成；数据处理设备，数据输入设备，数据输出设备，各举两例说明其功能和用途。[南京大学2008年研]

答：(1) 数据处理设备

数据处理设备是地理信息系统硬件的主体，作为系统硬件的核心，它包括从服务器到图形工作站、微机等各种形式的计算机，可用作数据的处理、管理与计算。例如图形工作站和客户机/服务器系统。图形工作站是一种具备强大的数据运算与图形、图像处理能力的高性能微型计算机。客户机/服务器系统是计算机网络中重要的分布式体系结构，服务器是整个网络系统中负责提供管理、计算和存储等功能的核心计算机，多台客户机各自处理相应的任务，共同实现完整的应用。

(2) 数据输入设备

数据输入设备的作用是将地理数据转换成数字的形式存入计算机，以便进行处理和分析计算等工作。例如数字化仪和数字测量设备。数字化仪由电磁感应板、游标和相应的电子线路组成。数字测量设备主要是地理数据的采集设备，通常有数字摄影测量工作站、全球定位系统（GPS）等。

(3) 数据输出设备

数据输出设备的作用是为地理信息系统软件提供用户操作的界面，并把地理信息系统的最终成果展现给用户。例如打印机和计算机显示器。打印机用于成果如图表图像等的打印。计算机显示器是地理信息系统的主要图形交互操作人机界面。

第2章 地理信息系统的数据结构

2.1 复习笔记

一、地理空间及其表达

1 地理空间的概念

地理空间一般指上至大气电离层，下至地壳与地幔交界的莫霍面之间的空间区域。其间是自然地理过程和生命及人类活动最活跃的场所。要在地理空间中准确测定位置需要采用一种空间定位框架来实现。地理空间定位框架就是大地测量控制系统，大地测量控制系统由平面控制网和高程控制网组成。

(1) 平面控制网

平面控制网用以确定物体在地球上的平面位置，通常是地理经纬度坐标。确定经纬度首先需要精确地了解地球表面的形状。地球表面形状的近似表示方式如下：

① 大地水准面

大地水准面是假设静止的平均海水面穿过大陆、岛屿形成包围整个地球的一个闭合曲面。

② 旋转椭球体

旋转椭球体是一个可以用数学公式描述的规则的几何表面，可以作为平面坐标的基准。

(2) 高程控制网

高程是指空间某点高于或低于基准面的垂直距离，主要用来提供地形信息。高程基准面即大地水准面，是一个延伸到全球的静止海水面。我国现在规定的高程基准面为“1985国家高程基准”。

(3) 我国现有三种大地坐标系

① 1954年北京坐标系（局部平差）；

② 1980年国家大地坐标系（整体平差）；

③ 地心坐标系，即以地球的质心作为坐标原点的坐标系。

2 空间实体的表达

(1) 地理空间的实体的类型

地理空间的实体包括点、线、面、曲面和体等多种类型。

(2) 空间实体的数据表达方法

① 矢量表示法

如果采用一个没有大小的点（坐标）来表达基本点元素时，称为矢量表示法。

② 栅格表示法

如果采用一个有固定大小的点（面元）来表达基本元素时，称为栅格表示法。

二、地理空间数据及其特征

1 GIS空间数据的分类

(1) 按照数据来源分类

① 地图数据

地图数据来源于各种类型的普通地图和专题地图。这些地图的内容丰富，图上空间实体间的空间关系直观，实体的类别或属性清晰，实测地形图还具有很高的定位精度。

② 影像数据

影像数据主要来源于卫星遥感和航空遥感，包括多平台、多层面、多种传感器、多时相、多光谱、多角度和多种分辨率的遥感影像数据。

③ 文本数据

文本数据来源于各类调查报告、实测数据、文献资料、解译信息等。

(2) 按照数据结构分类

① 矢量数据

矢量数据是用欧氏空间的点、线、面等几何元素来表达空间实体的几何特征的数据。

② 栅格数据

栅格数据是将空间分割成有规则的网格，在各个网格上给出相应的属性值来表示空间实体的一种数据组织形式。

(3) 按照数据特征分类

① 空间定位数据

空间定位数据是表达空间实体在地球上位置的坐标数据。

② 非空间属性数据

非空间属性数据是有关空间实体自身的名称、种类、质量、数量等特征的数据。

(4) 按照数据几何特征分类

① 点

点是对0维的空间实体的抽象数据，如测量用的三角点、电视塔等。

② 线

线是对1维线性的空间实体的抽象数据，如河流、道路等。

③ 面

面是对2维平面的空间实体的抽象数据，如湖泊、行政区等。

④ 曲面

曲面是对在面上连续分布的空间实体的抽象数据，常被称为2.5维数据，如地形、气温等。

⑤ 体

体是对3维的空间实体的抽象数据，如地质构造、矿产等。

(5) 按照数据发布形式分类

① 数字线画图 (DLG) 数据

DLG数据是现有地形图要素的矢量数据，保存各要素间的空间关系和相关的属性信息，全面地描述地表目标。

② 数字栅格图 (DRG) 数据

DRG数据是现有纸质地图经计算机处理后得到的栅格数据文件。

③ 数字高程模型 (DEM) 数据

DEM数据是以数字形式表达的地形起伏数据。

④ 数字正射影像 (DOM) 数据

DOM数据是对遥感数字影像，经逐像元进行投影差改正、镶嵌，按国家基本比例尺地形图图幅范围剪裁生成的数字正射投影影像数据。

2 空间数据的基本特征

(1) 空间特征

空间特征是指地理现象和过程所在的位置、形状和大小等几何特征，以及与相邻地理现象和过程的空间关系，包括方位关系、拓扑关系、相邻关系、相似关系等。空间位置可以通过坐标数据来描述，称为定位特征或定位数据，空间关系称为拓扑特征或拓扑数据。

(2) 属性特征

属性特征是指地理现象和过程所具有的专属性质，通常包括名称、数量、质量、性质等，称为属性数据。

(3) 时间特征

时间特征是指一定区域内的地理现象和过程随着时间的变化情况。

3 空间数据的拓扑关系

(1) 拓扑关系的概念

拓扑关系是指满足拓扑几何学原理的各空间数据间的相互关系，即用结点、弧段和多边形所表示的实体之间的邻接关联和包含等关系。

(2) 拓扑关系的类型

① 拓扑邻接

指存在于空间图形的相同类型元素之间的拓扑关系。

② 拓扑关联

指存在于不同类型空间元素之间的拓扑关系。

③ 拓扑包含

指存在于空间图形的相同类型但不同等级的元素之间的拓扑关系。

(3) 空间拓扑关系的意义

① 根据拓扑关系，不需要利用坐标或者计算距离，就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 利用拓扑数据有利于空间要素的查询。

③ 可以利用拓扑数据作为工具，重建地理实体。

4 空间数据的计算机表示

空间数据结构是指对具有空间特征、属性特征和时态特征的空间数据，组织和建立起它们之间的联系，以便计算机存储和操作。

5 空间数据表示的基本方法

(1) 空间分幅

即将整个地理空间划分为许多子空间，再选择要表达的子空间。

(2) 属性分层

即将要表达的空间数据抽象成不同类型属性的数据层来表示。

(3) 时间分段

将有时间特征的地理数据按其变化规律划分为不同的时间段数据，再逐一表示。

三、空间数据结构的类型

1 矢量数据结构

矢量数据结构是指基于矢量模型的数据结构。矢量数据结构是利用欧几里得几何学中的点、线、面及其组合体来表示地理实体空间分布的一种数据组织方式。矢量数据结构分为以下几种主要类型：

(1) 实体数据结构

在实体数据结构中，最典型的是所谓面条结构。其主要特点是：

- ① 数据按点、线或多边形为单元进行组织，数据结构直观简单。
- ② 每个多边形都以闭合线段存储，多边形的公共边界被数字化两次和存储两次，容易造成数据冗余和产生不一致性。
- ③ 点、线和多边形有各自的坐标数据，但没有拓扑数据，彼此不关联。
- ④ 岛或洞只作为一个单个图形，没有与外界多边形的联系。

(2) 拓扑数据结构

拓扑数据结构包括对偶独立地图编码法、多边形转换器、地理编码和参照系统的拓扑集成等，他们共同的特点是：

- ① 点是相互独立的，点连成线，线构成面。
- ② 每条线始于起始节点，止于中止节点，并与左右多边形相邻接。
- ③ 构成多边形的线又称为弧段，两条以上的弧段相交的点称为节点，由一条弧段组成的多边形称为岛或洞，多边形图中不含岛的多边形称为简单多边形。
- ④ 含岛的多边形称为复合多边形。在复合多边形中包括有外边界和内边界，岛被看做是复合多边形的内边界。

2 栅格数据结构

(1) 栅格数据结构的概念

栅格数据是基于栅格模型的数据结构，是将空间分割成有规则的网格，在各个栅格单元上给出相应的属性值来表示地理实体的一种数据组织形式。

(2) 栅格数据结构的优点

- ① 在栅格数据结构中，点由一个单元网格表示。线由一串有序的相互连接的单元网格表示，各个网格的值相同。多边形由聚集在一起的相互连接的单元网格组成，区域内部的网格值相同，但与外部网格的值不同。
- ② 栅格数据结构表示的是二维表面上地理要素的离散化数值，每个网格对应一种属性。其空间位置用行和列标识。网格通常是正方形，有时也采用矩形、等边三角形和正六边形。
- ③ 网格边长决定了栅格数据的精度，一般的，可以通过保证最小多边形的精度标准来确定网格尺寸，使形成的栅格数据既有效地逼近地理实体，又能最大限度地减少数据量。如图2-1所示，合理的网格尺寸的计算方法为

$$H = \frac{1}{2} (\min |A_i|)^{1/2}$$

式中：i=1, 2, ..., N (区域多边形数)。

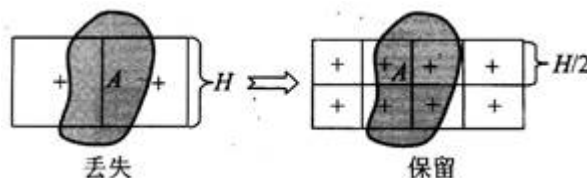


图2-1 栅格尺寸 (H) 的确定

(3) 栅格数据结构的存储类型：

① 栅格矩阵结构

栅格矩阵结构是一种用矩阵来存储栅格数据单元的存储结构，由点、线和多边形组成的矢量数据都可以转化为对应的栅格数据。

② 游程（行程）编码结构

a. 游程编码的概念

游程是指栅格矩阵一行内相邻同值栅格的数量，游程编码结构是逐行将相邻同值的栅格合并，记录合并后栅格的值及合并栅格的数量。

b. 游程编码建立的方法

游程编码结构的建立方法是：将栅格矩阵的一行数据序列 x_1, x_2, \dots, x_n ，映射为相应的二元组序列 (A_i, P_i) ， $i=1, \dots, k$ ，且 $k \leq n$ 。其中， A_i 为属性值， P_i 为游程， i 为游程序号。

③ 四叉树结构

a. 四叉树结构的原理

四叉树的原理是将空间区域按照四个象限进行递归分割 n 次，每次分割形成 $2^n \times 2^n$ 个子象限，直到子象限中的属性数值都相同为止，该子象限就不再分割。凡属性值都相同的子象限，不论大小，均作为最后的存储单元。生成四叉树有自上而下方式和自下而上方式两种方法。

b. 四叉树的存储方法

第一，常规四叉树，其每个节点通常储存6个量，即4个子节点指针、一个父节点指针和一个节点值。常规四叉树可采用自下而上的方法建立，对栅格按莫顿码顺序进行检测。

第二，线性四叉树，其每个节点只储存3个量，即莫顿码、深度（或节点大小）和节点值。线性四叉树编码的基本思想是：不需记录中间节点、0值节点，也不使用指针，仅记录非0值叶节点，并用莫顿码表示叶节点的位置。

3 曲面数据结构

曲面是指连续分布现象的覆盖表面，表达曲面的方法有不规则三角网（TIN）和规则格网（Grid）。

(1) TIN的曲面数据结构

TIN曲面数据结构通常用于数字地形的三维建模和显示。它是将离散分布的实测数据点连成三角网，网中的每个三角形要求尽量接近等边形状，并保证由最近邻的点构成三角形，即三角形的边长之和最小。

(2) 规则格网的曲面数据结构

规则格网的曲面数据结构类似于矩阵形式的栅格数据，只是其属性值为地面的高程或其他连续分布现象的数值。

四、空间数据结构的建立

空间数据结构的建立是指根据确定的数据结构类型，形成与该数据结构相适应的GIS空间数据，为空间数据库的建立提供基础。

1 系统功能与数据源间的关系

GIS数据的一个重要特征是数据与功能之间具有密切的联系，确定这些类型的数据是由系统的功能所决定的。

2 空间数据的分类与编码

(1) 空间数据分类的概念

空间数据的分类是指根据系统功能及国家规范和标准，将具有不同属性或特征的要素区别开来的过程，以便从逻辑上将空间数据组织为不同的数据层，为数据采集、存储、管理、查询和共享提供依据。

(2) 我国基础地理信息数据的分类

我国基础地理信息数据分为测量控制点、水系、居民地、交通、管线与垣栅、境界、地形与土质和植被等八大类，然后再依次细分为小类、一级类、二级类等。

(3) 空间数据的编码

① 空间数据编码的概念

空间数据的编码是指将数据分类结果用一种易于被计算机和人识别的符号系统表示出来的过程。编码的结果是形成代码。代码由数字或字符组成，或由它们共同组成混合码。

② 空间数据编码的目的

编码的目的，是用来提供空间数据的地理分类和特征描述，同时为了便于地理要素的输入、存储、管理，以及系统之间数据交换和共享的需要。

3 矢量数据的输入与编辑

(1) 矢量数据输入的概念

矢量数据的输入过程实际上是把经过分类和编码的地理要素的空间位置，转换为一系列坐标，然后将这些坐标按照确定的数据格式存入到计算机中去。这一过程常常称为数字化。

(2) 数字化的方法

数字化方法包括手扶跟踪数字化仪数字化、屏幕数字化、扫描矢量化等。

(3) 手扶跟踪数字化仪数字化过程

以手扶跟踪数字化仪数字化为例，其数据输入操作包括为原图准备、连接数字化仪、输入变换数据、输入空间实体坐标数据、检查和修改数字化错误、输入属性数据、检查和修改属性错误这些过程。

(4) 屏幕数字化的过程

屏幕数字化的过程包括打开栅格图像文件、图像配准、输入空间和属性数据这些步骤。

(5) 空间数据编辑的目的

空间数据编辑的目的是为了消除数字化过程中引入的错误，以及将数字化数据重新组织，以便得到便于进一步处理和使用的格式。

4 栅格数据的输入

常用的产生栅格数据的方法包括：扫描输入、遥感影像解译和数据结构转换等。

(1) 扫描输入

扫描输入是通过工程扫描仪，将地图扫描成图像存储，成为数字栅格图（DRG）数据。

(2) 遥感影像解译

遥感影像可以直接通过对遥感图像的分类解译，得到相应的分类栅格数据。

(3) 数据结构转换

数据结构转换是指可以把矢量数据结构的空间数据直接转换成对应的栅格数据结构的数据。

5 曲面数据的输入

曲面数据主要指数字地形模型数据，通常采用对已知高程的离散数据点进行空间插值的方法来生成。

2.2 课后习题详解

1 通过实例说明GIS空间数据的基本特征及在计算机中的表示方法。

答：(1) 空间数据的基本特征

① 空间特征

空间特征是指地理现象和过程所在的位置、形状和大小等几何特征，以及与相邻地理现象和过程的空间关系，包括方位关系、拓扑关系、相邻关系、相似关系等。

② 属性特征

属性特征是指地理现象和过程所具有的专属性质，通常包括名称、数量、质量、性质等，称为属性数据。

③ 时间特征

时间特征是指一定区域内的地理现象和过程随着时间的变化情况。

(2) 在计算机中的表示方法

① 在计算机中空间特征采取空间分幅将整个地理空间划分为许多子空间，再选择要素表达子空间。空间位置可以通过坐标数据来描述，称为定位特征或定位数据，空间关系称为拓扑特征或拓扑数据。

② 属性特征采取属性分层即将要表达的空间数据抽象成不同类型属性的数据层来表。

③ 时间特征采取时间分段即将有时间特征的地理数据按其表化规律划分为不同的时间短数据再逐一表示。

2 简述空间数据的拓扑关系及其对GIS数据处理和空间分析有何重要意义？

答：(1) 拓扑关系的概念

拓扑关系是明确定义空间结构关系的一种数学方法，在GIS中它不但用于空间数据的编辑和组织，而且在空间分析和应用中都具有非常重要的意义。空间数据的拓扑关系包括拓扑邻接、拓扑关联和拓扑包含。

(2) 在数据处理和空间分析中的意义

① 根据拓扑关系，不需要利用坐标或者计算距离，就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 利用拓扑数据有利于空间要素的查询。

③ 可以利用拓扑数据作为工具，重建地理实体。

3 试比较矢量与栅格数据结构各有什么特征。

答：(1) 矢量数据的特征

① 用离散的点、线、面织成的边界或表向来表达空间实体，用标识符表达的内容描述空间实体的属性；

② 描述的空间对象位置明确，属性隐含；

③ 可用矢量数据之间的关系表示空间数据的拓扑关系；

数据表达精度较高数据存储量小，较高分辨率，便于进行网络分析。

(2) 栅格数据的特征

① 用离散的量化的网格值来表示和描述空间目标；

② 描述的空间对象属性明显、位置隐含；

③ 面向位置的数据结构，难以建立空间对象之间的关系；

④ 数据结构简单，易与遥感数据结合，数据量大。易于实现，且操作简单。

⑤ 栅格数据表达精度不高，工作效率较低。

⑥ 基于栅格数据基础之上的信息共享也较矢量数据容易。

4 请简述平面控制网和高程控制网在GIS中的作用。

答：(1) 平面控制网的作用

平面控制网用以确定物体在地球上的平面位置，通常是地理经纬度坐标。利用平面控制网，可以确定大地基准面和大地坐标系，对GIS空间数据分析功能具有很大的推动作用。

(2) 高程控制网的作用

高程控制网是利用空间某点高于或低于基准面的垂直距离来提供地形信息。高程控制网是大地控制网的一部分，用水准测量方法建立。

5 什么是4D数据？它们与矢量和栅格数据之间具有什么联系？

答：(1) 4D数据的含义

4D数据是指数字线画图数据 (DLG)、数字栅格数据 (DRG)、数字高程模型数据 (DEM)、数字正射影像数据 (DOM) 这四种数据。DLG数据是现有地形图要素的矢量数据，保存各要素间的空间关系和相关的属性信息，全面地描述地表目标。DRG数据是现有纸质地图经计算机处理后得到的栅格数据文件。DEM数据是以数字形式表达的地形起伏数据。DOM数据是对遥感数字影像，经逐像元进行投影差改正、镶嵌，按国家基本比例尺地形图图幅范围剪裁生成的数字正射投影影像数据。

(2) 与矢量和栅格数据之间的关系

DLG是现有地形图要素的矢量数据；DRG是现有纸质地图经计算机处理后得到的栅格数据文件；DEM是数字形式表达的地形起伏数据，是矢量数据；DOM是对遥感数字影像，经像元进行投影差改正、镶嵌，是一种栅格形式的数据。

6 什么是游程编码？游程编码的压缩效果与哪些因素有关？

答：(1) 游程编码的含义

游程是指栅格矩阵一行内相邻同值栅格的数量，游程编码是逐行将相邻同值的栅格合并，记录合并后栅格的值及合并栅格的数量。

(2) 影像压缩效果的因素

游程编码的目的是压缩栅格数据量，消除数据间的冗余。游程编码的压缩效果主要取决于栅格数据的性质级与原图的复杂成反比，变化多得部分有游程数就多，变化少的部分游程数就少，图件越简单压缩效率就越高。

7 什么是栅格二叉树结构？请比较常规二叉树与线性二叉树的区别。

答：(1) 栅格二叉树结构的含义

栅格二叉树结构是指将空格键区域按照四个象限进行递归分n次，每次分割形成 $2^n \times 2^n$ 个子象限中的属性数值都相同为止，该子象限就不再分割。

(2) 常规二叉树与线性二叉树的区别：

① 常规二叉树

常规二叉树每个节点通常储存6个量，即4个子节点指针、一个父节点指针和一个节点值。常规二叉树可采用自下而上的方法建立，对栅格按莫顿码顺序进行检测，这种方法除了要记录叶节点，还要记录中间节点。常规二叉树在处理上简便灵活，而且当栅格矩阵很大，存储和处理整个矩阵较困难时，可用常规二叉树存储法。

② 线性二叉树

线性二叉树每个节点只存储3个量，即莫顿码、深度（或节点大小）和节点值。线性二叉树编码不需要记录中间节点的、0值节点，也不适用指针，仅记录非0值节点，并用莫顿码表示叶节点的位置。线性二叉树比常规二叉树节省存储空间；由于记录节点地址，既能直接找到其在二叉树中的走向路径，又可以换算出他在整个栅格区域内的行列位置，

压缩和解压缩比较方便，各部分分辨率可不同，即可精确地表示图形结构，又可减少存储量，易于进行大部分图形操作和运算。

8 什么是TIN? Grid和TIN在表达曲面数据的时候各有什么特点?

答: (1) 规则格网DEM

Grid即规则网格，通常是正方形，也可以是矩形、三角形等规则网格。规则网格将区域空间切分为规则的格网单元，每个格网单元对应一个数值。数学上可以表示为一个矩阵，在计算机实现中则是一个二维数组。每个格网单元或数组的一个元素，对应一个高程值。

(2) 不规则三角形DEM

TIN不规则三角网是将离散分布的实测数据点连成三角网，网中的每份三角形要求尽量接近等边形状，并保证由最近邻点构成三角形，即三角形的边长之和最小。

(3) 各自的特点

① 规则格网的特点

a. 可以很容易地用计算机进行处理，可以很容易地计算等高线、坡度坡向、山坡阴影和自动提取流域地形，使得它成为数字高程模型（DEM）最广泛使用的格式。

b. 不能准确表示表面网格所代表的地形的结构和细部。在地形平坦的地方，存在大量的数据冗余；在不改变格网大小的情况下，又难以表达复杂地形的突变现象。规则格网的数据量通常比较大，需要进行压缩存储，牺牲了地形的细节信息。

② 不规则三角网的特点

a. 减少了规则格网带来的数据冗余，同时在计算效率和表达精度方面也有其优越性；

b. 数据存储方式比规则格网复杂，与规则格网不同之处是随地形起伏变化的复杂性而改变采样点的密度和决定采样点的位置，因而它能够避免地形平坦时的数据冗余，又能按地形特征点如山脊、山谷线、地形变化线等表示数字高程特征。

2.3 名校考研真题详解

一、名词解释

1 线性四叉树[江西师范大学2014年研][江西师范大学2012年研]

答：是最有效的栅格数据压缩编码方法之一。其基本思想是首先把一幅图像或一幅栅格地图等分成四部分，如果检测到某个子区的所有格网都含有相同的值（灰度或属性值），那么这个子区域就不再往下分割；否则，把这个区域再分割成四个子区域，这样递归地分割，直至每个子块都只含有相同的灰度或属性值为止。

2 栅格数据[西北大学2012年研]

答：栅格数据是按网格单元的行与列排列、具有不同灰度或颜色的阵列数据。栅格结构是大小相等分布均匀、紧密相连的像元（网格单元）阵列来表示空间地物或现象分布的数据组织。

3 狄洛尼三角网与voronoi多边形[华东师范大学2006年研]

答：狄洛尼三角网即由狄洛尼三角形组成的三角网，它是在地形拟合方面表现最出色的三角网，因此常被用于TIN的生成。狄洛尼三角形有三个最邻近的点连接而成，这三个相邻点对应的Voronoi多边形有一个公共的顶点，此顶点同时也是狄洛尼三角形外接圆的圆心。Voronoi多边形即泰森多边形，它采用了一种极端的边界内插方法，只用最近的单个点进行区域插值。泰森多边形按数据点位置将区域分割成子区域，每个子区域包含一个数据点，各子区域到其内数据点的距离小于任何到其它数据点的距离，并用其内数据点进行赋值。

二、简答题

1 空间数据误差来源。[哈尔滨师范大学2012年研]

答：（1）数据搜集

野外测量误差：仪器误差、记录误差

遥感数据误差：辐射和几何纠正误差、信息提取误差

地图数据误差：原始数据误差、坐标转换、制图综合及印刷

（2）数据输入

① 数字化误差：仪器误差、操作误差

② 不同系统格式转换误差：栅格-矢量转换、三角网-等值线转换

（3）数据存储

① 数值精度不够

② 空间精度不够：每个格网点太大、地图最小制图单元太大

（4）数据处理

① 分类间隔不合理

② 多层数据叠合引起的误差传播：插值误差、多源数据综合分析误差

③ 比例尺太小引起的误差

（5）数据输出

① 输出设备不精确引起的误差

② 输出的媒介不稳定造成的误差

（6）数据使用

① 对数据所包含的信息的误解

② 对数据信息使用不当

2 栅格数据游程编码的效果及其影响因素。[南京大学2008年研]

答：(1) 游程编码的效果

游程是指栅格矩阵一行内相邻同值栅格的数量，也称为行程。游程编码结构是逐行将相邻同值的栅格合并，记录合并后栅格的值及合并栅格的数量（即游程），达到压缩栅格数据量，消除数据间的冗余的效果。

(2) 影响因素

影响压缩效果的因素是栅格数据的性质。游程编码能否压缩数据量，主要决定于栅格数据的性质，通常可通过事先测试，估计数据冗余度 R_e ，其计算公式为：
$$R_e = 1 - \frac{Q}{mn}$$

式中：Q为相邻属性值变化次数的累加和；m为行数；n为列数。

第3章 空间数据处理

3.1 复习笔记

一、空间数据的变换

空间数据的变换即空间数据坐标系的变换。其实质是建立两个坐标系坐标点之间的一一对应关系，包括几何纠正和投影转换。

1 几何纠正

(1) 几何纠正的概念

几何纠正是为了实现对数字化数据的坐标系转换和图纸变形误差的纠正。GIS软件一般都具有仿射变换、相似变换和二次变换等几何纠正功能。

(2) 仿射变换

① 仿射变换的作用

仿射变换可以对坐标数据在x和Y方向进行不同比例的缩放，同时进行扭曲、旋转和平移。

② 仿射变换的特性

仿射变换具有直线变换后仍为直线、平行线变换后仍为平行线、不同方向上的长度比发生变化的特性。

③ 待定系数的计算

设 x, Y 为数字化仪坐标， x, y 为理论坐标， m_1, m_2 为地图横向和纵向的长度变化比例，两坐标系夹角为 α ，数字化仪原点 01 相对于理论坐标系原点平移了 a_n, b_n 。设 $a_1 = m_1 \cos \alpha, b_1 = -m_1 \sin \alpha, a_2 = m_2 \sin \alpha, b_2 = m_2 \cos \alpha$ ，可求得仿射变换的待定系数 $a_0, a_1, a_2, b_0, B_1, b_2$ 如下：

$$a_1 = \frac{L_{x'x}L_{yy} - L_{x'y}L_{xy}}{L_{xx}L_{yy} - (L_{xy})^2}, \quad a_2 = \frac{L_{x'y}L_{xx} - L_{x'x}L_{xy}}{L_{xx}L_{yy} - (L_{xy})^2}, \quad a_0 = \bar{x}' - a_1\bar{x} - a_2\bar{y}$$
$$b_1 = \frac{L_{y'x}L_{yy} - L_{y'y}L_{xy}}{L_{xx}L_{yy} - (L_{xy})^2}, \quad b_2 = \frac{L_{y'y}L_{xx} - L_{y'x}L_{xy}}{L_{xx}L_{yy} - (L_{xy})^2}, \quad b_0 = \bar{y}' - b_1\bar{x} - b_2\bar{y}$$
$$L_{xx} = \sum x^2 - (\sum x)^2/n, \quad L_{yy} = \sum y^2 - (\sum y)^2/n, \quad \dots$$

2 地图投影及其转换

(1) 地图投影的基本原理

地图投影就是依据一定的数学法则，将不可展开的地表曲面映射到平面上或可展开成平面的曲面上，最终在地表面点和平面点之间建立一一对应的关系。在实践中是采用经度、纬度表示的地球表面上的点位与平面直角坐标或极坐标表示的平面上的点位，通过一定的数学关系式建立起对应的联系。

(2) 地图投影的类型

① 按变形的性质

地图投影分为等角投影、等面积投影和任意投影。

② 按投影面与地球的相对位置关系

地图投影分为正轴投影、斜轴投影和横轴投影等。

③ 按投影面的形状

地图投影分为圆锥投影、圆柱投影和方位投影等。

④ 按投影面和地球的空间逻辑关系

地图投影分为相切和相割两类投影。

(3) 高斯-克吕格投影

① 高斯-克吕格投影的原理

高斯-克吕格投影是等角横切圆柱投影，从几何意义上来看，就是假想用一圆柱横切套在地球椭球外面，并与某一子午线相切，圆柱的中心轴位于地球椭球的赤道上。按高斯-克吕格投影所规定的条件，将中央经线两侧一定经差范围内的经纬线投影到圆柱面上，并将此圆柱面展为平面，即得高斯-克吕格投影。

② 高斯-克吕格投影规定的条件

- 中央经线和赤道投影后为互相垂直的直线，且为投影的对称轴；
- 投影具有等角性质；
- 中央经线投影后保持长度不变。

③ 高斯-克吕格投影的特点

- 中央经线上没有任何变形，中央经线投影后保持长度不变；
- 除中央经线上的长度比为1外，其他任何点上长度比均大于1；
- 在同一条纬线上，离中央经线越远，变形越大，最大值位于投影带的边缘；
- 在同一条经线上，纬度越低，变形越大，变形最大值位于赤道上；
- 投影属于等角性质，故没有角度变形，面积比为长度比的平方；
- 长度比的等变形线平行于中央子午线。

(4) 墨卡托投影

① 墨卡托投影的原理

假设地球被围在一个空的圆柱里，其标准纬线与圆柱相切。然后假想地球中心有一盏灯，把球面上的形状投影到圆柱面上，再把圆柱体展开，即得墨卡托投影。墨卡托投影是一种“等角正切圆柱投影”。

② 墨卡托投影的特点

- 没有角度变形，由每一点向各方向的长度比相等；
- 经纬线都是平行直线，且相交成直角，经线间隔相等，纬线间隔从标准纬线向两极逐渐增大；
- 长度和面积变形明显，标准纬线无变形，从标准纬线向两极变形逐渐增大；
- 在地图上保持方向和角度的正确。因为它具有各个方向均等扩大的特性，保持了方向和相互位置关系的正确。

(5) UTM投影

① UTM投影的原理

UTM投影属于横轴等角割圆柱投影，圆柱割地球于两条等高圈上，投影后两条割线上没有变形，中央经线上长度比0.9996。UTM投影可以改善高斯-克吕格投影。两条割线即等高圈上没有任何变形，离开这两条割线越远则变形越大，在两条割线以内长度变形为负值，在两条割线以外长度变形为正值。

② UTM投影在应用中的特征：

- 将世界划分为60个投影带，带号为1, 2, 3, ..., 60连续编号，每带经差为 6° ；
- 经度自 180°W 和 174°W 之间为起始带，且连续向东计算，带的编号系统与1:100万比例尺地图有关规定是一致的。

(6) 兰勃特投影

① 兰勃特投影的原理

设想用一个圆锥正割于球面两条标准纬线，应用等角条件将地球面投影到圆锥面上，然后沿圆锥一条母线剪开，展开即为兰勃特投影平面。

② 兰勃特投影的特点

- a. 角度没有变形；
- b. 两条标准纬线上没有任何变形；
- c. 等变形线和纬线一致，即同一条纬线上的变形处处相等；
- d. 在同一经线上，两标准纬线外侧为正变形（长度比大于1），而两标准纬线之间为负变形（长度比小于1），变形比较均匀，变形绝对值也比较小；
- e. 同一纬线上等经差的线段长度相等，两条纬线间的经纬线长度处处相等。

(7) 阿尔伯斯投影

阿尔伯斯（Albers）投影是一种正轴等面积割圆锥投影，与兰勃特投影属于同一投影族。我国大部分省区图以及大多数这一比例尺的地图也多采用兰勃特投影和阿尔伯斯投影。

(8) 地图投影转换

① 地图投影转换的概念

地图投影转换主要研究从一种地图投影变为另一种地图投影的理论和方法。其实质是建立两平面之间点的——对应关系。

② 投影转换的方式

a. 正解变换

通过建立一种投影变换为另一种投影的严密或近似的解析关系式，直接由一种投影的数字化坐标变换到另一种投影的直角坐标；

b. 反解变换

即由一种投影的坐标反解出地理坐标，然后将地理坐标代入另一种投影的坐标公式中，从而实现由一种投影的坐标到另一种投影坐标的变换。

② 投影转换的方法

a. 解析变换

在获得原数据与新数据的投影公式的情况下，运用正解法或反解法求出原投影坐标与新投影坐标之间的精确表达式；

b. 数值变换

在原数据投影公式未知时，或不易求得原数据和新数据两投影间解析关系式的情况下，可以采用多项式来拟合它们间的关系，主要包括插值法、有限差分法、有限元法、待定系数法等。

c. 解析-数值变换

当新数据投影已知，而原数据投影公式不知道的情况下，可以先由原数据投影反解出某些投影点的地理坐标，再代入已知的新数据投影公式中进行计算，便可实现两投影间的变换。

二、空间数据结构的转换

数据重构指数据从一种格式到另一种格式的转换，矢量数据结构与栅格数据结构是GIS常用的两种数据结构，但它们各有不同的优点和缺点，如表3-1所示。因此，在数据处理阶段，经常要进行两种数据结构的相互转换。

表3-1 矢量与栅格数据结构比较

优点	缺点

矢量	1. 便于面向实体的数据表达 2. 数据结构紧凑、冗余度低 3. 拓扑结构有利于网络分析、空间查询等	1. 数据结构较复杂 2. 软件实现的技术要求比较高 3. 多边形叠合等分析相对困难
栅格	1. 数据结构相对简单 2. 空间分析较容易实现 3. 有利于遥感数据的匹配应用和分析	1. 数据量较大, 冗余度高, 需要压缩处理 2. 定位精度比矢量低 3. 拓扑关系难以表达

1 由矢量向栅格的转换

矢量向栅格转换处理是把点、线或面的矢量数据, 转换成对应的栅格数据, 称为栅格化。栅格化可以分别针对点、线和面来进行。

(1) 点的栅格化

设矢量坐标点 (x, Y) , 转换后的栅格单元行列值为 (i, J) , 则有:

$$I = \left[\frac{y - y_{\min}}{d_y} \right]$$

$$J = \left[\frac{x - x_{\min}}{d_x} \right]$$

式中: 方括号表示取整数运算。

(2) 线的栅格化

① 线的栅格化的原理

线的栅格化分解成对组成折线的每一个线段的栅格化。对于一条线段的栅格化, 先使用点栅格化的方法, 栅格化线段的两个端点, 然后再栅格化线段中间的部分。

② 线段中间部分的栅格化

设线段两 endpoint 坐标分别为 (x_1, Y_1) 和 (x_2, Y_2) , 栅格化后的单元行列值分别为 (I_1, J_1) 和 (I_2, J_2) 。则: 行数差: $\Delta I = |I_2 - I_1|$ 列数差: $\Delta J = |J_2 - J_1|$ 。分两种情况来处理: 列数差大于行数差 $\Delta J > \Delta I$ 的情况及行数差大于列数差 $\Delta I > \Delta J$ 的情况, 运用扫描线算法实现。

a. 列数差大于行数差时

当列数差大于行数差的时候, 平行于Y轴做每条N的中心线, 称为扫描线。求每一条扫描线与线段的交点, 按点的栅格化方法将交点转为栅格坐标。设: X_m 为每列的中心扫描线的横坐标, (x_1, Y_1) 和 (x_2, Y_2) 为线段的两个 endpoint 坐标, 则交点坐标为:

$$x = x_m$$

$$y = (x - x_1) \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} + y_1$$

b. 行数差大于列数差时

当行数差大于列数差的时候，平行于x轴做每一行的中心扫描线。再求每一条扫描线与线段的交点，按点的栅格化方法将交点转为栅格坐标。设： Y_m 为每行的中心扫描线的纵坐标，则交点坐标为：

$$y = y_m$$

$$x = (y - y_1) \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} + x_1$$

(3) 面的栅格化

① 基于弧段数据的栅格化基于弧段数据的栅格化是针对拓扑结构的矢量数据，具体方法步骤如下：方法步骤：

- a. 对栅格化的范围按行或者按列作中心扫描线，对其中的任一条扫描线，求与所有矢量多边形的边界弧段的交点，记录其坐标，并用点的栅格化方法求出交点的栅格坐标行列值；
- b. 根据弧段的左右多边形信息判断并记录交点左右多边形的数值；
- c. 通过对一行所有交点按其坐标x值从小到大进行排序，并参照左右多边形配对情况，逐段生成栅格数据，直到全部扫描线都完成从矢量向栅格的转换为止。

② 基于多边形数据的栅格化

基于多边形数据的栅格化是针对实体结构的多边形矢量数据。它是以非拓扑的实体多边形作为栅格化的处理单元，将一个多边形的内部栅格单元赋予多边形的属性值，具体实现方法包括：内点填充法、边界代数法和包含检验法等。

a. 内点填充法

按线的栅格化方法把多边形的边界栅格化，在多边形的内部找一点作为内点，从该点出发，向外填充多边形区域，直到边界为止。

b. 边界代数法

沿着多边形实体的边界环绕多边形一圈，当向上环绕的时候，把边界左边一行中所有的栅格单元的数值都减去属性值；当向下环绕的时候，把边界左边一行中所有的栅格单元的数值都加上属性值，则多边形外部的栅格正负数值抵消，而多边形内部的栅格被赋予属性值。

c. 包含检验法

对每个栅格单元，逐个判定其是否包含在某个实体多边形之内，若包含在某个多边形之内，则将多边形的属性值赋给该栅格单元。“点在多边形内”的判定可以通过检验夹角之和的方法或铅垂线法来实现。

2 由栅格向矢量的转换

(1) 矢量化的目的

栅格数据结构向矢量数据结构的转换即矢量化，其目的是将扫描仪获取的图像栅格数据存入矢量形式的空间数据库，并将栅格数据进行数据压缩，将面状栅格数据转换为由矢量数据表示的多边形边界。

(2) 基于图像数据的矢量化方法

图像数据是不同灰阶的影像，通过扫描仪按一定的分辨率进行扫描采样，得到不同灰度值表示的数据。因为矢量只能允许横断面保持一个栅格的宽度，需要对图像数据进行二值化、细化和跟踪等矢量化步骤。

① 二值化

线画图形扫描后产生图像栅格数据，这些数据是按从0~255的不同灰度值量度的，为将256级不同的灰度压缩到2个灰度形成二值图，要在最大与最小灰度之间定义阈值，根据公式使灰度图像二值化。

② 细化

细化是消除线画横断面栅格数的差异，使得每一条线只保留代表其轴线或周围轮廓线位置的单个栅格的宽度。细化可分为“剥皮法”和“骨架法”两大类。剥皮法的实质是从曲线的边缘开始，每次剥掉等于一个栅格宽的一层，直到最后留下彼此连通的由单个栅格点组成的图形。

③ 跟踪

跟踪的目的是将细化处理后的栅格数据转换为从节点出发的线段或闭合的线条，并以矢量形式存储线段的坐标。跟踪时，从起始点开始，根据八个邻域进行搜索下一个相邻点的位置，记录坐标，直到完成全部栅格数据的矢量化。

(3) 栅格数据的矢量化方法

栅格数据的矢量化针对栅格数据中的多边形进行，其步骤如下：

① 在栅格数据中搜索多边形边界弧段相交处的节点位置，这些节点通常是相邻栅格单元不相同的属性值个数大于等于3的栅格处；

② 从搜索出的节点里任选一个作为起始跟踪节点，顺着栅格单元属性值不同的两个栅格单元之间进行多边形边界弧段的跟踪，记录每一步跟踪的坐标，直到另一个节点为止；

③ 重复上述过程，做到所有的边界弧段都被生成；

④ 将跟踪得到的弧段数据连接组织成多边形，即完成多边形栅格数据的矢量化。

三、多元空间数据的融合

1 遥感与GIS数据的融合

遥感与GIS数据的融合有利于增强多重数据的复合能力，改善遥感信息提取的及时性和可靠性，便于利用遥感影像辅助GIS空间数据的获取与更新，有效地提高各类数据的使用率。遥感与GIS数据的融合的方法主要表现为遥感影像与数字线画图（DLG）的融合、遥感影像与数字地形模型（DEM）的融合及遥感影像与数字栅格图（DRG）的融合这三种形式。

2 不同格式数据的融合

不同格式数据的融合主要有基于转换器的数据融合、基于数据标准的数据融合、基于公共接口的数据融合、基于直接访问的数据融合这几种方法：。

四、空间数据的压缩与重分类

1 空间数据的压缩

(1) 数据压缩的概念

空间数据压缩，即从空间坐标数据集合中抽取一个子集，使这个子集在规定的精度范围内最好地逼近原集合，而又取得尽可能大的压缩比，压缩比表示信息载体减少的程度。

(2) 数据压缩的必要性

空间数据往往具有巨大的数据量，不采取数据压缩技术，整个系统在存储空间和处理时间上都将承受巨大的压力。随着处理空间数据的比例尺发生变化，同样也存在数据压缩的需要。

(3) 基于矢量的压缩

基于矢量的压缩通常是对线状实体上点的数量的压缩，其中最常用的是道格拉斯—佩克算法，该算法的原理是：

① 拟定一个阈值，然后生成一条连接折线首尾节点的直线段，并计算原始折线上的点到直线段的垂直距离。

② 假如所有折线上的点到直线段的距离都小于预先设定的阈值，这条直线段就被用来代替原来的那条折线。

③ 假如有些点的距离大于阈值，距离最远的那一点保留，并将原折线分成两段。对两段折线重复上述过程，最后保留下来的点就是经过数据压缩的折线。

(3) 基于栅格的压缩

栅格数据的压缩可以采用游程编码和四叉树编码等方法。

2 空间数据的重分类

当需要进行特定的数据分析时，常常需要先对从数据库中提取的数据作属性的重新分类和空间图形的化简，以构成数据新的使用形式。经过属性的重新分类，相邻的多边形可能具有相同的某一属性，因此，在空间几何图形上，这些多边形的共同边界需要删除。这些多边形之间界限的删除，可以先将相邻多边形分解为边界弧段，删去其中相同的弧段，然后重新组合弧段形成新的多边形。

五、空间数据的内插方法

1 空间数据内插的概念

通过已知点或多边形分区的数据，推求任意点或多边形分区数据的方法称为空间数据的内插。根据已知点和已知多边形分区数据的不同，将空间数据内插分为点的内插和多边形分区的内插。

2 点的内插

点的内插是用来建立具有连续变化特征现象的数值方法。建立数字高程模型的点的内插方法可以分为表3-2所示的几个类型。其建立一般包括数据取样、数据内插和数据精度分析等步骤。

表3-2 点的空间内插法分类

点的 空间 内插	分块内插法	线性内插法
		双线性多项式内插法
		二元样条函数内插法
	逐点内插法	移动拟合法
		加权平均法
		克里金法
整体内插法	N 次多项式拟合法	

(1) 数据取样

数据取样可以先从现有地形图的等高线上进行。当按一定间隔的格网取样时，取一个二次曲线来代表地面相应部分的曲线，而用间隔中点的线性内插值与二次曲线内插值所得的断面高程的差异来判断格网密度是否恰当。高程差异的数值要在数字高程模型精度要求的限度之内，否则要缩短格网间距。对地形变化显著的地方，要辅以地形特征点位数据点，以提高数据点控制地面形态特征的能力。

(2) 数据内插

插值运算是要选择一个合理的数学模型，利用已知点的数据求出插值函数的待定系数。它通常采用局部分块内插法和逐点内插法两种方式。

① 分块内插法

分块内插法是把整个内插空间划成若干分块，并对各分块求出各自的曲面函数来刻画曲面形态。分块内插法分为线性内插法、双线性多项式内插法和二元样条函数内插法等方法。

a. 线性内插法

线性内插法将已知数据点连成三角网的形式，利用三个已知数据点确定三角形形成的空间平面，进而求出内插点在平面中的高程值；

b. 双线性多项式内插法

双线性多项式内插点是在已知数据点规律分布时，使用最靠近内插点的四个已知数据点组成一个四边形，确定内插点的高程；

c. 二元样条函数内插法

二元样条函数内插法是在分块插值区用双三次多项式模拟地表面，测定高程

② 逐点内插法

逐点内插法则是以插值点为中心，定义一个局部函数去拟合周围的数据点，数据点的范围随插值点位置的变化而变化。逐点内插法分为移动拟合法、加权平均法和克里金法。

a. 移动拟合法

移动拟合法是指对每一个待插值点用一个多项式曲面拟合改点附近的表面，进而计算出该点的高程。取待插值点P为圆心，R为半径的圆（称为搜索圆）内各数据点来计算多项式的待定系数，需要考虑采用多大面积范围内的数据点来计算待插值点的数值及选择多少数据点参加计算两个问题，为此采用动态搜索圆的方法，其计算搜索圆的半径R的公式为：

$$\pi R^2 = n \left(\frac{A}{N} \right) \Rightarrow R = \sqrt{\frac{nA}{N\pi}}$$

b. 加权平均法

加权搜索法是移动拟合法的特例，在使用搜索圆寻找附近数据点的方法上和移动拟合法相同，但它在计算数据点的高程时，使用加权平均值代替误差方程求解出的曲面函数。定权时，由于考虑到不同的数据点相对于待插值点的距离不同，对待插值点的高程影响程度不同，一般采用反比距离加权。

c. 克里金法

克里金方法是基于被插值的某要素可以被当做一个区域化的变量来看待的假设，所谓区域化的变量就是介于完全随机的变量和完全确定的变量之间的一种变量，彼此离得近的点之间有某种程度上的空间相关性，而相隔比较远的点之间在统计上看是相互独立无关的。克里金法即建立在一个预先定义的协方差模型的基础上通过线性回归方法把估计值的方差最小化的一种插值方法。

(3) 数据精度分析

数据精度分析是为了有效地判定空间内插结果的精度是否符合实际的要求。根据高程数据精度的评价标准，其允许误差应小于原始数据比例尺等高距的1/3。若符合该条件，即认为所建立的数字高程模型满足精度要求，可以作为数字地形模型分析的依据。

2 区域的内插

(1) 区域的内插的概念

区域的内插是根据一组多边形分区的已知数据来推求同一地区另一组多边形分区未知数据的内插方法。设一组已知数据的分区称为源区，需要内插的另一组分区称为目标区，则根据源区的数据来推求目标区的数据。

(2) 区域的内插的方法。

① 叠置法

叠置法是将目标区叠置在源区上，首先确定两者面积的交集 a 然后利用下式算出目标区各个分区 t 的内插值 v_t

$$v_t = \sum_i \frac{U_i a_{it}}{\sigma_i}$$

式中： t 为目标区各个分区的序号；

s 为源区各个分区的序号;

u_s 为分区 s 的已知统计数据;

a_{ts} 为 t 区与 s 区相交的面积;

σ_s 为 s 区的面积。

② 比重法

比重法是根据平滑密度函数的原理,将源区的统计数据从同性质改变为非同性质,而非同性质代表着一般社会经济现象的普遍特点。比重法的内插算法过程包括:

- 在源区上叠置一张网格,网格尺寸的大小应保证具有足够的内插精度;
- 将源区各个分区的平均人口数赋予相应分区的各个格网点;
- 按公式 $Z_{i,j} = (Z_{i-1,j} + Z_{i+1,j} + Z_{i,j-1} + Z_{i,j+1}) / 4$ 计算相邻的四个格网点的平均值;
- 将各个分区的格网点值相加,设为 U'_s ,计算其系数 $p = U_s / U'_s$,并将各个格网点值乘以 p ,得到调整后的各个分区的格网点值;
- 此过程继续下去,直到 U'_s 与 U_s 的值很相近,或者相应分区的格网点值比较一致时,便可计算目标区的内插值。

六、空间拓扑关系的编辑

拓扑数据结构最重要的特征是具有拓扑编辑的功能,拓扑编辑功能包括多边形连接编辑和节点连接编辑。

1 多边形连接编辑

对多边形 P_1 进行编辑时,算法过程为:

- 从弧段文件中,找出与当前编辑的多边形 P_1 相关的所有记录;
- 在找出的记录中,检查当前编辑的多边形 P_1 所处的位置;
- 从经过代码位置转换的记录中,任取一个起始节点作为起点,顺序连接各个节点,必要时可对记录的前后顺序作调整,使得连接的节点能自行封闭,即 $N_1 \rightarrow N_2 \rightarrow N_3 \rightarrow N_1$ 。

注意,如果依照上述顺序连接的节点不能自行闭合,或者出现记录缺损或记录多余等情况,则表示弧段文件有错,必须改正后才能进行连接编辑。

2 节点连接编辑

对节点 N_2 进行编辑时,算法过程为:

- 从弧段文件中,找出与当前编辑的节点 N_2 相关的所有记录;
- 在找出的记录中,检查当前编辑的节点 N_2 所在的位置:如果 N_2 处在起始节点位置,将之与处于终止节点位置的节点号相交换,同时也将该记录的多边形号位置作相应的交换;反之,如果当前编辑的节点 N_2 处于终止节点位置,则该记录的所有数据项顺序不做改变;
- 从经过代码位置转换的记录中,任取一个左多边形作为起点,顺序连接各个多边形,同样,必要时可对记录的前后顺序作调整,使得连接的多边形能首尾呼应,即: $P_2 \rightarrow P_1 \rightarrow P_4 \rightarrow P$ 。

注意,如果依照上述顺序连接的多边形不能首尾呼应,或者出现记录缺损或记录多余等情况,同样也表示弧段文件有错,必须改正出错的记录。直到所有节点都经过编辑和改正,才能将该弧段文件用于数据库的建立。

3.2 课后习题详解

1 比较空间内插的移动拟合法、局部函数和按距离加权法等。

答：(1) 移动拟合法

移动拟合法是指对每一个待插值点用一个多项式曲面拟合改点附近的表面，进而计算出该点的高程。

(2) 线性内插法

线性内插法是将所有的已知数据点连接成三角网的形式，使用靠近内插点的三个已知数据点，来确定三角网中的一个三角形形成的空间平面，继而求出该内插点在平面中的高程值。

(3) 按距离加权法

按距离加权法是移动拟合法的特例，它在使用搜索圆寻找附近数据点的方法上和拟合法相同，但加权平均法在计算待差值点的高程时，可使用加权平均值代替误差方程求解出曲面函数。权重的计算由于考虑到不同的数据点相对于待差值点的距离不同，对待差值点的影响程度不同，一般采用与距离相关的权函数来计算权重。

2 讨论在空间数据坐标变换中，选择控制点数量及分布的判断标准。

答：若是地图坐标到地图坐标的变换，图面坐标直接在涂面选取，真实坐标按照国家测绘标准，常用的是图廓点坐标，控制点个数与几何变换方法有关，相对较少；若是影像坐标到地图坐标的变换，图面坐标直接从影像上选取明显的像元，真实坐标通过GPS或数字化地图获取，控制点个数与几何变换方法有关，相对较多。一般选取四个角点为控制点，控制点的分布要均匀布满整个区域。

3 试述克里金内插法的基本原理、优点及实施过程。

答：(1) 克里金插值法的原理

克里金插值法又称空间自协方差最佳插值法，它将被插值的莫要素（例如地形要素）当做一个区域化地变量来看待。所谓区域化的变量就是介于完全随机的变量和完全确定的变量之间的一种变量，它随所在区域位置的改变而连续地变化，因此，彼此离得近点之间有某种程度上的空间相关性，而相隔比较远的点之间在统计上看是相互独立无关的。

(2) 克里金插值法的优点

克里金法广泛地应用于地下水模拟、土壤制图等领域，是一种很有用的地质统计格网化方法。该方法在数学上可对所研究的对象提供一种最佳线性无偏估计的方法。它是一种光滑的内插方法，在数据点多时，其内插的结果可信度较高。

(3) 克里金插值法实施过程

① 是利用那些摇摇用来插值的离散点集合建立一个变量图，变量图通常包括两部分，一个是根据实验获得的变量图，另一个是模型变量图。

② 将变量图用来计算克里金方法中的权重。

4 请举几例说明常用的矢量和栅格数据的转换方法。

答：(1) 矢量转栅格

① 内部点扩散法

由多边形内部种子点向周围邻点扩散，直至到达各边界为止；

② 复数积分算法

由待判别点对多边形的封闭边界计算复数积分，来判断两者关系；

③ 射线算法和扫描算法

由图外某点向待判点引射线，通过射线与多边形边界交点数来判断。

(2) 栅格转矢量

栅格数据结构向矢量数据结构的转换即矢量化，其目的是将扫描仪获取的图像栅格数据存入矢量形式的空间数据库，并将栅格数据进行数据压缩，将面状栅格数据转换为由矢量数据表示的多边形边界。有基于图像数据的矢量化和基于栅格数据的矢量化两种形式，具体方法步骤如下：

① 基于图像数据的矢量化

a. 二值化

线画图形扫描后产生图像栅格数据，这些数据是按从0~255的不同灰度值量度的，为将256级不同的灰度压缩到2个灰度形成二值图，要在最大与最小灰度之间定义阈值，根据公式使灰度图像二值化。

b. 细化

细化是消除线画横断面栅格数的差异，使得每一条线只保留代表其轴线或周围轮廓线位置的单个栅格的宽度。细化可分为“剥皮法”和“骨架法”两大类。剥皮法的实质是从曲线的边缘开始，每次剥掉等于一个栅格宽的一层，直到最后留下彼此连通的由单个栅格点组成的图形。

c. 跟踪

跟踪的目的是将细化处理后的栅格数据转换为从节点出发的线段或闭合的线条，并以矢量形式存储线段的坐标。跟踪时，从起始点开始，根据八个邻域进行搜索下一个相邻点的位置，记录坐标，直到完成全部栅格数据的矢量化。

② 栅格数据的矢量化方法

a. 在栅格数据中搜索多边形边界弧段相交处的节点位置，这些节点通常是相邻栅格单元不相同的属性值个数大于等于3的栅格处；

b. 从搜索出的节点里任选一个作为起始跟踪节点，顺着栅格单元属性值不同的两个栅格单元之间进行多边形边界弧段的跟踪，记录每一步跟踪的坐标，直到另一个节点为止；

c. 重复上述过程，做到所有的边界弧段都被生成；

④ 将跟踪得到的弧段数据连接组织成多边形，即完成多边形栅格数据的矢量化。

5 试述GIS空间拓扑关系编辑的功能及具体的编辑算法。

答：(1) 拓扑关系编辑的功能

拓扑数据结构最重要的特征是具有拓扑编辑的功能，拓扑编辑功能包括多边形连接编辑和节点连接编辑，前者指顺序连接组成封闭多边形一组线段的编辑，后者指顺序连接环绕某个节点所有多边形的编辑。

(2) 多边形连接编辑算法

a. 从弧段文件中，找出与当前编辑的多边形 P_1 相关的所有记录；

b. 在找出的记录中，检查当前编辑的多边形 P_1 所处的位置；

c. 从经过代码位置转换的记录中，任取一个起始节点作为起点，顺序连接各个节点，必要时可对记录的前后顺序作调整，使得连接的节点能自行封闭，即 $N_1 \rightarrow N_2 \rightarrow N_3 \rightarrow N_1$ 。

(3) 节点连接编辑算法

a. 从弧段文件中，找出与当前编辑的节点 N_2 相关的所有记录；

b. 在找出的记录中，检查当前编辑的节点 N_2 所在的位置：如果 N_2 处在起始节点位置，将之与处于终止节点位置的节点号相交换，同时也将该记录的多边形号位置作相应的交换；反之，如果当前编辑的节点 N_2 处于终止节点位置，则该记录的所有数据项顺序不做改变；

c. 从经过代码位置转换的记录中，任取一个左多边形作为起点，顺序连接各个多边形，同样，必要时可对记录的前后顺序作调整，使得连接的多边形能首尾呼应，即： $P_2 \rightarrow P_1 \rightarrow P_4 \rightarrow P$ 。

6 请简述仿射变换的原理及其误差纠正的方法。

答：(1) 仿射变换的原理

仿射变换是几何纠正的常用方法，仿射变换后的特性直线变化后仍是直线，平行线变化后仍是平行线，不同方向上的长度比发生变化。仿射变换可以对坐标数据在x和Y方向进行不同比例的缩放，同时进行扭曲、旋转和平移。

(2) 仿射变换误差纠正方法

仿射变换可以对坐标数据在x和Y方向进行不同比例的缩放，同时进行扭曲、旋转和平移，其误差纠正方法的具体实现如下：设 x, Y 为数字化仪坐标， x, y 为理论坐标， m_1, m_2 为地图横向和纵向的长度变化比例，两坐标系夹角为 α ，数字化仪原点 O_1 相对于理论坐标系原点平移了 a_n, b_n 。设

$a_1 = m_1 \cos \alpha, b_1 = -m_1 \sin \alpha, a_2 = m_2 \sin \alpha, b_2 = m_2 \cos \alpha$ ，可求得仿射变换的待定系数 $a_0, a_1, a_2, b_0, B_1, b_2$ 如下：

$$a_1 = \frac{L_{x'x}L_{yy} - L_{x'y}L_{xy}}{L_{xx}L_{yy} - (L_{xy})^2}, \quad a_2 = \frac{L_{x'y}L_{xx} - L_{x'x}L_{xy}}{L_{xx}L_{yy} - (L_{xy})^2}, \quad a_0 = \bar{x}' - a_1\bar{x} - a_2\bar{y}$$
$$b_1 = \frac{L_{y'x}L_{yy} - L_{y'y}L_{xy}}{L_{xx}L_{yy} - (L_{xy})^2}, \quad b_2 = \frac{L_{y'y}L_{xx} - L_{y'x}L_{xy}}{L_{xx}L_{yy} - (L_{xy})^2}, \quad b_0 = \bar{y}' - b_1\bar{x} - b_2\bar{y}$$
$$L_{xx} = \sum x^2 - (\sum x)^2/n, \quad L_{yy} = \sum y^2 - (\sum y)^2/n, \quad \dots$$

7 请简述地图投影的分类及作用。

答：(1) 地图投影的分类

- ① 按地图投影的构成方法可分为几何投影和非几何投影。
- ② 按球面与投影面的几何位置不同可分为正轴投影、横轴投影和斜轴投影；
- ③ 按地图投影变形性质可分为等积投影、等角投影、任意投影。

(2) 地图投影的作用

- ① GIS以地图方式显示地理信息。地图是平面，而地理信息则是在地球椭球上，因此地图投影在GIS中不可缺少。
- ② GIS数据库中地理数据以地理坐标存储时，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；而输出或显示时，则要将地理坐标表示的空间数据通过投影变换转换成指定投影的平面坐标。
- ③ GIS中，地理数据的显示可根据用户的需要而指定投影方式，但当所显示的地图与国家基本地图系列的比例尺不一致时，一般采用国家基本系列地图所用的投影。

3.3 名校考研真题详解

一、名词解释

① 矢量多边形的拓扑关系[南京大学2008年研]

答：矢量多边形的拓扑关系是指图形保持连续状态下变形，但图形关系不变的性质，是明确定义空间结构关系的一种数学方法。它用结点、弧段和多边形所表示的实体之间的关系，不考虑图形元素的具体位置，包括拓扑邻接、拓扑关联和拓扑包含三种类型。

② 空间数据融合[江西师范大学2012年研][江西师范大学2013年研]

答：空间数据融合是指多种数据合成后，不再保存原来的数据，而产生了一种新的综合数据，数字地球的多种数据融合，包括多种分辨率数据，多维数据以及不同类型数据的融合，并且需要将融合得到的数据进行可视化表现，通常是将数据叠加在数字高程模型上，形成三维立体景观影像。实现数字地球中的空间数据融合，需要地理数据互操作以及高速网络的支持。

二、简答题

① WGS84坐标系与高斯坐标系的区别；WGS84坐标转换为高斯坐标。[华东师范大学2015年研]

答：(1) WGS84坐标系与高斯坐标系的区别

① WGS84坐标系是空间直角坐标系，而高斯坐标系是平面直角坐标系；

② WGS84坐标系的坐标原点是地球质心，Z轴指向BIH定义的协议地球极方向，X轴指向BIH定义的零子午面和赤道的交点，而高斯坐标系的X轴是高斯投影面上中央子午线的投影，Y轴是高斯投影面上赤道的投影，坐标原点是两者的交点。

(2) WGS84坐标转换为高斯坐标的方法

① 将WGS84下的空间大地坐标(B、L、H)转换为WGS84下的空间直角坐标(X、Y、Z)；

② 通过七参数转换法，将上述WGS84下的空间直角坐标(X、Y、Z)转换为高斯平面坐标投影之前相应的参考椭球的空间直角坐标(X'、Y'、Z')；

③ 将上述转换后的空间直角坐标(X'、Y'、Z')转换为同一参考椭球下的空间大地坐标(B'、L'、H')；

④ 通过高斯投影正算公式，将上述转换后的空间大地坐标(B'、L'、H')转换为高斯平面坐标(X''、Y'')，即为所求坐标。

② 空间内插法是什么？论述基于点的空间内插法？[西北大学2012年研]

答：(1) 空间数据的内插可以作如下简单的描述：设已知一组空间数据，它们可以是离散点的形式，也可以是多边形分区数据的形式，现在要从这些数据中找到一个函数关系式，使关系式最好地逼近这些已知的空间数据，并能根据该函数关系式推求出区域范围内其他任意点或任意多边形分区范围的值。

(2) 点的内插是用来建立具有连续变化特征现象(例如地面高程等)的数值方法。内插的理论基础在于对空间相关性的认知。空间相关性即对于地理上连续分布的现象，邻近点之间关联性强，较远的点之间关联性弱或者无关。这样才能用未知点附近的已知数据点的的数据，推测未知点处的数据。

第4章 地理信息系统空间数据库

4.1 复习笔记

一、空间数据库概述

1 空间数据库的概念

空间数据库主要是为GIS提供空间数据的存储和管理方法。数据库是数据库系统的简称。完整的空间数据库系统包括空间数据库存储系统、空间数据库管理系统和空间数据库应用系统。

2 空间数据库的组成

(1) 空间数据库存储系统

空间数据库存储系统是GIS在计算机存储介质上存储的与应用相关的地理空间数据的总和，一般是以一系列特定结构的文件的形式存储在硬盘、光盘等存储介质中的。

(2) 空间数据库管理系统

空间数据库管理系统是指能够对介质上存储的地理空间数据进行语义和逻辑上的定义，提供必需的空间数据查询检索和存取功能，以及能够对空间数据进行有效的维护和更新的一套软件系统。

(3) 空间数据库应用系统

空间数据库应用系统是由GIS的空间分析模型和应用模型所组成的软件。通过它不但可以全面地管理空间数据，还可以运用空间数据进行分析 and 决策。

3 数据管理实现的发展阶段

(1) 初级式的管理模式

代表性GIS为ArcInfo的Coverage文件管理模式。其空间分析功能和属性处理功能分别直接调用空间数据文件和属性数据文件进行数据处理；

(2) 混合式的管理模式

代表性GIS为ArcInfo的Coverage文件管理模式。其空间分析功能和属性处理功能分别直接调用空间数据文件和属性数据文件进行数据处理；

(3) 扩展式的管理模式

代表性GIS为ArcInfo的GeoDatabase (SDE)。它是在常规数据库管理系统之上添加一层空间数据库引擎，以获得常规数据库管理系统功能之外的空间数据存储和管理的能力；

(4) 集成式的管理模式

代表性系统为对象-关系数据库。它是直接对常规数据库管理系统进行功能扩展，加入一定数量的空间数据存储与管理功能。

4 空间数据库的设计

(1) 空间数据库设计概述

空间数据库的设计，其实质是将地理空间实体以一定的组织形式在数据库系统中加以表达的过程。数据库系统把相关的数据集合以集成的方法加以组织，使得用户能有效地管理和处理数据。数据库中需要有一些形式化的方法来描述数

据的逻辑结构和各种操作，于是产生了数据模型的概念。建立空间数据库系统数据模型的目的是揭示空间实体的本质特性，并对其进行抽象化，使之转化为计算机能够接受和处理的数据形式。

(2) 空间数据库设计的步骤

GIS空间数据库的设计需要经历一个由现实世界到信息世界，再到计算机世界的转化过程。它包括需求分析、概念设计、逻辑设计、物理设计四个过程，具体如下：

① 需求分析

即用系统的观点分析与某一特定的空间数据库应用有关的数据集合。

② 概念设计

把用户的需求加以解释，并用概念模型表达出来。

③ 逻辑设计

逻辑设计是把信息世界中的概念模型利用数据库管理系统所提供的工具映射为计算机世界中为数据库管理系统所支持的数据模型，并用数据描述语言表达出来。

④ 物理设计

物理设计是指数据库存储结构和存储路径的设计，即将数据库的逻辑模型在实际的物理存储设备上加以实现，从而建立一个具有较好性能的物理数据库。

(3) 空间数据库设计的原则

- ① 尽量减少空间数据存储的冗余量；
- ② 提供稳定的空间数据结构，随用户需要的改变迅速作出相应的回应；
- ③ 满足用户对空间数据的需求，并能高效地提供用户所需的空间数据查询结果；
- ④ 在数据元素间维持复杂的联系，以反映空间数据库的复杂性；
- ⑤ 支持多种多样的决策需要，具有较强的应用适应性。

5 空间数据库的实现和维护

(1) 空间数据库的实现

① 空间数据库实现概述

根据空间数据库逻辑设计和物理设计的结果，在计算机上创建起实际的空间数据库结构，装入空间数据，并测试和运行，这个过程就是空间数据库的实现过程，

② 空间数据库实现过程

- a. 建立实际的空间数据库结构；
- b. 对应用程序进行测试，并检查对数据库存储空间的占有情况；
- c. 装入实际的空间数据，即数据库的加载，建立起实际运行的空间数据库。

(2) 空间数据库运行与维护的工作

- ① 维护空间数据库的安全性和完整性，需要及时调整授权和密码，转储及恢复数据库；
- ② 监测并改善数据库性能，分析评估存储空间和响应时间，必要时进行数据库的再组织；
- ③ 增加新的功能，对现有功能按用户需要进行扩充；
- ④ 修改错误，包括程序和数据。

二、空间数据库概念模型设计

1 概念模型设计概述

概念设计阶段要产生反映GIS需求的数据库概念模型。概念模型必须具备丰富的语义表达能力、易于设计人员交流和理解、易于修改和变动、易于向各种数据模型转换、易于从概念模型导出与DBMS有关的逻辑模型等特点。当前最为普遍采用的概念模型是语义数据模型和面向对象数据模型。

2 语义数据模型

(1) 语义模型的概念

语义数据模型的模型结构是由若干种抽象所组成，用这些抽象来描述空间实体的基本语义特征，再根据语义模型结构规则把这些抽象结合起来形成模型。语义模型通过抽象在空间实体层次上构造模型，形成空间实体类别以及这些类别之间的关联，在基本语义结构被确定后，再加入数据元素。最常用的语义数据模型之一是实体-联系模型（E-R模型）。

(2) E-R模型

① E-R模型的语义概念

a. 实体

实体是对客观存在的起独立作用的事物的一种抽象。在E-R图中，用矩形符号代表实体。实体的命名标注于矩形符号之内。

b. 联系

联系是实体间有意义的相互作用或对应关系，分为一对一的联系（1:1），一对多的联系（1:N）和多对多的联系（M:N）三种类型。联系在E-R图中用菱形符号表示，联系的名称同样标注在菱形符号之内。

c. 属性

属性是对实体和联系特征的描述。每个属性都关联着一个域。属性是用一个椭圆形表示，椭圆中放置属性的名称，属性同实体和联系之间也用线段连接。

② E-R模型设计数据库的步骤：

a. 设计局部的E-R模型

在局部E-R模型的设计中，主要需要完成局部结构范围的确定，定义属性、实体和联系，以及属性的分配等。

b. 设计全局的E-R模型

将所有局部的E-R图合成单一的全局E-R图，即全局的概念模型。

c. 全局E-R模型的优化

优化是为了实现实体类型个数尽可能少，实体类型所含的属性尽可能少，实体类型间联系无冗余三个目的。优化有实体类型的合并、冗余属性的消除、冗余联系的消除三种方式。

3 面向对象的数据模型

(1) 面向对象数据模型的基本概念

① 对象

一个对象就是现实世界中一个事物的模型表达，它具有一个唯一的名称标识，并把自身的状态和内在的功能封装在一起。在面向对象的数据模型中，一个对象的状态是通过域来描述的，可称为私有存储单元。对象的封装性特征在此处表现为它的私有存储单元只能由它自己的功能进行处理。。

② 消息

消息是对象之间相互请求或相互协作的唯一途径，一个对象必须通过向其他对象发送消息的形式使得其他对象提供各自所能实现的功能。属于同一个对象的消息，其中有些是可由其他对象向它发送的，称为公有消息。另外一些则是由它自己向自身发送的，称为私有消息。

③ 类

类是对一组对象的抽象描述，它将该组对象所具有的共同特征集中起来，以说明该组对象的能力和性质。

(2) 继承及类之间的层次关系

① 继承的概念

继承是现实世界中对象之间的一种独特关系，它使得某类对象可以自然地拥有另外一类对象的某些特征和功能。继承性具有减少代码的冗余及通过协调性简化对象类相互之间的接口的双重作用，从对象类的数量上看可分为单继承和多继承两种类型。

② 继承和类的层次关系

类的层次结构是引入类的继承关系而产生的。被继承的类称为超类或基类，继承其他类的类称为子类或派生类。类的层次结构是用于描述和组织事物的一种简单、有效的工具。

(3) 功能重载和多态性

① 重载

即实现特定功能的方法不仅以名称来区分，而且用它所带的参数来区别。

② 多态

多态是指同一个消息可以根据发送消息对象的不同采用多种不同的行为方式。

(4) 概括和聚集

① 概括

概括是指把一组具有相同特征和操作的类归纳在一个更一般的超类中。概括形成的对象类不要求一定是现实中具体存在的对象类，它可以是一种抽象的对象类。

② 聚集

聚集反映了嵌套对象的概念，嵌套对象是由一些其他对象组成的，它是用来描述更高层次对象的一种形式。

(5) 空间数据库对象模型

即运用上述面向对象的概念和方法，建立起GIS中空间数据库的对象数据模型。

(6) ORM图

① ORM的概念

ORM即对象角色建模，是运用面向对象的原理进行数据库概念建模的软件工程方法。它提供了概念性的、易于理解的模型化数据的技术。

② ORM图的概念

ORM图是用图形符号的形式表现对象角色建模的结果。ORM图用对象类型和谓词来表达一个事实。

③ 对象类型

对象类型表示实际对象或概念的类型。对象类型必须以英文名词的形式出现，以大写字母开头，必须具有唯一的定义，且在模型范围内只能被定义一次。对象类型的分类如下：

a. 实体对象类型

实体对象类型是由实际事物组成的对象类型。

b. 值对象类型

值对象类型是由数字或字符串组成的数字类型。值对象类型一般用于说明实体对象类型。

④ 谓词

谓词是描述由对象类型扮演的角色的事实的一部分。每一谓词都分为若干角色。在ORM图中，谓词表示为一个或多个角色框的序列。

三、空间数据库逻辑模型设计

1 关系数据模型

关系数据模型是一种数学化的模型，它把数据的逻辑结构归结为满足一定条件的二维表中的元素，这种表就称为关系。关系的集合构成关系模型。

(1) 关系数据模型的基本概念

① 关系

关系是一个二维表，表的每行对应一个元组，表的每列对应一个域。由于域可以相同，为了加以区分，对每一列起一个名字，称为属性。

② 关键字

关系中的某一属性组的值唯一地标识了一个元组称为候选关键字。若一个关系中有多个候选关键字，则选定一个为主关键字。该关键字的诸属性称为主属性，其余的属性叫做非主属性。

③ 关系模式

关系的描述称为关系模式。它包括关系名、属性名、属性向域的映射及属性间的依赖关系等。属性向域的映射经常直接说明为属性的类型、长度。一个关系模式确定了这个关系的二维表的框架。

④ 关系数据库

关系数据库是指一系列关系的集合。关系数据库有型、值之分。型即数据库的描述，它包括若干域的定义以及在这些域上定义的若干关系模式；值是这些关系模式在某一时刻的关系的集合，由于每个关系均有一个关系模式，因此构成关系数据库的所有关系构成了关系数据库模式。

⑤ 关系完整性

关系的完整性即指关系的正确性、相容性和有效性。关系模型的完整性包括实体完整性、参照完整性和用户自定义的完整性三种类型。其中，实体完整性和参照完整性是关系数据模型必须满足的完整性约束条件。。

(2) 空间数据库关系数据模型的逻辑设计

空间数据库关系模式的构造，即点、线、面等空间实体的特征以关系模式加以表达和组织。关系数据模型设计理论包括数据依赖、范式以及模式设计的方法等内容。

① 数据依赖

数据完整性约束条件对关系中值的限制可分为依赖于值域元素语义的限制及依赖于值的相等与否的限制两类。前者约束的检查主要是由数据库管理系统的完整性子系统完成。后者仅仅取决于两个元组的某些属性的值是否相等。这两种限制统称为数据依赖，而函数依赖则是其中最重要的一种数据依赖。

② 函数依赖

函数依赖表征一个属性或属性集合的值对另一个属性或属性集合的值的依赖性。关系数据模型中的函数依赖主要有主关键字决定关系模式中的非关键字、完全函数依赖、传递函数依赖、多值依赖几种类型。

③ 范式

范式是指关系满足某种规范化的形式。主要的关系范式有：

a. 第一范式 (1NF)

第一范式，即关系中的每个属性必须是原子的、不可分割的数据项。在关系数据库中，若一个关系模式满足1NF，它就是合法的。同时1NF也是其他范式成立的前提条件。

b. 第二范式 (2NF)

第二范式是指关系在满足1NF的基础上，每一个非主属性完全函数依赖于该关系的关键字。即当一个非关键字字段部分地函数依赖于关键字时，就违反了2NF。

c. 第三范式 (3NF)

第三范式是指关系在满足第二范式的基础上，其非关键字属性（即非主属性）既非函数依赖，也不传递依赖于关键字。

d. BC范式 (BCNF)

它是指如果关系模式R是第三范式，且没有一个非关键字属性是完全函数依赖于其他的非关键字属性，则关系模式R称为扩充第三范式的模式，即BC (Boyce Codd) 范式模式。

2 逻辑模型设计

逻辑模型设计的目的是从概念模型导出可以处理的数据库的逻辑结构，这些模式在功能、性能、完整性和一致性约束及数据库可扩充性等方面均应满足用户提出的要求。把E-R图表示的实体-联系模型或ORM图表示的对象角色模型，转换成关系模型。ORM图可以通过映射转换为IDEFIX模型图表达的逻辑模型。

四、空间数据库的物理设计

1 空间数据库的物理设计概念

空间数据库的物理设计，是从一个满足用户信息需求的、已确定的逻辑数据结构出发，研制出一个有效的、可实现的物理数据库结构的过程。物理设计包括结构设计、约束和应用设计等。

2 空间数据库的物理设计步骤

(1) 结构设计

即把数据库逻辑设计的模型映射为关系数据库的物理结构

(2) 完整性措施的设计和建立

根据逻辑设计中提供的对数据库的约束条件，设计建立数据库完整性措施。

(3) 应用设计

应用设计则包括查询设计、人机界面设计、输入/输出格式的设计、代码设计、处理加工设计等。

五、空间数据查询

1 空间数据查询概述

空间数据的查询即根据用户的要求，从数据库中找出符合用户需求的空间数据子集，提供给用户作进一步的处理工作。复杂的空间数据查询功能大致可以分为针对空间关系的查询、针对非空间属性的查询、结合空间关系和非空间属性的查询三类。

2 空间关系查询类型

对空间关系的查询主要是对空间实体间存在的拓扑、顺序、距离、方位等关系的查询，具体分为以下几类：

(1) 点-点查询

查询距离某个点实体一定范围内的其他点实体。

(2) 线-点查询

查询距离某个线实体一定范围内的点实体。

(3) 面-点查询

查询某个面实体范围内的点实体。

(4) 点-线查询

查询距离某个点实体一定范围内的线实体。

(5) 线-线查询

查询与某个线实体相连的其他线实体。

(6) 面-线查询

查询经过某个面实体的线实体。

(7) 点-面查询

查询某点实体被包含在哪一个面实体的内部。

(8) 线-面查询

查询某线实体经过的面实体。

(9) 面-面查询

查询与某面实体相邻的其他面实体。

3 属性数据查询

基于属性信息的查询操作主要是针对非空间的信息的查询。利用SQL，可以在属性数据中方便地实现多种条件的组合查询，找出满足条件的空间实体。

4 空间属性联合查询

空间属性的联合查询是指查询条件中既包括查询空间位置关系，同时又含有查询属性信息要求。

5 空间查询语言

空间数据库查询语言是指从空间数据库中查找出所有满足空间约束条件和属性约束条件的地理实体的算法语言。常规的关系数据库查询语言是SQL。

六、空间数据库索引

1 索引

索引是数据库的一种数据快速查找的机制，通常是由关键字和存储地址组成。关键字标识数据记录，地址表示记录在数据库中的存储位置。空间索引是依据空间实体的位置和形状或空间实体之间的某种空间关系按一定的顺序排列的一种数据结构，其中包含空间实体的概略信息。它通过筛选把大量与特定空间操作无关的空间实体排除，从而提高空间操作的速度和效率。

2 范围索引

范围索引即在记录每个空间实体的坐标时，同时记录每个空间实体的最大和最小坐标。其步骤包括：

(1) 通过一个查询范围查询包含在其中的空间实体时，根据空间实体的最大和最小范围，预先排除那些没有落入查询范围内的空间实体。

(2) 对那些最大和最小范围落在查询范围里的空间实体进行进一步的坐标位置等判断，查询出那些真正落入查询范围内的空间实体。

3 格网空间索引

格网空间索引的基本思想是将区域划分成大小相等的网格，记录每个网格内所包含的空间实体在数据库中的地址。为了便于建立空间索引的线性表，可以将每一个空间网格按顺序进行编码，建立顺序码与空间实体的对应关系。当用户进行空间查询时，首先计算出用户查询所在网格，再在索引表中找到该网格中包含的空间实体，加速了空间实体的查询速度。

4 四叉树空间索引

(1) 定义

四叉树空间索引是将区域进行若干层次的划分，每个层次的划分是将上一层次划分得到的每个区域分成四个相等的子区域，

(2) 判定空间实体位置

判定空间实体包含在哪一层次的哪一个子区域中，则用子区域的编码来记录空间实体，这样就形成了一个四叉树的空间划分。为了便于按次序记录各个子区域，可以将每一个子区域进行线性四叉树的编码，建立起与空间实体的对应关系。四叉树空间索引与格网空间索引相比，其结构灵活、效率更高。

七、空间元数据

1 元数据及其作用

元数据是“关于数据的数据”，它反映了某项数据自身的一些特征。

2 空间元数据

空间元数据是指在空间数据库中用于描述空间数据的内容、质量、表示方式、空间参考和管理方式等特征的数据，是实现地理空间信息共享的核心标准之一。

3 元数据作用

帮助空间数据的使用者查询所需的空间信息，进行空间数据的共享，并进一步处理空间数据。

八、空间数据库引擎

1 空间数据库引擎（SDE）概述

空间数据库引擎是一种间接的使常规的关系数据库支持GIS空间数据类型的存储和空间操作功能的技术方法。

2 空间数据库引擎的工作原理

(1) SDE的体系结构

SDE形成一个三层的体系结构，如图4-1所示。

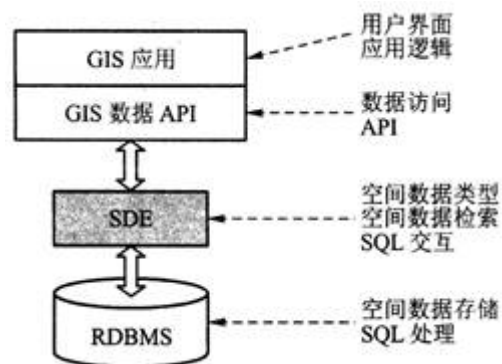


图4-1 SDE的体系结构

(2) SDE的访问模式

GIS用户的应用程序通过SDE的应用编程接口（API）向SDE服务器提出空间数据访问请求，SDE服务器依据空间对象的特点在存储空间数据的关系数据库中完成空间数据的搜索，通常采用SQL方式进行，并将搜索结果向GIS用户的应用程序返回。

(3) SDE支持的空间数据类型

SDE支持矢量和栅格数据在关系数据库中的存储，通常一个空间数据对象可以被分别存储在要素表、索引表、属性表三个关系表中。要素表存储空间对象的坐标数据，索引表存储空间对象的空间索引，属性表则存储空间对象的属性数据。同一个空间对象在三个关系表里的记录用一个共同的要素ID编码联系起来。

九、空间时态数据库

1 空间时态数据库概述

时空GIS是一种四维 (X, Y, Z, T) 或 (S, T) 的信息系统，其中 (X, Y, Z) 或 (S) 表示空间系统，(T) 表示时间，这是一种具有时空复合分析功能的多维信息可视化的系统。时空数据库系统的内容可表现为以下三个主要方面：

(1) 空间时态数据的表达

空间时态数据表达的目的在于建立空间时态一体化数据模型。它涉及时间标志、时态版本的标识、空间变化类型的定义、空间拓扑与时态拓扑以及存取策略等内容。

(2) 空间时态数据的更新

空间时态数据的更新研究空间数据更新的类型、操作方法，更新对时空数据库中空间和时态拓扑的影响，以及拓扑重建等问题。

(3) 空间时态数据的查询

空间时态数据的查询探讨空间时态数据的各种跟踪算法，多维信息的复合、分析、可视化等。

2 时空一体化数据模型

(1) 时间片快照模型

① 时间片快照模型概述

时间片快照模型是用一系列状态对应的地理数据来反映地理现象的时空演化过程，可分为矢量快照模型和栅格快照模型两类。

② 时间片快照模型的优点

① 可以直接在当前的GIS软件中实现。

② 当前的数据库总是处于有效状态。

(2) 底图叠加模型

底图叠加模型的基本思路是首先确定空间数据的初始状态，即底图数据。然后按照适宜的时间间隔记录数据随时间发生的变化。再通过空间叠加操作，利用记录的变化数据来恢复各个时间片的状态数据，每一次叠加则表示状态的一次变化。

(3) 时空合成模型

时空合成模型是在底图叠加模型的基础上提出的，其设计思想是将每一次独立的叠加操作转换为一次性的合成叠加，变化的累积即形成最小变化单元。由最小变化单元构成的图形文件和记录变化历史的属性文件联系在一起，则可以较完整地表达数据的时空特征。

4.2 课后习题详解

1 空间数据库的概念及其组成部分有哪些？

答：（1）空间数据库的概念

空间数据库主要是为GIS提供空间数据的存储和管理方法。数据库是数据库系统的简称。完整的空间数据库系统包括空间数据库存储系统、空间数据库管理系统和空间数据库应用系统。

（2）空间数据库的组成

① 空间数据库存储系统

空间数据库存储系统是GIS在计算机存储介质上存储的与应用相关的地理空间数据的总和，一般是以一系列特定结构的文件的形式存储在硬盘、光盘等存储介质中的。

② 空间数据库管理系统

空间数据库管理系统是指能够对介质上存储的地理空间数据进行语义和逻辑上的定义，提供必需的空间数据查询检索和存取功能，以及能够对空间数据进行有效的维护和更新的一套软件系统。

③ 空间数据库应用系统

空间数据库应用系统是由GIS的空间分析模型和应用模型所组成的软件。通过它不但可以全面地管理空间数据，还可以运用空间数据进行分析和决策。

2 空间数据库的设计有哪些主要的步骤和内容？

答：空间数据库的设计要经历一个由现实世界到信息世界，再到计算机世界的转化过程。具体步骤和内容需求分析、概念设计、逻辑设计及物理设计，如下：

（1）需求分析

即用系统的观点分析与某一特点的空间数据库应用有关系的数据集合；

（2）概念设计

把用户的需求加以解释，并用概念模型表达出来；

（3）逻辑设计

空间数据库逻辑设计的任务是把信息世界中的概念模型利用数据库管理系统所提供的工具映射为计算机世界中数据库管理系统所支持的数据库模型，并用数据描述语言表达出来；

（4）物理设计

数据库的物理设计指数据库存储结构和存储路径的设计，即将数据库的逻辑模型在实际的物理存储设备上加以实现，从而建立一个具有较好性能的物理数据库。

3 语义数据模型中的实体-联系模型的图示中有哪些基本元素？

答：实体-联系模型的基本元素包括实体、联系和属性，各元素含义如下：

（1）实体

实体是对客观存在的起独立作用的事物的一种抽象。在E-R图中，用矩形符号代表实体。实体的命名标注于矩形符号之内。

（2）联系

联系是实体间有意义的相互作用或对应关系，分为一对一的联系（1:1），一对多的联系（1:N）和多对多的联系（M:N）三种类型。联系在E-R图中用菱形符号表示，联系的名称同样标注在菱形符号之内。

(3) 属性

属性是对实体和联系特征的描述。每个属性都关联着一个域。属性是用一个椭圆形表示，椭圆中放置属性的名称，属性同实体和联系之间也用线段连接。

4 什么是关系数据模型？其中的基本概念，如元组、域、属性、关键字、关系模式、关系数据库、关系完整性等的含义分别是什么？

答：(1) 关系数据模型的含义

关系数据模型是将用户对数据的视图与其物理实现分割开来，从而使得关系模型十分有利于数据库的设计。

(2) 基本概念含义

① 元组

元组是关系数据库中的基本概念，关系是一张表，表中的每行（即数据库中的每条记录）就是一个元组。

② 域

表中的列表示属性，叫做域，相当于通常记录中的一个数据项。

③ 属性

属性是对实体和联系特征的描述。

④ 关键字

关系中的某一属性组，若它的唯一地标识了一个元组则称该属性组为候选关键字。

⑤ 关系模式

关系的描述称为关系模式。它包括关系名、属性名、属性向域的映射及属性间的依赖关系等。

⑥ 关系数据库

一系列关系的集合构成一个关系数据库。

⑦ 关系完整性

关系的完整性即指关系的正确性、相容性和有效性。它是给定的关系模型中数据及其联系的所有制约和依存规则，用以限定数据库状态及状态变化，从而保证数据的正确、相容和有效。

5 在关系数据模型设计中，函数依赖和范式的含义是什么？

答：(1) 函数依赖

函数依赖是表征一个属性或属性集合的值对另一个属性或属性集合的值的依赖性。关系数据模型中的函数依赖主要有主关键字决定关系模式中的非关键字、完全函数依赖、传递函数依赖、多值依赖几种类型。

(2) 范式

范式是指关系满足某种规范化的形式称为范式。主要的关系范式有：

① 第一范式 (1NF)

第一范式，即关系中的每个属性必须是原子的、不可分割的数据项。在关系数据库中，若一个关系模式满足1NF，它就是合法的。同时1NF也是其他范式成立的前提条件。

② 第二范式 (2NF)

第二范式是指关系在满足1NF的基础上，每一个非主属性完全函数依赖于该关系的关键字。即当一个非关键字字段部分地函数依赖于关键字时，就违反了2NF。

③ 第三范式 (3NF)

第三范式是指关系在满足第二范式的基础上，其非关键字属性（即非主属性）既非函数依赖，也不传递依赖于关键字，即属于3NF的关系，其非关键字属性之间都是独立的，不存在函数依赖关系。

④ BC范式 (BCNF)

它是指如果关系模式R是第三范式，且没有一个非关键字属性是完全函数依赖于其他的非关键字属性，则关系模式R称为扩充第三范式的模式，即BC范式模式。

6 面向对象数据模型中的基本概念，如对象、消息、类、继承、重载、多态、概括、聚集等的含义是什么？

答：(1) 对象

一个对象就是现实世界中一个事物的模型表达，它具有一个唯一的名称标识，并把自身的状态和内在的功能封装在一起。它具有一个唯一的名称标识，并把自身的状态和内在的功能封装在一起。对象是对现实世界的一种高度的抽象概括形式。在空间数据库中，任何空间实体都可以用对象的形式加以表达。

(2) 消息

消息是对象之间相互请求或相互协作的唯一途径，一个对象必须通过向其他对象发送消息的形式使得其他对象提供各自所能实现的功能。在面向对象的数据模型中，消息是对象之间唯一的通信形式，也就是外界能够引用对象操作及获取对象状态的唯一方式。消息分为公有和私有两类。属于同一个对象的消息，其中有些是可由其他对象向它发送的，叫做称为公有消息。由自己向自身发送的，叫做称为私有消息。

(3) 类

类是对一组对象的抽象描述，它将该组对象所具有的共同特征集中起来，以说明该组对象的能力和性质。类的确定方法是归纳，这就要求在观察问题时，要注意提炼所遇到的对象的共同特征，以确定其类的表达。

(4) 继承

继承是现实世界中对象之间的一种独特关系，它使得某类对象可以自然地拥有另外一类对象的某些特征和功能。继承的分类从对象类的数量上看可分为单继承和多继承两种。

(5) 重载

即实现特定功能的方法不仅以名称来区分，而且用它所带的参数来区别。

(6) 多态

多态是指同一个消息可以根据发送消息对象的不同采用多种不同的行为方式。

(7) 概括

概括是指把一组具有相同特征和操作的类归纳在一个更一般的超类中。例如，多边形对象类是一种特定的空间对象，而弧段对象类也是一种特定的空间对象，空间对象类归纳了多边形对象类和弧段对象类共同具有的一些空间特征，相比之下是更为一般意义上的对象类。

(8) 聚集

聚集反映了嵌套对象的概念，嵌套对象是由一些其他对象组成的，它是用来描述更高层次对象的一种形式。

7 什么是空间数据库索引？主要的空间数据库索引有哪些？

答：(1) 空间数据库索引的概念

索引是数据库的一种数据快速查找的机制，通常是由关键字和存储地址组成。关键字标识数据记录，地址表示记录在数据库中的存储位置。空间索引是依据空间实体的位置和形状或空间实体之间的某种空间关系按一定的顺序排列的一种数据结构，其中包含空间实体的概略信息。

(2) 空间数据索引的主要类型

① 范围索引

范围索引即在记录每个空间实体的坐标时，同时记录每个空间实体的最大和最小坐标。其步骤如下：

a. 在通过一个查询范围查询包含在其中的空间实体时，根据空间实体的最大和最小范围，预先排除那些没有落入查询范围内的空间实体。

b. 对那些最大和最小范围落在查询范围里的空间实体进行进一步的坐标位置等判断, 查询出那些真正落入查询范围内的空间实体。

② 格网空间索引

格网空间索引的基本思想如下:

- a. 将区域划分成大小相等的网格, 记录每个网格内所包含的空间实体在数据库中的地址。
- b. 为了便于建立空间索引的线性表, 可以将每一个空间网格按顺序进行编码, 建立顺序码与空间实体的对应关系。
- c. 没有包含空间实体的网格, 在索引表中不出现其编码。如果一个网格中含有多个实体, 则需要记录多个实体。
- d. 当用户进行空间查询时, 首先计算出用户查询所在网格, 再在索引表中找到该网格中包含的空间实体, 加速了空间实体的查询速度。

③ 四叉树空间索引

四叉树空间索引的基本思想:

- a. 四叉树空间索引是将区域进行若干层次的划分, 每个层次的划分是将上一层次划分得到的每个区域分成四个相等的子区域。
- b. 判定空间实体包含在哪一层次的哪一个子区域中, 则用子区域的编码来记录空间实体, 这样就形成了一个四叉树的空间划分。
- c. 为了便于按次序记录各个子区域, 可以将每一个子区域进行线性四叉树的编码, 建立起与空间实体的对应关系。

8 什么是空间元数据? 空间元数据的作用是什么?

答: (1) 空间元数据的概念

元数据是“关于数据的数据”, 它反映了某项数据自身的一些特征。空间元数据是指在空间数据库中用于描述空间数据的内容、质量、表示方式、空间参考和管理方式等特征的数据, 是实现地理空间信息共享的核心标准之一。

(2) 空间元数据的作用

帮助空间数据的使用者查询所需的空間信息, 进行空间数据的共享, 并进一步处理空间数据。

4.3 名校考研真题详解

一、名词解释

1 分布式GIS [江西师范大学2012年研]

答：所谓分布式就是指数据和程序可以不位于一个服务器上，而是分散到多个服务器，以网络上分散分布的地理信息数据及受其影响的数据库操作为研究对象的一种理论计算模型。分布式有利于任务在整个计算机系统上进行分配与优化，克服了传统集中式系统会导致中心主机资源紧张与响应瓶颈的缺陷，解决了网络GIS中存在的异构、数据共享、运算复杂等问题，是地理信息系统技术的一大进步。

2 关系数据库[南京大学2006研]

答：关系数据库是建立在关系数据库模型基础上的数据库，借助于集合代数等概念和方法来处理数据库中的数据，同时也是一个被组织成一组拥有正式描述性的表格。在一个给定的应用领域中，所有实体及实体之间联系的集合构成一个关系数据库。

二、简答题

1 空间索引的作用是什么？空间数据库管理中有哪些常用的空间索引？ [江西师范大学2014年研]

答：（1）空间索引的作用

空间索引就是依据空间实体的位置和形状或空间实体之间的某种空间关系按一定的顺序排列的一种数据结构，其中包含空间实体的概略信息，如标识码、最小外接矩形以及存储地址。作为一种辅助性的空间数据结构，空间索引介于空间操作算法和空间实体之间，它通过筛选把大量与特定空间操作无关的空间实体排除，从而提高空间操作的速度和效率。

（2）常用的空间索引有

① 范围索引

范围索引即在记录每个空间实体的坐标时，同时记录每个空间实体的最大和最小坐标。在通过一个查询范围查询包含在其中的空间实体时，根据空间实体的最大和最小范围，预先排除那些没有落入查询范围内的空间实体，只对那些最大和最小范围落在查询范围里的空间实体进行进一步的坐标位置等判断，最后查询出那些真正落入查询范围内的空间实体。

② 格网空间索引

格网空间索引的基本思想是将区域划分成大小相等的网格，记录每个网格内所包含的空间实体在数据库中的地址。为了便于建立空间索引的线性表，可以将每一个空间网格按顺序进行编码，建立顺序码与空间实体的对应关系。没有包含空间实体的网格，在索引表中不出现其编码。如果一个网格中含有多个实体，则需要记录多个实体。当用户进行空间查询时，首先计算出用户查询所在网格，然后再在索引表中找到该网格中包含的空间实体，这样一来就加速了空间实体的查询速度。

③ 四叉树空间索引

四叉树空间索引是将区域进行若干层次的划分，每个层次的划分是将上一层划分得到的每个区域分成四个相等的子区域，判定空间实体包含在哪一层次的哪一个子区域中，则用子区域的编码来记录空间实体，这样就形成了一个四叉树的空间划分。为了便于按次序记录各个子区域，可以将每一个子区域按Morton码（或称Peano键）进行线性四叉树的编码，建立起Morton码与空间实体的对应关系。

2 论述遥感技术与处理对地理信息系统空间数据建库的应用。 [西北大学2012年研]

答：遥感是GIS的一个重要数据源和强有力的数据更新手段，能使GIS的活力和应用大大加强并可作为GIS的数据采集子系统。

RS技术具有宏观性、高分辨率、多波谱、多时相、动态性、及时性的特点。它的数字影像处理又是基于图像数据库的操作与管理，经过计算机图像处理技术所获取的大量图形图像信息数据为GIS提供了丰富的信息源，将RS信息应用于GIS，可以大大降低GIS中数据获取的成本，加快数据更新的步伐，为GIS空间数据库的更新或建立动态系统提供动态数据源。

第5章 空间分析的原理与方法

5.1 复习笔记

一、空间分析概述

1 空间分析概念

空间分析是基于空间数据的分析技术，它是以地球科学原理为依托，通过分析算法，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、空间构成、空间演变等信息。

2 空间分析的目的

空间分析的根本目的，在于通过对空间数据的深加工，获取新的地理信息。

3 空间分析的类型

按照空间数据的形式，把空间分析分为：

(1) 矢量数据空间分析，参与空间分析运算的空间数据主要是矢量数据结构。如矢量叠合分析、矢量临近性分析、网络分析等。

(2) 栅格数据空间分析，参与空间分析运算的空间数据主要是栅格数据结构。

按照空间分析框架，将空间分析分为：

(1) 产生式分析，主要有数字地形模型分析、叠合分析、空间临近性分析，网络分析和空间统计分析等。

(2) 查询式分析，主要有空间集合分析和空间数据查询等。

二、数字地形模型分析

1 数字地形模型定义及分类

(1) 定义

数字地形模型（DTM）是指用数字化的形式表达地形信息。

(2) 分类

① DTM在形式上可以分为规则格网（Grid），不规则三角网（TIN）和数字等高线、等深线、地形特征线等。

② 根据属性的内容，DTM又可以分为：① 数字高程模型（DEM）；② 派生的地形模型。

2 地形因子的计算

地形因子包括地形的坡度、坡向、曲面面积、地表粗糙度、高程变异，以及谷脊特征等与地形有关的信息，都可以通过对数字高程模型的计算而获得。

(1) 坡度和坡向计算

① 坡度和坡向的定义

a. 坡度

坡度是水平面与局部地表面之间夹角的角度，也可看成是局部地表面与周围的地表面之间最大的高程变化率。

b. 坡向

坡向是最大高程变化率所在的方向。

② 坡度和坡向计算方法

a. 空间矢量分析法

空间矢量分析法根据矢量的原理，建立数字高程模型每一格网单元的法向量 $\vec{n}_{i,j}$ ，地表格网单元的坡度就是其法向量 $\vec{n}_{i,j}$ 与z轴（高程）之间的夹角。

b. 拟合曲面法

拟合曲面法一般采用二次曲面来拟合局部的地形表面，通常采用3×3的格网来计算中心格网 z_0 的坡度和坡向，如图5-4所示。 z_0, z_1 为各网格点的高程。中心格网点的坡度和坡向可按下式计算

$$\text{坡度}\phi\text{的计算公式 } \phi = \tan^{-1} \left(\sqrt{\phi_x^2 + \phi_y^2} \right)$$

$$\text{坡向}\theta\text{的计算公式 } \theta = \frac{\phi_y}{\phi_x}$$

式中： ϕ_x 是x方向的坡度； ϕ_y 是Y方向的坡度。

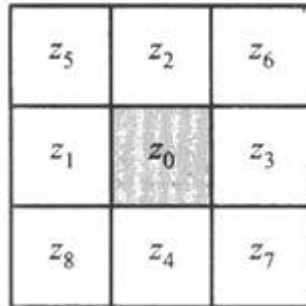


图5-4 3×3地形格网

(2) 曲面面积的计算

① 单元曲面面积 S_{ij} 可以用该单元边的中点所建立的矢量 \vec{a} 、 \vec{b} 确定的法向量 \vec{n} 的模定义，如图5-5所示。其计算公式为

$$S_{i,j} = \left| \vec{n}' \right| = \frac{\sqrt{\Delta y^2 (z_{i,j+1} + z_{i+1,j+1} - z_{i,j} - z_{i+1,j})^2 + \Delta x^2 (z_{i+1,j} + z_{i+1,j+1} - z_{i,j} - z_{i,j+1})^2 + 4\Delta x^2 \Delta y^2}}{2}$$

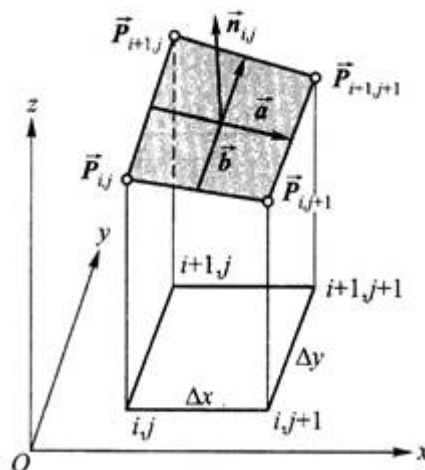


图5-5 曲面单元面积计算

② 另一种计算格网单元表面积的方法是将格网单元分解为两个三角形，分别计算各个三角形的面积。一个三角形的面积可以使用海伦公式：

$$S = \sqrt{P(P - D_1)(P - D_2)(P - D_3)}$$

式中: D_i ($i=1, 2, 3$) 表示第*i*条三角形边的长度; P 是三角形周长的一半。所以有

$$D_i = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}, P = (D_1 + D_2 + D_3)/2$$

(3) 地表粗糙度计算

地表粗糙度是反映地表起伏变化与侵蚀程度的指标。用对角顶点连线与L中点的高差D来表示粗糙度, 如图5-6所示。D越大, 说明单元四个顶点的起伏变化也越大。其计算公式为

$$R_{i,j} = D = \frac{1}{2} |z_{i+1,j+1} + z_{i,j} - z_{i,j+1} - z_{i+1,j}|$$

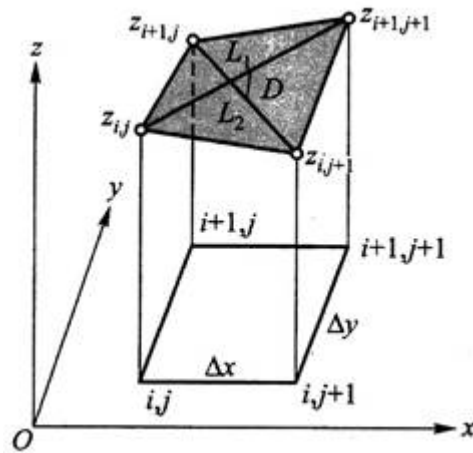


图5-6 地表粗糙度计算

(4) 高程及变异分析

高程分析包括平均高程和相对高程的计算。

① 平均高程

以地表单元网格四个顶点的高程的平均值为该单元的平均高程, 计算公式为

$$\bar{z} = \frac{1}{4} \sum_{k=1}^4 z_k$$

② 相对高程

以地表单元网格顶点的高程 z_k ($k=1, 2, 3, 4$) 与研究区域内最低点高程 z_{\min} 之差的平均值为该单元的相对高程, 计算公式为

$$D_s = \frac{1}{4} \sum_{k=1}^4 (z_k - z_{\min})$$

③ 高程变异

高程变异是反映地表单元网格各顶点高程变化的指标, 它以网格单元顶点的标准差与平均高程的比值来表示, 计算公式为

$$V = \frac{s}{\bar{z}}$$

式中: 标准差

$$s = \left[\frac{1}{4} \sum_{k=1}^4 (z_k - \bar{z})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

(5) 谷脊特征分析

① 沟谷和山脊定义

沟谷即为地势相对最低的点集，山脊为地势相对最高的点集。

② 谷脊分析

通过曲面拟合方法建立地表面单元的曲面方程，然后通过确定曲面上各个插值点的极小值和极大值，以及当插值点在两个相互垂直的方向上分别为极大值和极小值，可以确定出谷点、脊点或鞍点。

地表单元内所有谷点在单元域内的延伸长度累加，便获得单元的沟谷总长度。

沟谷总长度与地表单元面积之比，即为沟谷密度。

沟谷密度的精度随着提取谷脊信息时给定的插值间距的缩小而提高。

地表单元内几个谷点的切割深度的均值即为该单元的沟谷深度值，它以地表单元谷点与最近脊点的平均高差来确定，即

$$VH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (z_{vi} - z_{ri})$$

式中： z_{vi} 为谷点高程值； z_{ri} 为距离该谷点最近的脊点的高程值。

2 地形剖面线计算

(1) 地形剖面线表现的是在地表从一个点出发到另一个点沿途的地形变化情况。通常以横坐标表示平面上的距离，纵坐标表示地形的高度。

(2) 剖面线可以提供地貌形态、通视性等方面的地形特征信息。剖面线的计算可以通过已知的DEM进行，主要是运用插值算法，在剖面上的两点间插值出相应的高程数据。

(3) 计算出剖面线上各点的高程 z_k 和剖面线相邻两点的实际距离 s ，就可以根据选定的垂直比例尺 m_y 和水平比例尺 m_x ，自动计算出所需要地形剖面线，设DEM网格单元的横向和纵向边长为 d_x 和 d_y ，剖面线相邻两点的实际距离 s 可以根据以下公式给出

$$s = \begin{cases} \sqrt{\left(\frac{\Delta x}{\Delta y} \times d_x\right)^2 + d_y^2}, & \Delta x \neq 0, \left|\frac{\Delta y}{\Delta x}\right| - 1 > 0 \text{ 时} \\ \sqrt{\left(\frac{\Delta y}{\Delta x} \times d_y\right)^2 + d_x^2}, & \Delta x \neq 0, \left|\frac{\Delta y}{\Delta x}\right| - 1 < 0 \text{ 时} \\ \sqrt{d_x^2 + d_y^2}, & \left|\frac{\Delta y}{\Delta x}\right| - 1 = 0 \text{ 时} \\ d_x, & \Delta x = 0 \text{ 时} \\ d_y, & \Delta y = 0 \text{ 时} \end{cases}$$

3 DEM的通视分析

(1) 通视分析的定义

通视分析就是利用DEM判断地形上任意两点之间是否可以相互可见的技术方法。通视分析可以用于架设通信基站等的工程设计、旅游景点规划等应用领域。

(2) 通视的判定

① 通视分析可以借助地形剖面线来完成，在任意两点间先生成一条剖面线，再在两点间形成一条直线，判断直线与剖面线是否有交点，若有交点则两点不能通视。

② 若没有交点，还要判断两点高程是否高于剖面线的高程，以此判定两点是否通视。

(3) 通视的类型

通视分析可以分为视线通视分析和视域通视分析。

① 视线通视分析判断任意两点之间的能否通视。

视域通视分析从任意一点出发，判断整个区域内所有其他点的通视状况。视域通视分析的结果是一个二值图，0代表不可见区域，1代表可见区域。

三、空间叠合分析

1 空间叠合分析的概念

(1) 定义

空间叠合分析是指在相同的空间坐标系统条件下，将同一地区两个不同地理特征的空间和属性数据重叠相加，以产生空间区域的多重属性特征，或建立地理对象之间的空间对应关系。

(2) 分类

根据所采用的数据结构的不同，分为基于矢量数据的叠合分析和基于栅格数据的叠合分析两种类型。

2 基于矢量数据的叠合分析

(1) 点与多边形的叠合

点与多边形的叠合是通过确定一个点状空间特征中的点落在另一个多边形空间特征中的哪一个多边形内，以便为每个点赋予新的多边形属性。如图5-7所示。

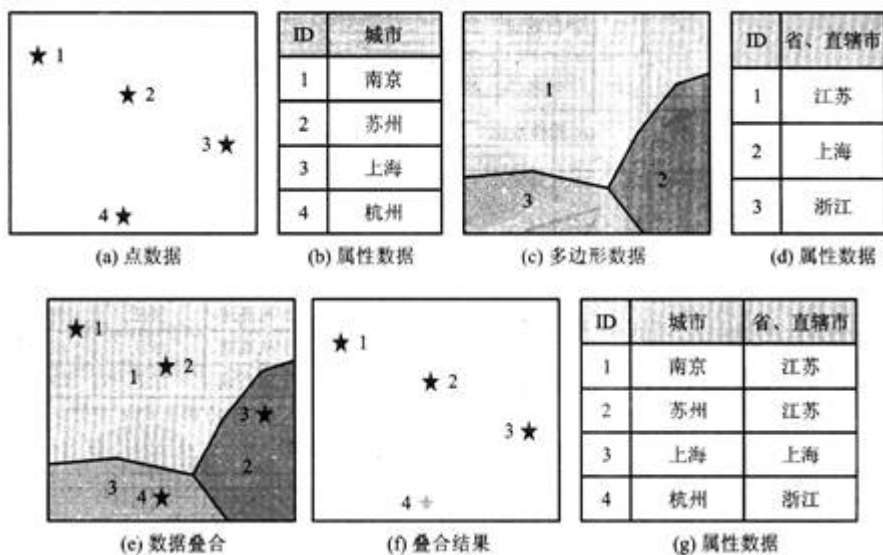


图5-7 点与多边形的叠合示意图

(2) 线与多边形的叠合

线与多边形的叠合是通过确定一个线状空间特征中的线经过另一多边形空间特征中的哪个多边形，以便为线赋予新的多边形属性。

(3) 多边形与多边形的叠合

① 定义

多边形与多边形的叠合是指将两个不同的多边形空间特征数据相重叠，产生新的多边形特征数据，用以解决地理变量的多准则分析、地理特征的动态变化分析，以及图幅要素更新、区域信息提取等。

② 多边形叠合方式

a. Union

将两个不同的多边形数据进行Union叠合，产生新的多边形数据。每一个新的多边形都包含了它所属多边形数据的属性信息。

b. Intersect

多边形的Intersect叠合，输出数据为保留原来两个输入多边形的共同部分。

c. Identity

多边形Identity叠合，输出数据为保留以其中一个输入多边形为控制边界之内的所有多边形。

d. Erase

多边形Erase叠合，输出数据为保留以其中一个输入多边形为控制边界之外的所有多边形。

e. Update

多边形Update叠合，输出数据为一个经删除处理后的多边形与一个新特征多边形。

3 基于栅格数据的叠合分析

(1) 基于栅格数据叠合分析的特点

- ① 参与叠合分析的空间数据为栅格数据结构。
- ② 栅格数据的叠合算法可以有多个空间特征数据参与分析。
- ③ 虽然数据占用存储量比较大，运算过程比较简单。

(2) 栅格叠合分析的条件

要具备两个或多个相同地区的相同行列数的栅格数据，栅格单元的大小也相同。

(3) 栅格叠合分析的结果

得到一个新生成的栅格数据，其中的每一个栅格的数值都是由参与计算的原栅格数据计算得到的，栅格叠合通过计算产生新的空间信息（图5-8）。

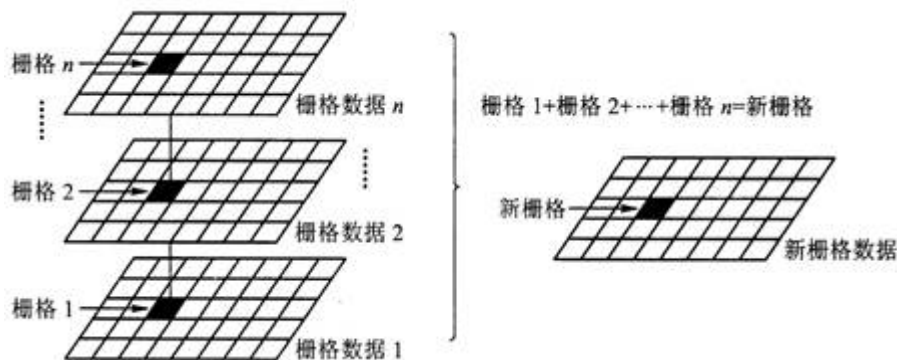


图5-8 栅格叠合分析原理

(4) 栅格叠合分析的方法

通常包括以下的种类，如表5-1所示。

表5-1 栅格叠合分析方法的常用种类

类 栅格单元叠合方法

型	<p>算术运算符：+（加），-（减），*（乘）；/（除）……</p> <p>逻辑运算符：and（与），or（或），xor（异或），not（反）……</p>
数学运算	<p>关系运算符：=（相等），>（大于），<（小于），<>（不等于），≥（大于等于），≤（小于等于）……</p>
类型	<p>栅格单元叠合方法</p>
	<p>指数、对数函数：exp（以e为底的指数），log（以e为底的对数）……</p> <p>算术函数：abs（绝对值），isnull（是否为空）……</p>
函数运算	<p>三角函数：sin（正弦），COS（余弦），tan（正切），arcsin（反正弦），arccos（反余弦）……</p> <p>幂函数：pow（乘方），sqrt（开方）……</p>
统计运算	<p>统计函数：majority（众数），maximum（最大值），mean（平均值），median（中数），minimum（最小值），minority（少数），range（范围），standarddeviation（标准差），sum（总数求和），variety（个数）……</p>

四、空间邻近度分析

1 空间邻近度的定义

空间邻近度描述了地理空间中两个地物距离相近的程度。

2 空间邻近度分析方法

空间邻近度分析通常有空间缓冲区分析和Voronoi多边形分析两种方法。

3 空间缓冲区分析

(1) 空间缓冲区的类型

① 空间缓冲区的定义

空间缓冲区就是地理空间实体的一种影响范围或服务范围。

② 空间缓冲区的分类

- a. 采用栅格方式实现，称为栅格缓冲区；
- b. 采用矢量方式实现，称为矢量缓冲区。

③ 矢量缓冲区的分类

在矢量缓冲区中，可分为基于点特征的缓冲区、基于线特征的缓冲区和基于面特征的缓冲区。

a. 基于点特征的缓冲区是在点特征的周围以点为圆心、按照设定的距离为半径作的圆，相互靠近的圆可以相互重叠，以此表示点特征的影响范围或服务区域。

b. 基于线特征的缓冲区是按缓冲距离在线的两侧作平行线，在线的端点处作半圆与平行线连接成封闭的区域。相互靠近的线的缓冲区可以相互重叠。

c. 基于面特征的缓冲区与线的缓冲区类似，可以在面的外部作缓冲区，也可以在面的内部作缓冲区，同样可以在内外都生成缓冲区。

(2) 矢量缓冲区的建立

① 建立点状实体的矢量缓冲区只需要以点状实体为圆心，以缓冲区距离为半径绘圆即可。

② 线状实体和面状实体缓冲区的建立也是以线状实体或面状实体的边线为参考线，作参考线的平行线，再考虑端点圆弧，即可建立缓冲区。

(3) 栅格缓冲区的建立

栅格缓冲区的生成可以通过两个步骤来实现。

- ① 对需要做缓冲区的栅格单元作距离扩散，即计算其他栅格到需要做缓冲区的栅格的距离。
- ② 按照设定的缓冲区距离提取出符合要求的栅格单元。

(4) 确定空间缓冲区半径的模型

① 线性函数模型

用于当主体对邻近实体的影响度 (F_i) 随比值距离 (r_i) 的增加而呈线性形式衰减时，其表达式为

$$F_i = f_0(1 - r_i), \quad r_i = d_i/d_0, \quad 0 \leq r_i \leq 1$$

② 幂函数模型

用于当主体对邻近实体的影响度 (F_i) 随比值距离 (r_i) 的增大而呈幂函数形式衰减时，幂函数的次数常取2次，其表达式为

$$F_i = f_0(1 - r_i)^2, r_i = d_i/d_0, 0 \leq r_i \leq 1$$

③ 指数函数模型

用于当主体对邻近实体的影响度 (F_i) 随比值距离 (r_i) 的增大而呈指数形式衰减时, 其表达式为

$$F_i = f_0^{(1-r_i)}, r_i = d_i/d_0, 0 \leq r_i \leq 1$$

式中: F_i 为主体对邻近实体的实际影响度;

f_0 为主体自身综合规模指数, 可根据实际情况设定;

d_i 为邻近实体离开主体的实际距离;

d_0 为主体对邻近实体的最大影响距离。

2 Voronoi多边形分析

(1) 原理

① 根据离散分布的已知数据点对研究区域进行划分, 使得划分成的多边形覆盖整个研究区域, 形成一个Voronoi图, 且每一个多边形中仅包含一个已知的数据点。

② 用该已知数据点的数据来表达和分析该多边形内的所有其他数据点, Voronoi多边形分析常常可以用于空间插值计算。

(2) Voronoi多边形的数学定义

$$V(p_i) = \{p \mid d(p, p_i) < d(p, p_j), j \neq i, j = 1, \dots, n\}$$

式中: P_1, P_n 为2维平面空间 R_2 中的有限个已知点;

P 为 R_2 中任意位置点;

$v(p_i)$ 为第 i 个已知点所在的Voronoi多边形;

$d(p_2, P_i)$ 为 P 点到 P_i 点的距离。

(3) Voronoi多边形的特征

① 所有的Voronoi多边形都是凸多边形。

② Voronoi多边形的顶点是相邻已知点构成的三角形外接圆的圆心。

③ 所有这些外接圆的内部不包含已知点。

五、空间网络分析

1 空间网络分析概述

(1) 空间网络分析的定义

空间网络分析是指依据网络拓扑关系, 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分析计算。

(2) 网络的数据结构

网络的数据结构是通常包含两个部分的内容

① 网络数据的几何结构

网络数据的几何结构表示网络的地理分布位置, 可以用矢量数据结构中的点和线来表达。

② 网络数据的拓扑结构

网络数据的拓扑结构表示网络中元素的连接关系。

2 网络图论的基本概念

(1) 图的定义

图论中的“图”是一个以抽象的形式来表达确定的事物以及事物之间是否具备某种特定关系的数学系统或逻辑模型。

(2) 邻接矩阵

在计算机中，图或网络的存储可以采用邻接矩阵的方式。邻接矩阵是存储图或网络的一种方式。设图或网络具有 v 个顶点，则其对应的邻接矩阵 $D=[d_{ij}]$ 是一个 $v \times v$ 阶方阵。若 v_i 和 v_j 邻接，则图的 $d_{ij}=1$ ，网络的 $d_{ij}=v_i v_j$ 的权重。若 v_i 和 v_j 不邻接，则图的 $d_{ij}=0$ ，网络的 $d_{ij}=\infty$ 。

3 计算最短路径的Dijkstra算法

(1) Dijkstra算法的原理

Dijkstra算法是按路径长度递增顺序产生各顶点的最短路径。如图5-8所示，要求从顶点1（源）出发到顶点5的最短路径。结果如表5-2所示。

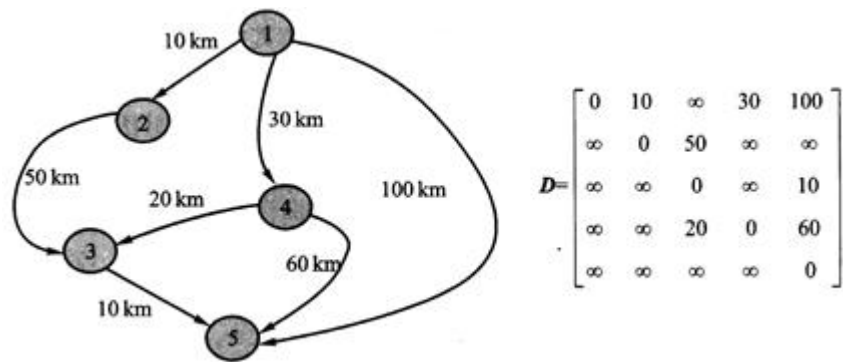


图5-8 Dijkstra算法原理示意图

表5-2 源点1的Dijkstra算法的长度递增生成路径顶点表

中间顶点	终点	路径长度	中间顶点	终点	路径长度
	2	10	4	3	50
	4	30	4, 3	5	60

(2) Dijkstra算法过程

① 设最短距离已确定的顶点集合称为红点集，最短距离尚未确定的顶点集合称作蓝点集。

② 初始时，只有源点的最短距离是已知的，所以红点集包含源点，蓝点集包含其他顶点。

③ 重复以下过程，按路径长度递增顺序产生各蓝顶点的最短路径：在当前蓝点集中选择一个距离最小的蓝点来扩充红点集，以保证算法按路径长度递增的顺序产生各顶点的最短路径。

④ 每扩充一个蓝点到红点集中，则将蓝点集中剩余的蓝点的路径按照新加入的红点作为中间顶点进行修正，一旦加入新红点使得蓝点的路径长度变短，则用变短的路径代替原来的蓝点路径长度。

⑤ 直到蓝点集中只剩下最短距离为无穷大的蓝点，或者所需求的蓝点已扩充到红点集时，算法结束。

5.2 课后习题详解

1 试解释缓冲区分析和叠合分析的概念，并举例说明这两种空间分析方法的用途。

答：(1) 空间叠合分析是指在相同的空间坐标系统条件下，将同一地区两个不同地理特征的空间和属性数据重叠相加，以产生空间区域的多重属性特征，或建立地理对象之间的空间对应关系。

(2) 空间缓冲区就是地理空间实体的一种影响范围或服务范围。在矢量缓冲区中，可分为基于点特征的缓冲区、基于线特征的缓冲区和基于面特征的缓冲区。空间缓冲区分析是指在点、线、面的周围自动建立的一定宽度的多边形区域或带状区。

(3) 空间叠合分析应用于查询和建模问题，也可以很有效的解决插值问题。空间缓冲区分析应用于某一主题对象对邻近对象有一定辐射强度和影响强度的区域。

2 比较缓冲区查询和缓冲区分析的概念。

答：(1) 缓冲区查询和缓冲区分析不是一个概念的两种形式，缓冲区查询属于数据查询，而缓冲区分析属于数据的空间分析。

(2) 缓冲区查询不对原有图形进行分割，只是根据用户需要给出点缓冲、线缓冲或面缓冲的距离，从而形成一个缓冲区的多边形，再根据多边形检索的原理，检索出该缓冲区内的空间地物。缓冲区分析对原有图形进行切割，形成点缓冲、线缓冲或面缓冲的距离，从而获得该缓冲区内的空间地物。

3 设某一实体的影响度 F_i 随距离 r_i 而呈指数函数变化，已知该实体的影响半径为 d_i ，分级指标值为 f_i ，试述对该实体进行缓冲区分析的步骤和方法 ($i=1, 2, \dots, 5$)。

答：略。

4 讨论从数字高程模型 (DEM) 中还可以派生出哪些数字地形数据?

答：高程模型是用一组有序数值阵列形式表示地面高程的一种实体地面模型，是数字地形模型的一个分支，一般认为，数字高程模型是描述包括高程在内的各种地貌因子，如坡度、坡向、坡度变化率等因子在内的线性和非线性组合的空间分布，因此高程模型可以派生出如坡度、坡向、曲面面积等地形数据。

5 试以格网DEM数据为数据源，提取山丘地区的山顶高程信息。

答：(1) 以地表单元网格四个顶点的高程的平均值作为该单元的平均高程。

(2) 地表单元网格顶点的高程与研究区域内最低点高程之差的平均值为该单元的相对高程。

(3) 高程变异是反映地表单元网格顶点高程变化的指标，数字高程模型包括平面位置和高程数据两种信息，可以直接在野外通过全站仪或GPS等进行测量，也可通过航空影像和遥感影像获得。具体采用何种数据源和相应的生产工艺，一方面取决于数据源的可获得性，另一方面也取决于数字高程的分辨率、精度要求、数据量大小和技术条件等技术来源。

6 什么是地图代数，主要存在哪些地图代数的方法?

答：(1) 地图代数是—尺度空间内栅格点集的变化和运算来解决地理信息的图形符号可视化及空间分析的新型理论和方法。

(2) 主要存在基于栅格数据的叠合分析方法。空间叠合分析是指在相同的空间坐标系统条件下，将同一地区两个不同地理特征的空间和属性数据重叠相加，以产生空间区域的多重属性特征，或建立地理对象之间的空间对应关系。

7 什么是Voronoi图，它有哪些主要特性和用途？

答：（1）Voronoi图的定义

Voronoi图是根据离散分布的已知数据点对研究区域进行划分，使得划分成的多边形覆盖整个研究区域，形成一个Voronoi图，且每一个多边形中仅包含一个已知的数据点。

（2）Voronoi图的特征

- ① 所有的Voronoi多边形都是凸多边形。
- ② Voronoi多边形的顶点是相邻已知点构成的三角形外接圆的圆心。
- ③ 所有这些外接圆的内部不包含已知点。

（3）Voronoi图的用途

用该已知数据点的数据来表达和分析该多边形内的所有其他数据点，Voronoi多边形分析常常可以用于空间插值计算。

8 请简述Dijkstra算法及其在GIS最短路径分析中的应用。

答：（1）Dijkstra算法简述

Dijkstra算法是按路径长度递增顺序产生各顶点的最短路径。其算法过程为：

- ① 设最短距离已确定的顶点集合称为红点集，最短距离尚未确定的顶点集合称作蓝点集。
- ② 初始时，只有源点的最短距离是已知的，所以红点集包含源点，蓝点集包含其他顶点。
- ③ 重复以下过程，按路径长度递增顺序产生各蓝顶点的最短路径：在当前蓝点集中选择一个距离最小的蓝点来扩充红点集，以保证算法按路径长度递增的顺序产生各顶点的最短路径。
- ④ 每扩充一个蓝点到红点集中，则将蓝点集中剩余的蓝点的路径按照新加入的红点作为中间顶点进行修正，一旦加入新红点使得蓝点的路径长度变短，则用变短的路径代替原来的蓝点路径长度。
- ⑤ 直到蓝点集中只剩下最短距离为无穷大的蓝点，或者所需求的蓝点已扩充到红点集时，算法结束。

（2）在GIS最短路径分析中的应用

- ① 选择要进行计算的两个节点。
- ② 对这两个节点进行联通分析，即采用宽度优先搜索法快速判断两个节点是否联通，若联通则进行下一步。
- ③ 调用Dijkstra算法，计算两个节点之间的最短路径。
- ④ 通过对计算出来的最短路径树优化处理后生成最终的最短路径树，输出并推出。

5.3 名校考研真题详解

一、名词解释

1 Dijkstra算法 [江西师范大学2012年研]

答：由荷兰计算机科学家狄克斯特拉于1959年提出，是从一个顶点到其余各顶点的最短路径算法，解决的是有向图中最短路径问题。其算法描述如下：① 首先，引入一个辅助向量D，它的每个分量D[i]表示当前所找到的从起始点v（即源点v）到其它每个顶点 v_i 的长度。

② D的初始状态为：若从v到 v_i 有弧（即从v到 v_i 存在连接边），则D[i]为弧上的权值（即为从v到 v_i 的边的权值）；否则置D[i]为 ∞ 。③ 找到从源点v到下一个顶点的最短路径长度所对应的顶点，且这条最短路径长度仅次于从源点v到顶点 v_j 的最短路径长度。④ 一般情况下，假设S为已求得从源点v出发的最短路径长度的顶点的集合，则可证明：下一条最短路径（设其终点为x）要么是弧(v, x)，或者是从源点v出发的中间只经过S中的顶点而最后到达顶点x的路径。

2 空间叠合分析 [西北大学2012年研]

答：空间叠合分析是将代表不同主题的各个数据层面进行叠置产生一个新的数据层面，叠置结果综合了原来两个或多个层面要素所具有的属性。

二、简答题

1 空间叠置分析。[华东师范大学2015年研]

答：（1）定义

空间叠合分析是指在相同的空间坐标系统条件下，将同一地区两个不同地理特征的空间和属性数据重叠相加，以产生空间区域的多重属性特征，或建立地理对象之间的空间对应关系。一般用于搜索同时具有几种地理属性的分布区域。

（2）分类

根据所采用的数据结构的不同，分为基于矢量数据的叠合分析和基于栅格数据的叠合分析两种类型。

① 基于矢量数据的叠合分析根据叠合对象图形特征的不同，分为点与多边形的叠合、线与多边形的叠合和多边形与多边形的叠合三种类型。

② 基于栅格数据的叠合分析常常称为“地图代数”，包含了一系列可以进行叠合分析的计算方法。

2 现有某区域数字高程数据DEM，试回答如下问题：

（1）如要在该区域设置一个军事瞭望哨，该瞭望哨的位置一般应满足什么条件？

（2）如该瞭望哨最适宜点为G，请写出在ArcGIS下求取G点视域通视范围的主要过程。[江西师范大学2014年研]

答：（1）① 建瞭望哨最佳地点应在高处，可视性较好，但海拔又不宜太高。② 通视性好。

求取G点视域通视范围即通视分析，是指以某一点为观察点，研究某一区域通视情况的地形分析。

（2）其主要过程为：

① 首先建立观察点Shape文件。打开Arc Catalog，进入Visibility\If_analysis目录，右键点击new->Shape file，在Name处输入Observation，在Feature Type下拉框选择Point要素。

② 选择坐标系。在Spatial Reference中先择Edit，在Coordinate System中选择WGS-84坐标系，按确定退出Arc Catalog，此时已生成了观察点图层。

③ 选择要分析的观察点。打开Arc Map，加载观察点Observation和格网yld_DEM图层，也可载入地名等其它图层以帮助定位，在Editor工具条中选择Start Editing，选择一个观察点，点击Stop Editing，保存退出，

④ 进行分析。点击Spatial Analysis->Surface Analysis->View shed，在Input Surface项选择yld_DEM图层，在Observer Point项选择Observation图层，生成的图层输出到 Visibility\Results\View shed文件，再载入yld_HillShade图层。显示分析结

果，黄色表示观察点，红色为不可见区域，绿色为可见区域。

⑤ 载入对应SPOT卫星影84为其像图，选择WGS-坐标系，选择控制点进行配准，然后与可视域分析的View shed图层进行视觉叠加，生成可视域效果图，红色部分为可见区域。将结果保存为Analysis_viewshed。mxd文件。

第6章 地理信息系统的应用模型

6.1 复习笔记

一、GIS应用模型概述

1 GIS应用模型分类

(1) GIS应用模型根据所表达的空间对象的不同, 可将模型分成三类:

① 基于理化原理的理论模型

该模型是应用数学方法建立的表达式, 反映地理过程本质的理化规律, 如地表径流模型、海洋和大气环流模型等。

② 基于变量之间的统计关系或启发式关系的经验模型

是通过理化统计方法和大量观测实验建立的模型, 如水土流失模型、适应性分析模型等。

③ 基于原理和经验的混合模型

既有基于理论原理的确定性变量, 也有应用经验加以确定的不确定性变量, 如资源分配模型、位置选择模型等。

(2) 按照研究对象的瞬时状态和发展过程, 可将模型分为静态、半静态和动态三类。

① 静态模型用于分析地理现象及要素相互作用的格局。

② 半静态模型用于评价用目标的变化影响。

③ 动态模型用于预测研究目标的时空动态演变及趋势。

2 GIS应用模型的构建

(1) 应用模型构建包括的过程。

① 目的导向分析

是要解决的问题与专业知识相结合, 从问题开始, 一步步地推导出解决问题所需要的原始数据、精度标准、模型的逻辑结构和方法步骤。

② 数据导向操作

是将模型逻辑结构与GIS技术相结合, 从各类数据开始, 将数据转换成问题的答案, 必要时还需要进行反馈和修改, 直到取得满意的结果, 最后以图形或图表的形式输出最终结果。

(2) 应用模型建模的步骤

① 明确分析的目的和评价准则;

② 准备分析数据;

③ 空间分析操作;

④ 结果分析;

⑤ 解释、评价结果 (如有必要, 返回第一步);

⑥ 结果输出 (地图、表格和文档);

⑦ 准备用于分析的数据;

⑧ 进行空间分析操作;

⑨ 将分析结果以地图和表格的形式打印输出。

(3) 应用模型建模的途径

① 利用GIS系统内部的建模工具

如利用GIS软件提供的宏语言（VBA等）、应用函数库（API）或功能组件（COM）等，开发所需的空间分析模型。

② 利用GIS系统外部的建模工具

如利用MatLab和IDL等。

③ 独立开发实现一个GIS应用软件系统

如MapGIS、SuperMap、GeoStar等软件。

(4) 应用模型建模的方法-制图建模

① 制图建模是通过组合各种空间分析的操作，回答有关空间问题的一个过程。

② 制图建模的结果得到一个应用模型，它是对空间分析过程及其数据的一种图形或符号表示。目的是帮助分析人员组织和规划所要完成的分析过程，并逐步指定完成这一分析过程所需的数据。

③ 制图建模的实现方法采用空间分析流程的逆过程，即从空间分析的最终结果开始，反向分析。

二、土地定级估价模型

1 技术路线

运用GIS建立土地定级估价模型的技术路线如图6-1所示：

将土地定级估价因素数据的获取、因素因子的定量化处理、定级估价单元的确定、分值和参数计算、土地级别评定、级差收益测算等，纳入一个统一的数据流程，实行全数字处理的模式，提高定级估价成果的精度和质量。

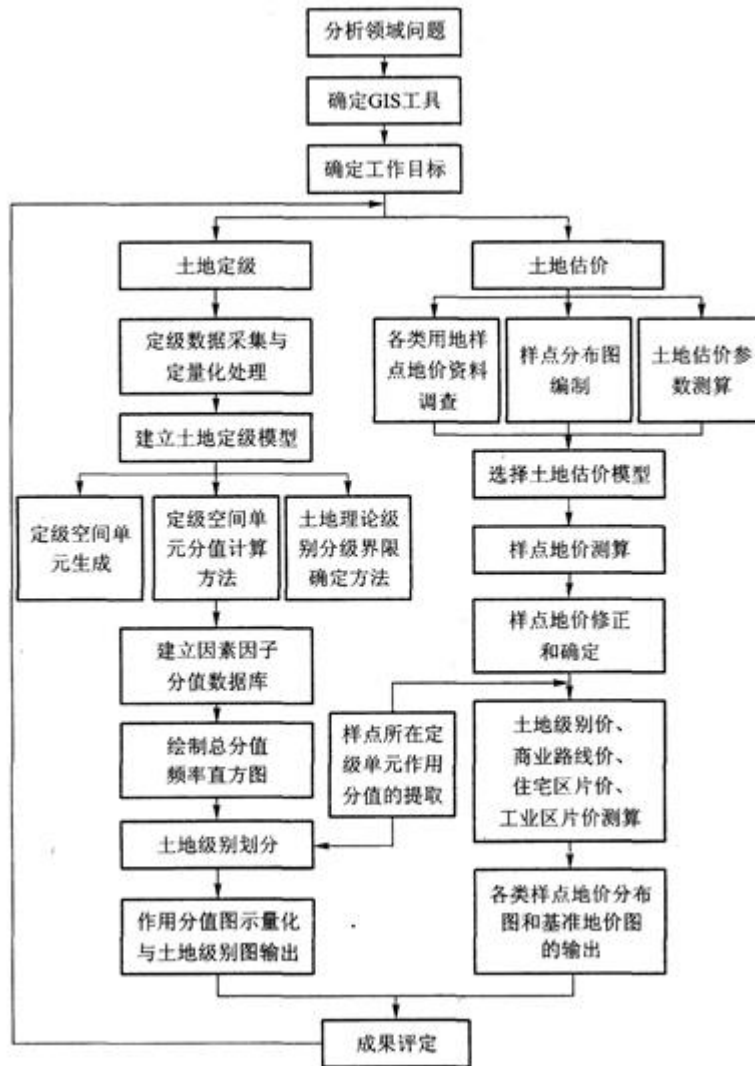


图6-1 土地定级估价的技术路线图

2 土地定级估价模型

(1) 土地估价

土地估价已有成熟的模型和算法，例如收益还原法、市场比较法、成本逼近法、剩余法、基准地价系数修正法等

(2) 建立土地定级模型的内容

① 土地定级空间单元的生成方法

土地定级空间单元可以采用基于栅格的评价单元，其边长一般可选取实地距离为 $10\text{m}\times 10\text{m}$ 的栅格单元。

② 土地定级空间单元分值的产生方法

土地定级的影响因素和因子众多，不同因素和因子的分值产生方法也不相同。根据多年的试验和分析，建立了与各因素、因子关联的GIS空间分析模型和方法。

③ 土地理论级别分级界限的确定方法

a. 将定级区域每个 $10\text{m}\times 10\text{m}$ 栅格作为统计单元，依次计算总分值在 $1\sim 100$ 分之间各分值的栅格个数和频率值，形成定级总分值频率直方图。

b. 根据总分值频率直方图的曲线变化趋势，选用等差分级、标准差分级、等比分级、样本分级、有序聚类分级等方法，由计算机自动分级，最后输出土地级别图。

三、适宜性分析模型

1 适宜性分析概述

(1) 概念

适宜性分析是指土地针对某种特定开发活动的分析，这些开发活动包括农业应用、城市化选址、作物类型布局、道路选线、选择重新造林的最适宜的土地等。

(2) 步骤

- ① 确定具体的开发活动；
- ② 选择其影响因子；
- ③ 评判某一地域的各个因子对这种开发活动的适应程度，以作为土地利用规划决策的依据。

(3) 发展

过去这种适宜性分析一般是采用各个因子间单叠合分析或通过地图覆盖的方法来解决；20世纪60年代后期，逐渐利用以计算机为中心的GIS进行土地利用规划的研究。

2 应用实例

适宜性分析模型的应用及基于GIS的土地评价方法和过程。

(1) 评价对象

通过评价将研究区分出不同的适宜性等级 S_1 （最适宜）、 S_2 （次适宜）、 S_3 （临界适宜）和 N （不适宜）。

(2) 评价方法

采用基于GIS的土地质量评价法，从而评定土地的适宜性等级。

(3) 评价过程

- ① 评价对象条件的调查；
- ② 确定评价对象的影响因素和因子；
- ③ 利用GIS生成影响因素数据；
- ④ 计算各因素的权重和贡献函数值，权重 W_i 的计算方法为：
 - a. 将土地质量按其评价对象重要性的不同，进行由小到大的排序；
 - b. 确定 q_{i+1} 对 q_i 的重要性程度 $V_{i+1,i}$ ，用倍数表示，并令 $V_{10}=1$ ，其结果如表6-1所示；
 - c. 按照下列公式计算各土地质量的权重：

$$W_i = U_i / \sum_{i=1}^m U_i$$

式中， $U_1 = V_{1,0}$ ， $U_2 = V_{2,1} \times V_{1,0}$ ， \dots ， $U_i = V_{i,i-1} \times V_{i-1,i-2} \times \dots \times V_{1,0}$ 所以，和土地质量 q_i ($i=1, 2, 3, 4$) 对应的权重分别为 $W_{1i}=0.67$ ， $W_{2i}=0.17$ ， $W_{3i}=0.08$ ， $W_{4i}=0.08$ 。

表6-1 土地质量重要性比较表

土地质量 Q_i	土地质量重要性比较及取值 $V_{i+1,i}$
$Q_4(Q'_1)$	1($V_{1,0}$)
$Q_3(Q'_2)$	1($V_{2,1}$)
$Q_2(Q'_3)$	2($V_{3,2}$)
$Q_1(Q'_4)$	4($V_{4,3}$)

⑤ 计算机适宜性评级。

四、发展预测模型

1 一般介绍

(1) 发展预测

发展预测是运用已有的存储数据和系统提供的手段，对事物进行科学的数量分析，探索某一事物在今后的可能发展趋势，并做出评价和估计，以调节、控制计划或行动。

(2) 预测方法

预测方法通常分为定性、定量、定时和概率预测。在信息系统中，一般采用定量预测方法。

2 应用实例

(1) 人口预测模型

$$P_t = P_0 e^{(\lambda - \mu)t}$$

式中： P_t 为第 t 年人口数； P_0 为基年人口数； λ 为人口出生率； μ 人口死亡率； t 时间（年份）。

可以得到规划期的人口预测数。

(2) 劳动力预测模型

$$L_{(t)} = LR_{(t)} \cdot L_{(t-1)} + LW_{(t)}$$

式中： $L_{(t)}$ 为第 t 年劳动力状态向量，即 $L_{(t)} = (L'_{18}, L'_{19}, \dots, L'_{60})$ ；

$LW_{(t)}$ 为第 t 年劳动力迁移向量，即 $LW_{(t)} = (LW'_{18}, LW'_{19}, \dots, LW'_{60})$ ；

$LR_{(t)}$ 为劳动力存留系数矩阵，即

$$LR_{(t)} = \begin{bmatrix} r'_{18} & & & 0 \\ & r'_{19} & & \\ & & \ddots & \\ 0 & & & r'_{60} \end{bmatrix}$$

式中：下标18~60表示劳动力的年龄；

r' 代表分年龄层的劳动力存留比率。

可以得到规划期劳动力的预测数。

五、区位选择模型

1 区位选择模型概述

(1) 概念

区位选择是指按照规定的标准，通过空间分析的方法，确定厂址、电站、管线，或者交通路线等的最佳区位或路径。

(2) 区位选择考虑的标准

① 环境标准

如农业土壤分布区、湿地和湖区、文化活动区、国有林区、资源保护区，以及体育场和公园等。

② 工程标准

包括地形条件、土壤的性质、气候因素，以及区域的生态特点等。

③ 经济标准

包括开发成本、供水条件、铁路运输、空气质量等。

(3) 区位选择模型组成阶段

一般建立的区位选择模型分为数据准备阶段、因子研究和综合影响的评价阶段，以及选址分析阶段。

2 数据准备阶段

(1) 在数据准备阶段，要建立专家咨询组，明确选址的要求，选择影响因子，进行区位选择的数据准备。

(2) 根据土地利用数据，进行区位的初步甄别，排除环境的敏感区域和保护区域。

(3) 利用地形图和存储的数据，分别计算影响因子的各个因素向量，各个因素向量按六级分类法，分为无影响、轻微影响、中等影响、重要影响、严重影响和禁止开发。

(4) 输出各个影响因子的分析图，同时建立影响因子的格网数据，提供综合评价和分析。

3 综合影响评价阶段

综合影响评价阶段的任务是按照工程和经济可行性的要求，建立选址条件、综合影响评价的标准和算法。

4 区位选择分析阶段

区位选择分析阶段的任务是实施区位的选择，并对结果进行分析评价。

六、交通规划模型

城市交通规划模型包括城市交通发生量预测、出行分布预测和交通量最优分配三个部分。普通采用的是OD调查的方式。

1 交通发生量预测模型

该模型采用因果分析法，综合考虑影响交通量发生的各因素，用回归分析法构造多因素相关回归方程。

设有 n 个居民小区， m 种出行目的， L 个影响因素。 r_{ij} 是区域 i 居民第 j 类出行目的的出行发生率， x_{ij}^k 是区域 i 居民第 j 类出行目的的第 k 个影响因素。则构造回归方程

$$r_{ij} = a_0 + \sum_k a_k X_{ij}^k, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad k = 1, 2, \dots, L,$$

以及出行交通发生量

$$T = \sum_i \sum_j r_{ij}$$

其中，第 j 种出行目的的交通发生量

$$T_j = \sum_i r_{ij}$$

i 小区的交通发生量即为

$$T_i = \sum_j r_{ij}$$

式中： a_0 ， a_k 由回归分析确定， j 可以取平均每户就业率、到出行目的地的距离、家庭收入水平等。

2 出行分布预测模型

出行分布包括出行方向，出行数量以及出行工具的空间分配，在此主要考虑以居民区为出发点的出行分布情况。设 T_{ij}^k 从 i 居民区到 j 出行目的地用 k 种交通工具的交通量。则一般的出行分布预测模型为

$$T_{ij}^k = A_i B_j O_i D_j f(C_{ij}^k)$$

式中：

A_i 为与 i 居住区有关的比例因子；

B_j 为与 j 区域有关的比例因子；

O_i 为 i 居住区的总出行量；

D_j 为 j 区域的吸引力测度，如用地规模等；

C_{ij}^k 为 i 与 j 区域之间的离散性测定。

$f(C_{ij}^k)$ 是关于 c_{ij}^k 的函数，可以有如下形式： $f(C_{ij}^k) = (C_{ij}^k)^{-2}$ 或 $f(C_{ij}^k) = e^{-\beta C_{ij}^k}$

3 交通量最优分配规划

对于客流，往往采用最短路径算法，以出行距离最小为原则，求出各居住小区到各出行目的地的出行量；

对于货流，一般采用线性规划中的运输模型。

(1) 平衡运输模型与不平衡运输模型

以 X_{ij} 表示待求的从地点 i 到地点 j 的最佳运输量并由模型求解得出。 D_j 表示 j 地点所需要的货物到达量， S_i 表示 i 地点货物可供数量或生产量， C_{ij} 表示从 i 地点运输到 j 地点单位产品运输成本。给出以下约束：

$$\text{生产量约束 } \sum_j X_{ij} = S_i$$

$$\text{消费量约束 } \sum_i X_{ij} = D_j$$

$$\text{目标函数, 总运费最省 } Z = \sum \sum C_{ij} X_{ij} \rightarrow \min, X_{ij} \geq 0$$

由于假定生产量严格地等于消费量，所以称为平衡运输模型。

如果

$$\sum_j X_{ij} \leq S_i$$

$$\sum_i X_{ij} \geq D_j$$

$$Z = \sum \sum C_{ij} X_{ij}$$

即要求全部消费量小于生产量；全部生产量大于消费量，则称为不平衡模型。这是一个线性规划模型。

(2) 交通量分配模型

交通量分配模型是以引力模型为基础的分配模型，建立该模型时需要考虑下述因素：

① 道路功能的合理划分

在城市中，道路按照功能可以分为过境道路、主要交通干道、次干道、主要生活性道路、次要生活性道路、联系区域主干道和过境公路的进出城干道。

② 交通流对速度的要求

为了达到速度要求，可限定交通流方向。如采取单行道等。

③ 道路使用的经济性

应用约束条件充分利用道路及其设施，保证城市道路各尽其能。

④ 对交叉道路流量的限制

由于主干道的交叉路口流量集中而造成堵塞，因此，有必要在模型中对交叉路口各方向的流量做出约束，以保证交叉路口的畅通。

七、地球科学模拟模型

1 概述

(1) 地球科学模拟模型

地球科学模拟模型是应用计算机、数字模拟技术及综合分析的方法来模拟许多地理过程或现象。

(2) GIS方法估算土壤侵蚀量的方法步骤

① 确定土壤侵蚀的数值分析模型，确定影响土壤侵蚀的因子，这些因子必须能够反映不同的土壤性质，不同的坡面形态，不同的植被条件等。

② 选择格网尺寸，建立各个影响因子的栅格数据。

③ 将多种信息加以复合，确定研究地区土壤侵蚀量的各种不同等级，为制订区域的水土保持规划提供依据。

2 确定土壤侵蚀的数值分析模型

通用土壤流失方程

$$A=0.224RKLSCP$$

式中：A为土壤侵蚀量， $k_9 / (m^2 \cdot a)$ ；

R为降雨侵蚀力；

K为土壤可蚀性；

L为坡长；

s为坡度；

c为植被覆盖度；

P为土壤侵蚀控制措施。

3 设计土壤侵蚀数据处理流程

具体的数据处理流程，如图6-4所示。

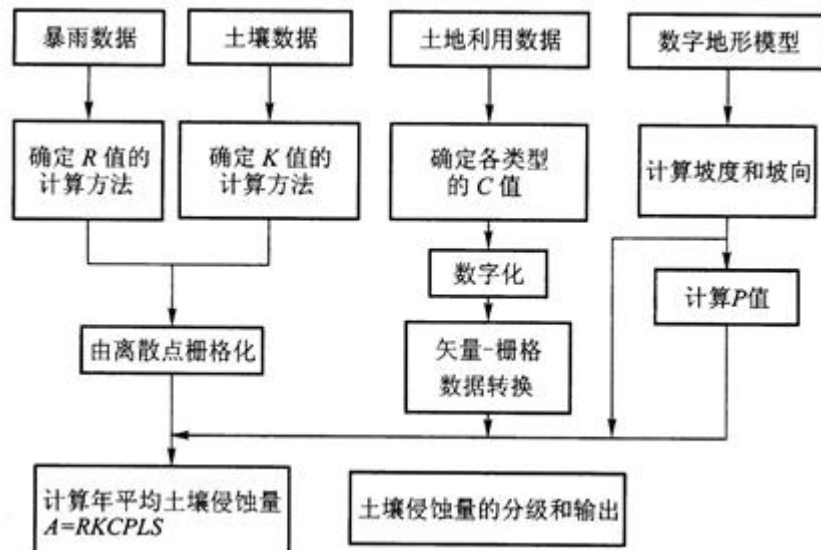


图6-4 土壤侵蚀数据处理流程图

4 土壤侵蚀图的输出

- (1) 根据计算土壤侵蚀贡献的公式，将各网格的土壤侵蚀量换算为土壤侵蚀贡献量。
- (2) 流域内各网格土壤侵蚀量之和等于流域年平均产沙量，并应等于流域出口断面实测的年平均输沙量。
- (3) 在求取流域年平均产沙量前，要提取流域边界，然后将流域边界与土壤侵蚀量的栅格数据进行叠合，结果流域边界外的栅格值均为零，流域内的栅格值被保留，这样计算流域产沙量时不再受流域外数值的影响。
- (4) 将栅格的土壤侵蚀贡献量，按照拟定的分级方法，并且不同等级的贡献量以不同色调的符号表示。
- (5) 如果根据实验区的土地利用方式、土层厚度、土壤性质和降水特点，确定区域的土壤侵蚀容许量。
- (6) 根据区域的年平均土壤侵蚀量减去土壤侵蚀容许量，结果大于零的栅格，表示其土壤侵蚀已超过容许限度，得到土壤侵蚀超限区域分布图。

6.2 课后习题详解

1 结合你的兴趣领域（水土保持、洪水防灾、土地分等定级等），叙述基于GIS的地球科学应用模型的建模步骤和方法。

答：（1）利用GIS的数值分析法来估算土壤水土流失程度。

① 确定土壤水土流失的数字分析模型，根据模型确定影响水土流失的因子，这些因子必须能够反映不同土壤的性质，不同的坡面形态，不同的植被条件。

② 选择格网尺寸，建立各个影响因子的栅格数据。

③ 将多种数据加以复合，确定研究地区土壤流失量的不同等级，为制定区域的水土保持规划提供依据。

（2）应用模型的步骤包括：

① 明确分析目的、评价准则；

② 准备分析数据；

③ 空间分析操作；

④ 结果分析；

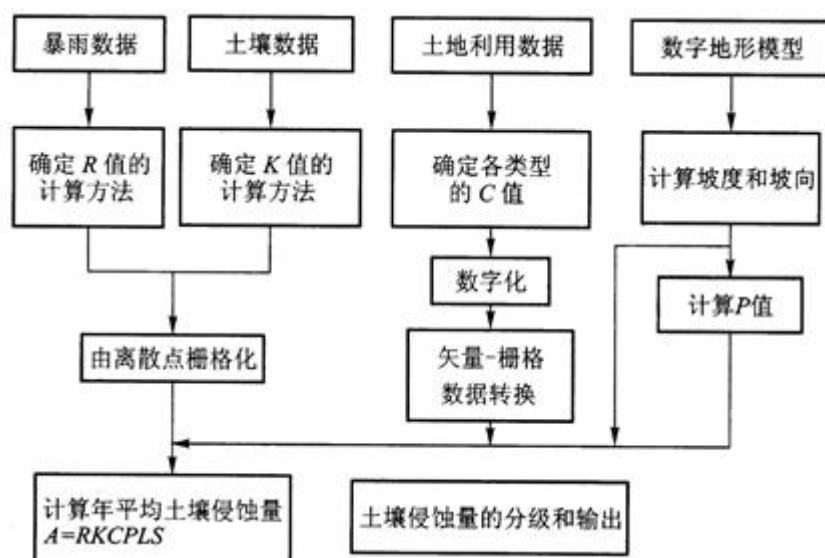
⑤ 解释评价结果。

2 通过应用实例或实际操作过程图，说明在解决地球科学问题中，如何将地球科学知识与GIS的应用过程进行有机结合，并讨论两者之间的相互关系。

答：（1）地球科学是一门研究地球资源、环境演化规律与人类社会活动之间相互作用关系的科学，它寻求人类社会与环境协同演化、持续发展的路径。现在已发展为集自然科学、技术科学与社会科学为一体，由多学科科学体系组成的边缘学科。

（2）地球科学涉及信息的组织、存储、处理及可视化表示，随着地球科学研究的不断深入，地球科学的难度将逐渐增加，地球科学单一的研究方法已不能很好地发挥作用，GIS技术与地球科学相辅相成，相互促进，在相互联系中共同发展。

（3）以研究土壤侵蚀为例，其操作过程图如下：



3 为公园选址，要求该公园的位置必须是从主要公路上容易到达，要减少噪声干扰，同时依山傍水，而且公园的可利用面积最大。试以GIS方法模拟选址分析步骤，设计其数据处理流程图，并说明其有关的操作和算子。

答：(1) 分析目的

确定建立公园的合适区域。

(2) 评价准则

- ① 相对安静（离公路0.2公里之外）且交通方便（离公路0.8公里之内）；
- ② 依附在大小适中的天然河流上，即等级为2的河流才适合建公园；
- ③ 公园选址要避免沼泽地，即土地利用图中非沼泽地的适合建公园。

(3) 所需数据

交通图、水系图（带有分级属性的水系图）、土地利用图。具体步骤：

- ① 对交通图中的公路分别建立0.8,0.2公里缓冲区；
- ② 将两缓冲区进行空间叠置得到公园候选区域-zones3）；
- ③ 通过赋属性再分类，将土地利用图分成沼泽地及非沼泽地两类（1为非沼泽地，0为沼泽地）；
- ④ 合并土地利用图中属性相同的相邻多边形的边界，得到Marsh层；
- ⑤ 将Marsh层和zones进行多边形空间叠置分析（相交分析或裁剪分析），得到zones内的土地利用区域Zmarsh；
- ⑥ 将Stream层与Zmarsh进行空间叠置（相交分析）；
- ⑦ 查询输出所选中的区域。查询“土地利用类型=‘1’”且“河流等级=‘2’”的区域，该区域即为公园建立的候选地址。

4 GIS支持下的建设项目环境管理与分析（选自2000年国产GIS基础软件测评试题）。

背景条件：现有一经济开发区，它由五大功能区组成，各功能区范围地理坐标和允许排污负荷量如表A、表B所示。现在此经济开发区内有两个建设项目（其地理坐标如表c所示），它们的设计排污负荷分别为 $5t / km^2$ 和 $8t / km^2$ 。环境管理审批条件：建设项目通过环境审批的条件是建设项目设计排污量负荷不超过建设项目所占功能区允许排污量负荷之合。

题目要求：

(1) 编制专题地图：

① 开发区功能区图，显示出各功能区的面积、允许排污负荷量（要求有图例）；② 建设项目图，显示建设项目及其与开发区各功能区的空间位置关系。

(2) 输出统计表：

① 建设项目使用开发区各功能区土地面积统计表；② 建设项目在开发区各功能区的排污负荷量统计表；③ 项目审批结果表（表格形式可按环境项目审批条件自行设计）。

(3) 建设项目可行性分析：

对不可行的建设项目，可通过移动其地理坐标，使之满足环境管理审批条件。试给出在地理坐标移动最小的前提下的解决方案。

(4) 构建可完成上述要求（1）、（2）、（3）任务的应用界面，使之能够适用于其他建设项目环境管理。

表A功能区坐标

A区		B区		C区		D区		E区	
x	Y	x	Y	x	Y	x	y	x	Y
0	0	0	6	0	2	2	0	8	0
2	0	4	10	2	2	8	0	10	0

2	2	0	10	6	4	6	4	10	10
0	2	0	6	4	10	2	2	4	10
0	0			0	6	2	0	8	—0
				0	2				

表B各功能区允许排污负荷量

功能区	允许负荷量 / (t·km。2)	功能区	允许负荷量 / (t —km。)
A	2.0	D	5.0
B	8.0	E	10.0
C	6.0		

表C两个新建项目的地理坐标

项目1		项目2		项目1		项目2	
X	Y,	X	1,	X	y	盖	y
1	1	4	6	1	4	4	2
3	1	8	6	1	1	4	6
3	4	8	2				

答: 略。

6.3 名校考研真题详解

简答题

阐述当前电子政务系统的特点及发展趋势，说明GIS如何在电子政务系统中发挥作用。[南京大学2007年研]

答：(1) 电子政务系统的特点

电子政务系统就是用现代信息技术对资源管理和业务或服务流程进行数字化、网络化改造，实现高效、优质的资源管理与服务方式，实现工作方式向协同办公方式转变。根据不同行业、部门的业务特点，要提出共性为基础皆具有个性化特点的电子政务系统整体解决方案，把各个独立的系统有机的结合在一起，克服了信息不能共享、数据孤岛、重复建设、开发周期长、开发风险大的弊端。

(2) 电子政务系统的发展趋势

当前，电子政务系统的发展趋势是完全实现信息互通互享和信息公众服务，其应用主要是以地理信息为载体提供各类电子政务信息服务，真正实现社会化和大众化。

(3) GIS在电子政务系统中发挥作用的方式

① GIS是电子政务的基础地理空间平台

政府办公业务综合资源数据库所涉及的信息是多方面的，需要GIS的地理空间数据。其中，地理空间数据是政务数据、统计数据和专题数据的信息载体和空间定位基础。

② GIS可以为电子政务提供清晰易读的可视化工具

以地理空间数据和社会经济等非空间数据整合为基础的GIS可以通过制作面向应用的专题地图、专题系列地图、多媒体动态电子地图系统、三维显示技术和虚拟现实技术等手段可以为电子政务提供空间辅助分析和决策的可视化平台，从而大幅度提高政府决策活动的质量和效率。

③ GIS赋予电子政务以空间辅助决策的功能

GIS的空间数据与社会经济数据进行融合后，就能实现对非空间数据的空间定位、空间分析(如网络分析，缓冲区分析和叠加分析等)和空间辅助决策。通过空间数据挖掘，可以获得新的信息和知识，从而提高政府机关决策的科学性和时效性。

④ 电子政务需要GIS的技术支持

GIS技术的参与，为电子政务的海量数据管理、多源空间数据(地图数据，航空遥感数据、卫星遥感数据、GPS卫星定位数据、外业测量数据等)和非空间数据的融合、Web GIS技术和自主知识产权软件系统的开发、空间分析、空间数据挖掘和空间辅助决策等提供了技术支撑，从而可提高政府机构的科学决策水平和决策效率。

第7章 地理信息系统的设计与评价

7.1 复习笔记

一、概述

1 GIS分类

GIS按其功能和内容，可分为基础型GIS和应用型GIS。

- (1) 基础型GIS是指如ArcGIS等的GIS软件平台。
- (2) 应用型GIS是指在基础型GIS的基础上，经过二次开发，建成满足专门用户、解决特定实际问题的GIS。

2 应用型GIS特点

具有特定的用户和应用目的，具有为适应用户专门需求而开发的地理空间实体数据库和应用模型，它继承基础型GIS开发平台提供的部分功能，并具有专门开发的用户界面。

二、应用型GIS设计概述

1 系统设计的目的

应用型GIS根据其应用层次的高低，可分为空间事务处理系统（STPS）、空间管理信息系统（SMIS）和空间决策支持系统（SDSS）。

- (1) STPS的主要目的是通过应用GIS的数据库技术，实现由传统的事务处理向计算机处理的转换。
- (2) SMIS的主要目的是实现空间信息管理的高效率、模型开发和空间数据的动态更新，具有数据的查询和统计和专业模型的分析应用等功能。
- (3) SDSS主要用以解决半结构化和非结构化的决策问题，在宏观决策、行业发展规划等领域具有广泛的应用需求。

2 系统设计的模式

修改后的GIS设计模式，如图7-1所示。

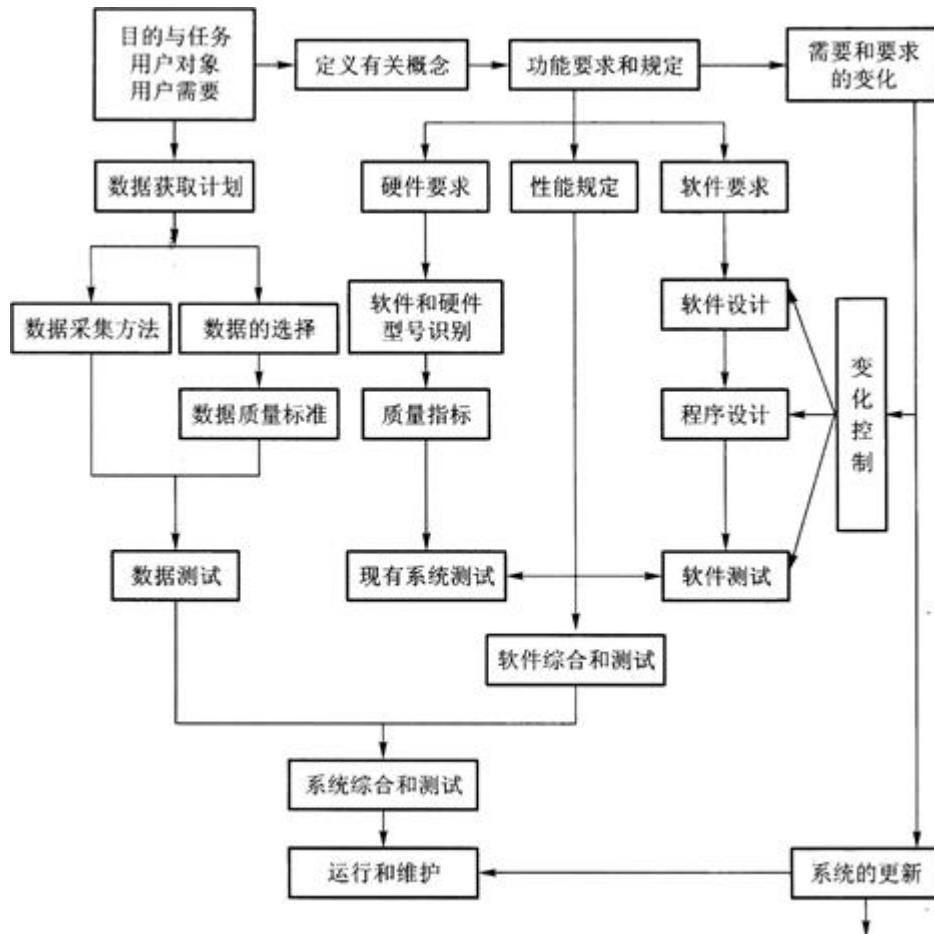


图7-1 结构化的系统评价模式

(1) 该模式的主要设计思想

强调对现有的各个组成部分，包括硬件、软件和数据库，认真深入地评价其满足系统功能的程度，保证所设计系统的实用可靠，以及有效地处理数据等要求。

(2) 该模式采用的设计理论

该模式采用了管理信息系统和软件工程的一些设计理论，包括：

① 目的与任务

每个系统都要对目的和任务作详细的说明，指出该系统的目的，谁是主要的用户，以及如何使用该系统。

② 概念的定义

介绍系统的各个主要组成部分，分别按照输入、输出、主要过程和数据库来说明系统的基本结构，包括主要模块、系统开发的主要资源、主要的限制条件等。

③ 功能的要求

具体说明系统要做什么，对每一种功能要求都要说明，包括功能的技术特征、功能的目的、具体的标准和满足的条件等，包括：

- a. 输入来源；
- b. 格式、数据量、用户；
- c. 功能需要的处理步骤；
- d. 功能成功地实现所需要的条件；
- e. 功能生成的数据。

④ 性能测定

在系统设计过程中，要对各个组成部分分别进行测试，对综合以后的整个系统要进行最后的测试。测试应考虑以下各种条件：

- a. 系统的正常操作条件；
- b. 重点测试，包括最坏情况和极端操作条件；
- c. 逻辑测试，指检查各种可能的逻辑条件；
- d. 线路测试。

3 系统设计的流程

(1) 应用型GIS设计的主要阶段

应用型GIS的设计大致可以分为系统分析、系统设计、系统实施、系统运行与维护四个主要阶段，如图7-2所示。

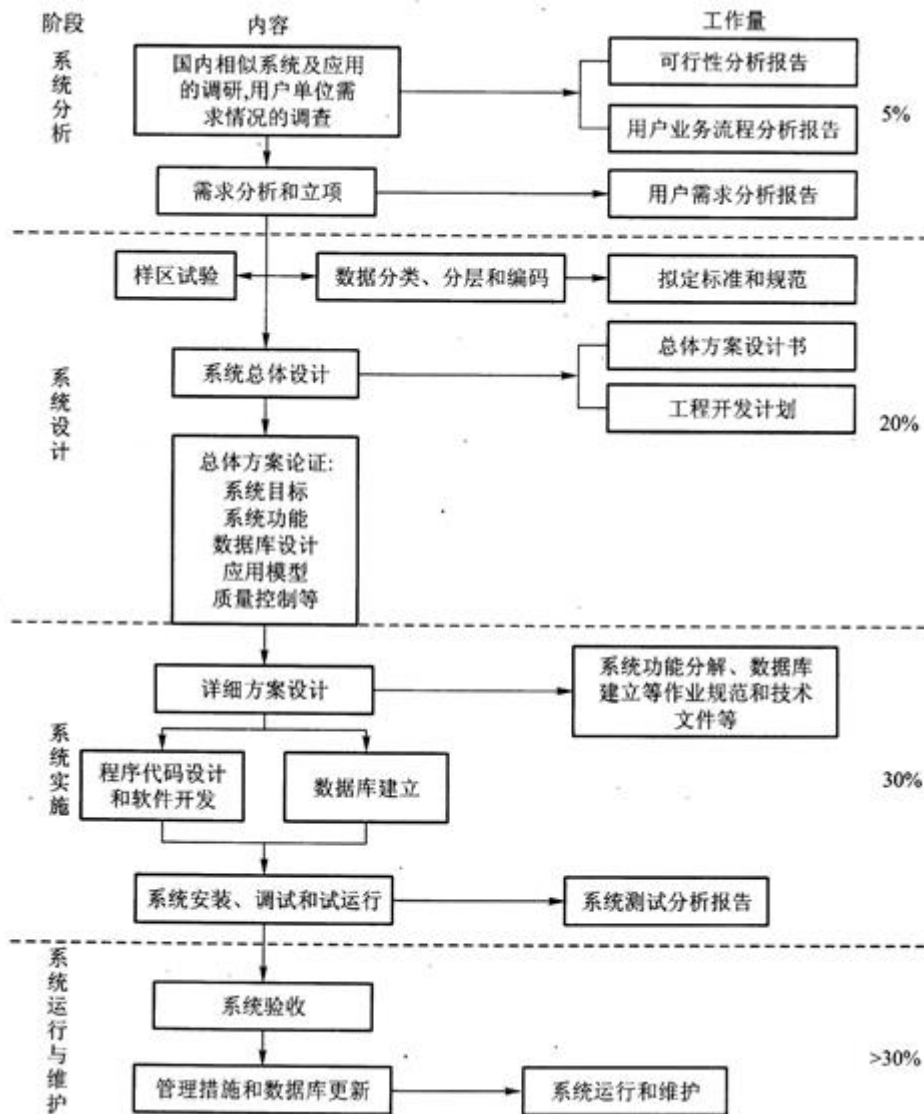


图7-2 地理信息系统设计流程图

(2) 生命周期设计法

系统设计按阶段进行，预先规定每一阶段的开发目标和任务，然后按照一定的准则顺序开发实施。

(3) 原型化设计法

原型化设计法是指根据用户提出的需求，由用户与开发人员共同商定其中的开发目标，系统方案在用户的试用过程中不断完善，最后形成一个质量较高的应用型GIS。

三、地理信息系统的设计

1 系统分析

(1) 基本思想

从系统观点出发，通过对事物进行分析与综合，找出各种可行的方案，为系统设计提供依据。

(2) 任务

对系统用户进行需求调查和可行性分析，最后提出新系统的目标和结构方案。

(3) 用户需求调查

用户需求调查即调查系统用户对开发的GIS系统的功能要求和信息需求情况。具体调查的主要内容有：

① who

谁使用该系统，该系统的用户结构如何，哪些是直接用户，哪些是间接用户，哪些是最终用户，哪些是潜在用户。

② what

新系统是做什么用的，它需要具备哪些功能，它应能解决和处理哪些类型的问题，需要具有哪些设备、资源、数据等。

③ why

为什么需要具有这些功能和条件，具有这些功能以后与常规的业务流程有哪些不同点和优越性等。

④ where

建立新系统所需要的资源从哪里获取，特别是数据资源能否得到保障，以及解决系统硬件和软件的途径等。

⑤ quality

具体的技术指标、性能要求和可靠性要求，例如数据精度、运行速度、系统安全保障机制等，要认真听取用户的意见和要求。

2 系统设计

(1) 总体设计

① 任务

- a. 根据系统研制的目标来规划系统的规模和确定系统的各个组成部分，说明它们在整个系统中的作用和相互关系；
- b. 确定系统的软硬件配置，规定系统采用的技术规范，并做出经费预算和时间安排，以保证系统总体目标的实现；
- c. 撰写系统总体设计方案，作为重要的技术文件提供论证和审批。

② 主要内容

a. 用户需求

阐明系统的用户构成、不同用户对系统的要求、系统应具备的功能等。

b. 系统目标

阐明该系统的应用目标，属于演示系统或运行系统、单机运行系统或分布式运行系统、事务处理系统或信息管理系统等。

c. 总体结构

根据系统功能的聚散程度和耦合程度，将系统划分为若干子系统或功能模块，构成系统总体结构图。

d. 系统配置

指系统运行的设备环境，包括计算机、存储设备、输入和输出设备以及网络等，并说明其型号、数量和内存等性能指标，画出硬件设备配置图。

e. 数据库设计

数据库设计要确定空间数据与属性数据的管理模式，集中式或分布式的建库方案，采用的数据结构类型和数据库管理系统以及数据分类等。

f. 系统功能

第一，数据录入与查询，实时地将普查数据转换为满足地下管线信息系统要求的数据，以保障地下管线的综合管理与应用。

第二，综合查询与统计，提供按图号、道路名、单位名查询任意范围的管线，并统计计算各类管线的长度、面积、体积等。

第三，网络分析和诊断，分析各类地下管线发生事故或故障（如漏水、漏气等）时，影响区域的范围，涉及哪些阀门需要关闭和维修等。

第四，断面生成与分析，断面分析分为纵断面与横断面两种，系统应能生成和分析任意位置和方向的横断面以及生成和分析连续管线的纵断面。

第五，管线工程辅助设计，以国家有关管线工程的最小覆土深度、管线最小水平净距、管线交叉时的最小垂直净距等规范为准则，避免规划管线与现状管线的矛盾和重复设计。

g. 经费和管理

为保证系统开发工作的顺利进行，必须拟定好系统开发计划、系统管理措施、投资经费概算以及最后应提交的成果等。

(2) 详细设计

① 任务

根据总体设计方案确定的目标和阶段开发计划，紧密结合特定的硬件、基础软件和规范标准，进行子系统和数据库的详细设计，用于具体指导系统的开发。

② 主要内容

a. 子系统设计

子系统设计以对用户需求的进一步详细调查为依据，分别完成各个子系统的逻辑结构设计、数据库设计、功能模块设计、用户界面设计等。

b. 数据库设计

包括数据源的分析与选择，数据库分类与分层的确定，数据获取方案的规定，数据编码设计，实体属性表与属性关系的设计，地理定位控制的确定及其他有关问题的规定等。

c. 功能模块设计

详细描述各功能模块的内容，实现的技术和算法，输入输出的数据项和格式等。

d. 用户界面设计

用户界面是人机对话的工具，它与功能模块一一对应，做到各模块之间界面的形式一致，相同功能要用相同的图标显示。

3 系统实施

系统实施是在系统设计的原则指导下，按照详细设计方案的目标、内容和方法，分阶段、分步骤完成系统开发的过程。

(1) 系统硬件和软件的引进及调试

实施过程包括制定软硬件配置方案、网络设计方案、系统软、硬件的试运行等步骤。

(2) 系统数据库建立

包括数据源的选择、数据源的现势更新和处理、数据格式的定义和转换、数据采集方法的确立、数据编辑处理、数据质量控制、建立数据库实体等。

(3) 应用管理系统的开发

指在GIS基础软件的基础上进行二次开发，建立应用管理系统。内容包括利用基础软件提供的开发语言进行编程、应用模块的开发、建立图形符号库、编写用户操作手册等。

(4) 系统测试和联调

系统测试是指利用人工或自动的方法测试和评价各个模块，验证模块是否满足规定的要求，检查设计指标与实际结果是否一致。

(5) 系统验收和鉴定

系统验收的内容包括文档、软件、数据库等。

4 系统运行和维护

(1) 系统运行是指系统经过调试和验收以后，交付用户使用。为了保证系统正常运行，必须要制定并严格遵守操作规则。

(2) 系统维护是为了保证系统正常工作而采取的一切措施和实际步骤。

四、地理信息的标准化

1 地理信息标准化的内容

(1) 统一的名词术语内涵

由于GIS涵盖的学科领域广泛，对许多名词术语在使用和理解上可能存在很大的差异，研究并筛选出与GIS关系密切的名词术语，给出规范的释义和标名，不仅具有理论意义，而且具有使用价值。

(2) 统一的数据采集原则

GIS数据库涉及的数据种类多、数据量大，在数据采集时应遵循统一的数据采集原则。

(3) 统一的空间定位框架

统一的空间定位框架是为各种数据的输入、输出和匹配处理提供共同的地理坐标基础。这种坐标基础可以归化为地理坐标、网格坐标和投影坐标三种坐标系统。

(4) 统一的数据分类标准

数据分类的目的是为了计算机存储、编码、检索等的需要。分类体系划分是否合理，直接影响到GIS数据的组织、系统间数据的连接、传输和共享，以及GIS产品的质量。

(5) 统一的数据编码系统

① 凡国家已施行的编码规范和标准，均按国家规定的执行。

② 科学编码系统的设计必须可靠地识别数据信息的分类，以较少的代码提供丰富的参考信息。

③ 编码不宜过长，一般为4~7位，以减少出错的可能性和节省存储空间。

④ 编码标准化，其内容包括统一的码位长度、一致的码位格式和明确的代码含义。

(6) 统一的数据组织结构

数据结构是地理实体的数据组织形式及其相互关系的抽象描述。描述地理实体的空间数据应包含空间位置、拓扑关系和属性三个方面的内容。

(7) 统一的数据记录格式

① 数据记录格式的定义

数据记录格式是指GIS的原始数据和输出数据在磁性介质内的记录方式，对不同来源和不同形式的数据，都必须按照标准的记录格式记录，以保证系统对各种数据信息或资源的接纳、处理和共享。

② GIS采用的数据记录格式分类

GIS采用的数据记录格式包括矢量、影像和格网三种空间数据及其元数据的记录格式，其数据类型及文件名后缀如表7-1所示。

表7-1 空间数据记录格式的文件名后缀

数据类型	文件名后缀	数据类型	文件名后缀
矢量数据	.VCT	格网数据	.GRD
影像数据	.TIF/.BMP	元数据	.MAT
影像数据的附加信息	.IMG		

③ 空间矢量数据交换文件组成

空间矢量数据交换文件由四部分组成：

a. 文件头

它包含了该文件的基本特征数据，如图幅范围、坐标维数、比例尺等。

b. 地物类型参数及属性数据结构

地物类型参数包括地物类型代码、地物类型名称、几何类型、属性标名等。属性数据结构包括属性表定义、属性项个数、属性项名、字段描述等。

c. 几何图形数据及注记

图形数据包括目标标识码、地物类型码、层名、坐标数据等。注记包括字体、颜色、字形、尺寸、间隔等。

d. 属性数据

包含属性表、属性项等。

(8) 统一的数据质量含义

GIS数据质量是指该数据对特定用途的分析、操作和应用的适宜程度。其具体的含义包括：

① 数据完整性

包括要素的完整性和属性的完整性，可用非定量的方法进行评定。

② 数据一致性

包括逻辑的一致性和拓扑的一致性，可用非定量或定量的方法进行评定。

③ 位置精度

包括绝对精度、相对精度、像元位置精度、性状的相似性等。

④ 时间精度

主要指数据的现势性，可用数据采集时间和数据更新的时间和频度来表示。

⑤ 属性精度

指连续值、有序值、标准值的精度等，包括要素分类与代码的正确性、要素属性值的正确性，通常用非定量的方法表示。

2 地理信息标准化的制定

(1) 目前正在制定标准和规范的重要单位

① ISO / TC211, 国际标准化组织、TC211专题组；

② FGDC, 美国联邦地理数据委员会；

③ CEN / TC287, 欧洲标准化委员会;

④ OGC, 美国Open GIS委员会;

⑤ MEGRIN, 欧洲地图事务组织;

⑥ CGSD, 加拿大标准委员会。

(2) 结构化的标准

① 框架和参考模型, 包括地理信息的参考模型、综述、概念图解语言、术语、一致性测试等项目。

② 地理空间数据模型和算子, 包括地理信息的空间算子、空间子模式、时间子模式、应用模式规则等项目。

③ 地理空间数据管理, 包括地理信息的分类、大地参考系统、间接参考系统、质量、质量评价方法、元数据等项目。

④ 地理空间数据服务, 承担地理信息的空间定位服务、地理信息描述、编码、服务等项目。

⑤ 专用标准, 目前只包括专用标准一个项目。主要任务是确定在ISO / TC211制定的全部标准的基础上, 针对某项具体应用, 提取出专用标准子集的方法和参考手册。

五、地理信息系统的评价

(1) 系统评价的定义

系统评价, 是指将运行着的系统与预期目标进行比较, 考察是否达到了系统设计时所预定的总体目标、功能需求及技术和经济指标。

(2) 系统评价的审议和考核项。

① 系统效率

GIS的各种智能指标、技术指标和经济指标均是系统效率的反映。

② 系统可靠性

可靠性即指系统在运行时的稳定性, 一般很少发生事故, 即便发生也能很快修复。

③ 可扩展性

系统的开发是从简单到复杂不断完善的过程, 一个系统建成后, 要使在现行系统上不做大改动或不影响整个系统结构, 就可在现行系统上增加功能模块, 这就必须在系统设计时留有接口。

④ 可移植性

有价值的GIS的软件和数据库, 不仅在于它自身结构的合理, 而且在于它对环境的适应能力, 即它们不仅能在一台机器上使用, 而且能在其他型号设备上使用。

⑤ 系统的效益

系统的效益包括经济效益和社会效益。

7.2 课后习题详解

1 试述应用型GIS开发的过程和方法，并比较原型法和生命周期法设计的特点。

答：(1) 过程

系统分析、系统设计、系统实施、系统运行与维护；

(2) 两种设计方法及其特点

① 生命周期设计法

如果系统设计按阶段进行，预先规定每一阶段的开发目标和任务，然后按照一定的准则顺序开发实施；其特点有：

a. 严格分阶段进行，便于组织管理 b. 系统开发过程比较长 c. 新系统效果的可见性差 d. 最终用户的反馈比较迟 e. 不容易把握用户需求的变化；

② 原型设计法

根据用户需求由用户与开发人员共同商定开发目标，设计初步方案，在较短时间内开发出一个能满足用户基本需求的初步原型或系统雏形，交用户使用，经一段时间运行，根据用户意见对原型加以修改或填充，如此反复进行，最终形成一个比较完善和质量较高的应用型GIS；

其特点有：a. 用户能积极的产于新系统的设计实现 b. 开发人员及时获取用户反馈意见 c. 能更快看到系统的实际效果 d. 系统的开发的风险降到最低。

2 试以城市地下管网信息管理为例，简述建立运行GIS的步骤和方法。

答：数据采集处理；功能需求调研；GIS平台选型；开发风险预研；功能开发；集成测试；交付。

3 以实例说明GIS用户界面的基本类型及设计方法。

答：用户界面是人机对话的工具，它与功能模块一一对应，做到各模块之间界面的形式一致，相同功能要用相同的图标显示。界面可以分为若干层，便于逐层调用。根据功能模块的不同，可以分别采用菜单式、命令式或表格式的界面。所有界面应体现以人为本的原则，做到界面友好、美观，并随时提供丰富的帮助信息，使用户易懂、易学、易掌握。

4 试述GIS工程文档的分类及内容，并以某项目为例，拟定其可行性研究报告大纲。

答：略。

5 为什么制定GIS标准化的工作日益受到关注？目前正在从事这项工作的国际组织有些？

答：(1) 随着信息革命在全球的兴起，地理信息标准化的工作日益受到关注。主要是因为GIS标准化有益于促进空间数据的交换（数据是GIS的处理对象，由于地理数据自身的复杂特点，造成GIS技术研究和应用的许多共性问题，这些问题如果没有标准参考，会对数据质量，数据库设计，数据产品测评造成影响），促进空间数据共享（共享和交换永远是GIS技术追求的最高目标，共享目标的实现同样需要一系列技术标准作为约束）和促进软件的共享（数据工程规范和标准和提高软件开发效率，共享软件成果的保证）。

(2) 目前这项工作的国际组织有：

① ISO/TC211、贵俄及标准化组织TC211专题组

② FGDC,美国联邦地理数据委员会

③ CEN/TC287, 欧洲标准化委员会

④ OGC, 美国Open GIS委员会

⑤ MEGRIN, 欧洲地图事务组织

⑥ CGSD, 加拿大标准委员会。

6 制定地理信息标准化为什么要采用结构化的方式? 试对本书表7-2的内容提出补充或修改意见。

答: 略。

7.3 名校考研真题详解

本章暂未编选名校考研真题，若有最新真题会及时更新。

第8章 地理信息系统产品的输出设计

8.1 复习笔记

一、地理信息系统产品的输出形式

1 地理信息系统产品及其类型

(1) 按输出的载体类型分类

① 常规地图

常规地图通常是指印刷在纸张、塑料薄膜等材质载体上的地图，它主要是以线画、颜色、符号和文字注记等表示地形地物。

② 数字地图

数字地图是以计算机为存储和显示载体的地图形式，其核心是以数字形式记录和存储地图数据。与常规地图相比，数字地图有以下几个优点：

- a. 数字地图的存储介质是计算机磁盘、光盘等，其信息存储量大、体积小，易于携带和通过网络进行传输；
- b. 数字地图可以在计算机软件的支持下借助高分辨率的显示器实现地图的无级缩放、漫游等显示和信息的动态选择、查询、量算等功能；
- c. 数字地图便于与遥感信息和GIS空间数据相结合，实现地图的快速更新。

(2) 按输出的内容和形式分类

① 全要素地形图

全要素地形图在内容上通常全面地表达地理要素，采用统一的坐标系统，统一的地图投影和分幅编号，统一的比例尺系统，统一的编制规范和图式符号，是编制各类专题地图的基础。

② 各类专题地图

专题地图是突出表现一种或几种自然或社会经济要素的地图，主要由地理基础和专题内容两部分组成。

③ 遥感影像地图

在对遥感图像进行纠正的基础上，按照一定的数学法则，运用特定的地图符号，综合表示地面特征，可以将遥感图像编制成遥感影像地图，具有遥感图像和地形图的双重优点。

④ 统计图表与数据报表

统计图表和数据报表可以用来表示属性数据，反映其地理对象的数量、特征和性质等。

2 网络地图和数字地球

(1) 数字地球

数字地球是一种基于因特网的嵌入海量数据的多分辨率的真实地球的三维表现。数字地球的核心思想有两点：

- ① 用数字化手段统一处理地球问题。
- ② 通过网络最大限度地利用地球信息资源。

(2) 网络地图

网络地图是在因特网上以数字形式表达真实地球的图形，将成为数字地球的基础。

二、地理信息系统图形输出系统设计

1 图形坐标系与颜色模型

(1) 图形坐标系

① 地球表面的世界坐标系

a. 世界坐标系

空间一般为实数域，理论上是连续、无限的。

b. 大地坐标系

大地原点是大地坐标的起算点，大地坐标采用由大地测量方法决定的大地纬度 (B) 和大地经度 (L) 。

② 输出设备的物理坐标系

在设计、描述图形对象时，用户使用的通常是对象所在的世界坐标系。在图形输出时，往往使用与设备物理参数有关的设备坐标系。设备坐标系是物理设备的输入 / 输出空间。因此，设备坐标系又称为物理坐标系。每一种图形设备都有其特定的设备坐标系。

(2) 颜色模型与颜色空间

颜色模型就是对需要输出的不同色彩使用一种坐标进行定义。常用的包括

① RGB颜色模型

RGB颜色模型是工业界的一种颜色标准，是通过对红、绿、蓝三个颜色通道的变化以及它们相互之间的叠加来得到各式各样的颜色，称为加色法。如图8-1所示。

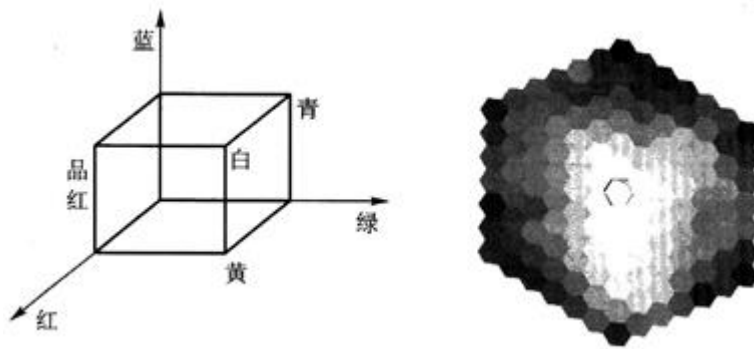


图8-1 RGB颜色立方体

② CMYK颜色模型

CMYK颜色模型是以红、绿、蓝的补色青 (cyan)、洋红 (magenta)、黄 (yellow) 为原色再加上黑色 (key) 构成的颜色模型，又称为减色法。青色、洋红和黄色又称为颜料的三原色，CMYK是专门针对印刷业设定的颜色标准。如图8-2所示。

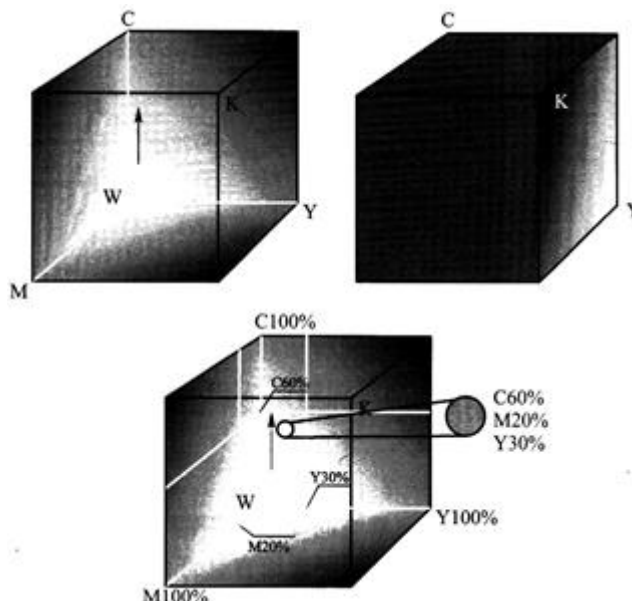


图8-2 CMYK颜色模型

③ HSV颜色模型

HSV颜色模型是面向用户的。HSV模型对应于圆柱坐标系的一个圆锥形子集。色调H由绕V轴的旋转角给定，每一种颜色和它的补色相差180°。色饱和度S和亮度V取值均从0到1，由圆心向圆周增加。如图8-3所示。

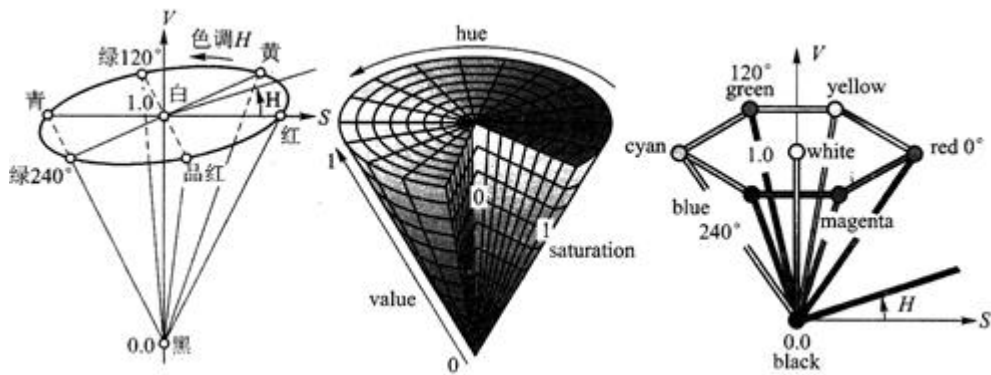


图8-3 HSV颜色模型

(3) GIS图形数据结构与数据库

① 二维矢量图形结构

根据空间要素种类的不同，GIS中二维矢量图形结构可有不同的表达方式。

- 点状要素，可由一个表示其几何位置的坐标对 (x, y) 表达；
- 线状要素，由一串坐标 $\{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)\}$ 表示；
- 面状要素，由一个首尾相连的坐标串 $\{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n), (x_1, y_1)\}$ 或多个坐标串表示；
- 符号和文字的位置可由几何中心点的坐标表示。
- 图形数据结构里通常还要表达各种图形要素的符号特征，例如点状符号的形状、大小、颜色；线状符号的样式、粗细、颜色；面状符号的填充模式、颜色等。

② 栅格图像数据结构

- 任何面状分布的对象都可以用栅格数据逼近。
- 栅格数据的每个元素可以用行和列唯一地标识，而行和列的数目则取决于栅格的分辨率和实体的特征；
- 栅格数据结构既要有效地逼近对象的分布特征，又要最大限度地压缩存储的数据量；
- 栅格图像数据结构要包含对栅格单元图像显示特性的描述及各个栅格数值对应的显示颜色表等。

2 输出的几何变换

(1) 二维图形变换

① 比例变换

比例变换是将平面上任意一点 (x, y) 的横坐标放大或缩小 s_{11} 倍，纵坐标放大或缩小 s_{22} 倍。变换后的坐标 (x_1, y_1) 为 $x_1 = s_{11}x, y_1 = s_{22}y$ 。设 P 为点 (x, y) 的规范齐次坐标， S 为比例变换矩阵，则比例变换用矩阵运算表示为

$$P_1 = [x_1 \quad y_1 \quad 1] = PS = [x \quad y \quad 1] \begin{pmatrix} s_{11} & 0 & 0 \\ 0 & s_{22} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

② 旋转变换

旋转变换是将平面上任意一点 (x, y) 绕原点旋转 θ 角，通常角度逆时针方向为正，顺时针方向为负。变换公式为 $x_1 = x \cos \theta - y \sin \theta, y_1 = x \sin \theta + y \cos \theta$ 。设 R 为旋转变换矩阵，则旋转变换用矩阵运算表示为

$$P_1 = [x_1 \quad y_1 \quad 1] = PR = [x \quad y \quad 1] \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

③ 平移变换

平移变换是将平面上任意一点 (x, y) 沿x方向移动 t_x ，沿y方向移动 t_y ，其变换公式为 $x_1=x+t_x$ ， $y_1=y+t_y$ 。设T为平移变换矩阵，则平移变换用矩阵运算表示为

$$P_1 = [x_1 \quad y_1 \quad 1] = PT = [x \quad y \quad 1] \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ t_x & t_y & 1 \end{pmatrix}$$

④ 观察变换

观察变换是把用户坐标系中指定窗口内的图形映射到屏幕上的视图区的过程。

设窗口的左下角和右上角坐标为 (x_{wl}, y_{wb}) ， (x_{wr}, y_{wt}) ，视区的左下角和右上角坐标为 (x_{vl}, y_{vb}) ， (x_{vr}, y_{vt}) ， S_x 和 S_y 分别是x方向和y方向的变换系数，则 $S_x = (x_{vl} - x_{vr}) / (x_{wr} - x_{wl})$ ， $S_y = (Y_{vt} - Y_{vb}) / (Y_{wt} - Y_{wb})$ 。则二维观察变换用矩阵运算表示为

$$P_1 = [x_1 \quad y_1 \quad 1] = PR = [x \quad y \quad 1] \begin{pmatrix} S_x & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 \\ x_{vl} - x_{wr}S_x & y_{vb} - y_{wt}S_y & 1 \end{pmatrix}$$

(2) 地图投影变换

比例尺、投影和图例是地图必须具备的三项基本要素。

地图投影，是建立平面上的点（用平面直角坐标或极坐标表示）和地球表面上的点（用纬度和经度表示）之间的函数关系，即

$$\begin{cases} x = f_1(\varphi, \lambda) \\ y = f_2(\varphi, \lambda) \end{cases}$$

④ 地图投影类型

a. 按照经纬线形状来分类，如表8-1；

表8-1 地图投影分类表

	经纬线形状		
投影名称	经线	纬线	限定特征
圆锥投影	直线	同心	经纬间隔相等，交于纬线同心圆上，经线夹角等于经差

	束	圆弧	
方位投影	直线束	同心圆	
圆柱投影	平行直线	平行直线	经纬线正交，经线间隔相等
伪投影	对称曲线	同心圆弧	
伪方位	对称曲线	同心圆	
伪圆柱、多圆柱	对称曲线	平行直线	
多圆锥	对称曲线	同轴圆弧	

b. 按照变形特征来分类，如表8-2所示。

表8-2 地图投影分类表

按变形划分		按变形划分	
单纯投影	混合投影	等距离投影	
等角投影	非等角投影	等面积投影	非等面积投影

c. 在我国，国家基本比例尺系列地图（1:5000至1:50万）采用全球统一分带的高斯-克吕格投影，1:100万则采用正轴等角割圆锥投影（Lambert投影），大部分省区图以及大多数这一比例尺的地图也采用了这一投影，少部分采用了斜轴等距离方位投影，中国全图多采用斜轴方位投影。

② 常用投影的正、反解计算

正解计算是把地理坐标转为投影坐标的变换。反解计算是将投影坐标反算到地理坐标的变换。我国常用的地图投影正反解计算公式，如表8-3所示。

表8-3 我国常用投影的正、反解计算公式

投影名称	正、反解计算公式		备注
高斯-克吕格投影	正解	$X = S + \frac{\lambda^2 N}{2} \sin \varphi \cos \varphi + \frac{\lambda^4 N}{24} \sin \varphi \cos^3 \varphi$ $(5 - \tan^2 \varphi + 9\eta^2 + 4\eta^4) + \rho$ $Y = \lambda N \cos \varphi + \frac{\lambda^3 N}{6} \cos^3 \varphi (1 - \tan^2 \varphi + \eta^2) +$ $\frac{\lambda^5 N}{120} \cos^5 \varphi (5 - 18 \tan^2 \varphi + \tan^4 \varphi) \rho$	<p>N 为纬度 φ 处的卯酉圈曲率半径;</p> <p>$\eta = e'^2 \cos^2 \varphi$, 其中 $e'^2 = (a^2 - b^2)/b^2$ 为地球的第二偏心率, a 和 b 分别为地球椭球体的长、短半径; S 为由赤道至纬度 φ 处的子午线弧长</p>
	反解	$\varphi = \varphi_f - \frac{Y^2}{2N_f^2} (1 + \eta_f^2) \tan \varphi_f \left[1 - \frac{Y^2}{12N_f^2} (5 + 3 \tan^2 \varphi_f + \eta_f^2 - 9 \tan^2 \varphi_f \eta_f^2) + \frac{Y^2}{360N_f^4} (61 + 90 \tan^2 \varphi_f + 45 \tan^4 \varphi_f) \right]$ $\lambda = \frac{Y}{N_f \cos \varphi_f} \left[1 - \frac{Y^2}{6N_f^2} (1 + 2 \tan^2 \varphi_f + \eta_f^2) + \frac{Y^4}{120N_f^4} (5 + 28 \tan^2 \varphi_f + 24 \tan^4 \varphi_f + 6 \eta_f^2 + 8 \tan^2 \varphi_f \eta_f^2) \right]$	
正轴等角割圆锥投影	正解	$X = \rho, -\rho \cos \delta \quad \rho = \frac{K}{U^\alpha} \quad U = \frac{\tan(45^\circ + \varphi/2)}{\tan(45^\circ + \phi/2)}$ $\sin \phi = e \sin \varphi \quad Y = \rho \sin \delta \quad \delta = \alpha \lambda$ $\alpha = \frac{\lg r_2 - \lg r_1}{\lg U_1 - \lg U_2} \quad K = \frac{r_1 U_1^\alpha}{\alpha} = \frac{r_2 U_2^\alpha}{\alpha}$	<p>ρ_1 为投影区域最南边纬线的投影半径</p>
	反解	$\varphi = \varphi' + B_2 \sin 2\varphi' + B_4 \sin 4\varphi' + B_6 \sin 6\varphi' + B_8 \sin 8\varphi'$ $\varphi' = 2 \arctan U - \frac{\pi}{2} \quad B_2 = 3.356\,069\,6 \times 10^{-3}$ $B_4 = 6.570\,194\,2 \times 10^{-6} \quad B_6 = 1.763\,908 \times 10^{-8}$ $B_8 = 5.401\,958\,9 \times 10^{-11} \quad \lambda = \frac{1}{\alpha} \arctan \frac{Y}{\rho_1 - X}$	
正轴等面积割圆锥投影	正解	$X = \rho, -\rho \cos \delta \quad \rho^2 = \frac{2}{\alpha} (C - S) \quad Y = \rho \sin \delta \quad \delta = \alpha \lambda$ $\alpha = \frac{r_1^2 - r_2^2}{2(S_2 - S_1)} \quad C = \frac{S_2 r_1^2 - S_1 r_2^2}{r_1^2 - r_2^2}$	<p>ρ_1 含义同上; S 为经差为 1 弧度时由赤道到纬度 φ 处的椭球体表面的梯形面积</p> $S = \int_0^\varphi M r d\varphi$
	反解	$\varphi = \varphi' + B_2 \sin 2\varphi' + B_4 \sin 4\varphi' + B_6 \sin 6\varphi' + B_8 \sin 8\varphi'$ $\varphi' = \arctan (S/405\,911\,20 \text{ km}^2) \quad B_2 = 2.238\,876\,665 \times 10^{-3}$ $B_4 = 2.882\,380\,2 \times 10^{-6} \quad B_6 = 5.078\,52 \times 10^{-9}$ $B_8 = 1.119\,8 \times 10^{-11} \quad \lambda = \frac{1}{\alpha} \arctan \frac{Y}{\rho_1 - X}$	

投影名称	正、反解计算公式		备注
正轴等角圆柱投影	正解	$X = r_k \ln U \quad Y = r_k \lambda \quad r_k = N \cos \varphi_k$ $U = \frac{\tan(45^\circ + \varphi/2)}{\tan(45^\circ + \phi/2)}$	r_k 为投影常数, 表示投影中 $\varphi = \varphi_k$ 所对应的纬线长度比为 1
	反解	$\varphi = \varphi' + B_2 \sin 2\varphi' + B_4 \sin 4\varphi' + B_6 \sin 6\varphi' + B_8 \sin 8\varphi'$ $\varphi' = 2 \arctan U - \frac{\pi}{2} \quad B_2 = 3.356\,069\,6 \times 10^{-3}$ $B_4 = 6.570\,194\,2 \times 10^{-6} \quad B_6 = 1.763\,908 \times 10^{-8}$ $B_8 = 5.401\,958\,9 \times 10^{-11} \quad U = e^{X/r_k} \quad \lambda = \frac{Y}{r_k}$	
斜轴等面积方位投影	正解	$X = \rho \cos \delta \quad Y = \rho \sin \delta \quad \rho = 2R \sin \frac{Z}{2} \quad \delta = A$	(φ_0, λ_0) 为球面坐标极的地理坐标 (A, Z) 为球面上以新极点为中心的任一点的球面极坐标; R 为地球球体半径
	反解	$\varphi = \arcsin(\sin \varphi_0 \cos Z + \cos \varphi_0 \sin Z \cos A)$ $\lambda = \lambda_0 + \arctan(\sin Z \sin A / (\cos Z \cos \varphi_0 - \sin Z \sin \varphi_0 \cos A))$ $A = \arctan \frac{Y}{X} \quad Z = \pi \arcsin \frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{2R}$	
斜轴等角方位投影	正解	$X = \rho \cos \delta \quad Y = \rho \sin \delta \quad \rho = 2R \cos^2 \frac{Z_k}{2} \tan \frac{Z}{2} \quad \delta = A$	Z_k 为长度比为 1 的所切(或所割)小圆的天顶距
	反解	$\varphi = \arcsin(\sin \varphi_0 \cos Z + \cos \varphi_0 \sin Z \cos A)$ $\lambda = \lambda_0 + \arctan(\sin Z \sin A / (\cos Z \cos \varphi_0 - \sin Z \sin \varphi_0 \cos A))$ $A = \arctan \frac{Y}{X} \quad Z = \pi \arcsin \frac{\sqrt{X^2 + Y^2}}{2R \cos^2 \frac{Z_k}{2}}$	

3 地形图与专题地图的输出组织形式

(1) 透明图层与影像图层

GIS中的数字地图通常以图层形式进行组织, 每一个图层包含地图的一个不同的要素。图层是透明的, 各图层叠加在一起构成完整的一幅地图。

(2) 专题地图的符号系统

① 点位符号

a. 点位符号包括简单符号、结构符号、扩展符号和统计符号, 如图8-4所示。

符号类型		示例
简单图形	弧线符号	
	折线符号	
结构图形	个体结构符号	
	组合结构符号	
扩展图形	长度扩展符号	
	面积扩展符号	
	容积扩展符号	
统计图形	直方图	
	曲线图	

图8-4 点位符号类型

b. 点位符号根据制作方式又分为象形符号和规则图形符号。象形符号采用连接散点或信息块的方式。规则图形符号通常可以通过折线和圆弧连接而成。

② 线状符号

铁路、公路、界线、堤坝等线状地物都采用线状符号表示，其特点是在两个点间除了趋势性的各种线画外，中间还有其他一些符号，如图8-5所示。

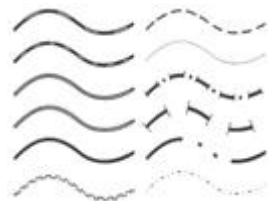


图8-5 线状符号示例

线状符号可以用一组数学表达式描述，如图8-7。

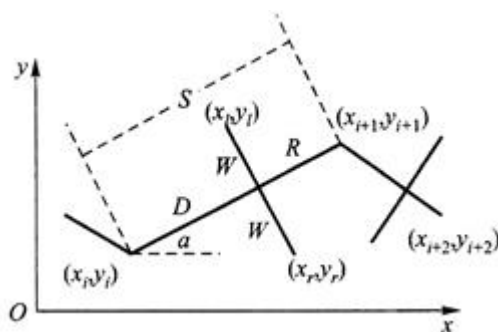


图8-7 线状符号生成示意图

设数字化点的坐标为 (x_i, y_i) , (x_{i+1}, y_{i+1}) , ...。在由这些坐标点连成的线画上, 绘制该线画两侧由对称短齿线组成的线状符号, 其方法如下:

- 确定所绘线状符号的有关参数。如短齿线的齿距D、齿长W等;
- 计算节点间的长度。设S为 (x_i, Y_i) 与 (x_{i+1}, y_{i+1}) 两节点间的长度, 则

$$S = \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}$$

- 计算两节点间的齿数M

$$M = [S/D]$$

d. 建立齿线符号的绘图坐标。设 (x_m, y_m) 为对称短齿线与相邻两点间直线的交点坐标, (x_l, y_l) 与 (x_r, y_r) 为对称短齿线的端点坐标, 则

$$\begin{aligned}x_m &= D \cos \alpha, \quad y_m = D \sin \alpha \\x_l &= -W \sin \alpha, \quad y_l = W \cos \alpha \\x_r &= -2x_l, \quad y_r = -2 \cdot y_l\end{aligned}$$

式中:

$$a = \operatorname{tg}^{-1} \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i}$$

- 从 (x_m, Y_m) 开始, 输出两段短齿线。
- 计算余数R。

$$R = S - MD$$

③ 面状符号

面状符号一般由晕线、简单图形或象形图形作为填充符号, 在制图区域的多边形内按一定方式配置组合而成。

以一组平行晕线的绘制为例, 说明面状符号的制图方法和步骤如下:

- 根据制图要素专题内容的数据序列和制图目的, 进行专题数据的统计分析和分级;
- 建立与专题数据分级结果相对应的制图单元的多边形边界数据文件;
- 确定晕线参数, 包括晕线方向、密度、强度和结构等;
- 提取制图区域的一个原始多边形边界文件, 其坐标数据为 (x_i, y_i) , $i=1, 2, 3, \dots, N$ 。设在该多边形边界内填绘晕线, 则操作步骤为:

第一, 坐标变换。

第二, 确定各条晕线与多边形边界线的交点。

第三, 晕线交点的整理。

第四, 晕线的配对和输出。

三、地理信息系统的可视化与虚拟现实

1 三维空间制图模型

地理实体的模型就其复杂程度而言, 可以分为三类: 线框模型、面模型和实体模型。

(1) 线框模型

① 线框模型的定义

线框模型主要使用直线、折线、曲线等来表示物体的棱边形体特征。线框模型表示顶点信息和边的信息。这些边可能是所有顶点中每两个点间的连线，也可能是这些连线中的一部分。

② 优缺点

这种模型的主要优点是简单，易于生成各种投影视图。但它仅仅给出了物体的框架结构，而无法给出物体的表面信息。

(2) 面模型

① 面模型的定义

面模型是在线框模型的基础上增加了有关面与边的拓扑信息而得，主要使用多边形、曲面等物体的各个表面单位来表示其形体特征。该模型给出了顶点的几何信息及边与顶点、面与边之间的二层拓扑信息。

② 优缺点

与线框模型相比，面模型具有较丰富的形体信息，但它并未指出该物体是实心还是空心，哪里是物体的内部和外部等信息，因此仅适用于描述物体的外壳。

(3) 实体模型

① 实体模型的定义

实体模型常用多面体、球体、锥体等基本体素及并、交、差等运算来描述物体。

② 实体模型的表示方法

a. 体素模型

体素是指通过某种组合操作构成复杂实体的简单实体。组合操作有并、交、差等。每一体素在参与组合操作之前必须经历某种变换（包括比例、平移、旋转等），使它从被定义的状态变换到被组合状态。

b. 边界表示法

在边界表示法中一个实体通过包围它的曲面片或平面多边形的集合（边界）来表示，一个实体的边界必须将实体内部的点和外部的点区分开来，因此实体的边界完整地定义了该实体。

c. 四叉树和八叉树

四叉树和八叉树分别是用层次式的二维或三维空间子域划分来代替大小相等、规则排列的二维或三维单元阵列的一种高效方法。

2 数字高程模型的构造

(1) 网格表面构造

两种构造光滑表面的方法。

④ Bezier表面

a. Bezier表面的定义

Bezier表面有一个特征多面体。Bezier表面的一般方程

$$S(u, v) = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n P_{ij} B_{i,m}(u) B_{j,n}(v), \quad u, v \in [0, 1]$$

式中： P_{ij} 为特征多边形的 $(m+1) \times (n+1)$ 二维阵列； $B_{i,m}(u)$ 和 $B_{j,n}(v)$ 定义为曲线的基函数。

b. Bezier曲面的性质

第一，Bezier曲面特征网格的四个角点正好是Bezier曲面的四个角点；

第二, Bezier曲面特征网格最外一圈顶点定义Bezier曲面的四条边界; 曲面边界的跨界切线矢量只与定义该边界的顶点及相邻一排顶点有关; 其跨界二阶导矢只与定义该边界的顶点及相邻两排顶点有关。

第三, 几何不变性;

第四, 对称性;

第五, 凸包性。

② B-样条表面

B-样条表面可以通过一个特征多面体来定义

$$S(u, v) = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n P_{ij} N_{i,k}(u) N_{j,l}(v), u, v \in [0, 1]$$

式中: P_{ij} 为定义特征多面体的顶点; $N_{ik}(u)$ 和 $N_{jl}(v)$ 是和B-样条曲线一样的基函数。

(2) 隐藏线和隐藏面的消除

④ 隐藏线和隐藏面的定义

隐藏线是指由于物体自身遮挡或相互遮挡而无法看见的线条。

隐藏面是指为显示物体表面信息而消去的物体本身的背部或被其他物体遮挡的面或面的一部分。

② 消隐算法分类:

a. 物空间消隐算法

通过在定义物体的三维空间中对有关集合元素进行计算和比较, 确定什么是可见线(面)、什么是隐藏线(面), 然后仅显示可见线(面), 从而实现消隐。

b. 像空间消隐算法

通过把景物看做由几个多边形平面组成的集合, 对显示设备每一个像素进行判断, 决定哪个面应该在该像素上显示, 从而实现消隐。

3 虚拟现实的设计与实现

(1) 虚拟现实技术

① 虚拟现实技术的定义

虚拟现实技术是指采用各种技术, 来营造一个使人感觉置身于类似于现实世界的环境中。

② 虚拟现实技术特征

a. 立体感的视觉效果;

b. 存在感;

c. 多感知性;

d. 闭环交互方式;

e. 动态显示。

(2) 真实感图形与纹理贴图

真实感图形是指将模拟场景的三维描述变成二维灰度列阵的过程得到的灰度浓淡图像, 具有相片观察效果。

纹理贴图是指在三维物体表面上加绘细节时指定的不同图像。

(3) 光照模型和光线跟踪

④ 光照模型是指模拟物体表面的光照物理现象的数学模型。

② 光线跟踪是指沿着到达视点的光线的反方向跟踪，经过屏幕上每一个像素，找出与视线相交的物体表面点 P_0 ，继续跟踪，找出影响 P_0 点光强的所有光源，算出 P_0 点上精确的光线强度。

(4) 视差原理与体视图的生成

① 视差原理的定义

视差原理是根据人眼的左、右视点能够对同一事物分别生成两幅图像，产生视差效果，从而对事物的远近程度做出判断。

② 体视图生成方法

- a. 用编程的方法，分别生成左右视点的图像；
- b. 另一种方法是利用现成的三维软件，生成左右视点的图像。

8.2 课后习题详解

1 GIS产品有哪些表现形式?各适合在什么情况下使用?

答: (1) 按输出的载体类型分类:

① 常规地图 (是印刷在纸张、塑料薄膜等材料载体上的, 是GIS产品的重要输出形式)

② 数字地图 (一种新的以计算机为存储和显示载体的地图形式)

(2) 按输出的内容和形式分类:

① 全要素地形图 (在内容上通常全面表达水系、地貌、植被、居民点和独立地物等地理要素, 采用统一坐标系地图投影和分幅编号, 比例尺系统, 以及统一的编制规范和图式符号, 属于国家基本比例尺地形图)

② 各类专题地图 (突出表现一种或者几种自然或社会经济要素的地图)

③ 遥感影像地图 (及时提供准确, 综合大范围的各种资源环境数据, 成为GIS重要数据源之一)

④ 统计图表与数据报表

2 简述GIS图形输出的内容是什么?

答: (1) 图形坐标系与颜色模型:

① 图形坐标系 (地球表面世界坐标系、输出设备的物理坐标系)

② 颜色模型与颜色空间 (RGB、CMYK、HSV颜色模型)

③ GIS图形数据结构与数据库;

(2) 输出的几何变换:

① 二维图形变换

② 地图投影变换

(3) 地形图与专题地图的输出组织形式:

① 透明图层与影像图层

② 专题地图的符号系统 (点位、线、面状符号)

3 试述GIS图形输出的组织形式及地图图面配置的内容和要求。

答: (1) 地形图与专题地图的输出组织形式

① 透明图层与影像图层

GIS数字地图通常以图层形式进行组织, 每一个图层包含地图的一个不同要素, 常放在不同图层中。图层是透明的, 各图层叠加在一起构成完整的一幅地图。

② 专题地图的符号系统

专题地图符号系统中的符号可以分为点位符号、线状符号和面状符号等。专题地图特征的表达时运用不同地图符号来实现的, 符号在图上的位置取决于它所表现的实体的位置, 符号的形状的大小取决于实体的质量和数据特征。

(2) 地图图面配置的内容和要求

地图图面配置包括: 各种大小或类型的地图的配置; 地图的图名、图例、比例尺、统计图表、照片、影像、文字说明等的位置与大小; 专题要素与底图要素的配合与取舍; 专题内容与图廓的关系等。

4 试述面状符号图的制图原理及方法步骤。

答：以一组平行晕线的绘制为例，说明面状符号的制图方法和步骤如下：

- (1) 根据制图要素专题内容的数据序列和制图目的，进行专题数据的统计分析和分级；
- (2) 建立与专题数据分级结果相对应的制图单元的多边形边界数据文件；
- (3) 确定晕线参数，包括晕线方向、密度、强度和结构等；
- (4) 提取制图区域的一个原始多边形边界文件，其坐标数据为 (x_i, y_i) ， $i=1, 2, 3, \dots, N$ 。设在该多边形边界内填绘晕线，则操作步骤为：

- ① 坐标变换。
- ② 确定各条晕线与多边形边界线的交点。
- ③ 晕线交点的整理。
- ④ 晕线的配对和输出。

5 简述RGB颜色模型与CMYK颜色模型各自的特点。

答：(1) RGB颜色模型

- ① 工业界的颜色标准；
- ② 通过对红 (R) 绿 (G)、蓝 (B) 三色通道的变化以及相互叠加形成各种颜色；这个标准几乎包括了人类视线所能感知的所有颜色；
- ③ 是目前运用最广的颜色系统之一。

(2) CMYK颜色模型

- ① 以红、绿、蓝的补色青、洋红、黄为原色在加上黑色构成的颜色模型；
- ② CMYK颜色模型中的三种颜色是通过从白光中减去某种颜色来规定的；
- ③ 青色、洋红和黄色称为颜色的三元色，黑色用于直接生产灰度；

6 什么是图形变换？简述二维图形变换的基本原理。

答：(1) 图形变换

图形变换是计算机绘图基本技术之一，利用它可以用一些很简单的图组合成相当复杂的图，可以把用户坐标系下的图形变换到设备坐标系下。利用图形变换还可以实现二维图形和三维图形之间转换，甚至还可以把静态图形变为动态图形，从而实现景物画面的动态显示。

(2) 二维图形变换的基本原理

① 几何变换，在计算机绘图应用中，经常要实现从一个几何图形到另一个几何图形的变换。例如，将图沿某一方向平移一段距离；将图形旋转一定的角度；或将图形放大；反之把图形缩小等等。这些图形变换的效果虽然各不相同，本质上却都是依照一定的规则，将一个几何图形的点都变为另一个几何图形的确定的点，这种变换过程称为几何变换。

② 几何变换的规则，是可以由函数来表示的。由于一个二维图形可以分解成点、直线、曲线。把曲线离散化，它可以用一串短直线段来逼近；而直线段可以是一系列点的集合，因此点是构成图形的基本几何元素之一。

③ 二维平面图形的几何变换，是指在不改变图形连线次序的情况下，对一个平面点集进行的线性变换。

④ 二维平面图形变换的结果，有两种，一是使图形产生位置的改变；另一种是使图形产生变形，例如把图形放大。对二维图形进行几何变形有五种基本变换形式，它们是：平移、旋转、比例、对称和错切。

7 在计算机绘制透视立体图过程中，如何进行隐藏线的处理？你还能举出其他一些处理隐藏线的算法吗？

答：隐藏线处理方法大致可以分为两大类：物空间消隐算法和像空间消隐算法。物空间消隐算法通过在定义物体的三位空间中对有关集合元素进行计算和比较，确定什么是可见线、什么是隐藏线，然后显示可见线从而实现消隐；像空

间消隐算法则是通过把景物看做由几个多边形平面组成的集合，对现实设备每一个像素进行判断，决定哪个面应该在改像素上显示，从而实现消隐。

8 什么是虚拟现实？它在GIS可视化中的意义及发展前景如何？

答：（1）虚拟现实

也称虚拟环境或人工现实，是一种由计算机生成的高级人机交互系统，即构成一个以视觉感受为主，也包括听觉、触觉、嗅觉的可感知环境，演练者通过专门的设备可在这个环境中实现观察、触摸、操作、检测等试验，有身临其境之感。

（2）虚拟现实在GIS可视化中的意义及发展前景

虚拟现实技术引入GIS将使GIS更具吸引力，采用虚拟现实中的可视化技术，在三维空间中模拟和重建逼真的、可操作的地理三维实体，GIS用户在客观世界的虚拟环境中将能更有效地管理、分析空间实体数据。因此，开发虚拟GIS已成为GIS发展的一大趋势。随着虚拟技术的发展和虚拟现实硬件价格的降低，使得开发成本低廉的虚拟现实软件包成为可能，如用户可通过Virtual GIS软件在三维环境中观察和分析GIS数据。KollerD等开发的一个实时三维GIS可使用户在编辑、分析复杂的地形数据库时产生一种临境感。

8.3 名校考研真题详解

一、名词解释

1 虚拟现实技术[江西师范大学2013年研]

答：虚拟现实技术是指利用计算机生成一种模拟环境，并通过多种专用设备使用户“投入”到该环境中，实现用户与该环境直接进行自然交互的技术。典型的VR系统主要由计算机软、硬件系统（包括VR软件和VR环境数据库）和VR输入、输出设备等组成

2 数字地球[南京大学2006研]

答：数字地球是一个以地球坐标为依据的、具有多分辨率的海量数据和多维显示的地球虚拟系统。数字地球可看做是对地球的三维多分辨率表示、它能够放入大量的地理数据。数字地球的建立需要有信息高速公路和计算机宽带高速网络技术、高分辨率卫星影像、空间信息技术、大容量数据处理与存储技术、科学计算以及可视化和虚拟现实技术作为技术支撑。

二、简答题

1 GIS架构体系。[华东师范大学2015年研]

答：GIS架构体系是指GIS系统的组织方式，包括网络地理信息系统（Web-GIS）、组件式GIS（Com-GIS）、虚拟现实GIS（VR-GIS）、时态GIS（TGIS）、互操作GIS和3S集成这几种形式。

(1) Web-GIS采用客户端/服务器模式，客户可以向服务器请求数据、分析工具或模块，服务器或者执行客户的请求并把结果通过网络送回给客户；

(2) Com-GIS是把GIS的各种功能模块划分为不同类型的控件，每个控件完成各自的功能，各部分通过可视化开发工具集成形成的应用系统；

(3) VR-GIS是以地球系统为对象的虚拟现实技术，是虚拟现实与地球信息系统结合的产物；

(4) TGIS跟踪和分析空间数据随时间的变化，描述系统随时间变化的过程；

(5) 互操作GIS解决地理数据的共享和继承、地理操作的分布和共享等需要，实现在异构环境下多个地理信息系统或其应用系统之间的互相通信和协作；

(6) 3S集成由GPS、GIS和RS进行集成得到。

2 阐述Google Earth的特点，说明Google Earth使用了哪些关键技术。[南京大学2007年研]

答：(1) Google Earth的特点

① 地理信息直观

② 先进和主流的技术

充分利用了计算机技术、空间信息技术等领域先进和主流的技术，表现在先进的海量数据存储和处理技术；先进的分布式网络技术、数据库管理技术、影像镶嵌技术、数据搜索技术、数据交换技术、客户端技术。

③ 免费的高分辨遥感图像

提供了丰富的全球不同分辨率的遥感影像数据，为全球范围的地理信息系统的应用及开展地学领域研究提供了免费的基础地理底图。

④ 标准统一、开放

采用开放的数据标准和规范，并提供二次开发的API接口，使系统具有极好的扩展性和灵活性。表现在标准开放，可以在数据层面上整合各类数据和各GIS软件数据，方便增加点、线、面、体等模型数据。数据可以在本地私有，也可

以通过网络共享。用户可以在网络层面上通过URL实现数据添加和实施更新，通过调用API函数实现功能扩展，利用该平台开展多领域全新的应用。

⑤ 应用大众化

具有从球面到平面的多模式、多角度显示；复杂三维立体表现；任意旋转、放大、缩小、漫游；快捷地查询、导航、定位功能；既可以宏观，也可以极致微观地对地球巨细进行观察和研究等功能。操作极其简单，不需要专业背景知识等强大。

(2) Google Earth的关键技术

Google Earth的关键技术包括数据压缩技术、数据高速传输技术、数据库管理技术、空间查询分析技术、虚拟现实技术。

版权声明

圣才e书网作为国内首家3D电子书免费制作与发布平台，已有数千位个人作者和数百家机构通过圣才e书网制作与发布了近万种3D电子书。对于所有上传的电子书，本平台有权对文本修改、引用，有权在必要时删除！部分电子书中由作者参考的信息内容，可能转载自其它网站或报刊图书，它们的版权属原作者或出版人所有，如发现该问题请联系本平台，我们将第一时间进行下架处理。对于恶意利用平台漏洞进行盗版、侵权等侵犯他人权益的个人和机构，圣才e书网保留进一步追究法律责任的权利。圣才e书网同时声明这些侵犯他人权益的电子书与本平台无任何关系。

本书的部分内容参考了部分网络资料及相关资料。本平台是出于传递更多信息之目的，并不代表故意侵犯原作者或出版人的版权和利益。本平台尊重知识产权，要求所有作者发布的电子书引用的文字、图片等资料均需注明作者和来源。但有时由于特殊的原因，比如作者姓名或出处在转载之前已经丢失，或者未能及时与作者取得联系等，因而可能没有注明作者的姓名或出处。

如果原作者或出版人对本书有任何异议，请与我们联系，我们会在第一时间为您处理！