1. **GIS概念是什么？**

GIS是由计算机硬件、软件和不同的方法组成的系统。该系统设计用于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。通过用户界面交互，实现数据库建立和数据输入、空间数据处理和分析、产品生成与输出等一系列地理信息系统与空间数据库管理的操作。

1. **GIS功能包括哪些？**

数据采集与编辑：保证各层实体的地物要素按顺序转化为坐标及对应的代码输入到计算机中

数据存储和管理：主要包括空间数据库的定义、数据访问和提取、基于空间位置或属性条件的检索、开窗和接边操作、数据更新和维护等

数据处理和变换：主要包括数据变换（空间数据数学状态的转换，如投影变换、辐射校正等）、数据重构（空间数据几何形态的转换，如数据拼接、数据压缩等）、数据抽取（空间数据从全集合到子集的提取，如类型选择、空间内插等）

空间查询

空间分析：叠加分析、缓冲区分析、网络分析、地形分析

数据显示与输出（地图制图）

1. **GIS组成包括哪几部分？**

系统硬件：各种硬件设备（实现输入、输出、管理和网络等功能）

系统软件：数据采集、存储、加工、解决客户问题的计算机程序系统，可分为GIS专业软件、数据库软件和操作系统等

空间数据：系统分析与处理的对象，描述地理实体的空间特征、属性特征和时间特征，可抽象成点线面三类，采用矢量或栅格形式组织，以数据库的结构化形式存储在计算机中

应用人员：GIS服务对象（系统开发人员和GIS技术最终用户）

应用模型：针对专门应用目的的应用模型，连接GIS与相关学科

1. **简述GIS与CAD的关系。**

共同点：

都有空间坐标系统，都能描述图形拓扑关系，都能处理属性和空间数据，都能将目标和参考系联系起来

不同点：

研究对象方面，GIS研究对象来自现实中的地理实体，数据量大，采集方式多样化；CAD研究对象为人造对象（规则图形及其组合，机械等）

属性库方面，GIS属性库结构复杂，功能强大；CAD侧重图形功能，属性库功能较弱

拓扑关系方面，GIS有复杂的拓扑关系，强调对空间数据的分析；CAD拓扑关系简单，分析功能较弱

坐标系方面，GIS一般采用地理坐标系；CAD一般采用几何坐标系

1. **简述空间实体的特征，空间特征类型及组合。**

空间实体的特征：属性特征（描述事物或现象的特性）、空间特征（描述事物或现象的地理位置及空间关系）、时间特征（描述事物或现象随时间的变化）

空间特征类型：点状实体、线状实体、面状实体（“6+1”组合）

1. **空间实体间的关系包括哪些？拓扑关系的类型及意义？**

拓扑空间关系（图形保持连续状态下变形但图形关系不变）、顺序（方向）空间关系、度量空间关系

拓扑关系类型：关联（不同拓扑元素之间的关系）、邻接（相同拓扑元素之间的关系）、包含（面与其它拓扑元素之间的关系）、连通关系（拓扑元素间的通达关系）、层次关系（相同拓扑元素间的等级关系）

1. **矢量数据的主要组织编码形式包括哪些？有什么不同？**
2. 实体式编码：以实体为单位记录其坐标

【注】简单、直观；但易造成数据冗余和碎屑多边形，缺少多边形邻接信息和拓扑关系，岛图形与外界无联系

1. 索引式编码：对所有点坐标按顺序建立文件，再建立点与线（弧段）、线（弧段）与面的索引文件

【注】可消除冗余和碎屑多边形，岛和邻接信息可查询；但拓扑关系表达繁琐，相邻运算、拓扑检索较困难，建立编码表工作量大

1. 双重独立式编码（DIME）

由点文件（编号、坐标）、线文件（编号、左右多边形编号、起止点编号）、面文件（编号、线段编号）组成

【注】DIME具有明确的拓扑关系

1. 链状双重独立式编码

由弧段坐标文件（编号、坐标串）、弧段文件（编号、左右多边形编号、起止点编号）、面文件（编号、弧段编号）、点拓扑文件（编号、弧段编号）组成

【注】链状DIME与DIME的区别在于，前者以线段为记录单位，后者以弧段为记录单位

1. **栅格数据的主要组织编码形式包括哪些？有什么不同？**
2. 直接栅格编码：数据矩阵、逐行记录（无压缩）
3. 行程编码：将数据矩阵变为数据对，属性码+长度（相同值连续出现的个数）或属性码+点位（相同值停止出现的位置）

【注】适用于类型区域面积较大的专题图，栅格加密时数据压缩率高，原始结构保留较好，解码运算简单，便于检索、叠加、合并等操作

1. 块码：采用方形区域记录，每个记录单元包括相邻若干栅格

数据对组成：（初始行、初始列、半径、属性值）

【注】具有可变分辨率

1. 链式编码：栅格数据（线状地物面域边界）表示为矢量链

对栅格8种走向编码0-7，记录地物属性码、起点行列号，追踪得到矢量链走向链码

【注】可有效存贮压缩栅格数据，便于面积、长度、转向等计算；但不易于作边界合并，插入、编辑困难，相邻边界易重复

1. **四叉树编码**

A 基本思想：将2n×2n像元组成的图像按四个象限进行递归分割，并判断属性是否单一，若单一则不再分割，若不单一，递归分割。最终得到一棵四分叉的倒向树。

B 树形表示：根结点——整个区域，深度——分割次数，叶结点——不能再分割的块，分支结点——待分割的块

C 编码方法

常规四叉树：每个结点6个变量（父节点指针，子节点指针，本节点属性值），价值在于建立索引文件，进行数据检索

线性四叉树：记录叶结点的位置、深度和属性，其中位置和深度可由四进制或是十进制的地址码（定位码或Morton码表示）。其存储量小、可用于直接寻址、易实现集合相加等组合操作

【注】四进制Morton码

方法1：码位数代表分割次数，大分割在前，小分割在后，每个位数均为四进制数，代表象限位置

方法2：计算每个栅格对应的MQ（MQ = 2Ib+Jb，Ib、Jb为二进制化的行列号），按码的升序排成线性表，依次检查每四个相邻MQ对应属性值，相同合并，直至没有能合并的子块为止。

【注】十进制Morton码

按位操作：行列号转为二进制，行列号二进制码交叉排位，结果转为十进制

压缩过程：按Morton码将图像读入一维数组，相邻四个像元比较，相同合并，只记录第一个像元的码。进一步用游程编码压缩。

D 优点：非冗余表示法，具有可变分辨率和多重分辨率

E 缺陷：易产生滑动变异，不利于形状分析和模式识别；物体图像因分割而分散至不同象限，失去内在相关性；矢栅转换不便；树结构修改复杂；四叉树建立耗时较多

1. **空间数据模型主要有哪些类型?各自的优缺点?**
2. 传统数据库模型
3. 层次模型：

一种树结构模型，将数据按自然的层次关系组织起来，反映数据间隶属关系；

简单直观，易于理解，支持数据重构

难以描述地理实体间关系，易导致冗余；查询效率较低，反向查询难度大；数据独立性差，更新涉及许多指针，操作复杂；层次命令具有过程式性质；不具备演绎功能和操作代数基础

1. 网状模型：

将数据组织成有向图结构，结点代表数据记录，连线代表数据间关系

易于反映多对多关系，支持数据重构，有一定数据独立性和共享性，运行效率较高

用户查询时定位困难；具有过程式性质；不直接支持对层次结构的表达；不具备演绎功能和操作代数基础

1. 关系模型：

数据逻辑结构为满足一定条件的二维表

可简单灵活地表示各种实体及其关系，数据一致性和独立性较强，具有严格的数学基础

无法用递归和嵌套的方式描述复杂的层次和网状结构，模拟、操作复杂地理对象能力较弱；描述复杂对象时需进行分解，导致存储模式、查询等方面语义不合理；概念模式和存储模式较为独立，实现关系间联系时操作开销较大，导致运行效率低

1. 面向对象模型

用面向对象的方法进行统一的抽象，在更高层次上综合利用和管理多种数据结构和数据模型，实现对复杂事物和现象的有效描述。

能充分利用现有数据模型的优点；具有可扩充性；可以模拟和操纵复杂对象

1. **简述空间数据库设计的主要步骤和内容。**
2. 需求分析：调查用户需求，需求数据收集分析、编制需求说明书
3. 结构设计
4. 概念结构设计：对需求分析阶段收集的信息和数据进行分析、整理，确定地理实体、属性和其联系。常用E-R模型，即实体—联系模型，包括实体、联系和属性三部分
5. 逻辑结构设计：在概念设计的基础上，按不同转换规则将概念模型转换为具体数据库管理系统支持的数据模型。包括确定数据项、记录及记录间联系、安全性、完整性和一致性约束

【注】E-R模型转换为关系模型的主要过程

确定各实体主关键字——确定实体内部属性间的数据关系表达式，将经消冗处理的数据关系表达式中的实体作为相应的主关键字，形成新的关系——转换完成后进行分析、评价和优化

1. 物理结构设计：将空间数据库的逻辑结构在物理存储器上实现，确定数据在介质上的物理存储结构。主要内容包括确定记录存储格式、选择文件存储结构、决定存储路径、分配存储空间
2. 数据层设计：按照数据专业内容（数据分层的主要依据）和类型进行，分层时兼顾数据的专业内容和数据间关系
3. 数据字典设计：用于描述数据库整体结构、数据内容和定义；包括数据库总体组织结构、总体设计框架，各数据层详细内容的定义、结构、数据命名的意义，元数据等内容
4. **什么是地理参考系?主要包括哪些内容?**

地球的形状：选用一个同大地形状接近的、可用数学方法表达的旋转椭球体代替地球，即参考椭球

坐标系：见12

高程系：高程基准面起算测得的高程系统

1. **简述地理空间的主要坐标系及其关系。**

地理坐标系：采用经纬度表示地面点的位置。经纬度的测定有天文测量（以大地水准面和铅垂线为依据）和大地测量（以旋转椭球面和发现为依据）两种

平面坐标系：将椭球面上的点通过投影的方法投影到平面上时采用的坐标系。分为平面极坐标系和平面直角坐标系

可以通过地图投影将地理坐标转换为平面坐标

1. **空间数据分层的主要目的是什么?**

便于空间数据的管理、查询、显示、分析等。

1. 空间数据分为若干数据层后，对所有空间数据的管理就简化为对各数据层的管理，而一个数据层的数据结构往往比较单一，数据量也相对较小，管理起来就相对简单；
2. 对分层的空间数据进行查询时，不需要对所有空间数据进行查询，只需要对某一层空间数据进行查询即可，因而可加快查询速度；
3. 分层后的空间数据，由于便于任意选择需要显示的图层， 因而增加了图形显示的灵活性；
4. 对不同数据层进行叠加，可进行各种目的的空间分析。
5. **地图数字化的流程是什么?**
6. 方案制定
7. 数据或资料预处理
8. 扫描或转换
9. 图像配准/拼接/纠正
10. 矢量化：设置图层与编码等、录入属性数据，进行图形跟踪数字化，数据编辑、导入空间数据库；

栅格化：图像处理（大小、颜色、格式等）、生成数字图像，导入数据库

1. 地图出版
2. **GIS数据质量的基本内容和评价方法分别包括哪些?**

基本内容：

1. 位置（几何）精度：描述几何数据的误差，如数学基础、平面精度、高程精度等
2. 属性精度：反映属性数据的质量，如要素分类的正确性、注记的正确性、属性编码的正确性等
3. 逻辑一致性：如多边形的闭合精度、拓扑关系的正确性、节点匹配精度等；几何或属性误差也会引起逻辑误差
4. 完备性：数据分类完备性、属性数据完备性、数据层完整性等
5. 现势性：数据采集时间、更新时间等

评价方法：

1. 直接评价法：计算机程序自动检测、随机抽样检测
2. 间接评价法：通过外部知识或信息进行推理，确定空间数据质量的方法，如地理相关法、元数据法
3. 非定量描述法：通过对数据质量各组成部分的评价结果进行综合分析，确定数据总体质量的方法
4. **有哪些空间数据交换方式?**
5. 外部数据交换标准：用户通过阅读说明直接读写。包括矢量数据交换格式、栅格数据交换格式、DEM交换格式
6. 空间数据互操作协议：制定标准空间数据操纵函数，通过调用函数实现空间数据互操作
7. 空间数据共享平台：采用服务器体系结构，通过一个公共的平台在服务器存取所有GIS数据
8. 统一数据接口：各系统开发专门的双向转换程序，将本系统的内部数据结构转换为统一数据库的接口
9. **什么仿射变换?其特点是什么?**

实质为两坐标系间的旋转变换。求解式中的6个未知数需要不在一条直线上的3对已知控制点，由于误差，需多余观测，一般至少需4对控制点。

特点：直线变换后仍为直线、平行线变换后仍平行、不同方向上长度比发生变化

1. **线与面的捕捉的主要算法思想分别是什么?**

线捕捉：通过计算光标点到线中每个直线段的距离di，将所有结果取最小值min{di}，该值小于阈值则认为捕捉成功。为加快速度，每计算出一个di，就进行一次比较，小于阈值捕捉成功，停止计算。将不可能被捕捉到的线先予以排除。

面捕捉：垂线法（从光标引垂线，计算与多边形交点个数，奇数则在内，偶数则在外），为加快速度，可先圈定光标范围（如外接矩形），对不可能有交点的线段先予以排除。

1. **简述网格索引的主要思路与步骤。**

主要思路：将研究区域用横竖线条划分为大小相等或不等的网格，记录每一个格网所包含的空间实体。当用户进行空间查询时，首先计算出用户对象所在格网，然后再该格网中快速查询所选空间实体。

步骤：划分m×n行列；计算网格大小及每个格网的矩形范围；开辟目标空间（记录目标穿过的网格）和格网空间（记录网格内的目标）；注册点、线、面、注记等目标并记录；提取窗口所覆盖的关键字；提取目标涉及的网格。

1. **简述含岛多边形拓扑构建的主要步骤及内容。**

多边形构建：

1. 顺序取一个结点为起始结点，取完为止，取过该结点的任意一条链作为起始链；
2. 取该链的另一结点，找该结点上，靠这条链最右边的链作为下一条链；
3. 判断是否回到起点，若是则已形成多边形，记录，转至（4），反之转至（2）；
4. 取起始点上开始的，刚才形成的多边形的最后一条边作为新的起始链，转至（2），若该链已使用两次，转至（1）。

岛的判断

1. 计算所有多边形的面积；
2. 分别对面积为正的多边形和面积为负的多边形排序；
3. 从面积为正的多边形中顺序取每个多边形，取完为止。若负面积多边形个数为0，则结束；
4. 找出该多边形包含的所有面积为负的多边形，并将其加入到包含它们的多边形中，转至（3）。
5. **什么是几何接边和逻辑接边?**

相邻图幅的几何要素进行相互衔接

相邻图幅的编码或属性要素进行相互衔接

1. **空间插值的主要类型及其区别?**

空间插值分为内插和外推。内插在已观测点的区域内估算未观测点的数据；外推是在已观测点的区域外估算未观测点的数据，即预测。其中常用的内插方法有：

1. 边界内插：假定任何重要的变化都发生在区域的边界上，边界内的额变化则均匀、同质。常用泰森多边形法（未知点的最佳值由最邻近的观测值产生）
2. 趋势面分析：多项式回归技术，用多项式表示线或面，按最小二乘法对数据点进行拟合，拟合时假定数据点空间坐标x、y为独立变量，表示特征值的Z坐标为因变量
3. 局部内插：利用局部范围内已知采样点的数据内插出未知点的数据
4. 移动平均法：在局部范围内计算多个数据点的平均值
5. **简述常见数据压缩方法的主要思想。**
6. Douglas-Peucker法：对每一条曲线的首末虚连一条直线，求所有点与直线的距离，并找出最大距离值*dmax*，将*dmax*与限差D相比，若小于，则将曲线上的所有中间点全部舍去；若大于，则保留*dmax*对应的坐标点，并以该点为界，将曲线二分，两部分重复使用该方法。
7. 垂距法：每次顺序取曲线上3个点，计算中间点与其它两点连线的垂距d，并与限差比较。若d<D，则去除中间点；若d≥D，则保留中间点。再顺序取下三个点继续处理，直至结束。
8. 光栏法：定义一个扇形区域，通过判断曲线上的点在扇形外还是扇形内，确定保留还是舍去
9. **有哪几种空间查询方式?**

图形查询方式：通过空间位置或空间关系进行查询的方式，如鼠标点选取，开窗查询，临近查询等方式

属性查询方式：通过属性条件查询空间目标的方式，如输入名称、地址等查询方式

图形—属性查询方式：通过空间位置，空间关系及属性条件查询空间目标的方式

1. **统计分析中的属性数据的集中和离散特征数如何计算?**

属性数据的集中特征数：频数和频率、平均数、数学期望、中位数、众数

属性数据的离散特征数：极差、离差（平均离差和离差平方和，表示各数值相对平均数的离散程度）、方差和标准差、变差系数

1. **简述DEM的主要表示方法及区别。**

拟合法：用数学方法对表面进行拟合，通过采用局部拟合，在边缘使用加权函数保证接边处匹配

等高线法：带有高程值属性的简单多边形或多边形弧段

规则格网法：高程矩阵

不规则三角网（TIN）法：直接利用原始采样点进行地形表面的重建，由连续的相互联接的三角面组成

1. **简述DEM主要生成方法与区别。**

人工网格法：在地形图上蒙上格网，逐格读取中心或交点的高程值

三角网法：对有限个离散点，每三个邻近点联结成三角形，每个三角形代表一个局部平面，再根据每个平面方程，可计算各格网点高程，生成DEM

立体像对法：通过遥感立体像对，根据视差模型，自动选配左右影像的同名点，建立数字高程模型

趋势面拟合：根据有限个离散点的高程，采用多项式或样条函数求得拟合公式，再逐个计算各点的高程，得到拟合的DEM

等高线插值法：根据各局部等值线上的高程点，通过插值公式计算各点的高程，得到DEM

1. **基于DEM的地形计算包括哪些内容?**

坡度：地表单元的法向与Z轴的夹角

坡向：地表单元的法向量在水平面上的投影与X轴之间的夹角

地表粗糙度（破碎度）：地表单元的曲面面积与其水平面上的投影面积之比，反映地表起伏变化和侵蚀程度的指标

高程变异分析：格网顶点高程标准差与平均高程的比值

1. **举例说明泰森多边形的生成方法和应用。**

生成方法：

1. 离散点构造三角网，即构建Delaunay三角网
2. 找出与每个离散点相邻的所有三角形的编号
3. 对与离散点相邻的三角形按顺时针或逆时针排列
4. 计算每个三角形的外接圆圆心，并记录下来
5. 根据三角形的顺序，连接所有外接圆圆心

应用：定性分析、邻近分析、统计分析

1. **简述网络模型的构成元素及最短路径实现的思想。**

网络模型构成元素：

1. 结点：网络中任意两条线段的交点
2. 链：连通路线，连结两点的线段要素，是资源运移的通道
3. 转弯：在连通路线相连的结点处，资源运移方向可能转变，从一条链上经结点转向另一条链
4. 停靠点（站点）：网络中资源的上、下结点
5. 中心：收发资源的结点处的设施
6. 障碍：资源不能通过的结点

最短路径实现的思想（Dijkstra算法）：

1. 计算任意两点间的距离，形成距离矩阵
2. 令d(X，Y)表示X到Y的距离，D(X)表示从起始点S到X的最短距离。对起始点S作标记，对所有顶点，令D(X) = ∞，Y = S
3. 对所有未标记的点按以下公式计算距离：D(X) = min{D(X)，d(X，Y)+D(Y)}，其中Y是当前标记点。取具有最小值的D(X)，并对X进行标记，令Y = X。若最小值D(X)为∞，则算法终止；否则继续
4. 如果Y = T，则已找出S到T的最短距离，算法终止；否则转至（3）
5. **空间分析与建模的关系是什么?**

空间分析是对于地理空间现象的定量研究，其常规能力是操纵空间数据使之成为不同的形式，并且提取其潜在的信息。空间分析建模是通过作用于原始数据和派生数据的一组顺序、交互空间分析命令，解释有关空间现象或发现空间规律的过程。空间分析建模建立在对空间地图数据操作基础之上。

空间分析是空间建模的基础，是整体与局部的关系。空间分析是基本的，解决一般问题的理论和方法，而一般应用模型是不可枚举的、是复合、复杂的解决专门问题的理论和方法，它的解决应以空间分析的基本方法和算法模型为基础。

1. **什么是空间信息可视化?**

运用地图学、计算机图形学和图像处理技术，将地学信息输入、处理、查询、分析及预测的数据及结果采用地图符号、图形、图像，结合图表、文字、表格、视频等格式化形式显示，并进行交互处理的理论、方法和技术。

1. **空间信息可视化的形式主要包括哪些?**
2. 地图
3. 多媒体地学信息：通过各种形式综合、形象地表现空间信息
4. 三维仿真地图：基于三维仿真和计算机三维真实图形技术产生的三维地图
5. 虚拟现实
6. **简述电子地图与数字地图区别，电子地图设计内容。**

数字地图是电子地图的数学基础，电子地图是数字地图的视觉化

数字地图是存储方式，电子地图是应用方式

数字地图强调地图的实质和存在形式是数字式的，电子地图强调地图的表象和主要表现形式

电子地图设计：需求分析——总体设计——数据处理——地图设计——地图设计——系统研发——集成调试——出版发行

1. **动态地图的视觉变量包括哪些?**

大小、色相、方位、形状、位置、纹理、密度

1. **简述VR的关键技术及其在GIS中的应用**

关键技术：实时三维计算机技术、广角的立体显示技术、头眼手的跟踪技术、触觉力觉反馈技术、立体声技术、语音输入输出技术

1. **GIS发展的主要热点问题有哪些?**

智慧地图

三维建模与系统

智慧城市、数字孪生

空间信息智能：物理空间与信息空间的融合

时空大数据（基于统一时空基准活动或存在于时间和空间与位置直接或间接关联的大数据）

自适应可视化：以满足用户个性化需求为目标，根据用户背景信息和设备上下文信息等，自适应调整用户界面、自导航信息链接和自组织表达信息，从而生成满足用户认知需求的可视化信息和可视化表现形式

空间认知

全息位置地图

高精度地图和自动驾驶

实时GIS

1. **简述IT、DT背景下GIS主要应用领域。**

智慧农业林业、设施管理、国土规划与资源管理、交通管理、金融与商业智能、应急与灾害管理、生态环境检测、智慧旅游、航道与水利工程、轨迹大数据时空分析、智能制图

1. **简述软件开发的实质。**

领域问题（业务）到软件的映射

软件开发主要实现问题域中的概念和处理逻辑到运行平台的概念和处理逻辑的映射，本质是问题域到不同抽象层之间概念和计算逻辑的映射。

1. **简述GIS工程的主要内容。**

前期工程（调研、可行性研究和项目开发计划、需求分析）

设计工程（总体设计、数据库设计、功能设计、应用模型设计、详细设计）

数据工程（数据采集、数据处理、数据组织与管理）

工程实施（编码、测试、试运行）

工程维护（数据库维护、软硬件维护）

1. **GIS软件的主要开发方法和方式包括哪些内容?**
2. 结构化设计方法：基于模块化、自顶向下逐层细化、结构化程序设计
3. 面向对象设计方法：采用对象模型、动态模型和功能模型来描述系统
4. 由底而上法：从现行业务现状出发，先实现初级功能，再由低到高，增加计划、控制、决策等功能，实现总目标。
5. 快速原型法：开发者初步了解用户需求，构造一个应用模型系统，再与用户反复探讨和完善
6. “演示和讨论”方法：在MIS开发的各个阶段，所有相关人员通过直观演示的方法进行有效沟通交流
7. **GIS工程的主要技术文档包括哪些?**

可行性研究报告、开发计划书、总体设计方案、详细设计方案、数据库设计报告、系统测试计划、系统用户手册、验收报告、成果

1. **ICT技术对GIS产生了哪些方面的影响？**
2. 计算技术
3. 移动计算：移动计算技术将使计算机或其它信息智能终端设备在无线环境下实现数据传输及资源共享。它的作用是将有用、准确、及时的信息提供给任何时间，任何地点的任何客户。移动GIS摆脱了有线网络的限制和束缚，通过无线网络与服务器连接进行信息的交互。是桌面系统应用的扩展。移动GIS最大的特点就是数据的实时性。在移动过程中，把带有定位功能的GPS设备采集的位置坐标信息，通过无线网络提交给服务器处理，也可以及时接收服务器下发的数据。
4. 普适计算：强调和环境融为一体的计算，而计算机本身则从人们的视线里消失。在普适计算的模式下，人们能够在任何时间、任何地点、以任何方式进行信息的获取与处理
5. 云计算：通过云计算，空间数据的存储已经得到解决，空间分析和数据高效处理也得到了解决，知识的获取和辅助决策的信息取到不再需要海量数据的在网络上的传递，数据的调度和并行处理完全可以在云内部进行，也就是将数据和数据处理进行绑定。此外宝贵和保密的空间数据由于集中的存储和备份，数据的安全性也得到了很好的保障。
6. 边缘计算：在靠近物或数据源头的一侧，采用网络、计算、存储、应用核心能力为一体的开放平台，就近提供最近端服务。边缘计算GIS技术指的是将边缘计算的各种特征，用于支撑GIS应用的各要素，包括GIS内容的发布和分发，GIS服务的代理和加速，以及在线分析和计算，以一种更加灵活的方式，高效率、低成本地使用地理信息资源。
7. 物联网技术：通过各种信息传感器、射频识别技术、全球定位系统、红外感应器等各种装置与技术，实时采集任何需要监控，、连接、互动的物体或过程，采集各种需要的信息，通过各类可能的网络接入，实现物与物、物与人的泛在连接，实现对物品和过程的智能化感知，识别和管理。某种程度上讲，物联网是包含WebGIS的。但这—说法是建立在物联网需要使用GIS的空间分析功能的基础上。物联网应用广泛，不可避免的需要处理处理位置相关数据，而空间分析正是GIS所擅长的。所以WebGIS本身就具有物联网的理念，而物联网很大程度上是离不开WebGIS的。
8. 网络与移动技术：空间数据有助于5G，但5G也会影响地理空间数据。5G基站将在纳秒内同步，这将提高自动驾驶汽车和智能交通管理系统的定位精度。在未来5G技术的里，与地理空间产业更紧密地合作将是非常重要的。 5G通信基础设施必须稳定、安全、可靠，才能在技术上取得进步和进步。为了支持大量的应用和服务，准确的地理空间数据是必不可少的。精确的地理数据和先进的空间分析对这个5G新网络的规划至关重要。没有地理信息作为支撑，5G部署后可能不会那么快或准确。
9. 大数据技术：大数据带来了研究范式的变革大数据可以依靠研究人行为所带来的移动的轨迹以及所处地理环境位置的重要特点进行评估。猜测人一天内活动的规律以及活动的范围。从而得到想要的人体情感态度以及土地范围活动区域内的相关信息。大数据影响着地理学研究范式的变化趋势。传统的地理学“自上向下”，而现在“自下向上”也开始流行起来。其优势和不足比重各占一半。在空间大数据下，地理学进行学术勘测调查务必考虑结果的可验证性、尺度变化性以及相对不确定性。相关关系等重要因素只是其中的一部分而已。大数据能够在一定程度上克服传统数据的不足。也为创新地理学研究的议题提供了机遇。
10. 智能与智慧技术：人工智能与地理信息系统的结合，其产生的专题分析模型可以增强问题求解、自动推理、决策、知识表示与使用等方面的能力，并能够智能化的解决复杂的现实问题。具体应用领域包括生态评估、环境保护、农林土地建设、地图制图及数据获取、交通运输、通讯电力网络规划、灾害预防、养殖副业、城市规划等等。按GIS应用中涉及的具体AI方法来分，又有GIS与专家系统(Expert-System，ES)或基于知识的专家系统(Knowledge-basedExpert-System，KBES)的结合，GIS与模糊推理的结合，GIS与模式识别(Pattern-Recognition，PR)的结合，GIS与决策支持系统(Decision-Support-System，DSS)的结合等。
11. 空间定位技术：空间定位技术为GIS带来了多样化的应用方式：数据采集，是地理位置信息化；数据应用，实时定位与导航；使LBS（基于位置的服务）变得可行，且具有操作性；是GIS动态（实时）应用的基础，拓宽了GIS应用领域为四维空间数据收集提供便利
12. VR/AR技术：VR - GIS几乎可用于任何可以使用常规GIS的地方。它主要用于：对地球构造、地质构造、火山构造、地貌构造、过程进行虚拟；综合开发与治理虚拟实验；污染与整治虚拟实验；科学可视化，其目标是开发对不同科学目的的三维地理制图表示的可能性，重点是目标本身的可视化方法。
13. **举例说明空间聚类与空间插值的在实际场景中的应用。**
14. **地理信息可视化的主要形式包括哪些？**
15. 地图：有纸质或其它介质地图及屏幕上的电子地图两种形式。由于计算机技术的发展，这两种形式仅是计算机上数字地图的硬拷贝、软拷贝的差别。硬拷贝的是纸质地图。软拷贝是屏幕上的电子地图且比前者具有更多的优点，如制作灵活，形式极其多样，修改制作方便，周期短，颜色丰富，动态性强，查询方便、快捷。从而使人们能从不同的高度、不同的方式、不同的角度和不同的详细程度来观察空间客体信息
16. 多媒体地学信息：综合、形象地表现空间信息的使用文本、表格、声音、图像、图形、动画、音频、视频等各种形式逻辑地联接并集成为一个整体概念，是空间信息可视化的重要形式。各种多媒体形式能够形象，真实地表示空间信息某些特定方面。作为全面的表示空间信息的不可缺少的手段。
17. 三维仿真地图：三维仿真地图是基于三维仿真和计算机三维真实图形技术而产生的三维地图。具有仿真的形状，光照，纹理等，也可以进行各种三维的量测和分析。
18. 虚拟现实：虚拟现实是空间信息可视化，进一步研究和发展的新方式。是由计算机和其他设备，如头盔，数据手套等组成的高级人机交互系统。以视觉为主，也结合听觉，触觉，嗅觉甚至味觉来感知的环境。使人们有如进入真实的地理空间环境之中，并与之交互作用。
19. **空间分析建模的结果是多种专业应用模型，专业应用模型与空间分析方法的关系是什么？而空间决策支持是指什么，并举例其主要内容包括哪些？**

空间分析是对于地理空间现象的定量研究，其常规能力是操纵空间数据使之成为不同的形式，并且提取其潜在的信息。空间分析建模是通过作用于原始数据和派生数据的一组顺序、交互空间分析命令，解释有关空间现象或发现空间规律的过程。空间分析建模建立在对空间地图数据操作基础之上。空间分析是空间建模的基础，是整体与局部的关系。空间分析是基本的，解决一般问题的理论和方法，而一般应用模型是不可枚举的、是复合、复杂的解决专门问题的理论和方法，它的解决应以空间分析的基本方法和算法模型为基础。通用GIS空间分析功能与各种领域专用模型的结合有三种途径：松散耦合式、嵌入式、混合型空间模型法。

空间决策支持是应用空间分析的各种手段对空间数据进行处理变换，以（空间分析方法等）提取隐含于空间数据中的某些事实和关系，并以图形和文字的形式直观地加以表示，为现实世界中的各种应用提供科学、合理的支持。以道路拓宽改建过程中的拆迁指标计算为例，主要分为五个步骤：

①明确分析的目的和标准：

目的：计算由于道路拓宽而需拆迁的建筑物的面积和房产价值；

道路拓宽改建的标准是：a)道路从原有的20m拓宽至60m；b)拓宽道路应尽量保持直线；c)部分位于拆迁区内的10层以上的建筑不拆除

②准备进行分析的数据：涉及两类信息：一类是现状道路图；另一类是分析区域内建筑物分布图及相关的信息；

③进行空间操作：a)选择拟拓宽的道路，根据拓宽半径，建立道路的缓冲区； b) 将此缓冲区与建筑物层数据进行拓扑叠加，产生一幅新图，此图包括所有部分或全部位于缓冲区内的建筑物信息

④进行统计分析：a)对全部或部分位于拆迁区内的建筑物进行选择，凡部分落入拆迁区且楼层高于10层以上的建筑物，将其从选择组中去除，并对道路的拓宽边界进行局部调整；b)对所有需拆迁的建筑物进行拆迁指标计算

⑤将分析结果以地图或表格的形式输出

1. **GIS中经典的“邻接、包含、关联”等拓扑关系与九交（拓扑）模型中的拓扑关系有什么不同？**

经典拓扑关系模型主要以结点、弧段、三角形和多边形作为描述空间物体的最简化元素，运用数学领域中的组合拓扑学来实现对空间简单与复杂物体几何位置和属性信息的完整描述。在该模型中，0维空间物体代表结点，1维空间物体代表弧段或边，2维空间物体代表三角形或其它多边形，3 维空间物体则代表四面体或其它多面体，各类型的空间物体含有各自的坐标序列和属性值，并通过基本的邻接、关联、包含、几何和层次关系等建立之间的相互联系，而不同类型的物体相互组合又构成复杂的地理空间对象。除了结点没有方向性，弧段和多边形空间对象都具有方向性，如弧段L由A、B结点组成，其方向性可表示为由A-B或由B-A，多边形则可用顺、逆时针来表示其方向性。拓扑关系数据模型中建立拓扑数据结构的关键是对元素间拓扑关系的描述，其中最常见的关系有以下三种：

1. 邻接：借助于不同类型拓扑元素描述相同拓扑元素之间的关系，如多边形和多边形的邻接关系。
2. 关联：不同拓扑元素之间的关系，如结点与链、链与多边形等。
3. 包含：面与其它拓扑元素之间的关系，如结点、线、面都位于某一个面内，则称该面包含这些拓扑元素。

九交模型则将现实世界的每一对象都分成边界、内部和余三部分，这样任意两对象之间的空间关系则可表示成9种情况，每一种情况又有空与非空两种取值，9种情况可产生29=512种不同的空间关系情形，但其中有些关系并不存在。九交模型形式化的描述了离散空间对象之间的拓扑关系，虽然理论上可表达512种关系，但大部分关系无实际意义或是不存在，可以说九交模型所描述的拓扑关系只是拓扑关系的类别，每一类别又可能有多种情形。由于地理对象又可分为点、线、面三类，而且其中任意两者的交集又有T、F、\*、0、1、2六种取值，因而九交模型的空间关系又可拓展成69=10077696种非常复杂的空间情形，形成9-交扩展模型，并通过对大量的空间关系进行归纳和分类，得出5种基本的空间关系：相离关系(Disjoint)、相接关系(Touch)、相交关系(Cross)、包含于关系(In)、交叠关系(Overlap)。

1. **地貌形态的自动分类包括哪些内容？**
2. 基于聚类的方法

基于聚类的地貌形态自动分类方法包括两个步骤：

1. 对研究区内一套地形属性（如栅格DEM计算出的坡度、曲率、地形湿度指数等）所构建的属性空间应用聚类算法，得到类内差异尽可能小、类间差异尽可能大的若干类。
2. 专家对聚类结果进行判读，确定聚类所对应的地貌形态类型。一些借鉴面向对象影像分割算法的地貌形态自动分类方法本质上也属于此类方法。对单一地形属性的分级虽然可视为属性空间聚类在一维情况下的特例。但由于地貌形态类型是对地表形态特征综合后的空间划分，因此一些针对性设计的单一地形属性只适合于对少数特定地貌形态类型的粗略划分，如提取河谷。

按照聚类算法是否将每一个位置仅识别为一个确定的类型，可将该类方法进一步分为确定性聚类方法与模糊聚类方法。后者根据模糊集理论，对每一个位置计算其对于每一类别的隶属度（或称相似度），隶属度最高的类别作为最可能的分类结果，该方法可同时定量表达分类结果的不确定性。

基于聚类的方法以数据驱动为特点，聚类算法本身对地貌形态分类先验知识缺乏考虑，难以体现地理现象的空间特征。例如，基于属性域频率分布计算的聚类方法很难考虑到较小空间内集中出现某种地形类型的情况，所得到的聚类结果常常缺乏地学含义，与地貌形态分类目标之间难以实现明确的对应并给出合理的地学解释。在实际应用中需要专家对聚类算法的结果进行深入分析与反复试错，以期得到较好的分类结果。

1. 基于规则知识的方法

与采用数据驱动思路的聚类方法截然不同，基于规则知识的方法是将地貌专家的地貌形态分类知识显式表达以及定量规则化，通常是逐类设定一组地形属性的取值范围。之后用于自动分类，该类方法也被称为语义输入法。

按照地貌形态分类知识的规则化形式，该类方法可细分为如下两类：

1. 专家给出确定性规则的方法。该方法需专家定量给出各地貌形态类型在各地形属性上的阈值区间，或者是设定地貌形态类型明确对应的高程关系。应用确定性规则意味着每一个空间位置只归属于同一分类级别中的唯一一个地貌形态类型，其结果是具有确定边界的分类图，否则违反确定性分类规则的自洽性。
2. 模糊规则的方法。由于地貌形态类型本身具有模糊性，不同地貌形态类型之间在空间分布上常具有渐变特征，确定性的边界更多是为了认识上的简便，而非客观实在。因此，将地貌形态类型视为模糊对象更为合理，这种情况下，地貌形态分类规则知识可由专家设定为各地形属性上的隶属度曲线形式。模糊规则的应用结果不但可“硬化”得出具有确定边界的分类图，还可定量给出分类结果的不确定性，对后续应用也有重要价值。
3. 基于典型样点的方法

对地貌形态分类知识难以进行显式规则表达，但地貌专家可以相对容易地给出各地貌形态类型的典型位置，这些典型位置隐含了地貌形态分类的专家知识，基于这一思路，发展出了基于典型样点的自动分类方法。获取典型样点的途径包括专家挑选﹑按规则筛选、基于已有地貌图分类随机选点等。

该类方法按照利用典型样点中隐含的地貌形态分类知识的不同方式，可进一步分为如下两类

1. 需用户设定由典型向非典型性过渡程度的规则化知识。该方法可利用典型样点上所隐含的原型知识，在推理的同时，又考虑了属性信息和空间信息。相较于前述需专家显式给出所有规则知识的分类方法而言，该方法在保证结果合理性的同时，降低了应用难度。但该方法仍需用户根据研究区特点设定一部分规则性知识（如模糊隶属度曲线参数），因此未能充分利用典型样点隐含的专家知识，自动化程度受限，不便于推广应用。
2. 采用机器学习算法（如随机森林算法等）自动挖掘典型样点中隐含的地貌形态分类知识。该类方法利用日益丰富的地形属性数据，同时结合人工智能领域快速发展的机器学习方法，需要专家参与程度最少，自动化程度高，，应用更为简便，具有很好的发展前景。

地貌形态类型（尤其是复合形态类型）是以一定空间范围内的空间结构特征为依据，而典型样点只包含单个栅格或者极小范围内的地形属性信息，难以体现地表形态的空间结构特征，更难于刻画地貌形态类型的空间层级组合关系。因此，典型样点上所蕴含的地貌形态分类知识并不完整，会直接影响该类方法通过机器学习挖掘隐含知识的效果，导致该类方法尚不适用于对复合形态类型的自动划分。

1. **多边形拓扑自动构建的主要步骤是什么？为什么要构建多边形拓扑？（多边形拓扑定义、主要元素、构建过程是什么？多边形岛屿如何识别？为什么要构建多边形拓扑）**

·多边形拓扑自动构建的主要步骤

1. 链的组织
2. 找出在链的中间相交的情况，自动切成新链；
3. 把链按一定顺序存储，并把链按顺序编号
4. 结点匹配
5. 把一定限差内的链的端点作为一个结点，其坐标值取多个端点的平均值；
6. 对结点顺序编号。
7. 检查多边形是否闭合：通过判断链的端点是否有与之匹配的端点来进行，多边形不闭合的原因：
8. 因结点匹配限差的问题，造成应匹配的端点未匹配；
9. 因数字化误差较大或错误，可通过图形编辑或重新确定匹配限差来确定；
10. 可能此链为悬挂链，不需参与多边形拓扑，这种情况下可以作标记，使之不参与下一阶段拓扑建立多边形的工作。
11. 建立多边形的基本过程
12. 顺序取一个结点为起始结点，取完为止；取过该结点的任一条链作为起始链
13. 取这条链的另一结点，找这个结点上，靠这条链最右边的链，作为下一条链
14. 是否回到起点：是，已形成一多边形，记录之，并转(4)；否，转(2)
15. 取起始点上开始的，刚才所形成多边形的最后一条边作为新的起始链，转（2），若这条链已用过两次，即已成为，两个多边形的边，则转（1）
16. 岛的判断，找出多边形互相包含的情况：
17. 计算所有多边形的面积
18. 分别对面积为正的多边形和面积为负的多边形排序
19. 从面积为正的多边形中，顺序取每个多边形，取完为止。若负面积多边形个数为0，则结束
20. 找出该多边形所包含的所有面积为负的多边形，并把这些面积为负的多边形加入到包含它们的多边形中，转（3）

包含多边形的寻找：

1. 找出所有比该正面积多边形面积小的负面积多边形
2. 用外接矩形法去掉不可能包含的多边形.即负面积多边形的外接矩形不和该正面积多边形的外接矩形相交或被包含时，则不可能为该正面积多边形包含
3. 取负面积多边形上的一点，看是否在正面积多边形内，若在内，则被包含；若在外，不被包含
4. 确定多边形的属性多边形以内点标识。内点与多边形匹配后，内点的属性常赋于多边形

·建立拓扑的原因：

对于数据处理和GIS空间分析具有重要的意义，如下：

1. 拓扑关系能清楚地反映实体之间的逻辑结构关系，它比几何关系具有更大的稳定性，不随地图投影而变化。
2. 有助于空间要素的查询，利用拓扑关系可以解决许多实际问题。
3. 根据拓扑关系可重建地理实体
4. 通过创建拓扑结构确立拓扑关系，查看结点、弧段和多边形所表示的实体之间的邻接、关联、包含和连通关系，便于图斑查询和属性更新。
5. **数据质量的主要内容包括哪些方面？举例说明。**

GIS数据质量的基本内容

1. 位置精度：如数学基础、平面精度、高程精度等，用以描述几何数据的误差.
2. 属性精度：如要素分类的正确性，属性编码的正确性，注记的正确性等，用以反映属性数据的质量
3. 逻辑一致性：如多边形的闭合精度，结点匹配精度，拓扑关系的正确性等，由几何或属性误差也会引起逻辑误差
4. 完备性：如数据分类的完备性、实体类型的完备性、属性数据的完备性、注记的完整性、数据层完整性、检验完整性等
5. 现势性：如数据的采集时间、数据的更新时间等

·误差产生的原因：

空间现象自身存在的不稳定性：空间现象在空间位置分布上的不确定性变化；在发生时间段上的游移性； 属性类型划分的多样性；非数值型属性值表达的不精确性

空间现象的表达：投影变换误差；仪器设备误差与操作误差

空间数据处理中的误差：地图数字化处理和扫描后后的矢量化处理中产生的误差；数据格式转换中产生的误差；数据抽象过程中产生的误差；建立拓扑关系中产生的误差；与主控数据层匹配过程中产生的误差；数据叠加操作和更新中产生的误差；数据集成处理产生的误差；数据的可视化表达中产生的误差

空间数据使用中的误差：对数据的解释过程中产生的误差；在缺乏数据说明的情况下，对数据随意使用而产生的误差

·误差的具体来源

数据采集：实测误差，地图制图误差（制作地图的每一过程都有误差）；航测遥感数据分析误差（获取、判读、转换、人工判读误差）；数据转换与处理中的误差

数据输入：数字化过程中操作员和设备造成的误差，某些地理属性没有明显边界引起的误差

数据存贮：数字存贮有效位不能满足（由计算机字长引起，单精度、双精度类型）；数据压缩存储引起的误差；空间精度不能满足

数据操作：类别间的不明确，边界误差（不规则数据分类方法引起）；多层数据叠加误差；多边形叠加产生的裂缝；各种内插引起的误差

数据输出：比例尺误差；输出设备误差；媒质不稳定；压缩误差

成果使用：用户错误理解信息，不正确使用信息

·数据质量的评价方法

直接评价法：计算机程序自动检测、随机抽样检测

间接评价法：地理相关法、元数据法

非定量描述法：

·数字化误差评价和质量控制

1. 评价数字化误差的方法：自动回归法（时间序列分析法）、ε-Band法、对比法（数字化前后图叠加）
2. 数字化过程中质量控制

·数据处理中数据质量的评价

1. DEM的精度：受原始资料的精度和内插精度的影响；采用原始等高线与再生等高线叠合的评价方法
2. 矢量数据栅格化的误差：属性误差和几何误差；采用理想矢量图栅格化结果与成果叠置比较的评价方法
3. 多边形叠置产生的误差：

拓扑匹配误差：碎屑多边形，需合并（人机交互法、临界值自动合并、拟合新边界合并）

几何误差：边界线精度；属性误差：叠置、分类、重分类会使属性误差加剧

1. **空间索引主要有哪几类？其在GIS中的作用是什么？**
2. 基于B树的索引方法

B树，即二叉搜索树，结构特点：所有非叶子节点至多拥有两个子节点（Left和Right）；所有的节点存储一个关键字；非页子节点的左指针指向小于其关键字的子树，右节点指向大于其关键字的子树；

1. R树、R+树、R\*树索引

R树是空间数据索引结构中重要的一种层次结构，目前已成为许多空间索引方法的基础，不少前沿的空间索引都使用到R树或者对R树改良。其构建思想是以最小边界矩形（MBR）递归地对空间数据集的空间按照“面积”规划进行划分。它的特点如下：R树中非叶子节点代表一个划分的空间区域，即一个矩形空间区域； R树中的叶子节点包含的矩形区域对应空间对象的MBR；

 R+树主要针对R树中兄弟节点的MBR重叠后，导致空间搜索性能较差的特点提出的。R+树中，兄弟节点之间的MBR不允许重叠，这使得空间搜索的性能较好，但由于在插入和删除时需保证兄弟节点之间的MBR不能重叠，因此R+树的插入和删除操作的效率较低。 R+树中间节点的所有矩形都是不相交的。如果一个对象的MBR被两个或多个R+树高层节点中的矩形分割，与这些非叶节点中矩形相联系的每个项都有指向这个对象的一个后继叶节点。这样树的高度增加，但搜索操作的性能会大大提高。

1. 基于网格的空间索引

网格索引的基本思想是将研究区域按一定规则用横竖线分为小的网格，记录每个网格所包含的地理对象。当用户进行空间查询时，首先计算查询对象所在的网格，然后通过该网格快速查询所选的地理对象。网格索引算法大致分为三类：基于固定网格划分的空间索引算法、基于多层次网格的空间索引算法和自适应层次网格空间索引算法。

1. 基于固定网格的空间索引

 将一幅地图分割成a\*b的固定网格，再根据一定的方法将网格编码，为落入每个格网内的地图目标建立索引，这样只需检索原来区域的1/a\*b，以达到快速检索的目的。该算法的优点是操作简单，在涉及的数据量不大、不需要进行复杂操作时具有一定的适应性。例如对点对象的检索特点适合使用。

1. 基于多层次网格的空间索引

将一幅地图分割成若干大小相同的小块，将落入该小块内的地图目标存入该小块、块对应的存储区域中，根据需要可以将小块划分成更小的块，建立多级索引。该算法的优点是检索的效率比较高，相比于纯粹的网格索引减少了特定的比较次数。但是网格划分的精细程度无法保证最优。对处于网格边缘的对象没有一个很好的解决办法，没有考虑到地图目标的水平与垂直分布对网格划分的影响。

1. 自适应层次网格空间索引算法

其网格大小由各具体的地图目标的外接矩形决定，避免了网格索引中网格划分的人为因素。算法的优点是网格划分稳定自动，以各地图目标的外接矩形的大小作为划分依据，避免了重复存储，在存储效率上有一定改善。不足就是算法实现复杂，建立索引前，必须知道各地图目标外界矩形的长、宽，按其面积大小排序；建立索引后，进行插入或删除操作时，涉及的地图目标的外接矩形面积若不是原有面积大小，则需要重新进行排序，效率反而会下降。

1. 基于二叉树的空间索引

（1）四叉树空间索引

四叉树索引可能是最早的专门为存取空间数据而设计的数据结构，不仅可用于二维变量，也可以用于任意维数。它是二叉树用于二维数据的一种推广。

四叉树索引，类似于网格索引，也是对地理空间进行网格划分，对地理空间递归进行四分来构建四叉树，直到自行设定的终止条件（比如每个节点关联图元的个数不超过3 个，超过 3 个，就再四分），最终形成一颗有层次的四叉树。它的特点如下：每个叶子节点存储了本区域所关联的图元标识列表和本区域地理范围；非叶子节点仅存储本区域地理范围。

由于四叉树的生成和维护比较简单，且当空间数据对象分布比较均匀时，基于四叉树的空间索引可以获得比较高的空间数据插入和查询效率。

（2）KD树——K近邻算法的实现

KD树（K维搜索树）是把二叉树推广到多维数据的一种主存数据结构，它是一个K维空间中的平衡二叉树，主要用于存储点数据。在每一个内部节点中，它用一个k-1维的超平面（如二维空间的线）将节点所表示的k维空间分成两个部分，这些超平面在k个可能的方向上交替出现，而且在每一个超平面中至少包括一个点数据。在KD树中查找一个所有维都给定值得对象的处理如同在二叉树中一样，只需在每个内部节点上决定沿哪个走向，直至搜索到叶节点为止。

1. 新型空间索引
2. PostGis的通用搜索树

数据库对多维数据的存取有两种索引方案，R-Tree和GiST（Generalized Search Tree）简称“通用搜索树”，在PostgreSQL中的GiST比R-Tree的健壮性更好，因此PostGIS对空间数据的索引一般采用GiST实现。通用搜索树是一棵平衡树，其特点如下除根节点的扇出数在2和M之间外，每个节点的扇出数在kM和M之间，这里2/M<=k<=1/2。常量k称作该树的最小填充因子，M为一个节点可以容纳索引项的最大数目；索引项形式为（p，ptr），其中p是用作搜索码的谓词（谓词中可以包含自由变量，只要相应子树中叶节点标识的所有元组能实例化这些变量即可）。在叶节点中，ptr为指向数据库中某一元组的指针；而在非叶结点中，ptr为指向其子树根结点的指针

1. QR树——基于R树与四叉树的空间索引

从R-树的特征出发，为了提高查找性能，减少索引空间重叠，避免或减少查找分支，而引入索引空间的“四叉树”层次划分方法，将整个索引空间划分为多级子索引空间，然后对每级的子索引空间均采用R-树进行索引。其实质是将一棵“大”的R-树分解成多课“小”的R-树（即一群R-树的集合）将查询尽可能限定在局部空间区域，从而提高查找性能。

1. HR树——基于Hilbert分形曲线的空间索引

    基于Hilbert码的R树建立思想是：先将待索引的空间对象按照最小外包矩形MBR的中心的Hilebert码值进行排序分组，然后按照自底而上的模式生成R树。这种算法可以获得几乎100%的空间利用率，而且查询性能优于会产生节点分裂的R树系列。

1. **网络分析中连通分析之最小生成树的算法原理是什么？**

（1）Prim算法

普里姆（Prim）算法是以某顶点为起点，假设所有顶点均未连接，逐步找各顶点上最小权值的边来连接并构建最小生成树。是以点为目标去构建最小生成树。假设有一个无向带权图G=(V，E)，它的最小生成树为MinTree=(V，T)，其中V为顶点集合，T为边的集合。求边的集合T的步骤如下：

1. 令 U={u0}，T={}。其中U为最小生成树的顶点集合，开始时U中只含有顶点u0（u0可以为集合V中任意一项），在开始构造最小生成树时我们从u0出发。
2. 对所有u∈U，v∈(V – U)（其中u，v表示顶点）的边(u，v)中，找一条权值最小的边(u’，v’)，将这条边加入到集合T中，将顶点v’加入集合U中。
3. 直到将V中所有顶点加入U中，则算法结束，否则一直重复以上两步。

（2）Kruskal算法

Kruskal是一种用来寻找最小生成树的算法，在剩下的所有未选取的边中，找最小边，如果和已选取的边构成回路，则放弃，选取次小边。

1. 将图G看做一个森林，每个顶点为一棵独立的树
2. 将所有的边加入集合S，即一开始S = E
3. 从S中拿出一条最短的边(u，v)，如果(u，v)不在同一棵树内，则连接u，v合并这两棵树，同时将(u，v)加入生成树的边集E'
4. 重复③直到所有点属于同一棵树，边集E'就是一棵最小生成树
5. **举例说明空间聚类与空间插值的在实际场景中的应用。**

空间聚类的应用：用于某地区就业情况分布专题地图制作

将GIS与聚类算法相结合，空间聚类可以从空间数据集中发现对象的凝聚趋势、分布规律和发展方向并做进一步挖掘分析，从而获取更加概括、精练的知识，并且可以发现现有GIS分析工具无法获取隐含的模式和规律，为GIS智能化分析和GIS决策提供支持。此外，空间聚类是遥感影像解译的重要技术手段和工具，遥感影像解译的结果又可更新GIS数据库，因而将会促进遥感与GIS的智能化集成。空间聚类分析已广泛应用于地理信息系统、生态环境、军事、市场分析等领域。

使用某地区不同更小辖区的空间数据加上人口、就业人员状况等数据，依据各种指标计算方法进行空间聚类分析，可以对具有类似特征的不同地区进行聚类，再进行成果可视化即可得到该地区的就业情况分布图。

空间插值的应用：用于DEM生成中等高线的获取

由于所采集的原始数据排列一般是不规则的，为了获取规则网格DEM，内插是必不可少的步骤。等值线插值法是比较常用的DEM生成方法，根据各局部等值线上的高程点，通过插值公式计算各点的高程，得到DEM，输入等值线后，可在矢量格式的等值线数据基础上进行，插值效果较好。