

## 实验二 栅格数据编程基础

---

- 实验目的
  - 通过实验，一方面，掌握**windows BMP**特别是**DIB**即设备无关位图格式位图文件的基本格式。另一方面，掌握利用**VC++**进行位图数据的读取、保存及显示，并在此基础上对位图进行相关处理，并将处理结果可视化显示，从而能更好的理解地图代数视角下对栅格数据的处理原理过程。
  - 反色处理：**255-当前颜色**
  - 叠置处理
  - 聚焦函数——平滑处理
- 
- 上课地点：资环院 **4**楼实验室

# 地图代数概论

---

## 第三章 空间数据的表达与组织

# 数据和空间数据

---

- 实体 $\leftrightarrow$ 逻辑  $\leftrightarrow$  物理
  - 数据（时、空、质、数）
  - 空间数据——位、邻、近、势
-

## 3.1.1 空间数据的内容

---

- “位”——即空间点、线、面实体的位置数据。
  - “邻”——即空间点、线、面实体的有关“邻”的关系数据，一般通过“公共元”或“邻接元”相互关系和区分，也即学术界讨论得比较多的“拓扑”关系数据。
  - “近”——即空间点、线、面实体间及附近空间的关系数据。
  - “势”——即扣除了“邻”、“近”后，空间全部实体间的各种关系数据。
-

## 3.1.2 GIS的发展与空间数据

---

### □ 机助编绘问题



图3-1 两个线状实体的“清绘”

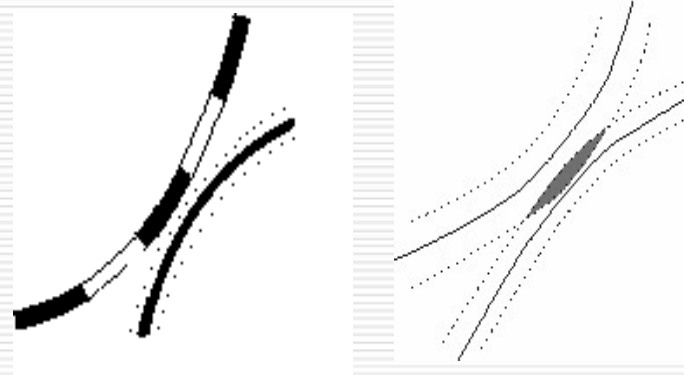


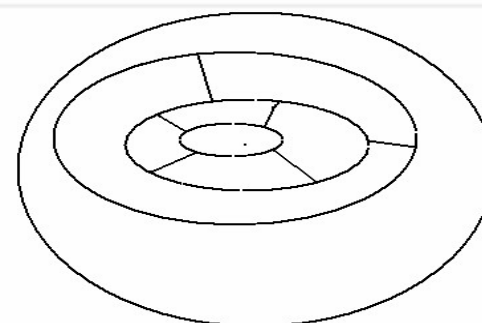
图3-2 比例尺缩小后绘制两个线性要素要考虑“近”关系

## 3.1.2 GIS的发展与空间数据

### □ GIS网络分析问题

空间关系数据在网络分析的各个内容上都有体现：

- ①相应于“邻”问题，如爆管分析中相关阀门检索及处理。
- ②相应于“近”问题，如路径分析中的最短路径，如图3-3所示的“迷宫导引”问题，这类问题不仅与实体有关，而且与所在空间的性质和结构有关。
- ③相应于“势”问题，如网络中的P中心设置、空间网络设计需要综合考虑“近”和“势”，即需要考虑一切对象的相互关系后才能决策的复杂问题往往与势数据相关。



迷宫中心有出发点，各层有若干出口及封堵，外层出口唯一。

图3-3 迷宫导引图

## 3.2.1 普通数据库中的数据模型

---

- 表示实体以及实体间联系的模型叫数据模型。数据模型的作用就是能清晰地表示数据库的逻辑结构。
    - 数据概念模型
    - 数据逻辑模型
    - 数据物理模型
  - 数据模型被视作对客观世界现象或实体的概念性描述，而数据结构则被视作数据模型的实现手段，强调的是在计算机中的编码、存储与表达方法。数据库的建立包括四个抽象层次，即客观世界（**reality**）、数据模型（**data model**）、数据结构（**data structure**）、文件结构（**file structure**）。
-

## 3.2.1 普通数据库中的数据模型

---

### □ 一、实体间的联系

- **1-1**关系
- **1-m**关系
- **m-m**关系

### □ 通常的数据模型有四种：

- 实体—联系（**E-R: Entity-Relationship**）模型
  - 层次模型
  - 网状模型
  - 关系模型
-



## 3.2.2 空间数据库中的数据模型

---

- 地理世界的实体和现象具有海量和复杂的特性，空间数据模型不仅要抽象具有空间分布特征的实体集，还要抽象实体集之间的关系。抽象出来的空间数据模型应该可以反映现实世界中空间实体及其相互之间的联系，为空间数据组织和空间数据库模式设计提供基本的概念和方法。
  - 空间数据库中的地理实体和普通数据库中的实体最大的不同在于增加了空间性质。
-

## 3.2.2 空间数据库中的数据模型

---

### □ 空间数据模型与普通数据模型的重要差别

实体之间的联系

vs

空间实体间的关系

**1: 1, 1: n, m:n**

邻、近、势

### □ 空间数据概念模型

- 空间数据概念模型是真实世界实体与现象的第一次抽象，即具有空间分布特征的实体集及实体集之间关系的概括性描述。
  - 概念模型包含了两个方面的内容：一是几何概念模型，另一个就是语义概念模型。
  - 有两种认识空间现象的观点：连续场目标观点（**field view**）和离散目标观点（**object view**）。
-

## 3.2.2 空间数据库中的数据模型

---

### □ 空间数据逻辑模型

- 逻辑数据模型是概念数据模型所确定的空间实体及关系的逻辑表达，是概念数据模型向物理数据模型转换的桥梁。
- 一般针对概念数据模型中的连续场目标观点和离散目标观点，习惯性地提出了直接相联系的栅格数据模型和矢量数据模型两个逻辑数据模型来进行逻辑表达。
- 特别对于栅格模型：  
实数空间->整数空间  
分辨率由 用途需要 和 计算能力 确定

### □ 空间数据物理模型

- 空间数据物理模型是通过一定的数据结构完成空间数据的物理组织、空间存取及索引方法的设计。
-

## 3.3 空间数据的表达

---

- 空间数据由几何数据、属性数据、时间数据构成，其中几何数据包括实体的基本几何数据——定位信息（空间位数据）和由实体的空间位置决定的空间关系数据。空间数据的表达以特定的数据模型为基础，采用相应的数据结构完成。
-

## 3.3.1 空间位数据的表达

---

□ 在空间数据中，最基本的是描述实体定位信息的位数据，它是空间实体在某一参考系中的定位表达，这一类数据是所有空间数据中最基本的、最必须的。

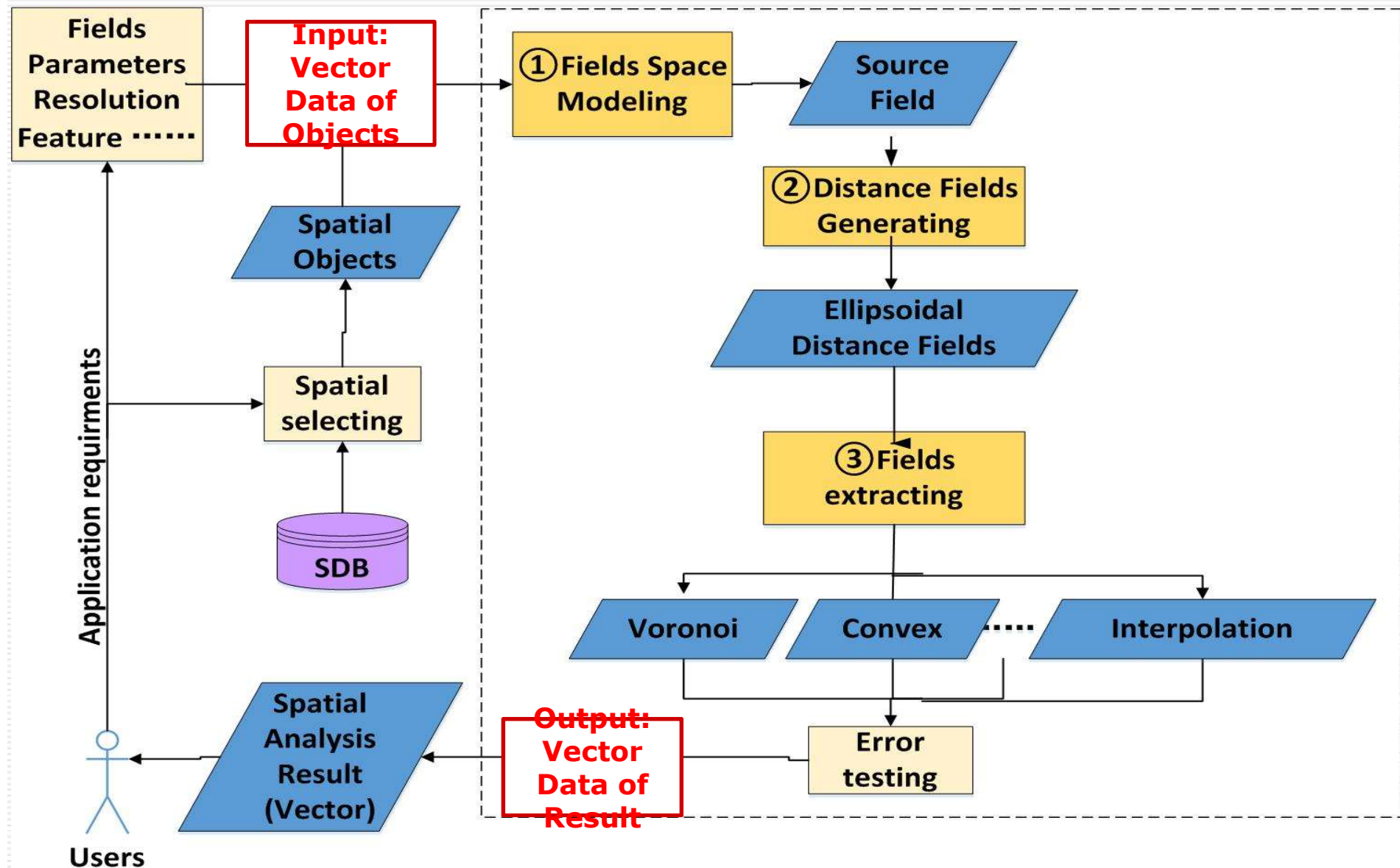
□ 位数据的表现形式取决于参考系的表现形式。

□ 矢—栅紧密结合型数据模型

模型认为“一体化”有它本身特定含义。矢量—栅格紧密结合型数据模型途径的实际意义是

- 矢量为体
  - 栅格为用
  - 矢栅互换
  - 利用长处
-

# Spatial Analysis through Fields Model



**Spatial Analysis Service on Ellipsoidal Earth Surface**

## 3.3.2 空间关系数据的运算和表达

---

- 根据 Egenhofer等人的研究，基础空间关系分为三种：
  - 拓扑关系
  - 距离关系
  - 方向关系
- 实体空间关系的基础是实体的空间定位数据，通过对空间位置数据的运算，可以得到实体之间空间关系。

## 3.3.2 空间关系数据的运算和表达

### □ 空间拓扑关系的计算及表达

$$R_{4I}(A, B) = \begin{pmatrix} A^\circ \cap B^\circ & A^\circ \cap \partial B \\ \partial A \cap B^\circ & \partial A \cap \partial B \end{pmatrix}$$

$$R_{9I}(A, B) = \begin{pmatrix} A^\circ \cap B^\circ & A^\circ \cap \partial B & A^\circ \cap B^- \\ \partial A \cap B^\circ & \partial A \cap \partial B & \partial A \cap B^- \\ A^- \cap B^\circ & A^- \cap \partial B & A^- \cap B^- \end{pmatrix}$$

❖ 对于矢量结构的数据来说，拓扑关系的计算本身是极其复杂的过程。



# 栅格数据拓扑关系的表达

---

□ 采用栅格数据结构计算两实体间拓扑关系的方法如下：

对两个实体**A**、**B**对应的栅格图像进行叠置运算，考察它们的交。

- 当交集为空时，则考察实体边界上的栅格单元，如果有属于另一个实体的栅格单元位于该实体边界的**8**邻域上，则它们是邻接的，否则是相离的；
  - 当交集不为空时，如果交集是两个实体栅格单元集合的真子集，则它们是相交的；如果交集与实体**A**相等，则**A**被**B**包含，如果交集也与**B**相等，则**A**、**B**互相包含（相等）。
-

# 空间距离关系的计算及表达

---

## □ 空间距离关系的计算及表达

距离关系是基于距离尺度的空间关系，基于距离的分析包括距离计算、最短路径分析、空间剖分和缓冲区分析等。量化的距离关系包括：

- (1) **邻关系**：邻关系数据体现的是**0**距离关系。
  - (2) **近关系**：近关系数据是空间点、线、面实体间及附近空间的关系数据，是实体之间远近程度的表示。
    - ① **缓冲区分析**
    - ② **基于最近关系的区域剖分**
  - (3) **势关系**：势关系是空间全部实体间的相互关系，也表明空间各实体对空间任一点的影响，它是空间中实体影响能力的强弱表达。
-

## 3.3.2 空间关系数据的运算和表达

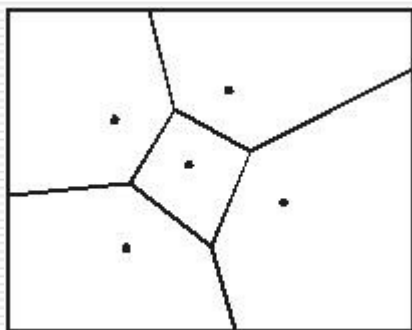


图3-6 离散点集的Voronoi 图



图3-7 利用地图代数方法生成的全形态图形的Voroion图

可见，空间距离关系是以空间实体的位数据为基础的，包括邻、近、势关系的复杂集合，这几种关系的集合才是空间距离关系的一个完备表达。

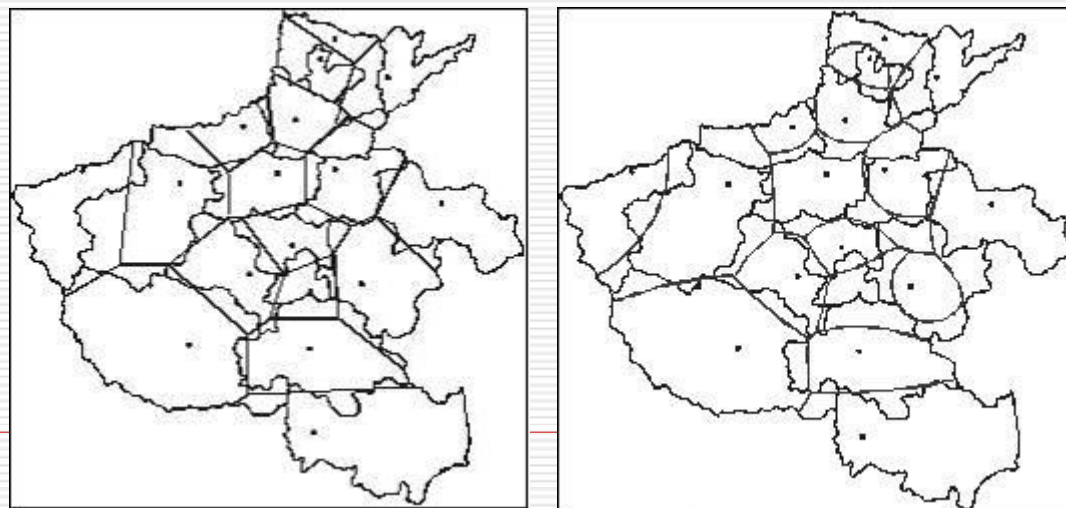


图3-8 河南省城市综合势力影响范围划分

## 3.4 空间数据组织面临的困惑

---

- **3.4.1** 空间数据量问题
  - **3.4.2** 复杂动态的空间数据组织问题
  - **3.4.3** 空间数据初始化问题
-

## 3.4 空间数据组织面临的困惑

---

- 就数据量而言，位、邻、近、势数据依次呈几何级数增长趋势。
  - 严格基于矢量结构的数据在位数据的表达上没有问题，但是邻关系的运算则相当复杂，近、势数据处于不可企及的状态。
  - 空间表达尚且如此，就更不用说空间分析中数据更新的频繁性、空间分析的动态性和空间过程的连续性了。
-

# 空间数据量问题

以 **5000**个结点的网络空间数据为例：

□ “位”数据，**5000**个结点“位”

它们之间的实际联系——实际边的数目 **E** ( $0 \leq E \leq C^2_{5000}$ )

□ “邻”关系数据相对于上述位数据则应增加到 **E<sub>max</sub> =  $C^2_{5000}$**  数，即结点之间的通路可能达到  **$C^2_{5000}$** ，约**12500000**条。。

□ “近”数据，则有两个概念，一是绝对量的概念，如缓冲区缓冲宽度**L**的衡量，显然**1**米和**2**米的“近”数据量是不一样的；二是相对量的概念，即“更近”和“最近”的概念，如在**Voronoi**区域衡量中，全区域每一个点均有自己数据的数据量级，数据量大大增加。

□ “势”数据则是描述区域内全部实体间的相互关系、相互作用，如物质流、信息流、能量流，不仅邻、近实体间有作用，遥远实体、所有实体间如万有引力一样都有作用，关系极其复杂，数据量也极大。

□ 思考，对于自然图形又如何？

# 复杂动态的空间数据组织问题

---

动态**GIS**是对一个区域的多时刻快照与某个或某些因素的动力学机理模拟和探索。复杂动态系统具有多因素、多过程、多周期和多系统特征。

表达动态**GIS**空间数据的位、邻、近、势数据？

---

# 空间数据初始化问题

---

空间数据的初始化，简单地说即是空间分析或处理算法对起始数据的要求和具体准备，对任一个算法数据结构的设计和数据的有序组织。

- ①空间信息的完整概念包含“位”、“邻”、“近”、“势”四个方面，而对于它们的数据获取和显式描述都存在困难。
  - ②**GIS**本身空间数据量非常巨大，而同时复杂过程和大过程对空间信息的要求又是非常全面的，即便是在有合适的显式描述模型存在时，显式的全面数据表达仍然意味着巨大的初始化开销，仍然会出现数据“用而不备”和“备而不用”的情况。
-



# 空间数据初始化问题（续）

---

- ③数据组织的基础是对实体的空间结构的认识，使得空间数据组织成为一个复杂的问题，特别是在空间形态复杂的情况下，很难用一个通用的形式来显式表示表达其结构。
- ④按照某些确定的模式和模型来处理数据并得到数据结果，这种方式 and 途径使得多数情况下**GIS**依赖于矢量结构下显式的空间数据组织，同时庞大的数据量及显式数据表达要求，使初始化过程难以连续动态地实施，因而无法满足初始化的实时性，限制了动态**GIS**的发展；
- ⑤对空间数据的初始化要求也会随之变化，具有一定的不确定性，现有数据初始化并不一定能满足未来潜在的空间分析需求，出现“备而无用”的情况。

动态复杂地理过程能否计算？

---

## 3.5 GIS空间数据 “0”初始化

---

- 3.5.1 栅格GIS的发展及GIS空间数据 “0”初始化的孕育
  - 3.5.2 GIS空间数据 “0”初始化的提出与设想
  - 3.5.3 GIS空间数据 “0”初始化的基础与科学涵义
  - 3.5.4 GIS空间数据 “0”初始化与栅格数据结构
  - 3.5.5 空间数据的 “0”初始化策略
  - 3.5.6 GIS空间数据 “0”初始化发展的可行性及意义
-

## 3.5 GIS空间数据 “0”初始化

---

### □ 空间关系的显式表达和动态维护

问题：

- 1) 是否存在某种空间数据结构蕴含了复杂的空间关系，或者说采用某种结构可以通过相对简单的运算来获取复杂的空间关系？
  - 2) 是否存在相应的算法来实现这一构思？
  - 3) 如果存在这种结构和对应的算法集合，是否可以考虑在此基础上构建**GIS**空间分析的最小数据初始化方法？
-

# 栅格GIS的发展

---

矢量**GIS**主要应用在地图编绘、效用分析和交通规划等领域的数据操作，而其他诸如水文预测、土地利用研究、侵蚀控制以及其他许多方面繁复的分析都是在栅格领域进行的。目前已经商品化的栅格**GIS**中，都不同程度地提供了基于栅格数据的空间分析功能。

- ❑ ESRI从ArcView 3.x 中ArcView Spatial Analyst 2提供了广泛的栅格数据空间建模与分析功能，包括缓冲区分析、密度分析、多主题布尔查询和代数运算、邻接分析、区域分析以及等高线、坡面、坡向成图等等。
  - ❑ IDRISI 32是由美国Clark大学的Clark实验室开发的图形图像处理软件，最新版本是2003年发布的Kilimanjaro版，其中提供的栅格空间分析功能主要有土壤流失模拟工具（RUSLE）、土壤变化模拟工具（GEOMOD）、模型比较工具（VALIDATE）、统计分析工具（SPLUS）、流域分析工具（RUNOFF）等，这些都提供了有力的决策支持。
  - ❑ ILWIS 是由荷兰国际航天测量与地学学院（ITC）开发的GIS软件，最新版本3.2版于2004年1月发布，提供的栅格操作与分析功能包括地图运算、距离计算、图层粘合以及点、线内插、水流分析等。
  - ❑ MFWorks是ThinkSpace公司出品的栅格GIS分析软件，最新版本是3.0，主要功能包括地形分析、水文分析、通视分析、统计建模、密度分析、生成最小花费路径、表面分析、表面外推等等。
-

# 栅格GIS的空间分析功能

---

- 图像处理、制图建模、邻域/过滤操作、视域操作、水文和表流分析、坡面特征化、统计分析、插值操作、缓冲区分析，...,有的还提供了网络分析与拓扑分析功能。
  - 利用了栅格数据的特性：以规则格网致密结构化研究空间。栅格结构的这种特性，使得基于栅格的空间分析取得了一定的成果。
-

# GIS空间数据 “0”初始化的基础与科学涵义

---

- ①基于离散目标模型的空间分析需要做大量的数据初始化工作，空间分析的数据准备成为制约**GIS**空间分析发展的重要瓶颈。
  - ②空间关系虽然具有复杂和海量的性质，但是空间分析所需的空间关系数据都是可以认识的，并且可以采用适当的结构和算法，通过数值运算来获得其关系数据集。
  - ③地图代数提供了栅格空间分析运算的理论和技術基础。
  - ④由于空间关系的可认识性和采用栅格数据结构的可计算性，使得空间关系数据的“0”初始化成为可能。
-



# GIS空间数据“0”初始化与栅格数据结构

- 栅格模型以规则结构致密结构化研究空间，蕴涵了复杂的空间关系。
- ①**GIS**空间数据“0”初始化以系统全面的空间数据观为基础，提出了位、邻、近、势的四元空间关系集合，分析了空间表达的复杂性和数据的海量特性。
- ②**0**”初始化思想不仅认识到空间关系的复杂性和系统性，更重要的是对这种复杂性和系统性提供了较为全面的解决方案，这是普通栅格**GIS**所没有涉及和解决的问题。
- ③空间数据“0”初始化思想着眼于全面解决**GIS**发展的瓶颈，面向复杂、动态、连续地理过程提出了可能从根本上突破**GIS**发展瓶颈的理论与方法，而不同于普通栅格**GIS**对这些瓶颈的个别和局部性的解决。
- ④空间数据“0”初始化思想以新的数据观和空间观为基础，结合空间分析的需要，确定空间数据组织和表达方式，提供科学和具有普遍意义的空间分析基础算法，而普通栅格**GIS**虽然可以进行某些领域的空间分析，但缺少通用算法和相应的精度分析。
- ⑤此处讨论的空间数据“0”初始化，是基于地图代数的相关理论和技术基础，意味着对**GIS**空间分析需求的一个新的认识和实践层次，不同于普通栅格**GIS**对传统空间观和理论技术的依赖。

# 空间数据的“0”初始化策略

---

## □ 空间数据的表达

- “0”初始化的空间数据的表达采用栅格数据结构;
- 显式地表达空间数据中的原生数据

## □ 面向空间处理过程的空间关系数据运算

- 将原生数据转换成为满足特定空间分析所需要的源数据的运算
-



# GIS空间数据“0”初始化发展的可行性

---

- 对新时代多过程、多尺度和动态空间数据处理的瓶颈：
    - 数据的输入与更新
    - 空间关系的获取、表达和维护
    - 空间分析中的动态性、连续性要求
  - 遥感技术解决了GIS空间数据“0”初始化数据源问题
  - 地图代数则是GIS空间分析和运算的一个重要的理论基础和实践方法。
-

## 3.6 动态空间数据模型

---

- 有人认为，迄今为止Voronoi图是动态GIS唯一解决方案，Voronoi图就是动态空间数据模型。
  - 1997年Wright 和Goodchild在国际地理信息科学（IJGIS）上撰文指出，“GIS的研究需要发展一种基于度量的空间数据结构，以期能够改变它们相对位置并适应动态估计，它依赖于数据收集手段的物理过程和结构。
  - 计算几何的理论和研究表明：1阶Voronoi图具有动态插入一个新的生成元点仅影响其插入处邻近的几个Voronoi多边形的特性，并且可以计算出实体1-1间的两者关系，在此意义上，它具有动态性，但仅此是不够的。
-

## 3.6 动态空间数据模型

---

- 在“自然图形k阶Voronoi方法与应用”中，论证了n个自然图形的k阶Voronoi图均是栅格“位”数据的衍生物，并且以栅格数据规模M，给出了以时间复杂性为 $O(M)$ 的进阶方法生成自然图形k阶Voronoi图的方法，表明1阶Voronoi图尽管重要，但它表示的仅是多类关系中的一类，并无独特地位；具有独特地位的，且必不可少的是栅格“位”数据本身，而只要“位”数据一定，所有相应的空间关系数据就相应确定，不会改变；那种空间关系数据不可缺少，才能解算空间问题的技术取向仅仅是矢量数据模型的一种习俗，并不是空间科学的客观规律。
-

## 3.7 小结

---

- 本章分析了空间数据的基本特征以及空间数据的表达模型，在现有空间拓扑关系和距离关系相关内容的基础上，提出了“位”、“邻”、“近”、“势”的概念，完善了空间关系的描述。通过分析空间衍生关系的算法和表达模型，阐述了空间衍生数据显式初始化带来的运算、存贮开销，以及对复杂、动态、连续地理过程的分析处理的不适应性。
  - 由于空间数据的初始化工作直接制约和影响了空间分析的发展，根据空间关系基于位数据的可运算性，并考虑到栅格数据以规则单元致密结构化整个研究区域的特性，本章基于地图代数的相关理论和方法，提出了空间分析的数据“0”初始化问题。探讨了空间数据“0”初始化的涵义和基础，分析了在栅格数据的空间分析中实现“0”初始化的算法基础，论述了空间数据“0”初始化的必然性、实现策略、可行性以及发展意义。
-

# 作业

---

- **3-1**、地图代数视角下的空间数据包括哪些内容，它们相互间有哪些关系？
  - **3-2**、普通数据库中的数据模型和空间数据库中的数据模型有哪些异同？
  - **3-3**、空间数据表达和组织的主要困惑是什么？
  - **3-4**、**GIS**空间数据的表达和组织怎样才是合理的？
  - **3-5**、什么是**GIS**空间数据“**0**”初始化？
  - **3-6**、为什么说“空间数据的动态组织始终是困扰**GIS**的大问题，是**GIS**技术的起点”？
  - **3-7**、什么是动态空间数据模型？动态空间数据模型目的是什么？
-

---

# Thank You !

**[www.themegallery.com](http://www.themegallery.com)**