

基于关系数据库技术的遥感影像数据建库研究

李宗华^{1,2} 彭明军²

(1 武汉大学遥感信息工程学院,武汉市珞喻路 129 号,430079)
(2 武汉市规划土地管理信息中心,武汉市三阳路 13 号,430014)

摘 要:以 Oracle GeoRaster 和 ArcSDE 为例,论述了基于扩展的面向对象关系数据库进行遥感影像建库和基于中间件技术进行遥感影像建库的数据模型、数据存储方式、空间索引、数据管理与维护等问题。对遥感影像建库实施的数据分块、影像金字塔的构建、数据压缩处理等具体问题进行了实验研究。
关键词:关系数据库;遥感影像建库;面向对象;中间件
中图法分类号:TP392;P237.3

遥感影像数据的管理有两种模式:基于文件方式的管理和基于关系数据库方式的管理。由于遥感影像的数据特点和系统性能等方面的因素和制约,目前,大部分 GIS 软件和遥感图像处理软件都采用文件方式来管理遥感影像数据^[1,2]。但关系数据库系统在数据的安全性管理、多用户共享、存储管理和数据传输等方面具有很大的优势,可以有效地克服基于文件方式管理遥感影像的不足。采用关系数据库对遥感影像进行管理,可充分发挥关系数据库的优势,符合 GIS 向网络方向发展的趋势。基于关系数据库方式的遥感影像数据管理主要有两种实现方法:① 基于扩展的面向对象关系数据库管理遥感影像数据;② 基于中间件技术,将遥感影像分解成关系数据表,从而实现对遥感影像的管理。

1 基于扩展的面向对象关系数据库的遥感影像建库

基于扩展的面向对象关系数据库的遥感影像建库的基本方法是:在关系数据库的基础上,引入对象的概念,对关系数据库的数据类型进行扩展^[3],使之能存储影像数据。Oracle GeoRaster 就是在 Oracle Spatial 的基础上,采用面向对象关系技术,实现遥感影像数据的存储和管理的典型工具^[4]。

1.1 数据模型

GeoRaster 由影像数据本身和元数据组成,元数据采用 XML 格式来表达,内容包括对像元数据(表述和版本信息)、像素类型、维数、分块数、空间参考系统以及影像变换模型等,还可以扩展到栅格的属性表、缩放比例、色彩表、直方图等。一个 GeoRaster 对象有特定的元数据,每个层也可以有自己的元数据和属性,主要包括对象、栅格、空间参考、时态参考、光谱等信息。

GeoRaster 使用逻辑分层的多维栅格数据模型,栅格数据的核心是一个包括栅格像素的多维矩阵,每一个像素是矩阵的一个成员,一个矩阵有维数、像素类型、大小等,数据模型是逻辑分层的,核心数据称为对象层或 0 层,包含一个或多个逻辑层。在多波段的遥感影像中,每一个层存储一个波段的数据。GeoRaster 中的逻辑层与遥感影像各个波段之间的关系如图 1 所示。

1.2 数据存储方式

在 GeoRaster 对象-关系模型中,栅格数据通过 SDO_GEORASTER 数据类型存储到数据库中,包含一个或多个 SDO_GEORASTER 类型的数据表称为地理栅格数据表。但是包含 SDO_GEORASTER 数据类型的数据表并不真正存储栅格数据,而是存储与该栅格数据相关的信息,如影像范围、获取时间、纠正处理情况等。SDO_GEORASTER 对象的定义如下:

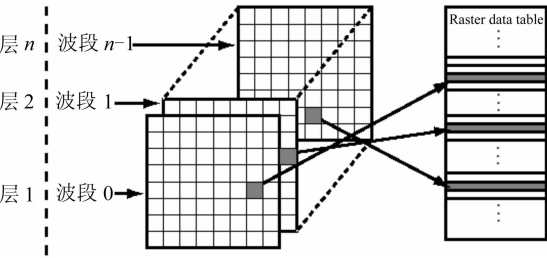


图 1 GeoRaster 中的逻辑层与遥感影像各个波段之间的关系

Fig. 1 Relationship Between Multi-bands Image and Logic Layers in Oracle GeoRaster

```
CREATE TYPE sdo_georaster AS OBJECT (  
  rasterType NUMBER,  
  spatialExtent SDO_GEOMETRY,  
  rasterDataTable VARCHAR2(32),  
  rasterID NUMBER,  
  metadata XMLType);
```

其中,rasterType 为 5 位整数,表示栅格信息的维数、栅格数据波段信息等;spatialExtent 为 SDO_GEOMETRY 类型,用来定义影像覆盖的空间范围;rasterDataTable 用来存储栅格数据表名,该表用来真正存储栅格数据;rasterID 用来标识栅格数据表的编号;metadata 用来存储 XML 格式的元数据。

在 rasterDataTable 数据表中,栅格数据是分块存储的,每一个块存储为栅格数据表中的一条记录。栅格数据表也是一个对象表,包含一个 SDO_RASTER 类型的列,真正存储栅格数据。SDO_RASTER 的定义如下:

```
CREATE TYPE sdo_raster AS OBJECT (  
  rasterID NUMBER,  
  pyramidLevel NUMBER,  
  bandBlockNumber NUMBER,  
  rowBlockNumber NUMBER,  
  columnBlockNumber NUMBER,  
  blockMBR SDO_GEOMETRY,  
  rasterBlock BLOB);
```

其中,rasterID 为影像块对应的编号,用来实现与 SDO_GEORASTER 数据类型的链接;pyramidLevel 指定影像金字塔的级别;bandBlockNumber 指定影像块的波段信息;rowBlockNumber 指定影像块的行号;columnBlockNumber 指定影像块的列号;blockMBR 指定影像块的最小外接多边形,为 SDO_GEOMETRY 数据类型;rasterBlock 用于存储影像块。

GeoRaster 的物理存储结构如图 2 所示。

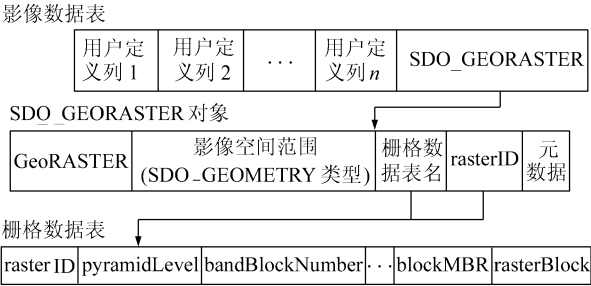


图 2 GeoRaster 的物理存储结构示意图

Fig. 2 Physical Structure of the GeoRaster Model

1.3 空间索引

空间索引主要是实现数据的快速检索。遥感影像的检索不仅要检索指定空间范围内的数据块,还要根据应用程序的显示范围确定读取哪一级金字塔的数据块。在 Oracle GeoRaster 中,同时支持四叉树索引和 R 树索引^[4,5]。

R 树索引首先计算每一个影像块的最小外接矩形(minimum boundary rectangle, MBR),将影像块的编号保存在 MBR 中,然后进行排序。检索时,先根据用户指定的范围查找 MBR,再通过 MBR 读取相应的影像数据块。

1.4 数据维护与管理

Oracle GeoRaster 提供了丰富的工具,以实现 对栅格类型数据的管理,包括创建影像数据表、导入导出数据、修改、拷贝、建立索引、建立金字塔、元数据修改、查询等,所有这些功能都是以函数形式提供的,可以在 PL/SQL 中使用,实现对影像数据的维护和管理。Oracle GeoRaster 提供 OCI、OCCL、Java API SQL 等方式进行开发。

2 基于中间件技术的遥感影像建库

基于中间件技术的遥感影像建库是在关系数据库的基础上,利用关系数据库提供的各种接口而开发的专用程序,将影像数据分解成关系数据库的一个或多个数据表,实现对遥感影像的存储和管理。ArcSDE 是一个典型的采用中间件技术实现关系数据库管理遥感影像数据的工具,应用程序通过 ArcSDE 把空间数据(包括栅格数据和矢量数据)存储到关系数据库中,ArcSDE 采用 Geodatabase 的概念来组织空间数据^[6,7]。

2.1 数据模型

在 ArcSDE 中,遥感影像数据也分为影像数据本身和元数据,遥感影像数据存放在二进制对象影像数据表中,元数据存放在一组元数据表

(meta_data tables)中,如 VERSION、LAYERS、SPATIAL REFERENCES 表等。Geodatabase 中的数据表之间的关系如图 3 所示。

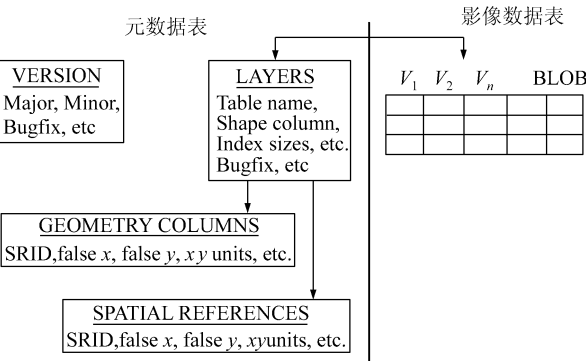


图 3 Geodatabase 中的数据表之间的关系示意图
Fig. 3 Relationship Between Tables in Geodatabase

2.2 数据存储方式

ArcSDE 将遥感影像分解成 3 个数据表存储在数据库中,其中,栅格数据块表 SDE_BLK_<raster_column_ID>数据表存储影像每个波段的实际数据;栅格波段数据表 SDE_BND_<raster_column_ID>存储影像波段的元数据信息;栅格数据描述表 SDE_RAS_<raster_column_ID>存储影像的描述信息;栅格数据列加入到存储栅格数据 ID 号的普通的属性数据表中,从而将属性数据表与存储栅格数据的 3 个数据表联系起来;栅格数据辅助表 SDE_AUX_<raster_column_ID>存储影像的色彩表、统计信息以及用于影像叠加和镶嵌的掩膜信息。ArcSDE 栅格数据存储模型见文献[7]。

2.3 空间索引

ArcSDE 采用格网索引,格网索引把研究区域划分为 $M \times N$ 的格网,对格网进行编号,根据空间对象的位置和形状,判断其落在哪些格网内,并把空间对象的 ID 号记录在这些格网上。通过这个格网上记录的 ID 号,就可以搜索出指定范围内的空间对象。如查询某点附近一定范围内的空间对象,通过查询覆盖此区域的几个格网中所包含的空间对象即可。对于栅格数据,还需要根据屏幕的视野范围确定读取哪一级金字塔的数据,从而实现影像的查询、检索、显示等操作。

2.4 数据维护与管理

ArcSDE 对栅格数据的维护是通过 ArcCatalog 软件实现的,包括建立索引、建立影像金字塔、导入导出数据、数据压缩等操作,还可以通过 ArcSDE 提供的 C API、Java API 来实现各种操作。C API 提供 ArcSDE 所有的功能,ArcView、

MapObjects 等客户端软件可以通过 C API 访问 ArcSDE。ArcSDE 对数据的访问是基于结构化查询语言 SQL 中定义的标准指针模式,也可以采用 ArcCatalog 或 ArcMAP 进行开发。一般而言,要读取 ArcSDE 数据,需要进行以下步骤:连接 SDE 数据库、定义 SQL 查询(QueryDef)、执行查询以提取记录(RecordSet)、循环访问记录集合中的数据值。

3 遥感影像建库的技术处理

遥感影像建库实施中需要解决若干操作性很强的技术问题,如确定影像分块的大小和选择适当的压缩比例进行数据压缩等。

3.1 影像分块及大小确定

遥感影像分块的目的在于把遥感影像数据划分成若干较小的物理数据块,便于管理与存储。确定分块大小的一般原则是与 RDBMS 数据块的大小相匹配。由于 RDBMS 每次读取的是数据块的整数倍,磁盘 I/O 对数据库性能的影响非常大。数据块设置得太小,应用系统将不断地从磁盘中读取数据;如果设置得太大,又将加重数据在网络上的传输。因此,根据遥感影像数据情况,选择 RDBMS 的数据块大小是必须考虑的重要因素。

3.2 影像数据压缩

进行遥感影像数据压缩的方法很多,如 LZW 压缩、LZ77 压缩、余弦变换压缩、小波变换压缩等[8,9]。由多尺度分析、时频分析、金字塔算法等发展起来的小波分析理论已经成为了图像压缩、处理和分析的有力工具。基于离散小波变换的压缩方法,利用离散小波变换对图像进行压缩、拼接和镶嵌,通过局部转换,使图像内部任何一部分都具有一致的分辨率和良好的图像质量。目前已有商业化的软件支持这种压缩方式,如 MrSID、ECW 和 JPG2000 等影像数据格式,运用这些压缩方式均可得到很大的压缩比。因此,在基于数据库遥感影像建库中,应先对文件进行压缩,再将压缩后的文件转入数据库中。实验表明,对于以浏览、查询为目的的遥感影像数据建库,高分辨率的彩色航片和多光谱卫片可以采用 1:20~1:80 的压缩比例,而不明显影响目视效果;对于低分辨率的多光谱卫星影像,可采用 1:10~1:40 的压缩比例;对于全色影像,可采用 1:8~1:30 的压缩比例。

4 结 语

在建库研究中,所创建的数据块(db_block_size)分别为 4 K、8 K、16 K 和 32 K 的数据表空间,将影像压缩成 Mosaic 格式,采用 ArcCatalog 将影像导入数据库,导入过程中指定影像块的大小为 32 像素×32 像素、64 像素×64 像素、128 像素×128 像素、256 像素×256 像素、512 像素×512 像素,系统根据设定的块大小对影像进行分割,对每个影像块进行行列编号,并建立格网索引,待所有影像导入完成后建立金字塔,形成无缝的遥感影像数据库。利用 ArcMap 为客户端应用程序,调用该数据库中的影像数据,数据库端采用 Oracle Enterprise Manager 中的 SQL Analyze 和 tkprof 工具来分析数据库的调用性能。

实验分析表明,在 32 位的 Windows 2000 Server 操作系统中,采用 Oracle 9i 关系数据库建立影像数据库,数据库的数据块大小设置为 16 K,遥感影像数据块设置为 128 像素×128 像素时,系统的运行效率最高。同时在建库时,修改 dbtune 数据表中的 RAS_STORAGE、RAS_INDEX_ID、BND_STORAGE、BND_INDEX_ID 等参数的设置,利用 Oracle 的 OFA(Oracle flexible architecture)特性,将影像数据、索引数据、日志文件、回滚段数据等存储在不同的物理硬盘上,也

可进一步提高系统的运行效率。

参 考 文 献

1 方 涛,李德仁,龚健雅,等. GeoImageDB 多分辨率无缝影像数据库系统的开发与实现. 武汉测绘科技大学学报,1999,24(9):189~193

2 龚健雅,杜道生. 当代地理信息技术. 北京:科学出版社,2004

3 Stonebrake M, Moore D. 对象-关系数据库管理系统——下一个浪潮. 杨冬清译. 北京:北京大学出版社,1997

4 Murray C. Oracle Spatial User's Guide & Reference. <http://otn.oracle.com/pls/db10g>,2003

5 Murray C. Oracle Spatial GeoRaster. 10g Release. <http://otn.oracle.com/pls/db10g>,2003

6 Zeiler M. Modeling Our World. Redlands: ESRI Press,2000

7 ESRI. Understanding ARCSDE: The RDBMS and GIS Integration. Redlands: ESRI Press,2000

8 李飞鹏,杨志高,秦前清,等. 高分辨率遥感影像的实时压缩算法. 武汉大学学报·信息科学版,2004,29(3):259~263

9 宣家斌,胡庆武. 遥感图像无损压缩技术的研究. 武汉测绘科技大学学报,1999,24(4):290~294

第一作者简介:李宗华,教授级高工,博士生。现从事数字城市建设研究及武汉市城市规划与国土资源信息化建设工作。
E-mail:lizonghua@wpl.gov.cn

Remote Sensing Image Database Based on RDBMS

LI Zonghua^{1,2} PENG Mingjun²

(1 School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)
(2 Wuhan Urban Planning and Land Administration Information Center, 13 Sanyang Road, Wuhan 430014, China)

Abstract: This paper discusses the data models, data storage, spatial index, data manipulation of remote sensing data management based on object oriented RDBMS and RDBMS middleware by taking Oracle Georasrer and ArcSDE as examples, and analyzes the relationship between image block size and RDBMS data block size, pyramid level, image compression ratio by taking the performance into consideration.

Key words: RDBMS; remote sensing image database; object oriented; middleware

About the first author: LI Zonghua, senior engineer, Ph.D candidate. His research fields include digital city theory and the informatization of Wuhan urban planning and land resources administration.
E-mail: lizonghua@wpl.gov.cn