

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.03.023

## 一种多时相遥感影像存储管理的新方法

侯平, 陈萃, 程果

(国防科学技术大学 电子科学与工程学院, 湖南 长沙 410073)

**摘要:** 针对海量遥感影像时间分辨率不断提高, 多时相遥感影像存储空间耗费大、查询效率低的问题, 提出一种针对多时相遥感影像数据存储管理的模型和方法。首先确定多时相遥感影像的基态影像, 然后运用变化检测技术计算出不同时相影像的差异, 将差异变化值大于设定阈值的遥感影像区域进行存储, 并用于对基态影像的修正。实验证明, 运用该方法管理多时相遥感影像时, 可有效节省存储空间。

**关键词:** 多时相; 遥感影像; 基于事件; 基态修正模型; 存储

**中图分类号:** C931.6; TP274<sup>+</sup>.5 **文献标识码:** A

## A New Method of Multi-Temporal Remote Sensing Images Storage Management

HOU Ping, CHEN Luo, CHENG Guo

(College of Electronic Science &amp; Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

**Abstract:** With the temporal resolution of massive remote sensing image continuously increasing, the storage space of multi-temporal remote sensing images becomes larger and the querying efficiency becomes lower. Propose a model and a method for multi-temporal remote sensing images data management. At first The model will specify the ground state image of the multi-temporal remote sensing image, then use the change-detection technology to calculate the difference between the multi-temporal remote sensing images, storage the image which change value is bigger than the appointed value, and use it modify the ground state image. Experiments show that using the method could make higher storage efficiency for the management of multi-temporal remote sensing image.

**Keywords:** Multi-temporal; Remote sensing image; Event-based; Ground state amendments; Storage

### 0 引言

遥感影像是地物电磁波谱特征的实时记录。人们可以根据记录在图像上的影像特征—地物的光谱特征、空间特征、时间特征等, 来推断地物的电磁波谱性质。由于不同地物的特征和性质不同, 在图像上表现不一, 故可根据它们的变化和差异来识别和区分不同的地物。随着航空航天技术、成像遥感技术和计算机技术的快速发展, 航天遥感平台无论数量还是质量都在不断提升, 传感器种类增多, 空间分辨率增高, 截止 2006 年的资料, 遥感影像的频谱范围覆盖面已达到 400~2 500 nm; 光谱分辨率达到了 nm 级; 辐射分辨率达到了 12 bit<sup>[1]</sup>; 时间分辨率更达到了分钟级。各种航空航天成像遥感平台所产生的高分辨率遥感影像数据正在“如同下雨一样向地面传送”<sup>[2]</sup>, 遥感影像数据集的规模正在迅速膨胀。我国 2004 年 10 月发射的风云二号 C 星, 携带的遥感仪器在 36 000 km 高空“凝视”地球, 具有很高的时间分辨率, 能观测到大气中生命期为几个小时的中小尺度天气系统及其演变过程, 对中小尺度天气系统所造成的灾害性天气的动态

监视具有独特的优势<sup>[3]</sup>。

随着各类遥感器观测频度的增加, 同一遥感器在单位时间内对同一地区进行观测, 会得到大量高时间分辨率的遥感影像, 并且, 随着时间分辨率的不断提高, 同一遥感器对同一地区进行观测获得的遥感影像数据量急剧增加, 而同一地区的地貌、地物的变化却非常有限, 导致获取的不同时相的遥感影像数据之间存在大量的相同信息, 对这些信息进行重复存储, 将会大大降低存储效率, 进而影响查询检索效率。故提出一种针对多时相遥感影像数据存储管理的模型和方法。

### 1 国内外研究现状

针对多时相遥感影像数据的存储管理方法, 国内外已经做了大量的相关研究工作, 并取得了卓越的成果, 这些工作可以归纳为 2 类<sup>[4]</sup>:

1) 基于影像库的时间版本管理。将每个时期的影像数据单独建立影像数据库, 各数据库单独进行数据维护和管理, 通过不同影像库的时间版本来区分不同时期的影像数据。不同时期的影像数据库

收稿日期: 2009-10-13; 修回日期: 2009-11-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(40601080); 国家 863 项目(2008AA12A211)

作者简介: 侯平(1982-), 男, 陕西人, 国防科技大学在读硕士, 从事空间信息系统和遥感影像数据库研究。

在物理上和逻辑上都是分开的。根据应用的需要选择不同时期的影像数据进行集成和应用。只要在目前的影像数据库管理系统的基础上,对不同的影像数据库加以时间标识即可方便地实现。

2) 基于影像块的时间版本管理。将各个时期的影像数据按统一地理格网划分,对于划分后的每一个影像数据块,进行时空编码。每一个影像块对应惟一的时空编码,建立统一的时空索引,进行统一的调度和管理。可以对任一时期、任意位置的影像数据块进行存取,获得相应的影像数据。

在运用上述管理方法在管理海量多时相遥感影像中,由于缺乏对重复信息的存储控制,不可避免地存储了大量冗余信息,导致整个存储过程效率低下。特别是在时间分辨率越来越高的情况下,重复存储没有变化的影像信息会浪费大量的存储空间。

故在确定多时相遥感影像的基态影像基础上,运用变化检测算法对影像进行变化检测,将变化值大于设定阈值的遥感影像区域进行增量存储,用存储的变化区域的遥感影像块对基态影像进行修正以获得新时刻遥感影像,有助于节省存储空间,提高查询效率,便于多时相遥感影像的管理和使用。

## 2 基本模型

### 2.1 时空数据模型简介

时空数据模型是一种语义更完整的地理数据模型,为时空数据组织和时空数据库模式设计提供了基本概念和方法。

状态、事件、时空关系(因果关系)是时空模型的基本成分。根据时空模型所表达的基本成分不同,其发展历程分为 4 个阶段<sup>[5]</sup>:

1) 基于状态的表达阶段,如快照序列模型,它是非时态空间数据模型中唯一具有时态特征的时空模型,很难表达地理实体的个性变化或事件发生的时间特征,存在不变数据的冗余存储。目前多时相遥感影像存储管理主要采取该模型。

2) 基于事件的表达阶段,如基于事件的时空数据模型,它是一个基于栅格数据的面向事件的模型 ESTDM (Event based Spatial Temporal Data Model),显式存储事件序列,将状态的变化以压缩的方式存储在事件中,具有空间存储的高效性和时态检索的方便性,但扩展到非环境领域的能力有限。

3) 基于状态—时空关系的表达阶段,如基于图论的时空数据模型,将 ESTDM 事件概念中的空

间信息,即状态的变化分离出来,并形成状态,将 ESTDM 的时态关系与事件中的空间关系融合为时空关系,具有存储冗余小,便于时空推理,但缺乏事件的显式表达。

4) 基于状态—时空关系—事件的表达阶段,如历史图时空模型、扩展的 ER 图时空模型、基于 Petri 网的时空模型,保留图论时空模型的状态,将事件、状态—事件的时空关系从图论时空模型的时空关系中分离出来,综合了基于事件的时空模型与基于图论的时空模型的优点。

### 2.2 基于事件的基态修正模型

根据已有的基态修正时空数据模型和基于事件的时空数据模型特点,提出一种基于事件的基态修正模型来管理多时相遥感影像数据。如图 1,将同一遥感器  $T_1$  时刻获取的某区域遥感影像作为基态影像进行存储,并将该影像的获取时间作为影像的时间属性进行存储。当遥感器于  $T_2$  时刻再次获取该区域影像数据时,则将其分块后与对应的各分块基态影像进行影像变化检测,影像变化检测超过设定阈值,则认为该变化为触发事件,该事件触发  $T_2$  时刻遥感影像某分块的存储,用时间属性来区分同一遥感器获取的同一地区不同时相的影像。若影像变化检测结果小于设定的阈值,则认为未发生变化,即没有触发存储的事件发生,则不存储。存储描述如式 (1)、式 (2)。

$$S_{T_2} = S_{T_1} - \nabla S_{T_1} + \nabla S_{T_2} \tag{1}$$

$$S_T = S_{T_1} + \nabla S_{T_2} \tag{2}$$

其中,  $S_{T_1}$  表示基态 ( $T_1$  时刻) 遥感影像,以快照方式存储;  $\nabla S_{T_2}$  记录  $T_2$  时刻的遥感影像相对于基态 ( $T_1$  时刻) 遥感影像的变化部分;  $\nabla S_{T_1}$  记录基态 ( $T_1$  时刻) 遥感影像相对于  $T_2$  时刻遥感影像的变化部分;  $S_{T_2}$  表示  $T_2$  时刻影像。  $S_T$  表示采取该模型方法后存储的影像。

$T_3$  和  $T_4$  时刻获取的遥感影像处理方法与  $T_2$  时刻获取的影像相同,都需要与  $T_1$  时刻获取的基态影像进行变化检测。存储描述如式 (3)、式 (4):

$$S_{T_3} = S_{T_1} - \nabla S_{T_1} + \nabla S_{T_3} \tag{3}$$

$$S_{T_4} = S_{T_1} - \nabla S_{T_1} + \nabla S_{T_4} \tag{4}$$

$$S_T = S_{T_1} + \nabla S_{T_2} + \nabla S_{T_3} \tag{5}$$

$$S_T = S_{T_1} + \nabla S_{T_2} + \nabla S_{T_3} + \nabla S_{T_4} \tag{6}$$

可以得出:在  $T_i$  时刻,使用该模型方法后存储的影像为:

$$S_T = S_{T_1} + \sum \nabla S_{T_i} \tag{7}$$

由式(1)~式(7)可得:

$$S_T = S_{T1} + \sum \nabla S_{Ti} < \sum S_{Ti} \quad (8)$$

即采用事件触发基态修正模型相比于以序列快照方式逐时刻存储影像可节省存储空间。

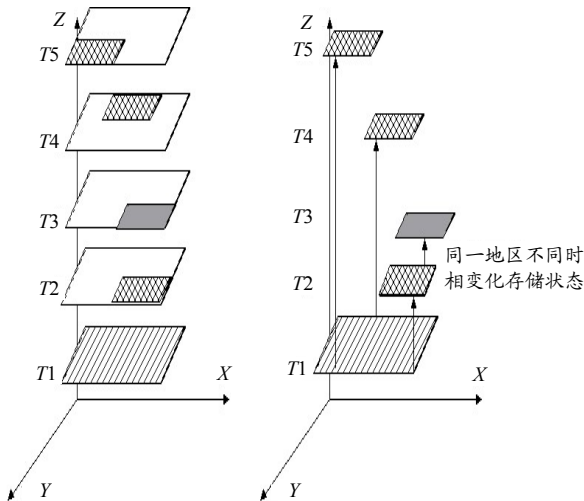


图1 基于事件基态修正模型图

### 3 触发事件和修正量的确定

在基于事件触发基态修正模型中, 触发事件和修正量的确定是关键问题。针对遥感影像的成像特点, 采用变化检测技术从不同时相遥感数据中, 定量地分析和确定数据变化的特征与过程, 即可确定触发事件和修正量。其内容涉及到变化的类型、分布状况与变化量, 能提供地物的空间分布及其变化的定性和定量信息。

#### 3.1 遥感影像预处理

物候和成像条件会给多时相遥感影像变化信息带来很大的噪声, 经过一些图像处理过程可以在一定程度上减少这方面的噪声。在进行变化检测前需要进行辐射校正和几何校正。

1) 辐射校正: 利用传感器观测目标物辐射或反射的电磁能量时, 传感器本身的光电系统特征、太阳高度、地形以及大气条件等都会引起光谱亮度的失真。消除图像数据中依附在辐射亮度里的各种失真过程称为辐射校正。完整的辐射校正包括传感器校正、大气校正以及太阳高度和地形校正。

2) 几何校正: 几何变形是指图像上的像元在图像坐标系中的坐标与其在地图坐标系等参考坐标系中的坐标之间的差异, 消除这种差异的过程称之为几何校正。利用地面控制点进行的几何校正称为几何精校正。几何校正的方法一般分为从影像到地图的校正、从影像到影像的配准、影像校正 /

配准的混和方法。

#### 3.2 变化检测方法

根据处理过程来分, 遥感变化检测方法可分为3类:

1) 图像直接比较法。它是对经过配准的2个时相遥感影像中像元值直接进行运算和变换处理, 找出变化的区域。常用方法包括图像差值法、图像比值法、植被指数比较法、主成分分析法、光谱特征变异法、假彩色合成法、波段替换法、变化矢量分析法、波段交叉相关分析以及混合检测法等。

2) 分类后比较法。分类后比较法是将经过配准的2个时相遥感影像的信息分别进行分类, 然后比较分类结果得到变化检测信息。虽然该方法的精度依赖于分别分类时的精度和分类标准的一致性, 但在实际应用中仍然非常有效, 该方法的核心是基于分类基础上发现变化信息。

3) 直接分类法。结合了图像直接比较法和分类后结果比较法的思想, 常见的方法有: 多时相主成分分析后分类法、多时相组合后分类法等。

以上各种变化检测方法是根据不同的应用情况和目的发展起来的, 在不同的应用场景下会表现出不同的性能。图像差值法是最简单、最为常用的一种变化检测方法。在通用的遥感影像存储环境下, 需要将同一传感器对同一区域在不同时间所获取的遥感影像所包含的信息尽可能多地保存下来, 简单的图像差值法恰恰满足了这个要求, 故选用图像直接比较法中的图像差值法<sup>[6]</sup>。

图像差值法的基本原理是将不同时间获取的2幅影像进行配准, 然后对多时相图像中对应像素的灰度值进行相减, 结果图像代表了2个时间图像的变化, 表达式如下式:

$$Dx_{ij}^k = |x_{ij}^k(t_2) - x_{ij}^k(t_1)| \quad (9)$$

其中,  $i, j$  为像素坐标值,  $k$  为波段,  $t_1, t_2$  分别为第1幅图像拍摄时间、第2幅图像拍摄时间。由于不考虑变化方向, 只需要找到变化的区域, 所以对结果取绝对值。得到差值图像之后, 选择阈值对差值图像进行判断, 如果差值图像中的某一像元大于或者等于所选阈值, 则认为该像元发生了变化, 否则没有变化。

图像差值法变化检测的流程如图2。图像差值法可应用于单一波段(称作单变量图像差分), 也可应用于多波段(称作多变量图像差分)。

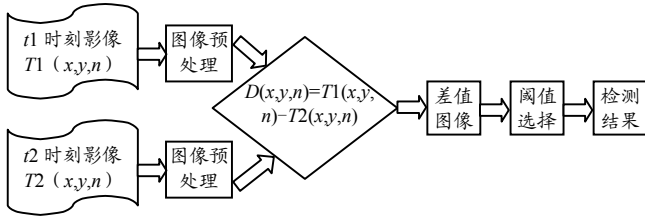


图 2 图像差值法变化检测流程

### 4 实验验证

提出的算法需要对剖分后的影像分块进行选择存储,即需要对遥感影像的每分块都具有读写的权限。而目前成熟的遥感影像存储系统 Georaster 和 ArcSDE 不能实现。同时,又考虑到基于文件存储相比较 Oracle 中基于 BLOB 的读写更便于采用多线程读写,从而可以提高算法运行效率。故采用基于文件存储的遥感影像存储系统来实现基于事件触发基态修正模型的多时相遥感影像管理方法。

该存储系统的实现过程如图 3,每一幅遥感影像入库就相当于在栅格表中新增一行记录,栅格表中没有存储任何影像数据,只是记录了遥感影像的 ID 和对应分块表名。根据 ID 的主外键关系,将该影像的相应元数据存储至元数据表中。根据栅格表中记录的分块表名,获取用于存储该影像的分块表,如果多幅影像存在同一分块表中, ID 决定了分块所属的遥感影像。分块表中的时间戳列记录了对应分块影像数据的时间版本信息。

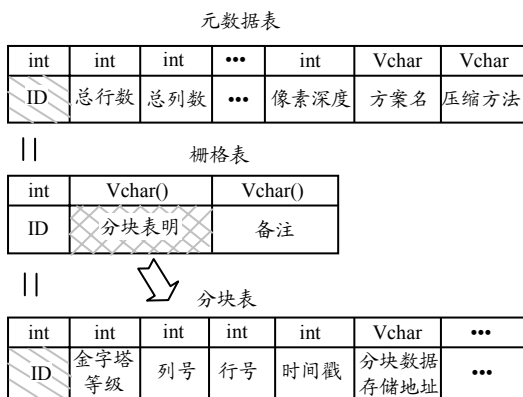


图 3 遥感影像逻辑存储结构

在存储多时相遥感影像时,首先将 1 幅影像作为基态影像进行全部存储,然后将需要存储的同一遥感器拍摄的同一地域其它时刻的影像文件通过 GDAL 函数读取到 dataset 中,将读取的影像数据划分为小块,将每一小块均与基态影像中的对应影像块进行变化检测,检测结果若大于设定阈值的则进行存储,其时间属性为影像获取时间,进行存储;若小于该阈值,则认为没有变化,不存储新的影像

块,而在该基态影像块的时间属性中添加新影像块的获取时间。而数据出库时自动选择与当前时间最为临近的时间戳对应的分块影像数据,从而完成了多时相影像的管理。分块表中另一重要列即为分块数据存储地址,该列记录了每一分块影像数据所存储的地址,通过该地址即可完成任一分块数据的读写,如图 4。

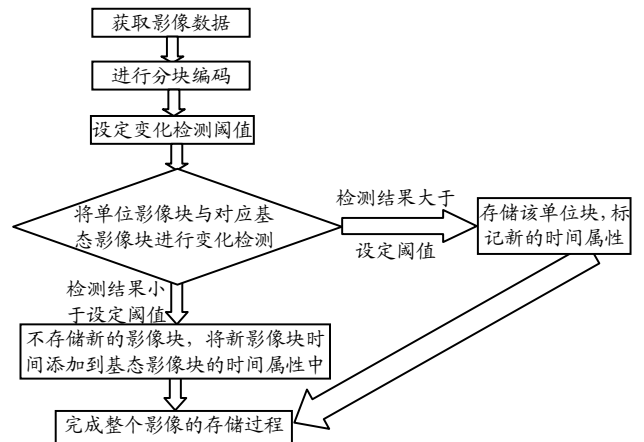


图 4 影像存储流程

在读取影像信息的过程中,如果在获取某个时间的影像时,没有该时间戳的影像信息,系统则自动默认读取最前一个时间点的影像信息,如图 5。

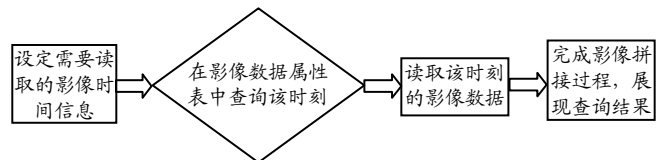


图 5 读取影像流程

为验证所提出算法的可行性,在 Visual Studio2008 平台上用 C#语言编程实现了算法,并通过设计一个原型系统,实现算法测试。以下为实验的软硬件条件:

- CPU: 2.8 GHz
- 内存: 1 GB
- 硬盘: 80 GB SATA-II 7200RPM
- 操作系统: Windows XP
- 数据库: Oracle 10.2g

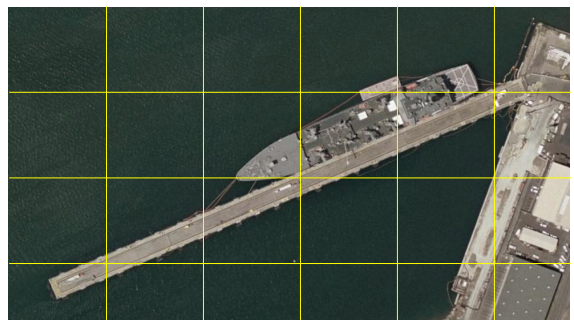


图 6 基态影像

实验数据来自 Google Earth 和 ESRI 公司提供的数据, 如图 6、图 7。

图 6 的影像是从 Google Earth 上下载的某一港口的某一时间的遥感影像, 将其定为基态影像后, 进行剖分、编码、入库。



图 7 某时刻影像

图 7 的影像是同一港口的若干时间段以后的遥感影像, 并通过校正处理后使其和图 6 具有完全相同地理范围。由于库中已存在基态影像, 图 7 数据入库前需要采用提出的变化检测算法进行检测。经计算可得, 某些分块的结果大于系统设定的阈值 (图中以 X 标记), 因而是值得更新存储的分块影像; 而某些分块虽然也较基态影像有所不同, 但是检测结果没有达到阈值 (图中以 Y 标记), 从而没有触发基态修正事件, 这些分块和其余那些没有变化的分块影像一样, 放弃入库操作。

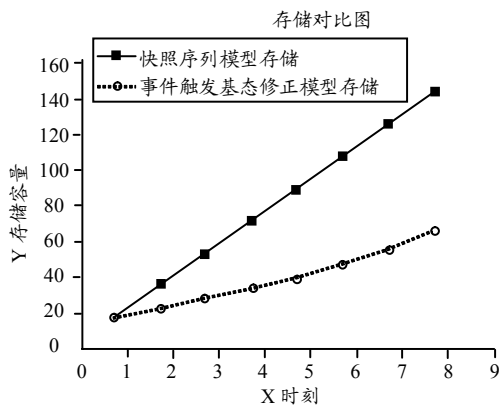


图 8 存储试验结果

该实验充分证明了所提算法的可行性, 并清晰地展现出计算结果。采用多时相遥感影像管理方法, 在不丢失重要新增信息的前提下, 有效地节省了存储空间, 提高了数据存储效率。采用该方法将同一传感器对某港口同一区域所获取的多时相遥感影像进行存储 (虚线表示), 并将其与不采取此存储方法的序列快照模型进行对比 (实线表示),

如图 8, 可以看出: 随着多时相影像数量的增加, 采用该模型管理多时相遥感影像可有效节省存储空间。

### 5 结束语

实验证明, 该方法在减少多时相遥感影像数据存储空间方面有所改进, 并可提高多时相遥感影像的查询效率, 可应用于管理多时相遥感影像数据。

### 参考文献:

- [1] W. E. Stoney, ASPRS Guide to Land Imaging Satellites, ASPRS, <http://www.asprs.org/news/satellites/>, 2006.9
- [2] John R. Jensen. Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective 3rd Edition. Pearson Education 2005.
- [3] 安培浚, 高峰, 曲建升. 对地观测系统未来发展趋势及其技术需求[J]. 遥感技术及应用, 2007, 22(6): 366-367.
- [4] 王密, 潘俊. 多时相影像数据管理中的影像块编码技术研究[J]. 测绘信息与工程, 2004, 29(3): 24-25.
- [5] 翟亮, 李霖, 唐新明, 等. 时空数据模型的研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2005, 28(4): 14-16.
- [6] 刘凤琴. 基于TPCA方法的多时相遥感图像变化检测[D]. 西南交通大学, 2008, 11-14.

\*\*\*\*\*

(上接第 62 页)

### 3 结束语

该系统功能强大、操作简便、维护性好, 解决了传统检查方法存在的问题, 实现了信息显示设备检查的自动化、智能化, 提高了机务维护人员的维修保障能力及工作效率。除能满足部队需求外, 还可应用于地方航修厂、科研院所等单位。

### 参考文献:

- [1] 周立功. SOPC 嵌入式系统基础教程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006: 16-23.
- [2] 诸静, 等. 数据融合理论与应用[M]. 浙江: 浙江大学出版社, 1997: 96-109.
- [3] 王建新. LabWindows/CVI 测试技术及工程应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 7.
- [4] 蒋占军. 数据通信技术教程[M]. 北京: 西北工业大学出版社, 2002: 165-171.
- [5] 付先平. 多媒体技术及应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007: 6.
- [6] 陈尚松. 电子测量与仪器[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005: 403-418.
- [7] 王敏建. 无线通信测量[M]. 江苏: 东南大学出版社, 2001: 134-137.
- [8] 田成龙, 赵吉昌, 赵春宇, 等. 虚拟维修训练内容聚合模型[J]. 四川兵工学报, 2009(9): 35-37.