

基于 3S 技术的县级土地利用动态监测技术

王晓栋

(清华大学建筑学院, 北京 100084)

摘 要: 阐述了建立地区 RS 判别模型的思想, 讨论了 GPS 的工作方式和数据采集方法, 总结了 GIS 平台选择和本底数据库质量判定的依据, 提出了一种多时态地理信息系统数据模型: 修正组合体模型。

关键词: 3S 技术; 土地利用; 动态监测

中图分类号: F301.2; P228.7

文献标识码: A

遥感、地理信息系统和全球定位系统(Remote Sensing Geographical Information System, Global Positioning System)是目前对地观测系统中空间信息获取、存贮管理、更新、分析和应用的三大支撑技术, 简称为 3S 技术^[1]。体现在土地利用动态监测工作中就是: RS 用于实时地或准实时地发现地球表面的各种变化, 为野外定位提供靶区; GPS 主要用于快速地提供靶区的准确空间位置或作为独立的变化区域数据来源; GIS 则是对多种来源的数据进行综合处理、集成管理。即 RS 发现变化, GPS 测量变化区域, GIS 统一管理数据。

土地利用变化情况非常复杂, 将 3S 技术综合应用于土地利用动态监测还是第一次。国家九五科技攻关重中之重项目“遥感、地理信息系统、全球定位系统的综合应用研究”中专设有一个子课题来研究如何将 3S 技术应用于县级土地利用动态监测工作中。本文是作者参加该课题遇到的几个理论与技术问题。

1 建立地区 RS 判别模型

运用 3S 技术于县级土地利用动态监测, 基于 RS 发现变化区域是工作的第一步。首先必须肯定 RS 具有周期性、现实性等方面的优势。但在实际的操作中, 对于我国的县级行政部门, 很难获取周期性的、准实时的航片、高分辨率卫片。比如在包头市郊区的工作中, RS 资料只有一张 96—08—04 的 TM 图像。本底数据是 1991 年的土地利用现状图。我们的处理方法是: 对 TM 图像选择 3、4、5 三个波段进行影像增强。通过运算和变换, 使图象在亮度、反差、彩色等方面适应人眼视觉和生理习惯, 便于在计算机屏幕上提取空间信息。将增强后的图象对照 1:10 000 地形图选择多个地物点作为影像几何纠正的控制点, 进行几何纠正, 其误差为 20 m 左右, 小于卫星影像 30 m 的分辨率。然后对影像进行灰度重采样和彩色合成, 并将 1991 年土地详查图和 1996 年卫星影像图叠加后显示在屏幕上, 根据“同物同谱”的思想通过人机交互判读发现用地类型的变化。利用 DIPNET 软件, 沿着变化的地块在屏幕上数字化, 获取 1991~1996 年土地利用变化的数据, 最后该数据经过回放, 得到土地利用变化的卫星影像图。对变化区域的具体位置, 要在野外用 GPS 进行定位, 同时通过外调发现 RS 没有发现的变化区域并进行定位。RS 和外调都没有发现的变化区域由地方土管人员补充。以包头市新城乡为例, 共有变化地块 87 个。

收稿日期: 1998—11—04; 改回日期: 1999—01—05

基金项目: 国家九五重点科技攻关项目(96—B02—01—07)

作者简介: 王晓栋(1971—), 男(汉族), 河北省邯郸市人, 博士。1995 年在中国科学院遥感应用研究所获硕士学位, 同年继续攻读博士学位。研究方向为多时态地理信息系统、3S 综合应用。已在国内外发表论文 10 余篇

根据 RS 的宏观性, 我们将 87 个地块划分为 22 个区域。其中 18 个是在 RS 图像上标出的(RS 图像上共标出 25 个区域), 4 个是 RS 手段没有发现的。从面积角度讲, 新城乡变化面积为 1 153 hm², 扣除 RS 不可能发现的面积(如权属变更引起的变化、RS 图像生产日期以后的变化), 可能发现的面积为 773 hm²。其中有 722.3 hm² 的区域是在 RS 图像上标出的, 占 93.44 %。这个结果是令人满意的。但不能忽视一个事实, RS 图像上标出了 25 个变化区域, 只有 18 个是正确的, 只占 72 %。可以说 RS 判读是本着“宁多判, 不少判”的原则进行的, 93.44 % 的高比率是以外业靶区的低命中率作为代价换来的。而且 RS 和外调都没有发现的变化区域由地方土管部人员补充, 这本身就减弱了 RS 技术客观的特点和监督的功能。

随着土地动态监测写入土地法, 我国土地利用动态监测工作的逐步开展和经济实力的增强。各县行政区都将有更多的 RS 图像。如何才能以最少的投入最大限度地确定土地变化区域的靶区是一个具有普遍性的问题。从长远发展看, 对 RS 发现变化应从建立各地的地方 RS 判别模型(见图 1)着手。

航空遥感数据具有很高的几何分辨率, 但费用贵, 工作周期长, 只适合于建立精确的监测对比基础。不利于发挥遥感信息所具有的动态性和现实性的功能。而具有多光谱可以短周期获得的航天遥感数据对于土地动态监测具有重要意义, 尤其是陆地卫星 TM 数据由于在分辨率、价格等方面的综合优势而在我国得以比较广泛的使用。我国各个行政县的面积大小、经济实力都有很大差别。在选用 RS 图像上应考虑到分辨率、价格等因素, 选用对本地更合适的 RS 图像。

选择恰当时代的 RS 图像对于正确判图至关重要^[3]。比如北方冬季大雪覆盖地表, 土地资源类型无法识别。夏季农作物和自然植被的影像色调相近, 差异很小, 土地资源类型亦无法显现。有些农业县 5 月份水田灌水, 旱田植苗, 土地资源类型界线清晰。有的地方 9 月秋熟, 农作物黄熟收割, 自然植被日渐枯萎, 影像色调差异也有利于土地资源类型的分辨。各地有不同的物候期、农时和土地用地特点及其光谱特征。分析地区特点, 确定合理的 RS 图像时段选择是 RS 判别模型的重要组成部分。

用遥感发现变化的关键就是在取得时段合理的 RS 图像之后如何对图像进行判读、勾划变化区域。一般来说, 对土地利用变化情况的确定常用“影像—影像对比判读”、“矢量底图—影像对比判读”。前者是指对多时相的 RS 图像采用“逐个像元对比”、“分类后对比”等方法进行判读。“逐个像元对比”方法可以减少分类带来的误差, 但对比结果只能知道某一像元是否发生了变化, 无法知道所发生变化的内容。“分类后对比”方法可以了解每一像元具体的土地利用变化性质, 但其结果受分类误差的影响, 从而导致普遍出现夸大变化的现象。因此有人提出用“混合分类”方法。“逐个像元对比”是从两期 RS 图像中对应像元的颜色出发发现变化, “矢量底图—影像对比判读”是从地块的形状出发发现变化。在只有一期 RS 图像时可以用该方法进行判读, 另外该方法也是“影像—影像对比判读”方法的一种补充。发现变化区域的方法很多, 各有优缺点, 各地应该根据本地的用地特点和数据基础进行选择。

因此, RS 判别模型是一个多层次的模型, 它的第一个层次至少包括 RS 图像种类、RS 图像的时段、RS 图像的总的处理、解译方法等元素。而在图像的处理、解译方法中又涉及波段选择、几何纠正方法、灰度重采样方法、屏幕数字化方法等方面。可以肯定的是遥感图像处理技术和模式识别技术的进步对于判图的准确程度和减少工作量起着很大作用。但面对物理波谱的复杂性、用地类型的复杂性和多变性以及遥感手段和模式识别技术目前的水平。在相当长的时间里建立并不断检验、修改各地的 RS 判别模型是同时取得好的效果和效益的最佳途径。

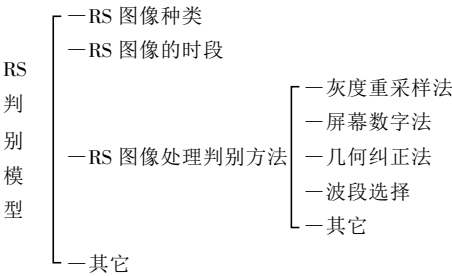


图 1 遥感判别模型示意图

Fig. 1 Sketch map of RS model

2 GPS 技术用于土地利用变化区域的定位测量

2.1 县级土地利用动态监测工作中 GPS 工作方式的选择

GPS 定位方法可分为绝对定位和相对定位。目前静态绝对定位的精度可达米级,而动态绝对定位的精度为 10 m~40 m。GPS 相对定位也叫差分定位。工作组由一台基准站 GPS 和一台或多台移动站 GPS 组成。基准站是已知准确大地坐标的点。在此点架设 GPS 天线与移动站 GPS 同时接收卫星观测量,并由基准站计算出误差改正数,传递给移动站 GPS 并对移动站 GPS 观测量进行差分修正,获得移动站 GPS 的定位数据。GPS 采用相位差分法静态对地定位时,精度可达毫米级,一般用于大地测量、板块运动监测等方面。采用测码伪距或测相伪距动态相对定位法对地定位时,精度可达厘米、分米和米级,主要应用于卫星、火箭、导弹、飞机、汽车等的导航定位。

市、县级行政区土地利用变化区域的边界定位工作对 GPS 数据采集、数据处理和数据质量主要有以下几点要求:1. 数据精度达到 5 m 内;2. 动态测值;3. GPS 数据采用后处理方式。由此可知:GPS 在县级土地利用动态监测工作中将采用“测码伪距动态差分定位法”,其数据处理方式是“后处理方式”。

2.2 县级土地利用动态监测工作中 GPS 的数据采集方法

GPS 数据经处理后要由地理信息系统(GIS)进行统一的编辑、管理。因此, GPS 提供数据的基本原则是:提供变化区的封闭记录。将这项原则结合 GIS 的数据编辑功能、土地变化的实际情况和包头市郊区 GPS 外业测量的工作实际我们对 GPS 外业测量的数据采集方法总结为:1. 采集变化区域的边界,直接形成多边形;2. 采集规则变化区域边界的拐点,在内业时联成多边形;3. 采集一条弧段或者几条弧段和底图上的弧段共同组成多边形;4. 使用文字描述在内业形成多边形;5. 混合使用以上方式。

合理使用以上数据采集方法不仅可以提高工作效率,而且可以提高数据精度、减少内业工作量。如测量一个矩形厂区的途中遇到障碍,一般会绕过去,如果绕得太远以致超出精度范围,就要目测距离,用文字描述,以便在内业处理时进行修正。这个过程远没有测量厂区四个拐点准确、快速。而内业工作中“以点联线”也比其他操作更简单。充分利用底图上的弧段不仅体现了“尊重底图”的原则,而且可以减少内业进行拓扑叠加操作时出现的“小多边形”,因为两次测同一条线不可能测出完全相同的数据。

3 建立土地利用动态监测信息系统

3.1 县级土地利用动态监测信息系统的平台支撑和本底数据库

县级土地利用动态监测信息系统的建立一般是以工具型 GIS 软件(如 mapgis、arc/info 等)为平台。通过包头市郊区的试点工作,我们认为在选取平台时要注意以下几个关键问题:1. 必须有强大的图例符号编辑功能。因为土地部门有严格的“土地利用现状图例”规定;2. 建立本底数据库时的注记功能必须汉化,比如微机版的 ARC/INFO 不支持汉字输入。而微机版的 ARC/VIEW 尽管支持汉字输入,却只能对项目文件进行处理,不能改变本底数据;3. 数据的编辑和显示、查询平台最好是微机版的,这比较适合我国县级行政区目前的情况。

土地利用动态监测信息系统的功能主要有两点:建立、更新数据库和查询、显示、分析、出图、出报表等。建立信息系统的开端是本底数据库的建设。通过包头市郊区的工作,作者认为对县级本底数据库要注意下述四点:1. 对县界、乡界和每一个村的村界都要检查到,尤其是有争议区存在时。确保境界线准确;2. 对每一幅图都抽样检查属性和空间位置的准确性;3. 本底数据库中要加上中文注记;4. 在建立信息系统前本底数据库必须质量合格。

3.2 多时态土地利用动态监测信息系统

传统 GIS 只涉及地理信息的两个方面:空间维度和属性维度。这种 GIS 叫作 SGIS(Static GIS)^[3],

而能够同时处理时间维度的 GIS 叫作 TGIS(Temporal GIS)。土地利用动态监测信息系统中的数据更新是一个重要而频繁的过程。假如想解释和理解当前的土地利用状况, 必须研究土地利用的变化历史, 从而也可以对将来的变化作出预测。因此, 土地利用动态监测信息系统应该是一个 TGIS。

TGIS 是 GIS 领域的研究前沿^[4]。大量论及这个题目的文献主要是集中在多时态数据库方面。而针对 TGIS 最重要的特性——空间性, 涉及到并且有深入研究的文献很有限。可以说, 现在还没有一个较成熟的 TGIS 数据模型。面对当前建立土地利用动态监测信息系统的必要性和紧迫性, 我们可以分两步走: 1. 用 TGIS 技术在 SGIS 平台上实现 TGIS 的功能, 完成土地利用动态监测信息系统的建立; 2. 把握学术前沿, 深入研究多时态空间信息的数据模型。目前针对多时态空间数据的管理, 被广泛引用的三个基本策略是: 序列快照、基元修正和时空组合物。毫无疑问, 巨大的数据冗余度和多时态检索的不便使得用序列快照的思路来解决这个问题是没有前途的。

基元修正法的图件组成(包括基图与修正图)与土地利用动态监测信息系统数据库中的数据有一致的对应关系。即本底数据库对应基图, GPS 与航天遥感所获数据对应于多个修正图。在基元修正模型中, 现象所包含的对象的时间变化拓扑特征通过叠加操作的顺序来表现。由于该数据模型包含了数据在时间维的拓扑特征, 因此, 其实现时间维查询和分析都较为简单和高效。从存贮容量看, 由于仅存贮变化数据和较少的基态性数据, 大大节省了存贮空间。需要指出的是, 该模型对以栅格数据为基础的 GIS 比较适宜。如 DONNA J. PEUQUET 的基于事件的时空数据模型 ESTDM 就是一个很好的例子^[5]。

土地利用动态监测信息系统数据库中的变化数据和基态数据都是矢量形式, 而且以矢量数据为基础的 TGIS 的最大难点, 也是最有魅力之所在。时空组合物模型将属性变化和空间变化都体现为拓扑结构的改变, 时间特征在关系数据库中进行表达和操作, 效率比较高。本模型的缺点是: 1. 对频繁更新的数据, 每一次叠加操作很费时间; 2 多边形逐步趋于碎化; 3 对经常进行的变化数据的提取不够直接。

对于一个县级行政区, 土地利用数据更新的频率既然是以年为单位的, 那么时空组合物模型的第一个缺点可以忽视。多边形碎化的问题可以通过建立综合期来解决。至于第三个缺点, 作者认为可以将时空组合物模型与基元修正模型的特点结合起来, 形成一个修正组合物模型(见图 2)。在任何时刻, 系统只存贮基图图层、变化图层和该阶段合成图层的最后一个组合图层。一个阶段的结束意味着一个综合期的到来。

对该阶段的最后一个合成图层进行“DISSOLVE”处理, 形成该阶段的最终现状图。一个完整变化阶段的数据库是由起始基图图层、一系列变化图层、最后现状图图层和一个该阶段合成图层组成的, 最后现状图图层将是下一个变化阶段的起始基图图层。修正组合物模型的特点是既可以提取变化图层, 又可用传统的拓扑结构管理空间数据。比之于基元修正模型, 修正组合物模型的数据量要大(多存贮了一系列变化图层), 但由于拓扑数据本身结构小巧, 加之又是变化图层, 所以数据量的增加是有限

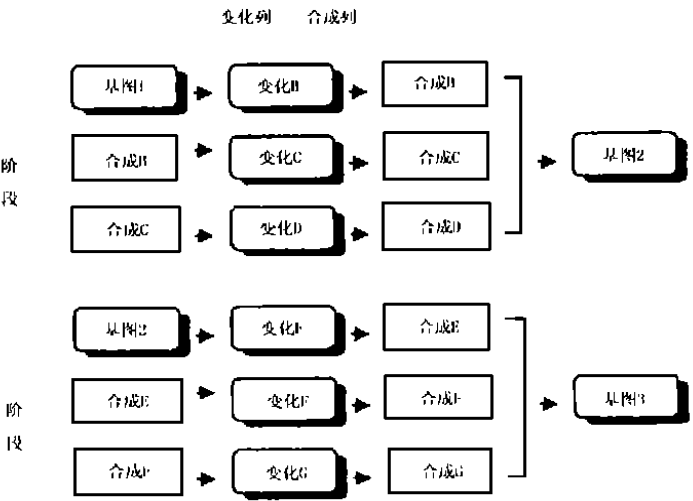


图 2 修正组合物模型示意图

Fig. 2 Sketch map of amendment composite model

的。用修正组合体模型建立多时态土地利用动态监测信息系统时在以下两方面尤其要认真考虑: 1. 多期变更数据同期入库对数据库现实性的影响程度; 2. 抑制多边形碎化的综合期的确定。

综上所述, 建立各地的 RS 判别模型是在用 RS 手段发现变化区域方面同时取得好的效果和效益的最佳途径; GPS 在县级土地资源动态监测工作中将采用“测码伪距动态差分定位法”, 其数据处理方式是“后处理方式”; GPS 外业测量合理使用多样的数据采集方法可以有效地提高内、外业工作效率和数据精度; 建立县级土地利用动态监测信息系统时的平台选取和本底数据库质量对整个儿系统影响深远; 土地利用动态监测信息系统应该是一个 TGIS, 修正组合体模型为现阶段在 SGIS 中实现 TGIS 功能提供了技术路线。

参考文献:

- [1] 李德仁. 论 RS, GPS, 与 GIS 集成的定义——理论与关键技术[J]. 遥感学报, 1997, 1(1): 64~68
- [2] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996
- [3] Langran G.. A review of temporal database research and its use in GIS applications[J]. *IJGIS*, 1989, 3(3): 215~232
- [4] University Consortium for Geographical Information Science. Research Priorities for Geographical Information Science [EB]. <http://www.ucgis.org>
- [5] Penquet, D. J., Duan N.. An event based spatiotemporal data model(ESTDM) for temporal analysis of geographical data[J]. *International Journal of GIS*, 1995, 9(1): 7~14

3S-BASED TECHNOLOGY SYSTEM OF DYNAMIC MONITORING LANDUSE AT COUNTY LEVEL

WANG Xiao-dong

(College of Architecture, Tsinghua University, Beijing, 100084)

Abstract: Remote Sensing (RS), Global Positioning System (GPS) and Geographical Information System (GIS) are the core technology of Geographical Information Science (GISci). The integration application of RS, GPS and GIS can greatly improve the traditional manner of dynamic monitoring landuse. Combining a key project of "the Ninth Five year Plan", this paper discusses some theoretical and practical issues concerning founding 3S based technology system of dynamic monitoring landuse at county level (3 SDMLC) in detail. Appropriate regional RS model, which includes RS image selecting, time selecting and processing method selecting, can effectively enhance RS ability in finding change-target area. In GPS surveying, kinematic code differential positioning and post-processing could be adopted to meet 3 SDMLC's special requirements. Based on GIS's ability, five kinds of data acquiring methods for GPS are summarized, which can effectively prompt the efficiency of indoor and outdoor work, improve data precision. There are some important points to be noticed in choosing GIS platform and building basic database. At last, it is concluded that 3 SDMLC should be a TGIS, and a TGIS data model, amendment composite model(ACM) which is designed with consideration of 3 SDMLC's characteristics.

Key Words: 3S, landuse, dynamic monitoring