

信息重分类在土地覆盖动态监测中的应用

——以澜沧江梯级电站库区为例

刘洪江^{1,2}, 陈丽晖^{3*}, 刘连忠⁴

(1. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039

3. 云南大学云南省地理研究所, 云南 昆明 650223; 4. 重庆师范大学初等教育学院, 重庆 400700)

摘 要: 根据土地覆盖动态监测的需求, 设计了重分类方法, 对遥感土地覆盖分类图及坡度分类图进行了分类码的设计和 GIS 数据建库的讨论, 通过信息叠加可以得到所需要的信息, 进而可以分析不同土地类型及在不同坡度类型下地类之间的相互转化规律。方法应用于澜沧江梯级电站库区, 对 1988 年、1996 年和 2000 年的土地覆盖资料进行了分析, 并通过野外实地调查资料进行验证, 得出该区土地覆盖时空变化规律, 进而可以为该区人类活动和环境之间相互关系与产沙机理提供分析依据, 表明信息重分类方法在土地覆盖动态变化监测及其他相关领域具有十分重要的应用价值。

关键词: 信息重分类; 遥感; 土地覆盖; 动态监测; 澜沧江; 梯级电站

中图分类号: TP79

文献标识码: A

遥感土地利用 覆盖动态变化监测由于要对多尺度时间序列、大结构空间关系的土地变化进行分析, 因而数据量相当大; 如果不采取一定的方法进行处理的话, 这些信息将变得无法识别或分析。如何对这些数据进行数据挖掘, 发现其中隐含的信息, 是土地覆盖变化分析中十分重要的一环, 例如想找到两个时段、或不同坡度下土地覆盖地类间互转面积, 进而分析区域生态环境与人类活动之间的联系, 采用信息重分类方法是一个行之有效的手段。信息重分类是指应用一定的方法手段对原来的信息进行编码, 然后采取一定的数学运算, 使得处理后的信息含量增大的技术手段。其要点是尽量避免代码的重复, 重分类技术广泛应用于遥感、GIS 及其他信息处理中。从信息量的角度来说, 对于土地覆盖而言, 如果不对图形进行重分类的话, 假定每幅图形的信息量为 1, n 幅图未经重分类的简单叠加后的信息量为 n , 且存在一对多映射, 无法进行代码意义的解释; 采用一定的重分类方法并经图形叠加分析后, 其信息

量将变为 n^2 。

在利用遥感进行土地覆盖动态监测研究方面, 美国的 Cakir 等人对多个 TM 遥感时段图像进行了相关性分析, 从而检测土地覆盖变化分析^[1]; Akbari 等人采用 0.3 m 分辨率的彩色航空影像分析美国加利福尼亚州首府 Sacramento 近 63 km² 的城区像元特征后, 推广到分辨率为 200 m、面积为 800 km² 的其他都市区^[2]。Dixon 利用模糊神经网络应用 GIS 对土壤、土地利用、土地覆盖、土壤结构等进行重分类应用于地下水易损敏感性分析^[3]; 此外利用 MODIS NOAA 等配合 TM 数据进行土地覆盖研究及精度评价也是一种可行的方法^[4-6]。国内在土地覆盖遥感监测上, 研究人员做了许多有意义的工作, 多侧重于利用不同的遥感源以及针对这些信息的提取方法的研究, 如基于纹理分析、神经网络、主成份分析等。归结起来, 这些研究多侧重于对像元的统计分析、不同时空尺度遥感影像的多元数据复合, 而对于遥感影像土地覆盖成图后后期信息的分析、挖掘方

收稿日期 (Received date): 2008-06-05; 改回日期 (Accepted): 2009-03-25.

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金资助项目 (40161010). [This research is supported by China National Science Found (40161010).]

作者简介 (Biography): 刘洪江 (1971-), 男, 重庆江津人, 副教授, 博士, 主要从事环境遥感与土地经济研究。[Liu Hongjiang (1971-), born in Jiangjin, Chongqing male, associate professor, PhD, focus on environment remote sensing and land economy.] E-mail: hjlj@ynufe.edu.cn

* 通讯作者 (Corresponding author): 陈丽晖 (Chen Lihui), E-mail: lcher@ynu.edu.cn

法论述则相对较少。本文论述信息重分类的方法、分类码的设计、GIS空间库和遥感影像数据库的建立及其在澜沧江梯级电站(小湾、漫湾和大朝山)库区土地覆盖动态变化监测中的应用。

1 方法

1.1 土地覆盖信息重分类方法设计

信息重分类的主要思想是尽量避免代码的重复,对 n 个时段的数据而言,则将它们尽量分开,可以用公式表示

$$C = T \times 10^n \tag{1}$$

式中 C 为重分类码, T 为原始的分类类型, n 表示需要编码的时间序号。

这样经分类后,将所有信息进行叠加,可以得到一张土地变化信息总图,通过对这张图进行信息提取与分析,即可得到所需要的信息。

对于土地利用/覆盖而言,目前有土地利用国家标准,将土地利用分为 7 个一级大类即:耕地、园地、林地、居民点及工矿用地、交通过地、水域及未利用土地。一级大类下又分划二级类。土地利用反映的是人类对土地的利用状况,而土地覆盖反映的是一个地区土地的自然属性,对于遥感图像处理而言,更适合作一些自然要素的判读与处理,而对于人类的利用状况则很难识别。因此,综合考虑土地利用标准、遥感判读处理两个因素,将土地覆盖分为 5 个亚类,水体、水田和湿地、裸旱地稀灌丛、次生林、森林,其代码依次为 1~ 5。

表 1 土地覆盖类型号及重分类码
Table 1 The land cover type number and reclassifies the code

分类数据集		重分类方法及分类后的值				
时段 3	土地覆盖类型	水体	水田和湿地	裸旱地稀灌丛	次生林	森林
	重分类码 (C)	100	200	300	400	500
时段 2	土地覆盖类型	水体	水田和湿地	裸旱地稀灌丛	次生林	森林
	重分类码 (C)	10	20	30	40	50
时段 1	土地覆盖类型	水体	水田和湿地	裸旱地稀灌丛	次生林	森林
	重分类码 (C)	1	2	3	4	5
坡度	坡度 (°)	0~ 8	8~ 15	15~ 25	25~ 35	> 35
	重分类码 (C)	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000

对于遥感土地覆盖动态变化分析来说,一般感兴趣的特征信息主要包括:目前的土地覆盖情况;土地覆盖变化情况;各地类变化后分别转化为哪些地类;转化的面积是多少;不同坡度下尤其是陡坡地类的转化情况等。例如想对三个或 n 个时段的遥感数据进行分析,其分类编码的设计可以表示为表 1,通过叠加后可以实现的功能主要有:1 代码查询。方法是直接读取其所在像元的信息,例如代码为 2345 的图块代表坡度为 $8^{\circ} \sim 15^{\circ}$,时段 3 的土地覆盖类型为裸旱地稀灌丛,时段 2 的土地覆盖类型为次生林,而时段 1 的土地覆盖类型为森林。2 地类间转化面积。其方法是根据叠加后的土地变化总图,采用分析代码或编写 SQL 查询语句实现,例如:想求取时段 2 至时段 1 之间森林转化为次生林的面积,其原理为查取所有尾数为 54 的代码。查询后可以根据所得到的遥感图像元数量,乘以像元分辨率的平方,就可以得到转化后的面积 (m^2)。3 不同坡度下,不同年份间地类转化面积。其原理同上,通过一定的

代码查询就可以实现,例如欲查询时段 2 至时段 1 之间陡坡耕地的变化情况,以分析这一地区人地关系情况,则可以查询代码所有千位为 3 4 5 百位、十位或个位为 2 或 3 的所有代码。

1.2 GIS 数据库的建立

在进行遥感信息分析时,GIS 始终是一个很重要的工具,在遥感分析处理的前期,其作用是为遥感影像进行空间定位,在遥感分析的中期为其建立解译识别标志,为分类信息提供相关辅助信息;在后期可以为分析提供如空间叠加、缓冲区、趋势分析等工具,同时检测分类结果的准确性。因此,GIS 数据库的建立是一个很重要的内容。按照国际一般标准,遥感分辨率所对应的最佳比例尺为分辨率的 1 万倍左右,如 0.61 m 快鸟可以制作 1: 5 000 的图,1 m 分辨率的 KONOS 最佳为 1: 1 万地图,若为 15 m 的 ETM⁺,则对应的最佳地形图比例尺为 1: 15 万,根据我国地形图的实际情况,可以选择 1: 10 万或 1: 25 万的地形图与之相匹配。GIS 数据库的建库过

程主要包含以下步骤。

1. 2. 1 数字化准备

在数字化之前, 首先是选择数字化的软件, 目前有许多优秀的数字化软件如: VP Studio, MapGIS, Arcscan, R2V 等, 这些软件之间的对比见表 2。

表 2 各种流行的数字化软件之间的比较
Table 2 The comparison between each kind of popular digitized software

软件名称	软件 价格	用户 界面	智能化 程度	程序 大小	系统的 独立性
ARCVIEW	一般	友好	低	一般	独立
ARCSCAN	高	友好	一般	大	挂靠 ARCGIS
VP STUDIO	高	友好	高	大	挂靠 CAD
MAPGIS	一般	友好	高	大	独立
R2V	低	友好	高	小	独立

从表 2 可以看出 R2V 软件在软件价格, 用户界面, 智能化程度, 程序大小, 系统独立性等方面有较大的优势, 它是一个将栅格转换为矢量的优秀程序, 程序小巧却功能强大, 具有很强的智能化矢量识别能力, 可以处理多种类型的图像格式, 如扫描图, 航片和卫片, 而且可实现与 AUTOCAD, ARCGIS 等大型软件的数据转换, 被称为“GIS 数字化伴侣”。将扫描图片载入 R2V 后, 设置好参数后, 即可以进行矢量化了。最后转换为 ARCVIEW 支持 SHP 文件格式即可。用 R2V 软件数字化经历 2 个步骤: 1. 打开扫描图, 扫描图像可以为 6 种形式分别为: TIF, BMP, JPG, GIF, RLC, HDR, 2. 设置识别扫描图像参数, 有两种方式即灰度方式与彩色图分类; 对于第一种灰度方式其过程如下: 将彩色图像转换为灰度图像, 设置灰度图的容限值一般对于正色图设置 160 ~ 180 对于反色图设置为 75 ~ 95 然后进行矢量化。对于第二种矢量化方式首先将图像重分类, 这得依据图像的色彩深度而决定其分类的参数, 分类后即可进行矢量化。

操作中常用的快捷键及其含义是: T—自动跟踪, 鼠标左键—数字化, C—关闭线或面, S—与最近的接点 空格—结束, 鼠标左键—CONTEXT 菜单 ^ S—存盘, C—关闭。

扫描过程中应注意: 图纸变形要尽量小, 尽可能采用无变形、无褶皱的新图纸进行扫描; 扫描的变形要尽可能小, 主要措施有 3 种: 1. 扫描分辨率的设置值不宜太大也不宜太小, 如果分辨率太小影像不容易识别, 如果太大, 一方面文件太大影响计算机运算速度, 另一方面自动识别时细节太多反而效果不好。

对于基础地理信息系统的设置其取值范围一般在 220~ 300 之间比较合适。2. 注意扫描仪的角度和扫描仪边缘的变形, 扫描仪的角度应尽量保持水平和垂直, 避免产生角度从而需要旋转图像引起变形。3. 扫描图像格式的选择, 一般 TIF 图像格式保持较好的原数据格式, 而 JPG, GIF 等格式由于在存储中有压缩会产生信息丢失, 所以应尽量采用 TIF 格式。

1. 2. 2 基础信息数据集的建立

基础地理信息系数据集 (GEODATASET) 应该涵盖的主要内容一般包括: 等高线、高程点、单线河流、双线河流、道路、植被、土壤、居民点、构造、岩性、地层、土地利用等。另外还有相关的社会经济数据库。GIS 的建库是一个相当费时的的工作, 一般占整个工作量的 70% 以上。

在用 R2V 软件数字化后, 需要采集 4 个地面控制点以计算图形、图像正确的投影坐标。采用的公式为最小二乘法, 公式如下

$$\begin{aligned} X &= A0 + (A1x1 + A2y1) + (A3y2 + A4xy + A5y2) \\ &\quad + (A6x3 + A7xy2 + A8x2y + A9y3) + \dots \\ Y &= B0 + (B1x1 + B2y1) + (B3x2 + B4xy + B5y2) \\ &\quad + (B6x3 + B7xy2 + B8x2y + B9y3) + \dots \end{aligned}$$

式中 x, y 分别代表扫描图原始坐标。X, Y 代表投影转换后的坐标。

经投影变换后统一到标准的座标下, 与遥感分类信息进行叠合分析。

1. 3 遥感土地分类

首先对于 3 个时段的遥感影像图进行 7 个波段的主成份分析 (PCA), 第 6 波段经图像重采样与其他波段像元分辨率一致后进行处理, 找到相关系数较小的几个主成分波段, 再根据 GPS 地面采集点进行几何校正, 去地形阴影、云层等预处理后, 利用野外调查点采集数据建立监测区训练样本, 采用有监督分类法进行数字图像分类解译, 进行了 4 次野外调查采样, 对分类进行调整, 得到区内土地覆盖分类图。

1. 4 分析

分析的方法是利用 GIS 或 RS 软件的叠加分析功能, 一般是利用地图或波段计算器将 n 个时期经重分类的图层叠加, 然后用信息查询、统计分析功能进行最后信息分析。

2 应用

澜沧江梯级电站是我国国家级水电重点建设项目, 其安全运行不仅是我国西部大开发中的水电建

设问题, 同时也会影响到与下游东南亚缅甸、老挝、泰国、柬埔寨和越南 5 个国家的次区域合作, 从这个意义上讲, 有必要对这一地区的生态环境及其对库区产沙作用与机理进行研究; 但该地区山高谷深, 地形陡峻, 地质地貌条件复杂^[7]。采用遥感手段进行土地覆盖动态监测可以从多时间序列、大空间尺度上了解区内生态变化情况, 监测区域内人类活动对库区生态环境的影响, 评价土地覆盖动态变化对库区产沙、积沙的潜在影响, 进而及时发现库区环境中存在的问题, 为土地覆盖规划及时调整提供策略^[8-9]。

方法应用于澜沧江梯级电站大坝库区的土地利用动态监测上, 覆盖范围小湾、漫湾和大朝山大坝的主要淹没区。监测区面积为沿澜沧江主河两岸建立 9 500 m 的缓冲区进行监测, 总面积 1 400 km²。首先建立研究区 1: 10 万基础 GIS 数据库, 内容包括等高线、河流、公路、行政区界线、移民搬迁及安置基础数据库、4 次农村 PRA 调查数据及 GPS 测点数据等。其中等高线可以派生出 DEM、TN、坡度、坡向、流域边界等信息以便于后期分析; GPS 数据能由经纬度信息实现从 EXCEL 数据库到 GIS 图形库的转换, 经投变换后与遥感、GIS 信息进行复合。等高线、河流、公路, 这 3 个层均为线状特征, 基础空间数据库的投影转换为高斯-克吕格投影, 投影为 6° 分带, 项目区位于第 17 带上。然后采用 1988 年、1996 年、2000 年 3 个时段的 Thematic Mapper(TM) 和 Enhancement Thematic Mapper(ETM) 遥感影像图进行监督分类, 分别所得到的土地覆盖图进行重分类, 分类信息编码依次为坡度 × 1000、1988 年土地覆盖信息 × 100、1996 年土地覆盖信息 × 10、2000 年土地覆盖信息 × 1。然后进行土地覆盖动态变化监测与分析得出该区土地覆盖变化规律。

2.1 土地面积总体变化情况分析

经过信息分类后的分析结果表明: 土地总体变化情况为: 水体面积先增加, 后保持不变, 其原因是由于漫湾电站的建立时间为 1995 年, 而大朝山与小湾电站直到 2000 年后才始建或建成。森林面积表现为增加, 反映了部分移民移出库区, 原有耕地实施了退耕还林措施。大幅度减少的土地覆盖类型为次生林, 主要由于水库淹没及移民搬迁后置区位于海拔 1 050~1 800 m, 这一区域主要分布为次生林, 新开土地导致了次生林面积的大幅减少(减少 444 km²)。

2.2 不同坡度土地类型变化情况

依据上文所述的信息重分类方法, 在对变化总

图叠加后进行分析后得出: 1、面积减少大于 35% 的地类是坡度为 0~8° 的次生林(104), 8~15° 的次生林(204), 8~15° 的森林(205), 15~25° 之间的次生林(304), 25~35° 之间的森林(404), 大于 35° 的水田和湿地(502); 2 面积减少位于 35%~20% 之间的地类为坡度大于 35° 的次生林(504); 3 面积减少小于 20% 以下的地类为坡度为 15~25° 之间的森林(305); 4 面积增加大于 35% 的地类为坡度 15° 以上的水田和湿地; 5 面积增加位于 35%~20% 之间的地类坡度小于 8° 的水田和湿地, 坡度大于 35° 的裸旱地稀灌丛; 6 面积增加小于 20% 的是坡度 25° 以下的裸旱地稀灌丛, 和坡度大于 35° 以上的森林; 7 基本保持不变的是水体, 小于 8° 的林地, 坡度 25~35° 的水田湿地及林地。

2.3 各地类间转化结果

经重分类后, 分析得到不同地类转化的空间分布规律为: 地类间转化面积较大的是森林转化为次生林, 1988~1996 年转化为 123.2 km², 1996~2000 年间转化面积 150.4 km², 森林转化为裸旱地稀灌丛的面积, 1988~1996 年为 87.2 km², 1996~2000 年为 147.6 km²; 同时次生林变森林的面积也比较大: 1988 至 1996 到 2000 年的面积分别为 304.2 km² 和 167.0 km², 次生林变裸旱地稀灌丛的面积分别为 257 km² 和 325 km²; 裸旱地稀灌丛变次生林的面积为: 271.7 km² 和 103.5 km², 转变为森林的面积为 142.9 km² 和 92.4 km²。这些转化充分说明了由于库区建成后移民后置搬迁所引起的人地关系土地利用覆盖方式的变化。

经过分析表明: 在该区从总体上说, 森林的面积在增加, 次生林的面积在大幅降低。面积变化较大的地类依次是次生林、森林、裸旱地和稀灌丛、水田和湿地。从其变化来看, 森林面积在增加; 但森林转化为次生林和裸旱地稀灌丛的面积也比较大, 主要是移民就地搬迁后置所引起的毁林开荒; 次生林的动态变化情况为: 大部分次生林转变为森林及裸地, 其余一部分次生林主要由森林和裸旱地及稀灌丛转变而来。通过监测表明, 该区人类活动仍较活跃, 人地关系仍较紧张, 其生态环境不是十分稳定, 仍需对作进一步的监测。

3 结论与讨论

信息重分类码的设计可以设计为 2 个时段、3 个时段或多个时段, 通过实际操作认为采用 2 个或 3 个时段是比较好的方法, 因若时段过多, 则会引起

组合上的过多,反而在信息查询分析时降低效率与引起分析者信息错乱。根据组合,若对于5个亚类的土地覆盖分类方法,二个时段有25种组合,三个时段则有125种组合形式,若过多则信息量太多。但过于少的组合又占用太多的磁盘空间,这是一个处理时间与磁盘空间的矛盾体,在实际分析需进行综合考虑。

遥感土地覆盖信息的原始分类数据及与GIS数据匹配的准确性影响到后来的分析结果,因此对于前期遥感分类数据的准确性、可靠性的评估是十分重要的,一般应建立GIS元数据库,采用元数据、遥感去云、去阴影、小波变化等方法,尽量减少数据损失。

通过3个时期的TM、ETM遥感土地覆盖分析表明信息重分类方法具有很好的适用性与应用价值。

致谢:本文得到钟敦伦研究员的悉心指导,在此表示深深谢意!

参考文献 (References)

- [1] Cakir H I, Khorram S and Nelson S A. Correspondence analysis for detecting land cover change[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2006, 102(1-2): 306~317
- [2] Akbari H, Rose L S, Taha H. Analyzing the land cover of an urban

- environment using high-resolution orthophotos[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2003, 63(1): 1~14
- [3] Dixon B. Applicability of neuro-fuzzy techniques in predicting ground-water vulnerability: a GIS-based sensitivity analysis[J]. *Journal of Hydrology*, 2005, 309(1-4): 17~38
- [4] Douglas A S, Allen H, David M, et al. Remote sensing of vegetation and Land-Cover Change in Arctic Tundra Ecosystems[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2004, 89(3): 281~308
- [5] Thenkabail P S, Schull M and Turral H. Ganges and Indus river basin land use/land cover (LULC) and irrigated area mapping using continuous streams of MODIS data[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2005, 95(3): 317~341
- [6] Giles M F. Status of Land Cover Classification Accuracy Assessment[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2002, 80(1): 185~201
- [7] Chen Lihui, He Daning. The comprehensive in paction of M anwan hydropower station and local economy——2th investigation report[R]. Kunming Yunnan Institute of Geography, 2002[陈丽晖, 何大明. 漫湾电站建设对地方社会经济的综合影响——第二次实地调查报告[R]. 昆明: 云南大学云南省地理研究所, 2002]
- [8] John R D, Agnes B, Danny L. Monitoring Land at Regional and National Scales and the Role of Remote Sensing[J]. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2001, 3(2): 162~175
- [9] Giles M F. Status of land cover classification accuracy assessment[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2002, 80(1): 185~201

Information Reclassification and Its Application in the Land-cover Dynamics Monitoring

——Taking Lancangjiang Cascade Hydropower Stations as an Example

LU Hongjiang^{1,2}, CHEN Lihui³, LU Lianzhong⁴

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu 610041, China;

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;

3. Yunnan Institute of Geography, Yunnan University, Kunming 650223, China;

4. The School of Primary Education, Chongqing Normal University, Chongqing 400700, China)

Abstract According to the demands of land-cover dynamic monitoring, the reclassification method is designed. The designed code is discussed for land-cover maps which are obtained by remote sensing and slope map acquired through GIS database which is discussed also. The desired information can be obtained by means of GIS overlay. Then, the different land types and the rule of mutually transform under the different slope type can be analyzed. The method is applied to Lancangjiang River cascaded hydropower station area, in which three stages land-cover data obtained through interpreting the Thematic Mapper (TM) image of 1998, 1996 and 2000 are analyzed. Therefore, the temporal and space variety rules are deduced after verified by the field investigation data. As a result, this may provide the evidence for analyzing relationship between human activities and the mechanism of sediment deposit. It indicated the information reclassification method has an important application value in the land-cover dynamic monitoring and other correlation fields.

Key words information reclassification; remote sensing; land-cover dynamic monitoring; Lancangjiang River cascaded hydropower