

# 基于遥感与 GIS 技术的土地利用空间结构变化研究<sup>\*</sup>

张新长, 熊湘琛

(中山大学遥感与地理信息工程系, 广东 广州 510275)

**摘要:** 基于数字正射影像, 运用遥感与 GIS 技术对广州市土地利用变化进行了宏观描述和微观定量分析研究。首先提取广州市土地利用变化信息, 从总体上研究广州市各区的土地利用变化情况, 然后利用土地利用类型转移模型, 分析土地利用各类型之间的相互转化状况, 构造土地利用的空间位置转换和数量变化模型对土地利用类型的空间位置转移进行定量评价, 最后利用土地利用动态度模型来分析广州市土地利用的变化程度, 并对变化的原因进行了评价。结果表明: 广州市地类变化绝对量大, 并以一级地类内部转换为主; 耕地减少较快, 可调整地类大幅度增多。

**关键词:** 土地利用; 遥感; GIS 动态变化

**中图分类号:** F301.24 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2008) 03-0117-06

土地利用变化研究要揭示变化的过程与机制, 它不仅是一种空间概念上的表达, 而且还是时间序列上的演绎; 它强调通过对于复杂土地利用地学现象的空间与时间上的综合表达和描述, 来揭示土地利用时空结构现象演变的规律, 因此已引起了目前国际学术界的广泛重视<sup>[1]</sup>。遥感与 GIS 技术已成为土地利用变化研究技术体系中的重要组成部分之一, 它不仅具有动态地反映变化过程的信息及其处理方法, 并能及时对变化信息进行提取、更新及分析, 在资源与环境变化动态监测方面发挥越来越重要的作用; 而且对变化信息的动态管理及运用模型进行分析与预测也日趋得到重视<sup>[2]</sup>。

本文以 GIS 遥感等空间信息技术为基础, 从广州市土地利用空间结构在不同时间段上所表现出来的特征和差异为例, 首先提取广州市土地利用变化信息, 从总体上研究广州市各区的土地利用变化情况, 用基于遥感的动态监测方法, 研究如何发现土地利用的变化信息, 准确、快速地获取变化信息的数量和特性, 并且将变化信息与历史信息进行空间分析, 获得新的土地利用的现状数据, 实现土地数据的计算机管理与可视化。然后构造某种土地利用动态变化模型分析土地利用各类型之间的相互转化状况, 并对变化的原因进行了分析。

## 1 研究方法

本文首先对广州市市辖区不同时期的数字正射

遥感影像进行图像处理, 使其达到分析研究所需的效果; 然后用变化向量分析模型提取变化信息, 以便从宏观角度了解城市土地利用变化的数量、分布及其景观特性<sup>[3]</sup>; 最后完成影像分类矢量化过程, 用矢量化结果结合运用 GIS 空间分析方法和土地利用变化模型, 从微观角度对土地利用不同类型的变化进行定量化、定位化的分析。

本文是以国家土地资源遥感宏观调查采用的土地利用分类系统为依据, 结合广州实际, 根据土地的用途、经营特点、利用方式等因素作为土地利用的分类标准, 一级分为 3 类, 二级分为 10 类。具体为: ①农用地: 11、耕地, 12、园地, 13、林地, 14、牧草地, 15、其他农用地。②建设用地: 21、居民点及工矿用地, 22、交通运输用地, 23、水利设施用地。③未利用地: 31、未利用土地, 32、其他土地。

数据质量的好坏直接影响到监测及分析结果, 在一定程度上决定了监测的效果。本文所用的遥感影像数据为 1: 2 000 彩红外数字正射影像图, 该图由航摄比例尺 1: 8 000 航片制作, 采用 1980 年西安坐标系、1985 年国家高程基准, 用 TIFF 格式存储。空间分辨率高, 精度达 0.2 m。同时本文对遥感图像进行精确的几何校正和地理校正与配准, 并对图像进行适当的增强处理。在此基础上对数字正射影像图做了匀光处理, 使其影像纹理清晰, 反差适中, 色调饱满, 视觉效果自然、美观。

\* 收稿日期: 2007-10-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40471106)

作者简介: 张新长 (1957 年生) 男, 教授, 博士生导师, E-mail: eeszx@mail.sysu.edu.cn

本文研究采用变化向量分析法对变化信息进行提取<sup>[4]</sup>。变化向量分析模型是光谱直接比较法的一种。变化向量是描述从时相 1 到时相 2 某像元光谱变化大小和方向的向量。设某像元  $i$  在时相 1 和 2 图像上的灰级向量分别为  $G_i = (g_1, g_2, \dots, g_k)^T$  和  $H_i = (h_1, h_2, \dots, h_k)^T$ ,  $k$  代表波段取值为 1, 2, ...,  $m$ , 则该像元的光谱 (亮度) 变化向量定义为:

$$\Delta T_i = G_i - H_i = \begin{pmatrix} \Delta t_1 \\ \Delta t_2 \\ \dots \\ \Delta t_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g_1 - h_1 \\ g_2 - h_2 \\ \dots \\ g_k - h_k \end{pmatrix} \quad (1)$$

( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ )

$\Delta T_i$  包含了两幅图像中的所有变化信息, 变化强度由  $\|\Delta G\|$  决定:

$$\|\Delta G\| = [(g_1 - h_1)^2 + (g_2 - h_2)^2 + \dots + (g_k - h_k)^2]^{1/2} \quad (2)$$

从变化强度的定义, 不难发现变化强度越大, 表明图像的差异越大, 变化发生的可能性越大。因此, 检测变化和非变化像元可根据变化强度的大小, 通过设定阈值来实现。即像元的变化强度超过某一阈值, 即可判定为土地利用发生变化的像元。利用此方法提取出来的变化信息或多或少会包含伪变化信息, 所以在变化信息提取的时候要人工干预。变化信息提取后可以从宏观角度了解城市土地利用变化的数量、分布及其景观特性, 如可以了解哪个区域的土地利用变化面积大, 土地利用变化的空间分布是否均匀等。

## 2 土地利用动态变化模型

土地利用动态变化分析是深入了解土地利用变化复杂性的重要手段, 是研究土地利用变化过程土地利用变化程度及未来发展变化趋势的主要方法。只有从微观角度出发对土地利用不同类型的变化进行定位化, 定量化的空间信息分析, 才能深入和准确了解不同类型土地利用的动态变化过程。

### 2.1 土地利用类型转移模型

在 GIS 技术的支持下运用土地利用类型转移模型可得到不同土地利用类型之间的转移变化, 从而更细致的了解土地利用信息, 也为后续的一些土地利用变化分析提供了基础数据, 比如可在此基础上用马尔柯夫模型预测将来的土地利用空间结构变化情况。

本文研究采用交集图层的属性数据库按合并类型叠代求解平衡表的计算模型<sup>[5]</sup>。具体算法为: 将现状图  $A_k$  与变更图  $A_{k+1}$  作空间交集运算, 得到的交集图层  $C_k$  所有弧线相交部分都产生结点, 重新构成多边形。在交集图层的属性表中同时包含了现状图与变更图的属性结构, 每一个图斑记录都有现状图  $A_k$  的值和变更图  $A_{k+1}$  的值 (表 1), 对交集图层  $C_k$  的属性表进行遍历叠代计算, 按二维矩阵的排列进行累计, 即可求得土地利用变化转移矩阵。如: 要得到  $k$  时期的第  $i$  种类型转变成  $k+1$  时期的第  $j$  种类型的面积, 记为  $A_{ij}$ , 只需找出  $C_k$  中所有同时包含  $A_k$  中地类代码  $D_i$  和  $A_{k+1}$  中地类代码  $D_j$  的记录, 算出其图斑面积之和即为  $A_{ij}$  的值。因此, 可按所有的用地类型构造土地利用转移矩阵 (表 2)。

表 1 交集图层属性表

Tab 1 The attributes of intersection layers

序号	AREA	C#	$C_{ij}$ D	Ak#	$A_k$ D	...	Ak+1#	Ak+1_ D	...
1		1	1	1	11	耕地	2	12	园地
2		2	2	3	13	林地	5	12	园地
3		3	3	5	12	园地	7	11	耕地
.....		.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

从表 2 和 3 可看出, 广州市土地利用空间结构的总体变化趋势, 尤其是耕地的变化趋势。耕地作为广州市的主要农用地类型之一, 数量变化非常大。主要是由于农业结构的调整, 农民从种植粮食作物转为种植经济作物、果树等, 从而导致大量的耕地转变为园地等其他农用地, 总面积达 34 762.43  $hm^2$ , 是耕地减少量的 89.96%, 而其中耕地转变为园地和其它农用地最多, 分别为

16 310.70  $hm^2$  和 13 627.72  $hm^2$ , 分占耕地转为其他类型用地的 46.92% 和 39.2%。同时还有 3 783.24  $hm^2$  的耕地转变为建设用地。

由于城区、风景区等区域地类判读标准的改变, 以及部分闲置土地的开垦复垦, 3 365.52  $hm^2$  居民及工矿用地转变为农用地, 占建设用地减少的 45.78%。例如: 白云区迁岗村一块 16.67  $hm^2$  用作独立工矿地复种荔枝、龙眼后而转变为园地。

表 2 广州市土地利用类型转移模型  
Tab 2 The city land utilization changes model of Guangzhou / hm<sup>2</sup>

Table with 11 columns (更新前, 11-32) and 11 rows (更新后地类, 11-32) showing land use transfer data for Guangzhou.

表 3 地类转移统计表  
Tab 3 Statistical table of land use transfer / hm<sup>2</sup>

Table with 11 columns (项目, 11-32) and 11 rows (农用地, 建设用地, 未利用地, 总计) showing land use transfer statistics.

运用 GIS 叠置技术可得到土地利用类型间的转移空间分布图。如：要得到广州市市辖区林地变居民点及工矿用地空间分布图，首先对现状图 A<sup>k</sup> 和变更图 A<sup>k+1</sup> 进行空间数据叠加得到交集图层 C<sub>k</sub>，然后运用 GIS 的“Select By Attributes”功能（其中目标图层 (Layer) 设置为 C<sub>k</sub>，Method 设置为“Create a new selection”，SQL 语句设置为：A\_ID=11 AND A<sup>k+1</sup>\_ID=21）选中符合要求的空间要素，再将所选要素作为单独要素层保存从而得到广州市市辖区林地变居民点及工矿用地空间分布图（图 1）。

2.2 土地利用的空间位置转换和数量变化模型

区域土地利用变化包括各土地利用类型的空间位置转换和数量变化两个方面，所谓空间位置转换是指研究区域内土地利用类型的空间位置发生的转移，如某一小单元的退耕还林和另一小单元的毁林开荒将导致耕地和林地的空间位置转移，土地利用类型的空间位置转换不会引起相应土地利用类型面积的数量变化<sup>[7]</sup>。其数学模型为：

S = 2 \* min(P+ - P-, Pj - Pj) (3)

式中，S 为地类发生空间位置转换的面积，P+ 和 P- 分别为变更前地类和变更后地类的面积，Pj 为没有发生变化的面积。

数量变化是指转入和转出相抵后，各土地利用



图 1 广州市市辖区林地变居民点及工矿用地空间分布图  
Fig 1 Spatial distribution of woodland turned residential or industrial and mining area of Guangzhou

面积的增加或减少<sup>[8]</sup>。数学表达式为：

Q = max(P+ - P-, Pj - Pj) - min(P+ - P-, Pj - Pj) (4)

式中，Qj 为地类面积的数量变化。地类的总变化 Cj = S + Qj

由公式 (3) 和 (4) 计算得到表 4。由表 4 可知在变更期间广州市各土地利用类型总变化的面积由大到小依次为: 耕地>其他农用地>园地>未利用土地>其他土地>居民点及工矿用地>水利设施用地>交通运输用地>林地>牧草地。在变化形式上园地、林地、牧草地、交通运输用地、其他用地的位置空间转移的面积大于其数量变化的面积, 而其余各类型用地的位置空间转移部分不同程度的小于其数量变化。园地位置空间转移量大, 反映了如下基本情况:

表 4 广州市土地利用空间位置转换和数量变化表

Tab 4 Space location changes and the quantity changes of city land utilization of Guangzhou / hm<sup>2</sup>

类型	转入	转出	总变化	位置空间转移	数量变化
11	2970.68	38642.31	41612.99	5941.36	35671.63
12	24644.32	7565.45	32209.77	15130.89	17078.88
13	11143.20	9880.06	21023.26	19760.12	1263.14
14	101.40	197.21	298.61	202.81	95.80
15	27827.62	7257.74	35085.36	14515.48	20569.88
21	9086.17	7350.21	16436.38	14700.42	1735.96
22	3096.09	1808.09	4904.18	3616.18	1288.00
23	1957.01	531.11	2488.12	1062.22	1425.90
31	1823.77	6212.20	8035.97	3647.53	4388.43
32	2699.90	5905.80	8605.70	5399.80	3205.90

### 2.3 土地利用动态度模型

土地利用数量变化可以用土地利用动态度表示, 包括单一土地利用动态度和综合土地利用动态度。单一土地利用动态度是指某一地区在某一时段内某种土地利用变化类型的数量变化情况; 综合土地利用动态度是指某一地区在某一时段内综合的土地利用类型的数量变化情况<sup>[9]</sup>。单一土地利用动态度计算公式:

$$K = (U_2 - U_1) / U_1 \times 1/T \times 100\% \quad (5)$$

式中,  $K$  为研究时段内某一土地利用类型动态度,  $U_1$  和  $U_2$  分别是研究开始 ( $t_1$  时刻) 时和结束 ( $t_2$  时刻) 时某一土地利用类型的面积,  $T$  为  $t_1$  时刻到  $t_2$  时刻研究时段长。如果  $K$  的时段设为年时,  $K$  的值为研究时段内某一土地利用类型年变化率。综合土地利用动态度计算公式:

$$IC = (\sum_i \Delta IU_{ij} / \sum_i IU_{ij}) T^{-1} \times 100\% \quad (6)$$

式中,  $IU_{ij}$  为更新前第  $i$  类土地利用类型的面积,  $\Delta IU_{ij}$  为更新后第  $i$  类土地利用类型转为第  $j$  类土地利用类型的面积。

(1) 广州市地处亚热带沿海, 地形条件丰富多样, 土壤气候水文等非常适合香蕉、甘蔗、木瓜等经济果树的种植, 因此园林种植业非常发达。尤其是上世纪九十年代以来, 农业经济结构调整, 果树、花卉等园林种植物面积大量增加。

(2) 农民集体可以根据市场和生产生活的需要选择种植粮食作物和果树花卉, 这导致了一部分果园变为耕地, 再加上由于城乡建设一部分园地变为建设用地。所以也有不少园地转变成其他用地。

表 5 广州市变更初、末期土地利用类型的面积和单一动态度

Tab 5 The initial and last stage of land utilization type area and dynamic degree of Guangzhou

地类	2003年面积 / hm <sup>2</sup>	2005年面积 / hm <sup>2</sup>	动态度 / %
11	86005.54	50333.91	-20.70
12	32375.75	49454.62	26.40
13	68790.04	70053.18	0.92
14	199.17	103.37	-24.10
15	29022.16	49592.04	35.40
21	85704.17	87440.10	1.00
22	9189.03	10477.03	7.00
23	3274.55	4700.45	21.80
31	6329.24	1940.81	-34.67
32	35016.07	37547.79	3.62

### 3 土地利用变化原因分析及结论

自然因素对广州市土地利用变化有一定的影响, 但不是主要影响因素。社会经济因素才是主要方面。如: 由于山体滑坡等自然灾害以及人为原因, 导致部分土地树木生长基本条件被破坏, 使林地转变为未利用土地, 这些图斑主要分布在白云区东南布、番禺区中部、南沙经济技术开发区和黄阁

镇以及花都北布。还有因为自然灾害、环境污染的原因, 导致作物难以生长, 土壤遭受破坏, 造成其他农用地转为未利用土地。

广州市社会经济的快速发展是土地利用变化的直接动力。由于农业结构调整等原因, 大量耕地转变为其它类型的农用地。同时, 随着广州市城市规模和社会经济发展, 部分耕地被征用而转变为建设用地。

根据《广州市城市总体规划》广州市确立了“东进、南拓、西联、北优”的战略发展思路, 城区范围不断扩大, 以番禺、花都两地撤市改区, 因此城市用地呈现了较大增长。同时按照我国发展中小城镇建设, 促进农村劳动力向城镇转移的城市化发展政策的实施, 广州市不断推进“中心镇”的建设, 建制镇用地也得到了一定程度的发展。

因为以上原因广州市耕地减少较快, 可调整地类大幅度增加。可调整地类是从耕地转变而来的农用地, 其土地耕作层尚未破坏, 可以用作粮食种植。耕地减少主要原因是原有部分耕地变为其它农用地。地类变化绝对量大, 以一级地类内部转换为主。如耕地转为园地和其他农用地的比例达 86.2%。

#### 参考文献:

- [ 1 ] 朱会义, 何书金, 张明. 土地利用变化研究中的 GIS 空间分析方法及其应用 [ J ]. 地理科学进展, 2001, 20 ( 2 ): 105—107.  
ZHU Huiyi, HE Shujin, ZHANG Ming. GIS spatial analysis and its application in the research of land use change [ J ]. Progress in Geography, 2001, 20(2): 105—107
- [ 2 ] 潘竟虎, 刘菊玲, 王建. 基于遥感和 GIS 的江河源区土地利用动态变化研究 [ J ]. 干旱区地理, 2004, 27 ( 3 ): 420—423.  
PAN Jinghu, LU Juling, WANG Jian. RS/GIS-based study on the dynamic land use change in the source areas of the Yangtze River and Yellow River [ J ]. Arid Land Geography, 2004, 27(3): 420—423
- [ 3 ] 田晓东, 吕亮卿, 王滨. 基于正射影像和 GIS 技术的县级土地利用变更调查方法研究 [ J ]. 农业工程学报, 2002, 21 ( 增 ): 171—172.  
TIAN Xiaodong, LU Liangqing, Wang Bin. Method for county level land use change survey based on orthophoto and GIS [ J ]. Transactions of The Chinese Society of Agricultural Engineering, 2002, 21 ( D' suppl ): 171—172
- [ 4 ] 郭程轩, 甄坚伟. 土地利用变化动态模型的分析与评价 [ J ]. 国土资源科技管理, 2003, 20, 22—24  
GUO Chengxuan, ZHEN Jianwei. A comparison of and a comment on dynamic models of land use change [ J ]. Management Geological Science and Technology, 2003, 20, 22—24
- [ 5 ] 高小红, 王一谋. 遥感和 GIS 支持下的榆林地区土地利用动态变化研究 [ J ]. 干旱区地理, 2004, 27 ( 1 ): 108—109.  
GAO Xiaohong, WANG Yinou. Using Remote Sensing and GIS to analyse land use dynamic change in Yunlin, Shanxi [ J ]. Arid Land Geography, 2004, 27(1): 108—109
- [ 6 ] 刘盛和, 何书金. 土地利用动态变化的空间分析测算模型 [ J ]. 自然资源学报, 2002, 17 ( 5 ): 534—535  
LIU Shenghe, HE Shujin. A spatial analysis model for measuring the rate of land use change [ J ]. Journal of Natural Resources, 2002, 17(5): 534—535
- [ 7 ] 付彩菊, 潘竟虎, 赵军. 基于 RS 和 GIS 的额济纳旗土地利用变化研究 [ J ]. 国土资源科技管理, 2006, 23, 71—73  
FU Caiju, PAN Jinghu, ZHAO Jun. A study of dynamic land use changes in Ejina region based on RS and GIS [ J ]. Scientific and Technological Management of Land and Resources, 2006, 23, 71—73
- [ 8 ] 王良健, 包浩生, 彭补拙. 基于遥感和 GIS 的区域土地利用变化的动态监测与预测研究 [ J ]. 经济地理, 2000, 20 ( 2 ): 47—48  
WANG Liangjian, BAO Haosheng, PENG Buzhuo. The dynamic monitoring and prediction of the regional land use change based on RS and GIS [ J ]. Economic Geography, 2000, 20(2): 47—48
- [ 9 ] 孙静, 赵伟, 赵鲁全. 土地利用遥感动态监测技术方法介绍 [ J ]. 山东国土资源, 2005, 21 ( 4 ): 38—39.  
SUN Jing, ZHAO Wei, ZHAO Luquan. Introduction to sense remote dynamic monitoring technology in land use [ J ]. Land and Resources in Shandong, 2005, 24 ( 4 ): 38—39
- [ 10 ] DAIF C, LEE C F, ZHANG X H. GIS-based geo-environmental evaluation for urban land use planning: a case study [ J ]. Engineering Geology, 2001, 61: 257—271.
- [ 11 ] PARK M hyun, SIENSIRCM M K. Classifying environmentally significant urban land uses with satellite imagery [ J ]. Journal of Environmental Management, 2008, 86, 181—192
- [ 12 ] ATKINSON P M, MASSARI R. Generalized linear model of susceptibility to landsliding in the Central Apennines, Italy. Computers and Geosciences, 1998, 24 ( 4 ): 373—385  
(下转第 127 页)

the extractants for available Cd, Cu, Zn and Pb in soils [J]. *Agric. Environ. Prot.* 1994, 13 (6): 246-251.

[17] 曹会聪, 王金达, 张学林. 东北地区污染黑土中重金属与有机质的关联作用 [J]. *环境科学研究*, 2007, 20 (1): 36-41.  
CAO Huicong, WANG Jinda, ZHANG Xuelin. Study on the association between heavy metals and organic matter

in polluted black soil in northeast China [J]. *Research of Environmental Sciences*, 2007, 20 (1): 36-41.

[18] YN Y, MPELLITTERICA, YOU S, J. et al. The importance of organic matter distribution and extract soil solution ratio on the desorption of heavy metals from soils [J]. *Science of the Total Environment*, 2002, 287: 107-119.

## Characteristics of Cd, Zn, Pb, Cu Content of Paddy Soils in the Lower Stream of Dabaoshan Area, Guangdong

XU Chao, XIA Beicheng, HE Shimeng, QIN Jianqiao, LI Haiqian, LIN Xiaofang

(School of Environmental Science and Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

**Abstract:** 21 samples were collected from heavy metal contaminated paddy soil to analyze soil properties, total contents and available part of Cd, Zn, Pb and Cu in the lower stream of Dabaoshan mine area, Guangdong Province. The results indicate that the most important contaminants in the paddy soils in the lower stream of Dabaoshan mine area are Cd and Cu related multi-metal compounds. The average total contents of Cd, Zn, Pb and Cu in 21 samples are 2.19, 244.94, 179.93 and 287.91 mg/kg respectively. The coefficients of available parts to total contents of Cd, Zn, Pb and Cu are high, and the coefficient of Pb element is the biggest, and that of Zn element is the smallest. There are significant correlations between total and available contents of the four heavy metals ( $P < 0.01$ ). In addition, the effects of pH on total and available contents of Cd, Zn, Pb and Cu are not significant. Organic matter contents are positively associated with total and available contents of Zn and Cu ( $P < 0.05$ ).

**Key words:** heavy metals, soil pollution, availability, Dabaoshan mining area, Guangdong province

(上接第 121 页)

## Research of Spatial Structure of Land Use Change Based on RS/GIS Technology

ZHANG Xinchang, XIONG Xiangchen

(Department of Remote Sensing and Geographic Information Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

**ABSTRACT:** Based on DOM, remote sensing (RS) and GIS technology were used to conduct a macro description and micro quantitative analysis on the dynamic change of land-use in Guangzhou city. Firstly, extract the information of land-use change for finding a general land-use change in all districts of Guangzhou city. Secondly, use Land-Use Types Transition model to analyze mutual conversions between various land-use types and build a Land-Use Spatial Position Conversion model for quantitatively analyzing the land-use type space position conversion. Finally, take the Land-Use Dynamicity model to evaluate the land-use change in Guangzhou. The results show that the absolute volume of land-use type change is huge, the conversions within the first land-use type predominate, farmland decreases relatively fast and adjustable land-use type increases substantially. This research is useful for the rapidly-developing urban land-use.

**Key words:** land use, remote sensing, GIS engineering, dynamic change