

# 城市空间演变的多时相遥感数据研究

吴柏清, 何政伟, 张新海 (成都理工大学, 四川成都 610059)

**摘要** 以泸定县为例, 系统研究了遥感影像的统计学质量评价方法、几何校正和影像高分辨率融合, 得到了泸定县 1989、1994、1999 和 2002 年 4 个年份的 15 m 地面分辨率遥感影像, 时间跨度为 13 年; 通过对比研究这 4 幅影像, 阐述了改革开放以来泸定县城区发展演变的规律和今后城镇发展的趋势, 从而为泸定县新一轮的城市规划工作提供宏观指导和辅助决策。

**关键词** 城市演变; 多时相遥感影像; 统计评价; Landsat; 泸定县  
中图分类号 TU984 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)32-10331-03

Research on the City Evolution with the Multi-Temporal Remote Sensing Images  
WU Bo-qing et al (Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059)

**Abstract** With the example of Luding province, the methods of quality evaluation with statistics, the geometric correction and the high resolution image merging were researched. Then, the multi-temporal remote sensing images of 15 m resolution were achieved, such as 1989, 1994, 1999 and 2002. From the comparison of the four images, the rules and tendencies of city evolution of Luding were elaborated with the aims of offering decision-making and general guidance in the next new city planning.

**Key words** City evolution; Multi-temporal remote sensing images; Statistics evaluation; Landsat; Luding

城市空间演变首先受地理环境的影响, 不同的地貌特征大体决定了城市空间演变的方向; 其次, 城市规划决定了城市的空间演变, 反过来, 通过研究多年来的城市演变, 可以预测城市的规划, 为合理的城市规划起导向作用。王开泳等通过对城市空间结构演变的研究阐述了城市规划、城市空间的自组织、城市的经济发展和技术进步、城市建设以及自然灾害等对城市演变所具有的深远影响<sup>[1]</sup>。

遥感技术是在 20 世纪 70 年代左右蓬勃发展起来的一种对地观测新技术。随着遥感影像获取技术的发展和处理水平的进步, 其在城市演变研究中的作用也日益明显。在城市空间演变的多时相遥感数据研究方面, 前人做了很多研究, 为城市演变的研究做出了较大贡献。如陈龙乾等利用多时相 TM 图像和 Matlab 软件技术, 研究了徐州市建成区扩展的动态变化<sup>[2]</sup>; 李全等利用 Landsat TM 影像对南京市的城市变化检测作了较为深入的研究<sup>[3]</sup>; 邓声贵等利用 TM 合成图像, 以东营市为例, 探讨了滨海平原城市的时空扩展<sup>[4]</sup>; 胡亚明等应用遥感技术实现了城市规划的动态监测<sup>[5]</sup>。笔者以四川省泸定县为例, 利用多时相遥感数据进行泸定县城区演变研究, 旨在为泸定县的城市规划提供技术上的服务。

## 1 城市演变的多时相遥感数据研究的技术流程

选取泸定县城 1989、1994、1999 和 2002 年的 4 景 Landsat TM 和 ETM+ 图像进行研究, 时间跨度为 13 年。以获得的 4 幅多时相遥感影像为基础, 首先利用统计学方法对数据进行相关性分析和质量评价, 获得最优的波段组合方式; 其次利用研究区 1:5 万地形图对遥感影像进行几何校正, 赋予影像地理坐标和投影信息; 再次为了提高分辨率, 利用 ETM+8 波段 15 m 分辨率的数据融合其他波段的数据, 提高研究精度; 最后得到了不同年份同一地点的遥感影像处理数据, 进而研究了泸定县 13 年来城市的空间演变, 为政府提供辅助决策服务。研究路线如图 1 所示。

## 2 遥感影像质量的统计学评价

随着航天技术的发展和遥感影像获取与处理技术的进

步, 获得了许多高质量高精度的遥感影像。但是由于大气环境的影响、遥感系统的随机误差以及不恰当的地面处理等, 给遥感影像引入了误差, 因此在对遥感数据进行实际项目应

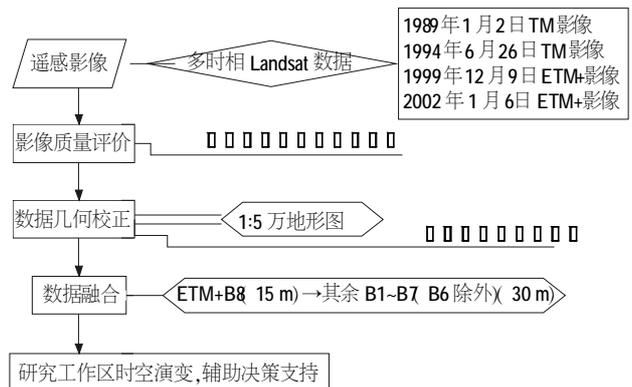


图 1 城市演变研究流程

用之前, 必须对遥感影像的质量和统计特征进行评价。首先计算基本的一元描述性统计量, 判断影像数据是否存在异常<sup>[6]</sup>; 然后计算多元统计量以确定多波段数据的相关性, 确定最佳的波段组合, 尽可能多地提取有价值的信息。

**2.1 一元统计学描述** 利用一元统计量即可以对单波段的影像进行描述。也可以对多波段影像进行描述, 描述参数主要有最大值、最小值、均值和标准差, 其中均值 (mean) 即数学平均值是所有亮度观测值的总和除以观测值的总个数<sup>[7]</sup>, 常用来度量集中趋势。标准差 (Stdev) 是方差的平方根, 方差是离差平方和的均值。标准差描述的是观测值距中心值的离散程度, 标准差小说明观测值比较紧密地集中在中心值周围, 相反, 标准差大则表示观测值比较分散。

$$\text{mean}_k = \frac{\sum_{i=1}^n BV_{ik}}{n}$$

式中,  $BV_{ik}$  为第 k 波段第 i 像元的亮度值。

$$\text{Stdev}_k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (BV_{ik} - \text{mean}_k)^2}{n}}$$

式中,  $BV_{ik}$  为第 k 波段第 i 像元的亮度值。

泸定县研究区 Landsat ETM+ 影像 (1999 年 12 月 9 日)

作者简介 吴柏清 (1969-), 男, 重庆人, 博士研究生, 研究方向: 生态地理信息系统、资源环境与城乡规划研究。

收稿日期 2007-06-07

的第 1、2、3、4、5、7 波段的一元统计量如表 1 所示。

表 1 研究区 Landsat ETM+影像一元统计量

波段/ $\mu\text{m}$	均值	标准差	最大值	最小值
1 (0.45-0.52)	59.486	6.715	104	45
2 (0.52-0.60)	47.379	8.308	94	28
3 (0.63-0.69)	47.645	11.939	103	21
4 (0.76-0.90)	54.216	19.484	97	16
5 (1.55-1.75)	60.066	28.750	129	9
7 (2.08-2.35)	44.727	20.274	110	7

2.2 多波段数据的多元统计量及相关性分析 该研究中对遥感影像质量描述多元统计量主要是计算多个波段之间的协方差和相关性。通过计算协方差和相关系数可以描述各个观测值的协同性。同一地物在不同波段的遥感光谱值通常具有一定的相关性,即具有不独立性,这种不独立性将带来数据的冗余。计算它们的协方差和相关系数可以有效地对它们进行描述,选择最佳的波段组合,以最大限度地消除冗余。

协方差是 2 个变量关于均值的关联变化<sup>[6]</sup>。为了计算协方差,需要引入一个中间变量,即离均差乘积和 (SP),其计算公式为<sup>[8]</sup>:

$$SP_{kl} = \sum_{i=1}^n (BV_{ik} \times BV_{il}) - \frac{\sum_{i=1}^n BV_{ik} \sum_{i=1}^n BV_{il}}{n}$$

$$Cov_{kl} = SP_{kl} / (n-1)$$

为了不受量纲的影响,常采用皮尔逊积矩相关系数 (r) 来评价变量间的相关程度<sup>[9]</sup>。即遥感数据的 2 个波段的相关系数  $r_{kl}$  可以用它们的协方差和标准差乘积的比值来表示。

$$r_{kl} = \frac{Cov_{kl}}{Stdev_k \times Stdev_l}$$

泸定县研究区 Landsat ETM+影像 (1999 年 12 月 9 日) 的第 1、2、3、4、5、7 波段的协方差矩阵和相关矩阵见表 2、3。

如果 2 个波段间的相关性很高,则意味着这 2 个波段的信息具有较高的重叠性,如果这 2 个波段合成,则表明数据具有大量的冗余光谱信息。从表 2、3 可以看出,第 1 和 2、第 2 和 3、第 5 和 7 波段之间具有较高的相关性 ( $r \geq 0.91$ ),这几个通道的数据信息冗余量大,进行合成的效果较差;第 1 和 3、第 3 和 7、第 4 和 7 波段之间的相关程度没有那么显著,但同样存在较大的冗余信息 ( $0.83 \leq r \leq 0.87$ ),组合效果也不尽理想。可见光波段与红外波段的相关程度最低,特别是第 1 波段和第 4 波段 ( $r \leq 0.30$ )。由表 2、3 还可知,第 5、4、

表 2 研究区 Landsat ETM+影像协方差矩阵

波段	1	2	3	4	5	7
1	45.093					
2	53.296	69.031				
3	66.585	90.890	142.535			
4	35.624	75.847	155.357	379.624		
5	63.445	120.503	259.082	513.411	826.577	
7	62.831	102.942	202.954	342.389	568.938	411.030

表 3 研究区 Landsat ETM+影像相关矩阵

波段	1	2	3	4	5	7
1	1					
2	0.955	1				
3	0.831	0.916	1			
4	0.272	0.468	0.668	1		
5	0.328	0.504	0.755	0.760	1	
7	0.462	0.611	0.838	0.866	0.976	1

1 这 3 个波段的相关系数都比较低,组合效果较佳。

### 3 多时相遥感数据的处理

由于获得的 Landsat TM 和 ETM+原始数据没有坐标和投影信息,为使多时相数据具有可研究性,必须对多时相遥感数据进行几何校正,赋予统一的坐标系统和投影信息,这样遥感影像才能和地形图数据无缝镶嵌,提高研究的精度。该研究所获得的遥感影像数据以 1:5 万地形图为准进行几何校正,首先在地形图上和遥感影像上分别选取同名地物点作为校正的控制点,再采用二次多项式方法进行校正。为几何校正后的遥感影像加上如下的投影信息:高斯-克吕格投影,18 带 (6°带),中央经度为 105°E,北京 54 坐标系 (图 2)。

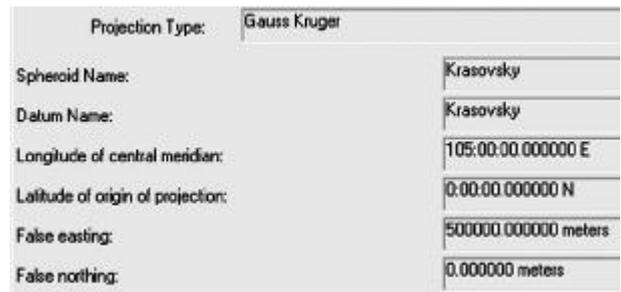


图 2 遥感影像投影信息

该研究所选取的数据中有 2 景 ETM+遥感数据,其中 ETM+中的第 8 波段为 15 m 的分辨率,而第 1、2、3、4、5 和 7 波段为 30 m 的分辨率,第 6 波段为 60 m 的分辨率,因此为了提高分辨率,提高研究精度,须用第 8 波段的数据来融合其余波段。融合的关键是将融合前的 2 幅图像进行精确的配准,首先对输入的多波段遥感数据进行主成分变换,然后以高空间分辨率遥感数据替代变换以后的第 1 主成分,最后再进行主成分逆变换,生成具有高空间分辨率的多波段融合图像<sup>[9]</sup>。图像融合前后的对比如图 3 所示。



注:左为融合后,右为融合前。

图 3 遥感影像融合前后比较

### 4 城市空间演变分析

城市空间结构的演变离不开自身地理环境和人文社会条件,自然形态对城市空间形态有巨大影响,而人的创造因素和人的主观能动作用对其也有很大的影响<sup>[10]</sup>。泸定县位于川西高原的东缘,大渡河沿城而过,独特的地形地貌特征决定了泸定县城市规划的方向,即轴向线形发展。图 4 为泸定县空间演变图。

从图 4 可以看出,泸定县为两山夹一谷地貌,地形的影响限制了泸定县的规划与发展空间,也决定其今后的发展方向为发展集约型城镇,合理地利用有限的土地资源,以大渡河沿线主要公路为城镇发展的轴心线向上下游发展。但

大渡河上游山陡谷深,地貌单元陡峭,发展潜力较小,因此,今后泸定县规划发展的方向应趋向于向下游发展。

## 5 结语

城市空间特征是有规律可循的,了解城市空间特征,研

究其空间形态的演变,可以对城市规划设计进行宏观指导,使城市规划方案具有更大的可行性。随着遥感技术的发展,所获取的影像无论从质量上还是从分辨率上都有很大的提高,这就为进行城市空间演变研究提供了新的研究思路和



注:从左至右依次为 1989、1994、1999、2002 年。

图 4 1989、1994、1999、2002 年泸定县空间演变

研究方法。在城市演变的研究中,前人做了较为突出的贡献,该研究通过对 13 年来泸定县城区遥感影像的研究,从宏观上了解了泸定县城区的扩张和空间演变,为泸定县的城市规划工作提供了宏观上的辅助指导和决策支持。

## 参考文献

- [1] 王开泳,肖玲,城市空间结构演变的动力机制分析[J].华南师范大学学报:自然科学版,2005,1):116-122.
- [2] 陈龙乾,郭达志,胡召玲,等.城市扩展空间分异的多时相 TM 遥感研究[J].煤炭学报,2004,29(3):309-312.
- [3] 李全,李霖,赵曦.基于 Landsat TM 影像的城市变化检测研究[J].武汉大学学报:信息科学版,2005,30(4):351-354.
- [4] 邓声贵,利广学,周良勇,等.利用 TM 合成图像研究滨海平原城市东营市的时空扩展[J].青岛海洋大学学报,2003,33(4):603-608.
- [5] 胡亚明,王明历.应用遥感技术实现城市规划动态监察[J].城市勘测,2005(3):22-24.
- [6] 陈晓玲,龚威,李平湘,等.遥感数字影像处理导论[M].北京:机械工业出版社,2006.
- [7] FREUD R J,WILSON,W J. Statistical methods [M].2nd edition.New York:Academic Press,2003:673.
- [8] DAVIS J C.Statistics and data analysis in geology [M].3rd.New York:John Wiley & Sons,2002:638.
- [9] 党安荣,王晓栋,陈晓峰,等.ERDAS IMAGINE 遥感图像处理方法[M].北京:清华大学出版社,2003.
- [10] 东南大学建筑系,东南大学建筑研究所.城市环境规划设计与方法[M].北京:中国建筑工业出版社,1997.