

基于 Landsat TM 影像的城市变化检测研究

李 全^{1,2} 李 霖^{1,2} 赵 曦^{1,2}

(1 武汉大学资源与环境科学学院,武汉市珞喻路 129 号,430079)
(2 武汉大学教育部地理信息系统重点实验室,武汉市珞喻路 129 号,430079)

摘 要:在综述变化检测算法的基础上,提出了一种新的基于 NDVI 的城市变化检测算法。实验证明,该算法可获得较高的变化/非变化精度。
关键词:变化检测;城市变化检测;NDVI;GDPA
中图法分类号:P237.4

变化检测是遥感应用的主要领域之一,它是通过观测不同时间的目标对象来确定其在状态上差异的过程,具有利用多时相数据量化分析时间影响的能力^[1]。常用的变化检测方法主要有影像差值法、影像比值法、影像回归法、植被指数法、主成分分析法、分类后比较法、多数据直接分类法、变化向量分析法、背景差值法等。其后,一些新的方法被提出,如选择性主成分分析法、植被指数法等。Lyon 归纳了应用于变化检测的植被指数,并将它们分为差值组、比值组和有理变换组^[2],与此同时,各种算法的效果比较也在研究之列。Singh 发现分类后比较法所获得的变化/非变化的精度普遍低于影像比值、影像差值、影像回归等算法^[1];Macleod 印证了 Singh 的结论^[3];Mas 的实验则比较了影像差值、NDVI 差值、选择性主成分分析法和分类后比较法 4 种算法,其中分类后比较法的精度最高。但他认为,这种情况出现的原因是由于采用了不同季节获取的影像,因为不同时期土壤水分及植被生长状况的差异而导致其他方法精度偏低^[4]。

上述变化检测方法同样适用于作为变化检测重要组成的城市变化检测领域。这些方法可以分成两大类:一是分类后检测;二是直接通过像元值的变化进行检测。第一类检测方法能直接得到变化像元变化前的地类信息,即“from-to”信息,但因为存在分类误差的累积,它较直接检测方法精度低。此类方法目前主要是结合结构信息、GIS

数据和统计数据来提高城市及城市内部分类的精度^[5~7]。其中,Zha 通过分析南京市 TM 影像的具体特点,提出了 NDBI 的概念($NDBI = (TM5 - TM4) / (TM5 + TM4)$),并将其用于城市分类,获得高达 92.6% 的精度^[8]。然而这一方法并不具备普遍意义。第二类方法虽然精度较前者高,但对于土地覆盖、利用类型复杂的城市地区,单一的方法并不有效。Ridd 比较了影像差值、影像回归、缨帽变换及 Chi-square 方法在城市环境下的变化检测效果,认为没有任何一种算法绝对优于其他算法,且算法的检测效果都不十分理想^[9]。

在城市变化检测的研究过程中,基于植被指数的算法逐渐成为非常重要的一类算法,其中基于 NDVI 的城市变化检测算法运用最多^[10~12]。实验证明,这是进行城市变化检测的一种有效方法。本文是这类方法的一种新的尝试。

1 城市变化检测算法

为了测量城市扩张的速度,本文利用不同年份影像 NDVI 值的不同,从后期影像所获得的道路密度来过滤由于影像获取季节不同等原因而造成的伪变化像元。

对于 TM 影像,NDVI 被定义为 $(TM4 - TM3) / (TM4 + TM3)$,它能较好地反映地面植被的覆盖状况。一般来说,植被覆盖状况好的地区所对应的像元,其 NDVI 值较高;反之则较低。

城市化带来的农业用地转化为非农业用地在非干旱地区会带来相应地区 NDVI 值的下降。首先计算不同时期影像的 NDVI 值,然后将后期影像和前期影像的 NDVI 值相减,所有差值小于 0 的像元都可能是从农业用地变化为城市用地的像元。

在此基础上,用道路密度来剔除由其他因素而非用地类型的变化导致 NDVI 值下降的像元。实际上,城市扩张必然伴随道路的延展和道路密度的增大。本文采用 GDPA 算法(gradient direction profile analysis algorithm)从后期的 TM 影像中提取道路,然后用 ERDAS SML 的 FOCAL DENSITY 函数处理道路图像来获得道路密度。GDPA 算法用一个多项式拟合垂直于一条线的灰度剖面,并找到多项式到达极值的点。若是一条浅色调的线,会找到极大值;若是一条深色调的线,则会找到极小值。GDPA 算法先生成一系列的候选道路像元,再应用相关算法消除噪声^[13,14]。

如果像元同时满足下列两个条件,则将被标识成变化为城市的像元点:① NDVI 差值在规定的阈值 T_1 之下。② 道路密度超过规定的阈值 T_2 。如图 1 所示。

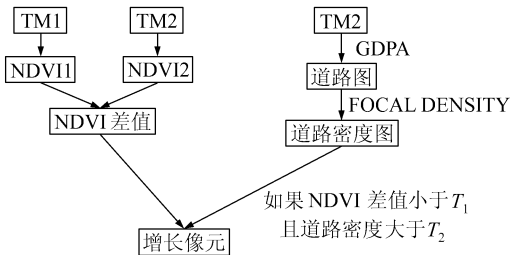


图 1 城市变化检测流程图

Fig. 1 Flow Chart of Urban Change Detection

2 城市变化检测实验

本文选择南京市作为实验地区,全市辖十区五县,本次实验未包括溧水县、高淳县以及六合区和浦口区的部分地区。作为我国东部经济发达地区的特大城市,南京的城市扩张速度较快。

本文选取 1990 年和 1995 年两个时期的 Landsat TM 影像作为实验数据(如图 2)。先将 1995 年的影像基于矢量图层采用二次多项式进行几何校正,然后将 1990 年数据与 1995 年数据进行配准,RMS 小于 0.35 个像元,投影方式为正轴等面积割圆锥投影。

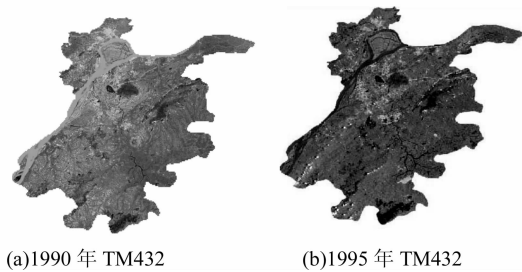


图 2 1990 年和 1995 年南京市 Landsat TM 影像
Fig. 2 Comparison Between Landsat TM Images of Nanjing City in 1990 and 1995

按照城市变化检测的流程,先得到 1990 年和 1995 年两个不同时期的 NDVI 图,再将 1995 年的 NDVI 图与前期的 NDVI 图相减,得到 NDVI 差值图。设定阈值,将所有小于阈值的像元赋值为 1,在图像上表现为白色;将所有大于阈值的像元赋值为 0,在图像上表现为黑色(如图 3)。因为所采用的影像数据获取的季节不同,1990 年的数据为夏季获取,1995 年的数据为春季获取,同一像元的 NDVI 值受季节影响较大,经多次实验,将阈值设定为 -0.4。

应用前述 GDPA 算法得到 1995 年南京的道路图,并在 ERDAS 下用移动的 10 像元 \times 10 像元窗口和 FOCAL DENSITY 函数处理道路数据,得到道路密度图。道路密度的差异在影像中表现为不同的色调,越浅的部分表示道路密度越大。经实验,设定阈值为 20,将所有像元值大于 20 的像元赋值为 1,其他像元赋值为 0。在得到的二值图(如图 4)上,白色部分表示的是道路密度较大且符合条件的区域。



图 3 NDVI 差值二值图

Fig. 3 Binary Image of NDVI Difference

将 NDVI 差值的二值图和道路密度二值图在 ERDAS 下作“AND”操作,只有在两个二值图上都为白色的区域,即同时满足两个条件的区域才会在新图中表现为白色,最后经滤波得到城市变化检测图(如图 5)。在图 5 中,白色区域表示 1990 年~1995 年南京市城市扩张的地区。



图 4 道路密度二值图

Fig. 4 Binary Image of Road Density

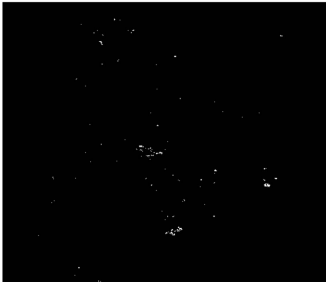


图 5 城市变化检测图

Fig. 5 Image of Urban Change Detection

分析发现,南京市在 1990 年~1995 年间的城市扩张表现出以下特点。

1) 中心城区(此处指下关区、玄武区、白下区、鼓楼区、建邺区和秦淮区)城市扩张的数量和速度相对较慢,增长较快的只有建邺区。其中建邺区建筑区的扩张主要在沿江地区和新建公路干道两侧。

2) 江宁区城市扩张速度最快。南京市在此期间扩张数量最大的两块地区均在江宁区。一块是江宁区政府驻地东山镇,另一块是新建有华东最大国际机场的禄口镇。而且,该区的建成区扩张还表现出强烈的与交通基础设施的相关性,有相当部分的变化像元分布在沪宁高速公路等新建主干道沿线。

3) 浦口区、六合区、雨花台区和栖霞区的扩张仅次于江宁区,其扩张主要得益于经济技术开发区和工业区的建设。

最后统计扩张的像元共计 17 401 个,扩张面积为 1 566.09 hm²。通过与同期南京市的土地利用类型图相比较发现,在随机选取的 150 个变化像元中,被正确检测的有 128 个,变化/非变化精度达到 85.33%。

3 结 语

本文提出了一种新的基于 NDVI 的城市变

化检测算法,即在通过 NDVI 的变化获得城市扩张变化的候选像元的基础上,通过道路密度来消除伪变化像元。实验证明,该算法可获得较高的变化/非变化检测精度。

后期的研究将包括以下几个方面:① 对阈值确定方法进行进一步研究,使其更加科学合理;② 采用同季节获取的影像,减少时间因素对像元 NDVI 值的影响,同时结合分辨率更高的影像数据,如 SPOT HRV,达到更高的变化检测精度。

参 考 文 献

1 Singh A. Digital Change Detection Techniques Using Remotely-Sensed Data. *Int. J. Remote Sensing*, 1989, 10(6): 989~1 003

2 Lyon J G, Yuan D, Lunetta R S. A Change Detection Experiment Using Vegetation Indices. *PE&RS*, 1998, 64(2): 143~150

3 Macleod R D. A Quantitative Comparison of Change-Detection Algorithms for Monitoring Eelgrass from Remotely Sensed Data. *PE&RS*, 1998, 64(3): 207~216

4 Mas J F. Monitoring Land-Cover Changes: A Comparison of Change Detection Techniques. *Int. J. Remote Sensing*, 1999, 20(1): 139~152

5 Karathanassi V, Iossifidis C, Rokos D. A Texture-based Classification Method for Classifying Built Areas According to Their Density. *Int. J. Remote Sensing*, 2000, 21(9): 1 807~1 823

6 Gong P. The Use of Structural Information for Improving Land-Cover Classification Accuracies at the Rural-urban Fringe. *PE&RS*, 1992, 56(1): 67~73

7 Zhang Y. Detection of Urban Housing Development by Fusing Multisensor Satellite Data and Performing Spatial Feature Post-Classification. *Int. J. Remote Sensing*, 2001, 22(17): 3 339~3 355

8 Zha Y, Gao J, Ni S. Use of Normalized Difference Built-up Index in Automatically Mapping Urban Areas from TM Imagery. *Int. J. Remote Sensing*, 2003, 24(3): 583~594

9 Ridd M K, Liu J. A Comparison of Four Algorithms for Change Detection in an Urban Environment. *Remote Sensing of Environment*, 1998, 63(2): 95~100

10 Nicoloyanni E. A Diachronic Change Index Applied to Landsat MSS Images of Athens, Greece. *Int. J. Remote Sensing*, 1990(11): 1 617~1 623

11 Howarth P J. Landsat Digital Enhancements for Change Detection in Urban Environment. *Remote Sensing of Environment*, 1983(13): 149~160

12 Masek J G. Dynamics of Urban Growth in the Wash-

ington D C Metropolitan Area, 1973-1996, from Landsat Observations. Int. J. Remote Sensing, 2000, 21(18):3 473~3 486

13 Wang J. Road Detection from Multi-spectral Satellite Imagery. J. of Remote Sensing, 1994,20(2):180~191

14 Zhang Q, Wang J, Gong P, et al. Urban Built-up Land Change Detection with Road Density and Spectral Infor-

mation from Multitemporal Landsat TM Data. Int. J. Remote Sensing, 2002, 23(15):3 057~3 078

第一作者简介:李全,博士生。主要从事 GIS 和 RS 的集成应用研究。
E-mail:leequang@163.com

Urban Change Detection Using Landsat TM Imagery

LI Quan^{1,2} LI Lin^{1,2} ZHAO Xi^{1,2}

(1 School of Resource and Environment Science, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(2 Key Laboratory of Geographic Information System, Ministry of Education, Wuhan University,129 Luoyu Road,Wuhan 430079 , China)

Abstract: A new algorithm of urban change detection is put forward and tested based on summarizing the methods of change detection. The experimental results show that this new algorithm is effective in enhancing urban change/non-change accuracy.

Key words: change detection; urban change detection; NDVI ;GDPA

About the first author: LI Quan, Ph.D candidate. His research interest is compositive application of RS and GIS.
E-mail:leequang@163.com

(责任编辑: 涓涓)

(上接第 350 页)

Approach to Realizing Mutual Search and Index
Between Geo-informatic Atlas

YU Ming^{1,2,3} ZHU Guorui^{1,2} LI Chunhua³

(1 School of Resource and Environment Science, Wuhan University,129 Luoyu Road, Wuhan 430079,China)

(2 Key Laboratory of Geographic Information System, Ministry of Education, Wuhan University,129 Luoyu Road,Wuhan 430079, China)

(3 College of Geographical Sciences, Fujian Normal University, 32 Shangsang Road, Fuzhou 350007,China)

Abstract: The methods for realizing mutual search and index between the geo-informatic atlas (Tupu) and its attribute information are discussed and estimated. In VB and MS Access settings and by using the Mapobjects (GIS subassembly) developing system, an example of the synthetic environment atlas of some region in Fujian is given. To some extent, this research offers a guide role in establishing the synthetic environmental information atlas database in Fujian province, and it is also reference to other geo-informatic atlas investigation.

Key words: geo-informatic atlas;GIS; Mapobjects

About the first author: YU Ming, professor, Ph.D candidate. She is engaged in the research on physical geography, GIS and its application.
E-mail: yumingfz@vip.sina.com

(责任编辑: 平子)