DOI:10.19789/j.1004-9398.2015.02.019

基于 Landsat 8 遥感影像的北京市平原区不透水层盖度估算*

崔秋洋 潘 云* 杨 雪

(1. 首都师范大学城市环境过程与数字模拟国家重点实验室培育基地,北京 100048; 2. 首都师范大学资源环境与旅游学院,北京 100048)

摘 要

随着城市化趋势愈发明显,大量的自然地表转化为不透水表面. 本文应用最新发射的 Landsat 8 卫星影像中陆地成像仪(OLI)和热红外传感器(TIRS)中波段,通过归一化差值不透水面指数(NDISI)估算北京市平原区不透水面盖度. 北京市平原区平均不透水盖度为52%,二环内不透水盖度为70%,比2007年提高了5%. 西城区不透水盖度最高(71%),门头沟区最小(34%). 不透水面积的变化是城市化进程的一个重要表征,准确估算城市不透水面盖度对分析城市化进程有重要意义.

关键词: 遥感,Landsat 8,NDISI,不透水盖度,北京平原区.

中图分类号: P237

0 引 言

中国正处于高度发展阶段,随着人口不断增长及经济的不断发展,城市化趋势愈发明显,城市建设用地急剧增加. 随着城市在人们的日常生活中变得越来越重要,对城市环境时空变化的理解和把握也就变得越来越紧迫,其中最重要的就是对城市不透水面积信息的提取[1]. 不透水表面被定义为诸如屋顶、沥青或水泥道路以及停车场等具有不透水性的地表面. 不透水面覆盖率是指单位面积地表中不透水面面积所占的百分比. 随着不透水面的增加,城市中的绿地、湿地和水体面积逐渐减少,也引发了多种环境因子的改变,诸如地表径流、流域水质和城市热环境的变化等,从而促使城市生态系统恶化. 刘珍环(2013)等[2]应用遥感技术和 L-THIA 模型模拟了拟不透水表面扩展对城区径流量的影响. 得到在快速城市化地区,不透水表面百分比是影响城市径流速度及数量的重要地表参数的结论. 此外,很多水文模型也将城市地表分成透水面积和不透水面积两类计算[3]. 因此准确估算城市不透水面信息对城市发展有重要意义.

近年来,由于遥感技术具有快速、获取范围大的特点,被广泛应用在不透水信息的提取方面. 一般使用建模法利用遥感数据提取不透水面信息. Ridd(1995)提出了 V-I-S 模型(Vegetation-Impervious surface-Soil)通过植被、不透水面和土壤三种类型下垫面的不同组合来模拟[4]. 徐涵秋(2008)通过复合波段的方式建立了归一化差值不透水指数(normalized difference imperoious surface index, NDISI)的模型,快速准确的提取了不透水面信息[5]. NDISI 指数为本文提供了重要参考.

北京作为世界型的大都市发展迅速,因此城市不透水面增加迅速. 由于不透水面信息对分析城市化进程分析、城市环境和能量循环都有重要影响[6],因此实时的不透水面信息就显得十分重要. 本文应用最新发射的 Landsat 8 影像数据,通过 NDISI 指数模型,估算了2013北京平原区不透水层盖度.

1 研究区概况及数据

1.1 研究区概况

本文选取北京市平原区(未包含延庆县)为研究区,见图1所示. 总面积约为6 236.01 km^2,占北京市总面积的38%,北京是中国近些年来发展最迅速的城市之一,北京市中心建成区在20世纪70年代约为183.84 km^2,到2005年已经达到1 209.97 km^2,平均

收稿日期: 2014-01-08

* 国家自然科学基金项目(41101033,41130744)、973前期课题(2012CB72340)共同资助.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

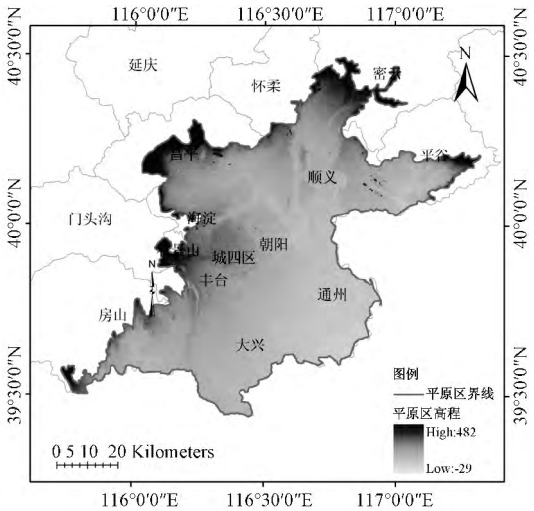


图 1 研究区地理理位置示意图

每年扩张 32.07 km^2 [2]. 尤其是不透水面的扩张十分迅速,对环境及区域土地利用的影响明显. 因此不透水信息的监测和预测对城市发展有重要意义.

1.2 Landsat 8 卫星遥感数据

Landsat 8 陆地资源卫星于 2013 年 2 月 11 日成功发射,使一度中断的 Landsat 对地观测得以继续. Landsat8 同以前的 Landsat 系列卫星相比,在保留已有波段的基础上,又新增了一些波段,比如沿海蓝波段(coastal blue band),可以进行水体普及率/气溶胶检测;卷云波段(cirrus cloud band)用于云去除及其它应用. 总的来说,多数 Landsat 8 的波段只是在一些空间波谱范围内进行了细微的调整. 除了增加了 Band 1 Coastal 和 Band 9 Cirrus 外,与 Landsat 7 相比,Landsat 8 将热红外波段拆分为两个,在 Landsat 7 中,热红外波段的空间分辨率为 60 m(重采样后为 30 m),Landsat 8 的对应两个波段的空间分辨率降低为 100,但是却细化了光谱信息.

表 1 Landsat 7 与 Landsat 8 波段设置对比

Landsat 7			Landsat 8		
波段号	波长(μm)	分辨率(m)	波段号	波长(μm)	分辨率(m)
			1	0.43 ~ 0.45	30
1	0.45 ~ 0.52	30	2	0.45 ~ 0.51	30
2	0.52 ~ 0.60	30	3	0.53 ~ 0.59	30
3	0.63 ~ 0.69	30	4	0.64 ~ 0.67	30
4	0.77 ~ 0.90	30	5	0.85 ~ 0.88	30
5	1.55 ~ 1.75	30	6	1.57 ~ 1.65	30
7	2.09 ~ 2.35	30	7	2.11 ~ 2.29	30
8	0.52 ~ 0.90	15	8	0.50 ~ 0.68	15
			9	1.36 ~ 1.38	30
6	10.40 ~ 12.50	30/60	10	10.6 ~ 11.19	100
			11	11.5 ~ 12.51	100

本文遥感数据使用的是 2013 年 5 月 12 日的两幅 Landsat 8 无云图像,包括运行陆地成像仪(OLI)中的绿光、近红外和中红外波段以及热红外传感器(TIRS)中的热红外波段. 由于 Landsat 8 数据经过了几何校正,因此只对影像进行了辐射定标和大气纠正.

2 研究方法及计算

2.1 归一化差值不透水面指数

不透水表面被定义为诸如屋顶、沥青或水泥道路以及停车场等具有不透水性的地表面. 不透水面覆盖率是指单位面积地表中不透水面面积所占的百分比,是城市生态环境评价的一个重要指标. 徐涵秋提出的归一化差值不透水面指数(NDISI)可以用于大区域范围内快速、自动地提取不透水面信息[5]. 其计算原理是在多光谱波段内分别找出对不透水面辐射最强的波段和辐射最弱的波段. 然后将辐射弱者作为分母,强者作为分母求得的. 归一化差值方法是通过增大强、弱二者辐射的差距来使得不透水表面信息得到显著增强. 为了去除水体信息对不透水信息的影响,引入了归一化水体指数加入 NDISI 指数的弱反射波段[5],即:

$$NDISI = \frac{R_{TIR} - (MNDWI + R_{NIR} + R_{MIR})/3}{R_{TIR} + (MNDWI + R_{NIR} + R_{MIR})/3} \quad (1)$$

其中 R_{NIR}、R_{MIR} 和 R_{TIR} 分别为图像的近红外、中红外和热红外波段的反射辐射值. 对应 Landsat 8 OLI 传感器 NIR 为第 5 波段,MIR 为第 6 波段,TIR 选为热红外传感器(TIRS)第 10 波段.

$$MNDWI = (R_G - RMIR) / (R_G + R_{MIR}) \quad (2)$$

式 2 中 R_G 为绿光波段的反射值,对应 Landsat 8 OLI 传感器的第 3 波段.

NDISI 指数具有归一化指数的特征,其值介于 -1 ~ 1 之间,取 0 值为阈值,则大于 0 的为被增强的不透水信息,受抑制的其他地物信息小于或等于 0. 通过 ERDAS 的建模方法建立 NDISI 模型,提取不透水面信息. 用 NDISI 反演获得的结果可以作为像元的不透水面覆盖率,或不透水面盖度,但必须对其进行归一化,将其值统一到 0 ~ 1 之间[7-8].

2.2 估算及结果

如上所述,本文应用归一化差值不透水面指数(NDISI)估算北京平原区不透水面信息结果如图 2(a)所示. 因用 NDISI 反演获得的结果可以作为像元的不透水面覆盖率或不透水面盖度,故将不透水面信息进行归一化处理,得到北京平原区不透水盖

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

度图如图 2(b) 所示. 结果显示北京平原区平均不透水盖度为 52%，不透水层与实际分布一致，城区内不透水层盖度明显高于其他地区，二环内不透水盖度为 70%，与周纪[5] 2007 年计算的 65% 相比，有相对程度的提高，这是由于近些年来北京城市发展迅速，不透水层增加明显. 相比之下，城市郊区大部分不透水盖度稍低.

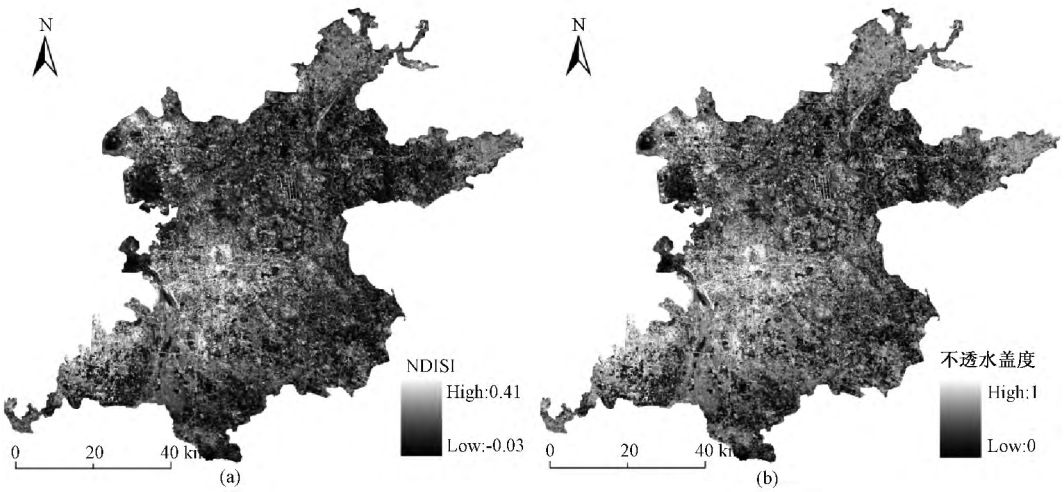


图 2　(a) NDISI 指数图、(b) 不透水盖度图

为了更好的观察不透水盖度在空间上的分布，通过 ArcGis 的空间分析功能，将图 2(b) 中的结果按不同区县来显示，分别显示北京平原区范围内各个区县的不透水层盖度的百分比，通过表 1 不难发现市中心东城区、西城区的城市不透水层盖度明显要高于其他区县，因为市中心土地利用类型多为不透水层，城市中的绿地、湿地和水体面积相对较少; 因为本文研究区只选择了平原区，并未包含太多山区部分，因此密云、怀柔、平谷等地区不透水盖度和海淀、朝阳等地并未相差太多.

表 1　平原区内区县不透水盖度

行政区	平均不透水盖度	行政区	平均不透水盖度
通州区	48%	丰台区	65%
昌平区	53%	门头沟区	34%
房山区	54%	顺义区	43%
平谷区	52%	密云县	56%
大兴区	50%	怀柔	55%
海淀区	55%	东城区	69%
朝阳区	55%	西城区	71%
石景山区	57%		

3　结　论

本文使用归一化差值不透水面指数(NDISI) 通过 Landsat 8 影像中提取了 2013 年北京平原区的不透水信息，经过归一化处理提取了北京平原区不透水盖度，模拟显示北京平原区平均不透水盖度为 52%，二环内不透水盖度为 70%，与周纪[5] 2007 年计算的 65% 相比，有相对程度的提高.

但是本文所使用方法也有一定局限性[5]. 由于热红外波段的空间分辨率不高，虽然通过和其他较细分辨率波段进行的指数运算可在一定程度上起到融合的效果，提高其分辨率，但仍存在混合像元的问题，因此，NDISI 指数对于高分辨率的不透水面制图具有一定的局限性今后可以使用具有更高热红外分辨率的影像继续研究.

参　考　文　献

[1]　侯爱中; 倪广恒; 雷志栋; 敬书珍. 基于 Landsat TM5 遥感影像的北京市平原区不透水面积变化分析 [J]. 水力发电学报，2013，32(3) 39 - 46.

[2]　刘珍环; 曾祥坤. 深圳市不透水表面扩展对径流量的影响 [J]. 水资源保护，2013，29(3) 44 - 50.

[3]　Rossman L A. epaswmm5_manual [R]. 2004.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

[4] Ridd M K. exploring a v-i-s (vegetation-impervious surface-soil) model for urban ecosystem analysis through remote-sensing-comparative anatomy for cities [J]. International Journal of Remote Sensing. 1995,16(12): 2165 - 2185.

[5] 徐涵秋. 一种快速提取不透水面的新型遥感指数 [J]. 武汉大学学报: 信息科学版,2008,33(11): 1150 - 1153.
Xu H Q. A new remote sensing index for fastly extracting impervious surface information [J]. Geomatics and Information Science ofWuhan University,2008,33(11): 1150 - 1153.

[6] 张增祥,中国城市扩展遥感监测 [M]. 北京: 星球地图出版社,2006.

[7] XU Hanqiu. Analysis of impervious surface and its impact on urban heat environment using the Normalized Difference Impervious Surface Index (NDISI). Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 2010, 76(5), 557 - 565,SCI、EI.

[8] XU Hanqiu, LIN Dongfeng, Tang Fei. The impact of impervious surface development on land surface temperature in a subtropical city: Xiamen, China. International Journal of Climatology, 2013, 2013; 33:1873 - 1883. SCI、EI.

[9] 周纪; 陈云浩; 张锦水等. 北京城市不透水层覆盖度遥感估算 [J]. 国土资源遥感,2007,73(3) 13 - 17.

Beijing Plain Area of Remote Sensing Images Based on Landsat 8 Impermeable Layer Coverage Estimates

Cui Qiuyang Pan Yun* Yang Xue

(1. State Key Laboratory Incubation Base of Urban Environmental Processes and Digital Simulation, Capital Normal University, Beijing 100048;
2. Beijing Key Laboratory of Resource Environment and Geographic Information System, Capital Normal University, Beijing 100048)

Abstract

With the urbanization trend is becoming increasingly apparent, a lot of natural surface into impervious surfaces. Landsat 8 satellite images in this paper, the latest launch of Land Imager (OLI) and the Thermal Infrared Sensor (TIRS) in the band, by normalizing the difference between impervious surface index (NDISI) estimates Beijing Plain impervious surface coverage. Average impervious cover plain area of Beijing is 52% impervious coverage of 70% within the second ring, increased by 5% compared with 2007. Xicheng district highest impervious cover (71%), Mentougou district minimum (34%). Changes in impervious area is an important symbol of urbanization, urban impervious surface cover accurately estimate the degree of urbanization process analysis is important.

Key words: remote sensing, landsat 8, NDISI, impervious coverage, Beijing plain area.

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net