



文献 DOI:

10.11922/csdata.2018.0067.zh

数据 DOI:

10.11922/sciencedb.721

文献分类: 地球科学

收稿日期: 2018-11-05

开放同评: 2018-11-22

录用日期: 2019-01-31

发表日期: 2019-05-14

2004–2015 年三亚市不透水面分布数据集

王宪凯¹, 孟庆岩^{2,3*}, 刘莹^{2,3}, 要志鑫^{2,3}

1. 中国矿业大学, 北京 100083

2. 海南省地球观测重点实验室, 海南三亚 572029

3. 中国科学院遥感与数字地球研究所, 北京 100101

*论文通信作者 (Email: mengqy@radi.ac.cn)

摘要: 不透水面是城市最基本组成成分之一, 对城市生态环境和区域发展具有显著影响。遥感以其快速、大范围、多尺度、可重复对地观测等优势, 近年来在不透水面研究中得到广泛应用。本研究以三亚市为研究区, 选取收集该区域 2004 年、2008 年、2011 年、2013 年和 2015 年的 Landsat 系列遥感影像数据, 提出将 BCI 指数与 BI 指数相结合的方法提取研究区不透水面信息。基于该方法提取获得三亚市 2004 年、2008 年、2011 年、2013 年和 2015 年 5 个时相的不透水面分布图。经 Google Earth 高精度影像精度验证, 该方法可操作性强, 简单易行, 最高精度在 90% 以上。本数据集可为海南省或其他省市地区合理规划“海绵城市”建设提供参考。

关键词: 不透水面; 遥感; 生态环境; 海绵城市

数据库(集)基本信息简介

数据库(集)名称	2004–2015 年三亚市不透水面分布数据集
数据作者	王宪凯、孟庆岩、刘莹、要志鑫
数据通信作者	孟庆岩 (mengqy@radi.ac.cn)
数据时间范围	2004–2015 年
地理区域	地理范围包括北纬 18°09′–18°37′, 东经 108°56′–109°48′
空间分辨率	30 m
数据量	25.1 MB
数据格式	*.TIF
数据服务系统网址	http://www.sciencedb.cn/dataSet/handle/721
基金项目	海南省自然科学基金 (417218); 海南省重大科技计划 (ZDKJ2016021); 四川省科技支撑计划 (2016JZ0027)。
数据库(集)组成	本数据集包括三亚市 2004–2015 年 5 期不透水面分布图数据, 所有数据存放于一个压缩文件中。压缩文件内含 5 个 Tif 文件, 分别对应 2004 年、2008 年、2011 年、2013 年和 2015 年的三亚市不透水分布。数据总量为 25.1 MB。

* 论文通信作者

孟庆岩: mengqy@radi.ac.cn

引言

不透水面是指能阻止水渗入土壤的土地覆盖表面, 主要包括道路、停车场、广场、屋顶和城市建筑物中不具有渗透性的表面^[1]。不透水面面积增加意味着区域建设用地增加和城市化进程加快, 是衡量区域发展的一项指标, 对合理规划城市建设具有重要参考价值^[2]。不透水地表不仅可以表征城市化程度, 还可以用于评价城市生态环境^[3]。2010 年, 世界人口约有 50% 居住在城市, 中国的城市人口比例达到了 47%^[4]。伴随着城市化进程的加快, 我国城市, 特别是大中型城市的数量迅速增加, 城市建设用地规模日益扩大, 城市经历了高速发展与高强度开发, 导致不透水地表面积急剧增加。截至 2008 年, 中国城市不透水地表平均比例约为 66%^[5]。随着不透水面的增加, 环境污染也日益加剧, 城市景观格局发生了剧烈变化^[6]。因此, 开展不透水面研究具有重要意义。

本研究以三亚市为研究区。三亚市别称鹿城, 地处海南岛的最南端, 位于北纬 18°09'34"–18°37'27"、东经 108°56'30"–109°48'28" 之间, 下设海棠、天涯、吉阳和崖州 4 个区, 全境北靠高山, 南临大海, 地势由北向南逐渐倾斜, 形成一个狭长状的多角形^[7]。三亚市对推动海南省建设发展发挥了显著作用, 在海南省发展战略中占有重要地位。近年来, 三亚市进入了城市化、城镇化的快速发展阶段。三亚市快速发展使城市用地面积急剧扩张, 土地覆盖类型发生剧烈变化。根据“十三五”规划, 优化城市总体规划和土地利用规划成为了三亚市发展的重要任务之一, 因此作为城市规划和土地利用规划的重要监测指标, 城市不透水面状况对城市生态环境建设尤为重要。据此, 本数据集基于 Landsat 数据, 采用生物物理成分指数^[8] (Biophysical Composition Index, BCI) 与裸土指数^[9] (Bare Soil Index, BI) 结合的方法对三亚市不透水面信息进行提取, 得出研究区不透水面分布图。相比其他同类数据集, 本数据集所选数据源间隔年限大致相同, 使研究结果能更好地反映数据渐变过程, 并且时相更新; 使用的 BCI 指数与 BI 指数结合提取不透水面信息方法能够保证数据的精度和可靠性; 本数据集可对外公开共享, 可供其他应用参考。通过分析不透水面变化规律研究三亚市城市化建设特点, 进而为科学合理划定城市开发边界和保护区域, 最大限度保护原有生态体系, 为“海绵城市”建设提供依据。

1 数据采集和处理方法

本研究总体结构的技术路线如图 1 所示。

本研究以 Landsat 遥感影像为数据源, 对影像数据预处理, 构建 BCI 指数与 BI 指数相结合的不透水面信息提取方法, 进而对研究区进行长时间序列不透水面信息提取, 最终生成近 10 年三亚市不透水面分布数据集。

1.1 数据采集

本数据集以 2004–2015 年间每隔 2–4 年为时间间隔, 获得 2004 年、2008 年、2011 年、2013 年和 2015 年 5 期长时间尺度的 Landsat 基础数据, 数据主要从地理空间数据云 (<http://www.gscloud.cn/>) 获取, 影像云量少, 质量较好。具体的实验数据情况如下表 1 所示, 三亚市遥感影像如图 2 所示。

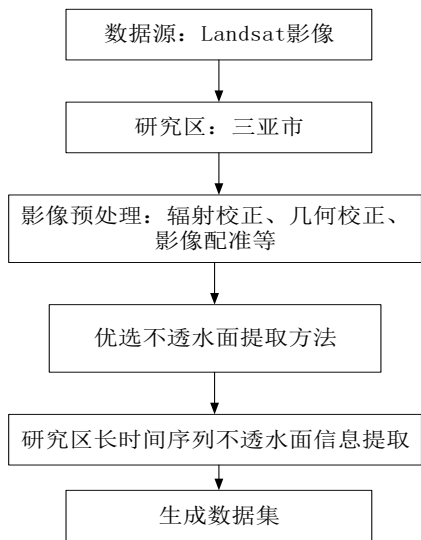


图 1 总体技术路线图

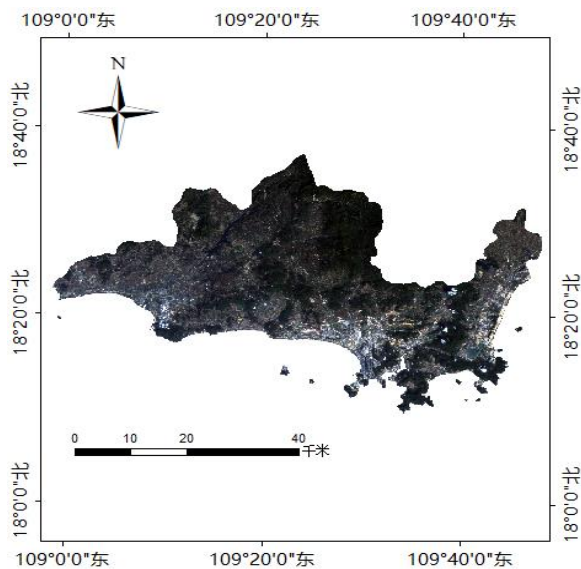


图 2 2011 年三亚市 Landsat 5 真彩色遥感影像图

表 1 数据列表

序号	数据名称	获取日期	空间分辨率/ m	覆盖区域
1	Landsat 5	2004/12/20	30	三亚市
2	Landsat 5	2008/08/25	30	三亚市
3	Landsat 5	2011/02/07	30	三亚市
4	Landsat 8	2013/10/26	30	三亚市
5	Landsat 8	2015/11/16	30	三亚市

1.2 数据处理

1.2.1 数据预处理

遥感影像是在不直接接触目标的情况下，通过搭载在卫星、飞机等平台上的传感器感知目标信息，并以像元空间信息和亮度值的变化来表征目标地物的空间位置和光谱特征。由于不直接接触，

目标信息在传输过程中受到多种因素的影响, 传感器获得的遥感影像存在一定的几何畸变、辐射失真等现象^[10]。为解决上述问题, 研究过程中对影像数据进行几何纠正、辐射校正、影像配准等预处理, 使其尽可能真实地反映地表光谱信息和几何位置信息。

1.2.2 不透水面信息提取方法

(1) BCI 指数原理

BCI 指数由 Deng 等首次提出, 该指数是基于缨帽变换 (TC transformation) 生成的亮度 (TC1)、绿度 (TC2) 和湿度 (TC3) 3 个分量所构建的。对于 BCI 指数, 不透水面与其正相关且灰度值大于 0, 植被与其他土地覆盖灰度值小于 0, 与植被覆盖度负相关, 而土壤的灰度值接近 0, 这样可以将 3 种组分区分开。考虑水体的影响, 在计算 BCI 指数之前, 对经预处理的 Landsat 数据采用改进的归一化水体指数^[11] (Modification of Normalized Difference Water Index, MNDWI) 去除水体, 再计算 BCI 指数。

$$MNDWI = \frac{Green - MIR}{Green + MIR} \quad (1)$$

式中: *Green* 为绿光波段的光谱反射率; *MIR* 为中红外波段的光谱反射率。Landsat 数据经去除水体等处理后, 由以下公式计算 BCI 指数:

$$BCI = \frac{(H + L)/2 - V}{(H + L)/2 + V} \quad (2)$$

式中: *H* 为高反射率即归一化 *TC1* 分量; *L* 为低反射率即归一化 *TC3* 分量; *V* 为植被即归一化 *TC2* 分量。3 个因子的计算公式分别如下:

$$H = \frac{TC1 - TC1_{\min}}{TC1_{\max} - TC1_{\min}} \quad (3)$$

$$V = \frac{TC2 - TC2_{\min}}{TC2_{\max} - TC2_{\min}} \quad (4)$$

$$L = \frac{TC3 - TC3_{\min}}{TC3_{\max} - TC3_{\min}} \quad (5)$$

式中: $TCi (i=1,2,3)$ 为前三个 TC 分量; $TCi_{\min}$ 和 $TCi_{\max}$ 分别是第 *i* 个 TC 分量的最小值和最大值。

(2) BI 指数原理

BI 指数是 Rikimaru 等在 2002 年提出, 该指数根据土壤在红光波段和短波红外波段的反射率较其他地表覆被类型高, 而在中红外波段和蓝光波段较其他地表覆被类型偏低特征, 可以有效提取土壤信息。BI 指数取值范围在 0~200 之间, BI 值越大, 则土壤的概率越大, 这样就可通过设置阈值提取土壤信息, 在很大程度上可以有效剔除土壤信息, 相较于归一化土壤指数^[12] (Normalized Difference Soil Index, NDSI) 等, BI 指数表现更好。BI 值计算公式如下:

$$BI = \frac{(SWIR1 + RED) - (NIR + BLUE)}{(SWIR1 + RED) + (NIR + BLUE)} \times 100 + 100 \quad (6)$$

式中 *BLUE*、*RED*、*NIR* 和 *SWIR1* 分别对应着遥感影像中的蓝光、红光、近红外和短波红外波

段的光谱反射率。

(3) BCI 指数与 BI 指数结合提取不透水面信息

基于 BCI 的不透水面提取方法较其他指数具有一定优势，但研究发现 BCI 指数在区分土壤和不透水面上依然存在困难，部分土壤的 BCI 值很高，和不透水面存在混淆。为提高不透水面提取精度，在利用 BCI 方法得到不透水面提取结果后，本研究引入 BI 指数，使用 BI 指数提取研究区土壤信息，进而在很大程度上有效剔除土壤信息。利用 BCI 指数与 BI 指数相结合的方法提取不透水面信息，可得到更精确的研究结果。

1.2.3 研究区长时间序列不透水面信息提取

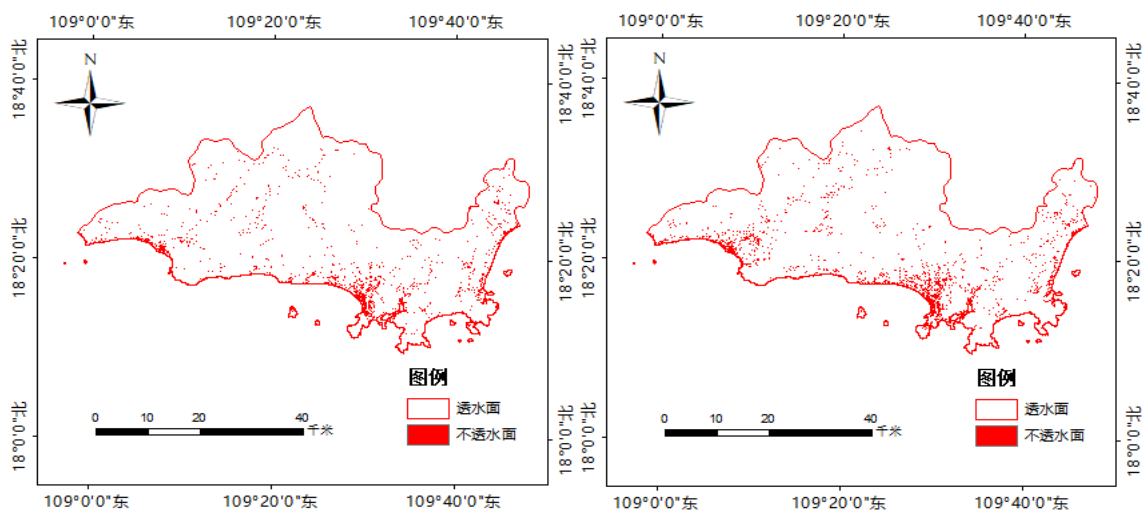
在给定研究区的前提下，确定城市不透水面信息提取输入的最优数据源类型、空间分辨率和信息提取方法，对该研究区的城市不透水面进行长时间序列分析，获取间隔相应年限的城市不透水面信息。经过对研究区近 10 年的 Landsat 影像数据加工处理，形成时间序列的不透水面分布产品。

1.2.4 生成数据集

将所得研究区不透水面信息提取结果制作生成数据集。本数据集能直观地呈现出研究区不透水面分布状况及时空演变特征，从而反映研究区城市发展建设方向。该成果有助于促进示范区城市环境变化监测，为城市规划和环境保护提供技术流程支撑。

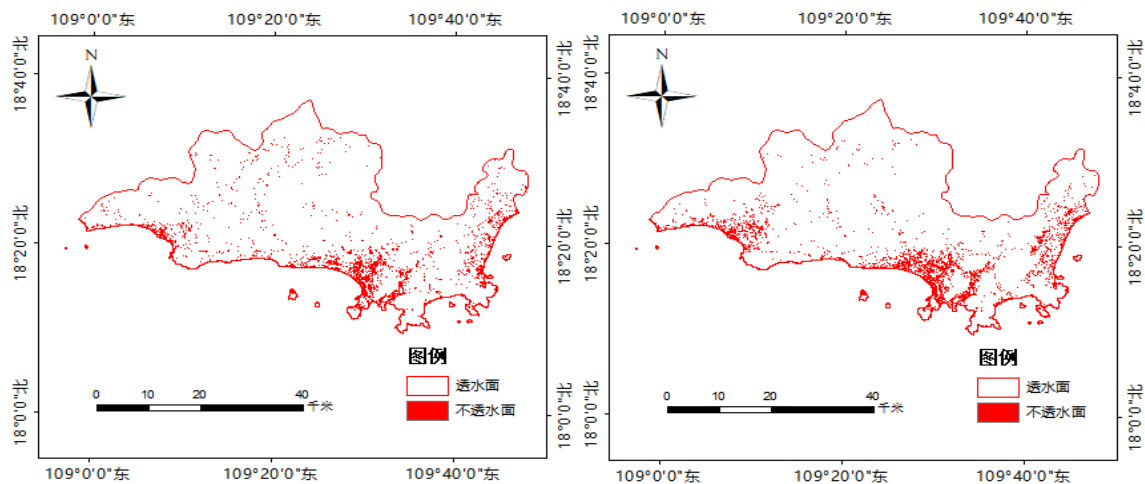
2 数据样本描述

基于遥感影像数据完成三亚市 2004–2015 年不透水面信息提取，生成不同时相不透水面分布图。通过所得数据结果可以有效获取三亚市不透水面分布及演变特征信息，如图 3 所示 a-e 为 2004 年、2008 年、2011 年、2013 年和 2015 年 5 期三亚市不透水面分布图，图 4 为 2004–2015 年三亚市不透水面扩张图。



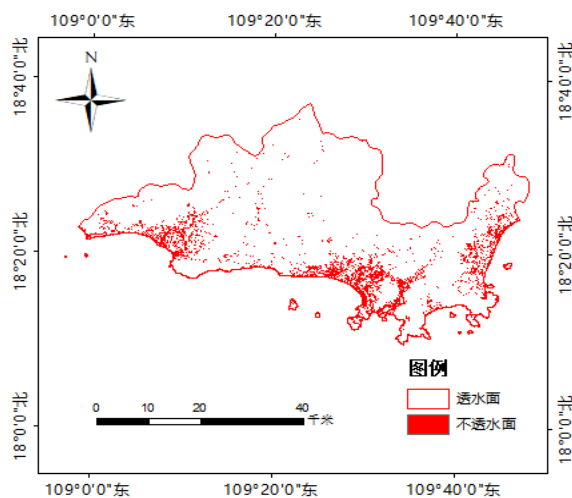
(a) 2004 年三亚市不透水面分布图

(b) 2008 年三亚市不透水面分布图



(c) 2011 年三亚市不透水面分布图

(d) 2013 年三亚市不透水面分布图



(e) 2015 年三亚市不透水面分布图

图 3 2004–2015 年 5 期三亚市不透水面分布图

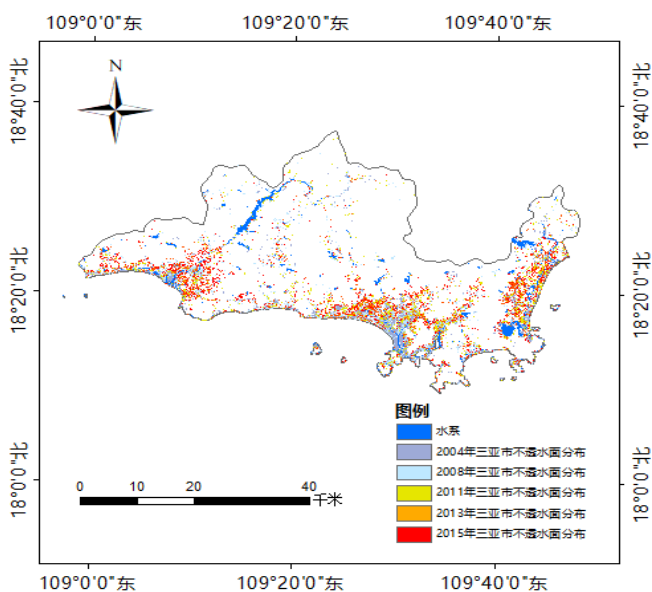


图 4 2004–2015 年三亚市不透水面扩张图

基于各期三亚市不透水面分布图及 2004–2015 年三亚市不透水面扩张图, 可得三亚市不透水面主要集中在包括崖州区的南部、天涯区的东南部、吉阳区和海棠区, 由于三亚市的北部为山区, 故不透水面分布相对较少。从不透水面的年际变化上, 2004–2015 年间三亚市不透水面积逐渐增加, 不透水面聚集程度提高, 在区域变化上以沿海区域的增加较为明显。并且通过三亚市不透水面扩张分析可以预测在将来一定时期三亚市不透水面仍将沿着沿海区域扩展, 并逐步向内陆延伸, 内部填充和外延式扩充同时进行, 逐渐形成各城市间的连接趋势, 三亚市城市化水平将不断提高。

3 数据质量控制和评估

为确保最终生成高质量的研究区不透水面分布数据集, 研究过程中对采用的 BCI 指数与 BI 指数结合的不透水面信息提取方法进行精度验证。研究基于 2013 年三亚市 Landsat 8 遥感影像(图 5a), 选择有裸土分布的典型区域为试验区(图 5b), 分别使用 BCI 指数及 BCI 指数与 BI 指数相结合 2 种方法进行不透水面信息提取, 比较两者在提取精度上的差异。当使用 BCI 指数时, 提取的不透水面结果如图 5c 所示, 当采用 2 个指数结合方法时结果如图 5d, 其中白色部分为透水区域, 黑色部分为不透水区域。通过对提取结果对比可得, 图 5c 中单独使用 BCI 指数误分为不透水面的土壤信息, 在图 5d 中由 2 个指数结合的方法可以很大程度有效剔除, 提高了不透水面提取精度。该方法简单, 便于操作, 可应用于大尺度不透水面提取。

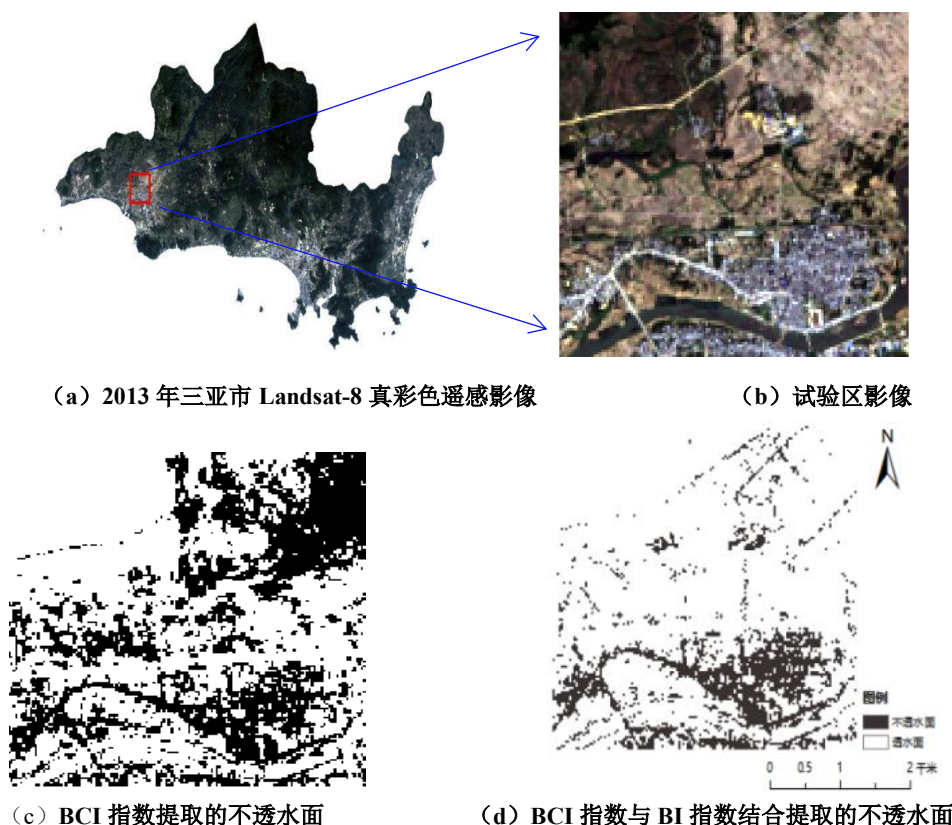


图 5 不透水面提取方法区域试验

故本文将 BCI 指数与 BI 指数结合提取了三亚市 2004 年、2008 年、2011 年、2013 年及 2015 年 5 个时期的不透水面, 并分别在全区域均匀选取验证样本点, 分为不透水面和透水面 2 种类型, 经 Google Earth 高精度影像精度验证, 定量检验不透水面的提取精度。经验证该方法具有很好的研究效

果，最高精度在 90%以上，检验结果如表 2 所示。

表 2 不透水面提取精度表

年份	总体精度	Kappa 系数
2004 年	86.3%	0.847
2008 年	85.4%	0.839
2011 年	89.6%	0.875
2013 年	87.3%	0.861
2015 年	91.7%	0.898

4 数据价值

城镇化的一个重要表现是不透水面分布比率的上升。不透水面是衡量城市发展水平的重要指标，城市内部不透水面分布变化对城市生态环境具有重要影响。对于规模较大的城市，采用高性价比的中等空间分辨率影像，获取不透水面的分布，是当前国际研究的热点。本研究以 Landsat 影像为数据源，以三亚市为研究区，制作 2004–2015 年间 5 期不透水面分布数据集，在较大时空尺度上验证了指数结合方法对不透水信息提取的适用性，并为三亚市生态环境评估、“海绵城市”建设与可持续发展提供基础数据。

致 谢

感谢中国地理空间数据云提供 Landsat 系列数据。

数据作者分工职责

王宪凯（1990—），男，山东菏泽人，硕士，研究方向为遥感影像地物分类及城市生态环境变化监测。主要承担工作：研究区不透水面信息提取与成果整理。

孟庆岩（1971—），男，黑龙江肇东人，博士，研究员，博士生导师，研究方向为城市陆表环境遥感研究。主要承担工作：设计遥感影像数据处理流程。

刘莹（1993—）女，山东临沂人，硕士，研究方向为摄影测量和遥感技术应用研究。主要承担工作：数据采集与预处理。

要志鑫（1993—），女，河北张家口人，硕士，研究方向为遥感图像处理，城市生态环境研究。主要承担工作：遥感影像预处理。

参考文献

- [1] 李德仁, 罗晖, 邵振峰, 等. 遥感技术在不透水层提取中的应用与展望[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2016 (05): 569-577.
- [2] 刘莹, 孟庆岩, 王永吉, 等. 基于特征优选与支持向量机的不透水面覆盖度估算方法[J]. 地理与地理信息科学, 2018 (1): 24-31.

- [3] 程熙, 沈占锋, 骆剑承, 等. 利用混合光谱分解与 SVM 估算不透水面覆盖率[J]. 遥感学报, 2011 (06): 1228-1241.
- [4] Population Reference Bureau. 2010 World Population Data Sheet[R]. Washington D C: National Press Club, 2010.
- [5] 匡文慧, 刘纪远, 张增祥, 等. 21 世纪初中国人工建设不透水地表遥感监测与时空分析[J]. 科学通报, 2013, 58(56): 465–478.
- [6] BIERWAGEN B G, THEOBALD D M, PYKE C R, et al. National housing and impervious surface scenarios for integrated climate impact assessments[J]. PNAS, 107 (49): 20887-20892.
- [7] 任飞阳, 韦仕川. 区域建设用地节约集约利用评价研究——以三亚市为例[J]. 上海国土资源, 2016, 37(3):35-39.
- [8] DENG C, WU C. BCI: A biophysical composition index for remote sensing of urban environments[J]. Remote Sensing of Environment, 2012, 127: 247-259.
- [9] RIKIMARU A, ROY P S, MIYATAKE S. Tropical forest cover density mapping[J]. Tropical Ecology, 2002(43): 39-47.
- [10] 邓书斌, 陈秋锦, 杜会建. ENVI 遥感图像处理方法(第二版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2014: 60-61.
- [11] XU H. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery[J]. INTERNATIONAL JOURNAL OF REMOTE SENSING, 2006,27(14):3025-3033.
- [12] RNDISI: A ratio normalized difference soil index for remote sensing of urban/suburban environments[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2015, 39:40-48.

论文引用格式

王宪凯, 孟庆岩, 刘莹, 要志鑫. 2004–2015 年三亚市不透水面分布数据集[J/OL]. 中国科学数据, 2019, 4(2). (2019-04-18). DOI: 10.11922/csdata.2018.0067.zh.

数据引用格式

王宪凯, 孟庆岩, 刘莹, 要志鑫. 2004–2015 年三亚市不透水面分布数据集[DB/OL]. Science Data Bank, 2018. (2019-01-02). DOI: 10.11922/sciencedb.721.

A dataset of impervious surface in Sanya City from 2004 to 2015

Wang Xiankai¹, Meng Qingyan^{2,3*}, Liu Ying^{2,3}, Yao Zhixin^{2,3}

1. China University of Mining and Technology, Beijing 100083, P. R. China;

2. Hainan Provincial Key Laboratory of Earth Observation, Sanya 572029, P. R. China;

3. Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, P. R. China

*Email: mengqy@radi.ac.cn

Abstract: Impervious surface is one of the most basic components of a city which has a significant impact on urban ecological environment and regional development. Remote sensing has been widely used in impervious surface research in recent years due to its fast, large-scale, multi-scale and reproducible ground observation advantages. Taking Sanya City as the research area, this study selected and collected the Landsat series remote sensing image data of 2004, 2008, 2011, 2013 and 2015 in this area. A method combining BCI index and BI index is proposed to extract the impervious surface information in the study area. Based on this method, the impervious surface distribution maps of the five phases of Sanya City in 2004, 2008, 2011, 2013 and 2015 were obtained. Precision verification using Google Earth images which have high accuracy. It was concluded that this method is operability, simple and easy operation, the highest precision is over 90%. This dataset can provide reference for the rational planning of “sponge city” in Hainan Province or other provinces and cities.

Keywords: impervious surface; remote sensing; ecological environment; sponge city

Dataset Profile

Title	A dataset of impervious surface in Sanya City from 2004 to 2015
Data corresponding author	Meng Qingyan (mengqy@radi.ac.cn)
Data authors	Wang Xiankai, Meng Qingyan, Liu Ying, Yao Zhixin
Time range	From 2004 to 2015
Geographical scope	18°09′–18°37′N, 108°56′–109°48′E
Spatial resolution	30 m
Data volume	25.1 MB
Data format	*.TIF
Data service system	< http://www.sciencedb.cn/dataSet/handle/721 >
Sources of funding	Natural Science Foundation of Hainan Province (417218); Hainan Province Major Science and Technology Plan (ZDKJ2016021); Science and Technology Support Program of Sichuan Province (2016JZ0027).
Dataset composition	This dataset includes Sanya City’s 2004–2015 Phase 5 impervious surface distribution data, all data is stored in a compressed file. The compressed file contains 5 Tif files, which correspond to the impervious distribution of Sanya City in 2004, 2008, 2011, 2013 and 2015. The total amount of data is 25.1 MB.