

# 马六甲海峡两岸土地覆被变化数据集 (1990–2017)

王梦涵, 闫金凤\*, 张宵宵, 高珊珊, 徐美荣

山东科技大学测绘科学与工程学院, 青岛 266590

**摘要:** 土地覆被遥感信息提取是研究海岸带土地利用现状和生态环境变化的重要方式。本文提出了基于时相的标准归一化植被指数 (Standard Normalized Difference Vegetation Index, SNDVI) 建立了农用地的提取规则, 并综合利用基于规则的面向对象分类法和监督分类法, 获取了马六甲海峡两岸 40 km 区域土地覆被分类信息, 获取了马六甲海峡两岸 40 km 区域土地覆被分类信息, 经验证, 总体分类精度达到 92%。分析结果表明, 离岸线 0–20 km 区域的开发强度明显高于 20–40 km 区域。1990–2017 年间, 马来西亚半岛西岸 40 km 区域建设用地占比增加 7.4%, 农用地占比增加 12.4%, 林地减少 21.5%。苏门答腊岛东岸 40 km 区域建设用地占比增加 3.2%, 农用地占比增加 17.2%, 林地减少 20.4%。数据的空间分辨率为 30 m。数据集存储为 TIFF 格式, 由 8 个数据文件组成, 数据量 3.36 GB (压缩为 1 个文件, 47.9 MB)。

**关键词:** 马六甲海峡; 马来西亚半岛; 苏门答腊岛; 土地覆被变化

**DOI:** 10.3974/geodp.2018.04.05

## 1 前言

土地是人类赖以生存和发展的自然资源, 土地开发利用所引起的土地覆被变化是全球环境变化的组成部分, 同时也是引起环境变化的主要原因<sup>[1–2]</sup>。土地利用/覆被变化既是全球变化研究的重要内容, 也是全球环境变化和可持续发展领域的核心内容<sup>[3–4]</sup>。海岸带是海陆相互作用, 由海洋向陆地过渡的特殊区域, 其生态系统具有复合性、边缘性和活跃性的特征, 也是典型的生态环境脆弱区<sup>[5]</sup>。随着沿海城市的发展, 海岸带土地的开发和利用的速度加快, 开发的力度和强度逐渐加大, 海岸带土地利用与土地覆被变化受到国内外学者的广泛关注<sup>[6–7]</sup>。

在海岸带土地分类信息提取方面, 常用的分类方法包括人工目视解译法、传统分类法和面向对象分类法等<sup>[8]</sup>。由于“同谱异质”、“同质异谱”以及混合像元等现象的存在, 仅使用传统分类法已不能满足精度要求<sup>[9–11]</sup>, 而面向对象的分类方法能够解决这种不足, 能很好地适应影像分类的精度要求<sup>[12–18]</sup>。

本研究选取马六甲海峡两岸 40 km 区域, 综合利用基于规则的对象分类法和监督分类

收稿日期: 2018-11-06; 修订日期: 2018-12-13; 出版日期: 2018-12-24

基金项目: 中华人民共和国科学技术部 (2017ST0006)

\*通讯作者: 闫金凤 Y-1461-2018, 山东科技大学测绘科学与工程学院, yanjf2004@163.com

数据引用方式: [1] 王梦涵, 闫金凤, 张宵宵等. 马六甲海峡两岸土地覆被变化数据集(1990–2017) [J]. 全球变化数据学报, 2018, 2(4): 396–403. DOI: 10.3974/geodp.2018.04.05.

[2] 闫金凤, 苏奋振, 王梦涵等. 马六甲海峡两岸 40 km 内土地覆被数据集(1990, 2000, 2010, 2017) [DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2018. DOI: 10.3974/geodb.2018.06.04.V1.

法进行土地覆被信息提取，为研究区土地利用规划和可持续政策的制定提供参考<sup>[19]</sup>。

2 数据集元数据简介

马六甲海峡两岸 40 km 内土地覆被数据集（1990，2000，2010，2017）<sup>[20]</sup>的名称、作者、地理区域、数据年代、时间分辨率、空间分辨率、数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表 1。

表 1 马六甲海峡两岸 40 km 内土地覆被数据集（1990，2000，2010，2017）元数据简表

条 目	描 述
数据集名称	马六甲海峡两岸 40 km 内土地覆被数据集（1990，2000，2010，2017）
数据集短名	LandCover_MalaccaStrait
作者信息	闫金凤 Y-1461-2018, 山东科技大学测绘科学与工程学院, yanjf2004@163.com 苏奋振 Y-1692-2018, 中国科学院地理科学与资源研究所, sufz@lreis.ac.cn 王梦涵 X-9850-2018, 山东科技大学测绘科学与工程学院, 394765196@qq.com 张宵宵 X-9863-2018, 山东科技大学测绘科学与工程学院, 1802945892@qq.com 高珊珊 X-9897-2018, 山东科技大学测绘科学与工程学院, 1915387391@qq.com 徐美荣 X-9942-2018, 山东科技大学测绘科学与工程学院, 2272244950@qq.com
地理区域	马来西亚半岛西岸 40 km 内区域，苏门答腊岛东岸 40 km 内区域（0°–6°N，95°E–105°E）
数据年代	1990、2000、2010、2017
时间分辨率	年
空间分辨	30 m
数据格式	.tif
数据量	3.36 GB（压缩后 47.9 MB）
数据集组成	数据集由 8 个数据文件组成，压缩为 1 个文件包。8 个数据文件包括 1990、2000、2010、2017 年马来西亚半岛西岸 40 km 内土地覆被产品 4 个和苏门答腊岛东岸 40 km 内土地覆被产品 4 个
基金项目	中华人民共和国科学技术部（2017ST0006）
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 <a href="http://www.geodoi.ac.cn">http://www.geodoi.ac.cn</a>
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101，中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据（中英文）、实体数据（中英文）和通过《全球变化数据学报》（中英文）发表的数据论文。其共享政策如下：（1）“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放，用户免费浏览、免费下载；（2）最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源；（3）增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与《全球变化数据学报》（中英文）编辑部签署书面协议，获得许可；（4）摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10%引用原则，即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%，同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 <sup>[21]</sup>

3 数据研发方法

3.1 原始数据

研发马六甲海峡两岸 40 km 内土地覆被数据集（1990，2000，2010，2017）所采用的数据来自美国地质调查局 Landsat 4–5 和 Landsat 8 卫星数据<sup>[22]</sup>。数据年代覆盖 1990、2000、2010 和 2017 年各月无云或少云覆盖数据。数据行列号分别为：125/59、126/(58–60)、

127/(57-59)、128/(55-58)、129/(57-58)、130/(56-57)和 131/56。这些陆地资源卫星统计信息见表 2。

表 2 数据集研发应用的原始数据简表<sup>[22]</sup>

数据名称	数据时间	空间分辨率	数据行列号
Landsat 4-5 TM	1990、2000、2010	30 m	125/59、126/(58-60)、127/(57-59)、128/(55-58)、
Landsat 8 OLI	2017 年		129/(57-58)、130/(56-57)、131/56

3.2 算法原理

根据马六甲海峡两岸的土地利用情况，确定农用地、林地、水体、建设用地和其它未利用地 5 类土地覆被类型。

(1) 农用地的提取

归一化植被指数 (Normalized Vegetation Difference Index, NDVI) 是提取植被覆盖区域的有效方法，但针对不同影像，NDVI 的阈值范围有所差异，因此在 NDVI 的基础上提出了标准归一化植被指数 (SNDVI)，它将植被覆盖区与非植被覆盖区的阈值分界点设定为 1，且针对不同影像皆有效。相较于其它地物，农作物具有明显的时相特征，利用这一特点，获取同一年内不同时期的 Landsat 影像，并结合 SNDVI 提取农用地区域。

(2) 非农用地 (林地、水体、建设用地和其它未利用地) 的提取

在农用地提取基础上，依次利用 SNDVI 提取林地区域；利用改进型归一化差值水体指数 (Modified Normalized Difference Water Index, MNDWI) 提取水体区域；利用裸土指数 (Bare Soil Index, BSI)<sup>[23]</sup>提取其它未利用地；利用归一化建筑用地指数 (Normalized Difference Built-Up Index, NDBI)<sup>[24]</sup>提取建筑用地区域。

$$SNDVI = \frac{NDVI}{\sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{s-1} \sum_{j=0}^{l-1} [NDVI(i, j) - NDVI_{mean}]^2}{s \times l - 1}}} \tag{1}$$

式中， $s$ ：影像行数； $l$ ：影像列数； $NDVI(i, j)$ ：第  $i$  行第  $j$  列像元的 NDVI 值； $NDVI_{mean}$ ：影像 NDVI 的平均值。

利用式(2)提取农用地：

$$\left\{ \bigcup_{m=1}^{12} \left[ \bigcup_{i=0}^{s-1} \bigcup_{j=0}^{l-1} SNDVI_m(i, j) > 1 \right] \right\} \cap \left\{ \bigcup_{m=1}^{12} \left[ \bigcup_{i=0}^{s-1} \bigcup_{j=0}^{l-1} SNDVI_m(i, j) < 1 \right] \right\} \tag{2}$$

式中， $m$ ：月份； $SNDVI_m(i, j)$ ：第  $i$  行第  $j$  列像元在第  $m$  个月的 SNDVI 值。

$$MNDWI = \frac{green - mir}{green + mir} \tag{3}$$

式中， $green$ ：为绿波波段； $mir$ ：为中红外波段。

$$BSI = \frac{(mir + red) - (nir + blue)}{(mir + red) + (nir + blue)} \tag{4}$$

式中， $mir$ ：为中红外波段； $red$ ：为红波波段； $nir$ ：为近红外波段； $blue$ ：为蓝波波段。

$$NDBI = \frac{mir - nir}{mir + nir}$$

(5)

式中，*mir*：为中红外波段；*nir*：为近红外波段。

3.3 技术路线

马六甲海峡两岸 40 km 内区域土地覆被分类方法技术路线如图 1 所示。

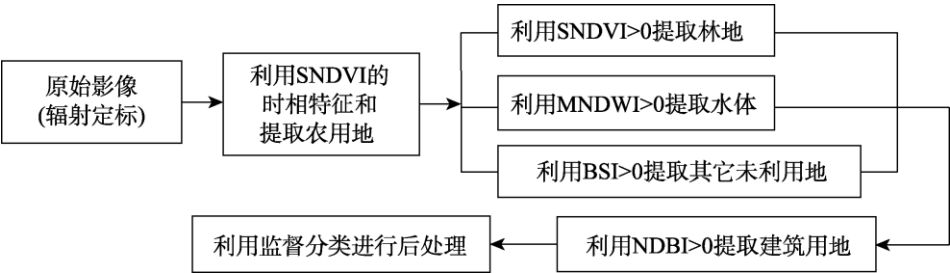


图 1 土地覆被分类方法技术路线图

4 数据结果与验证

4.1 数据集组成

马六甲海峡两岸 40 km 内区域土地覆被数据集（1990，2000，2010，2017）的组成见表 3，空间分布图见图 2。

表 3 马六甲海峡两岸 40 km 内土地覆被数据集（1990，2000，2010，2017）组成

数据名称	数据年代	空间分辨率	编号—地类
马来西亚半岛西岸 40 km 内 土地覆被分类产品	1990、2000、2010、2017	30 m	1—林地
			2—农用地
			3—建设用地
			4—水域
			5—未利用地

4.2 数据精度验证

结合 Google Earth 高分辨率影像采取样本进行精度评定，其精度验证结果见表 4。

表 4 土地覆被分类精度验证（像元）

	林地	农用地	建设用地	未利用地	水域	用户精度（%）
林地	3,786	59	5	0	1	98.31
农用地	725	5,023	0	0	0	87.39
建设用地	0	1	2,005	442	55	80.10
未利用地	0	0	9	2,153	0	99.58
水域	0	0	0	0	3,857	100
生产者精度（%）	83.93	98.82	99.31	82.97	98.57	

总体精度 = (16824/18121) 92.84% Kappa 系数 = 0.908,2

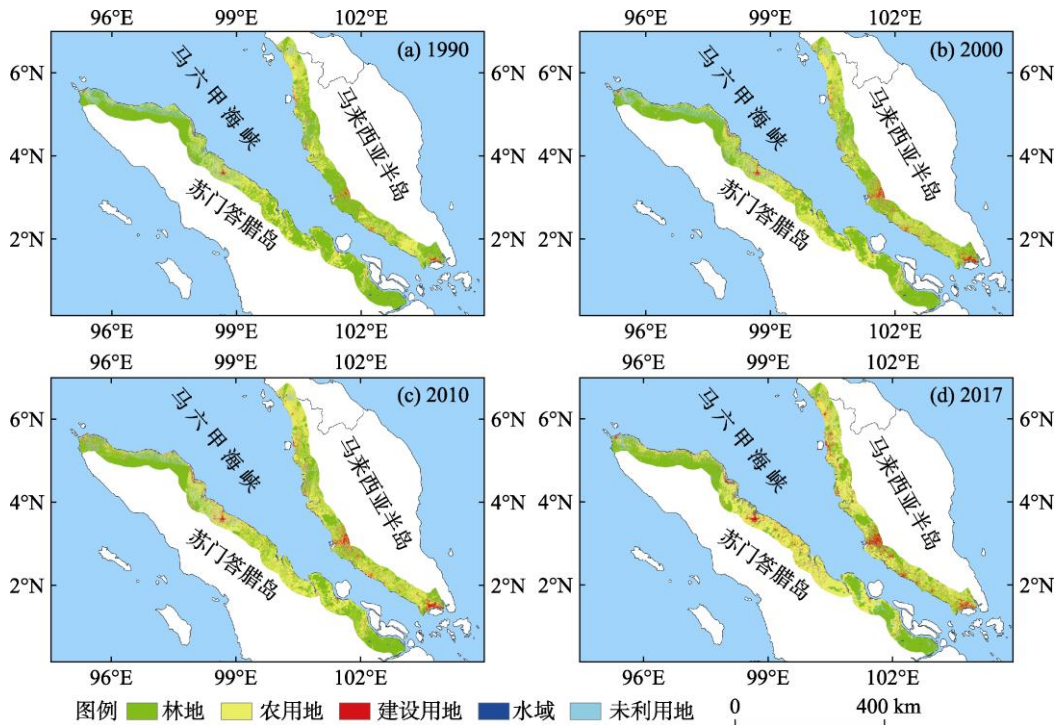
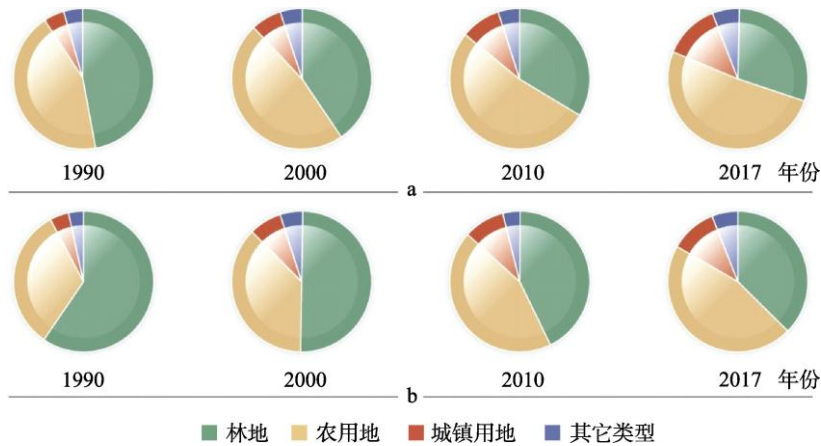


图 2 马六甲海峡两岸 40 km 内土地覆被空间分布图

4.3 数据结果

4.3.1 马来西亚半岛西岸土地覆被变化

1990–2017 年间，马来西亚半岛西岸 0–20 km 区域内建筑用地所占比例由 1990 年的 5.0% 增加到 2017 年的 13.1%，农用地由 1990 年的 42.9% 增加到 2017 年的 51.5%，林地占比减少 17.5%（图 3a）。20–40 km 区域土地覆被变化依然明显，建筑用地所占比例由 1990 年的 4.0% 增加到 2017 年的 10.9%，农用地由 1990 年占比 32.8% 增加至 2017 年的 47.2%，林地占比减少 23.0%（图 3b）。



(a) 距岸线 0–20 km 区域 (b) 距岸线 20–40 km 区域

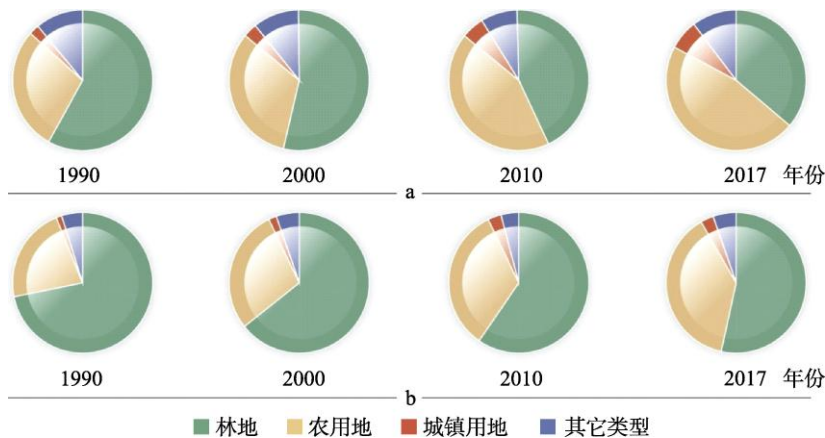
图 3 马来西亚半岛西岸土地覆被类型变化

马来西亚半岛西岸 40 km 区域内建筑用地的开发主要是三个中心：一是北部槟城州沿海岸自北向南分布的北海和大山脚城市的扩展，1990–2017 年间扩大可达 80%；二是中部的雪兰莪州的吉隆坡市的建设，城筑用地扩大超过 250%；三是南部柔佛州的新山，作为马来西亚重要的工业和商业城市发展迅速，扩张近 130%。农用地的开发比较突出的也是三个区域：一是位于北部吉打州的亚罗士打地区，自西向东经波各色那，向那珂区域延伸，同时向南经本同区域继续延伸；二是中部霹雳州南部的新邦安拔地区自西向东不断延伸；三是南部柔佛州由巴株巴辖地区向东北居銮区域不断开发，向东南区域不断扩展。农用地的开发呈现出由 0–20 km 区域向 20–40 km 区域扩展的趋势（图 2）。

4.3.2 印度尼西亚苏门答腊岛东岸土地覆被变化

苏门答腊岛东岸 0–20 km 区域的土地开发建设明显高于 20–40 km 区域。0–20 km 区域内建筑用地所占比例由 1990 年的 1.7% 增加到 2017 年的 6.7%，农用地由 1990 年的 29.2% 增加到 2017 年的 47.5%，林地占比减少 22.1%（图 4a）。20–40 km 区域内以农业开发为主，农用地由 1990 年占比 22.3% 增加至 2017 年的 38.4%，建筑用地呈缓慢增长态势，到 2017 年占比仍不足 3.5%，林地减少明显，占比由 1990 年的 71.9% 减至 2017 年的 53.2%（图 4b）。

将苏门答腊岛东岸划分为北部（奇亚省）、中部（北苏门答腊省）和南部（廖内省）。其中，北部城镇建设用地的开发主要以奇亚省首府班达奇亚市以及司马威市为中心，在 1990–2017 年间，前者扩展超过了 3 倍，后者扩展超过 2 倍。农用地主要开发区域位于司马威东南地区；中部城镇建设用地的开发主要以北苏门答腊省的首府棉兰为中心，扩展超过 80%。农用地开发主要位于棉兰以北的巴拉望地区、以东的巴干地区和先达南部区域；南部城镇建设用地的开发以廖内省的杜迈市建设为中心，开发超出原来 1 倍。农用地的开发是以杜迈和杜丽两个城市为中心向周边扩张（图 2）。



(a) 距岸线 0–20 km 区域 (b) 距岸线 20–40 km 区域

图 4 苏门答腊岛东岸区域土地覆被类型变化

## 5 讨论和总结

马六甲海峡作为亚洲、非洲、欧洲和大洋洲之间海上往来的枢纽,对其周边海岸带的开发建设促进作用显著。马六甲海峡沿岸开发程度的区域分异与港口建设、航道远近、经济政策、基础设施和安全保障等密不可分。马六甲海峡两岸的开发主要体现在建设用地、农用地和林地的变化上。经历近 30 年的发展,马来半岛西岸以港口为依托城镇化建设非常迅速,人口的快速增长使城镇建设用地面积扩大了 1.7 倍;苏门答腊岛东岸由于离航道较远,近海水深较浅,大型的港口较少,对区域经济的带动相对较弱,建设用地开发相对缓慢。两岸的开发建设程度不同,也会对海峡的稳定性产生一定的影响。马六甲海峡沿海地区土壤疏松肥沃,地势平坦,河流湖泊纵横,灌溉条件好,加之政府对农业发展的重视,耕地面积持续增长。马来半岛超过 70%的土地被开发,以经济作物为主的农业开发逐渐向岛内发展;印度尼西亚仍然是以农业为主的国家,农用地的开发增幅达到 66%。

马六甲海峡两岸经济快速发展的同时,也带来了一定的生态风险。一方面,海岸带是人类活动的集中地区,同时也是生态环境敏感的脆弱区。人口的集聚、城市港口的不断扩张、经济作物种植的不断扩大、耕地的不断开垦以及人类的砍伐,都会引起林地的不断破坏和减少,马来西亚作为中等收入的国家经济开始向多元化发展,在制造业的带动下,有向非农业生产和服务业转变的趋势,但可供开发的天然林地资源明显减少,马来半岛西岸林地年均减少幅度达到 1.7%。苏门答腊岛东岸已经发展为经济作物油棕榈的主产区,林地年均减少幅度为 1.3%,其南部泥炭沼泽林的开发势必增加温室气体的排放,也会增加局地生态环境的脆弱性。这在一定程度上加剧了海岸区域环境的脆弱性。另一方面,大量生活污水和工、农业废水未经处理就排入海洋,使得海域营养盐含量激增,富营养化日趋严重,对海域生态环境造成影响。

因此,应严格控制农业发展规模,禁止非法砍伐,加强林地保护,建立林地自然保护区,以减少林地的破坏。此外,应进行污水处理基础设施建设,特别需要关注海域生态环境的监测与保护,加强水质检测,减少赤潮发生,以维护海岸带生态环境的稳定。

**作者分工:** 闫金凤对数据集的开发做了总体设计;高珊珊、徐美荣采集和处理了 Landsat 4-5 TM 数据;张宵宵采集和处理了 Landsat 8 OLI 数据;王梦涵、张宵宵设计了模型和算法,并做了数据验证;王梦涵撰写了数据论文。

## 参考文献

- [1] 郭斌,陈佑启,姚艳敏等. 土地利用与土地覆被变化驱动力研究综述[J]. 中国农学通报, 2008, 24(4): 408-414.
- [2] 欧维新,杨桂山. 土地利用/覆被变化对海岸环境演变影响的研究进展[J]. 地理科学进展, 2003, 22(4): 360-368.
- [3] 张景华,封志明,姜鲁光. 土地利用/土地覆被分类系统研究进展[J]. 资源科学, 2011, 33(6): 1195-1203.
- [4] 刘彦随,陈百明. 中国可持续发展问题与土地利用/覆被变化研究[J]. 地理研究, 2001, 21(3): 324-330.
- [5] 李清泉,卢艺,胡水波等. 海岸带地理环境遥感监测综述[J]. 遥感学报, 2016, 20(5): 1216-1229.

- [6] 马万栋, 张渊智, 施平等. 海岸带土地利用/土地覆被变化研究进展[J]. 地理科学进展, 2008, 27(5): 87–94.
- [7] Rego, J. C. L., Soaresgomes, A., Silva, F. S. Loss of vegetation cover in a tropical island of the Amazon coastal zone (Maranhao Island, Brazil) [J]. *Land Use Policy*, 2018, 71: 593–601.
- [8] 张君珏, 苏奋振, 左秀玲等. 南海周边海岸带开发利用空间分异[J]. 地理学报, 2015, 70(2): 319–332.
- [9] 孙秀邦, 范伟, 严平等. 遥感影像土地覆被分类研究进展[J]. 中国农学通报, 2007, 23(9): 607–610.
- [10] 史泽鹏, 马友华, 王玉佳等. 遥感影像土地利用/覆盖分类方法研究进展[J]. 中国农学通报, 2012, 28(12): 273–278.
- [11] Tso, B., Olsen, R. C. Combining spectral and spatial information into hidden Markov models for unsupervised image classification [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2005, 26(10): 2113–2133.
- [12] 徐涵秋. 基于谱间特征和归一化指数分析的城市建筑用地信息提取[J]. 地理研究, 2005, 24(2): 311–320.
- [13] 徐涵秋. 利用改进的归一化差异水体指数(MNDWI)提取水体信息的研究[J]. 遥感学报, 2005, 9(5): 589–595.
- [14] 查勇, 倪绍祥, 杨山. 一种利用 TM 图像自动提取城镇用地信息的有效方法[J]. 遥感学报, 2003, 7(1): 37–40.
- [15] 王彩艳, 王瑗玲, 王介勇等. 基于面向对象的海岸带土地利用信息提取研究[J]. 自然资源学报, 2014, 29(9): 1589–1597.
- [16] 苏伟, 李京, 陈云浩等. 基于多尺度影像分割的面向对象城市土地覆被分类研究——以马来西亚吉隆坡市中心区为例[J]. 遥感学报, 2007, 11(4): 521–530.
- [17] Tampubolon, T., Abdullah, K. B., San, L. H. Comparison of pixel and object based approaches using Landsat data for land use and land cover classification in coastal zone of Medan, Sumatera [J]. *International Journal of Tomography & Statistics*, 2013, 24(3): 86–94.
- [18] 侯玉婷, 王书功, 南卓铜. 基于知识规则的土地利用/土地覆被分类方法——以黑河流域为例[J]. 地理学报, 2011, 66(4): 549–561.
- [19] 彭建, 王仰麟, 刘松. 海岸带土地持续利用景观生态评价[J]. 地理学报, 2003, 58(3): 363–371.
- [20] 闫金凤, 苏奋振, 王梦涵等. 马六甲海峡两岸 40 km 内土地覆被数据集(1990, 2000, 2010, 2017) [DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2018. DOI: 10.3974/geodb.2018.06.04.V1.
- [21] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策[OL]. DOI: 10.3974/dp.policy.2014.05 (2017 年更新).
- [22] 美国地质调查局. Landsat data [OL]. <http://glovis.usgs.gov>.
- [23] Rikimaru, A. Landsat TM data processing guide for forest canopy density mapping and monitoring model [C]. ITTO Workshop on Utilization of Remote Sensing in Site Assessment and Planning for Rehabilitation of Logged-over Forest, Bangkok, Thailand, 1996.
- [24] 杨存建, 张果, 陈军等. 基于遥感的成都市及其周边城镇的扩展[J]. 地理研究, 2008, 27(1): 101–108.