

深圳市海岸带土地利用遥感监测方法探索

沈玉莲,肖迪,费腾

(武汉大学信息学部资源与环境科学学院 武汉 430079)

摘要:随着遥感对地观测技术的发展,卫星遥感在海岸带动态监测中占据愈来愈重要的地位,探索海岸带遥感监测的最佳方法,对今后的海岸带监测工作有重要的意义。文章从数据源、信息提取方法、监测频率这 3 个维度出发,选择深圳市两个典型的海岸带区域(人类活动频繁区域和人类活动稀少区域)作为研究区,针对两种海岸带区域寻求其海岸带土地利用遥感监测的最佳方法。研究表明:对于人类活动频繁区域(深圳湾北岸),数据源最好选择高分辨率 ZY-3 卫星影像,土地利用信息提取方法选择支持向量机分类,监测周期 1~2 年为最佳;对于人类活动稀少区域(大鹏湾东岸),数据源则可以选择分辨率较低的 Landsat 8 卫星影像,土地利用信息提取方法依然以支持向量机分类方法为最佳,监测周期则为 5 年。

关键词:海岸带;土地利用;遥感;数据源;数据采集;信息提取;监测频率

中图分类号:P74 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-9857(2016)05-0024-08

On Monitoring the Land-Use of Coastal Zone in Shenzhen by Remote Sensing

SHEN Yulian, XIAO Di, FEI Teng

(School of Resource and Environmental Science, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

Abstract: With the development of remote sensing observation technology, satellite remote sensing has been playing an increasingly important role to monitor coastal zones. It is meaningful to explore and compare different methods to monitor coastal zones with different data sources for the future remote sensing coastal applications. Two typical coastal regions, one of which has frequent human activities and the other has less activities, were selected. Three different data sources, three information extraction methods were applied to seek for the optimal monitoring result with consideration of cost. The result indicated for the frequent human activities region (Shenzhen Bay North), the optimal data source is ZY-3 satellite image, the optimal information extraction method is SVM. For less human actives region (Mirs Bay East Coastal), Landsat8 is sufficient, and the optimal information extraction method is also SVM. This paper also gave advice on the monitoring

收稿日期:2015-11-09;修订日期:2016-04-08

基金项目:林业公益性行业科研专项“滨海湿地生态系统服务功能与评估技术研究”(20140305).

作者简介:沈玉莲,硕士研究生,研究方向为遥感监测,电子信箱:mysylian@163.com

通信作者:费腾,副教授,博士,研究方向为生态遥感,电子信箱:feiteng@whu.edu.cn

frequency for different type of coastal regions.

Key words: Coastal Zone, Land-use, Remote sensing, Data sources, The method of data collection, Information extraction, Monitoring frequency

1 引言

海岸带属于人类活动频繁区域,其岸线和沿岸土地变化剧烈,生态环境较为脆弱,因此研究沿岸土地利用变化对研究海岸带生态变化机制具有重要意义^[1]。遥感对地观测具有快速、综合、高频和动态等突出优势,因此利用遥感数据研究海岸带动态变化是目前有效的研究手段^[2]。

目前国内利用遥感研究海岸带动态变化大致分为两个方向。

一个方向是利用遥感手段对海岸带变化进行监测和评价,即应用研究,如梁建、张杰等^[3]利用遥感影像对连云港港口变化情况进行监测,研究重点在于港口围填海结果与分析,但没有具体阐述遥感信息的提取方法;王娟等^[4]利用天津市5个不同时相的遥感影像对天津市滨海新区海岸带进行变化监测,并分析其变化规律及变化原因,提取岸线和湿地的方法相对简单,提取结果精度信息缺失;吴泉源、侯志华等^[5]利用12个时相的遥感影像监测龙口市20年间海岸带变化,研究重点是海岸线的变迁及其原因,提出数字图像处理技术与目视解译相结合的岸线提取方法,然而没有与其他岸线提取方向进行对比分析。

另一个方向的研究则侧重于在遥感影像中对海岸带信息进行自动提取,如鞠明明、汪闽等^[6]研究基于面向对象图像分析技术的围填海遥感监测,并通过实例验证该方法的可行性,然而没有将面向对象分析方法与其他方法相比,无法判断该方法与其他方法在海岸带信息提取中的优劣,仅是一种单一方法的探索;李秦等^[7]提出一种用于提取海岸带土地利用及其变化信息的方法,即最优分割尺度下的遥感多层次地物识别分类方法,并通过实验证明该方法分类结果优于传统的监督分类和单一分割尺度下的影像分类结果;江冲亚、李满春等^[8]提出一种新的海岸带水体遥感信息全自动提取方法,即通过“像元—对象”及“全域—局部”的双重尺度转换方

法,并设计实验证明使用该方法提取的结果具有较好的连续性,且相对精度优于监督分类法和阈值分割法。

综上所述,目前利用遥感技术对海岸带岸线和土地利用变化多局限于尝试单一数据源、使用单一信息提取方法进行监测。本文选用多种数据源(Landsat8、SPOT5、资源三号卫星影像),在此基础上采用不同的分类方法,探讨选取合适的遥感数据源、合适的信息提取方法以及合适的监测频率,以得到深圳市海岸带监测的最佳方案。

2 实验区概况

本研究选定两个研究区作为海岸带典型区域,其中研究区一(深圳湾北岸)位于深圳市发展最繁荣的地区之一,是人类活动最频繁的地区之一,是人工海岸带的代表;研究区二(大鹏湾东岸)植被覆盖率高,是人类活动最稀少的地区之一,是自然海岸带的代表。本研究基于这两个典型区域探究深圳市海岸带监测的最佳方案,由此可推广到整个深圳市海岸带监测。

研究区一位于深圳湾北岸(113°36′16″E—114°2′42″E,22°30′11″N—22°32′16″N),属于人类活动频繁地区。深圳湾为珠江口伶仃洋东侧中部的一个内宽外窄的半封闭型浅水海湾,海湾湾长17.5 km、平均宽度约7.5 km、平均水深2.9 m、最大水深不超过5 m。深圳湾区域属亚热带海洋性季风气候,全年盛吹偏东风,由于岸线曲折以及两岸丘陵和低山的屏障作用,该区域波浪作用小,潮流和径流携带的泥沙含量少,湾内河床淤积缓慢,河床相对稳定,因此具有修建港口码头的自然条件。目前深圳湾北岸从东头角至赤湾港沿岸建有一系列港口码头群,其中蛇口港群从咀头山至赤湾航道基本沿各码头港池前缘开挖新的通道与伶仃洋东航道衔接,航道水深为9~15 m,而其他码头和深圳河内码头的船只进出伶仃洋航道基本使用深圳湾的天然槽道^[9]。

研究区二位于大鹏湾东岸(114°28′19″E—114°35′16″E,22°26′47″N—22°32′36″N),属于南澳街道,人类活动较为稀少。由于充沛的雨量和良好的生态涵养,以及交通不便和经济相对落后等原因,使大鹏湾开发利用步伐落后于深圳其他区域,因此大鹏半岛成为深圳市仅存的大面积连片林地区,成为与西部水源保护区相对应的、名副其实的珍贵绿源,是深圳市面积最大、保存最完好的自然生态区域^[10]。

3 研究方法

3.1 数据源

3.1.1 Landsat 8 OLI 影像

Landsat 8 OLI 影像的多光谱星下点空间分辨率为 30 m,重返周期为 16 d,共有 8 个波段,其中 1~5 波段为可见光波段,6~7 波段为短红外波段,8 波段为全色波段。

本研究采用两幅 Landsat 8 影像分别覆盖两个研究区,采用 Landsat 8 的 2、3、4、8 波段。覆盖深圳湾的影像采集时间为 2013 年 10 月 5 日,轨道 path/row 为 121/44,云量为 0.07%;覆盖大鹏湾的影像采集时间为 2013 年 11 月 29 日,轨道 path/row 为 122/44,云量为 3.46%。

3.1.2 资源三号影像

资源三号卫星(ZY-3)共装载 4 台相机:1 台优于 2.5 m 分辨率的全色 CCD 相机;两台优于 4 m 分辨率的全色相机,按照正视、前视、后视方式排列,进行立体成像;1 台优于 10 m 分辨率的多光谱相机,包括蓝、绿、红和近红外 4 个波段,光谱范围分别为 0.45 ~ 0.52 μm、0.52 ~ 0.59 μm、0.63 ~ 0.69 μm、0.77~0.89 μm。

本研究采用的 ZY-3 共两幅。1 幅用于覆盖深圳湾北岸,采集时间是 2013 年 3 月 8 日,轨道 path/row 为 893/169,云量为 2%;1 幅用于覆盖大鹏湾东岸,采集时间为 2014 年 2 月 20 日,轨道 path/row 为 892/169,云量为 0.6%。

3.1.3 SPOT 5 影像

SPOT 5 数据也是遥感动态监测中的一个重要的数据源。SPOT 5 的全色数据的分辨率达到 2.5 m。本文采用的 SPOT 5 卫星影像共有 14 幅,

深圳湾和大鹏湾各 7 幅(其中 6 幅用于研究时间分辨率)。

3.2 影像预处理及采样方法

对所有的遥感影像进行相同的影像预处理工作,包括影像校正、多波段组合、图像融合、增强等。影像校正模型采用二次多项式模型,参考点采用实地采样点(每个研究区 12 个),检查点也是实地采样点(每个研究区 8 个)。

本研究采用的采样方法是,首先软件生成随机点(SRS),然后对这些点进行目视解译,如存在可疑点(难以解译的)则参考土地利用图,如用土地利用图仍不能解译的,则对其进行实地调查。

3.3 待测试的分类方法

3.3.1 最大似然分类

最大似然法通过对感兴趣区域的统计和计算,得到各个类别的均值和方差等参数,从而确定一个分类函数,然后将待分类图像中的每一个像元代入各个类别的分类函数,将函数返回值最大(概率最大)的类别作为被扫描像元的归属类别,从而达到分类的效果。

本研究的软件平台是 Erdas 9.2 和 ArcMap 9.3,Erdas 用于分类,ArcMap 用于分类结果统计,主要过程如下。

(1)确定分类体系:根据土地利用海岸带调查技术规程和全国第二次土地调查土地利用现状分类,并结合研究需求和实际土地利用特征,本研究的土地利用分类体系如表 1 所示,共计 5 个一级类、13 个二级类。

表 1 土地利用分类体系

一级类	二级类
农用地	有林地
	红树林
	灌木草地
建设用地	居民地
	工矿码头
水域及水利设施用地	水库
	坑塘
	海水养殖
	河流湖泊

续表	
一级类	二级类
滩涂	沙滩
	泥滩
未利用地	裸地
	其他土地

(2)建立分类模板:根据已有样本选择训练区(如 SPOT 5 训练区样本数如表 2 所示),从而建立一个分类模板。

表 2 SPOT 5 训练区样本(最大似然法)		
土地	深圳湾样本数	大鹏湾样本数
有林地	21	49
红树林	15	0
灌木草地	18	32
居民地	34	28
工矿码头	7	13
水库	0	11
坑塘	19	10
海水养殖	10	18
河流湖泊	19	21
沙滩	0	8
泥滩	11	4
裸地	21	12
总计	175	206

(3)评价分类模板:用可能性矩阵工具(Contingency Matrix)评价分类模板,其中的非参数规则选择特征空间(Feature Space),如果误差矩阵值大于等于 85%,则可以进行监督分类,否则需要重新建立分类模板。

(4)初步分类图:依据所建立的分类模板,在非参数规则为 Feature Space、叠加规则为 Parametric Rule、未分类规则为 Parametric Rule、参数规则为 Maximum Likelihood 下,对影像进行监督分类。

(5)检验分类结果:利用精度评价中添加随机点工具在初步分类图上生成 100 个随机点,并在精度评价对话框中显示,然后根据 2013 年土地利用分

类数据和 187 个实地调查数据输入随机点的实际类别值,最后生成分类评价报告。

(6)分类后处理:对分类结果进行聚类分析(聚类统计领域为 8)、去除分析(最小像元为 16)以及矢量化处理(软件平台为 ArcMap)。

(7)分类特征统计(ArcMap):对矢量化的结果进行各个类别的地类面积以及不同时相地类转换进行统计。

3.3.2 SVM 分类

支持向量机(Support Vector Machine,SVM)是基于研究小样本情况下机器学习规律的统计学习理论的一种新的机器学习方法,它是建立在统计学习理论的 VC 维理论和结构风险最小原理基础上,根据有限的样本信息在模型的复杂性(即对特定训练样本的学习精度)和学习能力(即无错误地识别任意样本的能力)之间寻求最佳折中,以求获得最好的推广能力。支持向量机将向量映射到一个更高维的空间里,在这个空间里建立有一个最大间隔超平面;在分开数据的超平面的两边建有两个互相平行的超平面;建立方向合适的分隔超平面使两个与之平行的超平面间的距离最大化;其假定为,平行超平面间的距离或差距越大,分类器的总误差越小。

具体信息提取流程见图 1。

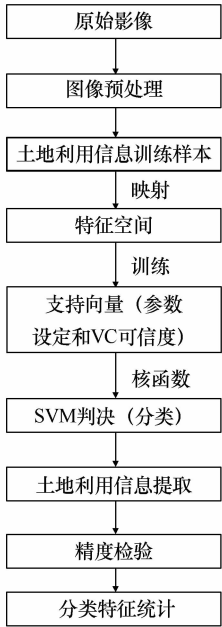


图 1 SVM 分类流程

(1)遥感图像预处理。

(2)SVM 样本训练。利用径向核函数把训练样本映射到高维空间,同时结合 SVM 训练样本设定相应的参数(如各类颜色),在特征空间中确定最优分类面,得到各样本的支持向量和 VC 可信度,并形成最终的判别函数。

(3)SVM 分类。将影像的待分类像元通过核函数映射到高维特征空间,利用判别函数进行分类,通过输入的参数和阈值进行判别(图像分类参数选择为 RBF 核函数,Gamma 值为 0.333,惩罚参数为 100),得出最终的分类结果,提取土地利用信息。

(4)精度检验。通过 GPS 实测数据(187 个实测数据)以及 2013 年土地利用分类数据对分类精度进行评价。

(5)分类特征统计(ArcMap)。在 ArcMap 中运用矢量化工具将分类图矢量化,并对矢量化的结果进行各个类别的地类面积以及不同时相地类转换进行统计。

3.3.3 面向对象分类

面向对象的分类方法实际上是以像元为基本单元,利用其光谱(颜色)信息进行信息的提取与归并。通过对影像的分割,使同质像元组成大小不同的对象。利用对象的空间特征和光谱特征进行分类,可以有效克服基于像元层次分类的不足。但该方法的不足是:分类结果对参数设置极其敏感,需要反复尝试以寻求最佳分割和合并参数,对于数据量较大的影像而言时间代价很大。

利用 eCognition 面向对象软件对研究区域进行影像分割,提取土地利用信息。具体流程见图 2。

(1)图像预处理。

(2)多尺度分割。使用多精度图像分割技术,对遥感图像进行多精度分割获得特征基元,并计算基元各种特征。

(3)影像分类。采用基于样本的监督分类以及基于规则的专题地物分类技术,实现监测区域的多级专题地物分类;本研究针对海岸带遥感监测的特点,设计两级分类体系。一级分类以影像光谱为主导特征,采用监督分类区分水域及水利设施用地、建设用地、农用地、滩涂以及未利用地 5 个类别;二

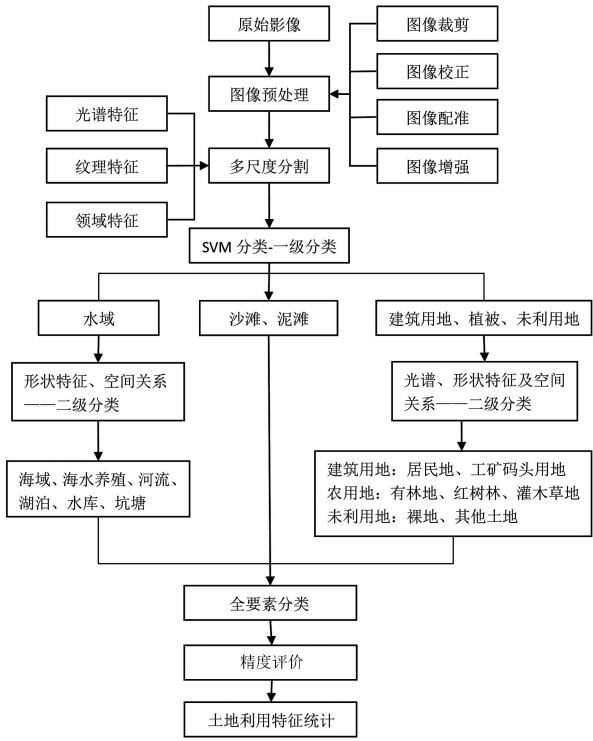


图 2 面向对象分类流程

级体系则是在一级体系基础上进一步细分,通过一级分类基元的光谱、形状以及空间关系的多特征分析,建立区分规则实现。

(4)分类精度评价。对分类结果的评价采用野外实地考察(187 个实测点数据)和 2013 年土地利用分类数据相结合的方法进行,两研究区分别随机抽取 100 个样本对象,进行误差矩阵的计算和精度评价。

(5)土地利用特征统计。与前面 SVM 分类的特征统计相似。

3.4 监测频率(时间分辨率)

由于地表过程变动直接影响使用遥感数据对现象的定性和定量的解释,使用不同时间分辨率的遥感数据可能会得到不同的研究结果,因此有必要研究动态监测的时间分辨率。频率是指研究区重采样的时间间隔,判断的标准是土地利用数据的变化率。

为探究合适的时间分辨率,本研究对深圳湾和大鹏湾两个重点片区分别试用不同的数据源,应用最大似然监督分类的方法,计算 2006—2010 年 5 年

中两个典型区每年的土地利用变化程度,参考变化的剧烈程度确定合适的遥感动态监测的时间分辨率。

为反映土地利用变化程度,这里引入土地利用变化幅度和动态度。土地利用变化幅度指土地利用类型在面积方面的变化幅度,其意义在于直观地反映不同类型在总量上的变化和变化的类型差异^[11]。在结合已有研究的基础上^[11-12],采用变化面积的绝对值代替原有的变化面积,采用除以初期总面积代替除以初期某一类型的面积,修改后的土地利用变化幅度的数学表达式为:

$$R = \frac{|S_{bi} - S_{ai}|}{\sum_{i=1}^n S_{ai}} \times 100\%$$

(1)

式中: S_{ai} 为研究初期第*i*类土地利用类型的面积; S_{bi} 为研究末期第*i*类土地利用类型的面积; R 为该类型土地利用类型的变化幅度。

土地利用动态度可定量描述区域土地利用变化的速度,对比较土地利用变化区域差异和预测未来土地利用变化趋势都具有积极的作用。动态度指数综合考虑研究时段内土地利用类型间的转移,着眼于变化过程而非变化结果,其意义在于反映区域土地利用变化的剧烈程度^[11]。本文为更好地反映区域在研究时段内土地利用变化的总体趋势,探究适宜的监测频率,在结合已有研究的基础上^[11,13],选用时段变化率代替原有的算术平均年变化率,修改后的公式如下:

$$L_c = \frac{\sum_{i=1}^n |S_{bi} - S_{ai}|}{2 \sum_{i=1}^n S_{ai}} \times 100\%$$

(2)

式中: L_c 为研究区域内土地利用的综合变化率。

4 实验结果及分析

4.1 影像数据的选择

4.1.1 研究区一(深圳湾北岸)

对深圳湾北岸地区采用 3 种数据源、使用 3 种不同分类方法可得土地利用分类图,对土地利用分类图进行分类精度对比,从分类精度的角度评价采用哪种数据、使用哪种方法会达到最好的效果(表 3)。

表 3 不同数据提取方法与数据源

分类方法	精度对比(深圳湾)			/%
	SPOT 5	ZY-3	Landsat 8	
最大似然值	79	81	80	
SVM	82	86	82	
面向对象	77	72	76	

从表 3 可以看出,ZY-3 影像的分类精度最高,使用 SVM 时精度达到 86%;Landsat 8 和 SPOT 5 在使用 SVM 分类时精度差别不大,但从视觉感受看,SPOT 5 影像的分类结果过于细碎,效果不如 Landsat 8 影像分类。由于深圳湾地类细碎、空间异质性强、变程短,故对影像数据的空间分辨率有一定的要求。ZY-3 的空间分辨率最高、辐射分辨率高、成像质量好,分类和提取的效果最好;空间分辨率较低的 Landsat 8 影像同样能达到较好的效果。因此,在资金充足的情况下,选择 ZY-3 影像进行深圳西部深圳湾地区的土地利用分类无疑是最佳的。

4.1.2 研究区二(大鹏湾东岸)

对大鹏湾东岸地区采用 3 种数据源、使用 3 种不同分类方法可得土地利用分类图,对土地利用分类图进行分类精度对比,从分类精度的角度评价采用哪种数据以及使用哪种方法会达到最好的效果(表 4)。

表 4 不同数据提取方法与数据

分类方法	源精度对比(大鹏湾东岸)			/%
	SPOT 5	ZY-3	Landsat 8	
最大似然值	83	84	86	
SVM	88	88	87	
面向对象	68	72	76	

从表 4 可以看出,使用 3 种数据源的分类效果差别不大。这是因为大鹏湾地区由于居民地等集聚在很小的区域中,使得大部分区域 S 、 L_c 比较单一,对遥感影像数据的空间分辨率要求不高,ZY-3、SPOT 5、Landsat 8 影像在该地区均有较好的效果。因此,在对精度要求不是极高的研究应用中,从经济和效率的角度出发,选择 Landsat 8 影像进行深圳东部大鹏湾地区的土地利用分类无疑是最佳的。

4.2 信息提取方法的选取

4.2.1 研究区一

对研究区一的信息提取方法的研究是基于其

最适数据源 ZY-3 的。从表 3 可以看出,支持向量机的分类效果最好,精度达到 85% 以上;其次是最大似然监督分类,精度在 80% 以上;最差的是面向对象分类,精度小于 75%。支持向量机分类法分类和提取专题信息的效果比较稳定,但分类和提取耗时长,对于 ZY-3 这样的高分影像,支持向量机存在运行速度过慢、效率低下等缺陷;最大似然监督分类法在稳定性、准确性特别是速度方面都具有较大优势,可以作为优先选择的分类和提取专题信息的方法,但其分类精度略低于支持向量机;面向对象分类法由于不能很好地将零散分布的植被与周围地物区分开,对这些对象分类精度较低,并且在山区还存在阴影干扰的问题,会将有或无阴影遮盖的同类地物识别成不同类别,但对于坑塘等分布集中且与背景对比度高的地类来说,由于其与周围地物边界明显、很难发生混淆,还是能够较好地地区分,总体来讲,面向对象分类法出图视觉效果优秀,但精度不如另两种方法。因此,在使用最佳数据源 ZY-3 且不考虑时间成本的情况下,选择支持向量机分类法为最佳。

4.2.2 研究区二

对研究区二的信息提取方法的研究以 Landsat 8 为数据源。从表 4 可以看出,最大似然法与支持向量机法分类精度相近,都在 80% 以上,但面向对象法的精度不高。最大似然分类法虽然在速度和准确性上比较平衡,但其对于海水养殖等用地类型的纹理识别表现并不好,并且对于沙滩和居民地这类光谱特性比较相近的地类区分效果欠佳;支持向量机分类速度虽然慢但分类精度较高,在不考虑时间成本的情况下,支持向量机分类法在此区域也是最佳选择;面向对象分类法对于离散分布的细碎地物的分类面积总是比真实值偏小,对大鹏湾而言主要是裸地、居民地等用地类型,而对于水库、坑塘等类型则 3 种方法分类效果都相对稳定。总体来说,支持向量机分类法略优于最大似然法,而后者又优于面向对象分类法,因此在人类活动稀少的海岸带区域且不考虑时间成本的情况下,采用支持向量机分类法为最佳。

4.3 监测频率

4.3.1 研究区一

2006—2010 年,在深圳湾北岸典型区,由式(1)算出,所有土地利用类型的变化幅度都比较大,其中最大的是居民地、变化幅度都在 20% 以上,其次是裸地,变化最小的海水养殖的变化幅度也在 5% 左右。由式(2)算出,综合土地利用动态度以大于 10% 的速度持续增加,土地利用变化速度也相应增加,土地利用变化剧烈。

因此,在以深圳湾北岸为研究区的人类活动频繁的典型区,在进行土地利用变化监测、植被遥感提取或湿地遥感监测时,如时间分辨率选择多年,即若干年进行一次回访调查,容易造成更大误差;如时间分辨率小于一年,即每年监测若干次,又容易受到季节和物候的干扰,将许多正常的物候变化判断成土地利用的变化,造成误判、影响精度。故本研究提出,在人类活动频繁的海岸带,遥感监测的时间分辨率以 1 年 1 次为佳。

4.3.2 研究区二

2006—2010 年,在大鹏湾东岸典型区,由式(1)算出,土地利用类型变化最大的是裸地,变化幅度在 11%~29% 之间,基本不到深圳湾北岸裸地变化的 1/2;其次是居民地;变化最小的是坑塘,变化幅度小于 2.5%。由式(2)算出,每年的土地利用变化综合动态度有增有减,但总的趋势是越来越高,土地利用变化相对缓慢,到 2010 年综合土地利用动态度达到 50% 以上。

因此,在以大鹏湾东岸为研究区的人类活动稀少的典型区,在进行土地利用变化监测、植被遥感提取或湿地遥感监测时,如时间分辨率为一年或每年多次,则容易造成人力和物力的浪费。故本研究提出,在人类活动不频繁的海岸带,遥感监测的时间分辨率以 5 年 1 次为佳。

5 结论

本研究实验结果总结如表 5 所示。总之,最佳分类方法都是 SVM 分类,对于人类活动频繁的海岸带区域,需要更高分辨率的数据源和较快的数据更新时间,对于人类活动稀少的海岸带区域,需要中等分辨率的数据源和较长的数据更新时间。

表 5 最佳方案选择

研究区域	数据源	信息提取方法	监测频率
研究区一	ZY-3 卫星影像	SVM 分类	1~2 年
研究区二	Landsat 8 卫星影像	SVM 分类	5 年

本研究选取两个典型区作为研究区,分别研究其土地利用遥感监测的最佳方案,包括数据源、信息提取方法以及监测频率,不仅为其他海岸带土地利用遥感监测提供方案选择,也提供合适的范式来确定海岸带遥感监测最佳方案。此外,本研究是基于特定研究区、特定研究时间段和特定影像的,所得结论的普适性还需要更多的研究来佐证。

参考文献

[1] 李秀梅,袁承志,李月洋. 渤海湾海岸带遥感监测及时空变化[J]. 国土资源遥感,2013,25(2):156—163.

[2] 黄海军,王珍岩,张忍顺. 航测、卫星遥感和研究海岸动态变化的误差分析[J]. 海洋科学,2002,26(3):8—10.

[3] 梁建,张杰,马毅,等. 2003—2009 年连云港港口围填遥感监测[C]//全国海岸带和海涂开发与管理学术研讨会. 青岛:中国海洋学会,山东(青岛市)海岸工程学会,2010.



(上接第 23 页)

5 结论与讨论

沿海岸线适宜性评价是岸线利用方向的重要依据。本文从生产空间、生活空间和生态空间 3 个方面建立由 3 个准则层、8 个中间层以及 18 个底层指标构成的岸线“三生”空间利用适宜性评价指标体系,对庄河沿海 12 个乡镇的岸线利用进行适宜性评价,并确定沿海 12 个乡镇岸线利用适宜分区。

适宜性评价分区表明:庄河市沿海岸线 12 个乡镇中,东部 4 个乡镇即栗子房镇、鞍子山乡、青堆镇、吴炉镇生态环境条件良好,属于生态适宜区,未来应防止污染破坏,作为生态空间重点保护;中部 4 个乡镇即大郑镇、昌盛街道、新华街道和兰店乡生活条件良好,属于生活适宜区,未来应引导居民流入,作为沿海岸线居民的主要生活空间;花园口经济区、兴达街道、城关街道和黑岛镇工业基础良好,未来应支持工业项目集聚建设,发挥临海工业优势,作为临海生产空间。

参考文献

[1] 张鸿翔,赵千钧. 海洋资源:人类可持续发展的依托[J]. 地球科

[4] 王娟,卞志国,崔先国,等. 遥感技术在海岸带监测中的应用:以天津滨海新区为例[J]. 山东科技大学学报:自然科学版,2010,29(3):20—25.

[5] 吴泉源,侯志华,逢杰武,等. 龙口市 20 年间海岸带变化的遥感监测[J]. 地球信息科学,2007,9(2):106—111.

[6] 鞠明明,汪润,张东,等. 基于面向对象图像分析技术的围填海用海工程遥感监测[J]. 海洋通报,2013,32(6):678—684.

[7] 李秦,高锡章,张涛,等. 最优分割尺度下的多层次遥感地物分类实验分析[J]. 地球信息科学学报,2011,13(3):409—416.

[8] 江冲亚,李满春,刘永学. 海岸带水体遥感信息全自动提取方法[J]. 测绘学报,2011,40(3):332—337.

[9] 王琳,陈上群. 深圳湾自然条件特征及治理应注意的问题[J]. 人民珠江,2001,15(6):4—7.

[10] 苍恒瑾,周静. 深圳大鹏半岛景观生态格局特征变化分析[J]. 安徽农业科学,2009,37(18):8765—8767,8775.

[11] 朱会义,李秀彬. 关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论[J]. 地理学报,2003,58(5):643—6501.

[12] 罗格平,周成虎,陈曦. 干旱区绿洲土地利用/覆被变化过程[J]. 地理学报,2003,58(1):63—72.

[13] 伍星,沈珍瑶,刘瑞民. 长江上游土地利用/覆被变化及区域分异研究[J]. 应用基础与工程科学学报,2008,16(6):819—828.

学进展,2003,18(5):806—811.

[2] 徐谅慧,李加林,杨磊,等. 浙江省大陆岸线资源的适宜性综合评价研究[J]. 中国土地科学,2015,29(4):49—56.

[3] 涂振顺,赵东波,杨顺良,等. 港口岸线资源综合评价方法研究及其应用[J]. 水道港口,2010,31(4):297—301.

[4] 陈诚. 沿海岸线资源综合适宜性评价研究:以宁波市为例[J]. 资源科学,2013,35(5):950—957.

[5] 林霞,王鹏,贾凯,等. 基于 GIS 的辽宁省围填海适宜性评价[J]. 海洋开发与管理,2015,32(5):27—29.

[6] 陈洪全. 海岸线资源评价与保护利用研究:以盐城市为例[J]. 生态经济,2010,26(1):174—177.

[7] 关伟,蔚振杰. 辽宁沿海经济带产业结构分析[J]. 地域研究与开发,2011,30(4):21—25.

[8] 刘弢,张亦飞,祁琪,等. 基于相互作用矩阵的象山港围填海适宜性评价[J]. 海洋开发与管理,2015,32(3):58—62.

[9] 周连义,汤凯,张森,等. 基于 GIS 的大连市渤海沿岸建设用地适宜性评价[J]. 国土与自然资源研究,2010(2):22—23.

[10] 武占云. “三生”空间优化及京津冀生态环境保护[J]. 城市,2014(12):26—29.

[11] 徐东辉. “生产、生活、生态”融合理念下的佛山市迳口华侨经济区开发建设规划[J]. 规划师,2013,29(2):72—79.