

文章编号: 1672-6685(2006)04-0063-05

连云港海岸带生态环境遥感分析与评价^{*}

周 立, 陆小兰, 江黔勇, 王 晶

(淮海工学院 空间信息科学系, 江苏 连云港 222001)

摘 要: 探讨了基于遥感技术的连云港海岸带生态环境质量及其动态变化的评价。采用 TM, SPOT 多光谱扫描仪图像波段, 通过各类遥感数据图像处理分析, 直接从遥感图像信息中提取水质信息、植物色素信息和海岸带污染信息动态变化因子, 在试验采样值的对比下, 测量海岸带生态环境时空分布动态变化。评价了连云港海岸带环境, 提出了水体污染主要来源是灌河河流入海排污、植被总面积增加的时空变化信息。

关键词: 遥感; 生态环境; 海岸带; 图像处理

中图分类号: P413; P208

文献标识码: A

Analysis and Evaluation of Lianyungang Coastal Eco-environment Based on Remote Sensing Image

ZHOU Li, LU Xiaolan, JIANG Qianrong, WANG Jing

(Dept. of Spatial Information Sciences, Huaihai Institute of Technology, Lianyungang 222001, China)

Abstract: This paper discusses the environmental quality in Lianyungang coast and makes evaluation to the dynamic change based on remote sensing image. After analyzing the each one remote data of spectru scanner, TM, SPOT spectrum data and remote data image processing are adopted to obtain information on water quality, plant chlorophyll and coast pollution. Depending on the contrast of sampling-value in the experimentation, we measured the dynamic change of temporal-spatial distribution in the coast environment. Besides, we made evaluation of the coast environment in Lianyungang, concluding that the major source of pollution comes from the Guanhe River, and the area of vegetation has been increased.

Key words: remote sensing; eco-environment; coast; image processing

0 引言

海岸带是一种特殊的生态环境, 其生物多种多样, 并且有海面温度、海浪、海风等复杂自然现象, 与人类的生产和生活息息相关。随着科学技术的不断发展, 人类开发并利用海岸带的规模和强度愈来愈

大, 对海岸带的影响也日益明显。比如人们生产、生活中产生的废弃物都排入到近海, 虽然海洋具有很强的自净能力和较大的环境容量, 但是如果排入的废弃物超过海洋的自净力和最大容量那就会造成污染, 特别是在人类活动频繁的近海海域及港湾。因此海洋及海岸地带的环境保护问题越来越受到人们的关注。

* 收稿日期: 2006 10 17; 修订日期: 2006 12 01

基金项目: 江苏省高校自然科学研究计划项目(03KJD42003)

作者简介: 周立(1959-), 男, 江苏宜兴人, 淮海工学院空间信息科学系教授, 主要从事地理信息系统、遥感、全球定位技术的应用研究,

(E-mail) zhoulilyg@yahoo.com.cn

连云港是新亚欧大陆桥的东桥头堡,是江苏省海上苏东战略与徐连经济带的重点发展区域,区位优势极为突出。《全国海洋开发规划》将其列为全国 3 个“海洋特殊开发区”之一,《中国 21 世纪议程》也强调将连云港建设成连接太平洋沿岸国家与中亚地区的国际港口城市、环境优美的旅游中心、国际贸易中心和交通枢纽。本文以遥感分析为手段,研究连云港近海岸海洋生态环境的时空演变,预测连云港海岸带环境变化,这对该地区社会经济可持续发展具有重要意义。

1 技术路线及方法

1.1 遥感图像处理

遥感图像是波谱探测传感器远距离记录地球表面地物光谱特征的结果,其所代表的反射或发射的能量大小是地物本身属性和状态的反映,是识别和研究不同物体及其相互关系和变化规律的依据。为了利用图像了解、分析地物,需要对图像数据进行补偿、增强处理,以取得人们感兴趣的信息。本次研究的图像数据处理过程如图 1 所示。

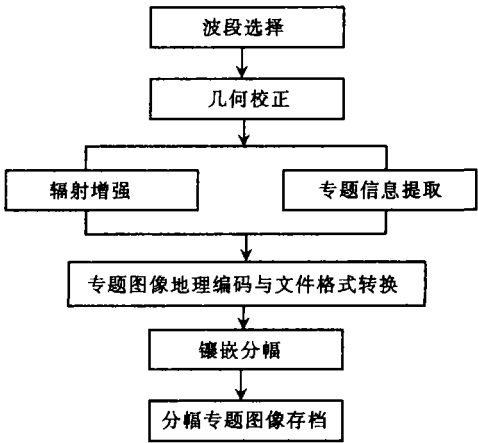


图 1 遥感图像数据处理过程

Fig. 1 Flow chart of remote sensing image processing

研究区域的遥感图像数据以 2000 年 3 月和 2003 年 10 月美国陆地卫星发布的 TM 图像为主, TM 图像每景覆盖面积为 185 km × 185 km, 拥有较高的光谱分辨率和几何分辨率。对于部分地区, 辅助以 1998 年 2 月的 SPOT 图像, 从而增加解译图像的几何分辨率。

由于研究区域绝大部分为山区, 地势起伏较大,

TM 数据的投影差问题比较严重。以常用的陆地卫星 TM 图像为例, 可以证明当测点位于卫星轨道星下点两侧边缘, 地形高差为 1 000 m 时, 投影差将使像元位移 113 m, 且随地形高差的增大而增大。与之相应, 解译的结果和统计分析的精度也受到了影响。所以, 需要对遥感图像进行几何校正处理。校正采用的参数如下。

(1) 控制点文件。控制点数据的精度根据总体要求控制在 1 个像元以内。

(2) 1: 1 万的 DEM。本区的 DEM 采用的是连云港市 1: 1 万地形图数字化生成, DEM 的坐标以 X, Y 表示, 坐标单元为 10 m, 根据投影差校正的近似公式为

$$\Delta\delta \approx -\frac{\Delta h}{H} \cdot r。$$
 (1)

可计算出 TM 图像的正射校正对 DEM 的精度约为 5 m, 而 1: 1 万的地形图等高距为 1~ 5 m, 根据 1: 1 万地形图的高程精度应当为等高距的 2/3, 即 3.5 m 左右。所以利用 1: 1 万地形图的 DEM 进行正射校正是满足要求的。

1.2 水体信息提取

遥感图像解译工作重点是海洋中海水质量的变化以及海藻类型的变化。在 TM 图像的 7 个波段中, 其中 TM1 对水体反射能力强、能够反射浅水水下特征; TM2 对水体有一定的透射能力; TM4 能绘制水体边界、探测水中生物的含量。由 TM1 与 TM2 和 TM4 合成的彩色图像则能提供大量的水质信息。

RGB 最佳波段组合采用 743 假彩色合成, 利用水体的透射波谱和 TM 各波段光谱识别标志。经过一定的对比度及色彩调整, 图像中水体表现为黑色, 影像特征基本清晰(图 2、图 3)。



图 2 TM743 彩色合成

Fig. 2 Color image synthesis of TM743

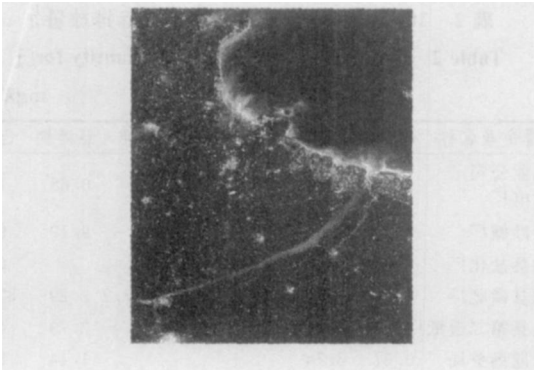


图 3 TM321 彩色合成

Fig. 3 Color image synthesis of TM321

1.3 土壤、植物绿色素信息提取

将缨子帽变换(K-T变换)和主成分分析(K-L变换)作为图像增强手段。采用缨子帽变换是根据对多波段遥感图像数据的信息结构分析而确定的一种正交性变换, TM 数据的基本结构可用三维空间中的一个植被平面、与之垂直的一个土壤和介于两者之间的过渡带来表示^[1-2]。通过对 TM 的 6 个波段的变换, 将植被、土壤和湿度 3 个特征分别用前 3 个分量亮度、绿度和湿度表征出来(见表 1)。植被平面包含了绿度和亮度信息的组合, 土壤平面包含了亮度和湿度信息的组合; 过渡带是植被面和土壤面之间的过渡或转化带, 可以考虑测量这两个面之间的角度来确定任何植被和土壤的混合情况。

表 1 缨子帽变换系数

特征	TM 波段					
	1	2	3	4	5	7
亮度	0.303 7	0.279 3	0.474 3	0.558 5	0.508 2	0.168 3
绿度	-0.284 8	-0.243 5	-0.543 6	0.724 3	0.084 0	-0.180 0
湿度	0.150 9	0.197 3	0.327 9	0.340 6	-0.711 2	-0.457 2
第四	-0.824 2	0.084 9	0.439 2	-0.058 0	0.201 2	-0.276 8
第五	-0.328 0	0.054 9	0.107 5	0.185 5	-0.435 7	0.808 5
第六	0.108 4	-0.902 2	0.412 0	0.057 3	-0.025 1	0.023 8

主成分分析(K-L变换)是在统计特征基础上的多波段正交线性变换, 其变换公式为^[3]

$$Y = T \cdot X。$$
 (2)

其中: X 为原图像 p 个波段的像元值向量, Y 为变换后产生的 q 个组分的像元值向量, T 为线性变换矩阵(由各波段之间的协方差矩阵产生的特征向量组成)。将 TM 的 6 个波段进行主成分变换, 然后把主成分变换结果前 3 个分量进行 RGB 彩色合成, 充分显示不同地物之间的差别。从图 4 可看出, 与

TM743 彩色合成图像相比, 地物边界更清晰, 光谱信息有所增强, 层次感较好, 更有利于地物识别和专题信息提取。图像中土地利用情况和植被影像特征基本清晰, 树林表现为绿色或浅绿色, 盐田表现为蓝色, 过度带表现为浅绿色。

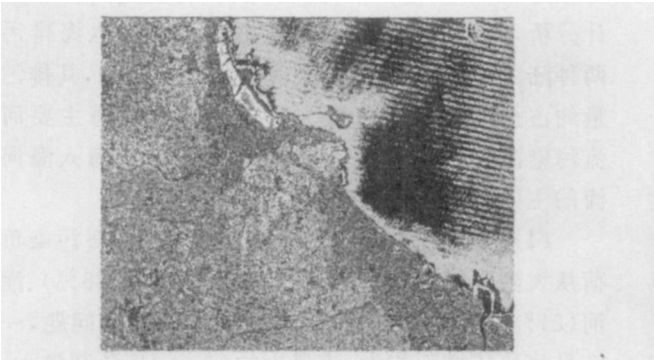


图 4 土壤、植物绿色素信息提取

Fig. 4 Distilled information of soil and plant chlorophyll

1.4 海岸带污染信息提取

将 TM 图像进行亮度、湿度、绿度的多光谱变换后, 然后进行二值化和彩色变换。其中粉红色区域代表污染范围以及海水污染程度, 根据面积可推出哪个区域污染严重, 陆地上则代表着注入大海的污染源。把全市临海企业直接入海重点污染源分布表示在遥感图上, 结果如图 5 所示。

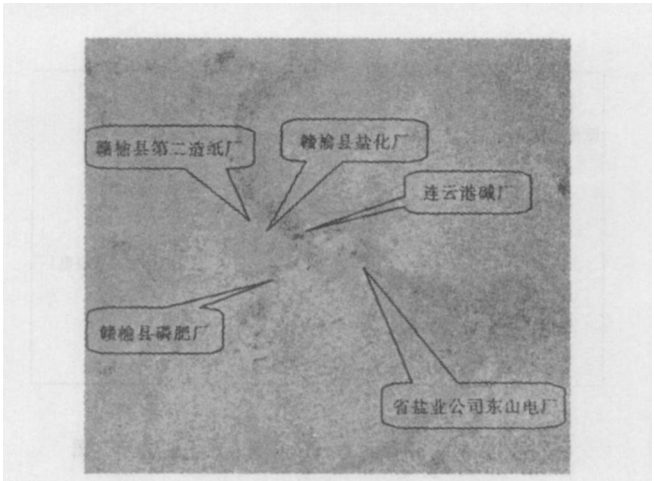


图 5 海岸带污染信息提取

Fig. 5 Distilled information of coast pollution

2 海岸带环境评价

2.1 水体污染

根据 1998 年全国第二次海洋污染基线调查资

料与提取信息比较, 全市海洋环境质量有所下降^[4], 表现在入海污染物增加, 海水生物和沉积物污染趋于严重, 近岸海域(- 20 m 等深线以内的海区) 的环境质量普遍比远岸海域差。

2.1.1 入海污染源 海洋污染源有陆源污染源和海上污染源两大类。根据海岸带污染信息遥感图统计分析, 在河流入海排污和临海企业直接入海排污两种陆源污染源中, 河流入海排污是主要的, 其排污量约占全部排污量的 70%。连云港市沿海主要河流污染源按顺序依次是灌河、沙旺河。沿海入海河流的主要污染物依次是铵氮、COD 和镉^[4]。

(1) 河流入海排污。连云港市河流入海污染负荷从大到小依次是临洪河(33%)、新沂河(28%)、灌河(21%)、沙旺河(4%)。这反应了两方面问题, 一个是河流流域面积大、流量大的河流污染负荷较大, 如灌河、新沂河, 另一个是纳污河流污染负荷较大, 如临洪河、沙旺河。

河流入海排污以农田农药和化肥的使用及养殖废水排海为主。污染物排海数量取决于它们的使用强度, 采用施用强度和废水量进行排序, 农田化肥施用强度和农药施用强度较大的是连云港市区, 养殖废水排海量最大的是连云港市区, 海上渔轮泻油量最大的是赣榆县。

(2) 临海企业直接入海排污。连云港市临海企业直接入海重点污染源分布如图 6 所示。



图 6 全市临海企业直接入海重点污染源分布图
Fig. 6 Distribution of major pollutant sources from coastal enterprises

临海企业直接入海重点污染物的等标排放量的计算采用《污水综合排放标准》(GB 8978-1996) 的一级标准。连云港市 2000 年直排企业污染物等标排放量计算结果列于表 2。

表 2 2000 年直排企业污染物的等标排放量

Table 2 Standard pollutant letting quantity for enterprises in 2000

直排企业名称	石油类	COD	硫化物	氟化物	砷	悬浮物	合计
省盐业公司		0.43				0.88	1.31
东山电厂							
连云港碱厂						9.19	9.19
赣榆县盐化厂		6.49					6.49
赣榆县磷肥厂		3.46	7.6	4.95	13.23	29	32.50
赣榆县第二造纸厂		2.06				2.79	4.85
连云港港务局	0.07	3.74				1.44	5.25
合计	0.07	16.11	7.6	4.95	13.23	7.59	579.34

注: 表中空白为未检测到该指标。

2.1.2 海水水质状况 海州湾海域水体中的污染物主要是营养盐、汞、铅、有机物和油。海州湾海域在一定程度上受到营养盐类的污染, 依据《中国污染水体光谱特征》营养盐类污染光谱曲线^[5] 对比分析, 在遥感图像上有一定反映。资料[4] 中显示该海区水体中营养盐综合污染指数在 0.19~1.72 之间, 本区营养盐平均综合污染指数为 0.63, 难降解有机物综合污染指数均未超过 0.20, 重金属平均综合污染指数为 0.5755。这些均对沿海海域的水质产生较大影响。

2.2 海岸带植被

连云港海滨植被种类组成较简单, 不少是单种优势群落, 甚至为单种群落, 主要是以禾木科为主。海岸植被类型有针叶林、阔叶林、混交林、林网、沼生植物等^[6]。沼生植物主要以芦苇为主, 从海堤外的滩涂洼地至堤内河流、池塘及湿地分布特别普遍。根据 RGB 合成影像中海岸带植被浅绿色分布状况统计(图 7), 连云港海岸带总树木蓄积量为 $33.4 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。其中, 防护林 $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3$, 散生林 $0.3 \times 10^4 \text{ m}^3$, 四旁树 $3.9 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

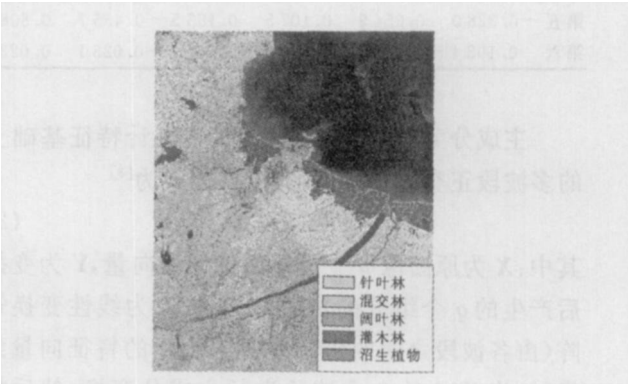


图 7 海岸带植被分布图

Fig. 7 Distribution of the vegetation along the Coast

植被变化的监测主要是监测植被的消失和增长情况,其主要对象是植被,因而对于非植被因素(如阴影)引起的伪变化信息都予以剔除。利用阈值法从差值图像获得的变化信息中通常包含一些伪变化^[7]。通过对连云港市差值图像中包含的信息进行分析,认为其中存在 3 种伪信息变化: ① 非植被之间的变化,去滩涂与水体、城市用地与水体之间的变化。由于这些非植被之间的 NDVI 差值也很大(如滩涂和城市用地的 NDVI 值就比水体的高将近 0.3~0.4),因而其变化也很好地被差值运算图像反映出来。② 林地受阴影的影响较为严重。这些阴影影响 NDVI 值表现出比无阴影影响的林地的 NDVI 值要低得多,从而在变化监测中也认为是变化的信息,而实际上没有发生变化。③ 由于不同的季节,耕地的耕作方式差别较大,在变化监测中这些耕地的不同方式的转换也被监测成了变化信息,但实际上这种变化的信息并不是由真正意义上植被的变化引起的,而是与农作物的农事历密切相关,因而也认为是伪变化。

将变化信息提取出来后,根据遥感图像植被分类图进行对比分析,将伪变化剔除。

表 3 2001—2003 年植被变化信息

Table 3 Information of vegetation change from 2001 to 2003

年份	变化 类型	林地/ k _h m ²	草地/ k _h m ²	水田/ k _h m ²	旱地/ k _h m ²
2001—2003 年 变化的信息	增加	13.68	28.54	9.88	7.76
	减少	6.91	7.75	19.96	11.76
总的变化情况		7.77	20.79	-10.08	-4.00

通过对表 3 进行分析可以看出,连云港海岸带 2001 年到 2003 年间,植被总的面积增加了 14.48 k_hm²,其中,林地增加 7.77 k_hm²,草地增加 20.79 k_hm²,水田和旱地各减少 10.08,4.00 k_hm²。根据环境和社会的需要,一些公共设施的建设,预计在今后的几年里,随着城市的进步,城市建设的加快,水田和旱地仍然会减少,且减少的幅度加大。根据土

地利用分类图分析,土地利用类型转化的主要方式为:耕地向城乡建设用地转变、城市绿化面积增加、植树造林等。

3 结束语

利用遥感技术对连云港海岸带的生态环境(植被、水体)进行分析与评价。从光谱特性和植被生物量、水体污染的角度讨论了应用遥感图像处理技术进行环境遥感分析与评价的方法。与其它方法相比,具有高效率 and 低成本等突出优点。分析与评价了水体污染主要来源于河流入海排污和临海企业直接入海排污的空间格局,提出了入海排污重点灌河等河流入海排污源河流的排序。根据遥感植被分类和植被指数生物量分析,提出了植被时空变化信息,评价了城市化进程与植被增长的关系,得到了连云港海岸带生态环境变化趋势。研究结果将为保护连云港海岸带生态环境,实现可持续发展,创建生态环境文明城市提供科学的参考和依据。

参考文献:

[1] 梅安新,彭望,秦其明. 遥感导论[M]. 北京: 高等教育出版社,2001.

[2] 孙天纵,周坚华. 城市遥感[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社,1995.

[3] 赵英时,陈冬梅,周心铁,等. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京: 科技出版社,2003.

[4] 国家海洋局. 全国第二次海洋污染基线调查[M]. 北京: 海洋出版社,1998.

[5] 赵冬至,刘玉机. 中国污染水体光谱特征[M]. 北京: 海洋出版社,2001.

[6] 蔡则健,吴曙亮. 江苏海岸线演变趋势遥感分析[J]. 国土资源遥感,2002(3): 19-23.

[7] 郭程轩,甄坚伟. 基于 TM 图像的城市生态绿地格局分析与评价[J]. 国土资源遥感,2003(3): 33-36.

[8] 北京环境保护科学研究院. 环境影响评价典型实例[M]. 北京: 化学工业出版社,2002.

(责任编辑: 褚金红)