

东北区域水体密度指数估算方法^{*1}

祝青林¹⁾ 刘 莉²⁾ 尹文昱¹⁾ 王丽娜³⁾

¹⁾(大连市气象台, 大连 116001) ²⁾(大连市气象局, 大连 116001)

³⁾(大连市人工影响天气办公室, 大连 116001)

摘 要

水体密度指数是生态质量气象评价的一个重要指标。该文提出了一种利用 MODIS 遥感数据估算水体密度指数的方法, 首先利用水体与地物遥感光谱特性的差异, 对指示性水体的面积进行精确识别和提取; 通过选择不同时相 MODIS 数据与地面水文观测资料建立统计关系模型, 实现对区域水环境面积的估算; 最后计算归一化权重系数, 实现东北地区水体密度指数的估算。

关键词: 生态质量气象评价; 水体密度指数; 标准化指标

引 言

生态质量气象评价是从气象对生态质量的影响角度选定指标体系和质量标准, 运用恰当方法评价某区域生态质量的优劣及其影响。通过评价准确反映某一时段内生态质量状况的变化趋势, 为有关部门开展生态建设规划和研究治理提供科学决策依据。2005 年中国气象局采用湿润指数、植被覆盖指数、水体密度指数、土地退化指数、灾害指数作为生态环境质量的评价指标。其中水体密度指数是指被评价区域内水体面积占被评价区域面积的比例, 用于反映被评价区域水体对生态环境的贡献, 是评价生态质量的重要指标之一^[1]。

水体密度指数时空变异性很大, 采用常规方法很难估算, 目前主要借助遥感技术来实现^[2]。针对大面积区域, 遥感具有传统调查方法不可比拟的优势, MODIS 数据较高的时空分辨率特性为水体密度指数评估提供良好的精度和效率保障^[3-4]。利用遥感估算水体密度指数主要有 3 个关键的技术问题, 分别为水体识别、区域水体面积监测和指数标准化。水体识别和大水域的面积监测已有广泛研究^[5-7], 目前水体范围提取方法主要有阈值法和综合多波段信息识别法^[8-10], 两种方法都是利用水体的

光谱特性, 其中阈值法简便易行, 综合多波段信息识别法的精确度更高, 但不利于业务化。受分辨率影响, MODIS 遥感还无法实现区域内所有水体的监测。

本文在综合以往研究的基础上, 考虑资料的代表性和可获取性, 设计了遥感估测区域水体面积方案, 结合地区地面监测数据, 实现了东北地区水体密度指数估算。

1 水体密度指数估算中的问题

水体密度指数也被称为水环境指数, 一般将水体密度指数定义为被评价区域水体面积占被评价区域面积的比例, 水体面积包括河流、湖泊、水库、近海等。中国气象局 2005 年试行的文件中采用以下公式计算:

水体密度指数 = 水体面积 / 区域面积 (1)
式(1)中, 水体面积采用评价时段内平均水体面积。

各地水体分布不均, 面积大小不一, 而且季节性差异显著, 因此如何利用现有资料估算区域水体面积是计算的关键问题之一。随着遥感技术在气象部门的普及, 特别是卫星数字电视广播系统(DVBS)的建立, 各省和部分市都能获取 EOS/MODIS, NOAA 和 FY 系列卫星资料, 为解决水体监测问题提供了

* 中国气象局项目“东北地区生态与粮食安全监测评价预警系统”和大连市科技委项目“基于 GIS 的大连气候资源空间化研究”(2006E21SF083)共同资助。

2008-06-11 收到, 2009-02-25 收到再改稿。

数据支持。但是遥感监测适合面积较大的湖泊、水库的识别,对于小面积水体和水体变化监测精度还不够,如何实现区域全部水体的面积监测也是一个难题。另外河流、近海对当地的生态质量影响不可忽视,如何体现到水体密度指数中,需要在设计指标中体现出来,同时要兼顾指标的可行性和科学性。

2 水体密度指数估算

2.1 水体识别

目前中国气象局 DVBS 系统广播的极轨卫星包括 NOAA/AVHRR 系列、FY-1D 和 EOS/MODIS,这些遥感卫星都可以实现对水体的监测。MODIS 数据与 AVHRR 数据相比空间分辨率得到提高,与 TM, SPOT 数据相比有更高的光谱分辨率,而时间分辨率与 NOAA 卫星基本保持一致。因此,MODIS 数据具有易获取性、覆盖范围广泛、周期短和连续性好的特性,适于水体信息的提取。

水体遥感监测的关键在于水体信息的精确识别和提取。通过光谱分析可知水体、植被、裸土等在可见光和近红外波段的反射光谱特性有较大差异。水体在近红外通道有很强的吸收,反射率很低,在可见

光通道的反射率较近红外通道高,植被在可见光通道的反射率较近红外低,在近红外通道波长范围内,植被的反射率明显高于水体,而在可见光通道波长范围内,水体的反射率高于植被。裸土的反射率在可见光通道波长范围高于植被和水体,在近红外通道高于水体,低于植被。因此在遥感监测中主要借助近红外波段确定水体的位置和边界。

根据水体的光谱特征,提取水体面积主要采用差值法、比值植被指数、归一化差分水指数和归一化差分积雪指数来实现,根据近几年的研究成果^[11-12],归一化差分水指数法的识别精度和效果均好于其他方法。因此,本文采用归一化差分水指数法进行水体面积遥感估测。

首先采用 EOS-MODIS 卫星数据接收处理系统,对 MODIS 数据进行定标、几何精校正、投影变换和数据融合等预处理,生成包括 MODIS 资料通道 1~36 的全部信息数据集。本文主要利用通道 1, 2, 4 数据,通道 1, 2 数据的分辨率为 250 m,通道 4 数据的分辨率为 500 m。对通道 4 数据进行插值计算,产品最终的分辨率为 250 m。相关通道的基本属性如表 1 所示。

表 1 MODIS 相关通道的属性
Table 1 The band parameters of MODIS

通道	用途	带宽 /nm	光谱辐射率/($W \cdot m^{-2} \cdot \mu m^{-1} \cdot sr^{-1}$)	要求信噪比
1	陆地/云/汽溶胶	620~670	21.8	128
2	边界	841~876	24.7	201
4	陆地/云	545~565	29.0	228

归一化差分水指数法 I_{NDW} 的计算公式为:

$$I_{NDW} = \frac{R_{CH4} - R_{CH2}}{R_{CH4} + R_{CH2}} \quad (2)$$

式(2)中, R_{CH2} , R_{CH4} 分别代表通道 2, 4 反射率。 I_{NDW} 主要利用近红外波段和绿光波段的反差构成来抑制植被信息,突出水体特征,从而提取水体。通道 1 主要用于剔除阴影信息^[11,13]。运算前后数据以栅格形式存储,数据的基本单元为像元,每个像元的面积一定,总面积即判识为水体的各个像元面积之和。总面积的提取主要借助 ENVI(The Environment for Visualizing Images)软件完成。

2.2 区域水体面积估算

受分辨率影响,MODIS 监测小面积水体精度不够,而水体密度指数要求反映整个区域水体情况。因此,本文提出指示性水体的概念来实现区域水体

面积的监测,指示性水体是指综合考虑本区域的水文环境、气候分区选择有区域代表性的、可以为 MODIS 监测的大型湖泊和水库。指示性水体可以通过 2.1 节的方法实现面积的遥感监测。

指示性水体的选择,需要突破行政区域的限制,部分大型水体在两市交界处或同时影响到几个地区,可以同时作为不同地区的指示性水体。部分指示性水体遥感监测图像如图 1 所示。

从水务部门获取对应有遥感资料时段的水体信息,包括指示性水体的面积、其他水体面积、河流长度、海岸线长度等资料,建立水体基本信息数据库。以此为基础,通过选择不同时相,包括丰、枯水季节的样本,进行指示性水体和区域水体总面积的统计分析。建立指示性水体与总水体面积间关系模型,实现利用遥感监测的指示性水体面积来估算区域总

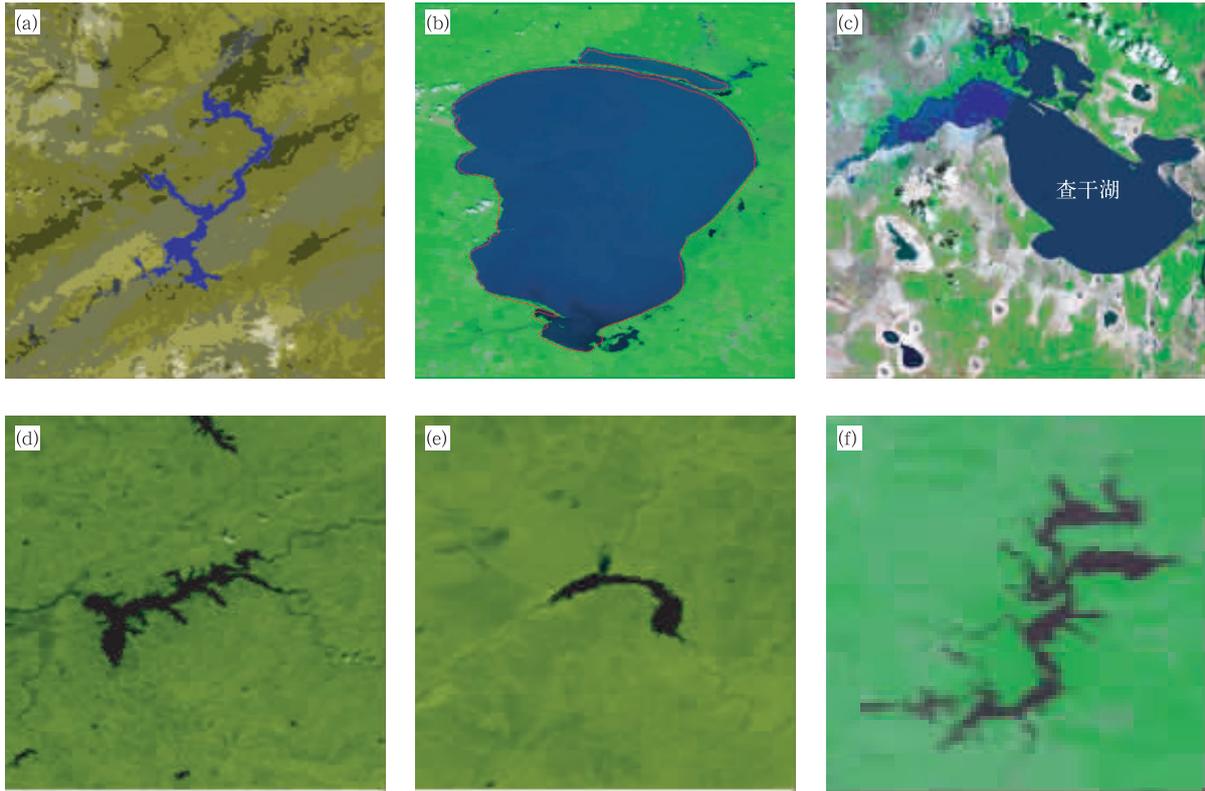


图1 遥感监测的部分指示性水体信息

(a) 镜泊湖, (b) 兴凯湖, (c) 查干湖, (d) 大伙房水库, (e) 白石水库, (f) 碧流河水库

Fig. 1 Part of remote sensing images of indicative water bodies

(a)Jingpo Lake, (b)Xingkai Lake, (c)Chagan Lake, (d)Dahuofang Reservoir,

(e)Baishi Reservoir, (f)Biliuhe Reservoir

水体面积。

$$S_a = f(S_i) \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

式(3)中, S_a 为区域湖库总面积, n 为指示性水体个数, S_i 分别为 1 到 n 的指示性水体遥感监测面积。

以大连地区夏季评估为例, 5 个指示性水体分别选择碧流河水库、英那河水库、松树水库、东风水库和转角楼水库, 设自变量 S_1, S_2, S_3, S_4, S_5 分别代表这些指示性水体的 MODIS 监测面积, 因变量 S_a 为大连市湖库总面积。统计样本选择尽可能多的晴天遥感数据, 时段为 2004—2006 年的 6—8 月, 共计 89 幅图像, 结合相对应的地面数据利用 SPSS (Statistical Product and Service Solutions) 进行统计分析, 结果如下:

$$S_a = 29.01 + 4.17 \times S_2 \quad (4)$$

2.3 标准化方案

水体密度指数是一个标准化的指数, 需要综合考虑河流、湖库、海洋等水体的贡献^[14-16]。考虑到沿海地区生态环境受海洋生态系统的影响很大, 在

评价中引入了近海作为沿海区域水网的一个因素。

$$\text{水体密度指数} = (K_{riv} \times \text{河流长度} + K_{lak} \times \text{区域水体面积} + K_{sea} \times \text{海岸线长度}) / (\text{总面积} - \text{湿地面积}) \quad (5)$$

式(5)中, $K_{riv}, K_{lak}, K_{sea}$ 为归一化权重系数, 可由 $100/A_{max}$ 计算得到, 其中 A_{max} 分别为评价区域内、归一化处理前的河流长度、区域水体面积和海岸线长度的最大值。区域水体面积指除河流、海洋外的湖库水体面积。以东北三省(以省为基本单位)评价为例, 区域水体面积黑龙江省最大, 则 K_{lak} 的计算中 A_{max} 取黑龙江省区域水体面积值; 如评价东北三省(以地级市为基本单位), 则采用东北三省内地级市中的最大值。

分别计算东北区域河流长度、区域水体面积、海岸线长度的归一化系数, 结合各市总面积、河流长度、海岸线长度以及采用 2.1 节和 2.2 节方法估算的区域水体面积, 计算东北区域夏季水体密度指数。结果如图 2 所示。

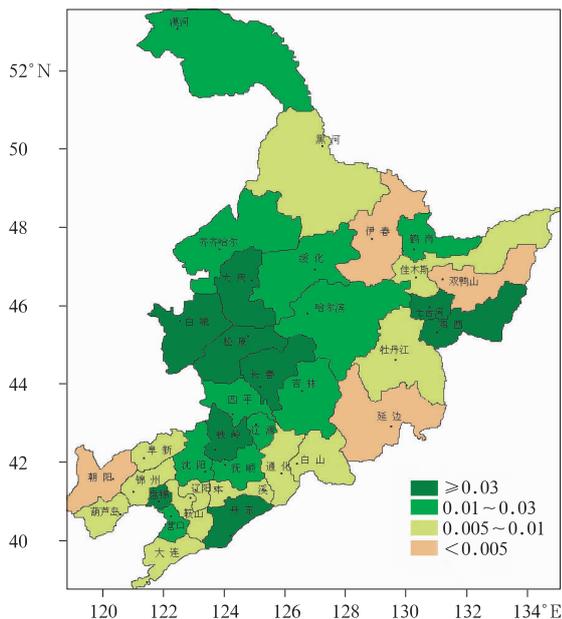


图2 2006年夏季东北区域水体密度指数

Fig. 2 Water bodies density index of Northeast China in summer of 2006

3 结论与讨论

本文首次明确提出了一种水体密度指数的具体估算方法,利用 MODIS 遥感资料,借助水体遥感模型运算,获得水体识别解译指标,实现对水体信息的精确提取。同时结合实际调查数据,实现了区域水体面积监测和水体密度指数的标准化。提出的方案结合了遥感监测与地面调查资料的优点,综合考虑了当地的水库、湖泊、河流、海洋、湿地的影响,较全面地反映了水对生态环境的贡献。

在水体密度指数的计算上,充分利用了遥感资料在大面积、动态监测方面的优势,解决了水体密度指数估算的关键性问题。利用相关统计方法把实测区域总面积资料和遥感指示性水体面积结合起来,实现了对不同尺度水体面积的估算。同时结合国内外研究的最新进展,综合考虑各种水体的影响,提出了生态质量气象评价中水体密度指数的标准化方案,解决了近海地区估算水体密度指数的问题。

本方案的优点是可以较方便地获取选择的资料,满足各地气象部门生态质量气象评价业务中水体密度指数的估算,为进一步开展生态业务提供了新的尝试。建立的指标遵循了代表性和方便实用性

原则,在建立了基本的水库信息数据库后,可完全依赖于气象部门资源。但目前没有继续考虑冬季部分地区水体结冰情况,需要在以后的研究中进一步补充。本方案将省、市作为基本评估单位,对于没有 MODIS 资料的地区和县级单位不适合。随着我国遥感卫星的发展和普及,气象部门可获得更高精度的资料,监测精度将得到进一步提高,通过调整研究方案,可以更好地实现水体密度指数计算。

参考文献

- [1] 中国气象局. 生态气象观测规范(试行). 北京:气象出版社, 2005:3-221.
- [2] 国家环境保护总局. 生态环境状况评价技术规范(试行). 中华人民共和国环境保护行业标准, 2006:1-6.
- [3] 李洪义, 史舟, 郭亚东, 等. 基于遥感与 GIS 技术的福建省生态环境质量评价. 遥感技术与应用, 2006, 21(1):49-54.
- [4] 刘少军, 张京红, 李天富, 等. 基于 GIS 组件技术的生态质量气象评价系统. 气象与环境学报, 2006, 22(3):51-53.
- [5] 刘瑞霞, 刘玉洁, 郑照军, 等. 博斯腾湖面积定量遥感. 应用气象学报, 2006, 17(1):100-105.
- [6] 张文健, 潘锡元, 刘诚, 等. 卫星遥感监测大气与环境科学原理和技术——2002 年度卫星遥感监测与分析. 北京:气象出版社, 2004:99-123.
- [7] Sheng Yongwei, Gong Peng, Xiao Qiangang. Quantitative dynamic flood monitoring with NOAA AVHRR. *Int J Remote Sens*, 2001, 22(9): 1709-1724.
- [8] 周成虎, 杜云艳, 骆剑承. 基于知识的 AVHRR 影像的水体自动识别方法与模型研究. 自然灾害学报, 1996, 5(3): 100-108.
- [9] 梁益同, 胡江林. NOAA 卫星图像水体信息神经网络识别方法的探讨. 应用气象学报, 2001, 12(1): 85-90.
- [10] 李洪义, 史舟, 沙晋明, 等. 基于人工神经网络的生态环境质量遥感评价. 应用生态学报, 2006, 17(8): 1475-1480.
- [11] 闵文彬. 长江上游 MODIS 影像的水体自动提取方法. 高原气象, 2004, 23(增刊):141-145.
- [12] 王志辉, 易善楨. 不同指数模型法在水体遥感提取中的比较研究. 科学技术与工程, 2007, 7(4):534-537.
- [13] 刘玉洁, 杨忠东. MODIS 遥感信息处理与算法. 北京:科学出版社, 2001: 185-260.
- [14] 孙凡, 李天云, 黄轲, 等. 重庆市生态安全评价与监测预警研究——理论与指标体系①. 西南农业大学学报(自然科学版), 2005, 27(6):757-762.
- [15] 俞义, 王深法, 陈苇. 水网平原区人居环境质量评价指标体系及其可行性研究. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2004, 30(1):27-33.
- [16] 魏丽, 黄淑娥, 李迎春, 等. 区域生态环境质量评价方法研究. 气象, 2005, 31(1):23-28.

Method to Evaluate Index of Water Bodies Density in Northeast China

Zhu Qinglin¹⁾ Liu Li²⁾ Yin Wenyu¹⁾ Wang Lina³⁾

¹⁾ (*Dalian Municipal Meteorological Office, Dalian 116001*)

²⁾ (*Meteorological Bureau of Dalian, Dalian 116001*)

³⁾ (*Dalian Weather Modification Office, Dalian 116001*)

Abstract

Meteorological assessment of ecological qualities is proposed by China Meteorological Administration. The assessment is applied to evaluate ecological quality and its effect with appropriate indexes and proper methods. The trial evaluation scheme of ecological quality meteorology selects humidity, vegetation coverage, water environment, land degeneration, and disaster occurrence indexes for evaluation, among which water environment is the most important one. However, there isn't a satisfactory way to evaluate index of water environment so far.

A practical method is proposed to evaluate the contribution of water body to ecological quality using MODIS data and ground observational data. Moderate resolution imaging spectroradiometer data is obtained from DVBS (Digital Video Broadcast by Satellite) by China Meteorological Administration. And the ground observational data is obtained from Water Affairs Bureau.

First, several huge water bodies are chosen, as small area water bodies cannot be well monitored by MODIS. The area of these indicative water bodies has a preferable relationship with that of total water bodies. By analyzing water and other objects' spectral characteristics on EOS/MODIS images, the distinguished water compound bands are decided to get the method to recognize water area from remote sensing images. Then the threshold values of the channel reflectance and bright temperature of MODIS data are determined to distinguish water body from other objects. MODIS data of clear days in different seasons are adopted as much as possible to make statistical comparisons with ground observational data, thus a regression model can be set up between areas of indicator water bodies and total water area.

Second, river length, lake and reservoir areas and length of coastline are chosen as indicators of water environment index. Each indicator has a weight to decide its contribution to water environment index, and the weight is calculated by normalization methods. So the water environment index is calculated by the summation of river length, lake and reservoir areas and length of coastline multiplied their weights respectively.

Finally, the method is applied to evaluate water body indexes in Northeast China, and is proven feasible and practicable.

Key words: meteorological assessment of ecological qualities; water bodies density index; standardized index