

Ecological Environment Changing Research Based on Multi-Temporal Remote Sensing Ecological Index of Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area

Huajian Zheng

Institute of Land Resources Surveying and Mapping in Guangdong Province, Guangzhou Guangdong
Email: zhenghuajian@foxmail.com

Received: June 12th, 2019; accepted: June 27th, 2019; published: July 4th, 2019

Abstract

Taking Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area (GBA) as a research area, using the multi-temporal Landsat series of remote sensing data, four indicators of greenness, humidity, temperature and dryness were extracted, and the remote sensing ecological index was established by principal component analysis to quantitatively evaluate the ecological environment of GBA. The situation changes, the research shows that: the ecological environment quality of GBA was dominated by excellent grades and good grades in 2008, accounting for 98.40% of the area; the ecological environment quality of the region was dominated by excellent grades in 2013 and 2017. The proportion of the area is 86.21% and 86.45% respectively; in the three years, the proportion of the ecological environment with poor quality and poor grade is small. Between 2008 and 2013, the area of excellent eco-environment quality increased significantly, with a growth rate of 37.39%. From 2013 to 2017, the proportion of eco-environmental quality grades and poor areas decreased by 0.1% and 0.4% respectively. The decline of ecological environment quality in GBA is closely related to the decrease of vegetation coverage and the increase of surface temperature.

Keywords

GBA, Remote Sensing Ecological Index, Principal Component Analysis

基于多时相遥感生态指数的粤港澳大湾区生态环境变化研究

郑华健

广东省国土资源测绘院, 广东 广州
Email: zhenghuajian@foxmail.com

收稿日期：2019年6月12日；录用日期：2019年6月27日；发布日期：2019年7月4日

摘要

以粤港澳大湾区为研究区，利用3个时相的Landsat系列遥感数据，提取绿度、湿度、温度、干度4个指标，通过主成分分析建立遥感生态指数，定量评价粤港澳大湾区生态环境状况变化，研究表明：2008年粤港澳大湾区生态环境质量以优等级与良等级为主，其面积所占比例达98.40%；2013年和2017年该地区生态环境质量以优等级为主，其面积所占比例分别达86.21%和86.45%；三个年份中生态环境质量较差和差的等级所占面积比例均较小。2008~2013年间，生态环境质量优的面积大幅增加，增长比例为37.39%；2013~2017年间，生态环境质量等级较差和差的面积比例有所减少，分别减少了0.1%和0.4%。粤港澳大湾区生态环境质量的下降与植被覆盖度的减少和地表温度的升高有着密切关系。

关键词

粤港澳大湾区，遥感生态指数，主成分分析

Copyright © 2019 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来，随着社会经济的快速发展，中国的城市化发展飞速，由此产生的城市人口、资源与环境之间的矛盾日益突出。准确地对城市区域生态环境进行评价，有利于更好地实现区域可持续发展。遥感技术以其大面积、快速、可重复观测等优点，被广泛地应用于生态环境领域。目前基于遥感信息进行生态环境评价的研究大多使用单一的生态环境指标[1]，如利用地表温度评估城市热岛效应[2]、使用水体指数进行水域环境研究[3]、利用植被指数监测植被覆盖变化[4]等。目前进行城市地区的生态环境评价标准普遍使用2006年原环境保护部颁布的《生态环境状况评价技术规范》[5]，主要是基于生态环境状况指数(EI)，然而EI存在一定不足之处[6]，徐涵秋于2013年提出了新型遥感生态指数(Remote Sensing Based Ecological Index, RSEI)，该指数完全基于遥感信息、可将多个生态因子综合[6][7]，能够快速、客观地评估城市生态环境质量，具有一定实践意义，已经得到了广泛的应用。宋慧敏等[8]基于RSEI进行了渭南市生态环境质量动态监测与分析，发现研究区生态环境质量受城市规划建设影响较大，王丽春等[9]使用RSEI对新疆玛纳斯湖湿地生态环境质量状况及其时空变化进行监测和评价，发现流域生态环境质量“较差”等级居于主导地位，“优”等级有所增加，湿地生态环境质量向好的方向发展。

粤港澳大湾区作为中国开放程度最高、经济活力最强的区域之一，在国家发展大局中具有重要战略地位。2019年2月18日，中共中央、国务院印发《粤港澳大湾区发展规划纲要》，做出推进粤港澳大湾区建设的重大决策。按照规划纲要，粤港澳大湾区不仅要建成充满活力的世界级城市群、国际科技创新中心、“一带一路”建设的重要支撑、内地与港澳深度合作示范区，还要打造成生态环境良好的优质生活圈。目前针对粤港澳大湾区的生态环境状况变化研究较少，基于RSEI模型进行的较大范围与较长时间序列的地区生态环境质量状况研究也较为少见，因此，本文采取主成分分析法，使用RSEI对粤港澳大湾区2008~2017年的生态环境状况变化进行分析，以期为该地区今后生态环境建设提供科学建议。

2. 研究区与研究方法

2.1. 研究区概况

本文以粤港澳大湾区(Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area)(GBA)为研究区。粤港澳大湾区由香港、澳门两个特别行政区和广东省广州、深圳、珠海、佛山、惠州、东莞、中山、江门、肇庆(珠三角九市)组成,位于广东省珠江下游,属亚热带季风气候,降水充沛,年平均降水量在 1300~2500 毫米之间,主要地形为平原,总面积 5.6 万平方公里。2018 年末地区总人口已达 7000 万人,是中国开放程度最高、经济活力最强的区域之一,在国家发展大局中具有重要战略地位。

2.2. 数据预处理

本文以覆盖研究区的 Landsat 系列遥感影像作为数据源,分别为 LandsatTM (2008 年)、Landsat 8 (2013 年和 2017 年)。为了减少不同时相影像在地形、大气和光照等方面的差异,保证影像间空间叠加的准确性,对遥感影像进行辐射定标和大气校正和几何校正。通过辐射定标将像元灰度值转换为辐射亮度值,利用 FLAASH 大气校正工具对影像进行大气校正,采用二次多项式和最邻近像元法对影像进行几何校正,使其均方根误差满足小于 0.5 个像元的精度要求。遥感影像在 ENVI 5.3 环境下进行处理。

2.3. 遥感生态指数的计算

遥感生态指数(RSEI)可以综合反映区域的生态环境状况[6] [7]。该指数选取绿度、湿度、热度和干度 4 个指标,通过主成分变换来集成各指标,克服了指标单一的缺点,各分指标的集合更为合理。与 2006 年由国家环境保护部推出的生态环境状况指数(Ecological Index, EI)相比, RSEI 可以实现对研究区的生态环境质量的定量评价以及评价结果的可视化,在一定程度上优化了评价结果。对于 LandsatTM 和 Landsat 8 遥感影像数据,分别使用其相应波段计算如下指标:

1) 绿度指标:使用归一化差值植被指数(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)来代表绿度指标,公式为:

$$NDVI = (\rho_{SWIR1} - \rho_{NIR}) / (\rho_{SWIR1} + \rho_{NIR}) \quad (1)$$

式中, ρ_{SWIR1} , ρ_{NIR} 分别代表 LandsatTM 或 Landsat 8 遥感影像的短波红外 1 波段和近红外波段的反射率。

2) 湿度指标: 缨帽变换是指根据多光谱遥感中土壤、植被等信息在多维光谱空间中信息分布结构,对图像做的经验线性正交变换。使用缨帽变换可以获取遥感影像的正交分量,包括亮度、绿度和湿度分量,其与地表物理参量有直接的关系。由于缨帽变换中的湿度分量与植被和土壤的湿度紧密相关,因此在 RSEI 模型中,使用缨帽变换中的湿度分量 Wet 来代表湿度指标[10],公式为:

$$Wet = C_1\rho_B + C_2\rho_G + C_3\rho_R + C_4\rho_{NIR} + C_5\rho_{SWIR1} + C_6\rho_{SWIR2} \quad (2)$$

式中, ρ_B 、 ρ_G 、 ρ_R 、 ρ_{NIR} 、 ρ_{SWIR1} 和 ρ_{SWIR2} 分别表示 LandsatTM 或 Landsat 8 遥感影像的蓝光、绿光、红光、近红外、短波红外 1 和短波红外 2 波段的反射率。对于 Landsat TM 数据, $C_1 = 0.0315$, $C_2 = 0.2021$, $C_3 = 0.3102$, $C_4 = 0.1594$, $C_5 = -0.6806$, $C_6 = -0.6109$ [11]。对于 Landsat8 数据, $C_1 = 0.1511$, $C_2 = 0.1973$, $C_3 = 0.3283$, $C_4 = 0.3407$, $C_5 = -0.7117$, $C_6 = -0.4559$ [11]。

3) 热度指标:使用经比辐射率校正的温度(Land Surface Temperature, LST)来代表热度指标,公式为:

$$L = gain \times DN + bias \quad (3)$$

$$T = K_2 / \ln(K_1 / L + 1) \quad (4)$$

$$LST = T / [1 + (\lambda T / \rho) \ln \varepsilon] \quad (5)$$

式(3)中, L 分别为 Landsat TM 第 6 波段和 Landsat 8 第 10 波段的象元在传感器处的辐射值, DN 为像元灰度值, gain 和 bias 为定标常量, 通过查询头文件可知, LandsatTM 第 6 波段的 gain = 5.5157e-02, bias = 1.238, Landsat 8 第 10 波段的 gain = 3.3420e-04, bias = 0.1。式(4)中, T 为传感器处温度值, K₁ 和 K₂ 分别是定标参数, LandsatTM 的 K₁ = 607.76 mW·cm⁻²·sr⁻¹·um⁻¹, K₂ = 1260.56 K, Landsat 8 的 K₁ = 774.89 mW·cm⁻²·sr⁻¹·um⁻¹, K₂ = 1321.08 K。式(5)中, LandsatTM 第 6 波段的中心波长 λ = 11.48 μm, ρ = 1.438 × 10⁻² m·K, Landsat 8 第 10 波段的中心波长 λ = 10.9 μm, ρ = 1.438 × 10⁻² m·K, ε 为地表比辐射率。

4) 干度指标: 地表土壤干化一般使用裸土指数(bare soil Index, SI)代替, 但在研究区域中, 还存在相当一部分的建筑用地, 它们同样会造成地表的“干化”, 因此使用裸土指数(SI)和建筑指数(index-based built-up index, IBI)合成的干度指标(normalized difference soil index, NDSI)来表示, 公式为:

$$NDSI = (SI + IBI) / 2 \tag{6}$$

其中:

$$SI = [(\rho_{SWIR1} + \rho_R) - (\rho_B + \rho_{NIR})] / [(\rho_{SWIR1} + \rho_R) + (\rho_B + \rho_{NIR})] \tag{7}$$

$$IBI = \{2\rho_{SWIR1} / (\rho_{SWIR1} + \rho_{NIR}) - [\rho_{NIR} / (\rho_{NIR} + \rho_R) + \rho_G / (\rho_G + \rho_{SWIR1})]\} / \{2\rho_{SWIR1} / (\rho_{SWIR1} + \rho_{NIR}) + [\rho_{NIR} / (\rho_{NIR} + \rho_R) + \rho_G / (\rho_G + \rho_{SWIR1})]\} \tag{8}$$

式中, ρ_B、ρ_G、ρ_R、ρ_{NIR}、ρ_{SWIR1} 分别表示 LandsatTM 或 Landsat 8 遥感影像的蓝光、绿光、红光、近红外、短波红外 1 波段的反射率。

RSEI 使用主成分分析(Principal Component Analysis, PCA)方法的第一主成分(PC1)来集合 4 个指标。使用该方法的优点是各指标的权重根据数据本身性质和各指标对 PC1 的贡献度来自动、客观的确定, 避免了人为确定权重造成的结果偏差。为了统一 4 个指标的量纲, 将以上指标进行标准化, 使其值转化为无量纲且范围在 0~1 之间, 之后再计算 PCA [12]。各指标标准化公式为:

$$NI_i = (I_i - I_{min}) / (I_{max} - I_{min}) \tag{9}$$

式中, NI_i 为标准化后某指标值, I_i 为该指标在像元 i 的值, I_{max} 和 I_{min} 分别为该指标的最大值和最小值。为了避免大区域的水体信息对主成分分析载荷产生影响, 利用改进的归一化水体指数 MNDWI 提取水体掩模[13], 去除水体信息。

使用 ArcGIS 软件的主成分分析模块计算 PC1, 即为融合绿度、湿度、热度、干度的遥感生态指数 RESI。为了便于统一分析, 同样对 RSEI 进行标准化处理, 使其值在 0~1 之间。RSEI 的值越高, 表示生态质量越好。

3. 结果与分析

图 1 为 2008~2017 年粤港澳大湾区的遥感生态指数渲染结果, 可以看出, 2008 年粤港澳大湾区整体生态环境质量相比 2013 年与 2017 年较差, 生态环境质量优的地域面积较少, 主要集中在肇庆市中部, 广州市东北部及惠州市西北部。2013 年和 2017 年的整体生态环境质量较优, 生态环境质量优的地区主要集中在西北部及东北部, 主要为植被覆盖率高的区域。其中 2013 年生态环境质量差的区域在广州市、中山市、东莞市及深圳市比较集中, 2017 年则没有大面积连续的生态环境质量差的区域。从图中可以看出, 生态环境差的区域主要分布在建设用地, 如机场、码头、火车站、工厂、老城区等。

为进一步的定量分析, 统计 4 个遥感指标与遥感生态指数的均值、标准差和 4 个指标对 PC1 的载荷值, 结果见表 1。由表 1 可知, 2008 年、2013 年、2017 年粤港澳大湾区遥感生态指数 RSEI 均值分别为 0.7913、0.8851、0.8930, 2008~2017 年间, RSEI 的平均值呈逐步上升的趋势, 说明 2008~2017 年粤港澳大湾区生态环境质量不断提高。且 2008~2013 年间, RESI 的年平均增加值为 0.0188, 2013~2017 年间 RESI

的年平均增加值为 0.0020, 说明在 2008~2013 年间该地区的生态环境质量提升幅度较大。2017 年数值较高, 反映出粤港澳大湾区的整体生态环境为优。2008 年间, 绿度(NDVI)、湿度(Wet)和热度(LST)对 PC1 的载荷值均为正值, 说明此时地表植被、土壤湿度与地表温度对粤港澳大湾区的生态状况起正面影响作用; 干度(NDSI)对 PC1 的载荷值为负值, 说明建筑用地和裸土等不透水面对于粤港澳大湾区的生态状况起负面影响; 绿度(NDVI)的载荷值的绝对值最大, 说明该指标是影响生态环境的主要因素。2013 年和 2017 年间, 绿度(NDVI)和湿度(Wet)对 PC1 的载荷值均为正值, 说明地表植被与土壤湿度对粤港澳大湾区的生态状况起正面影响作用; 热度(LST)和干度(NDSI)对 PC1 的载荷值为负值, 说明地表温度、建筑用地和裸土等不透水面对于粤港澳大湾区的生态状况起负面影响。绿度(NDVI)和热度(LST)的载荷值的绝对值较大, 说明这两个指标是影响生态环境的主要因素。绿度(NDVI)和湿度(Wet)对 PC1 的载荷值的绝对值之和大于热度(LST)和干度(NDSI)对 PC1 的载荷值的绝对值之和, 表明地表植被和土壤湿度对于粤港澳大湾区的生态状况的改善作用大于地表温度和不透水面对生态的破坏作用。2013~2017 年间粤港澳大湾区生态环境质量的下降与植被覆盖度的减少和地表温度的升高有着密切关系。

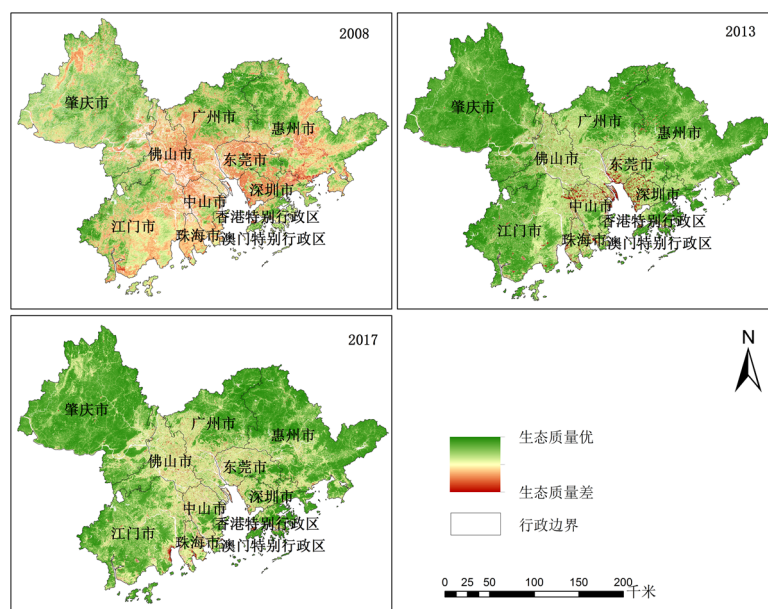


Figure 1. Ecological status of GBA from 2008 to 2017

图 1. 粤港澳大湾区 2008~2017 年生态状况

Table 1. Statistical results of ecological indicators in GBA

表 1. 粤港澳大湾区生态指标统计结果

Year	Item	NDVI	Wet	LST	NDSI	RSEI
2008	Mean	0.7116	0.8972	0.8266	0.7138	0.7913
	PC1 Load	0.9744	0.1103	0.1960	-0.0007	
2013	Mean	0.8051	0.5595	0.8328	0.2158	0.8851
	PC1 Load	0.8418	0.0489	-0.5376	-0.0042	
2017	Mean	0.8229	0.7393	0.8405	0.2348	0.8930
	PC1 Load	0.7741	0.0644	-0.6297	-0.0089	

为了能够更好的分析粤港澳大湾区的生态环境质量，将该地区三个年份的遥感生态指数以 0.2 为间隔，划分为优、良、中、较差、差 5 个等级，如图 2 所示。表 2 为 RESI 各等级面积与所占百分比。

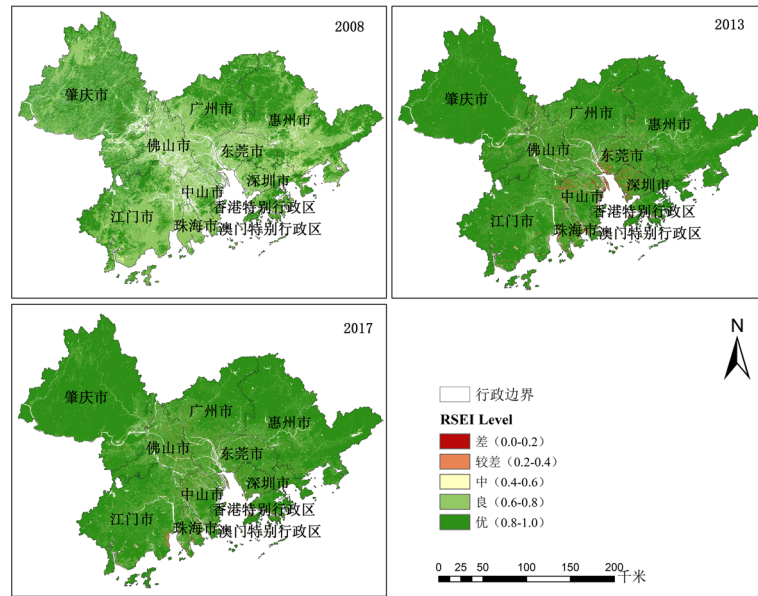


Figure 2. RESI of GBA from 2008 to 2017
图 2. 粤港澳大湾区生态环境质量等级

Table 2. Area and percentage of each RSEI level in GBA
表 2. 粤港澳大湾区 RSEI 各等级面积及其百分比

RSEI Level	2008		2013		2017	
	Area (km ²)	Percent (%)	Area (km ²)	Percent (%)	Area (km ²)	Percent (%)
Poor (0.0 - 0.2)	57.73	0.11	337.28	0.63	17.94	0.03
Inferior (0.2 - 0.4)	22.05	0.04	1271.74	2.38	1221.78	2.28
Medium (0.4 - 0.6)	775.50	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00
Good (0.6 - 0.8)	26519.22	49.58	5764.38	10.78	6010.91	11.24
Excellent (0.8 - 0.1)	26113.50	48.82	46114.61	86.21	46237.38	86.45
Total	53488.01	100	53488.01	100	53488.01	100

由表 2 可知，2008 年粤港澳大湾区生态环境质量以优等级与良等级为主，其面积所占比例达 98.40%；生态环境质量中等级的面积较少，所占比例为 1.45%；生态环境质量较差和差的等级所占面积比例最小，依次为 0.04% 和 0.11%。2013 年和 2017 年粤港澳大湾区生态环境质量以优等级为主，其面积所占比例分别为 86.21% 和 86.45%；生态环境质量良等级次之，所占比例分别为 10.78% 和 11.24%；生态环境质量较差和差的等级所占面积比例较小。表 2 的数据表明，2008 年至 2017 年间，粤港澳大湾区的整体生态环境质量提升程度较高，生态环境质量优的面积比例不断提升且幅度较大。2008~2013 年间，生态环境质量优的面积大幅增加，增长比例为 37.39%，生态等级良和中的面积有所减少，但是生态环境质量差和较差的面积有所增加。2013~2017 年间，生态质量等级优和良的面积比例分别增长了 0.24% 和 0.46%，生态环境质量等级较差和差的面积比例分别减少了 0.1% 和 0.4%。这说明，在 2008~2017 年中，粤港澳大湾区整体在城市化的发展进程中注重生态环境的保护。由图 2 可知，2008 年研究区没有明显生态环境质量

等级差与较差的区域,生态环境质量等级中和良的地区主要分布在城市区域,生态环境质量等级优的地区主要分布在西北区域与东北区域,即肇庆市中部,广州市东北部及惠州市西北部,这可能是由于这些区域地形主要为丘陵,台山等,植被覆盖率高且城市区域少。2013年和2017年研究区生态环境质量等级优的面积明显增大,城市区域的生态环境质量优等级的面积比例有所增加。2013年生态环境质量差的区域主要分布在中部城市范围内,以广州市、中山市、东莞市及深圳市较为集中,2017年生态环境质量差的区域有所减少,主要分布在中部地区的建设用地,如火车站、工厂、老城区等,沿海沿河地区的码头,机场等区域,这可能是这些地区的不透水面较多,植被覆盖率低造成的。2013年和2017年在中部沿珠江分布的城市的大部分区域的生态环境质量等级为良,说明粤港澳大湾区城市范围内绿化建设较好。因此,若要保持当前较好的生态环境状况,进一步发展更好的生态环境,需要进行合理的土地利用资源的配置,对城市发展空间进行合理配置,控制城市扩张速度,加大城市的绿化建设,保护当前农田、林地等资源。

4. 结论

本文利用粤港澳大湾区2008~2017年的Landsat系列遥感数据,分别提取绿度、湿度、温度、干度4个与人类生活密切相关的指标,采用主成分分析的方法,将4个指标进行结合,建立遥感生态指数,并对3个时段的粤港澳大湾区的生态环境质量进行了分析评价,研究结果表明:

1) 2008年、2013年、2017年粤港澳大湾区的遥感生态指数均值分别为0.7913、0.8851、0.8930,遥感生态指数较高。

2) 2008年粤港澳大湾区生态环境质量以优等级与良等级为主,其面积所占比例达98.40%;2013年和2017年该地区生态环境质量以优等级为主,其面积所占比例分别达86.21%和86.45%;三个年份中生态环境质量较差和差的等级所占面积比例均较小。2008年至2017年间,粤港澳大湾区的整体生态环境质量提升程度较高,生态环境质量优的面积比例不断提升且幅度较大,其中,2008~2013年间,生态环境质量优的面积大幅增加,增长比例为37.39%;2013~2017年间,生态环境质量等级较差和差的面积比例有所减少,分别减少了0.1%和0.4%。研究区生态环境质量优等级主要分布在西北区域与东北区域。生态环境质量差的区域主要分布在建设用地,如机场、码头、火车站、工厂、老城区等。

3) 2008年时,绿度(NDVI)是影响生态环境的主要因素。2013~2017年间,绿度(NDVI)和热度(LST)是影响生态环境的主要因素。粤港澳大湾区生态环境质量的下降与植被覆盖度的减少和地表温度的升高有着密切关系。

参考文献

- [1] 冯永玖,韩震. 基于遥感和GIS的海岸带水域生态景观格局演变研究——以杭州湾北岸上海市段为例[J]. 国土资源遥感, 2011, 23(1): 123-127.
- [2] 樊智宇,詹庆明,刘慧民,杨晨,夏宇. 武汉市夏季城市热岛与不透水面增温强度时空分布[J]. 地球信息科学学报, 2019, 21(2): 226-235.
- [3] 温小乐,徐涵秋. 福州城市扩展对闽江下游水质影响的遥感分析[J]. 地理科学, 2010, 30(4): 624-629.
- [4] 刘琳,姚波. 基于NDVI象元二分法的植被覆盖变化监测[J]. 农业工程学报, 2010, 26(S1): 230-234.
- [5] 国家环保总局. 中华人民共和国环境保护行业标准(试行): HJ/T192-2006 [S].
- [6] 徐涵秋. 区域生态环境变化的遥感评价指数[J]. 中国环境科学, 2013, 33(5): 889-897.
- [7] 徐涵秋. 城市遥感生态指数的创建及其应用[J]. 生态学报, 2013, 33(24): 7853-7862.
- [8] 宋慧敏,薛亮. 基于遥感生态指数模型的渭南市生态环境质量动态监测与分析[J]. 应用生态学报, 2016, 27(12): 3913-3919.

- [9] 王丽春, 焦黎, 来风兵, 张乃明. 基于遥感生态指数的新疆玛纳斯湖湿地生态变化评价[J]. 生态学报, 2019(8): 1-9.
- [10] Crist, E.P. (1985) A TM Tasseled Cap Equivalent Transformation for Reflectance Factor Data. *Remote Sensing of Environment*, **17**, 301-306. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(85\)90102-6](https://doi.org/10.1016/0034-4257(85)90102-6)
- [11] Baig, M.H.A., Zhang, L., Tong, S. and Tong, Q.X. (2014) Derivation of a Tasseled Cap Transformation Based on Landsat 8 at-Satellite Reflectance. *Remote Sensing Letters*, **5**, 423-431. <https://doi.org/10.1080/2150704X.2014.915434>
- [12] Xu, H.Q. and Chen, B.Q. (2004) Remote Sensing of the Urban Heat Island and Its Changes in Xiamen City of SE China. *Journal of Environmental Sciences*, **16**, 276-228.
- [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.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网首页: <http://cnki.net/>, 点击页面中“外文资源总库 CNKI SCHOLAR”, 跳转至: <http://scholar.cnki.net/new>, 搜索框内直接输入文章标题, 即可查询;
或点击“高级检索”, 下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2168-5762, 即可查询。
2. 通过知网首页 <http://cnki.net/>顶部“旧版入口”进入知网旧版: <http://www.cnki.net/old/>, 左侧选择“国际文献总库”进入, 搜索框直接输入文章标题, 即可查询。

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: gser@hanspub.org