

基于遥感生态指数的南京市浦口区生态环境质量时空变化分析

赵财雨¹, 秦宏伍^{1*}, 丁满滢², 朱刘涛³, 周佳慧³

¹长春大学中俄学院, 吉林 长春

²天津外国语大学, 天津

³东南大学成贤学院, 江苏 南京

收稿日期: 2022年3月18日; 录用日期: 2022年4月22日; 发布日期: 2022年4月29日

摘要

本文以2013年5月和2018年7月的Landsat8 OLI/TIRS影像, 对南京市浦口区生态环境质量进行了监测与分析。从影响生态环境的因素出发, 选取了能较好表征生态环境质量的四个指标, 分别用湿度指数(WET)、归一化植被指数(NDVI)、地表温度(LST)、裸土指数(NDSI)来表征每一个指标, 并利用主成分变换(PCA)确定各项指标的权重。同时, 将计算得出的遥感生态指数(RSEI)分成优、良、中、较差和差五个等级, 对浦口区的生态环境质量变化进行时空变化分析。结果表明: ① 湿度、绿度指标均对浦口区的生态环境质量起到积极促进作用, 而干度和热度指标对生态环境质量均起到负面作用, 且四个指标中植被对生态环境质量影响最大; ② 浦口区2013年、2018年遥感生态指数的均值分别为0.578, 0.622; ③ 2013年至2018年期间, RSEI等级变差、不变和变好的面积比例分别为15.0%, 49.4%, 35.6%, 浦口区生态环境治理总体呈现上升趋势, 说明近五年浦口区城市化发展过程中生态环境得到了很好的保护; ④ 大部分区域生态环境质量仍然保持原状, 并没有发生明显的变化, 盘城镇有明显的生态环境质量变差的现象, 而长江沿岸的区域生态环境质量得到了些许的改善。

关键词

生态环境质量, 主成分分析, 浦口区, 遥感生态指数

Analysis on the Temporal and Spatial Changes of Ecological Environment Quality in Pukou District of Nanjing Based on Remote Sensing Ecological Index

*通讯作者。

文章引用: 赵财雨, 秦宏伍, 丁满滢, 朱刘涛, 周佳慧. 基于遥感生态指数的南京市浦口区生态环境质量时空变化分析[J]. 环境保护前沿, 2022, 12(2): 360-370. DOI: 10.12677/aep.2022.122049

Caiyuan Zhao¹, Hongwu Qin^{1*}, Manying Ding², Liutao Zhu³, Jiahui Zhou³

¹Chinese-Russian College of Changchun University, Changchun Jilin

²Tianjin Foreign Studies University, Tianjin

³Chengxian College, Southeast University, Nanjing Jiangsu

Received: Mar. 18th, 2022; accepted: Apr. 22nd, 2022; published: Apr. 29th, 2022

Abstract

Based on Landsat 8 OLI images in May 2013 and July 2018, this paper monitored and analyzed the ecological environment quality of Pukou District, Nanjing. Based on the factors affecting the ecological environment, four indicators were selected to better characterize the ecological environment quality. Wet index (WET), Normalized Vegetation Index (NDVI), Land Surface Temperature (LST), Bare Soil Index (NDSI) were used to characterize each index, and the weight of each index was determined by Principal Component Transform (PCA). At the same time, the calculated ecological environment quality is divided into five grades: excellent, good, medium, poor and poor. The dynamic monitoring and analysis of the changes of ecological environment quality in Pukou District are carried out. The results showed that: 1) Humidity and greenness indices had positive effects on the ecological environment quality of Pukou District, while dryness and heat indices had negative effects on the ecological environment quality, and vegetation had the greatest impact on the ecological environment quality of the four indices; 2) The average values of remote sensing ecological indices in Pukou District in 2013 and 2018 were 0.578, 0.622, respectively; 3) From 2013 to 2018, the proportion of RSEI grade variation, invariance and improvement was 15.002%, 49.386% and 35.612% respectively. The overall trend of ecological environment management in Pukou District is on the rise, which indicates that the ecological environment has been well protected in the process of urbanization development in Pukou District in the past five years; 4) Most of the regional ecological environment quality remains unchanged, and no obvious changes have taken place. Pancheng Town has obvious deterioration of the ecological environment quality, while the regional ecological environment quality along the Yangtze River has been slightly improved.

Keywords

Ecological Environment Quality, Principal Component Analysis, Pukou District, Remote Sensing Ecological Index

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

随着城市化进程的迅速发展，生态环境与人类社会活动的关系变得更加紧密，从而产生的环境、资源、人口三者之间的矛盾更加突出。因此，精确地对区域生态环境质量进行评价，可以为决策层提供对生态环境现状的正确认识，从而便于科学地制定相应的发展策略，以此更好地实现城市化与生态环境的协调发展。

浦口区地处长江以北，全区占地面积 913 平方千米，是长江三角洲地区向内地辐射的桥梁，是南京

南北岸联合发展的江北核心区域。浦口区具有富足的水资源、文化蕴含,优良的生态资源,老山给浦口经济社会的发展带来了优越的禀赋。截至 2018 年,南京市浦口区 GDP 达到 1021 亿元,是高速发展地区,贯穿“现代、生态、和谐”的定位,紧扣跨江发展战略,浦口区将打造人居环境优美、综合能力领先的经济强区、人民生活水平不断提高的和谐之区。因此,准确评价浦口区生态环境质量变化,对制定合适的区域发展策略、提高生态环境质量,实现浦口区生态环境与城市化进程协调可持续发展具有重要的指导意义。

随着遥感技术的快速发展,当前,遥感手段以其实时、快速以及可实现大范围监测评价等优势被广泛地运用到生态环境质量监测等研究[1],逐渐成为评价生态环境质量最有效手段之一。但是,目前大多数的研究手段是基于单个因子的生态环境指数,例如计算水体指数以获得河流信息来进行水环境的监测、利用地表反演温度进行城市热岛效应评价[2] [3] [4] [5]。事实上,生态环境的变化受到多个因素的影响,单因子无法准确、客观地反映区域生态环境的变化。因此,从多个角度综合分析生态环境质量就显得尤为重要。2006 年国家环境保护部提出了运用植被覆盖指数、土地退化指数、生物丰富度、环境质量指数和水网密度指数等五个指标来定量地评价区域生态环境质量[6]。此方法在生态环境质量评价分析方面得到了广泛的应用。但是该方法最大的缺点在于无法进行结果可视化以及指标权重具有主观性。近年来,有学者提出了一种新型完全基于遥感数据本身的遥感生态指数 RSEI,该指数在区域生态环境质量监测等研究中得到了广泛的应用,此评价方法中的所有指标信息均来自于遥感影像本身,具有时效性强的特点,可对区域生态环境质量进行快速地时空变化评价[7] [8] [9] [10] [11]。

针对南京市浦口区的生态环境也有很多不同方面的研究,如刘世峰利用遥感技术对浦口区土地利用变化进行了分析;冯霞通过建立地表水环境质量评价指标体系对浦口区地下水质量进行了评价;周玲霞对浦口区湿地资源进行了调查;吴自越从老山地形角度来对浦口区降水分布情况进行了研究;魏家星利用 MSPA 方法为浦口区绿色基础设施提出了科学的意见[9] [12] [13] [14]。本文以 2013 年 6 月和 2018 年 6 月的 Landsat8 OLI/TIRS 影像,利用遥感生态指数模型,对南京市浦口区的生态环境质量进行时空变化分析。

2. 研究区概况与数据

2.1. 研究区概况

南京浦口区地处南京市西北角(图 1),浦口区占地面积约为 913 平方公里,介于北纬 30°51'~32°15',东经 118°21'~118°46' [15]。浦口区市贯通山东、江苏、安徽等 11 个省份东西南北交通枢纽,以交通运输业为主要产业。由于早期淡薄的生态保护意识,在确保经济快速发展的同时忽视了生态环境质量的改善,导致了浦口区生态环境质量的急剧恶化。因此,对浦口区生态环境质量进行动态的监测和分析是十分必要的,对浦口区今后科学的规划和建设具有重要意义。

2.2. 数据来源与预处理

本研究的遥感数据是从美国地质调查局(USGS)官方网站下的 2013 年 6 月份和 2018 年 6 月份的 Landsat8 OLI/TIRS 影像,影像分辨率为 30 米。并选取云层最为少的影像图,从而提升数据的准确度。为了降低不同时间的数据在光照、地形和大气等方面的差异,从而保证影像间空间分析的准确性,本文借助 ENVI5.3 软件对两期遥感影像分别进行辐射定标、大气校正处理,利用辐射定标将像元的灰度值转换为辐射亮度值,大气校正选用 FLAASH 模型,利用 Band Math 工具将大气校正的结果转换为反射率数据 [16]。采用最近邻像元法和二次多项式对两期影像进行配准,使得均方根误差控制在 0.5 个像元之内,最后使用南京市浦口区矢量边界对两期数据进行裁剪。必须注意的是虽然遥感生态指数 RSEI 可以利用遥感

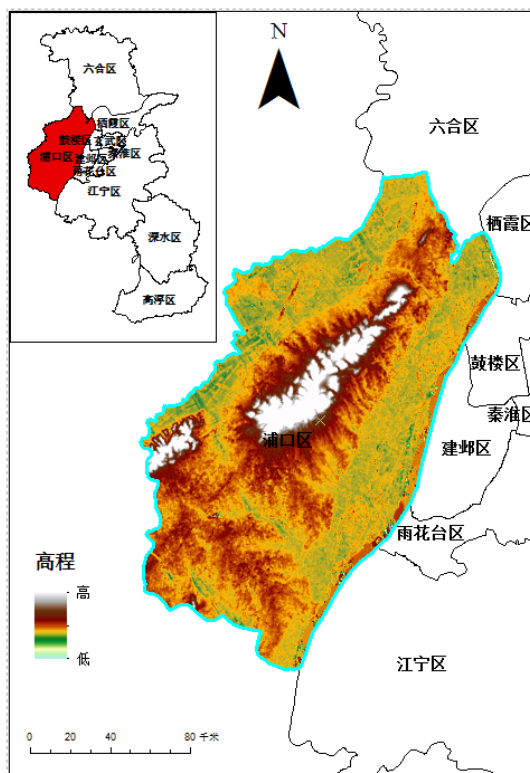


Figure 1. Map of Pukou District

图 1. 浦口区位置示意图

影像处理软件计算,但是计算过程中需要按照以下原则进行:1) 预处理时必须进行大气校正,辐射定标。大气校正在地表温度反演时尤为重要;2) 计算各项指标时所带入计算的时每个波段的反射率;3) 对各项指标进行波段合成时,需记住合成波段的顺序;4) 对各项指标进行标准化处理时,不能依据置信区间来选择指标最大值和最小值,否则会降低第一主成分的贡献率。

3. 研究方法

本文所研究的遥感生态指数选取湿度、绿度、热度、干度四个能直接反映生态环境质量优劣的指标来分析评价浦口区的生态环境质量变化,这四个指标均从遥感影像中提取。运用湿度指数、归一化植被指数、地表温度、裸土指数分别表征每一个指标。对每个指标进行标准化、波段合成、主成分分析处理即可将遥感生态指数(RSEI)表示成每个指标的函数。

遥感生态指数评价(RSEI)是徐涵秋[7]教授提出的,用于全面并且综合的反映了研究区生态环境现状的新型遥感生态评价指标。通过四个直观可以判断环境优劣的指标来反应该地区生态环境。将其四个指数首先归一化处理,然后波段合成裁剪分析。公式如下:

$$RSEI = f(WET, NDVI, LST, NDSI) \quad (1)$$

式中: WET、NDVI、LST、NDSI 分别为湿度指标、绿度指标、热度指标和干度指标。

3.1. 指标计算

3.1.1. 湿度指数(WET)

利用遥感中的缨帽变换得到的湿度分量可以很好地表征水体、土壤、植被的湿度特征。本文研究的

湿度指数指的是研究区域内的土地和绿植的湿度情况，由此反映出土地退化，植被覆盖等情况。基于 Landsat8 OLI 数据的湿度指数计算公式如下：

$$\begin{aligned} WET_{OLI} = & 0.1511\rho_{Green} + 0.1972\rho_{Blue} + 0.3283\rho_{Red} \\ & + 0.3407\rho_{NIR} - 0.7117\rho_{SWIR1} - 0.4559\rho_{SWIR2} \end{aligned} \quad (2)$$

式中： ρ_{Green} 、 ρ_{Blue} 、 ρ_{Red} 、 ρ_{NIR} 、 ρ_{SWIR1} 、 ρ_{SWIR2} 分别为影像中的绿色波段、蓝色波段、红色波段、近红外波段、短波红外 1 波段和短波红外 2 波段的反射率数。

3.1.2. 绿度指标(NDVI)

由于归一化植被指数(NDVI)可以在很大程度上降低光照率、坡度、时间等因素带来的误差，所以常被用来监测植被覆盖度、植物生长状况、叶面积指数，是一种被一直沿用的植被指标。本文用归一化植被指数来表征绿度指标，指标值范围应该介于-1 至 1 之间，计算公式如下：

$$NDVI = (\rho_{NIR} - \rho_{Red}) / (\rho_{NIR} + \rho_{Red}) \quad (3)$$

式中： ρ_{NIR} 、 ρ_{Red} 是 Landsat8 OLI 数据的近红外波段和红色波段。

3.1.3. 热度指标(LST)

本文利用地表温度表征热度指标[17]，对于 Landsat8 OLI/TIRS 数据，首先对热红外波段进行辐射定标，计算得到热红外的辐射亮度图像 L_{10} ，主要由三部分组成：卫星传感器接收地面的辐射亮度经过大气层后到的能量、大气向上辐射能量、大气向下辐射到达地面后反射的能量[18]。热红外辐射亮度的计算公式为：

$$L_{10} = \tau_{10} [\varepsilon_{10} B_{10}(T_s) + (1 - \varepsilon_{10}) I_{10}^{\downarrow}] + I_{10}^{\uparrow} \quad (4)$$

$$B_{10}(T_s) = [L_{10} - I_{10}^{\uparrow} - \tau_{10} (1 - \varepsilon_{10}) I_{10}^{\downarrow}] / \tau_{10} \varepsilon_{10} \quad (5)$$

式中： I_{10}^{\downarrow} 为大气向下辐射的能量； I_{10}^{\uparrow} 为大气向上辐射的能量； τ_{10} 为大气在热红外的透过率； ε_{10} 为地表比辐射率； $B_{10}(T_s)$ 为黑体辐射亮度值； T_s 为地表温度。其中 I_{10}^{\downarrow} 、 I_{10}^{\uparrow} 、 τ_{10} 三个参数是通过网站 <https://atmcorr.gsfc.nasa.gov/> (美国航空航天局) 计算得来。

依据普朗克公式的反函数，可计算得出地表温度 LST：

$$LST = K_2 / \ln(K_1 / B_{10}(T_s) + 1) \quad (6)$$

式中： K_1 、 K_2 是定标常量，在影像元数据中获得。

根据 Van de Griend [19] 的经验方程计算出地表比辐射率：

$$\varepsilon = 1.009 + 0.047 \ln NDVI \quad (7)$$

需要注意的是，所有遥感影像的云量需要控制在 10% 以内，否则在进行地表温度反演的时会造成结果存在大量的异常值。

3.1.4. 干度指标(NDSI)

城市“干”化的主要原因是建筑用地和植被流失造成裸土而导致的。因此，本文利用裸土指数(SI)与建筑指数(ABI)两种光谱指数来计算干度指标，计算公式如下：

$$NDSI = (ABI + SI) / 2 \quad (8)$$

$$SI = [(\rho_{SWIR1} + \rho_{Red}) - (\rho_{Blue} + \rho_{NIR})] / [(\rho_{SWIR1} + \rho_{Red}) + (\rho_{Blue} + \rho_{NIR})] \quad (9)$$

$$\begin{aligned}
 \text{IBI} = & \left\{ 2\rho_{\text{SWIR1}} / (\rho_{\text{SWIR1}} + \rho_{\text{NIR}}) - \left[\rho_{\text{NIR}} / (\rho_{\text{NIR}} + \rho_{\text{Red}}) \right. \right. \\
 & \left. \left. + \rho_{\text{Green}} / (\rho_{\text{Green}} + \rho_{\text{SWIR1}}) \right] \right\} / \left\{ 2\rho_{\text{SWIR1}} / (\rho_{\text{SWIR1}} + \rho_{\text{NIR}}) \right. \\
 & \left. - \left[\rho_{\text{NIR}} / (\rho_{\text{NIR}} + \rho_{\text{Red}}) + \rho_{\text{Green}} / (\rho_{\text{Green}} + \rho_{\text{SWIR1}}) \right] \right\}
 \end{aligned} \quad (10)$$

3.2. 综合评价模型的建立

3.2.1. 指标标准化

由于每个指标的量纲不同, 为了后面进行波段合成、主成分变换处理, 必须对每个指标进行标准化处理, 从而统一每一个指标的量纲。这样处理可以降低不同指标数值范围不一致引起的计算结果的误差。计算公式如下:

$$\text{NI} = (I - I_{\min}) / (I_{\max} - I_{\min}) \quad (11)$$

式中: NI 为标准化后的指数; I 为标准化前的指数; I_{\max} 、 I_{\min} 分别为该指数的最大值和最小值。

3.2.2. 主成分分析

将标准化后的每个指标合成为一个四波段影像进行主成分分析(PCA), 主成分变换是多元统计中的一种将多变量利用线性变换来提取少量重要信息的多维压缩技术。主成分变换依次垂直旋转坐标轴将多维的信息集中到少量几个特征分量, 而每个特征分量代表一定的信息特征。因此, 本研究通过主成分变换将特征光谱坐标轴进行旋转来减少指标之间的相关性, 从而将主要的信息集中在前两个分量上。除此以外, 主成分变换的另外一个优点是每个指标的权重不是由主观确定, 而是根据遥感影像自身的特征来客观的确定。利用主成分变化构建的遥感生态指数 RSEI 公式可表示为:

$$\text{RSEI}_0 = \text{PCA} [f(\text{NDVI}, \text{WET}, \text{LST}, \text{NDSI})] \quad (12)$$

式中: PCA 为主成分变换。为了便于后续的时空变化监测, 需要利用公式(12)对 RSEI_0 进行归一化处理, 最后得到介于[0,1]之间的 RSEI。RSEI 的数值越大说明生态环境质量越好; 相反, 说明生态环境质量越差、

3.2.3. RSEI 的构建

评价生态环境质量的关键在于将多个因子转化为一个量化的评价指数。因此, 对标准化的各项指标进行波段合成和主成分变换, 得到主成分变换结果(表 1)。

Table 1. Principal component transform results

表 1. 主成分变换结果

年份	指标	PC1	PC2	PC3	PC4
2013 年	湿度	0.0593	0.2455	0.2321	-0.9393
	绿度	0.8761	-0.4711	-0.0606	-0.0827
	热度	-0.2778	-0.6126	0.7399	0.0052
	干度	-0.3896	-0.5852	-0.6285	-0.3328
	特征值	0.0644	0.0071	0.0027	0.0001
	贡献率%	86.68%	9.5%	3.64%	0.18%

Continued

2018 年	湿度	0.0526	0.2268	0.1989	-0.9519
	绿度	0.9053	-0.4161	-0.0592	-0.0615
	热度	-0.2302	-0.6089	0.7592	0.0008
	干度	-0.3531	-0.6361	-0.6169	-0.3000
	特征值	0.0606	0.0103	0.0030	0.0001
	贡献率%	81.94%	13.38%	4.07%	0.11%

从表 1 中可得出以下结论：① 两个时期的第一主成分贡献率分别为 86.68% 和 81.94%，并且每个指标都比较稳定，这表明四个指标的绝大部分特征集中在了第一主成分；② 在第一主成分中，湿度和绿度符号均为正，表明这两个指标对生态环境质量起到积极作用；③ 热度和干度符号则均为负，说明这两个指标对生态环境质量起负面作用；④ 两个时期中，绿度的系数值都是最大的，说明绿度对生态环境质量的影响最大；⑤ 除了第一主成分，其它主成分在大小和符号上都不太稳定，难以用来解释生态环境质量。

4. 结果与分析

4.1. 生态环境质量总体分析

为了便于进行生态环境质量的比较和度量，对第一主成分进行标准化处理，创建 RSEI，本文为了从总体分析近五年浦口区生态环境质量，计算了两个时期表征生态环境质量的各项指标与遥感生态指数 RSEI 的均值(表 2)。

从表 2 中可以得出，浦口区 2013 年、2018 年的 RSEI 均值分别为：0.578、0.622，总体来看，呈现上升趋势，这表明浦口区近五年的生态环境质量在逐渐变好。另外，对生态环境质量影响最大的绿度在 2013 年~2018 年期间也呈现增长趋势，而对生态环境质量有负面影响的热度呈现下降趋势，而干度则呈现上升趋势，干度指标反映了浦口区城市建设用地的变化这说明了区域生态环境质量受到了城市化建设巨大的影响，特别是城市建成区面积的增加，目前已经成为影响浦口区生态环境质量的重要因素。

Table 2. Indicators and RSEI means

表 2. 各项指标与 RSEI 均值

年份	指标				RSEI
	湿度	绿度	热度	干度	
2013 年	0.887	0.534	0.477	0.332	0.578
2018 年	0.818	0.644	0.257	0.498	0.622

4.2. 生态环境质量时间变化分析

为了进一步研究遥感生态指数 RSEI 的分布情况，将两期的 RSEI 指数以 0.2 为一个单位分成 5 个等级，分别代表优、良、中等、较差、差(图 2、表 3)，并统计各个级别 RSEI 所占的面积及比例(表 4)。

从表 4 中可以得出，RESI 等级在中等以下的比例之和 2013 年为 53.9%，2018 年为 43.2%，总体呈现下降趋势；RSEI 为良以上等级的比例 2013 年为 46.1%，2018 年为 56.8%，总体呈上升趋势。通过这两方面也可以发现浦口区近五年的生态环境质量总体逐渐改善。

对遥感生态指数分级之后，对每个期的 RSEI 进行差值变化监测分析，从而分析浦口区生态环境质量

的时空变化特征。按照级别差的正负号将变化结果分为变好、不变和变差三个类别(表 5)。从总体来看, 2013 年至 2018 年这五年间生态环境质量变差的面积为 129.284 平方公里(占浦口区总面积的 15.0%), 不变面积为 425.588 平方公里(占浦口区总面积的 49.4%), 变好的面积为 306.891 平方公里(占浦口区总面积的 35.6%), 总体上来看, 浦口区生态环境质量在走上坡路。表明 2013 年到 2018 年期间浦口区城市化建设与生态保护建设逐步实现协调化发展。从图 2 中可以看出 2013 年浦口区除了沿江镇、盘城镇 RSEI 指数达到良以下, 石桥镇、桥林镇、珠江镇、星甸镇、汤泉镇、顶山镇、永宁镇和泰山镇的 RSEI 等级总体都在良以上。从 2013 年和 2018 年两年的 RSEI 分布图可以看出, 长流域附近生态环境质量要高一些。

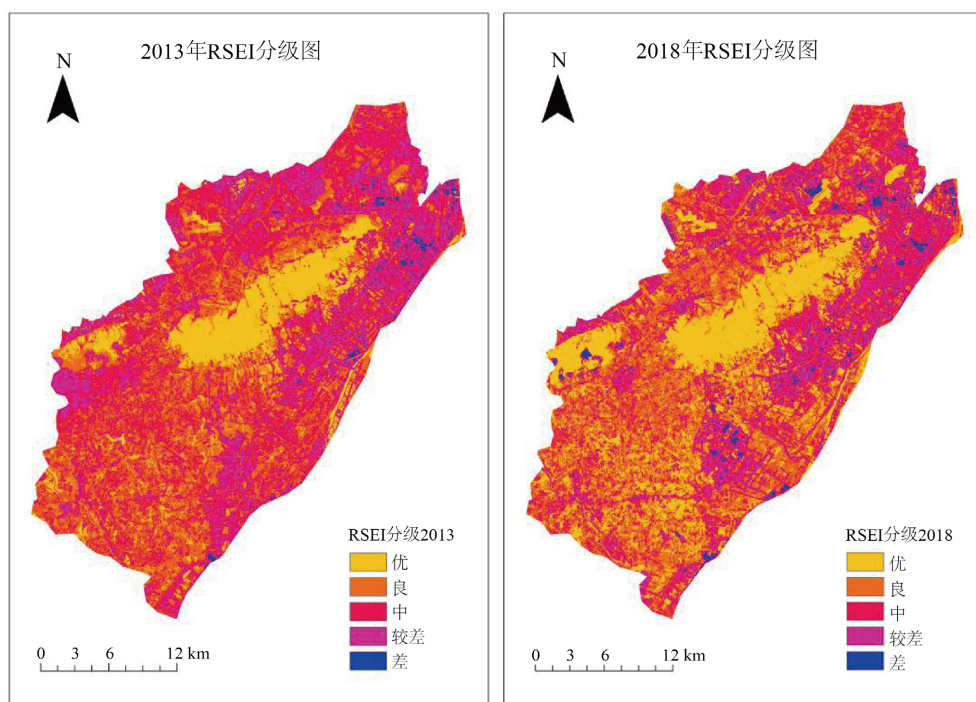


Figure 2. RSEI Classification Map for 2013 and 2018
图 2. 2013 年、2018 年 RSEI 分级图

Table 3. RSEI classification table

表 3. RSEI 分级表

RSEI 等级	差	较差	中	良	优
RSEI 范围	0~0.2	0.2~0.4	0.4~0.6	0.6~0.8	0.8~1

Table 4. RSEI grade area and percentage in 2013 and 2018

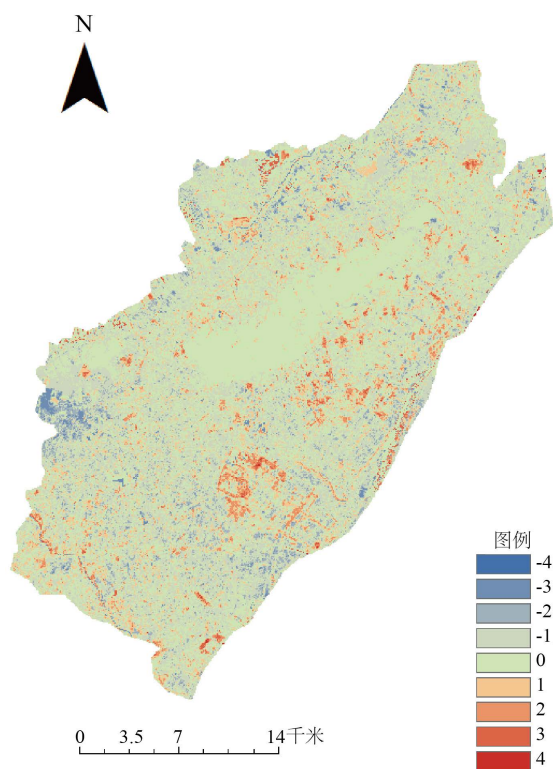
表 4. 2013 年、2018 年 RSEI 个等级面积及其百分比

等级	2013 年		2018 年	
	面积/km ²	百分比%	面积/km ²	百分比%
优	123.900	14.4	215.917	25.1
良	273.169	31.7	273.300	31.7
中等	286.341	33.2	211.949	24.6
较差	172.958	20.1	148.617	17.2
差	5.396	0.6	11.980	1.4

Table 5. Monitoring of RSEI grade change from 2013 to 2018**表 5.** 2013 年~2018 年 RSEI 等级变化监测

类别	级别差	级面积/km ²	类面积/km ²	类比例%
变好	-4	0.007	306.890	35.6
	-3	8.954		
	-2	43.394		
	-1	254.535		
不变	0	425.588	425.588	49.4
变差	1	94.246	129.284	15.0
	2	27.052		
	3	7.415		
	4	0.571		

从图 3 中可以看出, 大部分区域生态环境质量仍然保持原状, 并没有发生明显的变化, 盘城有明显的生态环境质量变差的现象, 近年来各地拆迁较多, 安置房迅速增多, 对本地的生态环境造成了很大的影响。而长江沿岸的区域生态环境质量得到了些许的改善, 这与浦口区近年来对水污染治理的成效密不可分。同时上级政府也颁发了关于长江两岸的环境综合整治计划, 浦口水利局全力治理, 对重度污染长江水域地方企业进行拆迁统建, 可见从上到下都对生态环境这一方面非常的重视。

**Figure 3.** Monitoring of eco-environmental quality change in Pukou district from 2013 to 2018**图 3.** 2013 年~2018 年浦口区生态环境质量变化监测

5. 结论与讨论

5.1. 结论

基于遥感特征的遥感生态指数 RSEI 具有计算快捷、权重高等特点, 其是由遥感数据本身客观确定, 因此, 遥感生态指数 RSEI 能准确、客观地定量揭示生态环境质量的时空分布以及变化情况, 这对区域城市化建设与生态保护协调性发展具有一定的指导意义。本文以 2013 年 6 月和 2018 年 6 月的 Landsat8 OLI 影像为依据, 选取湿度、绿度、热度、干度四个指标对南京市浦口区的生态环境质量进行了监测与分析, 有以下几个主要结论: 1) 湿度、绿度两个指标对浦口区的生态环境起到关键性作用, 而热度、干度则起到负面的作用, 同时可以发现, 绿度是最为关键的要素; 2) 浦口区 2013 年、2018 年的遥感生态指数 RSEI 均值分别为 0.578、0.622, 总体来看呈现上升趋势; 3) RESI 等级在中等以下的比例之和 2013 年为 53.9%, 2018 年为 43.2%, 总体呈现下降趋势; RSEI 为良以上等级的比例 2013 年为 46.1%, 2018 年为 56.8%, 2013 年至 2018 年这五年间生态环境质量变差的面积为 129.2841 平方公里(占浦口区总面积的 15.0%), 不变的面积为 425.588 平方公里(占浦口区总面积的 49.4%), 变好的面积为 306.891 平方公里(占浦口区总面积的 35.6%)。

5.2. 讨论

从监测和分析结果来看, 部分变差的区域说明人类活动与发展已成为影响生态环境的主要因素, 产业链的不合理、城市化的加速发展, 都影响了土地的利用方式, 导致浦口区的生态环境质量下降。但总体上, 浦口区生态环境质量在持续改善, 相关数据显示 2013 年到 2018 年期间浦口区城市化建设与生态保护建设逐步实现协调化发展。其主要原因在于, 随着浦口区经济的迅速发展, 人们更加注重生态环境建设, 例如退耕还林、长江环境治理等, 这些保护环境的措施, 带来了生态环境的改善。综上, 人类要时刻提醒自己, 在经济发展的同时, 也不忘保护生态环境, 同一个地球, 同一个家园。

参考文献

- [1] 吴丹丹, 蔡运龙. 中国生态恢复效果评价研究综述[J]. 地理科学进展, 2009, 28(4): 622-628.
- [2] 李王鸣, 王建正, 葛丹东. 都市边缘区生态承载力变化及原因探讨——以杭州都市边缘区为例[J]. 浙江大学学报(工学版), 2008, 42(1): 39-43.
- [3] 齐泽荣, 郝海莉. 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.
- [4] 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, 16(4): 624-629.
- [5] Gupta, K., et al. (2012) Urban Neighborhood Green Index—A Measure of Green Spaces in Urban Areas. *Landscape & Urban Planning*, **105**, 325-335. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.01.003>
- [6] 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.
- [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] 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.
- [9] 周玲霞, 刘宏业. 南京市浦口区湿地保护与开发利用[J]. 水资源与水工程学报, 2008(1): 81-84.
- [10] 戚涛. 基于遥感的区域植被生态环境质量综合评价研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中科技大学, 2007.
- [11] 周文英, 何彬彬. 四川省若尔盖县生态环境质量评价[J]. 地球信息科学学报, 2014, 16(2): 314-319.
- [12] 刘世峰, 李来芝, 潘剑君, 等. 基于遥感技术的城市化进程中南京浦口区的土地利用变化[J]. 遥感技术与应用, 2008, 23(2): 166-172.
- [13] 冯霞. 地表水环境安全评价指标体系及保障措施研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京农业大学, 2008.
- [14] 魏家星, 宋轶, 王云才, 等. 基于空间优先级的快速城市化地区绿色基础设施网络构建——以南京市浦口区为

- 例[J]. 生态学报, 2019, 39(4): 1178-1188.
- [15] 王士远, 张学霞, 朱彤, 等. 长白山自然保护区生态环境质量的遥感评价[J]. 地理科学进展, 2016, 35(10): 1269-1278.
- [16] 伏菊花. 浅谈区域金融业发展的现状、问题与建议——以南京市浦口区为例[J]. 改革与开放, 2018(23): 14-16.
- [17] 宋军伟, 张友静, 李鑫川, 等. 基于 GF-1 与 Landsat-8 影像的土地覆盖分类比较[J]. 地理科学进展, 2016, 35(2): 255-263.
- [18] 李粉玲, 常庆瑞, 申健, 刘京. 黄土高原沟壑区生态环境状况遥感动态监测——以陕西省富县为例[J]. 应用生态学报, 2015, 26(12): 3811-3817.
- [19] Van de Griend, A.A. and Owe, M. (1993) On the Relationship between Thermal Emissivity and the Normalized Difference Vegetation Index for Natural Surfaces. *International Journal of Remote Sensing*, **14**, 1119-1131.
<https://doi.org/10.1080/01431169308904400>