引文格式：高蕾, 刘一帆, 王宁. 宝鸡市生态环境质量评价研究[J]. 地理空间信息, 2023, 21(8): 33-36. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.08.008

宝鸡市生态环境质量评价研究

高　蕾[1,2]，刘一帆[1]，王　宁[1]
（1. 宝鸡文理学院 地理与环境学院，陕西 宝鸡 721013；2. 陕西省灾害监测与机理模拟重点实验室，陕西 宝鸡 721013）

摘　要：以宝鸡市为研究区域，选取宝鸡地区2014年、2017年、2020年的Landsat8 OLI遥感影像，利用ENVI5.3软件对遥感影像进行处理，耦合了绿度（NDVI）、湿度（Wet）、热度（LST）及干度（NDBSI）4个指标建立遥感生态指数（RSEI）评价模型，对宝鸡市的生态环境质量进行评价与分析。结果表明：宝鸡市的生态环境质量总体呈上升趋势，初始生态环境指数（RSEI0）从0.76增长为0.81，标志着宝鸡市近7 a生态环境情况有所改善。

关键词：生态环境质量；遥感生态指数；宝鸡市
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）08-0033-04

Research on Ecological Environment Quality Assessment in Baoji City

GAO Lei[1,2], LIU Yifan[1], WANG Ning[1]
(1. College of Geography and Environment, BaojiUniversity of Artsand Sciences, Baoji 721013, China;
2. ShaanxiKey Laboratory of Disaster Monitoring and Mechanism Simulation, Baoji 721013, China)

Abstract: In this paper, weselected the remote sensing images of Landsat8-OLI in 2014, 2017 and 2020 in BaojiCity, used the ENVI5.3 to process the remote sensing images, established a remote sensing ecological index (RSEI) by coupling four indexes, such as NDVI, Wet, LST and NDBSI, so as to evaluate and analyze the ecological environmentquality in Baoji City. The results show that the ecological environment quality in Baoji City has a rising sign with the initial RSEI0increasing from 0.76 to 0.81, which indicates the ecological environment in Baoji Cityhas been improved in recent seven years.

Key words: ecological environmentquality, RSEI, Baoji City

生态环境质量评价对于城市生态环境现状研究及动态监测具有十分重要的意义。国内外学者对生态环境质量的评价体系与方法多种多样，遥感技术因其快速、实时、精准、大范围监测等优势，被广泛应用于生态环境质量评价[1-2]。参考生态环境质量评价研究的最新方法，设置了植被指数、湿度分量、地表温度和土壤指数4个评价指标，综合考虑绿度（NDVI）、湿度（WET）、热度（LST）和干度（NDBSI）4个生态环境质量评价要素，使用主成分分析法得到各个评价指标。遥感生态指数（RSEI）可以及时快速地监测城市扩张所引起的生态环境变换，也可以实现对区域生态环境的可视化、时空分析及变化预测。

本文以宝鸡市为研究区域，以2014、2017、2020年三幅TM影像为数据源，使用RSEI模型，对近5 a宝鸡市城市化发展带来的生态环境质量影响进行评价，验证现行环境保护政策的成效，为治理环境污染、合理规划城市建设提供有效参考。

1　研究区概况

宝鸡地处关中平原西部，东西长约156.6 km，南部宽约160.6 km，总面积约为1.81万km^2。全市辖4区8县，包括渭滨区、金台区、陈仓区、凤翔区、岐山县、扶风县、眉县、陇县、千阳县、麟游县、凤县、太白县。2020年底常住人口为332.2万人，是陕西省两大百万人口城市之一。宝鸡南、西、北三面环山，地貌差异大，以山地、丘陵为主，山、川、塬兼备，地质构造复杂。渭河由西向东横贯宝鸡市境内206.1 km，多年平均径流量为35.51亿m^3。宝鸡的气候类型为暖温带季风气候，受地形条件影响，气候类型多样，垂直差异明显。宝鸡日照充足，年平均降水量较多但地区差异大。宝鸡市生态环境良好，先后被授予国家级园林城市、国家级环保模范城市、全国绿化模范城市、国家节水型城市、国家森林城市、中国十大生态旅游城市等数十项与生态

收稿日期：2022-03-08；修回日期：2022-07-26。
项目来源：陕西省重点实验室项目（15JS007）；宝鸡文理学院重点项目（ZK2018008）；宝鸡文理学院地理学陕西省重点学科基金。
第一作者简介：高蕾（1986—），硕士，讲师，研究方向为摄影测量与遥感应用，E-mail：gaoleijennifer@163.com。

环境相关的荣誉称号。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

本文研究数据来源于国家基础地理信息系统，TM影像选用中国地理空间数据云网站提供的2014、2017、2020年的Landsat 8 OLI_TIRS卫星影像产品。为保证研究结果具有可比性，本文选择了两期相近时相的影像数据进行研究，且云层覆盖面积均小于5%。

2.2 研究方法

综合运用遥感图像处理软件，采用以遥感信息为基础的多种生态指标模型，即遥感生态指数（RSEI）模型来分析评价宝鸡市生态环境质量[3]。通过影像波段运算及专题信息提取计算研究区地表湿度、地表干度、地表热度及地表绿度4个指标，将各指标归一化后进行主成分分析，选取合适的主成分作为（RSEI），最后从多角度对研究区域的生态环境质量进行客观评价。

3 遥感生态指数（RSEI）研究方法

遥感生态指数（RSEI）是借助遥感技术监测研究区域的生态环境状况，并以主成分分析方法得到绿度（NDVI）、湿度（Wet）、热度（LST）及干度（NDBSI）指标，（RSEI）与人类活动密切相关，与评价生态环境质量的植被指数、裸土指数、湿度分量、地表温度等要素相关联，并且各指标权重是根据指标自身的性质和贡献度来确定，避免了人为误差和方法差异而造成的权重结果偏差[4]。其公式定义为：

$$\mathrm{RSEI}=(\mathrm{NDVI},\mathrm{Wet},\mathrm{NDBSI},\mathrm{LST}) \tag{1}$$

式中，NDVI为植被指数；Wet为湿度；NDBSI为建筑和裸土指数；LST为热度。

3.1 绿度指标

归一化植被指数（NDVI）是反映植被生长状态的最佳指数，能表示植物生长状况、植被覆盖度和叶面积等植被长势基本情况，它与植被覆盖度指标存在明显的线性相关性，本文选用ENVI5.3软件，按照公式2对遥感影像进行NDVI提取，公式如下：

$$\mathrm{NDVI}=(\rho_{\mathrm{nir}}-\rho_{\mathrm{red}})/(\rho_{\mathrm{nir}}+\rho_{\mathrm{red}}) \tag{2}$$

式中，ρ_{nir}为近红外波段反射率；ρ_{red}为红色波段反射率。

3.2 湿度指标

湿度是指生态系统中地表植被和土壤的水分含量。通过缨帽变换可以得到湿度指标。该指标可以准确地反映生态系统中水体、植被及土壤的湿度状况。该方法已被广泛应用于生态环境监测。根据Landsat系列卫星携带的传感器不同，湿度公式解算系数也不相同，本文研究数据为Landsat8 OLI_TIRS产品，公式如下：

$$\begin{aligned}\mathrm{Wet}_{\mathrm{OLI}}=&\rho_{\mathrm{blue}}\times0.151\,1+\rho_{\mathrm{green}}\times0.197\,3+\rho_{\mathrm{red}}\times0.328\,3+\\&\rho_{\mathrm{nir}}\times0.340\,7-\rho_{\mathrm{swir1}}\times0.711\,7-\rho_{\mathrm{swir2}}\times0.455\,9\end{aligned} \tag{3}$$

式中，ρ_i（i=blue，green，red，…，swir2）分别为蓝色波段、绿色波段、红色波段、近红外波段、短波红外波段1和短波红外波段2的光谱反射率。

3.3 干度指标

干度指城市地表干度，由城市建筑用地面积和裸土面积组成。本文用建筑指数（IBI）和土壤指数（SI）2个指标合成干度指标（NDBSI），公式如下：

$$\mathrm{IBI}=\frac{\dfrac{2\rho_{\mathrm{swir1}}}{\rho_{\mathrm{swir1}}+\rho_{\mathrm{nir}}}-\left[\dfrac{\rho_{\mathrm{nir}}}{\rho_{\mathrm{nir}}+\rho_{\mathrm{red}}}+\dfrac{\rho_{\mathrm{green}}}{\rho_{\mathrm{green}}+\rho_{\mathrm{swir1}}}\right]}{\dfrac{2\rho_{\mathrm{swir1}}}{\rho_{\mathrm{swir1}}+\rho_{\mathrm{nir}}}+\left[\dfrac{\rho_{\mathrm{nir}}}{\rho_{\mathrm{nir}}+\rho_{\mathrm{red}}}+\dfrac{\rho_{\mathrm{green}}}{\rho_{\mathrm{green}}+\rho_{\mathrm{blue}}}\right]} \tag{4}$$

$$\mathrm{SI}=\frac{\left[(\rho_{\mathrm{swir1}}+\rho_{\mathrm{red}})-(\rho_{\mathrm{nir}}+\rho_{\mathrm{blue}})\right]}{\left[(\rho_{\mathrm{swir1}}+\rho_{\mathrm{red}})+(\rho_{\mathrm{nir}}+\rho_{\mathrm{blue}})\right]} \tag{5}$$

$$\mathrm{NDBSI}=\frac{\mathrm{IBI}+\mathrm{SI}}{2} \tag{6}$$

式中，ρ_i（i=blue，green，red，…，swir2）分别为蓝色波段、绿色波段、红色波段、近红外波段、短波红外波段1和短波红外波段2的光谱反射率。

3.4 热度指标

热度指标由遥感影像反演地表温度产生。首先计算传感器处的辐射值L_{10}和黑体辐射亮度值B(LST)，再通过比辐射率纠正算法将黑体辐射亮度值B(LST)转换为地表温度（land surface temperature index，LST），表达式如下所示。

$$L_{10}=\mathrm{gain}\times DN+\mathrm{bias} \tag{7}$$

$$Pv=\frac{\mathrm{NDVI}-\mathrm{NDVI}_{\mathrm{soil}}}{\mathrm{NDVI}_{\mathrm{veg}}-\mathrm{NDVI}_{\mathrm{soil}}} \tag{8}$$

$$\varepsilon=0.004\times Pv+0.986 \tag{9}$$

$$B(\mathrm{LST})=\frac{\left[L_{10}-L\uparrow-T\times(1-\varepsilon)L\downarrow\right]}{T\times\varepsilon} \tag{10}$$

$$\mathrm{LST}=\frac{K_2}{\ln\left[\dfrac{K_1}{B(\mathrm{LST})}+1\right]}-273 \tag{11}$$

式中，L_{10}为Landsat8影像第10波段进行辐射定标后传感器处的辐射值；DN为像元灰度值；gain和bias分别为波段增益值和偏置值；数值可在影像文件中查

询；Pv 为植被覆盖度；ε 为地表比辐射率；$NDVI_{soil}$ 为无植被覆盖区域的 NDVI 值，取经验值 0.05；$NDVI_{veg}$ 为纯植被覆盖区域 NDVI 值，取经验值 0.7；B(LST) 为黑体辐射亮度值；$L\uparrow$、$L\downarrow$、T 分别为大气向上、向下辐射亮度和在热红外波段的透过率，数值可在官网查询；K_1、K_2 分别为定标参数。

3.5　指标归一化及主成分分析

主成分分析（principal componment analysis，PCA）是通过线性变换选出主要变量以代替多个变量，并尽可能保持数据原始信息，是一种多维度的数据压缩方法。本文利用该方法根据各指标主成分的贡献度来确定权重，将多个指标耦合成单个指标[6]。

首先将绿度 NDVI、湿度 Wet、干度 NDBSI 和热度 LST 分别进行归一化处理，使其数值落在[0,1]区间内，并根据主成分分析算法将 4 个指标合成为新影像，再将所得结果标准化处理后得到遥感生态指数 RSEI，值越大表示生态环境质量越好。

4　宝鸡市生态环境质量评价与分析

4.1　生态环境质量变化特征

宝鸡市 2014、2017、2020 年生态环境指数及 4 个指标数据如表 1 所示。

表 1　宝鸡市生态环境指数 RSEI 及相关指标统计表

指标	2014 年		2017 年		2020 年	
	均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差
NDVI	0.49	0.38	0.37	0.27	0.53	0.37
WET	0.74	0.02	0.73	0.02	0.77	0.02
NDBSI	0.04	0.03	0.17	0.13	0.36	0.27
LST	0.42	0.31	0.44	0.32	0.38	0.28
RSEI	0.76		0.74		0.81	

数据显示，近 7 a 宝鸡市生态环境指数及相关指标呈现规律变化。其中，绿度指标变化呈 U 字型，即先下降再上升，均值由 0.49 下降至 0.37 再上升至 0.53，标准差由 0.38 下降至 0.27 再上升至 0.37，主要原因分析为前期城市化进程造成主城区面积增长，后期在生态文明建设政策指引下，宝鸡市森林覆盖率由 53.26%增长至 56.04%，使得绿度指标上升。湿度指标较稳定，均值由 0.74 下降至再 0.73 上升至 0.77，标准差无明显变化。干度指标整体呈上升趋势，均值由 0.04 上升至 0.36，标准差由 0.03 增长至 0.27。热度指标化呈倒 U 字型，即先上升再下降，均值由 0.42 上升至 0.44 下降至 0.38，标准差由 0.31 上升至 0.32 下降至 0.28。生态环境指数 RSEI 值分别为 0.76，0.74，0.81，呈 U 字型变化。

宝鸡市生态环境质量变化的原因主要是前期随着区域经济快速发展，城市化进程不断推进，主城区面积持续增长，导致区域生态环境指数呈现下降趋势；后期在生态文明建设政策指引下，宝鸡市绿地覆盖率不断增长，且说明宝鸡市的植树造林与环境治理成效明显。宝鸡市整体生态环境保持良好，应持续重视、保护生态环境。

4.2　生态环境质量等级分布

根据生态环境评价技术规范及分级标准[12]，将各年份的生态环境指数 RSEI 值分为五级，即一级（0~0.2）为差，二级（0.2~0.4）为较差，三级（0.4~0.6）为中等，四级（0.6~0.8）为良好，五级（0.8~1）为优秀。使用 ArcGIS10.2 软件进行可视化分析，对宝鸡市生态环境质量进行等级划分。

宝鸡市近 7 a 来生态环境质量逐年优化，这与 RSEI 均值体现的结果相同。2017、2020 年生态环境质量等级为一级的区域很少，说明宝鸡市生态环境较差的区域非常小。2017 年生态环境质量等级主体为四级，2020 年生态环境质量主体为五级，基本都达到了良好与优秀等级。再对各年份生态环境质量等级对应面积进行统计，如表 2 所示。

表 2　宝鸡市各年份生态环境质量等级面积统计表

RSEI 等级	2014 年		2017 年		2020 年	
	面积/km²	比例/%	面积/km²	比例/%	面积/km²	比例/%
优秀	11 447.80	63.24	137.87	0.76	13 336.15	73.67
良好	6 599.90	36.46	17 304.55	95.59	4 718.37	26.06
中等	52.24	0.29	511.31	2.82	45.43	0.25
较差	0	0	146.21	0.80	0	0
差	2.11	0.01	2.11	0.01	2.11	0.01

如表 2 所示，2014—2020 年间宝鸡市生态环境质量等级为差的面积所占比例无明显变化，处于该等级的生态环境质量应该被重视，并尽量改善；生态环境质量为较差的面积所占比例由 0%上升至 0.8%再下降至 0%，该等级所占比例波动较小；生态环境质量为中等的面积所占比例由 0.29 上升至 2.82%再下降至 0.25%，该等级所占比例与波动幅度较小；生态环境质量等级为良好的区域面积变化波动很大，由 36.46%上升至 95.59%再下降至 26.06%，经对比发现 2020 年生态环境质量的优秀等级面积大幅增加，中等等级面积大幅减小；生态环境质量为优秀的区域面积由 63.24%增长至 73.67%，上涨幅度

为16.4%。

总之，宝鸡市2014年至2017年城市化发展对生态环境质量的影响较为严重，整体波动较大，2017年至2020年生态环境改善良好，相较于2014年的生态环境质量，有了明显改善。同时，应加强生态环境质量等级较差及差的地区的生态文明建设，提升当地生态环境质量。

5 结论与建议

5.1 结 论

本文以宝鸡市作为研究区域，以研究区2014年、2017年和2020年3幅遥感影像数据作为数据源，使用遥感技术对研究区各年份的湿度、绿度、热度、干度及遥感综合生态指数这5个指标进行提取并分析，最后对宝鸡市生态环境质量进行评价，客观地反映了宝鸡市近7 a的生态环境质量变化情况。研究得到以下结论：①2014年、2017年和2020年宝鸡市的RSEI均值分别为0.76、0.74、0.81，2014—2020年宝鸡市的RSEI均值呈U字形趋势，指标在保持稳定的同时小幅增加，由2014年的0.76上升到2020年的0.81，上涨幅度约为6%，说明宝鸡市生态文明建设取得一定的成效；②宝鸡市生态环境质量等级分布图中等级为差的区域面积一直没有得到改善，等级为优的区域面积有所增加，分级为良、中和较差的区域面积有所减少，但有少部分区域的生态环境质量有较大提高而使得整体均值小幅增加；③4个指标中植被指数与湿度只是对生态环境质量起正向作用，干度指数和热度指数起负向作用。④生态环境质量等级为差的区域面积在2014—2020年没有得到改善，应作为生态环境整治的重点区域加以治理，以提高宝鸡市生态环境质量整体水平。

5.2 建 议

为了进一步提高宝鸡市生态环境质量，实现城市发展与生态环境的可持续发展，提出以下建议：①优化城市生态环境治理体系，做好顶层设计。做好城市水生态环境治理规划、强化城市农业生态环境治理规划、坚持项目化运作，做好全面、科学、合理的顶层设计，推进城市生态系统保护修复，落实生态缓冲带划分方案，完善相关法律法规，保证城市生态环境质量工作的落实有法可依。②建立多元治理机制，提升城市生态环境质量。加强政府的组织领导力，建立生态环境协同治理机制，提高生态环境保护的资金投入力度，加强城市生态环境保护宣传工作。③完善城市环境保护监管机制，强化环境监管力度。建立严格的环境监管体系，全面实施环境监管网络化管理，积极创新推进新环保执法形式，加大事故追责力度，建立符合宝鸡实际的环保执法手册。

参考文献

[1] 翁中银，李维庆，李永鑫. 成都市生态环境质量评价[J]. 地理空间信息，2015，13(4):12-13

[2] 贾艳红，牛博颖，钱骏宸. 基于CASA模型的海州湾生态系统NPP估算[J]. 地理空间信息，2020，18(3):44-47

[3] 方灿莹，胡秀娟，徐涵秋，等. 不同城市规划的生态质量差异对比研究[J]. 地球信息科学学报，2017，19(8):1 097-1 107

[4] 朱贞榕. 基于遥感生态指数(RSEI)的南昌市生态环境质量评价[D]. 南昌:东华理工大学，2017

[5] 苏旺德，史正涛，沈盈佳，等. 城市水源地植被覆盖度遥感估算与时空变化动态分析[J]. 中国农村水利水电，2014(4):39-43

[6] 唐尧，宋瑜，谢俊杰. 2000—2010年中国城市空间形态紧凑度变化特征分析[J]. 生态科学，2016，35(3):134-139

[7] 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

[8] 王丽春，焦黎，来风兵，等. 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，2019，39(8):2 963-2 972

[9] 韩富圆，王天明，孙阳. 基于Landsat遥感数据武汉地区植被覆盖度动态变化监测分析[J]. 测绘与空间地理信息，2019，42(4):90-82

[10] 赵抗抗. 基于不同遥感影像的湿地信息分类方法研究[D]. 合肥:安徽农业大学，2018

[11] Xu H Q. A New Index for Delineating Built-up Land Features in Satellite Imagery[J]. International Journal of Remote Sensing，2008，29(14):4 269-4 276

[12] Nichol J. Remote Sensing of Urban Heat Islands by Day and Night[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing，2005，71(5):613-622

[13] Wen X L，Ming Y L，Gao Y Y，et al. Dynamic Monitoring and Analysis of Ecological Quality of Pingtan Comprehensive Experimental Zone，a new Type of Sea Island City，Based on RSEI[J]. Sustainability，2019，12(1):21-35

[14] 中华人民共和国生态环境部. 生态环境状况评价技术规范(试行):HJ/T 192-2006[S].