

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2023.06.13

引用格式: 陈卓,刘涛,段明新,等.基于遥感技术的哈尔滨巴彦一方正地区生态状况评价[J].中国地质调查,2023,10(6): 111-119. (Chen Z, Liu T, Duan M X, et al. Ecological assessment in Bayan - Fangzheng area of Harbin based on remote sensing method [J]. Geological Survey of China, 2023, 10(6): 111 - 119.)

基于遥感技术的哈尔滨巴彦一方正地区生态状况评价

陈卓, 刘涛*, 段明新, 宋昊南, 赵喜东

(中国地质调查局哈尔滨自然资源综合调查中心, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要: 开展生态状况评价可以了解一个地区的生态环境现状。以黑龙江省哈尔滨市巴彦一方正地区为研究区,利用2019年9月的Landsat 8卫星遥感数据,提取了该地区3个县的地面温度、归一化植被指数(normalized difference vegetation index, NDVI)、亮度和湿度;之后采用遥感生态指数(remote sensing ecological index, RSEI)将生态状况划分为优良、良好、中等、一般、较差5类;最后利用2020年的GlobeLand 30数据结合目视解译,在研究区划分出林草地、建设用地、旱地和水田,并分别以各县域和用地类型为研究对象开展生态状况评价与空间分析。结果显示:各县域间的生态状况差别不明显,且整体上均为良好,其中优良、良好、中等的区域占比约96%;不同用地类型间的生态状况差异较大,其中林草地以优良、良好为主,建设用地以中等、一般为主,旱地以良好为主,水田以良好、中等为主。该研究初步揭示了巴彦一方正地区的生态状况,可为绿色发展提供数据参考。

关键词: 哈尔滨巴彦一方正地区; 遥感; 生态评价; RSEI; Landsat 8

中图分类号: P96; X87

文献标志码: A

文章编号: 2095-8706(2023)06-0111-09

0 引言

随着气候变化对环境影响的不断加大,极端高温事件的强度、出现频率和持续时间均有增强^[1-3],而城镇扩张等直接人为因素也对生态系统产生了明显影响^[4],地球系统内物理、化学、生物和人类的相互作用过程会给人类社会带来巨大的风险危机^[5]。开展生态评价可以掌握一个地区的本底现状,促进生态保护和可持续发展。遥感数据具有易得、时空连续的特征,极大地方便了生态信息的获取,使得对生态状况进行快速经济评价成为可能。用地类型与生物多样性、生态过程及地表温度密切相关,并进而影响着生态状况及功能^[6-7]。地面温度、亮度、湿度、归一化植被指数(normalized

difference vegetation index, NDVI)^[8-9]等常被用于生态评价。其中,地面温度是监测评价地表物理、化学和生物过程的一个关键参数^[10],地面气象站无法提供具有较高空间分辨率的地面温度,因此遥感影像成为提取地面温度的理想数据源;NDVI常用于植物物理特征及生态的相关研究^[11];亮度可以反映自然与人造景观的表面特征;湿度则与土壤、植被含水量、水体等有关^[12-13]。

已有的生态状况评价较多地集中于单一的用地类型、地面参数或土壤、水体的化学成分等^[8-9,14-15]。生态环境状况指数(ecological index, EI)结合了多种生态要素,能够反映某个区域的生态状况^[16-18],但无法获得生态状况的空间分布特征。通过遥感技术可以对一个地区的生态系统进行区域上连续的监测评价,其主要实现方式为多要

收稿日期: 2022-07-15; 修订日期: 2023-08-23。

基金项目: 中国地质调查局“东北地质科技创新中心区创基金项目(编号: QCJ2022-6)”资助。

第一作者简介: 陈卓(1989—),男,高级工程师,主要从事资源环境遥感、自然资源调查工作。Email: chenz121@163.com。

* 通信作者简介: 刘涛(1975—),男,正高级工程师,主要从事自然资源综合调查、规划和地质矿产研究工作。Email: huangjinliutao@163.com。

素之间的加权运算或主成分分析。徐涵秋^[19]通过主成分分析构建了遥感生态指数 (remote sensing ecological index, RSEI), 该指数能够避免在加权运算过程中因不合理权重而产生主观误差, 目前该指数已经得到了广泛的应用^[8-9,20-21]。Landsat 影像数据因其时间、空间、光谱和辐射分辨率而适宜用于生态评价应用。已有学者利用遥感开展了哈尔滨主城区的多要素生态评价, 但并未包含周边县市^[22]。本文利用 Landsat 8 影像数据, 以哈尔滨巴彦一方正地区为研究区, 包括巴彦县、宾县和方正县, 通过 RSEI 开展基于易得数据的生态状况评价,

分析不同县域和用地类型的生态特征, 以期助力区域绿色发展。

1 研究区概况

巴彦县、宾县、方正县地处我国东北地区, 为黑龙江省哈尔滨市的下辖县级行政区, 黑土分布广泛, 为东北地区主要的粮食产地。北部为小兴安岭, 东南部毗邻张广才岭, 平原辽阔、丘陵低缓, 总体南北高、中间低(图1)。区内属中温带大陆性季风气候, 年平均气温 3.3 °C, 年平均降水量约 560 mm。

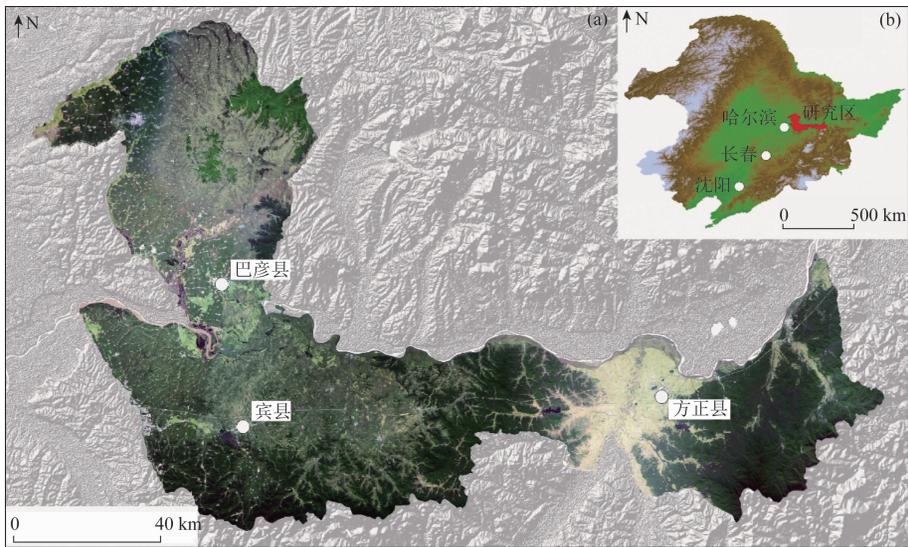


图1 研究区 2020 年 Landsat 8 真彩色影像 (a) 及地理位置 (b)

Fig.1 The true color image in 2020 (a) and location (b) of the study area

2 研究方法

2.1 遥感数据源与处理

本文选用 Landsat 8 OLI/TIRS (Collection 2 Level 1) 共 3 景影像数据进行地面温度、NDVI、亮度、湿度的提取, 影像选取过程中确保了研究区内没有云层覆盖和积雪干扰, 且尽量选择植被生长季

的影像。Qureshi 等^[8] 建议在进行生态状况评价时将影像之间各年的天数间隔设定为小于 60 d, 本研究选取的影像时相分别为 2019 年 9 月 15 日、2019 年 9 月 17 日、2019 年 9 月 24 日, 间隔小于 10 d, 满足遥感信息提取和对比要求(表 1)。同时本文还收集了研究区 GlobeLand 30 2020 年的用地类型数据, 用于提取分析不同用地类型的生态特征。

表 1 研究区选取的数据参数

Tab.1 Selected data parameters of the study area

| 数据类型 | 获取日期 | 条带号 | 分辨率/m | 数据来源 |
|--|------------|--------|----------------------|--|
| Landsat 8 OLI/TIRS (Collection 2 Level 1) | 2019-09-15 | 118028 | 30(可见光); 100(热红外) | 美国地质调查局 Earth Explorer(earthexplorer.usgs.gov) |
| | 2019-09-17 | 116028 | | |
| | 2019-09-24 | 117028 | | |
| GlobeLand 30 用地类型 | 2020 年 | 无 | 30 | GlobeLand 30 全球地理信息公共产品(www.globallandcover.com) |

2.2 评价流程

本研究主要包括地面参数提取、生态状况评价与空间分析,主要流程为:①在 GlobeLand 30 数据的基础上将用地类型重新划分为林草地、建设用地、旱地,并通过目视解译提取水田,由于大片水体的存在会干扰湿度指数对植被和土壤含水量的反映^[19],所以需利用遥感数据提取水体并掩模去除;

②对 Landsat 8 影像数据进行预处理,然后提取地面温度、NDVI、亮度、湿度等地面参数,在统计中排除了最小的前 0.01% 和最大的后 0.01% 的异常值;③利用地面参数构建得到研究区 2019 年 9 月的遥感生态指数;④以县域和用地类型为研究对象分别进行地面参数和生态状况的空间对比、分析(图 2)。

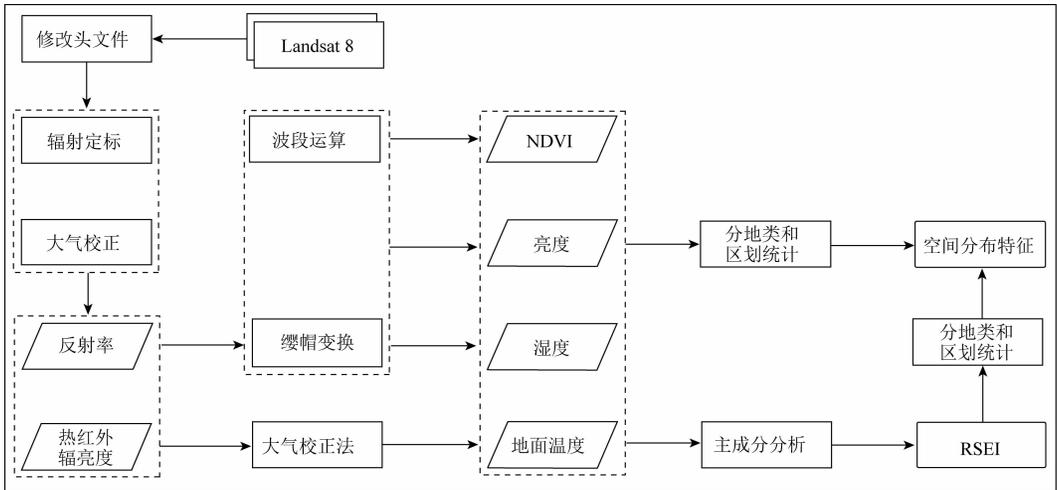


图 2 研究区生态状况评价技术流程

Fig. 2 Workflow of ecological assessment of the study area

2.2.1 地面参数提取

在参数提取之前,需对影像进行辐射定标和基于 FLAASH 模块的大气校正,分别得到 Landsat 8 TIRS 第 10 波段的热红外辐亮度和 Landsat 8 OLI 可见光近红外波段的反射率数据。在此基础上,亮度和湿度分别为缨帽变换的第 1 和第 3 主成分,各波段的变换系数因传感器类型而异^[13,23]。本文亮度和湿度直接采用 ENVI 软件为 Landsat 影像提供的缨帽变换工具获取。此外,由于计算得到的湿度数据含较多的负值,会影响变异系数的比较,故将湿度数据在原值基础上统一加 10 000。地面温度可利用热红外辐亮度数据,通过辐射传输方程法(大气校正法)计算得到^[24-28]; NDVI 采用第 5 波段和第 4 波段计算得到。

2.2.2 遥感生态指数

RSEI 集成了各类地面参数信息,能够比单一指标更好地反映生态状况。本文 RSEI 处理过程为:①对地面温度、NDVI、亮度、湿度数据进行归一化处理,使其值域为 0~1,分别得到归一化后的地面温度(T_s)、NDVI_s、亮度(L_s)、湿度(W_s);②对 4 个地面参数进行主成分分析,选择与地面温度(T_s)、NDVI_s、亮度(L_s)、湿度(W_s)的生态意义均一致的主

成分作为 RSEI,该方法与基于主成分分析的遥感矿化蚀变提取类似^[29],主成分分析结果显示地面温度(W_s)、亮度(L_s)在第 2 主成分的特征值均为正值,NDVI_s、湿度(W_s)在第 2 主成分的特征值均为负值(表 2),故提取第 2 主成分作为 RSEI;③对 RSEI 进行归一化处理,使其值域为 0~1,得到 RSEI_s,其可以反映研究区各区域的相对生态状况;④将 RSEI_s 分为优良[0,0.2)、良好[0.2,0.4)、中等[0.4,0.6)、一般[0.6,0.8)、较差[0.8,1.0)共 5 类^[8,19]。

表 2 研究区 RSEI 特征值

Tab. 2 Eigenvalue for RSEI of the study area

| 地面参数 | 巴彦县 PC2 | 宾县 PC2 | 方正县 PC2 |
|-------------------|---------|--------|---------|
| T_s | 0.50 | 0.50 | 0.49 |
| NDVI _s | -0.62 | -0.58 | -0.74 |
| L_s | 0.10 | 0.22 | 0.15 |
| W_s | -0.60 | -0.61 | -0.44 |

3 结果分析

3.1 地面参数

3.1.1 县域特征

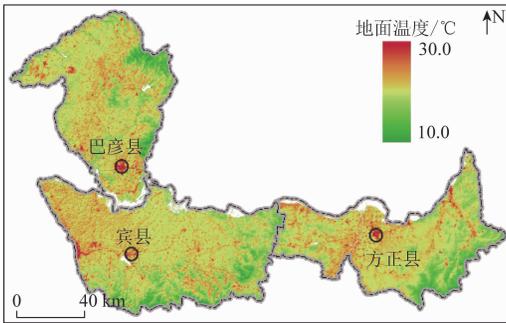
从表 3 可知,巴彦县、宾县和方正县之间亮

度和湿度的均值差异并不显著。标准差可以反映地面参数的空间异性^[25],其中地面温度空间差异最显著的是宾县,NDVI 空间差异最显著的是巴彦县和方正县,亮度空间差异最显著的是方正县,湿度空间差异最显著的是巴彦县。相比地面温度和湿度,各县域的 NDVI 和亮度均具有较高的变异系数(表 3)。由图 3 可见,整个研究区的高温地区主要分布于城镇和村庄,耕地区域的地表温度为中等,低温地区主要位于林草地区域,可能与森林具有更强的蒸腾作用有关^[30];由于 9 月份哈尔滨地区的玉米仍处于生长期,NDVI 在林草地和耕地区域均较高,低值区主要位于建设用地和水域周边。建设用地表现为较高的亮度和较低的湿度,耕地区域表现为中等亮度和较高的湿度,林草地区域表现为较低的亮度和中等湿度,和预期不同的是,方正县周边水田的亮度和湿度均较高。

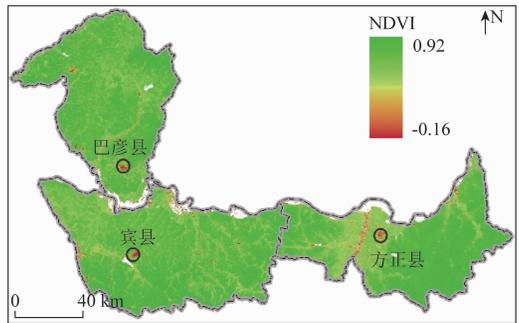
表 3 研究区地面参数特征

Tab. 3 Attributes of ground parameters in the study area

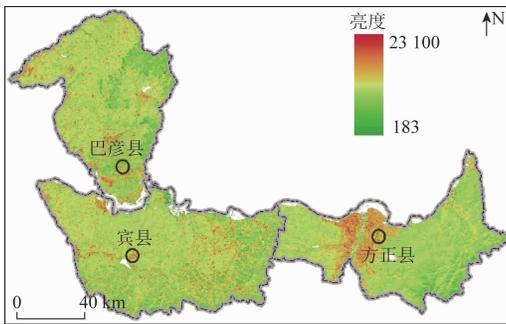
| | 地面温度/℃ | NDVI | 亮度 | 湿度 | |
|-----|--------|-------|-------|-------|--------|
| 巴彦县 | 最小值 | 15.65 | -0.05 | 433 | 4 359 |
| | 最大值 | 26.91 | 0.90 | 7 269 | 10 533 |
| | 峰值 | 20.94 | 0.83 | 2 862 | 10 121 |
| | 均值 | 20.87 | 0.73 | 2 899 | 9 835 |
| | 标准差 | 0.83 | 0.14 | 636 | 374 |
| | 变异系数 | 0.04 | 0.20 | 0.22 | 0.04 |
| 宾县 | 最小值 | 12.10 | -0.05 | 562 | 7 094 |
| | 最大值 | 26.84 | 0.87 | 8 133 | 10 417 |
| | 峰值 | 18.55 | 0.69 | 2 878 | 9 998 |
| | 均值 | 18.33 | 0.65 | 2 862 | 9 808 |
| | 标准差 | 1.37 | 0.13 | 545 | 288 |
| | 变异系数 | 0.07 | 0.21 | 0.19 | 0.03 |
| 方正县 | 最小值 | 10.54 | -0.05 | 492 | 6 961 |
| | 最大值 | 24.50 | 0.89 | 7 669 | 10 458 |
| | 峰值 | 17.78 | 0.84 | 2 645 | 9 689 |
| | 均值 | 17.57 | 0.74 | 2955 | 9 696 |
| | 标准差 | 1.29 | 0.14 | 681 | 248 |
| | 变异系数 | 0.07 | 0.18 | 0.23 | 0.03 |



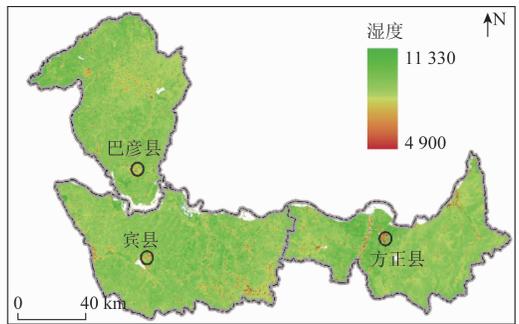
(a) 地面温度



(b) NDVI



(c) 亮度



(d) 湿度

图 3 研究区地面参数分布

Fig. 3 Distribution of ground parameters of the study area

3.1.2 用地类型特征

研究区各用地类型地面参数见表 4。地面温度均值从低到高依次为林草地、水田、旱地、建设用地,地面温度分布均较为集中,其中林草地和水田在近 20 ℃处具有次峰值(图 4); NDVI 从低到高依次为建设用地、水田、旱地、林草地,频率曲线显示林草地

和水田具有明显的峰值,建设用地的 NDVI 分布范围较广,可能是由于城镇内的绿化分布不均匀,旱地的 NDVI 范围较广,可见次峰值;亮度分布特征明显,从低到高依次为林草地、旱地、水田、建设用地,林草地和旱地的峰值位置相近,建设用地和水田具有双峰值且峰值位置相近;湿度的均值从低到高依次为建

设用地、林草地、旱地和水田,频率曲线显示林草地、旱地、水田的湿度分布较为集中,其中林草地和旱地

的峰值位置较为相近,建设用地的湿度峰值相对其他用地类型较低,水田可见次峰值。

表 4 研究区各用地类型地面参数特征

Tab. 4 Attributes of ground parameters for different land covers in the study area

| 用地类型 | 地面温度/°C | | | | | | NDVI | | | | | |
|------|---------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
| | 最小值 | 最大值 | 峰值 | 均值 | 标准差 | 变异系数 | 最小值 | 最大值 | 峰值 | 均值 | 标准差 | 变异系数 |
| 林草地 | 13.39 | 23.12 | 20.67 | 20.33 | 0.81 | 0.04 | 0.16 | 0.89 | 0.85 | 0.82 | 0.07 | 0.09 |
| 建设用地 | 11.24 | 27.37 | 22.07 | 22.34 | 0.95 | 0.04 | -0.04 | 0.86 | 0.57 | 0.46 | 0.19 | 0.41 |
| 旱地 | 19.14 | 22.66 | 20.96 | 21.15 | 0.54 | 0.03 | 0.11 | 0.87 | 0.83 | 0.74 | 0.11 | 0.15 |
| 水田 | 17.87 | 24.04 | 21.20 | 21.01 | 0.81 | 0.04 | -0.09 | 0.85 | 0.63 | 0.62 | 0.13 | 0.21 |

| 用地类型 | 亮度 | | | | | | 湿度 | | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|--------|-------|-------|-----|------|
| | 最小值 | 最大值 | 峰值 | 均值 | 标准差 | 变异系数 | 最小值 | 最大值 | 峰值 | 均值 | 标准差 | 变异系数 |
| 林草地 | 990 | 4 765 | 2 787 | 2 669 | 490 | 0.18 | 8 121 | 10 225 | 9 675 | 9 685 | 172 | 0.02 |
| 建设用地 | 973 | 8 258 | 3 042 | 3 680 | 1 608 | 0.44 | 6 539 | 10 148 | 9 426 | 9 227 | 389 | 0.04 |
| 旱地 | 1 081 | 5 844 | 2 878 | 2 935 | 443 | 0.15 | 7 448 | 10 337 | 9 737 | 9 718 | 231 | 0.02 |
| 水田 | 433 | 8 168 | 3 581 | 3 336 | 856 | 0.26 | 6 805 | 10 432 | 9 746 | 9 803 | 323 | 0.03 |

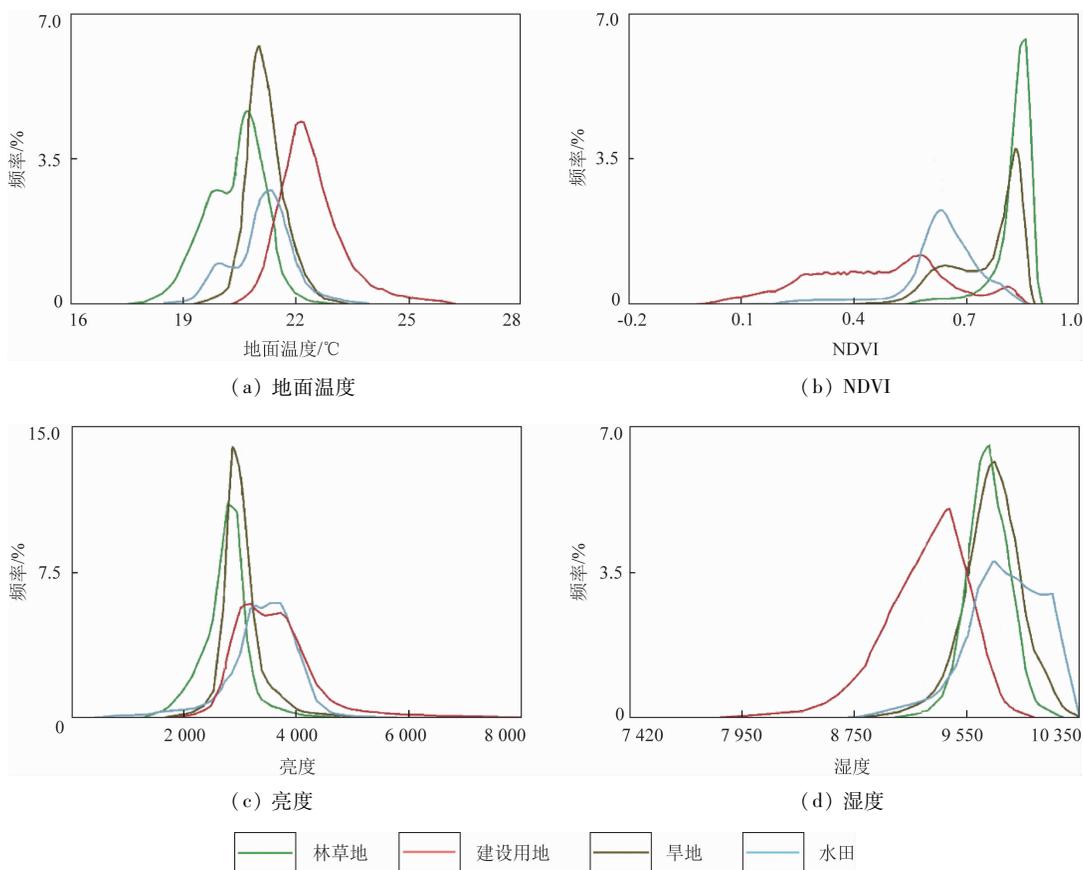


图 4 研究区各用地类型地面参数频率分布

Fig. 4 Frequency distribution of ground parameters for different land covers in the study area

3.2 生态状况评价

3.2.1 县域特征

由图 5(a)可知,3 个县中生态状况为优良的区域占比差异不显著,均超 20%; 巴彦县和宾县生态状况为良好的区域占比超过 60%,明显高于方正

县; 方正县内生态状况中等的区域占比明显高于其他两县; 3 个县中生态状况为一般、较差的区域占比差异不显著。图 3、图 5(b)和图 6 显示生态状况为优良的区域主要分布于巴彦县北部、宾县南部和东部、方正县东部的林草地区域内,这些区域具

有较低的地面温度、亮度,较高的 NDVI 和 中等的湿度;生态状况为良好的区域面积最 广,主要为耕地,对应中等的地面温度、NDVI、亮度,中等或较高的湿度;生态状况中等的区域主要分布于方正县

城周边的水田区域,对应中等的地面温度、NDVI、亮度和较高的湿度;生态状况一般和较差的区域 主要为建设用地分布较大的城镇,对应较高的地面 温度、亮度和较低的 NDVI、湿度。

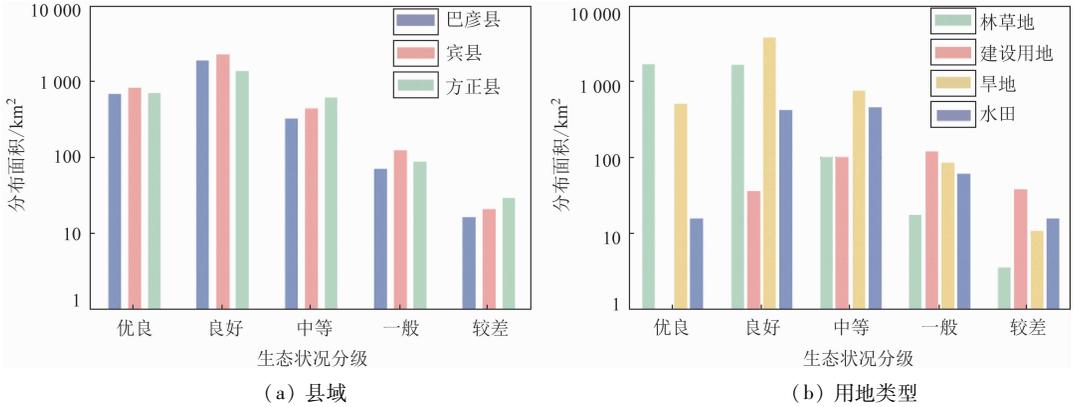


图 5 研究区各用地类型各级生态状况分布面积

Fig. 5 Distribution area of different land covers at different ecological classes in the study area

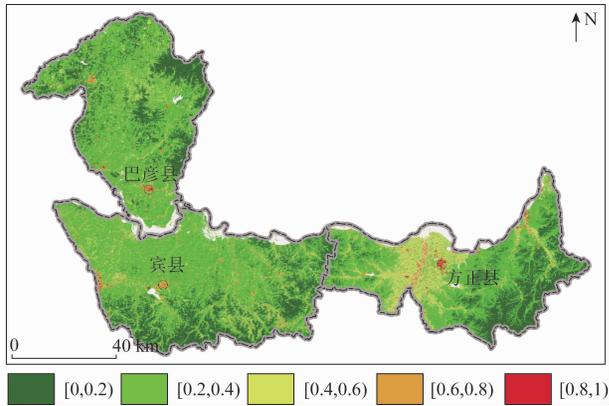


图 6 研究区 RSEI_s 分布

Fig. 6 Distribution of RSEI_s in the study area

统计结果显示, RSEI_s 均值最高的为方正县 (0.30), 其次为宾县(0.29)、巴彦县(0.28), 总体来看 3 个县的生态状况均属良好; 标准差显示各县

域内的生态状况分布不均, 其中巴彦县内的空间差 异性明显低于方正县、宾县(表 5), 与之对应, 巴彦 县的 RSEI_s 频率分布曲线相对更为集中, 频率峰值 位于 0.21, 与方正县(0.22)相近, 但方正县 RSEI_s 在中等区可见次峰值, 宾县 RSEI_s 峰值位置最高 (0.25)(图 7(a))。

表 5 研究区 RSEI_s 特征

Tab. 5 Attributes of RSEI_s in the study area

| 县域/ 用地类型 | 最小值 | 最大值 | 峰值 | 均值 | 标准差 | 变异 系数 |
|-------------|------|------|------|------|------|----------|
| 巴彦县 | 0.02 | 0.96 | 0.21 | 0.28 | 0.12 | 0.43 |
| 宾县 | 0.02 | 0.95 | 0.25 | 0.29 | 0.14 | 0.48 |
| 方正县 | 0.02 | 0.96 | 0.22 | 0.30 | 0.15 | 0.50 |
| 林草地 | 0.01 | 0.80 | 0.21 | 0.20 | 0.09 | 0.45 |
| 建设用地 | 0.18 | 1.00 | 0.65 | 0.60 | 0.17 | 0.28 |
| 旱地 | 0.09 | 0.87 | 0.23 | 0.31 | 0.11 | 0.35 |
| 水田 | 0.15 | 1.00 | 0.47 | 0.42 | 0.14 | 0.33 |

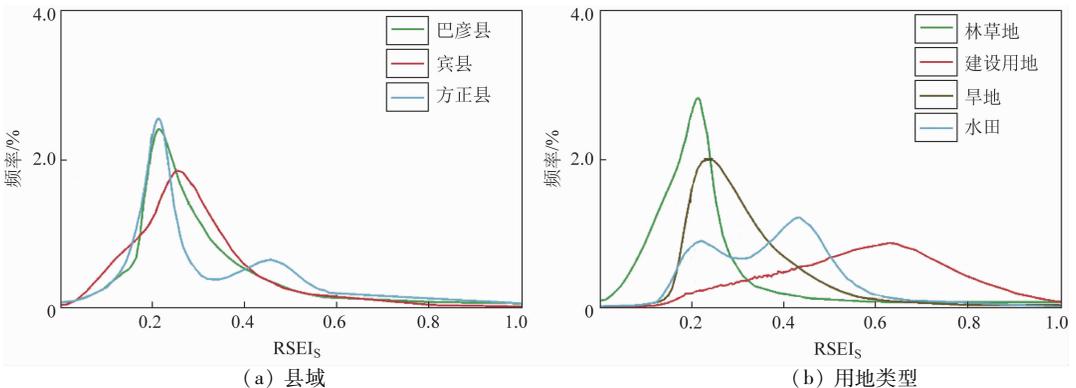


图 7 研究区各用地类型 RSEI_s 频率分布

Fig. 7 Frequency distribution of RSEI_s for different land covers in the study area

3.2.2 用地类型特征

由图5(b)可知,林草地内优良、良好区域共占比超86%,建设用地内中等、一般的区域共占比超74%,其次为良好、较差,旱地内良好区域占比超72%,其次为中等、优良,水田内良好、中等区域占比超90%,用地类型之间不同生态状况占比的差异特征明显。统计显示,各用地类型的主要生态状况从好到差依次为林草地(优良)、旱地(良好)、水田(中等)、建设用地(一般)(表5)。林草地的生态状况峰值最为明显,位于0.21,标准差为0.09,空间异性较小;建设用地的峰值同样明显,位于0.65,标准差为0.17,生态状况多样;旱地的峰值位于0.23,标准差为0.11,空间异性较低;水田生态状况具有明显的双峰分布特征,峰值位置分别为0.47,标准差为0.14,空间异性一般(图7(b))。各用地类型内生态状况的标准差和变异系数的指示结果存在差异,如林草地具有较低的标准差和较高的变异系数(表5), $RSEI_s$ 的频率分布曲线与标准差的指示结果更为一致(图7(b))。

4 讨论

本文利用遥感地面温度、NDVI、亮度、湿度这4个参数,通过主成分分析构建了 $RSEI$ 。结果显示,建设用地和裸地具有更高的地面温度和亮度,对生态有负面影响;NDVI、湿度的高值区分别代表了更好的植被覆盖以及更高的植被、土壤含水量,对生态有正面影响^[19],所以在构建 $RSEI$ 时应确定这4个因子贡献的正负,使 $RSEI$ 具有合理的生态意义。变异系数可克服不同地面参数间值域和量纲的差异,并反映数据相对于均值的变化程度,本研究中亮度和NDVI不仅在县域内具有较高的变异系数,在同一用地类型内仍然如此(表3,表4),表明二者在同一用地类型之内仍具有较大的空间差异,这可能是由于同一用地类型内具有不同的生物物理特征有关,且相较于地面温度和湿度,亮度和NDVI对研究区的不同表面特征反馈可能更加灵敏,在今后的生态评价和其他研究中可加以重点应用。通过对比 $RSEI_s$ 在表5中的标准差、变异系数和在图7中的频率分布特征,可见标准差反映的空间异性与频率分布曲线更为一致,由于变异系数反映的是相对于均值的变化程度,其更易受均值数值大小的影响,因此在今后研究中对于同一个统计参数,直

接利用标准差分析空间异性是更优的选择,对于不同的统计参数,可对其进行归一化后再利用标准差分析比较空间异性。

本研究中水田具有比林草地和旱地更高的平均亮度和更低的NDVI,导致水田的生态状况次于林草地和旱地。同时,水稻在可见光至短波红外上具有比森林上更高的反射率^[31],哈尔滨地区的水稻成熟期为每年的九月份^[32],其稻穗呈亮黄色,可能致使反射率进一步升高,本次研究采用了9月份的影像开展生态评价,水田相对旱地的高亮度和低NDVI可能由水稻叶片及稻穗的高反射率同时引起。

巴彦、宾县、方正3个县的生态状况以良好为主,且差别很小,其中方正县 $RSEI_s$ 的次峰值可能由水田引起(表5,图7(a)),水田的存在使方正县 $RSEI_s$ 均值向高值偏移,但对研究区整体的生态状况未产生显著影响。用地类型的 $RSEI_s$ 统计结果表明建设用地具有最次的生态状况(表5), $RSEI_s$ 频率分布曲线表明建设用地的生态状况最为多变,较差或优良的区域均有不可忽视的占比。线性混合像元模型认为多种地物可按面积比例在遥感影像中形成混合像元^[33],其多变的生态状况应是由主要由城镇内部的小块地表差异引起。

5 结论与展望

5.1 结论

(1)研究区3个县的生态状况的相对排序,由好到次依次为巴彦县、宾县、方正县,3个县内的优良区域比例均超20%,良好区域占比分别为64.33%、61.50%、49.22%,中等区域占比分别为10.88%、12.12%、21.85%,一般区域占比位于2%~3%,较差区域占比均为1%左右。

(2)林草地对应较低的地面温度、亮度,较高的NDVI,中等的湿度,优良、良好的生态状况;建设用地对应较高的地面温度、亮度,较低的NDVI、湿度,中等、一般的生态状况;旱地对应中等的地面温度、亮度、NDVI、湿度,良好的生态状况;水田对应中等的地面温度、NDVI、亮度,较高的湿度,良好、中等的生态状况。不同用地类型间的生态状况差异较大,通过不同用地类型间的良性转换能够有效提高研究区内的生态状况。

5.2 展望

对于各遥感地面参数或 RSEI_s 的空间异性, 可通过变异系数或归一化后的标准差, 结合频率分布曲线进行分析。相对于变异系数, 标准差更能反映统计对象的空间差异特征, 因此在今后研究中对于同一个统计参数, 直接利用标准差分析空间异性是更优的选择, 对于不同的统计参数, 可对其进行归一化后再利用标准差分析比较空间异性。

成熟的稻穗会使水田与旱地在 NDVI 和亮度上形成较明显的差异, 从而在一定程度上影响研究区的 RSEI_s 均值与频率分布曲线, 虽未在整体上引起质变, 但在今后评价中应尽量选择非农作物成熟期的影像数据, 降低非叶片信息的影响。

参考文献 (References):

[1] Zwiers F W, Zhang X B, Feng Y. Anthropogenic influence on long return period daily temperature extremes at regional scales [J]. *Journal of Climate*, 2011, 24(3): 881 - 892.

[2] Min S K, Zhang X B, Zwiers F, et al. Multimodel detection and attribution of extreme temperature changes [J]. *Journal of Climate*, 2013, 26(19): 7430 - 7451.

[3] Lu C H, Sun Y, Zhang X B. Multimodel detection and attribution of changes in warm and cold spell durations [J]. *Environmental Research Letters*, 2018, 13(7): 074013.

[4] 刘世梁, 刘芦萌, 武雪, 等. 区域生态效应研究中人类活动强度量化评价 [J]. *生态学报*, 2018, 38(19): 6797 - 6809.

Liu S L, Liu L M, Wu X, et al. Quantitative evaluation of human activity intensity on the regional ecological impact studies [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(19): 6797 - 6809.

[5] 秦奇, 刘晓煌, 孙兴丽, 等. 中美两国对地系统观测比较分析及对中国的启示 [J]. *中国地质调查*, 2021, 8(2): 8 - 13.

Qin Q, Liu X H, Sun X L, et al. Comparative analysis of the Earth Observation System between China and the United States and its implications to China [J]. *Geological Survey of China*, 2021, 8(2): 8 - 13.

[6] Wang H N, Tang L N, Qiu Q Y, et al. Assessing the impacts of urban expansion on habitat quality by combining the concepts of land use, landscape, and Habitat in two urban agglomerations in China [J]. *Sustainability*, 2020, 12(11): 4346.

[7] Wang L M, Tian F Q, Wang X F, et al. Attribution of the land surface temperature response to land - use conversions from bare land [J]. *Global and Planetary Change*, 2020, 193: 103268.

[8] Qureshi S, Alavipanah S K, Konyushkova M, et al. A remotely sensed assessment of surface ecological change over the Gomishan wetland, Iran [J]. *Remote Sensing*, 2020, 12(18): 2989.

[9] Firozjahi M K, Fathololoumi S, Weng Q H, et al. Remotely sensed urban surface ecological index (RSUSEI): An analytical framework for assessing the surface ecological status in urban environments [J]. *Remote Sensing*, 2020, 12(12): 2029.

[10] Panah S K A, Mogaddam M K, Firozjahi M K. Monitoring spatio-

temporal changes of heat island in Babol city due to land use changes [J]. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 2017, XLII - 4 - W4: 17 - 22.

[11] Xu D D, Guo X L, Li Z Q, et al. Measuring the dead component of mixed grassland with Landsat imagery [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2014, 142: 33 - 43.

[12] Jin S M, Sader S A. Comparison of time series tasseled cap wetness and the normalized difference moisture index in detecting forest disturbances [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2005, 94(3): 364 - 372.

[13] Chen C, Bu J, Zhang Y H, et al. The application of the tasseled cap transformation and feature knowledge for the extraction of coastline information from remote sensing images [J]. *Advances in Space Research*, 2019, 64(9): 1780 - 1791.

[14] Dossou J F, Li X X, Sadek M, et al. Hybrid model for ecological vulnerability assessment in Benin [J]. *Scientific Reports*, 2021, 11: 2449.

[15] Tokatli C, Ugurluoğlu A, Köse E, et al. Ecological risk assessment of toxic metal contamination in a significant mining basin in Turkey [J]. *Environmental Earth Sciences*, 2021, 80(1): 17.

[16] 中华人民共和国环境保护部. HJ 192 - 2015 生态环境状况评价技术规范 [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2015.

Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China. HJ 192 - 2015 Technical Criterion for Ecosystem Status Evaluation [S]. Beijing: China Environmental Press, 2015.

[17] 陈卓, 陈建平, 周传芳, 等. 基于遥感的大兴安岭小扬气镇用地类型变化及生态环境状况评价 [J]. *中国地质调查*, 2021, 8(6): 126 - 134.

Chen Z, Chen J P, Zhou C F, et al. Landuse types change and ecological environment assessment of Xiaoyangqi district of Daxing'an Mountains based on remote sensing [J]. *Geological Survey of China*, 2021, 8(6): 126 - 134.

[18] 陈卓, 陈建平, 刘涛, 等. 大兴安岭漠河一塔河地区土地利用及生态状况动态分析 [J]. *科学技术与工程*, 2022, 22(8): 3387 - 3395.

Chen Z, Chen J P, Liu T, et al. Dynamic analysis of land use and ecological condition in Mohe - Tahe District, Greater Hinggan Mountains [J]. *Science Technology and Engineering*, 2022, 22(8): 3387 - 3395.

[19] 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.

Xu H Q. A remote sensing urban ecological index and its application [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013, 33(24): 7853 - 7862.

[20] 李尚志, 薛华柱, 李静茹, 等. 基于遥感生态指数的河套灌区生态环境质量变化研究 [J]. *生态科学*, 2022, 41(3): 156 - 165.

Li S Z, Xue H Z, Li J R, et al. Study on the ecological environment quality change in Hetao irrigation area with remote sensing ecology index [J]. *Ecological Science*, 2022, 41(3): 156 - 165.

[21] 汪东川, 陈星, 孙志超, 等. 格尔木长时间序列遥感生态指数变化监测 [J]. *生态学报*, 2022, 42(14): 5922 - 5933.

Wang D C, Chen X, Sun Z C, et al. Monitoring of changes in the ecological index of long - time sequence remote sensing in Gol-

- mud, Qinghai Province [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2022, 42(14):5922–5933.
- [22] 刘玉琴. 基于 RS 和 GIS 的哈尔滨市生态环境质量评价与分析[D]. 哈尔滨:哈尔滨师范大学,2021.
Liu Y Q. Evaluation and Analysis of Ecological Environment Quality in Harbin Based on RS and GIS[D]. Harbin:Harbin Normal University,2021.
- [23] Shi T T, Xu H Q. Derivation of tasseled cap transformation coefficients for Sentinel-2 MSI At – Sensor reflectance data[J]. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 2019, 12(10):4038–4048.
- [24] Sobrino J A, Jiménez – Muñoz J C, Paolini L. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2004, 90(4):434–440.
- [25] Firozjahi M K, Kiavarz M, Alavipanah S K, et al. Monitoring and forecasting heat island intensity through multi – temporal image analysis and cellular automata – Markov chain modelling; A case of Babol city, Iran[J]. *Ecological Indicators*, 2018, 91:155–170.
- [26] Weng Q H, Firozjahi M K, Sedighi A, et al. Statistical analysis of surface urban heat island intensity variations; A case study of Babol city, Iran[J]. *GIScience & Remote Sensing*, 2019, 56(4):576–604.
- [27] 韩凯旭. 1990—2019 年加拿大 Alberta 省油砂矿区地表温度变化研究[D]. 长春:吉林大学,2020.
Han K X. Study on Surface Temperature Change of Oil Sand Mining area in Alberta Province, Canada, 1990 – 2019 [D]. Changchun:Jilin University,2020.
- [28] 陈明辉. 利用 Landsat 卫星影像进行东莞市地表温度反演与变化分析[J]. *测绘通报*, 2021(3):60–68.
Chen M H. Land surface temperature inversion and change analysis of Dongguan using Landsat images[J]. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 2021(3):60–68.
- [29] Crósta A P, De Souza Filho C R, Azevedo F, et al. Targeting key alteration minerals in epithermal deposits in Patagonia, Argentina, using ASTER imagery and principal component analysis[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2003, 24(21):4233–4240.
- [30] 王庆慧. 景观格局对温度和降水的调节作用研究——以南方丘陵山地和内蒙古草原为例[D]. 北京:中央民族大学,2019.
Wang Q H. Regulating Effect of Landscape Pattern on Temperature and Precipitation – A Case at the Hilly Regions of Southern China and Inner Mongolia[D]. Beijing:Minzu University of China,2019.
- [31] 刘占宇. 水稻主要病虫害胁迫遥感监测研究[D]. 杭州:浙江大学,2008.
Liu Z Y. Monitoring the Rice Disease and Insect Stress with Remote Sensing[D]. Hangzhou:Zhejiang University,2008.
- [32] 卞景阳. 哈尔滨地区不同熟期水稻产量及主要性状变化规律[J]. *北方水稻*, 2009, 39(3):17–18.
Bian J Y. Variation principle of yield and major traits in rice with different maturity in Harbin[J]. *North Rice*, 2009, 39(3):17–18.
- [33] 杨斌, 王斌. 光谱解混技术及其应用研究进展[J]. *激光与光电子学进展*, 2021, 58(16):76–103.
Yang B, Wang B. Research advances of spectral unmixing technology and its applications[J]. *Laser & Optoelectronics Progress*, 2021, 58(16):76–103.

Ecological assessment in Bayan – Fangzheng area of Harbin based on remote sensing method

CHEN Zhuo, LIU Tao, DUAN Mingxin, SONG Haonan, ZHAO Xidong

(Harbin Center for Integrated Natural Resources Survey, China Geological Survey, Heilongjiang Harbin 150086, China)

Abstract: Conducting ecological assessment would help understanding the ecological conditions. In this paper, Bayan – Fangzheng area of Harbin City of Heilongjiang Province was chosen as the study area. Based on Landsat 8 satellite remote sensing data in September 2019, the authors extracted the surface temperature, normalized difference vegetation index (NDVI), brightness and humidity of 3 counties in this area, and then classified the ecological condition as excellent, good, moderate, acceptable and poor using remote sensing ecological index (RSEI). Finally, forest – grass land, construction land, dry farm, and paddy field were classified on the basis of GlobeLand 30 data in 2020 and visual interpretation, and ecological condition of each county and land cover were assessed and spatially analyzed. Results showed that the ecological condition for each county was identical and generally good, and the excellent, good and moderate region accounted for nearly 96% of the total area. The ecological condition varied between different land covers, with forest – grass land being excellent and good, construction land being moderate and acceptable, and paddy field being good and moderate. The understanding on the ecological condition was preliminarily revealed in Bayan – Fangzheng area from this research, which could provide valuable data for green development.

Keywords: Harbin; Hayan – Fangzheng area; remote sensing; ecological assessment; RSEI; Landsat 8

(责任编辑:魏昊明,王晗)