

# 基于遥感生态指数模型的阜康市生态环境 动态变化监测与评价

茹克亚·萨吾提<sup>1,2</sup>, 阿不都艾尼·阿不里<sup>1,2,3,5</sup>,  
李虎<sup>4</sup>, 尼加提·卡斯木<sup>1,2</sup>, 李晓航<sup>1,2</sup>

(1.新疆大学 资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046; 2.新疆绿洲生态教育部重点实验室,  
乌鲁木齐 830046; 3.新疆大学 干旱生态环境研究所, 乌鲁木齐 830046;

4.新疆卫星应用工程中心, 乌鲁木齐 830000; 5.新疆大学 生态学博士后流动站, 乌鲁木齐 830046)

**摘 要:**城市化进程不断加快引起生态环境问题,利用遥感技术及时、快速、客观、定量评价区域生态环境变化显得尤为重要。选取 2000 年、2008 年、2016 年 Landsat(TM/OLI)系列遥感影像,提取绿度(NDVI)、湿度(WET)、干度(NDBSI)和热度(LST)4 个重要指标,基于主成分分析法计算遥感生态指数(RSEI),对阜康市 16 年以来的生态环境质量变化进行监测与评价。结果表明:从 2000—2008 年阜康市的生态环境质量逐渐下降,在这 8 年期间生态环境转差的区域面积达到了 849.35 km<sup>2</sup>,约占总面积的 25.72%;且以 2008—2016 年期间生态环境质量下降幅度为最大,环境质量转差的区域面积增长到 1 601.41 km<sup>2</sup>比前 8 年增长了 2 倍,约占总面积的 48.49%,而环境质量转好的只占了 13.06%。2000—2016 年阜康市的生态环境质量快速下降,环境质量变差的区域面积已达到 1 757.93 km<sup>2</sup>,阜康市环境质量转好的区域面积保持下降趋势,约占总面积的 8.98%,而质量转差的区域逐步增加,约占总面积的 53.23%。在空间上,生态条件变差的地点主要分布在郊区中部和北部地区。生态环境好转的主要区域分布在一些新增的城区基础设施和一些规模较大的房地产开发新区,而中部耕地周边生态环境变化较小。该城市生态环境质量下降原因分析可知,干旱等自然条件下超负荷开发活动是导致生态环境质量恶化的一个重要因素。

**关键词:**生态遥感指数; 动态变化; 主成分分析; 阜康市

中图分类号: TP79

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2020)01-0283-07

## Dynamic Monitoring and Analysis of Ecological Environment in Fukang City Based on RSEI Model

RUKEYA · Sawut<sup>1,2</sup>, ABUDUHENI · Abliz<sup>1,2,3,5</sup>, LI Hu<sup>4</sup>, NIJAT · Kasim<sup>1,2</sup>, LI Xiaohang<sup>1,2</sup>

(1.College of Resources and Environmental Sciences, Xinjiang University, Urumqi 830046, China;

2.Key Laboratory of Oasis Ecology, Xinjiang University, Urumqi 830046, China; 3.Institute of Arid Ecology and Environment, Xinjiang University, Urumqi 830046, China; 4.Xinjiang Engineering Center of Satellite Applications, Urumqi 83 000, China; 5.Ecological Postdoctoral Research Station, Xinjiang University, Urumqi 830046, China)

**Abstract:** For making timely, quick, it is very important to objectively and quantitatively evaluate the regional environmental changes caused by rapid urbanization by using remote sensing techniques. In this paper, Landsat (TM/OLI) imagery was selected as a main data, and vegetation index (NDVI), wetness index (WET), build-up and soil index (NDBSI), land surface temperature (LST) were calculated on the bases of the remote sensing data (TM/OLI). Principal component analysis was employed to calculate the remote sensing ecological index (RSEI) and environmental quality changes of Fukang City from 2000 to 2016 were monitored and evaluated. The results showed that the ecological quality of Fukang City from 2000—2008 decreased rapidly, and the low-grade RSEI area reached 849.35 km<sup>2</sup>, and make up 25.72% of the total area; from 2008 to 2016,

收稿日期: 2019-10-30

修回日期: 2019-04-20

资助项目: 国家自然科学基金(51704259); 新疆维吾尔自治区自然科学基金资助项目(2017D01C065); 博士后资助(2018M633609)

第一作者: 茹克亚·萨吾提(1987—), 女, 新疆伊宁市人, 博士研究生, 主要从事资源环境遥感方面研究。E-mail: rukeyars@163.com

通信作者: 阿不都艾尼·阿不里(1984—), 男, 新疆阿克苏人, 博士, 助理研究员, 主要从事干旱区资源与环境遥感研究。E-mail: abduhini0997@126.com

environment quality of Fukang City fell down at a large scale, the low-grade RSEI area increased by 1 601.41 km<sup>2</sup>, and increased two times compared with that in the previous 8 years, and took account of 48.49%, whereas the high-grade RSEI area was only 13.06% of the total area; from 2000—2016, ecological environment quality of Fukang City decreased rapidly, the low-grade RSEI area reached to 1 757.93 km<sup>2</sup>, and counted for 53.23% of total area; the low-grade RSEI area mostly distributed in central and northern parts of the study area in terms of special distribution, the low-grade RSEI area mainly distributed in the new development area, and the change of ecological environment quality of arable land situated in central part and its outside was slight. From comparison of four indices devotion rate in RSEI model, it can be seen that vegetation index (NDVI) of ecological indices showed the largest contribution rates and witness index showed smallest contribution among the 4 indices, which illustrated that arid area excessive anthropogenic activities are the vital factor on degradation of the region environment quality.

**Keywords:** ecological remote sensing index; dynamic change; principal component analysis; Fukang City

近些年来,随着社会的快速发展,人类活动生态环境之间的密切关系显得日益突出,社会、经济、生态的协调发展模式成为了区域可持续发展的核心问题,因此生态环境破坏造成的土地和森林退化、地表沉陷、土壤污染、水资源污染与枯竭、植被破坏和粉尘污染等一系列的生态环境问题逐渐成为人们广泛关注与研究的热点<sup>[1-3]</sup>。

目前,生态环境监测、评价方法与手段比较多,其中,遥感技术以快速、实时及可实现大范围监测等优势被广泛地应用于生态环境领域,成为评价区域生态环境的有效手段<sup>[4]</sup>。国内外学者在利用遥感技术进行生态环境评价方面开展了大量研究工作<sup>[5]</sup>,尤其是在城市、矿区、森林、公路、湖泊、土地、植被指数和地表温度反演等方面的动态监测和评估方面广泛应用<sup>[6-13]</sup>。由于生态环境是由多种自然和人文因素组成的一个复杂的动态系统,单一的生态因子无法客观、全面地反映生态环境变化<sup>[14]</sup>。徐涵秋<sup>[15]</sup>提出的新型遥感生态指数(Remote sensing Based Ecological Index, RSEI)是一个能够集成多种指标因素且完全基于遥感信息的遥感综合生态指数,将绿度分量(NDVI)、湿度分量(Wet)、干度分量(NDSI)和热量分量(LST)4个遥感指数综合起来进行计算一种新方法,该方法在区域生态环境的快速监测与评价中具有一定的优势和使用价值<sup>[16]</sup>。弓盛洋<sup>[17]</sup>运用遥感生态指数(RSEI),对濮阳市城区生态环境质量进行监测和评价,揭示了濮阳市生态环境的基本特征,为以后濮阳市生态环境的治理与建设提供了科学依据。刘智才等<sup>[18]</sup>利用杭州市采用新型的遥感生态指数评估了杭州市年间的生态变化,并发现建筑用地的大量扩张是导致杭州市生态质量下降的最重要因素。张浩等<sup>[19]</sup>计算遥感生态指数 RSEI,进行南京市生态环

境变化定量分析评价,并指出该区域生态环境质量的下降与不透水面的大幅增加密切相关。

新疆作为国家一带一路战略中处于丝绸之路经济带的核心区<sup>[20]</sup>,国家十三五规划的顺利进行和建成小康社会目标的实现区位优势比较明显。但是,新疆地区植被覆盖低,沙漠化、荒漠化、降雨少、蒸发大、生态环境比较脆弱,外来因素影响比较敏感。阜康市作为新疆比较重要的工业城市,自然资源的过量开发和阜康市经济社会发展过程中不断地承接许多内地高耗能、高污染、资源型企业对于脆弱的生态系统会造成不可估量的损失,因此对该区生态环境变化进行周期性监测和研究有重大的意义<sup>[21]</sup>。本研究以新疆天山北坡经济带的阜康市为例,采用综合遥感生态指数对该区域的生态环境动态变化进行探讨,该研究成果将为城市生态质量快速评价与城市生态环境建设提供方法和科学依据。

## 1 研究区与数据来源

### 1.1 研究区概况

阜康市位于新疆东天山山脉北坡,准噶尔盆地南部,地理坐标为 43°45′—45°30′N, 87°46′—88°44′E。东面与吉木萨尔县相邻,西临乌鲁木齐市米东区,北接阿勒泰地区福海县。阜康市土地总面积为 8 444.71 km<sup>2</sup>,该地区境内气候垂直地带性分布特征显著具有新疆地区典型地理地貌特征(山地—绿洲—荒漠)<sup>[21]</sup>,属典型的温带大陆性荒漠气候、四季分明、冬季严寒且夏季炎热,降水稀少且分布不均,山区中部的年降水量为 530.11 mm,平原区为 187.5 mm,沙漠区则通常只有 144.7 mm,由于该地区位于古尔班通古特沙漠边缘,植被覆盖度较低,水资源比较欠缺,生态环境相对较为脆弱<sup>[22]</sup>。

## 1.2 数据获取与处理

本文为了更好地掌握阜康市生态环境状况及其变化,使用了从美国地质调查局网站下载(网址: <http://www.gscloud.cn/>)的遥感数据,数据采集时间分别是 2000 年 9 月 2 日、2008 年 9 月 7 日和 2016 年 9 月 13 日的 Landsat-5 TM 和 Landsat-8 OLI 遥感数据。为了避免大气、地形和光照等因素对不同年份遥感图像处理精度,减少不同时相影像在地形、光照和大气等方面的差异,保证影像间空间叠加分析的准确性,在 ENVI 5.3 下对这 3 期遥感影像分别进行辐射定标和大气校正,并依照行政区界线进行图像裁剪<sup>[23]</sup>。

## 2 指数选择及遥感生态指数模型

### 2.1 指标选择

综合遥感生态指数(RSEI)将绿色分量(NDVI)、湿度分量(Wet)、干度分量(NDSI)和热度分量(LST)4 个遥感指数波段组合成新的指数影像后,并进行主成分分析,然后将其第一主成分归一化处理,即可生成 RSEI。

研究区除城市建成区外,还包括部分裸土,因此,采用建筑指数 IBI 和土壤指数 SI 二者相结合生成的“建筑—裸土指数”NDBSI 来表示干度指标<sup>[24]</sup>。这 4 种指标的计算公式与参考参数如图 1 所示。

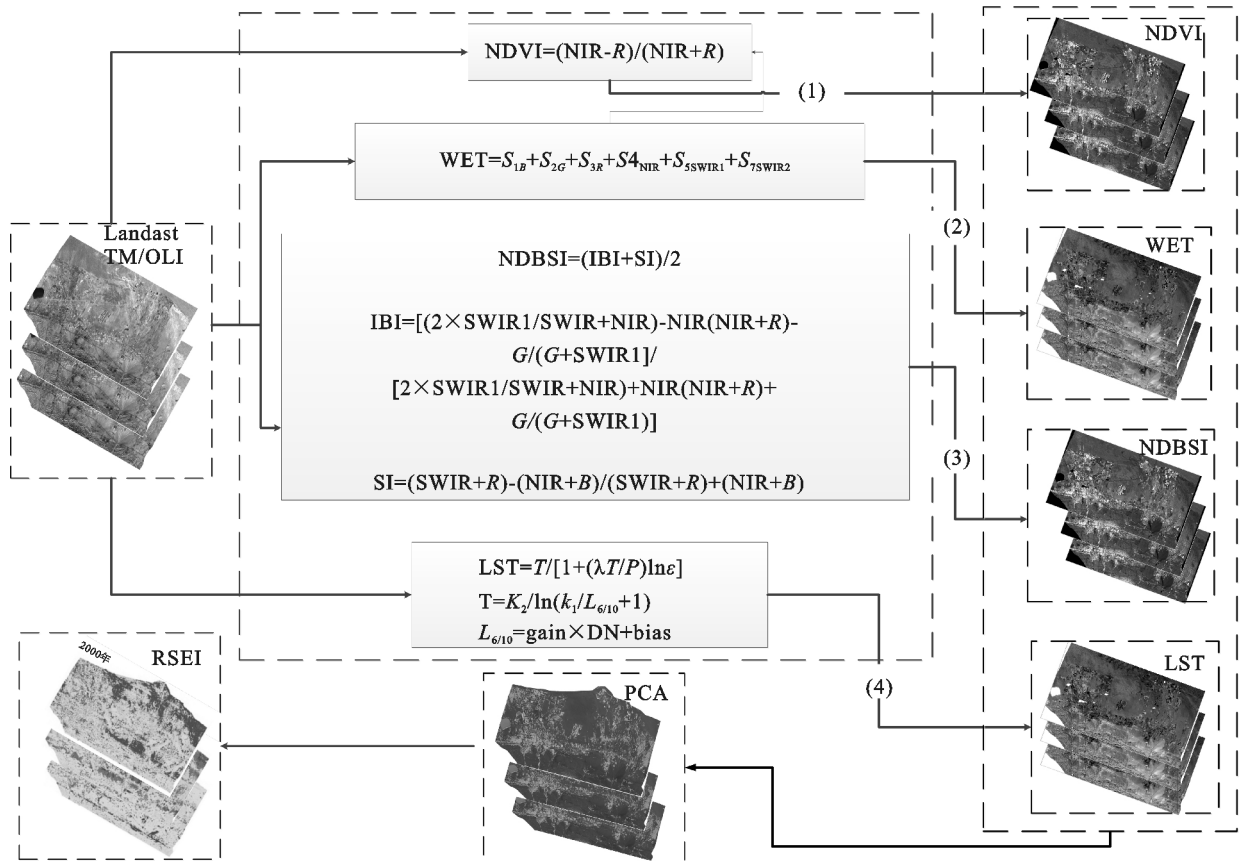


图 1 生态遥感指数计算流程

计算式中: $B, G, R, NIR, SWIR1, SWIR2$  分别代表 TM 第 1, 2, 3, 4, 5, 7 波段以及 OLI 的 1, 3, 4, 5, 6, 7 波段的反射率。对于 Landsat5 TM 影像; $S_1=0.0315$ ;  $S_2=0.2021$ ;  $S_3=0.3102$ ;  $S_4=0.1594$ ;  $S_5=-0.6806$ ;  $S_6=-0.6109$ <sup>[25]</sup>; 对于 Landsat8/OLI 影像; $S_1=0.1511$ ;  $S_2=0.1973$ ;  $S_3=0.3283$ ;  $S_4=0.3407$ ;  $S_5=-0.7117$ ;  $S_6=-0.4559$ <sup>[26]</sup>。

地表温度计算中, $L_6$  和  $L_{10}$  分别为 TM 热红外 6, 10 波段在传感器处的辐射值; $T$  为传感器处温度值; $DN$  为像元灰度值; $gain$  和  $bias$  为 6, 10 波段的增益与偏置值; $K_1$  和  $K_2$  为定标参数,它们都可以从用

户手册获得。对于 TM,  $K_1=607.76 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \mu\text{m})$ ;  $K_2=1260.56 \text{ K}$ ; 而对于 TIRS band10,  $K_1=774.89 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{sr} \cdot \mu\text{m})$ ;  $K_2=1321.08 \text{ K}$ <sup>[27]</sup>; 经过式(4)计算的温度  $T$  可以通过比辐射率纠正转换为地表温度  $LST$ ;  $\lambda$  为热红外波段的中心波长;  $\rho=1.44 \times 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{K}$ ;  $\epsilon$  为地物的比辐射率<sup>[28]</sup>, 地表温度通过公式(4)在 ENVI 软件波段运算模块进行计算。

### 2.2 遥感生态指数模型(RSEI)

拟建的生态指数应既能以单一指标的形式出现,又可以综合以上 4 个指标的信息。因此如何以单一变量代表以上多个变量是本研究的关键。通过主成

分变换进行指标权重的集成,能有效的避免人为因素影响,仅依靠数据本身的性质。本研究对不同的 4 个指数进行主成分分析,由于 4 种指标的量纲不一致,如果直接计算 PCA 会导致各指标的权重失衡,因此进行主成分分析之前对 4 个指标进行正规化,将它们的量纲统一到(0~1)之间,然后做主成分变换。常用的正规化公式<sup>[29]</sup>:

$$NI_i = (I_i - I_{\min}) / (I_{\max} - I_{\min}) \quad (5)$$

式中:NI<sub>i</sub>为正规化后的某一指标值;I<sub>i</sub>为该指标在像元*i*的值;I<sub>max</sub>为该指标的最大值;I<sub>min</sub>为该指标的最小值。4 个指标经过正规化以后,合成由 4 个指数波段组成的新影像,再进行主成分分析;对 PC1 进一步处理生成遥感生态指数(RSEI),其值越大表示生态质量越好。反而,表示生态质量越差,可进一步用 1 减去 PC1,获得初始生态指数 RSEI<sub>0</sub><sup>[29]</sup>。

$$RSEI_0 = 1 - \int (NDBI, WET, NDSI, LST) \quad (6)$$

为了便于指标的度量和比较,可同样对 RSEI<sub>0</sub>进行正规化:

$$RSEI = \frac{RSEI_0 - RSEI_{0-\min}}{RSEI_{0-\max} - RSEI_{0-\min}} \quad (7)$$

RSEI 即为所建的遥感生态指数,取值范围[0~1]。为了具体表现研究区的生态环境变化特征,进一步将各年份的生态指数以 0.2 为间隔分成为差(0~0.2),较差(0.2~0.4),中等(0.4~0.6),良(0.6~0.8),优(0.8~1)5 个等级<sup>[30-31]</sup>。

### 3 结果与分析

#### 3.1 遥感生态指数(RSEI)模型建模与参数分析

由表 1 给出了各指标与生态指数(RSEI)之间的相关性,表 1 中可看出,4 个指标之间存在明显的相关性,2000—2016 年除了 NDVI 和 NDSI 之间的相关性较弱以外,其他指数之间的相关性较好。4 种指标平均相关度进行对比可知,最高的指标为 LST, LST 在 3 个年份的均值达 0.63;平均相关度最低的指标为 NDVI,3 个年份的均值为 0.29。3 个年份的 RSEI 与 4 个指标的相关系数均值为 0.88,比单指标最高的 LST 差异达到 0.25,比最低的 NDVI 差异达到 0.59,比 4 个指标的平均值(0.51)大于 0.37。这个结果表明各指标与 RSEI 之间存在较好的相关性可用 RSEI 来综合反映阜康市生态环境质量。

由主成分分析结果看出(表 2),PC1 的贡献率都大于 75%,表明它已集中了 4 个指标的大部分特征;每一个指标对 PC1 中都有一定的贡献率,且相对稳定,因此,本研究利用 PC1 来进行计算。从表 2 中各

年不同指标的 PC1 载荷值进行对比可知,湿度(WET)和绿度(NDVI)值为正值,表明二者对生态环境有促进作用,干度(NDSI)和热度(LST)载荷值为负值,这两者对生态环境有阻碍作用,该结果与实际情况相符。各年份各指标的 PC1 的绝对值变化可知,湿度和绿度对结果的贡献都较大,并呈现波动性变化趋势,这表明研究区植被覆盖度的变化对生态环境监测结果影响较大。

表 1 各指标与生态指数(RSEI)的相关系数矩阵

| 年份   | 指标   | LST       | NDSI    | NDVI  | WET | RSEI      |
|------|------|-----------|---------|-------|-----|-----------|
| 2000 | LST  | 1         |         |       |     | 0.73      |
|      | NDSI | 0.68 *    | 1       |       |     | 0.92 *    |
|      | NDVI | 0.34      | -0.18   | 1     |     | 0.97 * *  |
|      | WET  | -0.90 * * | -0.79 * | -0.59 | 1   | -0.88 *   |
| 2008 | LST  | 1         |         |       |     | 0.98 * *  |
|      | NDSI | 0.66 *    | 1       |       |     | 0.96 * *  |
|      | NDVI | 0.25      | -0.34   | 1     |     | 0.86 *    |
|      | WET  | -0.82 *   | -0.84 * | 0.41  | 1   | 0.79      |
| 2016 | LST  | 1         |         |       |     | 0.71      |
|      | NDSI | 0.69 *    | 1       |       |     | 0.95 * *  |
|      | NDVI | 0.52      | 0.06    | 1     |     | 0.87 *    |
|      | WET  | -0.83 *   | -0.46   | -0.72 | 1   | -0.98 * * |

注:“\* \*”表示 0.01 水平显著相关;“\*”表示 0.05 水平相关。

表 2 各年份指标及 RSEI 均值、PC1 荷载值变化

| 指标   | 2000 年 | 2008 年 | 2016 年 |
|------|--------|--------|--------|
| LST  | -0.25  | -0.19  | -0.35  |
| NDSI | -0.24  | -0.33  | -0.11  |
| NDVI | 0.57   | 0.52   | 0.93   |
| WET  | 0.74   | 0.76   | 0.17   |
| 特征值  | 0.42   | 0.53   | 0.63   |
| 贡献率  | 0.76   | 0.79   | 0.78   |

#### 3.2 阜康市生态环境时空变化分析

为进一步对 RSEI 进行量化与可视化分析,将各年份计算结果以 0.2 为间隔,划分为差、较差、中、良和优等 5 个等级<sup>[31]</sup>。由图 2 中可看出,3 期的各等级所占面积与比例进行统计结果表明虽然在 2000—2016 年阜康市的生态环境状况良和优为主,但总体趋势来看研究区的生态环境变化处于恶化趋势。生态环境差和较差的区域面积则一直处于增长趋势。2000 年、2008 年、2016 年生态环境差的区域面积在整个区域面积中占的比例分别为 5.86%,6.65%和 7.12%。生态环境较差的区域面积分别为 1 178.77,1 416.63,2 546.22 km<sup>2</sup>,在整个区域的面积中占 10.89%,12.52%,19.56%。2000—2016 年总体生态状况还是以良和优(4,5 级)为主,但第 5 级类(优)所占面积比例由 2000 年的 30.51%下降至 2016 年的 25.36%,面积减少 156 km<sup>2</sup>;第 4 级(良)所占面积比例由 2000 年的 29.89%下降至



2016 年的 25.16%，面积减少 123 km<sup>2</sup>。同样证明了阜康市生态环境状况逐年下滑的趋势。因此政府在重视经济发展和合理规划工厂的同时也应该减少化工工厂数量并其引起的城市周边环境的改善，促进人和自然环境的和谐发展<sup>[32-33]</sup>。

2000 年生态环境差和较差(1,2 级)的区域主要分布在城市区域和南部地区,到 2008 年该区域范围扩展到西南和北部,2016 年 2 级(较差)生态环境区域快速大范围扩展,1 级(差)区域带状分布于南部和北部。3 a 间生态环境较好的区域主要集中在阜康市的中部地区和西北地区。研究区生态环境快速呈现时空变化的主要原因是在阜康市不断开采煤炭资源,化工厂、洗煤厂、水泥厂等各种工业有关企业陆陆续

续坐落。2000 年以来阜康市化工工厂规模和数量一直保持增长趋势,比如,钢铁厂、冶炼厂、金硕苯板厂、三工煤矿、塑料厂等<sup>[34-35]</sup>。

3.3 阜康市生态环境质量动态变化监测

利用差值原理,对阜康市的生态环境质量变化进行“0 级”为基本未变级,“变好”为生态环境转好级,“变差”为生态环境转差等级 3 种不同等级(表 3)。由 2000—2008 年变化幅度来看,该区生态环境质量变差等级的面积为 849.35 km<sup>2</sup>,约占总面积的 25%,而生态转好的面积达 563.81 km<sup>2</sup>,占到 17.07%;生态环境质量变好的区域面积小于变差的面积,说明了这个时间段阜康市的生态环境质量变差,并生态环境遭受破坏。

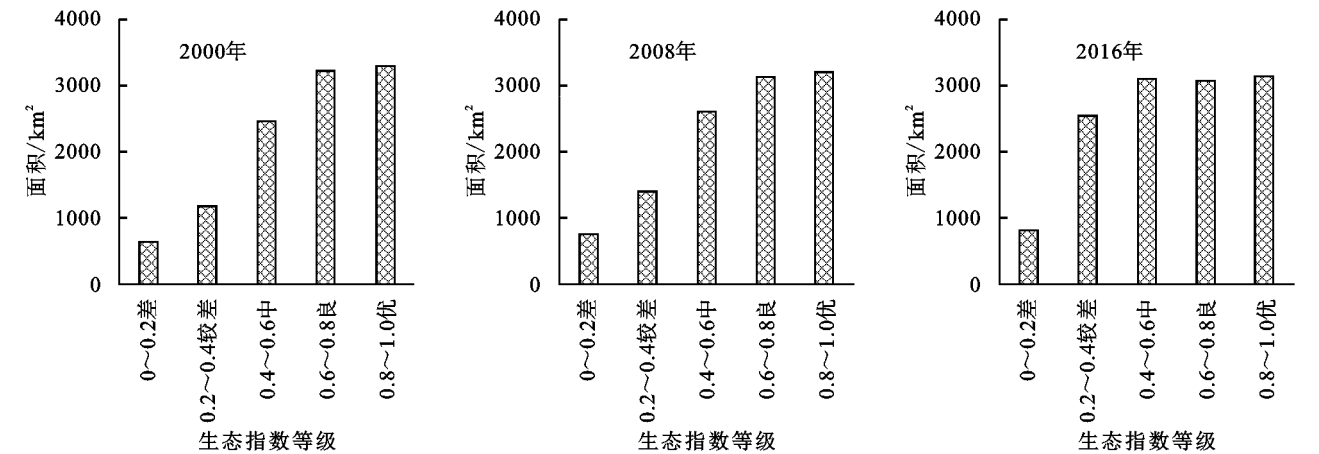


图 2 各级生态指数面积变化

| 参数 | 2000—2008 年 |       | 2008—2016 年 |       | 2000—2016 年 |       |
|----|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|
|    | 面积/km²      | 比率%   | 面积/km²      | 比率%   | 面积/km²      | 比率%   |
| 变好 | 563.82      | 17.07 | 431.21      | 13.06 | 296.39      | 8.98  |
| 不变 | 1889.12     | 57.21 | 1269.66     | 38.45 | 1247.95     | 37.79 |
| 变差 | 849.35      | 25.72 | 601.41      | 48.49 | 1757.93     | 53.23 |

2008—2016 年,生态环境转差的面积增长到 1 601.41 km<sup>2</sup>,约占总面积的 48%,而生态转好的面积达 431.21 km<sup>2</sup>,占到 13.06%;生态环境质量变差的区域面积超越了转好的面积,说明了该区域生态环境呈变差趋势。从整个 16 a 的变化趋势来看,阜康市的生态环境质量不理想,变差的面积已达到了 1 757.94 km<sup>2</sup>,约占总面积的 53.23%,而生态转好的面积达 296.39 km<sup>2</sup>,占到 8.98%;从此结果可以看出,在治理生态环境质量差的区域的同时应重视对原本生态环境质量好区域的破坏。

从空间分布来看,生态条件变差的地点主要分布在郊区中部和北部地区。生态变好的区域主要是一些新增生态基础设施的旧城区和房地产开发建设

注重绿地等生态设施建设的新城区,而中部耕地周围变化不大。

3.4 阜康市生态环境变化成因

3.4.1 自然因子 研究区处于天山东部,山地平原植被垂直带完整,山地—荒漠—绿洲农业特点典型突出。阜康市气候条件独特,降水量、气温、地表温度等气象因子对该区域生态环境变化起着很重要作用。因此,本文选阜康市 2000—2016 年的平均气温、降水量、地表温度和平均相对湿度为主要自然因子分析气象因子变化及其生态环境的影响。从气候因素的变化规律来看,气温和地表温度的变化规律较相似,阜康市年平均气温及其气温距平如图 3 所示。在 2000—2016 年期间,阜康市年平均气温和地表温度的变化速率分别为 1.39℃/16 a,1.73℃/16 a,其整体上升趋势非常明显,16 a 的平均气温和地温为 22.22℃,27.64℃。

以 2004 年为界,阜康市年平均地温和气温经历了冷暖两个时期。2000—2004 年虽然阜康市气温和地表温度呈现小幅度变化,但比 2004 年属于暖时期,2004 年平均气温和地表温度降低到 17.56℃,20.89℃。2008 年

阜康市平均气温和地表温度呈现最高值,分别上升 $1.37^{\circ}\text{C}$ , $2.17^{\circ}\text{C}$ 。而研究区降水量一直在不规则的波动性变化,平均降水量为 $75.26\text{ mm}$ 。2003年、2007年和2015年间降水量呈现高值,最高值达到了 $139\text{ mm}$ 。阜康市平均相对湿度的变化速率为 $2.79\%/16\text{ a}$ ,在2004年达到了最高值, $51.93\%$ ;从2004年起快速减少,在2014年呈现最小值 $39.79\%$ 。

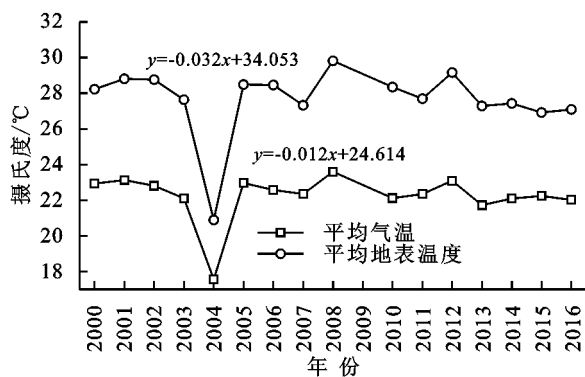


图3 2000—2016年阜康市平均气温和地表温度变化趋势

总的来讲,阜康市的气温和地表温度从2000—2016年趋于上升,而降水量和相对湿度呈现降低趋势(图4),这对研究区生态环境不利的情况,会导致旱灾,荒漠化。2000年、2008年和2016年的生态环境指数变化特征来看,2008年和2016年RSEI较差区域明显增长,主要分布草地、林地和耕地等土地利用类型分布带,同时2008年和2016年前后,研究区气温逐渐增加而降水量快速减少,干旱区植被一般对气候很敏感,这限制研究区植被正常生长,因此气候变化在一定程度上引起研究区生态环境的恶化的原因之一。

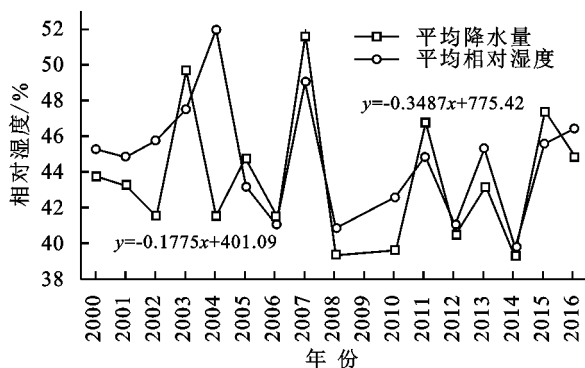


图4 2000—2016年阜康市平均降水量和相对湿度变化趋势

**3.4.2 社会经济因子** 2000—2016年,阜康市生态环境质量总体呈下降趋势,最近几年以来,阜康市大规模煤矿开采活动危害了区域脆弱生态系统,加剧了土壤污染问题与生态环境恶化。煤矿开采使得大量的重金属通过各种途径进入土壤,对阜康市土壤环境带来了一定的危害<sup>[35]</sup>。除此之外煤炭开采等活动导

致了地表塌陷、水资源污染、水土流失和植被破坏、大气污染以及煤矸石、粉煤灰污染等一系列环境污染问题<sup>[36]</sup>,威胁阜康市的可持续发展。根据近期报告,阜康市全市涉及危险废物的单位有20多家,其中危险废物产生单位有21家,危险废物经营单位4家<sup>[37]</sup>,为此2013年自治区环保厅对阜康市存在的环境问题进行了挂牌督办<sup>[38]</sup>。由此看出,阜康市的整体环境变化研究结果与实际情况一致。阜康市本身就属于生态环境脆弱区域,对该市的生态环境保护制度进行加强和利用合理的治理措施是减轻生态环境压力的重要出发点。

阜康市作为新疆传统的绿洲农业耕作区,拥有较好的光、热、水、土等自然条件。但是在加速推进工业化和城乡一体化的进程中,建设用地需求的不断增加导致耕地数量不断减少,耕地质量的降低也直接影响耕地的产能和区域粮食产量。目前,新疆自治区地方政府已经制定了一系列优惠政策鼓励差别化开发利用有条件的国有未利用地,这为新疆广泛的未利用地资源的开发利用提供了必要的政策支持。政府政策支持下阜康市很多未利用地转换为耕地,随着耕地面积的扩大,大量未利用土地被开发为耕地和城乡工矿居民地,使未利用土地内部出现了大量其他景观类型,破坏了未利用土地原来的整体性。这也是该城市生态环境质量下降的另一个重要原因。

## 4 结论

(1) 不同年份变化结果表明,从2000—2008年阜康市的生态环境质量明显下降,在这短暂的8a间生态环境转差的区域面积达到了 $849.35\text{ km}^2$ ,约占总面积的 $25.72\%$ ;且以2008—2016年期间生态环境质量下降幅度为最大,环境质量转差的区域面积增长到 $1\,601.41\text{ km}^2$ 比前8a增长了2倍,约占总面积的 $48.49\%$ ,而环境质量转好的只占了 $13.06\%$ 。16a期间,阜康市的环境质量转好的区域面积一直下降,反而质量转差的区域逐步增加,约占总面积的 $53.23\%$ 。

(2) 从空间分布看,生态条件变差的地点主要分布在郊区中部和北部地区。生态变好的区域主要是一些新增生态基础设施的旧城区和房地产开发建设中注重绿地等生态设施建设的新城区,而中部耕地周围变化不大。

(3) 阜康市城市环境质量变化的原因分析可知,除了降水量,气温,相对湿度等自然因子之外,煤炭资源开发,煤化工、电力、石油等行业,推进工业化和城乡一体

化的进程中的不合理土地利用模式,建筑用地面积的增加等导致了阜康市生态环境质量下降(干旱等自然条件下超负荷开发活动是导致生态环境质量恶化的一个重要因素)。城市生态环境改善中,需要考虑进一步合理配置土地资源,科学布局城市发展空间,应将扩大植被覆盖度作为改善阜康市生态环境重要措施。

#### 参考文献:

- [1] 周华荣,潘伯荣,海热提·涂尔逊.新疆生态环境现状综合评价研究[J].干旱区地理,2001,24(1):23-29.
- [2] 邓立斌,刘德晶.基于层次分析法的尖峰岭自然保护区生态评价[J].中南林业科技大学学报,2010,30(7):26-31.
- [3] 颜梅春,王元超.区域生态环境质量评价研究进展与展望[J].生态环境学报,2012,21(10):1781-1788.
- [4] Kerr J T, Ostrovsky M. From space to species:ecological applications for remote sensing[J]. Trends in Ecology & Evolution, 2003,18(6):0-305.
- [5] Huang J, Jr R G P, Li Q, et al. Use of intensity analysis to link patterns with processes of land change from 1986 to 2007 in a coastal watershed of southeast China [J]. Applied Geography, 2012,34(3):371-384.
- [6] Hu X, Xu H. A new remote sensing index for assessing the spatial heterogeneity in urban ecological quality: A case from Fuzhou City, China[J]. Ecological Indicators, 2018,89:11-21.
- [7] 吴志杰,王猛猛,陈绍杰,等.基于遥感生态指数的永定矿区生态变化监测与评价[J].生态科学,2016,35(5):200-207.
- [8] 杨存建,欧晓昆,党承林,等.森林植被动态变化信息的遥感检测[J].地球信息科学学报,2000,2(4):71-74.
- [9] 熊旭平.基于遥感的公路域生态环境质量评价[D].长沙:长沙理工大学,2008.
- [10] 张世瑕,王紫雯,张继明.流域湿地的景观生态特性分析与景观特征指数的运用:以杭州沿山河流域和西溪湿地为对象[J].浙江大学学报:工学版,2007,41(6):1053-1059.
- [11] Kennedy R E, Townsend P A, Gross J E, et al. Remote sensing change detection tools for natural resource managers:understanding concepts and tradeoffs in the design of landscape monitoring projects [J]. Remote Sensing of Environment, 2015,113(7):1382-1396.
- [12] Zhang J, Zhu Y, Fan F. Mapping and evaluation of landscape ecological status using geographic indices extracted from remote sensing imagery of the Pearl River Delta, China, between 1998 and 2008 [J]. Environmental Earth Sciences, 2016, 75 (4), doi: 10.1007/s12665-015-5158-0.
- [13] Li J, Song C, Cao L, et al. Impacts of landscape structure on surface urban heat islands: A case study of Shanghai, China[J]. Remote Sensing of Environment, 2011,115(12):3249-3263.
- [14] 满苏尔·沙比提,迪里木拉提·玉苏甫.新疆天山北坡经济带土地利用时空变化特征研究[J].地域研究与开发,2008,27(2):103-108.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 弓盛洋.基于遥感生态指数(RSEI)的濮阳市生态变化评估[J].能源与环境,2015(1):62-64.
- [18] 刘智才,徐涵秋,李乐,等.基于遥感生态指数的杭州市城市生态变化[J].应用基础与工程科学学报,2015,23(4):728-739.
- [19] 张浩,杜培军,罗洁琼,等.基于遥感生态指数的南京市生态变化分析[J].地理空间信息,2017,15(2):58-62.
- [20] 王纯武,王菊文.新疆丝绸之路经济带核心区国有农场战略定位及改革发展的思考[J].黑龙江农业科学,2015(11):142-144.
- [21] 陈春艳.新疆阜康绿洲景观格局动态变化及其影响因素分析[D].乌鲁木齐:新疆师范大学,2011.
- [22] 闫俊杰,乔木,田长彦,等.新疆典型绿洲阜康地区土地利用/覆被及景观格局变化分析[J].水土保持通报,2013,33(1):139-145.
- [23] 牛安逸,马姣娇,陈志云.基于遥感技术及综合指数法的广州市自然生态环境评价[J].中国城市林业,2015,13(6):11-15.
- [24] Xu H. A new index for delineating built-up land features in satellite imagery[J]. International Journal of Remote Sensing, 2008,29(14):4269-4276.
- [25] 张成才,陈东河,董洪涛.基于 Landsat-5 TM 数据的河南省白沙灌区地表温度反演研究[J].遥感技术与应用,2013,28(6):964-968.
- [26] 李旭文,牛志春,姜晟,等. Landsat8 卫星 OLI 遥感影像在生态环境监测中的应用研究[J].环境监控与预警,2013,5(6):1-5.
- [27] 罗春,刘辉,戚陆越.基于遥感指数的生态变化评估:以常宁市为例[J].国土资源遥感,2014,26(4):145-150.
- [28] 吴志杰,王猛猛,陈绍杰,等.基于遥感生态指数的永定矿区生态变化监测与评价[J].生态科学,2016,35(5):200-207.
- [29] 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.

其生态经济价值的初步研究[J].生态学报,1999,19(5):19-25.

[10] 谢高地,鲁春霞,冷允法,等.青藏高原生态资产的价值评估[J].自然资源学报,2003,18(2):189-196.

[11] 谢高地,甄霖,鲁春霞,等.一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J].自然资源学报,2008,23(5):911-919.

[12] 谢高地,张彩霞,张雷明,等.基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J].自然资源学报,2015,30(8):1243-1254.

[13] 顾剑红,王玉杰,王云琦,等.土地利用变化对生态服务价值的影响:以广西隆林县和西林县为例[J].中国水土保持科学,2016,14(5):100-109.

[14] 罗维,易海杰,李红举,等.洋河流域土地利用时空变异及其对生态服务功能价值的影响[J].生态学报,2017,37(16):5342-5351.

[15] 刘亚茹,王聪,严力蛟.华北平原农区土地利用变化对生态系统服务的影响:以河南省商丘市为例[J].应用生态学报,2018,29(5):1597-1606.

[16] 叶延琼,章家恩.广州市土地利用变化对生态系统服务价值的影响研究[J].生态科学,2008,27(2):119-123.

[17] 王璐,杨洁,胡月明,等.广州市土地利用生态服务价值测算研究[J].水土保持通报,2009,29(4):229-234.

[18] 张轶秀.广州市土地生态系统服务价值分析与评价[D].广州:广州大学,2011.

[19] 胡应龙,陈颖彪,郑子豪,等.广州市生态系统服务价值空间异质性变化[J].热带地理,2018,38(4):475-486.

[20] 冯荣光,林媚珍,葛志鹏,等.快速城市化地区土地利用变化对生态服务的影响:以佛山市顺德区为例[J].生态科学,2014,33(3):574-579.

[21] 叶延琼,章家恩,陈丽丽.佛山市顺德区土地利用变化及社会经济发展对生态系统服务的影响[J].生态科学,2014,33(5):872-878.

[22] 张燕,杨木壮,宋榕潮.土地利用变化对生态系统服务价值的影响:以广东省肇庆市鼎湖区为例[J].安徽农业科学,2010,38(4):1948-1951.

[23] 周颖.广佛肇产业布局一体化中地方政府合作研究[D].广州:华南理工大学,2016.

[24] 广东省统计局.广东统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2016.

[25] 国家统计局.中国统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2016.

[26] 吴琳娜,杨胜天,刘晓燕,等.1976 年以来北洛河流域土地利用变化对人类活动程度的响应[J].地理学报,2014,69(1):54-63.

[27] 李一琼,白俊武.近 20 年苏州土地利用动态变化时空特征分析[J].测绘科学,2018,43(6):58-64.

[28] 徐丽芬,许学工,罗涛,等.基于土地利用的生态系统服务价值当量修订方法:以渤海湾沿岸为例[J].地理研究,2012,31(10):1775-1784.

[29] 周文霞,石培基,王永勇,等.河谷型城市生态系统服务价值效应:以兰州为例[J].干旱区研究,2017,34(1):232-241.

[30] 李怡,郭力宇,温豪.陕西渭北旱塬区土地利用与生态系统服务价值变化:以陇县为例[J].水土保持研究,2019,26(1):368-373.

~~~~~

(上接第 289 页)

[30] 佟光臣,林杰,陈杭,等.1994—2014 年连云港市赣榆区生态变化评估[J].水土保持研究,2016,23(6):352-357.

[31] 李粉玲,常庆瑞,申健,等.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.

[32] 原伟鹏,刘新平,曾庆敏.阜康市城市土地供给侧政策绩效综合评价[J].中国农学通报,2016,32(17):199-204.

[33] 朱英.阜康市煤炭资源开发生态补偿机制研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2013.

[34] 陈玉香.阜康市工业废气排放的环境规制问题及对策研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2016.

[35] 朱英.阜康市煤炭资源开发生态补偿机制研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2013.

[36] 魏振,蒲春玲,王琰,等.阜康市新一轮土地利用总体规划实施评价[J].黑龙江农业科学,2015(1):136-140.

[37] 刘思佳.新疆农产品产地污染问题的分析研究:以新疆阜康市为例[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2014.

[38] 周小靖.新疆阜康市城区居住环境调查及优化研究[D].辽宁大连:大连理工大学,2015.