

1990—2015 年红碱淖地区土地利用/ 土地覆盖与景观格局的时空演变

刘英, 岳辉, 王腾龙

(西安科技大学 测绘科学与技术学院, 陕西 西安 710054)

摘要: [目的] 研究近 25 a 红碱淖地区的土地利用景观格局演变, 为西北矿区生态环境保护、煤炭的绿色开采以及沙漠湖泊的环境管理和决策提供基础数据和科学依据。[方法] 选取 1990, 2000, 2005, 2010 和 2015 年 5 期 Landsat TM/ETM⁺/OLI 影像, 利用遥感、地理信息系统技术和地理数学统计方法定量分析红碱淖地区土地利用/土地覆盖的动态变化和景观格局的演变特征。[结果] 1990—2015 年, 红碱淖地区的耕地和沙地面积分别增加了 3.56% 和 21.87%, 林草地和水体的面积分别减少了 23.85% 和 2.25%, 区域内水体和林草地退化严重, 林草地主要转化为沙地和耕地; 景观指数中, 平均斑块面积减少, 斑块总数、形状指数和多样性指数增加, 景观破碎化程度加大, 景观类型增加。[结论] 上游修建水库和开采地表水使湖泊面积减少, 退耕还林工程使得林草地面积增加等人为因素是影响红碱淖地区景观格局变化的主要驱动因素。

关键词: 红碱淖地区; 土地利用/土地覆盖; 景观格局; 动态变化与演变特征; Landsat

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2017)05-0224-07

中图分类号: P901, Q149

文献参数: 刘英, 岳辉, 王腾龙. 1990—2015 年红碱淖地区土地利用/土地覆盖与景观格局的时空演变 [J]. 水土保持通报, 2017, 37(5): 224-230. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.05.037; Liu Ying, Yue Hui, Wang Tenglong. Dynamic change of land use/cover and spatio-temporal evolution of landscape pattern in Hongjiannao region during 1990—2015 [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(5): 224-230. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2017.05.037

Dynamic Change of Land Use/Cover and Spatio-temporal Evolution of Landscape Pattern in Hongjiannao Region During 1990—2015

LIU Ying, YUE Hui, WANG Tenglong

(College of Geomatics, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an, Shaanxi 710054, China)

Abstract: [Objective] To analyze the land use and landscape pattern evolution of Hongjiannao region in the past 25 years and to provide basic data and scientific basis for the protection of ecological environment, green mining of Northwest China and environmental management of desert lake. [Methods] Remote sensing images, i. e., TM in 1990, ETM⁺ in 2000, TM in 2005, TM in 2010 and OLI in 2015 were used as data source. Quantitative method of remote sensing and geographic information system technology and mathematical statistical analysis were used to illustrate the land use/land cover dynamic change and landscape pattern evolution characteristics. [Results] From 1990 to 2015, the cultivated land and sandy land area of Hongjiannao region increased by 3.56% and 21.87%; Grassland and water area were reduced by 23.85% and 2.25%, respectively. The water and vegetation shrank greatly, forest and grassland were mainly converted to sandy land and cultivated land. The landscape indexes like average patch area, total number of patch, patch shape index and diversity index all increased; Landscape fragmentation enlarged and landscape types increased. [Conclusion] In the upper reaches of lake, the construction of reservoirs and the exploitation of surface water, the application of returning farmland to forest and grassland, are the main driving influences of landscape pattern changes in

收稿日期: 2017-03-07

修回日期: 2017-03-29

资助项目: 国家自然科学基金项目“荒漠化矿区土壤湿度多分辨率时空演变机理研究”(41401496); 中国博士后科学基金“荒漠化矿区湖泊水量平衡遥感估算”(2016M592815)

第一作者: 刘英(1982—), 女(汉族), 山东省惠民县人, 博士, 副教授, 主要从事矿区环境遥感研究。E-mail: liuying712100@163.com。

Hongjiannao region.

Keywords: Hongjiannao region; land use/land cover; landscape patterns; dynamic change evolution analysis; landsat

人类对土地资源的利用首先影响的是地表的自然形态,进而影响物质循环和能量流动并最终作用于生物地球化学循环过程,导致区域性或全球环境变化^[1]。土地利用/覆盖变化(land use/cover change, LUCC)正是研究地球表层覆盖的重要手段,同时作为研究全球变化的重要内容,对全球生态环境产生了巨大的影响^[2-3]。近年来,国内外学者对于土地利用/覆盖变化的研究主要集中在土地资源的动态变化监测,影响变化的驱动因素,以及将土地利用/覆盖变化与景观格局相结合分析地球表层覆盖的内在联系和作用机制^[4-5]。研究景观在时间和空间上的结构与量上的动态变化趋势,是研究区域土地利用变化的内部驱动机制,是预测未来地表覆被变化方向的参考^[6]。景观格局的演变直接反映出区域环境时空动态特征。因此,分析景观格局的变化对了解区域生态环境变化十分重要^[7]。

湖泊及周边地区不仅对区域气候变化有很好的指示作用,而且在调节当地气候、水资源平衡及保持生物多样性方面也发挥了重要作用。红碱淖位于西北干旱半干旱地区,是中国最大的沙漠淡水湖,被称为毛乌素沙地中的“大漠明珠”,是陕西省省级风景名胜,也是目前全球最大的国家Ⅰ级保护动物——遗鸥繁殖地,在当地的生态、经济、社会发展中起到了重要作用。由于红碱淖地区地处毛乌素沙地的东缘风沙区的相对低洼处,同时红碱淖距离神东矿区核心开采区(属典型的荒漠化矿区,包括大柳塔、活鸡兔、上湾等13个矿井)和锦界矿井约20 km,榆家梁矿井约40 km。近年来,相关研究报道指出,红碱淖湖面面积不断萎缩蓄水量不断下降,使得原本就十分脆弱的生态环境进一步恶化^[8-10]。近年来国内学者谭良玺等^[11]利用Landsat影像分析了红碱淖地区1986—2002年土地利用现状,结果表明流域内湖泊退化严重,沙丘稀灌和耕地主要向密灌和林草地景观转化;张会英等^[8]利用1989,2000,2007年3期遥感影像分析了红碱淖周边1989—2007年土地利用动态变化,结果表明区域内湖泊、其他水域和沙地面积减少,耕地、林地、草地面积增加,但以上学者仅分析了红碱淖地区典型的土地利用类型,在驱动力分析上缺少矿区煤炭开采对土地利用类型的影响分析。因此,本文拟以红碱淖地区为研究对象,在参考中国土地利用类型分类体系的基础上,结合红碱淖地处荒漠矿区特点,利用遥感、地理信息系统技术和地理数学统计方法对土地利用/覆盖的动态变化过程和景观格局演变特征

进行定量分析,并尝试探讨景观格局演变的驱动因素,为西北矿区生态环境保护,煤炭的绿色开采以及沙漠湖泊的环境管理和决策提供基础数据和科学依据。

1 研究区概况及研究方法

1.1 研究区概况

红碱淖地理位置 109°31′—110°04′E, 38°53′—39°20′N,海拔在 987~1 449 m,地势西北高、东南低。包括陕西省神木县尔林兔镇和中鸡镇,内蒙古自治区伊金霍洛旗新街镇和台格苏木镇,区域内居民约为 4.5 万人。多年平均降水量 400 mm,主要集中在 7—9 月,多年平均蒸发量 1 200 mm,年平均温度为 9.5 ℃,年平均风速为 2.3 m/s。红碱淖是典型的内陆封闭流域湖泊,20 世纪 90 年代末湖泊面积基本稳定在 50 km²,水量约 4.90×10⁹ m³,1999 年后面积呈线性减少趋势^[9-10]。

1.2 数据来源及处理

土地利用/覆盖的变化主要通过遥感影像的解译获取,本文选取红碱淖地区 1990,2000,2005,2010 和 2015 年 Landsat TM/ETM⁺/OLI 影像(均集中在 7—8 月)进行辐射定标、大气校正,建立图像解译标志。土地利用分类参照国际 IGBP 的 LUCC 分类系统,根据红碱淖土地利用/覆盖实际情况及景观分类研究成果的基础上,将土地利用类型分为水体、林草地、耕地、沙地、建筑用地和矿产用地 6 类。采用监督分类方法解译图像,利用 ENVI 软件进行斑块去除和聚合,同时利用 Kappa 指数评价解译精度。5 期遥感影像的总体分类精度和 Kappa 指数分别介于 93%~96%和 0.93~0.96,满足土地利用动态分析和景观格局分析要求。

1.3 土地利用/覆盖研究方法

土地利用/覆盖运用 GIS 支持下的叠置分析,借助动态度(L_{dy})/综合动态度(L_{idy})、开发度(L_{ep})、耗减度(L_{de})和马尔科夫转移矩阵(C)等指标来定量表达土地利用类型的变化幅度、速度和方向,揭示区域土地利用变化的时间过程及空间差异。所涉及的公式如下:

土地利用动态度(L_{dy})表示单位时间内某种土地利用类型面积的变化程度,其计算公式为:

$$L_{dy} = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中: U_a ——区域某种土地利用类型 a 时刻的面积

(hm^2); U_b ——区域某种土地利用类型 b 时刻的面积 (hm^2); T —— a 和 b 时刻的时间间隔 (a)。

土地利用综合动态度 (L_{idy}) 表示在一定时间段内土地利用变化的强度,其计算公式为:

$$L_{idy} = \frac{\sum_{i=1}^n |U_{bi} - U_{ai}|}{2 \sum_{i=1}^n U_{ai}} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2)$$

式中: U_{ai} , U_{bi} ——研究期初和研究期末某土地利用类型的面积 (hm^2)。

土地利用开发度 (L_{ep}) 表示单位时间内其他土地利用类型面积转化为该类土地利用类型面积的总和,其计算公式为:

$$L_{ep} = \frac{D_{ab}}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (3)$$

式中: D_{ab} ——从 a 时刻到 b 时刻新开发的某类型土地利用的面积 (hm^2)。

土地利用耗减度 (L_{de}) 表示单位时间内该类土地利用类型面积转化为其他土地利用类型面积的总和,其计算公式为:

$$L_{de} = \frac{C_{ab}}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (4)$$

式中: C_{ab} ——指从 a 时刻到 b 时刻某种土地利用类型被消耗的面积 (hm^2)。

马尔科夫转移矩阵 (C) 表示不同时间段内同一区域的土地利用类型的相互转换关系,其表达式为:

$$C = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \cdots & C_{1j} \\ C_{21} & C_{22} & \cdots & C_{2j} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ C_{i1} & C_{i2} & \cdots & C_{ij} \end{bmatrix} \quad (5)$$

式中: C_{ij} ——区域内第 i 种和第 j 种土地类型之间相互转换的数量 ($i \neq j, j = 1, 2, \dots, n$)。

1.4 景观格局研究方法

景观格局研究是基于景观生态学、空间差异等理论,利用 GIS 支持下的景观指数、分形维数等模型研究土地利用变化空间格局,是阐释土地利用变化的重要方法。根据研究区特点并结合多角度反映景观特征的需要,从各土地利用类型水平和整体景观水平上选取不同的景观指数进行分析。在各土地利用类型水平上选择斑块数 (NP)、斑块密度 (PD)、最大斑块比例 (LPI)、景观形状指数 (LSI) 和面积周长分维数 (PAFRAC); 在整体景观水平上选择斑块数 (NP)、斑块密度 (PD)、最大斑块比例 (LPI)、景观形状指数 (LSI)、面积周长分维数 (PAFRAC)、Shannon 多样性指数 (SHDI) 和 Shannon 均匀度指数 (SHEI), 景观指数的计算方法如表 1 所示。

表 1 景观指数计算方法

景观指数	计算公式	描述
斑块数目 (NP)	NP = N	景观中斑块的总数, NP ≥ 1, 无上限
斑块密度 (PD)	PD = N/A	每平方 km 的斑块数, PD > 0, 无上限
景观形状指数 (LSI)	LSI = $\frac{0.25}{\sqrt{A}}$	总长度除以景观总面积的平方根, 在乘以正方形校正常数。正方形为标准, LSI ≥ 1, 只有一个正方形斑块时 LSI = 1, 形状越不规则, LSI 越大
最大斑块指数 (LPI)	LPI = $\frac{\text{Max}(a_1 a_2 a_n)}{A} (100)$	最大斑块的面积除以总面积乘以 100 转化成百分比
Shannon 多样性指数 (SHDI)	SHDI = $-\sum_{i=1}^n [P_i \ln(P_i)]$	斑块类型所占景观总面积的比例乘以其对数, 然后求和, 取负值。当景观中只有一种类型的斑块是 SHDI = 0, 当斑块类型增加或者各类斑块所占比例趋于相近的时候, SHDI 也相应增大
Shannon 均匀度指数 (SHEI)	SHEI = $(H/H_{\max}) \times 100\%$	SHEI = 0, 表明景观仅由一种拼块构成; SHEI = 1 表明各拼块分布均匀, 有最大多样性; SHEI 值较小时优势度一般较高可以反映出景观受到一种或少数几种优势拼块类型所支配; SHEI 趋近于 1 时优势度低, 说明景观中没有明显的优势类型且各拼块类型在景观中均匀分布
面积周长分维数 (PAFRAC)	PAFRAC = $\frac{2}{\frac{n_i \sum_{j=1}^n (\ln p_{ij} - \ln a_{ij}) - (\sum_{j=1}^n \ln p_{ij}) (\sum_{j=1}^n \ln a_{ij})}{(n_i \sum_{j=1}^n \ln p_{ij}^2) - (\sum_{j=1}^n \ln p_{ij})}}$	1 ≤ PAFRAC ≤ 2, 大于 1 的分形维数值意味着二维景观镶嵌体与欧氏几何的分离, 比如斑块形状复杂性的上升。对于非常简单的周长, 如正方形, PAFRAC 接近 1, 而对于高度旋绕的周长, 则趋近于 2

2 结果与分析

2.1 土地利用/覆盖动态变化分析

2.1.1 土地利用/覆盖总体分析及转移特征 GIS支持下通过转移矩阵得到红碱淖地区土地利用/覆盖结构和类型间转化数据。由表2—4可知,红碱淖地区1990—2015年土地利用类型发生了复杂的相互转

化。由表1可知,1990—2000年,水体、沙地和建筑用地减少,林草地和耕地增加。林草地增加了18.27 km²,主要由116.36 km²的沙地、27.51 km²的耕地和26.83 km²的建筑用地转换而来;耕地增加了94.70 km²,增加幅度为85.04%,主要由111.75 km²的林草地转换而来;建筑用地减少43.31 km²,水体减少12.32 km²,沙地减少57.361 km²。

表2 1990—2000年红碱淖地区土地利用类型面积转移矩阵

km²

土地利用类型	水体	林草地	耕地	沙地	建筑用地	2000年总计
水体	49.07	0.63	0.08	0.01	1.73	51.52
林草地	6.22	610.39	27.51	116.36	26.82	787.31
耕地	0.59	111.75	83.36	9.65	0.70	206.05
沙地	3.94	39.74	0.26	180.47	25.21	249.16
建筑用地	4.01	6.52	0.13	0.49	5.96	17.11
1990年总计	63.84	769.04	111.35	306.99	60.42	1 311.64

由表3可知,2001—2005年,水体、林草地和耕地减少,沙地和建筑用地增加,由于红碱淖周边煤炭大规模开采始于2000年前后,所以在2000年后土地利用类型增加了矿产用地。沙地增加了156.81 km²,主要由193.29 km²的林草地转化而来;建筑用

地增加了46.11 km²,主要由36.82 km²的林草地、18.74 km²的耕地和18.46 km²的沙地转化而来;水体继续减少,减少量为3.83 km²;耕地减少71.9 km²,减小幅度为34.89%;林草地减少131.15 km²,减少幅度为16.66%。

表3 2001—2005年红碱淖地区土地利用类型面积转移矩阵

km²

土地利用类型	水体	林草地	耕地	沙地	建筑用地	2005年总计
水体	43.65	2.09	0.12	1.37	0.48	47.71
林草地	4.31	509.65	101.83	29.04	11.33	656.17
耕地	0.02	43.66	88.49	1.89	0.09	134.15
沙地	0.36	193.29	13.63	197.85	1.32	406.44
建筑用地	2.66	36.82	18.74	18.46	3.46	63.22
矿产	0.57	1.81	0.11	1.03	0.44	3.95
2000年总计	51.54	787.32	206.06	249.63	17.11	1 311.64

由表4可知,2006—2010年,水体和沙地减少,耕地变化不大,其他土地利用类型增加。

林草地增加112.21 km²,主要由222.24 km²的沙地和80.13 km²的耕地转化而来;建筑用地增加85.65 km²,主要由83.24 km²的林草地和33.04

km²的沙地转化而来;矿产用地增加1.85 km²,主要由3.08 km²的林草地转化而来。

沙地减少190.46 km²,减少幅度为46.86%;水体减少7.35 km²,主要原因是红碱淖湖泊面积的持续减少。

表4 2006—2010年红碱淖地区土地利用类型面积转移矩阵

km²

土地利用类型	水体	林草地	耕地	沙地	建筑用地	矿产	2010年总计
水体	30.04	5.75	0.18	2.22	1.25	0.17	40.36
林草地	7.35	419.51	80.13	222.24	37.17	1.98	768.38
耕地	1.61	65.62	0.93	40.84	5.95	0.56	132.26
沙地	1.49	78.95	18.03	107.39	9.74	0.38	215.98
建筑用地	6.33	83.24	17.67	33.04	8.52	0.77	148.87
矿产	0.88	3.08	0.46	0.7	0.58	0.09	5.81
2005年总计	47.71	656.17	134.15	406.44	63.22	3.95	1 311.64

由表 5 可知,2011—2015 年,耕地和沙地增加,其他土地利用类型减少。耕地增加 25.71 km²,主要由 86.97 km² 的林草地转化而来;沙地增加 377.78 km²,

主要由 253.77 km² 的林草地和 45.96 km² 的耕地转化而来;水体减少 6.02 km²;林草地减少 312.13 km²;建筑用地减少 83.34 km²;矿产用地减少 2.05 km²。

表 5 2011—2015 年红碱淖地区土地利用类型面积转移矩阵

土地利用类型	水体	林草地	耕地	沙地	建筑用地	矿产	2015 年总计
水体	24.31	3.69	1.01	0.91	3.82	0.59	34.33
林草地	5.05	379.68	58.39	75.44	72.66	2.57	593.79
耕地	3.82	86.97	21.64	22.36	22.43	0.76	157.98
沙地	4.15	253.77	45.96	111.05	40.31	1.01	456.25
建筑用地	2.45	42.22	5.03	5.96	9.11	0.76	65.53
矿产	0.58	2.04	0.23	0.25	0.54	0.11	3.75
2010 年总计	40.36	768.38	132.26	215.98	148.87	5.81	1 311.64

2.1.2 土地利用/覆盖变化速度分析 土地利用/覆盖单一土地利用类型的变化速度用动态度、开发度和耗减度表示,年土地利用变化速度用综合动态度表示,见表 6—7。由表 6 可知,1990—2000 年土地利用动态度最大的是耕地,为 8.5%,其开发度也最大,为 11.02%;其次为建筑用地,为 -7.17%,其耗减度为最大,为 9.01%;2000—2005 年土地利用动态度最大的为建筑用地,为 53.9%,其开发度和耗减度也为最大,分别为 69.85%和 9.01%;2006—2010 年土地利用动态度最大的是建筑用地,为 27.1%,其开发度和耗减度也为最大,分别为 44.4%和 17.3%;2011—

2015 年土地利用动态度最大的是沙地,为 22.25%,其开发度也最大为 31.97%,耗减度最大的是建筑用地,为 18.78%。

由表 7 可知,1990—2015 年土地利用类型综合动态度呈增加的趋势,由 1990—2000 年的 1.46 逐渐增加至 2011—2015 年的 5.84,根据刘纪远^[12]研究成果,土地利用类型综合动态度在 0%~3%为极缓慢变化型,4%~12%为慢速变化型,这说明各土地利用类型相互转化的综合年变化率有增大的趋势,表明人类活动强度逐渐增强对区域内土地覆被的影响逐渐加大。

表 6 1990—2015 年红碱淖地区土地利用变化速度指数

土地利用类型	动态度/%				开发度/%				耗减度/%			
	1990—2000 年	2001—2005 年	2006—2010 年	2011—2015 年	1990—2000 年	2001—2005 年	2006—2010 年	2011—2015 年	1990—2000 年	2001—2005 年	2006—2010 年	2011—2015 年
水体	-1.93	-1.48	-3.1	-2.99	0.38	1.58	4.33	4.97	2.31	3.06	7.41	7.95
林草地	0.24	-3.33	3.42	-4.54	2.3	3.72	10.63	5.57	2.06	7.05	7.21	10.12
耕地	8.5	-6.98	-0.28	3.89	11.02	4.43	19.58	20.62	2.51	11.41	19.86	16.73
沙地	-1.87	12.56	-9.37	22.25	2.24	16.71	5.34	31.97	4.21	4.15	14.72	9.72
建筑用地	-7.17	53.9	27.1	-11.2	1.85	69.85	44.4	7.58	9.01	15.96	17.3	18.78
矿产	—	—	9.42	-7.09	—	—	28.96	12.53	—	—	19.54	19.62

表 7 1990—2015 年红碱淖地区土地利用类型综合动态度

项目	1990—2000 年	2001—2005 年	2006—2010 年	2011—2015 年
综合动态度/%	1.46	4.14	5.68	5.84

2.2 景观格局分析

2.2.1 整体景观格局分析 1990—2015 年红碱淖地区整体景观见表 8。红碱淖地区从 1990—2015 年间,景观格局指数发生了急剧的变化,其中,斑块数逐渐上升,从 1990 年 3 439 不断上升到 2015 年 5 605;斑块密度也在不断上升,从 2.62 增加到 4.27,说明区

域内破碎化程度加大,集聚度下降;面积周长分维数也在不断变大,说明自然因素及人类活动的干扰使区域内景观格局不断变化,且变化较大。景观多样性指数从 1990 年 1.14 不断上升到 2015 年 1.23,均匀度指数与多样性指数呈现相反的变化,从 0.71 下降到 0.69,这说明从 1990—2015 年,红碱淖研究区景观类型从较为单一变得比较丰富,景观种类增多,斑块类型在景观中趋于均衡化;从 1990—2015 年,最大斑块比例的值逐步减少的,从 57.80 下降到 32.27,说明最大斑块在区域内所占的百分比减小,斑块尺度趋于均匀,最大斑块比例值的大小变化由干扰的强度和频率

来决定,该值直接反映了人类活动的方向和强弱,从表中可分析得出,人类活动的影响改变了区域内最大

斑块比例,同时也是在改变各景观类型的数量及大小、对区域内景观格局的变化起很大作用。

表 8 1990—2015 年红碱淖地区整体景观水平景观指数

年份	景观水平指数						
	NP/个	PD 个/km ²	LSI	LPI/%	PAFRAC	SHDI	SHEI
1990	3 439	2.62	41.20	57.80	1.57	1.14	0.71
2000	3 545	2.70	42.11	59.97	1.60	1.07	0.67
2005	4 685	3.57	46.84	46.49	1.60	1.21	0.67
2010	4 301	3.28	39.63	55.03	1.56	1.21	0.68
2015	5 605	4.27	54.17	32.27	1.64	1.23	0.69

2.2.2 各土地利用类型的景观动态变化 各土地利用类型的景观变化如表 9 所示。

表 9 1990—2015 年红碱淖地区各土地利用类型景观指数

年份	土地类型	NP/个	PD 个/km ²	LPI/%	LSI	PAFRAC
1990	水体	208	0.16	4.02	8.73	1.48
	耕地	874	0.67	0.42	39.03	1.55
	沙地	1 328	1.01	3.82	48.14	1.58
	林草地	312	0.24	57.80	49.33	1.60
	建筑用地	717	0.55	0.67	32.91	1.61
2000	水体	89	0.07	3.59	4.84	1.39
	耕地	1 625	1.24	0.52	55.40	1.62
	沙地	1 221	0.93	3.80	43.22	1.58
	林草地	243	0.19	59.97	50.83	1.65
	建筑用地	367	0.28	0.12	21.02	1.58
2005	水体	121	0.09	3.24	5.19	1.28
	耕地	1 531	1.17	0.35	49.00	1.58
	沙地	1 099	0.84	9.29	47.86	1.61
	林草地	591	0.45	46.49	56.21	1.64
	建筑用地	1 195	0.91	0.10	41.61	1.65
	矿产	148	0.11	0.01	12.50	1.62
2010	水体	94	0.07	2.67	4.83	1.27
	耕地	731	0.56	0.57	34.83	1.50
	沙地	997	0.76	2.62	36.45	1.52
	林草地	325	0.25	55.03	40.72	1.58
	建筑用地	2 030	1.55	0.59	57.98	1.65
	矿产	124	0.09	0.04	12.09	1.48
2015	水体	37	0.03	2.32	3.24	1.21
	耕地	1 933	1.47	0.45	56.79	1.63
	沙地	1 562	1.19	6.97	58.23	1.65
	林草地	838	0.64	32.27	63.85	1.67
	建筑用地	1 135	0.86	0.21	41.46	1.66
	矿产	100	0.08	0.02	10.56	1.55

1990—2015 年红碱淖地区景观类型以林草地为主,随着人类活动的加大以及自然因素的影响,林草地和水体面积逐渐减少,沙地、耕地和建筑用地面积都在增加。①水体面积在不断减少,且分布范围越来越

越小,水体的最大斑块—红碱淖面积在不断减少,从面积周长分维数上看,水体的趋近于 1,表明其形状很规则,原因为研究区内水体主要为红碱淖;②耕地面积呈增加趋势,期间有增有减和政府退耕还林等政策有关,其最大斑块比例基本不变,说明耕地未出现大面积合并及承包,多是自由耕种。其面积周长分维数也是先减小,说明其受人类活动影响,形状不断变得规则。③沙地面积逐渐增加,有增有减也是受人类活动及景观类型之间的互相影响,其最大斑块比例和面积周长分维数逐渐增大,斑块密度在变小,这表明沙地分布范围变广,形状不规则,多数为零星分布。④林草地面积不断减少,期间有增有减,其最大斑块比例减小,而斑块密度增大,这说明林草地分布范围变的整体分散。⑤建筑用地面积在增加,其斑块数量、密度都在增加,最大斑块比例一直变化,面积周长分维数在 1.6 左右,说明人类活动频繁,分布越来越广且形状不规则。

3 讨论

红碱淖地区处于相对封闭的内陆区,红碱淖四周有木独石梨河、壕赖河、柴卜素河、营盘河、拖河、蟒盖兔河和尔林兔河等 7 条季节性内陆小河注水,据报道从 20 世纪 70—90 年代初,红碱淖的湖水量和蒸发量基本上是均衡的,水位变化基本上不大;20 世纪 90 年代前,湖区面积有增有减,但总体变化不大,从 1999 年开始,湖区面积呈线性递减趋势,湖区面积平均萎缩速度为 $0.87 \text{ km}^2/\text{a}^{[9]}$ 。关于红碱淖萎缩的原因,已有一些研究,大致有以下几种观点:气候干旱导致,灌溉耗水导致和上游截流导致;以及采矿因素的影响^[13-17]。特别是人类活动,比如在壕赖河上游修建人工水库,以及周边抽取湖边地下水灌溉等导致入湖水量减少。人口增多、工农业发展、退耕还林政策、生态建设及一些水利工程等社会经济因素在影响红碱淖地区景观格局变化方面起了大部分作用,是影响区

域景观格局变化的主要因素,随着社会经济活动对红碱淖地区景观格局的驱动作用,沙地、耕地可能会不断增加,如果不采取措施,人类各项开发等综合活动将继续加剧区域内水体、林草地等景观类型的退化。

4 结论

(1) 从土地利用类型上看,红碱淖地区土地利用结构改变较快,从 1990—2015 年,水体面积减少了 29.50 km²,耕地面积增加了 46.63 km²,沙地面积增加了 286.78 km²,林草地面积减少了 312.80 km²,建筑用地面积变化不大,矿产地面积 2005 年出现后改变不多。

(2) 从土地利用变化速度来看,各土地利用类型相互转化的综合年变化率有增大的趋势,表明人类活动强度逐渐增强对土地覆被的影响逐渐加大。

(3) 陕北红碱淖研究区 1990—2015 年,景观格局不断发生变化,景观整体分布趋向复杂化,景观破碎化程度加大,景观类型之间转换频繁,各景观类型分布不均,形状不规则(水体除外)。

[参 考 文 献]

- [1] 孙睿,朱启疆. 中国陆地植被净第一性生产力及季节变化研究[J]. 地理学报, 2000, 50(1): 36-45.
- [2] 刘纪远,张增祥,徐新良,等. 21 世纪初中国土地利用变化的空间格局与驱动力分析[J]. 地理学报, 2009, 64(12): 1411-1420.
- [3] 唐华俊,吴文斌,杨鹏,等. 土地利用/土地覆被变化(LUCC)模型研究进展[J]. 地理学报, 2009, 64(4): 457-468.
- [4] 田锡文,王新军,卡迪罗夫 K G,等. 近 40 a 凯拉库姆库区土地利用/覆盖变化及景观格局分析[J]. 农业工程学报, 2014, 30(6): 232-241.

- [5] 刘吉平,赵丹丹,田学智,等. 1954—2010 年三江平原土地利用景观格局动态变化及驱动力[J]. 生态学报, 2014, 34(12): 3234-3244.
- [6] 高志强,刘纪远,庄大方. 基于遥感和 GIS 的中国土地利用/土地覆盖的现状研究[J]. 遥感学报, 1999, 3(2): 134-139.
- [7] 吴莉,侯西勇,徐新良,等. 山东沿海地区土地利用和景观格局变化[J]. 农业工程学报, 2013, 29(5): 207-217.
- [8] 张会英,刘萍萍,李旭祥. 陕北红碱淖流域土地利用动态变化研究[J]. 环境科学与技术, 2011, 34(3): 180-183.
- [9] 刘英,吴立新,岳辉. 基于 Landsat 和 HJ 卫星影像的红碱淖面积变化趋势分析[J]. 地理与地理信息科学, 2015, 31(5): 60-64.
- [10] 刘英,岳辉. 基于 SMMI 的红碱淖湖区面积遥感分析[J]. 科学技术与工程, 2016, 16(16): 125-130.
- [11] 谭良玺,张会英,张瑞芳,等. 陕北红碱淖流域景观格局变化研究[J]. 西安交通大学学报, 2010, 44(3): 126-132.
- [12] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996: 158-188.
- [13] 尹立河,张茂省,董佳秋. 基于遥感的毛乌素沙地红碱淖面积变化趋势及其影响因素分析[J]. 地质通报, 2008, 27(8): 1151-1156.
- [14] 赵宁,马超,杨亚莉. 1973—2013 年红碱淖水域水质变化及驱动力分析[J]. 湖泊科学, 2016, 28(5): 982-993.
- [15] 杨立彬,黄强,武见,等. 红碱淖湖泊面积变化影响因素及预测分析[J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28(3): 74-78.
- [16] 李登科,何慧娟,刘安麟. 人类活动和气候变化对红碱淖植被覆盖变化的影响[J]. 中国沙漠, 2010, 30(4): 831-836.
- [17] 马雄德,范立民,张晓团,等. 榆神府矿区水体湿地演化驱动力分析[J]. 煤炭学报, 2015, 40(5): 1126-1133.

(上接第 223 页)

- [23] 杨胜天,刘昌明,孙睿. 黄河流域干旱状况变化的气候与植被特征分析[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 136-141.
- [24] Zheng Hongxing, Zhang Lu, Zhu Ruirui, et al, Fukushima Y. Responses of streamflow to climate and land surface change in the headwaters of the Yellow River Basin[J]. Water Resources Research, 2009, 45(7):

641-648.

- [25] Li Baofu, Chen Yaning, Chen Zhongsheng, et al. Why does precipitation in northwest China show a significant increasing trend from 1960 to 2010? [J]. Atmospheric Research, 2016, 167: 275-284.
- [26] 刘玉英,李宇凡,谢今范,等. 东北高空湿度变化特征及其与地面气温和降水的关系[J]. 地理科学, 2016, 36(4): 628-636.