

内蒙古棋盘井工业区景观破碎化预测^{*}

梁振明¹, 曾 勇², 赵彦伟³, 汪思慧³

(1. 北京国电华北电力工程有限公司环境分公司, 北京 100011; 2. 中国石油大学(北京) 资源与信息学院, 北京 102249; 3. 北京师范大学 环境学院, 环境模拟与污染控制国家重点实验室, 北京 100875)

摘 要: 对工业区建设后景观破碎化程度进行预测, 可获得景观变化信息, 为生态保护措施制定提供依据。以 Spot 卫星遥感数据解译获取的棋盘井工业区土地利用图为基础, 利用 ArcGIS 和 Fragstats 软件进行景观破碎化程度评价与预测。结果表明: 当前园区基质为未利用土地和草地景观, 面积比例为 82.30%, 破碎化程度较高; 规划用地情景下, 居民与工矿用地面积从 2.68% 上升到 16.84%, 草地面积减少且破碎化程度加剧。景观生态优化情景下, 林地、草地景观面积特征、密度特征、形状特征指标改善, 破碎化程度降低, 生态完整性提高。

关键词: 景观破碎化; 工业园区; 预测; 棋盘井

中图分类号: X171

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)05-0049-04

Landscape Fragmentation Prediction of Qipanjing Industrial Park, Inner Mongolia

LIANG Zhen ming¹, ZENG Yong², ZHAO Yan wei³, WANG Si hui³

(1. Environmental Sector, Beijing North China Power Engineering Co., Ltd., National Power Corporation, Beijing 100011, China; 2. School of Earth Sciences and Geoinformatics, China Petroleum University, Beijing 102249, China; 3. State Key Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, School of Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: The prediction of landscape fragmentation after construction can provide landscape change information and attributes to the development of ecological protection measures. Based on the land use map (translated from spot satellite remote sensing data) of research areas, the evaluation and prediction of landscape fragmentation of Qipanjing industrial park is conducted by using ArcGIS and FRAGSTATS software. The results are as follows: ① Existing landscape matrix are the unused and grassland has higher degree of fragmentation, accounting for 82.3% of total area; ② Under the planned land use scenario, the area of residential and industrial land increase from 2.68% to 16.84%, the area of grassland decreased with higher fragmentation ③ Under landscape ecological optimization scenario, the indices of area, density and shape characteristic of landscape element will be improved, with decreased fragmentation and higher ecological integrity.

Key words: landscape fragmentation; industrial park; prediction; Qipanjing

景观破碎化指自然或人为因素的干扰导致景观由简单趋向于复杂的过程, 即景观由单一、均质和连续的整体趋向于复杂、异质和不连续的斑块镶嵌体的过程^[1]。表现为斑块数量增加而面积缩小, 斑块形状趋于不规则, 内部生境面积缩小, 廊道被截断以及斑块彼此隔离^[2]。景观破碎化对生存于其中的物种带来一系列的不利影响, 导致生物多样性丧失^[3]。同时, 也反映人类活动对景观影响的强弱程度^[2]。

数量分析是景观破碎化评价的常用方法, 主要包括: 景观要素斑块特征的破碎化分析、景观异质性破碎化分析和景观要素空间相互关系破碎化分析^[4-5]。杨国靖与肖笃宁^[3]从景观总体特征、斑块面积、斑块周长、斑块数和分形维数等角度对祁连山水西自然保护区的景观格局和破碎化程度进行

了评价。张明娟等^[6]基于南京市 1988 年、1998 年和 2003 年 3 期 TM 影像, 研究了景观破碎化过程的时间变化规律。王永军与李团胜^[7]分 1982 年和 1998 年 2 期, 研究了陕西省榆林地区景观格局动态变化特征及景观破碎化程度变化。李正国等^[8]以陕北黄土高原为研究区, 结合景观格局指数, 对破碎化程度进行量化, 发现斑块密度特征对破碎化有较强的指示意义。赵明华等^[9]选择景观斑块类型变异系数、景观斑块形状指数等指标分析景观类型的破碎化程度。

总体上看, 目前研究主要集中于现状评价, 或不同历史时期的区域景观破碎化程度的时间序列评价, 对区域开发建设前后, 具有预测性质的景观破碎化程度的对比性研究缺乏, 而这种对比性的研究, 可用来分析生态措施对破碎化的

* 收稿日期: 2008-06-20

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目 (NO. 2005CB724204) 资助

作者简介: 梁振明 (1971-), 男, 汉族, 吉林通化市人, 硕士, 研究方向为景观生态。E-mail: liangzm@ncpe.com.cn

通信作者: 赵彦伟 (1974-), 男, 汉族, 河南上蔡人, 讲师, 研究方向为生态规划。E-mail: awei-a@163.com

改善效果,为景观生态建设实践提供具有前瞻性的可操作指导。以棋盘井工业园区为例,对比开发前后及景观破碎化程度变化,为科学制定生态保护措施提供决策依据。

1 区域概况

棋盘井工业园区(106° 59′ 27″ E, 39° 22′ 39″ N) 位于鄂尔多斯市鄂托克旗棋盘井镇。研究区面积 166 km²。地处干旱、半干旱地区,降水量少且集中,蒸发量大,风大沙多,自然植被稀疏,生态调节能力脆弱。加上不合理的掠夺式开发,土地退化严重,未利用土地(主要是沙地和裸地)面积高达80.3 km²,占研究区面积的 48.4%,表现出严重的荒漠化。植物区系类型以亚洲中部荒漠成份为主,植物种类较少,盖度低,生物量小,具有中等覆盖程度草地仅占 1.3%,而生物量极低的草地、沙地和裸地占总面积比例达到73.8%。研究区生态环境具有强脆弱性,区域开发加剧了生态风险。

2 数据来源与研究方法

景观破碎化现状评价数据以 2005 年 6 月的 Spot 卫星

遥感数据解译的棋盘井工业园区的土地利用为基础。景观破碎化程度预测按两种情景,分别是规划用地情景(根据棋盘井工业园区土地利用规划)、景观生态优化情景(对景观的比例和分布进行调整),在土地利用图基础上,利用 ARCGIS 的图形编辑修改功能,分别生成规划用地情景和景观生态优化情景土地利用图。根据已有研究成果^[1-3],选择了景观破碎化指标:①景观面积特征指标:斑块类型面积、斑块占景观面积比例、最大斑块指数、平均斑块面积;②景观密度特征指标:斑块个数、斑块密度、斑块面积标准差;③景观形状特征指标:总边缘长度、边缘密度、面积加权平均形状指数。指标的数学表达及生态学意义见表 1。

在 ARCGIS 工作站平台上,分别将前面所述的土地利用矢量图转化为栅格图,转化参数:格网分辨率为 20 m× 30 m,行列数为 702× 1 026,然后将栅格图输入到 FRAG-STATS 景观格局分析软件中,分别计算景观破碎化程度指标,分析现状、规划用地情景和景观生态优化情景下的景观破碎化程度。

表 1 景观破碎化指标数学表达及生态学意义

指 标	缩 写	公 式	意 义
斑块类型面积	CA	$CA= A_i$, 式中: A_i ——景观中 i 斑块类型总面积(m^2)	计算其他指标的基础,其值大小制约物种丰度、数量、食物链
斑块占景观面积比例	PLAND	$PLAND= A_i/A \times 100$, 式中: A ——景观总面积(m^2)	确定优势景观的依据之一,也是决定景观中生物多样性优势种和数量的重要因素
最大斑块指数	LPI	$LPI= \frac{\max(a_1, \cdots, a_n)}{A} \times 100$ 式中: $\max(a_1, \cdots, a_n)$ ——最大景观斑块面积(m^2)	决定景观中的优势种、内部种的丰度,其值变小反映人类活动干扰强度增加
平均斑块面积	AREA_MN	$AREA_MN= \frac{A}{N} \times 10^4$	指示景观破碎程度,值越小说明景观越破碎
斑块个数	NP	$NP= N$, 式中: N ——景观中斑块的总数	用来描述景观的异质性,其值大小与景观的破碎化正相关
斑块密度	PD	$PD= \frac{N}{A} \times 10^4$, 式中: N ——景观中斑块的总数, A ——景观总面积(m^2)	反映景观破碎化程度,其值越大,破碎化程度也越高
斑块面积标准差	AREA_SD	$AREA_SD= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n [a_{ij} - (\frac{A}{N})]^2}{N}} \times 10^4$ 式中: a_{ij} ——每一斑块面积(m^2)	景观类型内部斑块大小的变异程度
总边缘长度	TE	$TE= E$, 式中: E ——景观中所有斑块边界总长度(m)	反映研究景观与周围景观单元间的能量、物质、物种交流能力强弱;值越大说明该类景观对周围景观作用力越大
边缘密度	ED	$ED= \frac{E}{A} \times 10^4$	反映景观类型破碎化程度,单位面积上周长值大,表明景观类型被边界割裂的程度高
面积加权平均形状指数	SHAPE_AN	$SHAPE_AN= \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [(\frac{0.25P_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}})(\frac{a_{ij}}{A})]$, 式中: P_{ij} ——每一斑块周长(m)	反映人类活动干扰强度的大小,值越大,说明斑块受到的干扰越小

3 景观破碎化程度现状评价

3.1 景观面积特征

研究区景观破碎化现状分析结果见表 2。从中看出,未利用土地斑块面积为 8 032.25 hm²,斑块占景观面积比例为 48.27%,最大斑块面积占景观比例为 17.68%,平均斑块面积为 382.49 hm²;草地景观面积为 5 511.25 hm²,斑块所占

景观面积的比例为 34.03%,最大斑块面积所占景观的比例为 11.76%,平均斑块面积为 257.34 hm²。林地与水域斑块面积占景观面积比例为 10.34%;耕地斑块面积所占比例为 4.69%,平均斑块面积最大为 390.13 hm²,居民与工矿用地所占比例甚小,仅为 2.68%。未利用土地与草地景观占总面积 82.30%,各项指标居前列,是研究区优势景观,为“基质”类型,体现了研究区荒漠草原景观的典型特征。

3.2 景观密度特征

未利用土地与草地的斑块数最多, 分别为 21 个和 22 个, 斑块密度最大, 均为 0.13 个/100 hm², 斑块面积标准差最大分别为 754.9 和 540.9, 表明未利用土地和草地景观由较多的面积大小差别很大的斑块组成, 且小斑块个数较多, 是破碎化程度最严重的景观类型; 林地斑块数较多为 13 个,

斑块密度较大为 0.08 个/100 hm², 主要由小斑块零星分布, 斑块面积标准差较小, 景观破碎化程度较重; 耕地景观由少量面积较大的耕地斑块构成, 具有最小的斑块数和斑块密度, 生态完整性较高; 居民与工矿用地、水域的斑块数和斑块密度较小, 斑块面积标准差居中, 景观保存较为完整。

表 2 研究区景观指数(斑块类型水平)

景观类型	CA	PLAND	LPI	AREA_MN	NP	PD	AREA_SD	TE	ED	SHAPE_AM
水域	1001.21	6.98	1.65	129.00	9.00	0.05	88.69	116100	6.98	3.29
林地	558.25	3.36	1.63	42.94	13.00	0.08	74.42	74200	4.46	3.36
未利用土地	8032.25	48.27	17.68	382.49	21.00	0.13	754.90	282300	16.97	2.96
草地	5511.52	34.03	11.76	257.34	22.00	0.13	540.90	247200	14.86	2.35
居民与工矿用地	745.53	2.68	2.08	55.69	8.00	0.05	110.67	36300	2.18	2.77
耕地	780.25	4.69	3.83	390.13	2.00	0.01	247.63	29500	1.77	2.04

注: CA 为斑块类型面积(hm²); PLAND 为斑块所占景观面积的比例(%); LPI 为最大斑块面积所占景观的比例(%); AREA_MN 为平均斑块面积(hm²); NP 为斑块个数; PD 为斑块密度(个/100 hm²); AREA_SD 为斑块面积标准差; TE 为总边缘长度(m); ED 为边缘密度(m/hm²); SHAPE_AM 为面积加权的平均形状指数。下表同。

3.3 景观形状特征

在所有景观组分中, 未利用土地、草地总边缘长度较大, 水体景观组分次之, 耕地、居民与工矿用地总边缘长度较小, 表明耕地、居民与工矿用地对景观的整体影响较小, 未利用土地和草地破碎化程度较高; 林地和水域面积加权形状指数较大, 受到人为干扰较小, 而耕地、草地、居民与工矿用地的面积加权形状指数较小, 受到的人为干扰较大。

综合分析表明, 未利用土地与草地景观为研究区的优势景观, 林地为小斑块零星分布, 景观破碎化严重。研究区的自然生态系统受到较强的自然和人为因素干扰, 土地退化严重, 景观整体表现出严重破碎化和荒漠化, 生态环境具有脆弱弱性。

表 3 规划用地情景下景观破碎化程度预测(斑块类型水平)

景观类型	CA	PLAND	LPI	AREA_MN	NP	PD	AREA_SD	TE	ED	SHAPE_AM
水域	999.81	6.01	1.54	76.91	13.00	0.08	93.10	106530	6.40	3.54
林地	523.17	3.14	0.91	40.56	11.00	0.07	54.05	61920	3.72	2.76
未利用土地	6709.68	40.33	13.04	248.51	27.00	0.16	506.29	225960	17.58	2.36
草地	4821.75	28.98	11.01	146.11	33.00	0.20	434.82	205110	16.33	1.98
居民与工矿用地	2802.51	16.84	14.33	350.31	7.00	0.03	775.51	44400	2.67	1.26
耕地	781.74	4.70	3.84	390.87	2.00	0.01	247.86	29940	1.80	2.08

未利用地斑块面积比例下降了 7.94%, 斑块平均面积从 382.49 hm² 下降到 248.51 hm², 最大斑块所占的面积比例从 17.68% 下降到 13.04%, 生境面积大幅减少, 从较大斑块破碎成较小斑块; 草地斑块面积比例下降了 5.05%, 平均斑块面积从 257.34 hm² 下降到 146.11 hm², 最大斑块所占面积比例从 11.76% 从下降到 11.01%, 草地的生境面积减少与破碎化程度也较为严重。水域、林地平均斑块面积和最大斑块面积占景观比例下降, 受到一定程度占用与干扰, 景观破碎化程度略为增加。

总体上看, 草地和未利用土地斑块面积、最大斑块面积所占比例和平均斑块面积指标虽有较大下降, 但仍保持较高水平, 二者仍为优势景观类型, 园区建设未改变基质类型。

4.1.2 景观密度特征

对比现状评价结果, 草地斑块数从 22 个上升至 33 个,

4 景观破碎化程度预测

4.1 规划用地情景

根据棋盘井工业园区土地利用规划, 进行了景观破碎化程度预测。

4.1.1 景观面积特征

对比现状评价结果, 居民与工矿用地斑块面积变化最大, 从建设前 745.53 hm² 增加到 2 802.51 hm²(表 3), 面积比例从 2.68% 上升到 16.84%, 仅排在未利用土地和草地之后, 最大斑块面积占景观比例上升到 14.33%, 表明居民与工矿用地对评价区景观格局的影响力增大。

斑块密度从 0.13 个/100 hm² 上升至 0.20 个/100 hm², 斑块面积标准差从 540.90 减少到 434.83。规划用地情景下, 草地景观大斑块破碎成小斑块, 破碎化程度加剧。未利用土地斑块数增加至 27 个, 斑块密度略为增加到 0.16, 破碎化程度也有所增加。

居民与工矿用地的斑块数减少至 7 个, 密度从 0.05 下降至 0.03, 完整性有所加强, 但实质上更不利生态改善。水域斑块数和斑块密度上升, 平均斑块面积和最大斑块面积占景观比例下降, 林地斑块数和斑块密度基本不变, 最大斑块面积占景观比例减少, 平均斑块面积略为减少, 说明二者受到轻微干扰, 景观破碎化程度略微增加。

4.1.3 景观形状特征

对比现状评价结果, 未利用土地、草地总边缘长度有所下降, 但仍排在前两位, 未利用土地和草地仍对景观整体有

较大影响,二者边缘密度最高且上升,表明建设后未利用土地和草地破碎化程度加剧。由于园区建设占用未利用土地和草地最多,使得未利用土地和草地的形状指数有所下降,未利用土地和草地受到的人为干扰将增大。

综合来看,园区建设占用未利用土地和草地,未利用土地和草地景观格局受到影响较大,破碎化程度进一步加剧,区域开发将对当地草地生态系统产生不利影响,在一定程度上改变研究区景观总体格局。

4.2 景观生态优化情景

根据园区现状,确定了景观生态优化方案:充分利用现有水体、道路等自然条件和空间形态,构建“一纵两横”的生态隔离体系。一纵指中轴,即迎宾路至乌珠林沟支流区域,“两横”包括南北两大生态轴,北轴指乌珠林沟两侧;南轴为109国道两侧。

“北轴”400 m宽生态隔离带主要用于防风固沙、保护水源,拟充分利用原有水系和湿地资源,建设沿河生态带、水源涵养林以及防风固沙林等。“南轴”宽度应达1 000 m,结合109国道绿化建设,限制开发活动无序扩展。“中轴”生态隔离带主体为迎宾路,为工业区与城镇居民区隔离区域,宽度为200 m,可限制工业用地的无序扩展,克服工业的外延式“摊大饼”发展,防止工业污染影响居民居住质量,该隔离带以人工林地为主。

三条生态隔离带的建设,可缓解各组团之间可能造成的叠加影响,再辅以交通干线红线内30 m范围绿化建设,构成可自我维持动态网络型生态景观结构体系。

4.2.1 景观面积特征

与规划用地情景比较,林地斑块面积比例从3.14%上升到8.92%(表4),平均斑块面积从47.56 hm²上升到593.66 hm²,最大斑块面积所占比例从0.91%上升到10.56%;草地从28.98%上升到33.01%,平均斑块面积从146.11 hm²上升到457.99 hm²,最大斑块所占的面积比例

从11.07%上升至17.94%,优化方案实施后,林地和草地自然生态系统生境面积变大,生态完整性将增强。

未利用地景观面积从40.33%下降至34.36%,平均斑块面积从248.51 hm²下降到144.02 hm²,最大斑块面积比例从13.04%下降至12.92%,未利用地面积减少,占用部分均转化为生态用地。居民与工矿用地从16.84%下降至13.38%,占用部分转化为生态用地,其他用地类型面积特征基本保持不变。

4.2.2 景观密度特征

与规划用地情景比较,草地斑块数大幅度减少至21个,斑块密度从0.20个/100 hm²下降至0.08个/100 hm²,斑块面积标准差下降,表明草地景观的斑块连通性增加,景观破碎化程度减小,生态完整性增加;林地的斑块数大幅减少至3个,斑块密度从0.07个/100 hm²下降至0.04个/100 hm²,林地斑块连通性增加,景观破碎化程度也有所降低。

未利用土地、居民与工矿用地的斑块数增加较多,这两类景观被林草廊道所分隔,大的斑块破碎成小斑块,未利用地的斑块密度从0.16个/100 hm²上升至0.25个/100 hm²,居民与工矿用地的斑块密度从0.03个/100 hm²上升至0.10个/100 hm²,未利用地和居民与工矿用地的破碎化程度加剧,可实施有效隔离,景观优化效果明显。

4.2.3 景观形状特征

与规划用地情景比较,未利用土地、草地总边缘长度仍排前两位,二者仍对景观整体有较大影响。草地边缘密度略为下降,面积加权形状指数大幅增加,破碎化状况有较大改善,未利用地边缘密度上升明显,面积加权形状指数略为下降,破碎化程度保持在较高水平,有利于生态改善。其他景观类型的形状特征指标的变化不大。相对于规划用地情景,此情景下林地和草地景观面积特征、景观密度特征、景观形状特征指数有所改善,林地和草地生态完整性增加,景观破碎化程度降低,有利于减轻区域开发带来的生态风险。

表4 景观生态优化情景下破碎化预测(斑块类型水平)

景观类型	CA	PLAND	LPI	AREA_MN	NP	PD	AREA_SD	TE	ED	SHAPE_AM
水域	783.9	5.71	1.31	29.03	13	0.09	61.08	94650	5.69	3.35
林地	1483.84	8.92	10.56	593.66	3	0.04	763.89	169380	4.18	5.90
未利用土地	6048.99	34.36	12.92	144.02	45	0.25	410.09	185460	24.15	2.25
草地	5492.69	33.01	17.94	457.99	21	0.08	357.77	176850	9.63	5.32
居民与工矿用地	2301.21	13.83	3.18	243.83	16	0.10	671.28	82320	4.95	1.39
耕地	528.03	4.17	2.25	132.01	4	0.02	150.81	24840	1.49	1.80

5 结论

(1) 园区建设前,景观面积特征指数、密度特征指数和形状特征指数评价结果表明,未利用土地和草地为研究区优势景观,且显示出较高程度的破碎化。

(2) 规划用地情景下,居民与工矿用地景观面积从建设前的2.68%上升到16.84%,平均斑块面积、最大斑块面积所占比例增加,斑块个数和斑块密度下降,景观优势度上升,景观破碎化程度减轻,不利于生态改善;草地和未利用土地的斑块面积、最大斑块面积所占比例和平均斑块面积指标仍

保持较高水平,二者仍为优势景观类型;但草地景观面积、平均斑块面积、最大斑块面积所占比例下降明显,总边缘长度有所下降,边缘密度增加,表明草地景观破碎化程度加剧。

(3) 景观生态优化情景下,林地、草地斑块面积增加,斑块密度下降,边缘密度降低,景观面积特征、景观密度特征、景观形状特征指数得到优化,景观破碎化程度降低,生态完整性增加,景观生态质量有较大提高,生态建设方案对景观改善的效果明显。

1.375% 转为农田, 0.389% 转为针叶林, 0.277% 转为园地, 阔叶林、灌木和农田是草地主要增加来源, 但草地减少的面积远大于增加的面积, 因此总面积减少; 灌木有 20.468% 转为阔叶林, 9.237% 转为草地, 2.669% 转为针叶林, 0.884% 转为农田, 灌木的主要来源是草地、农田、阔叶林和园地, 且增加的面积远大于减少的面积; 农田主要转为灌木和草地, 分别为 36.171% 和 19.746%, 还有 4.98% 转为园地, 农田主要来源是草地, 其次是园地和灌木, 且转出的面积大于转入的面积。

从 2000—2007 年间的景观转移矩阵(表 3)看出, 针叶林主要向阔叶林和草地转变, 各占 5.569% 和 2.743%, 而针叶林的增加量主要来源于阔叶林、草地和灌木, 总面积增加; 阔叶林有 17.583% 转为灌木, 8.857% 转为针叶林, 1.973% 转为草地, 0.052% 转为农田和果园, 而草地、灌木和针叶林也是阔叶林的主要增加来源, 且转出面积大于转入面积, 总面积减少; 草地有 65.85% 转为灌木, 5.78% 转为阔叶林, 4.65% 转为农田, 0.91% 转为园地, 0.87% 转为针叶林, 而阔叶林、灌木和农田是草地主要增加来源, 草地总面积减少, 大量转变成灌木; 灌木有 58.25% 转为草地, 5.7% 转为农田, 2.12% 转为园地, 1.27% 转为阔叶林, 灌木的主要来源是草地、阔叶林、农田和针叶林, 增加的面积多于变为其他类型的面积, 总面积增加; 园地中 15.79% 转为农田, 12.63% 转为草地, 5.79% 转为灌木, 而灌木、农田和草地是园地主要来源, 合计总面积增大; 农田主要转为草地 13.23% 和园地 10.294%, 还有 5.51% 转为灌木, 农田主要来源是灌木和草地, 其次是园地和阔叶林; 居住用地有 1.82% 变成灌木, 0.9% 变成草地, 0.9% 变成农田, 同时有草地、灌木和农田变成居住用地, 总面积增加。

4 结 论

流域的植被景观基质始终是荒草地和灌木, 通过比较不同植被景观参数变化, 表明 1986 年草地是绝对优势景观要素, 占到景观总面积的 41.69%, 且连片性较好, 虽然灌木面积仅占总面积的 21%, 斑块数却最大, 占到总斑块数 42%,

表明分布零散、破碎, 1986 年流域植被景观要素面积大小排序为: 草地> 阔叶林> 灌木> 农田> 针叶林> 园地> 居住用地, 草地、灌木和阔叶林三类占到总面积的 87% 以上, 随着年度增加, 流域景观变化为 2000 年流域植被景观要素面积大小排序为: 草地> 灌木> 阔叶林> 农田> 针叶林> 园地> 居住用地, 2007 年流域植被景观要素面积大小排序为: 灌木> 阔叶林> 草地> 针叶林> 农田> 园地> 居住用地, 灌木斑块面积变成第一, 占总面积的 35.97%, 为流域绝对优势景观; 且通过分析两个时段景观转移矩阵, 表明灌木和草地面积变化最大, 1986 年草地景观占流域景观总面积的比例 41.69%, 2007 年减少到 25.41%, 灌木的斑块面积所占比例持续增加, 从 1986 年的 21% 增加到 2007 年的 36%, 灌木的显著增加主要来源于草地, 草地逐渐向灌木景观转化, 其他景观的变化趋势比较不明显。

参考文献:

[1] 咎梅, 陈冬花. ERDAS IMAGINE 软件在森林资源调查中的应用: 以巩留林场为例[J]. 新疆师范大学学报: 自然科学版, 2006, 25(3): 178-182.

[2] 李忠锋, 王彦丽. 定边县土地利用动态变化研究[J]. 干旱区地理, 2004, 27(4): 520-524.

[3] 卢玲, 程国栋, 李新. 黑河流域中游地区景观变化研究[J]. 应用生态学报, 2001, 12(1): 68-74.

[4] 张志, 朱金兆, 朱清科, 等. 晋西黄土区蔡家川流域景观地形分异格局研究[J]. 北京林业大学学报, 2005, 27(2): 43-48.

[5] 叶延琼, 陈国阶. GIS 支持下的岷江上游流域景观格局分析[J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15(1): 112-115.

[6] 郭冻, 杜世宏, 杨一鹏. 基于 RS 与 GIS 的广州市森林景观格局时空分异研究[J]. 地理与地理信息科学, 2008, 24(1): 96-99, 112.

[7] 解修平, 周杰, 张海龙, 等. 基于景观生态和马尔可夫过程的西安地区土地利用变化分析[J]. 资源科学, 2006, 28(6): 175-181.

(上接第 52 页)

参考文献:

[1] 王宪礼, 布仁仓, 胡远满, 等. 辽河三角洲湿地景观破碎化分析[J]. 应用生态学报, 1996, 7(3): 299-304.

[2] 王永军, 李团胜, 刘康, 等. 榆林地区景观格局分析及其破碎化评价[J]. 资源科学, 2005, 7(2): 161-166.

[3] 杨国靖, 肖笃宁. 森林景观格局及破碎化评价: 以祁连山西水自然保护区为例[J]. 生态学杂志, 2003, 22(5): 56-61.

[4] 由畅, 周永斌, 于丽芬. 景观破碎化数量分析方法概述[J]. 中国农学通报, 2006, 22(5): 147-151.

[5] 辜世贤, 徐霞. 重庆市生态修复示范区土地利用景观格局分析[J]. 水土保持研究, 2006, 13(2): 245-248.

[6] 张明娟, 刘茂松, 徐驰, 等. 南京市景观破碎化过程中的斑块规模结构动态[J]. 生态学杂志, 2006, 25(11): 1358-1363.

[7] 王永军, 李团胜. 基于 GIS 的榆林地区景观格局动态变化[J]. 生态学杂志, 2006, 25(8): 895-899.

[8] 李正国, 王仰麟, 张小飞. 陕北黄土高原景观破碎化及其土壤裸露效应[J]. 生态学报, 2005, 25(3): 421-426.

[9] 赵明华, 杨树佳, 牟文龙. 山东半岛县域土地利用景观格局分析: 以招远市为例[J]. 水土保持研究, 2007, 14(3): 155-157.