

冀西北间山盆地景观动态变化研究

刘军会^{1,2}, 赵维全³, 王 卫⁴, 高吉喜⁵

(1. 中国科学院成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;
3. 河北省国土资源厅土地整理中心, 石家庄 050051; 4. 河北师范大学资源与环境科学学院, 石家庄 050016;
5. 中国环境科学研究院, 北京 100012)

摘 要:冀西北间山盆地区位于北京市的上风地带, 是京西北重要的生态屏障, 其景观变化直接影响到北京市的环境质量。基于 1987 年和 2000 年两期 Landsat TM 影像, 采用遥感和地理信息系统相结合的技术方法, 结合景观分析软件 Fragstats3. 3, 对冀西北间山盆地区 13 年来景观变化进行了动态研究。结果发现: (1) 研究区林地、草地等生态用地数量减少, 其他用地不同程度的增加。景观主导类型以耕地、林地、草地为主, 景观结构基本没有变化。(2) 景观变化主要集中于耕地、林地、草地之间的相互转化, 在空间上主要分布于山地丘陵与盆地、河川的交接地带。(3) 人类的非理性行为大于理性行为, 生态系统结构和功能处于“局部改善、整体恶化”状态。(4) 景观异质性和多样性上升, 稳定性加强, 人类活动对研究区景观变化的干扰程度也在加剧。

关键词:冀西北间山盆地区; 景观变化; 景观分析指数; Fragstats3. 3

中图分类号: P901

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007) 03-0036-04

Study on Dynamic Change of Landscape in the Basin of Northwest Hebei Mountains

LIU Jun-hui^{1,2}, ZHAO Wei-quan³, WANG Wei⁴, GAO Ji-xi⁵

(1. Chengdu Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu 610041, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049;

3. Land Consolidation and Rehabilitation Center of Land and Resource Bureau of Hebei Province, Shijiazhuang, 050051;

4. College of Resources and Environmental Sciences, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050016, China;

5. Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

Abstract: The basin of Northwest Hebei mountains locates in the windward regions and can be regarded as the important ecological shelter zone of Northwest Beijing city, whose change of landscape will directly influence the environmental quality of Beijing city. Using RS and GIS technology based on Landsat TM data of 1987 and 2000, integrating with landscape analysis software Fragstats3. 3, the dynamic change of landscape in the basin of Northwest Hebei mountains during the past 13 years is made. The main results reveal that: 1) Forestland and grassland and other ecological land had been reduced while others increased to different extent. The dominant type of landscape mainly includes cultivated land, forestland and grassland and its structure has almost no changes. 2) The alternate transformation of cultivated land, forestland and grassland are the focus in the change of landscape. And the change is distributing in the mountains and the contact area between mountains and basins or rivers. 3) The non-rational act exceeds the rational act of people. The structure and function of ecosystem are in the state of getting worse and worse with the exception of some small areas being improved. 4) The heterogeneity and diversity of landscape are increased, the landscape stability enhanced. And the interference degree of landscape change by people is being aggravated.

Key words: the basin of Northwest Hebei mountains; the change of landscape; landscape analysis index; Fragstats3. 3

景观动态变化的研究, 是景观生态学研究的核心问题之一, 目前仍是景观生态学中的一个研究热点。它是指景观结构、功能、空间格局随时间的变化情况^[1,2]。景观的这种变化是景观内部各种矛盾与外部作用力相互作用的结果与表现, 是景观从一种状态到另一种状态的转变过程^[3,4]。在对景观结构组成特征和空间配置关系的分析中, 景观格局指数能够高度浓缩景观格局信息, 反映其结构组成和空间配置某些方面特征。通过对景观格局的分析, 有助于分析景观组成单元的形状、大小、数量和空间组合; 有助于对宏观区域生态环境状况评价及发展趋势分析; 同时也有助于探索自然因素与人

类活动对景观格局及动态过程的影响^[5]。

冀西北间山盆地区处于我国北方农牧交错带, 且位于首都北京的上风上水地带, 其景观变化将对首都北京甚至我国北方生态环境产生重大影响。冀西北间山盆地区多年来一直是河北省经济相对落后地区, 国家级贫困县在该区分布很多, 贫困人口分布面广, 脱贫难度大。该区脆弱的生态环境同沉重的人口压力和严峻的土地退化并存。本文综合运用遥感和地理信息系统相结合的技术方法, 结合景观空间格局分析软件 Fragstats3. 3, 对冀西北间山盆地区 13 年来的景观变化进行了较为全面分析。

* 收稿日期: 2006-10-16

基金项目: 国家自然科学基金项目(40171001)

作者简介: 刘军会(1976-), 男, 河北省顺平县人, 博士生, 主要研究方向为环境生态学。

1 研究区概况

冀西北间山盆地地区位于河北省西北部,主要指张家口市的坝下地区,地理位置大致在 $113^{\circ}45' \sim 116^{\circ}28' E$, $39^{\circ}30' \sim 41^{\circ}20' N$ 。东与北京市和承德市相邻,西接山西省,南与保定市涞源、易县相邻,北与张家口市坝上尚义、张北、沽源三县相连。境内地形较为复杂,丘陵与河谷盆地相间分布。从盆地中央向边缘地貌类型依次为冲洪积平原、黄土地、黄土丘陵和边缘山地,易产生水土流失。较大的盆地有怀安盆地、张宣盆地、蔚县盆地、阳原盆地、涿鹿盆地和怀来盆地等。研究区处于温带半湿润向半干旱的过渡地带,因受群山影响,尤其是东南部东北-西南走向的军都山和小五台山的阻挡,夏季湿润季风很难深入,气候干旱;西北部由于无明显的山岭屏障,冬季来自西伯利亚的寒流可以长驱直入,加上海拔较高,本区与同纬度的河北省其他地区相比更为寒冷。全年 8 级以上大风日数约 25~50 d^[6]。区内植被覆盖率比较低,林草破坏严重,生态环境脆弱。

冀西北间山盆地地区包括张家口市区、宣化、蔚县、阳原、怀安、万全、怀来、涿鹿、崇礼、尚义和张北的南部。土地面积约 2 万 km²,2000 年总人口约 300 万。研究区毗邻首都北京的区位优势和丰富的自然资源优势没有得到充分发挥,自然环境脆弱性的劣势却被扩大,这些都成为区域经济落后的重要原因。尽管经济比较落后,研究区仍然是张家口市的主要经济区。

2 数据和研究方法

2.1 数据来源

覆盖研究区的主要数据包括 1987 年和 2000 年两期 Landsat TM 影像数据,主要利用其解译生成景观类型数据;专题数据包括 1:10 万河北省地形图、土地利用现状图、县级行政区划图、DEM,1:50 万河北省植被类型及遥感解译图和 GPS 数据等。

2.2 研究方法

2.2.1 数据判读及景观类型划分

首先将数据均集成到统一的坐标体系中,投影方式为等面积圆锥投影,采用的椭球体为 KRASOVSKY 椭球体。在 ArcGIS9.0 中对专题图进行配准、矢量化,提取相关专题信息。遥感数据的处理在 ERDAS 软件中主要通过以下几个步骤:遥感数据合成,几何精校正,图像增强处理,图像镶嵌和研究区的裁选。在 ArcGIS9.0 软件环境下,以栅格影像作为判读底图,通过人机交互解译方式,解译精度控制在 0.5 个像元内,分层提取目标地类,提取出来的土地利用数据以 COVERAGE 格式存储。

景观类型的划分主要依据土地利用类型。依据土地利用现状分类的分类系统,并结合研究区具体实际,划分成 6 个一级景观类型(林地、草地、耕地、城乡、工矿和农村居民点用地、水域以及未利用地)和 20 个二级景观类型(水田、旱地、有林地、灌木林地、疏林地、其他林地、高覆盖草地、中覆盖草地、低覆盖草地、河渠、湖泊、水库坑塘、滩地、城镇用地、农村居民点用地、工交建设用过的、沙地、盐碱地、裸土地、裸岩石砾地)。在 ArcGIS9.0 中,以景观要素类型更新原有的土地利用图斑的属性,制成研究区景观类型分布图。

2.2.2 景观类型间转化空间分布

为更加形象、直观地描述 13 年间研究区不同类型景观之间的相互转化,运用 ArcGIS9.0 中的 IDENTITY 命令将 1987 年和 2000 年两期景观类型图叠加,提取主要景观类型转化的空间分布特征(图 1),并计算获得研究区 1987 年 2000 年不同地类之间转移矩阵(表 1)。

通过转换矩阵可以计算 K 时期 i 种土地利用类型转变为 $k+1$ 时期 j 种土地类型的比例。

$$B_{ij} = A_{ij} \times 100 \sum_{j=1}^n A_{ij} \quad (1)$$

也可计算 $k+1$ 时期各种土地利用类型相对于 k 时期 i 种土地利用类型转化而来的比例。

$$C_{ij} = A_{ij} \times 100 \sum_{i=1}^n A_{ij} \quad (2)$$

而 $k+1$ 时期各种景观类型相对于 k 时期的变化程度一般用相对变化率来表示。

$$\text{相对变化率} = \left(\sum_{i=1}^n A_{ij} - \sum_{j=1}^n A_{ij} \right) \times 100 \sum_{j=1}^n A_{ij} \quad (3)$$

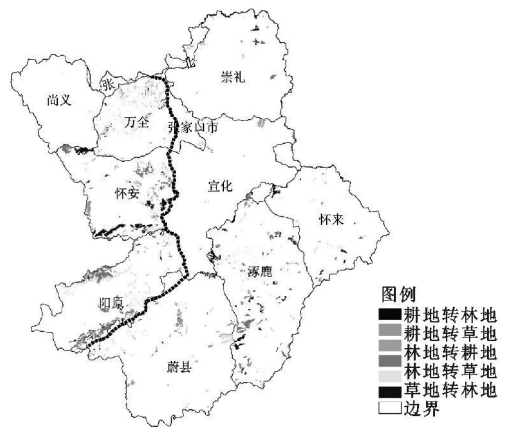


图 1 1987-2000 年主要景观类型转化图

2.2.3 景观格局指数的计算

景观格局指数的计算主要通过综合运用 ArcGIS9.0、Excel 以及景观分析软件 Fragstats3.3 获取。Fragstats3.3 是由美国俄勒冈州立大学森林科学系开发的一个景观指标计算软件^[7],分矢量版本和栅格版本 2 种。本文采用 Fragstats3.3 栅格版本来进行数据计算。

关于景观空间格局分析,已提出和运用了许多指标^[8-12]。根据各指标生态学涵义,本文在景观类型水平和景观水平上选取了斑块数量(NP)、最大斑块指数(LPI)、边缘密度(ED)、Shannon 多样性指数(SHDI)、Shannon 均匀度指数(SHEI)、景观优势度指数(D)、蔓延度指数(CONTAG)、景观破碎度指数(FN)和平均分维指数(FRAC_MN)来研究冀西北间山盆地景观格局变化特征。其中斑块数量、最大斑块指数、边缘密度、Shannon 多样性指数、Shannon 均匀度指数、蔓延度指数、平均分维指数由 Fragstats3.3 计算出,计算方法详见其使用说明书。景观优势度指数、景观破碎度指数则由 ArcGIS9.0 和 Excel 计算出。指标数值见表 2 和表 3。

3 结果分析

3.1 景观结构变化

从表 1 可以看出,研究区各种斑块在 13 年间尽管发生了复杂的相互转换,但居优势地位的仍然是耕地、林地、草地。三者之和在 1987 年、2000 年分别占研究区总面积的 96.2% 和 95.9%。景观结构主导类型由 1987 年的耕地(42.9%)、林地(27.1%)、草地(26.2%)转变为 2000 年的耕地(43.1%)、林地(26.7%)、草地(26.1%),景观结构未发生重大变化。

研究区林地、草地减少,所占比例分别由 27.14%、26.16% 减少到 26.71%、26.09%,其他用地均不同程度的增加。相对变化率较大的是未利用地(52.10%)和城乡、工矿、居民点用地(11.97%)。未利用地变化率最大,是由于未利用地在研究区所占面积很小、基数小,小幅度的数量变化就会导致相对变化率很大;城乡、工矿、居民点用地变化主要是由于研究区人口增加、经济发展和社会进步所必需占用土地的需要。

表 1 研究区 1987~ 2000 年景观类型转化矩阵

hm²

2000 年 1987 年	耕地	林地	草地	水域	城乡、工矿、 居民点用地	未利用土地	合计	占有率%	转出合计	景观 净变化
耕地	807222	2250	6729	1418	4725	787	823131	42. 92	15909	2695
B	98. 07	0. 27	0. 82	0. 17	0. 57	0. 10				
C	97. 75	0. 44	1. 34	4. 91	10. 49	14. 63				
林地	4118	495400	20537	358	60	2	520475	27. 14	25076	- 8142
B	0. 79	95. 18	3. 95	0. 07	0. 01	0. 00				
C	0. 50	96. 69	4. 10	1. 24	0. 13	0. 04				
草地	12922	14624	472753	214	143	1066	501721	26. 16	28969	- 1311
B	2. 58	2. 91	94. 23	0. 04	0. 03	0. 21				
C	1. 56	2. 85	94. 47	0. 74	0. 32	19. 81				
水域	1459	47	349	26906	3	36	28800	1. 50	1894	99
B	5. 06	0. 16	1. 21	93. 42	0. 01	0. 13				
C	0. 18	0. 01	0. 07	93. 25	0. 01	0. 68				
城乡、工矿、居民点用地	106	0	5	3	40113	0	40227	2. 10	114	4817
B	0. 26	0. 00	0. 01	0. 01	99. 72	0. 00				
C	0. 01	0. 00	0. 00	0. 01	89. 05	0. 00				
未利用土地	0	12	37	0	0	3487	3536	0. 18	49	1842
B	0. 00	0. 34	1. 05	0. 00	0. 00	98. 62				
C	0. 00	0. 00	0. 01	0. 00	0. 00	64. 84				
合 计	825827	512333	500410	28854	45044	5378				
占有率/ %	43. 06	26. 71	26. 09	1. 50	2. 35	0. 28		100. 00		
相对变化率/ %	0. 33	- 1. 56	- 0. 26	0. 19	11. 97	52. 10				
转入合计	18604	16933	27658	1993	4931	1891			72010	

表 2 1987~ 2000 年研究区类型级别指标

景观类 型指数		耕地	林地	草地	水域	城乡、工矿 居民点用地	未利用地
NP	1987 年	1060	707	1330	735	1287	44
	2000 年	1051	690	1406	749	1279	50
LPI	1987 年	13. 73	10. 633	4. 5347	0. 4388	0. 1441	0. 028
	2000 年	13. 53	10. 233	4. 502	0. 4551	0. 1431	0. 083
ED	1987 年	11. 5	5. 6929	9. 956	1. 0224	1. 5572	0. 119
	2000 年	11. 75	5. 7079	10. 029	1. 0423	1. 6677	0. 145

表 3 1987~ 2000 年研究区景观级别指标

指数	NP	LPI	ED	SHDI	SHDI	D	FN	CONTAG	FRAC_MN
1987 年	5163	7. 0641	17. 43	2. 1039	0. 6806	0. 987	0. 0034	49. 308	1. 023
2000 年	5225	5. 3078	18. 02	2. 1281	0. 6787	1. 007	0. 0036	49. 252	1. 012

3.2 景观类型变化

研究区景观变化主要集中于耕地、林地、草地三者之间的相互转化,其中耕地转变为草地 6 729 hm² 和林地 2 250 hm², 林地转变为草地 20 537 hm² 和耕地 4 118 hm², 草地转变为耕地 12 922 hm² 和林地 495 400 hm²。

耕地变化: 研究区净增加耕地 2 695 hm²。新增耕地约 18 604 hm², 其中草地转为耕地 12 922 hm², 林地转为耕地 4 118 hm²。草地、林地等生态用地作为新增耕地的主要来源, 与退耕还林还草的生态保护和恢复措施背道而行。增加的耕地主要分布在蔚县、涿鹿、阳原、宣化、怀安、万全等地区。同期减少耕地约 15 909 hm², 其中 0. 27% 转为林地, 0. 82% 转为草地, 这得益于退耕还林还草措施的实施; 0. 57% 转为城乡、工矿、建设用地, 是为了满足研究区经济的发展和人口增加的需要。减少的耕地分布在蔚县、阳原、怀安、万全、张家口市区和崇礼县等。

林地变化: 净减少林地 8 142 hm²。新增林地约 16 933 hm², 因植树造林、宜农荒草地的开发等生态恢复措施的实施由草地恢复成林地约占 2000 年林地面积的 2. 85%, 退耕还林自耕地转化为林地约占 2000 年林地面积的 0. 44%。增加林地主要分布在涿鹿、怀来、怀安、万全、崇礼等地区。减少林地约 25 076 hm², 林地约 3. 95% 退化为草地, 毁林开荒转为耕地约 0. 79%。减少林地主要分布在涿鹿、阳原、怀

安、宣化、崇礼县。二级分类中覆盖率最高的林地数量减少的较快, 反映出研究区不但林地的总量在减少, 质量也在降低, 林地全面退化。

草地变化: 草地净减少 1 311 hm²。减少面积约为 28 969 hm², 其中 2. 91% 因生态恢复工程转化为林地, 2. 58% 被开垦为耕地; 减少的草地主要分布在蔚县、涿鹿、怀来、阳原、怀安、万全、崇礼等地区。增加草地约 27 658 hm², 退耕还草自耕地转为草地约占 2000 年草地面积的 1. 34%; 林地砍伐退化为草地约占 2000 年草地面积的 4. 10%。增加草地主要分布在蔚县、涿鹿、阳原、宣化、怀安、万全、崇礼等地区。二级分类中高覆盖草地面积有所增加, 说明草地总量下降的同时, 局部地区质量有所改善。

水域变化: 净增加 99 hm²。水域新增 1 993 hm², 2000 年水域面积约 4. 91% 来源于耕地、1. 24% 源于林地、0. 74% 源于草地, 这主要由于整修、建设河渠和水库占用附近的耕地、林地和草地。水域减少约 1 894 hm², 水域干涸开垦为耕地 5. 06%, 植树造林转为林地 0. 16%, 转为草地 1. 21%。水域变化地区主要集中于盆地内部河川地带。

城乡、工矿、居民点用地变化: 净增加 4 817 hm²。新增用地 4 931 hm², 2000 年面积中 10. 49% 来源于耕地, 这与城乡、工矿、居民点用地周围主要为耕地有直接关系; 减少约 114 hm², 其中 0. 26% 是由于部分村庄、工矿企业的搬迁转化为耕地所致。城乡、工矿、居民点用地变化主要集中于盆地内部城乡附近。

未利用地变化: 净增加 1 842 hm²。新增加了约 1 891 hm², 2000 年面积中 14. 63% 来源于耕地, 19. 81% 来源于草地。减少约 49 hm², 其中 0. 34% 因生态恢复措施的实施转化为林地, 1. 05% 转化为草地。未利用的变化主要集中于山地与盆地的交界地带。

从空间上看(图 1), 沿万全县东、怀安县东、阳原县东、阳原县南一线, 该线以西山地居多, 除尚义县外土地利用变化较为突出; 该线以东主要分布有张宣盆地、蔚县盆地、阳原盆地、怀来盆地等, 除涿鹿县外土地利用变化较为缓慢。进一步分析发现山地丘陵以及与盆地、河川的交接地带为土地利用变化也最为剧烈地区, 这些地区在经济利益驱使条件下既是耕地扩展的地区, 也是在生态恢复措施条件下林草延伸

区域。实地调查发现,这些地区既存在退耕还林还草,也存在毁林开荒现象。同时这些地区又是重要的生态屏障地区,因而也是今后生态恢复的重点地区。

3.3 景观格局指数的变化特征

3.3.1 景观斑块特征指数变化特征

斑块数量和最大斑块指数反映了景观异质性程度。研究区斑块数目从 1987 年 5 163 个增至 2000 年 5 225 个(增多 62 个),景观类型中耕地、林地和城乡、工矿、居民点用地斑块数量减少,草地、水域、未利用地斑块数量增加;最大斑块指数由 7.064 1 减少至 5.507 8,最大的景观类型是耕地。研究区景观异质性在增强。

边缘密度大小直接影响边缘效应组成。研究区景观边缘密度由 1987 年 17.43 增加到 2000 年的 18.02。景观类型中耕地、林地、草地、水域、城乡、工矿、居民点用地和未利用地的边缘密度均不同程度增加,说明研究区所有斑块边缘都在逐渐复杂化。

3.3.2 景观多样性指数变化特征

多样性指数反映景观类型的多少和景观中斑块的多度和异质性。均匀度指数描述景观各组分分配均匀程度,其值越大,表明景观各组分分配越均匀。研究区 Shannon 多样性指数由 1987 年的 2.103 9 增加为 2000 年的 2.128 1,景观多样性在增加。Shannon 均匀度指数由 1987 年的 0.680 6 减少到 2000 年的 0.678 7,景观组分趋向不均匀分布。

优势度指数反映了一种或几种景观斑块支配景观格局的程度,表示景观多样性对最大多样性之间的偏差。研究区优势度指数由 1987 年的 0.987 增加到 2000 年的 1.007,说明各景观类型比例差别在增大,优势斑块类型在景观中面积增加,对景观的控制作用在增强,景观结构有向非均衡化方向发展的趋势。

3.3.3 景观空间构型指数变化特征

蔓延度指数反映景观中不同斑块类型的非随机性或聚集程度。取值范围 0< CONT AG< 100。研究区蔓延度 1987 年为 49.508 减少为 2000 年的 49.252,表明研究区景观聚集度适中且小斑块数量增加,空间连接性下降,空间分布趋向不均匀化分布。破碎度指数表征景观被分割的破碎程度,反映了景观空间结构的复杂性,景观破碎度指数由 1987 年的 0.003 4 增加到 2000 年的 0.003 6,研究区总体呈破碎化趋势。

3.3.4 人类活动的影响强度分析

平均分维数的大小反映了人类活动对景观的影响强度,一般处于 1~ 2 之间。平均分维数趋近于 1,斑块的自相似性越强,斑块形状越有规律;斑块的几何形状越趋向于简单,表明受干扰的程度越大,这是因为人类干扰所形成的斑块一般几何形状较为规则,易于出现相似的斑块形状。研究区平

参考文献:

均分维数由 1987 年 1.023 减少到 2000 年的 1.012,说明斑块形状总体上很有规律、简单,受人类干扰程度加大。

4 景观变化的生态效应分析

1997 年党中央发出“再造秀美山川”的号召,六大林业重点工程启动;1998 年开始国家明确提出“禁止毁林开垦、毁林采种”和“有计划有步骤地退耕还林、还牧、还湖”等政策的影响。冀西北间山盆地局部地区的过量采伐和乱砍滥伐以及毁林开垦等现象得到一定程度的遏制。但从实际研究来看土地利用变化表现为林地、草地等生态用地持续减少,而其他用地持续增加,反映出研究区人类的非理性行为占优势,生态环境不但没有改善,整体恶化趋势还在加剧。

沿万全县东、怀安县东、阳原县东、阳原县南一线,东西两侧土地利用变化差距显著。变化剧烈地区为林草减少最快地区,生态环境破坏最为严重,生态恢复难度大,也是今后冀西北间山盆地生态环境改善的重点地区。

景观格局指数的变化可以看出景观异质性在加强,斑块边缘、破碎化程度、结构、形状趋向复杂,反映出人类活动对景观格局变化的影响在加剧,景观自然性在减弱,土地利用方式向着多样化和不均匀化方向发展,生态系统逐渐趋向复杂,生态结构优化和生态环境改善难度在加剧。

5 讨论

冀西北间山盆地城乡、工矿、居民用地、水域、及未利用地在研究区所占比例很低(1987 年、2000 年占比例为 3.78% 和 4.13%),且分布比较零乱。城乡、工矿、居民点用地多呈斑点状散布在耕地之中,完全区分开来难度较大;水域是一种特殊的土地利用类型,其面积分布波动较大,单有两期数据很难以对其进行准确判别。因此,对上述三种景观的空间变化进行精确模拟很难实现且意义不大。重点考虑耕地、林地、草地三种主要景观类型有利于提高本研究中景观变化的精度,也有利于突出研究区主要的景观变化。

冀西北间山盆地人类对山地丘陵与盆地、河川的交接地带等边际土地的开垦速度远大于对边际耕地的退耕还林还草速度;对林地的砍伐速度远大于造林速度,草地的退化的速度远大于人类对草地的抚育速度。致使 20 世纪 80 年代以来国家在这一区域开展的“三北”防护林建设工程、京津周围绿化工程、京津风沙治理工程等一系列重大生态建设工程的成果丧失殆尽,人类的非理性行为大于理性行为,区域生态系统结构和功能处于“局部改善、整体恶化”状态。如何从真正意义上彻底改善冀西北间山盆地的生态环境质量尚需要很多工作去做,本研究结果为冀西北间山盆地土地利用调整及区域可持续发展提供了科学数据支撑。

[1] Foman R T T, Godron M G. Landscape Ecology[M]. New York: John Wiley & Sons, 1986.

[2] Turner M G, Gardner R H. Quantitative Methods in Landscape Ecology[A]. The Analysis and Interpretation of Landscape Heterogeneity[M]. New York: Springer- Verlag, 1991.

[3] 王宪礼, 胡远满, 布仁仓. 辽河三角洲湿地的景观变化分析[J]. 地理科学, 1996, 16(3): 260- 265.

[4] 张明. 榆林地区脆弱生态环境的景观格局与演化研究[J]. 地理研究, 2000, 19(1): 30- 36.

[5] 肖笃宁. 景观生态学理论、方法与应用[M]. 北京: 中国林业出版社, 1991. 192- 981.

[6] 河北植被编辑委员会, 河北省农业区划委员会办公室. 河北植被[M]. 北京: 科学出版社, 1996.

[7] Mc Garigal and Marks B. FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quant ifying landscape structure[A]. Reference manual[M]. Forest Science Department, Oregon State University, Corvallis Oregon, 1994. 62.

[8] 常学礼, 邬建国. 科尔沁沙地景观格局特征分析[J]. 生态学报, 1998, 18(3): 225- 232.

[9] 唐礼俊. 余山风景区景观空间格局分析及其规划初探[J]. 地理学报, 1998, 53(5): 429- 437.

[10] 肖寒, 欧阳志云, 赵景柱, 等. 海南岛景观空间结构分析[J]. 生态学报, 2001, 21(1): 20- 27.

[11] 曹燕丽, 崔海亭, 刘鸿雁, 等. 五台山高山带景观的遥感分析[J]. 地理学报, 2001, 56(3): 295- 306.

[12] 卢玲, 李新, 程国栋, 等. 黑河流域景观结构分析[J]. 生态学报, 2001, 21(8): 1217- 1224.