中国生态农业学报 2010 年 3 月 第 18 卷 第 2 期
Chinese Journal of Eco-Agriculture, March 2010, 18(2): 416−421

DOI: 10.3724/SP.J.1011.2010.00416

土地利用与景观格局变化的空间分异特征研究*

——以天津市蓟县地区为例

石玉胜[1,2] 肖捷颖[3] 沈彦俊[1**] 刘 敏[1,2]

(1. 中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心 石家庄 050021; 2. 中国科学院研究生院 北京 100049; 3. 河北科技大学环境科学与工程学院 石家庄 050018)

摘 要 景观格局变化反映了区域生态功能与过程的变化, 而景观格局变化的空间分异显示了景观过程及其驱动力的空间差异, 有利于从空间上把握该区景观格局动态变化过程与特征。本文以天津市蓟县地区为例, 在遥感和 GIS 技术支持下结合多年统计资料, 分析研究区土地利用景观的时空动态变化过程与景观格局变化的空间分异特征。结果表明: 景观格局变化主要表现为景观呈破碎化趋势, 形状更加复杂, 多样性指数呈增加趋势, 生态系统正朝着多样性、均匀化的方向发展; 发生变化的土地利用类型以耕地转为林草地和建设用地为主。将研究区划分成 3 km 网格, 计算各网格内景观格局指数变化。景观格局动态变化的区域差异分析结果显示, 中南部平原区破碎化程度加剧, 而北部山区和自然保护区内人类活动干扰强度减弱。研究表明, 地形、交通和人口空间分布是景观格局变化的主要原因, 人口增加与经济发展是该区土地利用及景观变化的主要驱动力。

关键词 土地利用 景观格局变化 空间分异 蓟县地区

中图分类号: Q149 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-3990(2010)02-0416-06

Spatial variation in land use and landscape pattern
—A case study of Ji County of Tianjin City

SHI Yu-Sheng[1,2], XIAO Jie-Ying[3], SHEN Yan-Jun[1], LIU Min[1,2]

(1. Center for Agricultural Resources Research, Institute of Genetics and Developmental Biology, Chinese Academy of Sciences, Shijiazhuang 050021, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. School of Environmental Science and Engineering, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang 050018, China)

Abstract Variation in landscape could indicate change in regional ecological functions and processes. Spatial heterogeneity of landscape does not only reflect spatial variations in landscape processes, but also variation in the driving factors. Therefore, it is an essential pre-requisite for understanding the dynamics and characteristics of the landscape patterns in a given region. Using Ji County of Tianjin City as a case, this study analyzed temporal and spatial changes in land use and landscape pattern. Landsat remote sensing images were used in the study to determine spatial variations in the landscape and the related driving factors. For the period of study, there is fragmented trend in landscape change with varying and intricate landscape forms. There also exists an increasing diversity index, implying the development of regional landscape to diversification and evenness with time. Main land use change trend is from cropland to woodland, grassland or built-up land. The spatial distribution and change of 2 landscape pattern index — Number of Patches (*NP*) and Largest Patch Index (*LPI*) analyzed at 3 km by 3 km grid-cell size, show obvious spatial variations in landscape structure. The central and south regions of the study area are increasingly more fragmented than the north and the Natural Reserve where human activity is limited. Statistical analysis indicates that the spatial variations are mainly driven by spatial differences in geomorphology, population density, road network, etc. Human activity and economic development are the primary driving factors of change in the landscape pattern.

Key words Land use, landscape change, Spatial variation, Ji County

(Received March 16, 2009; accepted July 21, 2009)

---

* 中国科学院知识创新工程项目(KZCX1-YW-08-03-07)和国家自然科学基金项目(40871021)资助

** 通讯作者: 沈彦俊(1971~), 男, 博士, 研究员, 博士生导师, 主要从事水文水资源、气候变化方面的研究。E-mail: yjshen@sjziam.ac.cn
石玉胜(1983~), 男, 硕士, 主要从事生态水文学、遥感与 GIS 应用方面的研究。E-mail: shiyusheng@gmail.com

收稿日期: 2009−03−16 接受日期: 2009−07−21

景观格局分析是一种研究景观结构组成特征及空间配置的方法，是景观功能与动态分析的基础[1]。景观生态学强调空间格局与生态过程之间的关系，其突出特点就是强调空间异质性及其动态变化[2]。而基于分类图的景观指数虽然可以从总体上把握区域的景观格局[3−5],但不能完全反映不同区域之间的景观结构差异，如在同一研究区域的不同空间位置，仅通过斑块、类型或者景观水平上的格局指数不能反映区域之间的格局差异[6−7]。而通过一定的空间采样规则，计算每个采样单元下的景观格局指数，建立以指数为变量的空间连续面，并通过相应描述面域变量的方法来分析[8]，则能更好地从空间上进行景观异质性的研究，从而实现研究区空间量化信息的可视化，使空间格局与过程的准确连接得以有效解决[9]。

本文从土地利用以及景观格局变化出发，以天津市蓟县地区为例，探讨了近年高强度人类活动影响下景观格局变化在研究区内的空间分异特征及其原因，以期为该区域的开发建设及生态环境保护提供科学依据。

1　研究区概况与研究方法

1.1　研究区概况

天津市蓟县位于 117°05′~117°47′E，39°45′~40°15′N 之间，作为环渤海地区典型的山区与平原交错带，是京津唐地区重要的自然生态屏障和生物多样性保护基地。气候属暖温带半湿润大陆性季风气候，热量丰富，昼夜温差大，年平均气温 11.5 ℃，降水量 678.6 mm，无霜期 195 d。境内地势北高南低(燕山余脉)。土地总面积为 15.93×10^4 hm^2(2004 年)，占天津市总面积的 14.1%，土地利用类型以耕地、林地和城乡居住建设用地为主。2004 年总人口 81 万人，人均占地面积 0.20 hm^2。农作物以小麦、玉米、水稻、大豆、花生、棉花为主。

蓟县地处环渤海经济区中心地带，作为天津市历史文化名城，旅游度假胜地，是京津唐地区重要的交通枢纽。近年来由于气候变暖、人类活动等造成草场退化、水土流失、扬尘天气频繁。大规模的经济开发活动极大地改变了区内的土地利用和景观结构，进而影响到区域自然地理和生态过程的变化，作为天津市重要水源地的于桥水库储水量波动加剧，区域生态环境质量下降。

1.2　研究方法

1.2.1　土地利用分类

利用 Landsat 的 1992 年 TM 图像和 1999 年的 ETM+图像，参考地形图、土地利用图等辅助信息，经过配准、几何校正、坐标转换等图像处理手段，并采用监督分类中的最大似然法进行土地利用分类。本研究在参考国内外土地利用分类系统与实际调查研究区的土地利用状况之后，考虑到遥感影像的可能解译能力以及本研究的目的，将土地利用分为林草地、建设用地、耕地(仅指旱田等农用地)、水田、水域共 5 类(图 1)。本分类结果评价主要参考天津市各时期的土地利用图，同时结合野外实地调查数据和目视方法对各时期的分类结果进行精度检验，最后经 Kappa 系数检验，其系数分别为 0.853 和 0.824，均达到最低容许判别精度 0.7 的要求。再利用 ArcGIS 软件对图形数据进行空间叠置分析，获得土地利用变化的空间与属性数据，在此基础上进行土地利用变化的动态分析，以揭示该区各类土地利用变化和相应的景观结构变化的空间差异。

对于景观指数的空间采样，本文采用单个方格边长为 3 km 的方格网将研究区划分成 200 个方格(每个方格均包含 100×100 个像元)，利用景观指数

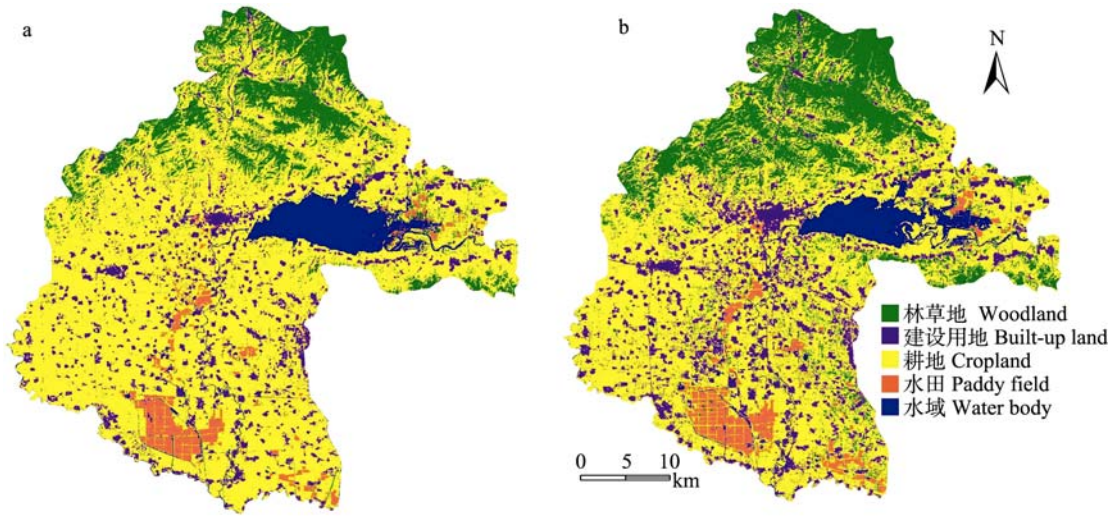

图 1　1992 年(a)和 1999 年(b)蓟县地区土地利用分类图

Fig. 1　Land use maps of Ji County in 1992 (a) and 1999 (b)

计算软件 Fragstats 3.3 计算每个方格内的景观格局指数。该空间采样方式类似于移动窗口法[9]，但窗口之间没有重叠，因而减少了所采集变量之间的空间相关性，突出了窗口之间数据的差异。

1.2.2 景观格局指数及其变化的空间分异评价

定量表达景观格局特征的指数很多，本文在分析各土地利用类型的景观格局特征变化时采用了斑块数量(*NP*)、最大斑块指数(*LPI*)、斑块密度(*PD*)、面积加权平均形状指数(*AWMSI*)、聚集度指数(*AI*)、Shannon 多样性指数(*SHDI*)，具体指数的计算方法与生态学意义详见相关文献[10]。

将计算得到的指数值作为每个方格的属性值转入 ArcGIS，得到指数在整个研究区范围内的空间分布图，从而将景观格局指数图示化，可以直观表达景观格局指数在不同空间上的差异，探讨景观的空间结构变化规律，揭示景观格局、过程演变的主要驱动因子[11−12]。

2 景观格局动态变化分析

2.1 景观格局总体特征

利用遥感解译数据分别进行统计分析，结果见表 1，结合图 1 可以看出:

(1) 1992~1999 年天津市蓟县地区城乡居住及建设用地面积增加 6 700.25 hm^2，斑块数明显增加。聚集度指数增大，最大斑块指数增大(图 2)，表明城乡建设用地扩张，呈现大片的连续分布，连通性增强。面积加权平均形状指数增大，表明其形状更为复杂。其中以农村居民点面积的扩大最为显著且多沿交通线分布，主要是由于人口增加以及城市化的发展所致。

(2) 耕地面积大幅减少，减少 17 977.61 hm^2，反映了区域城市化、工业化过程，人类大规模的经济建设开发活动大量挤占耕地；耕地面积总量减少，而斑块数量增加和聚集度减小说明斑块更加破碎，原有斑块被分割成互不相连的碎屑斑块，分布更加分散。同时最大斑块指数明显减小(图 2)，可能因人为开发导致破碎度增加。面积加权平均形状指数增大，表明其形状越加不规则，周边越复杂，反映了人类对耕地的开发程度增强。

(3) 水域面积减少 1 571.62 hm^2，斑块数量减少，是由于坑塘、水池受降雨量、城市建设等自然及人为过程的影响逐渐干涸或转为其他土地类型，此外，于桥水库周边地区的水产养殖以及休闲娱乐设施等建设用地的扩张导致水体形状更加复杂，面积逐渐减小。

(4) 林草地面积增加速度最大，其中主要以林地面积增加为主。斑块数目和最大斑块指数也相应增大，聚集度指数变大，面积加权平均形状指数增加，说明在这一阶段林草地分布趋于集中，但形状越加不规则、复杂。由于人工造林，斑块增多，最大斑块指数也变大，说明近年来人类活动频繁、干扰加强，使得景观破碎化加剧，分布趋向集中，连通性减弱。这与该区植树造林等生态建设活动密切相关。

对全区土地利用数据空间叠置分析的结果进行统计排序(表 1)，结果显示 1992~1999 年占总面积 78%的图斑土地利用方式未发生变化，在发生变化的地区中变化最大的类型为耕地转为林草地，其次是耕地转为建设用地，转化比例分别达 7.99% (12 715.29 hm^2)和 6.07%(9 653.59 hm^2)。建设用地、耕地、林草地、水域是与人类活动关系最为密切的土地利用类型。

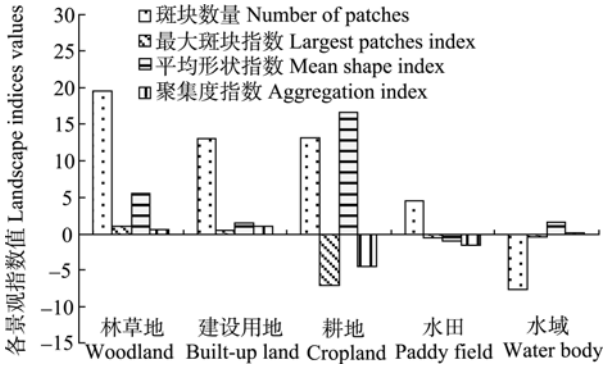

图 2 1992~1999 年各种土地利用类型各景观指数变化图

Fig. 2 Landscape indices changes of different land use types between 1992 and 1999

为使坐标值一致，斑块数量为原值除以 100 后的数值 Number of patches is the quotient of the original data divided by 100 for the same coordinate with other indices.

表 1 蓟县地区 1992~1999 年土地利用转移矩阵

Tab. 1 Land use change matrix from 1992 to 1999 of Ji County hm^2

	林草地 Woodland	建设用地 Built-up land	耕地 Cropland	水田 Paddy field	水域 Water body	总计 Total
林草地 Woodland	14 850.61	143.93	1 627.83	99.74	104.78	16 826.90
建设用地 Built-up land	781.79	13 226.60	2 556.23	51.66	259.84	16 876.12
耕地 Cropland	12 715.29	9 653.59	84 884.02	2 524.88	655.49	11 0433.27
水田 Paddy field	156.44	112.66	1 154.94	4 358.86	155.30	5 938.20
水域 Water body	37.77	439.59	2 232.63	37.04	6 341.15	9 088.18
总计 Total	28 541.90	23 576.37	92 455.66	7 072.18	7 516.56	159 162.67
变化 Change	11 715.00	6 700.25	−17 977.61	1 133.98	−1 571.62	—

2.2　整体景观格局动态变化

研究区整体景观格局分析(表 2)表明, 1992~1999 年斑块密度变大、最大斑块指数变小, 说明研究区内景观趋向破碎化, 分布更为分散; 面积加权平均形状指数增大, 说明形状越加不规则, 反映了人类活动对土地开发程度加剧; 景观多样性指数由 1.02 升为 1.19, 表明景观多样性有所提高, 具体表现为各景观要素所占比例差异的缩小, 人类干扰强度增强,景观类型的多样化、结构的复杂性有了明显提高,对土地利用格局起控制作用的耕地景观类型在减弱。因此研究区将逐渐丧失优势景观类型, 景观稳定性下降, 抗干扰的能力降低, 表明研究区受到的人为扰动增强, 从而造成整体景观格局的异质性越来越高, 这与研究区近年来城镇建设、旅游开发等人类活动有关。

表 2　蓟县地区整体景观格局指数

Tab. 2　Landscape pattern indices analysis in landscape level of Ji County

年份 Year	*PD*	*LPI*	*AWMSI*	*SHDI*
1992	3.68	33.24	34.12	1.02
1999	4.99	26.17	40.43	1.19

2.3　景观格局变化的空间分异

斑块数量反映景观或生境的破碎化程度以及人类活动的强度, 而最大斑块指数则表明最大斑块对单一类型或整个景观的影响程度, 反映人类活动的方向和强弱。为分析景观格局变化的空间分异特征, 将研究区划分成 3 km×3 km 的网格, 计算研究区内各网格的景观格局指数并分析其变化, 研究景观的空间结构变化规律, 以揭示景观格局、过程演变的主要驱动因子。

图 3 显示了研究区 3 km×3 km 网格尺度内景观格局指数斑块数量和最大斑块指数变化的空间分异状况。斑块数量增减变化基本以山麓带为分界线, 北部山区的中上元古界和八仙山两个保护区内, 林地面积大幅度增加, 斑块数量减少, 最大斑块指数增大, 说明人类活动干扰减弱, 原来互不相连的斑块连成一体, 分布趋于集中。斑块面积增加区域主要分布于黄崖关长城区内, 该区由于旅游开发建设活动加剧导致斑块数量增加, 最大斑块指数变小, 破碎化程度增强。而北部天然植被覆盖区由于经济建设活动加剧导致斑块数量逐年增加, 说明景观趋于破碎化(图 3)。中南部地区地处平原, 交通便利, 多条铁路、公路贯穿于境内, 沿交通干线两侧城乡居住建设用地增加显著, 耕地面积大量减少, 表明人类活动对自然景观格局的改造作用日益加重。

京秦、大秦铁路以及京哈公路(东西方向)北部的平原地区由于临近县城, 交通便利, 人类活动频繁, 整体景观斑块数量增加, 表明人类活动的干扰增强。县城的最大斑块指数增大说明土地开发利用程度加强, 原来稀疏分布的斑块趋于集中, 城区与工矿用地逐渐联成一体, 呈现大片的连续分布。农田构成该地区景观的基质, 1992 年的统计显示耕地景观占总面积的 69.4%, 在该地区整个景观中占有绝对优势。随着农业开垦、水产养殖、旅游开发等经济活动的扩展, 人口增长、工业化、城镇化进程等导致该区的农田景观逐渐趋于破碎化。水库周围地区的旅游开发、度假、休闲等人类活动导致水库周边地区景观破碎化程度加剧, 最大景观斑块指数减小。交通干线以南地区的破碎化主要是由于该区人口增加, 引起建筑用地面积大幅度增加, 占据并分割该区域的优势景观类型农田景观, 导致农田在景观格局中的优势程度不断下降。

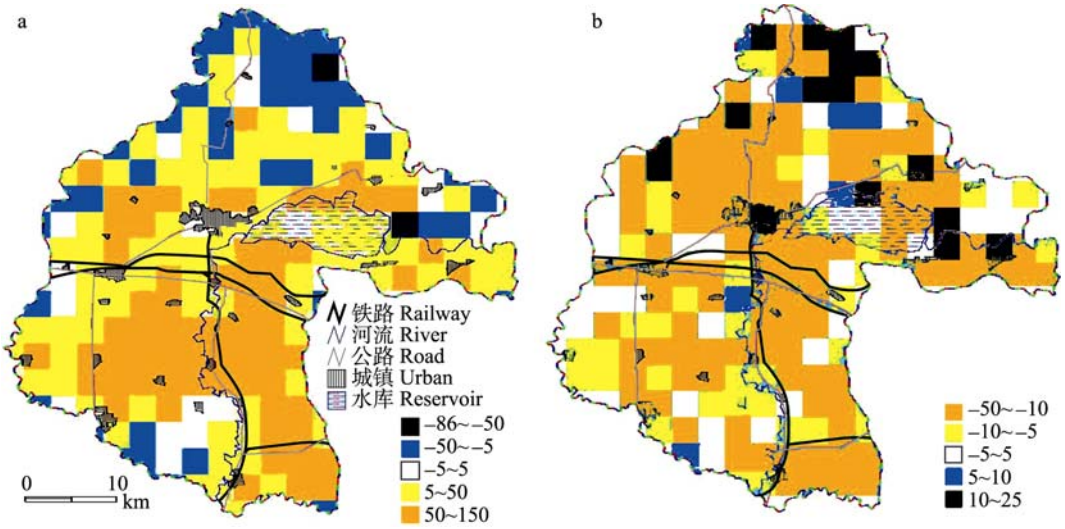

图 3　蓟县地区斑块数量(a)及最大斑块指数(b)变化的空间分布

Fig. 3　Spatial distribution of changes in number of patches (a) and largest patch index (b) in Ji County

上述分析表明，在研究区相对较小的范围内景观格局变化存在着明显的空间分异，而地形、交通干线、人口分布的空间差异是引起景观格局变化空间分异的主要原因。

3 主要驱动因子分析

土地利用变化主要是由人类活动造成的，因此，分析社会经济因素对土地利用变化的影响应摆在重要地位[11−12]。何书金等[13]通过统计分析发现，造成环渤海地区耕地变化的原因是多方面的，有人口增长，工业、城镇、交通以及其他非农产业发展等。其中耕地减少、人口增加与经济发展的关系最为密切[14−15]。

为分析人口因素与耕地面积之间变化的关系，以蓟县统计资料和遥感调查数据为基础，点绘了1992~2000年农村人口增长与耕地面积变化图(图4)，可以看出，不同人口增长幅度下耕地面积变化随人口增加而急剧下降，相关系数 R 达 0.97。表明研究区内人口增长是耕地减少的主要原因之一。据统计，1990~1999 年全区总人口由 74.11×10^4 增长到 79.15×10^4，增加 5.04×10^4，增长率为 6.80%。同期，耕地面积由 11 0433.27 hm^2 减至 92 455.66 hm^2，净减耕地 17 977.61 hm^2。同时由于 GDP 逐年上升，人民生活水平提高，人均居住面积的扩大导致城乡居住用地大幅增加，耕地数量逐年减少(图 5)，两者相关系数达 0.96。人口增长和社会经济发展是城乡居住建设用地扩张、耕地减少的主要驱动因子。总之，经济发展是耕地减少最重要的驱动因素之一。

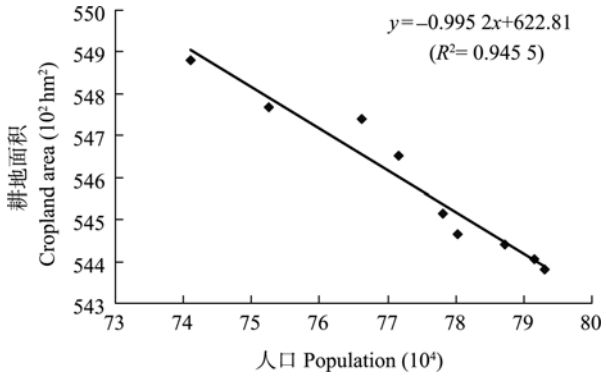

图 4 人口数量变化与耕地面积变化的关系
Fig. 4 Relation between population and cropland

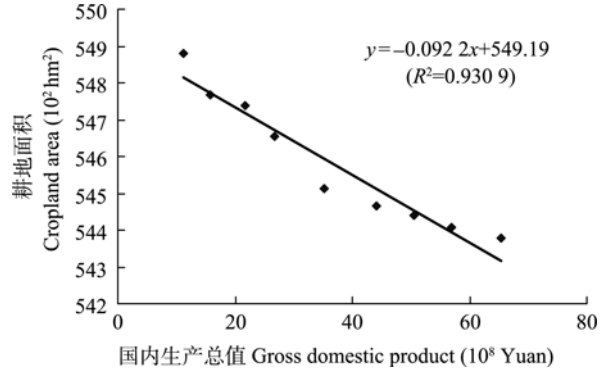

图 5 国内生产总值变化与耕地面积变化的关系
Fig. 5 Relation between GDP and cropland

建设用地扩张是社会、经济、人口、科学技术发展水平等多方面因素对土地利用变化影响的综合体现，是土地利用变化的重要影响因素之一。交通条件的改善对建设用地扩张、耕地减少有积极推动作用[16]，由于研究区近年来大规模开发建设，发展旅游业，基础设施投资加大，使得建设用地在 7 年间由 16 876.1 hm^2 迅速增加到 23 576.4 hm^2。在建设用地中，居民点和工矿用地面积较大，在邦喜公路、京秦公路、津围公路两侧的乡镇都在 300 hm^2 以上。交通用地在平原和洼地占地面积大；而北部山区公路稀疏，占地面积较小。通过分析发现城镇用地扩展中心从内向外逐渐推移，而新增城镇用地大多沿交通干线两侧呈线状密集分布或集中于开发区附近呈零星点状分布，表明交通条件改善对建设用地有明显促进作用。水田面积有所增加，主要分布于青甸洼湿地周围，受比较利益的驱动，当地居民大量开垦湿地改种经济效益高的水稻。同时人口的增加导致对稻谷的需求增加，受市场经济利益驱动更加剧了其他土地利用类型向水田的转移。林草地面积有大幅度增加，其中增加面积主要集中于盘山、黄崖关长城、翠平湖等自然保护区以及旅游区内，反映出该区虽然人类活动频繁，但由于自然保护区的建设反而林草地面积增长迅速。此外，受经济利益驱动，部分荒山开垦后种植经济作物也是林草地增加的一个重要因素。研究时段内水域面积减少，除 1999 年降水量(344.2 mm)较常年偏少外,主要由于人口增加、工业企业规模扩大使得用水量迅猛增长，导致水库周围河床裸露、沙堆遍布。同时水库周边大面积的水产养殖业也消耗了大量的水资源。

4 讨论与结论

景观格局变化反映了区域生态功能与过程的变化，而景观指数可定量地描述和监测景观结构特征随时间的变化，而以往对整个研究区景观指标总体特征的变化不能用以解释特定位置的变化规律，即整体景观指标的核算一定程度上抹煞了区域内部景观格局的差异[17−18]。本研究认为，一定时段内区域景观格局时空变化的分异，可以在一定程度上反映该时段土地利用变化的空间分异，进而反映人类干扰活动的空间差异。基于以上认识，本研究通过对

景观格局变化的定量分析，探讨了人类活动对土地景观干扰的空间异质性。为较详细地分析景观格局指数变化的区域差异、变化速度，将研究区划分成 3 km 分辨率的网格，分析每个网格内景观指数的变化。空间分异结果显示平原区沿交通干线附近由于人类活动频繁导致景观破碎化程度增加，而北部山区由于自然保护区建设，人为干扰程度较弱，原分散的林草地景观连为一体。各景观要素之间的转化关系具体表现为林草地面积逐年增加，建设用地不断扩大，耕地大幅度减少，水体退化严重。

本文采用采样单元的方法对区域景观格局变化过程中的空间分异进行了研究，改变了过去仅仅从总体上把握区域景观格局的方法，更能突出区域景观变化的空间异质性。

参考文献

[1] 李月臣，宫鹏，陈晋，等. 中国北方 13 省土地利用景观格局变化分析(1989-1999)[J]. 水土保持学报，2005，19(5): 143–146

[2] Luck M, Wu J. A gradient analysis of urban landscape pattern: A case study from the Phoenix metropolitan region, Arizona, USA[J]. Landscape Ecology, 2002, 17: 327–339

[3] 张银辉，罗毅，刘纪远，等. 内蒙古河套灌区土地利用与景观格局变化研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(1): 61–65

[4] 杨国清，吴志峰，祝国瑞. 广州地区土地利用景观格局变化研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(5): 218–221

[5] 陈文波，郑蕉，鄢帮有. 鄱阳湖区土地利用景观格局特征研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(4): 79–83

[6] Matsushita B, Xu M, Fukushima T. Characterizing the changes in landscape structure in the Lake Kasumigaura Basin, Japan using a high-quality GIS dataset[J]. Landscape and Urban Planning, 2006, 78: 241–250

[7] Seto K C, Fragkias M. Quantifying spatiotemporal patterns of urban land-use change in four cities of China with time series landscape metrics[J]. Landscape Ecology, 2005, 20: 871–888

[8] 王鹏，李贤伟，张健. 基于空间采样的城市景观格局梯度分析——以成都市中心城区为例[J]. 四川农业大学学报, 2007, 25(3): 316–321

[9] Kong F, Nakagoshi N. Spatial-temporal gradient analysis of urban green spaces in Jinan, China[J]. Landscape and Urban Planning, 2006, 78: 147–164

[10] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级[M].北京: 高等教育出版社, 2000: 100–108

[11] Xiao J Y, Shen Y J, Ge J F, et al. Evaluating urban expansion and land use change in Shijiazhuang, China, by using GIS and remote sensing[J]. Landscape and Urban Planning, 2006, 75: 69–80

[12] 朱会义，李秀彬，何书金，等. 环渤海地区土地利用的时空变化分析[J]. 地理学报, 2001, 56(3): 253–260

[13] 何书金，李秀彬，朱会义，等. 环渤海地区耕地变化及动因分析[J]. 自然资源学报, 2002, 17(3): 345–352

[14] 肖捷颖，葛京凤，沈彦俊，等. 基于 GIS 的石家庄市城市土地利用扩展分析[J]. 地理研究, 2003, 22(6): 789–798

[15] 肖捷颖，葛京凤，沈彦俊，等. 基于 TM 和 ETM + 遥感分析的石家庄市土地利用/覆被变化研究[J]. 地理科学，2005, 25(4): 495–500

[16] 史培军，宫鹏，李晓兵，等. 土地利用/覆盖变化研究的方法与实践[M]. 北京: 科技出版社, 2000

[17] 尹海伟，孔繁花. 济南市城市绿地时空梯度分析[J]. 生态学报, 2005, 25(11): 3010–3018

[18] Herold M, Goldstein N C, Clarke K C. The spatiotemporal form of urban growth: Measurement, analysis and modeling[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 86: 286–302