

南四湖流域土地利用及其景观格局变化分析

孟瑶瑶, 薛丽芳

(中国矿业大学 资源与地球科学学院, 江苏 徐州 221116)

摘要:以1987年、2000年、2014年的Landsat影像数据为基础,借助ENVI, ArcGIS, Fragstats等软件,提取了土地利用信息,计算了景观指数,定量分析了流域土地利用变化及其对景观格局的影响。结果表明:(1)近30年来,南四湖流域土地利用变化突出表现为耕地向建设用地的转化,耕地面积减少1 069.15 km²,建设用地面积增加1 573.26 km²。2000—2014年,土地利用综合动态度为0.461%,是1987—2000年的4倍。(2)景观结构上,耕地是流域的主导斑块,面积约占70%,30年来占景观面积的比例降低了3.85%,斑块形状趋于复杂;建设用地日益发展为优势斑块,占景观面积的比例指数增加了6.1%。耕地与建设用地斑块在景观中的变迁,使得流域自然生态功能受到较为严重的干扰。(3)流域总体的景观特征表现为优势斑块明显,景观比较完整,但空间异质性较高而连通性较低。近30年来景观结构由较完整的大斑块主导、演化成小斑块圈点状穿孔于大斑块的格局,景观破碎化较为严重。

关键词:土地利用变化; 景观格局; 城市化; 南四湖流域

中图分类号: F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2017)03-0246-07

Analysis on Landscape Pattern Change and Land Use in Nansi Lake Basin

MENG Yaoyao, XUE Lifang

(School of Resources and Geosciences, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu 221116, China)

Abstract: Based on three sets of Landsat data (1987, 2000 and 2014), the land use information was extracted by using the software of ENVI, ArcGIS. The landscape indexes were figured out by analyzing the attribute data of the landscape classification map with the Fragstats software. The land use change and its impact on the landscape pattern were quantitatively analyzed in the Nansi Lake Basin. The results show that: (1) during the 30 years, the change of the land use in Nansi Lake Basin performed distinctly for the transformation of farmland to construction land. The areas of farmland decreased by 1 069.15 km² and construction land increased by 1 573.26 km². The comprehensive land use dynamic degree was 0.461% from 2000 to 2014, which is 4 times of that from 1987 to 2000; (2) on the landscape structure, farmland, as a dominated patch in basin, accounted for about 70%, percentage of landscape is reduced by 3.85%, and shape was complicated in 30 years; construction land was developed increasingly as an advantage patch, of which percentage of landscape was increased by 6.1%; the changes of farmland and construction land patches in landscape made the natural ecological function suffer more severe disturbance in basin; (3) the whole basin landscape was relatively integrated and the dominant patches were obvious, however, the spatial heterogeneity was higher and landscape connectivity was low. In the recent 30 years, the landscape structure dominated by relatively complete large patches, evolved into the pattern of the small circle patch perforated in large patches, and the landscape fragmentation was relatively severe.

Keywords: land use change; landscape pattern; urbanization; Nansi lake basin

土地利用/覆被变化是人类活动与自然生态过程相互作用最直观的表现形式,具有显著的时空特征,是全球环境变化与气候变化的驱动因素之一^[1],大规

模人类活动导致的土地利用/覆被变化,必然对全球水文循环、全球生物地球化学循环、生态平衡以及全球社会经济的发展等产生重要影响^[2]。土地利用变

化影响地球表层系统中各种景观格局,而景观格局变化亦是表征土地利用/覆被变化最突出的标志^[3],通过景观格局的性质、变化特征及其驱动因素分析,有助于深入探讨土地利用的时空演变规律^[4-5],而分析景观格局与生态过程的相互联系,有利于实现土地资源的可持续发展^[2,6]。越来越多的学者从城市^[7]、典型区域^[8]、生态脆弱区^[9]、流域^[10-11]等不同尺度对土地利用景观格局进行研究,流域作为一个完整的地理单元,土地利用景观格局的演变将直接影响流域的发展与生态安全,是流域综合管制的关键^[12]。

南四湖流域是我国东部重要的粮食生产基地与能源基地,是南水北调东线工程的调蓄枢纽^[13]。受自然和历史因素影响,流域水旱灾害严重,而随着城市化与工业化进程的加快,围湖开垦、养殖、修建水利设施、引水灌溉等人类活动的干扰加重,使得流域内土地利用及景观格局发生明显变化,在城市化水平提升的同时也带来了众多的资源、环境问题。本文以南四湖流域为研究区,分析 1987—2014 年流域土地利用和景观格局变化特征,以期揭示流域土地利用现状和存在问题,为流域城乡用地结构的布局与规划、水旱灾害的防治、土地资源可持续利用和湿地生态环境保护等提供技术支撑。

1 研究区概况

南四湖流域是淮河流域子流域之一,主要位于山东省西南部,西南角向南延伸至苏北地区,位于北纬 $34^{\circ}24'$ — $35^{\circ}59'$,东经 $115^{\circ}02'$ — $117^{\circ}42'$,流域面积 $30\,453\text{ km}^2$ 。南四湖湖泊呈西北—东南走向,最大水体面积 $1\,266\text{ km}^2$,是我国第六大淡水湖泊,汇入河流有 53 条,集水面积大于 $1\,000\text{ km}^2$ 的有 9 条。流域以南四湖和京杭大运河为界分为湖东、湖西两部分,湖西地处黄河与古黄河间的黄泛平原,湖东近湖区为

泰沂山脉西缘的丘陵平原和第四纪山前冲积、洪积平原,远湖区为蒙山支脉山地丘陵区。气候为暖温带大陆性季风区,夏季高温多雨、冬季寒冷干燥,年均降水为 750 mm 。子流域上包括湖东的泗河、白马河、蟠龙河等 11 个子流域;湖西的东鱼河、洙赵新河、梁济运河等 10 个子流域。行政区划上主要包括济宁市、菏泽市、枣庄市,以及泰安市、临沂市、徐州市等部分区域,总共有 29 个市、县。2012 年占流域主体的 3 地市(济宁、菏泽、枣庄)城镇人口为 647.21 万人,城镇化率达 31.9%,三大产业构成比为 11.1:54.5:34.4,国内生产总值约 6 680 亿元,人均 GDP 为 32 956 元,整体上低于同期山东省和全国的城市化率(41.5%,52.6%)及经济发展水平。

2 数据来源与方法

2.1 数据来源

人口数据来源于各市统计年鉴。影像数据来源于中国科学院计算机网络信息中心国际科学数据镜像网站(<http://www.gscloud.cn>),包括 1987 年、2000 年 Landsat 4-5 影像 10 景,2014 年 Landsat 8 影像 5 景,空间分辨率均为 30 m 。基于 ENVI 软件平台,对影像进行配准、多项式校正、影像增强、拼接与掩膜裁剪等预处理;采用支持向量机对影像进行分类,分类系统参考中国土地资源分类系统,并结合南四湖流域土地利用实际情况,分为林地、耕地、草地、水域、建设用地、未利用地 6 大类;运用混淆矩阵(Kappa 系数)进行精度评价,结果显示 3 期影像 Kappa 系数可达 0.8 以上(分别为 0.800 3、0.834 7、0.991 2),满足土地利用及其景观格局变化分析的精度要求。借助 ArcGIS 平台对分类结果附以统一的投影坐标为 WGS_84_UTM_zone_50N、输出图像,结果见图 1。

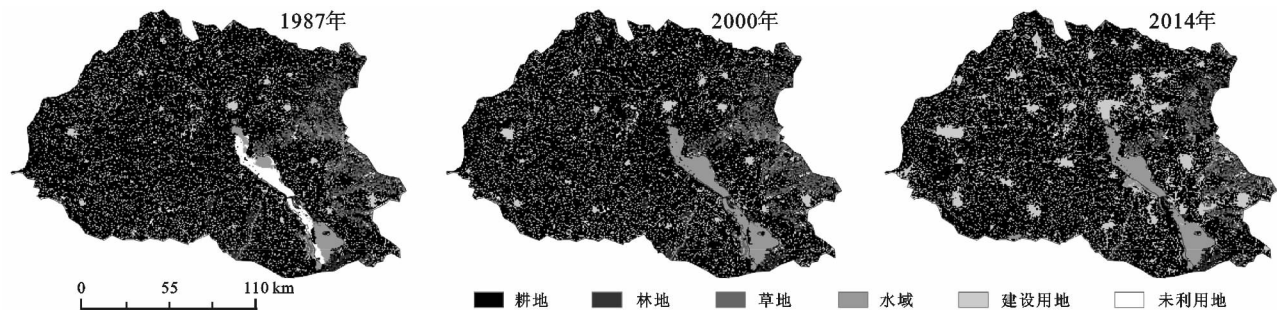


图1 南四湖流域土地利用分类

2.2 研究方法

2.2.1 土地利用转化 土地利用变化研究采用土地利用转移矩阵和土地利用动态变化模型。转移矩阵可全面而具体地刻画区域土地利用变化的结构、特征

与各土地利用类型变化的方向,定量说明土地利用类型之间的相互转化状况,揭示不同类型之间的转移速率。土地利用动态变化模型主要通过土地利用动态指数来定量描述区域土地利用变化的速度,对比较土

地利用变化的区域差异和预测未来土地利用变化趋势都具有积极的作用,包括单一土地利用动态度、综合土地利用动态度以及土地利用变化强度指数^[14-15]。

2.2.2 景观格局 景观格局是研究构成景观的生态系统或土地利用/土地覆被类型的形状、比例和空间配置关系,意义在于通过分析景观结构与生态过程的联系,反映土地利用变化的时空状态,揭示景观的组成、结构和功能变化^[16]。景观格局指数是反映景观结构组成和空间特征的定量指标,一般从斑块、斑块类型和景观 3 个尺度进行度量。斑块尺度从微观角度解释单个斑块的结构特征,而后两个尺度能从中观和宏观角度反映区域的景观结构,是土地利用/覆被变化研究中常用的尺度^[17-19]。本文在类型选取斑块所占景观面积的比例(Percentage of Landscape, PLAND)、景观形状指数(Landscape Shape Index, LSI) 2 个指数, PLAND 是度量景观中优势斑块的依据之一,其值越大,表明该斑块在景观中地位越突出; LSI 可度量斑块的复杂程度,其值越大,表明斑块形状越不规则、越离散。二者能表达斑块在景观中的配置与空间分布特征,揭示景观的生态过程与功能的动态变化。

景观尺度上选取最大斑块面积指数(Largest Patch Index, LPI)、斑块密度(Patch Density, PD)、蔓延度指数(Contagion Index, CONTAG)、香农多样性指数(Shannon's Diversity Index, SHDI) 4 个指数^[17]。LPI 用以描述最大斑块在景观格局中的影响程度; PD 描述景观破碎化与空间异质性程度,反映人类活动对景观的干扰强

度; CONTAG 揭示景观中不同斑块的团聚和蔓延程度; SHDI 反映景观的多样性程度。优势斑块越完整,散布的小斑块将减少、消失,多样性降低,景观不稳定,不利于景观间的物质能量循环与生物多样性的保护。这 4 个指标对景观中各斑块类型的非均衡分布较为敏感,且具有高度的相关性,能刻画景观的结构与过程变化,揭示景观的稳定性。

借助 Fragstats, ArcGIS 软件平台,分别选择 standard 法和 moving window 法对研究区主要景观类型(耕地、林草地、建设用地)及其景观格局特征进行分析。由于研究区面积较大,选择边长为 5 km 移动窗口来计算窗口内的景观指标值,形成景观指数栅格图。

3 结果与分析

3.1 各土地利用类型及其景观演变

3.1.1 耕地 南四湖流域是我国重要的粮食生产基地之一,耕地是流域最主要的土地利用类型。1987 年、2000 年、2014 年耕地面积分别为 20 701.16, 20 331.13, 19 632.01 km², 占土地总面积的 73.14%, 71.84%, 69.37%(表 1)。1987—2000 年期间流域处于城市化初期阶段,耕地比例大于 70%,且转移量较小。2000—2014 年期间城市化进入中速发展阶段,耕地与其他用地之间的转移频繁,年变化率和动态变化强度分别为 -0.25%, -2.47%, 是前一阶段的 2 倍。减少的耕地主要转为建设用地(1 817.09 km², 占转出面积的 87.30%)。

表 1 南四湖流域土地利用及其景观格局指数

项目	土地利用类型	时间	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
土地利用	面积/km ²	1987 年	20701.160	675.100	1404.610	967.960	3879.050	674.990
		2000 年	20331.130	673.640	1403.020	1535.170	4243.100	116.810
		2014 年	19632.010	434.860	1041.030	1667.620	5452.310	75.040
土地利用 动态变化	单一动态度/%	1987—2000 年	-0.119	-0.014	-0.008	3.907	0.626	-5.513
		2000—2014 年	-0.246	-2.532	-1.843	0.616	2.036	-2.554
	变化强度指数/%	1987—2000 年	-1.307	-0.005	-0.006	2.004	1.286	-1.972
		2000—2014 年	-2.470	-0.844	-1.279	0.468	4.272	-0.148
	综合动态度/%	1987—2000 年	0.112					
		2000—2014 年	0.461					
景观类型指数	PLAND/%	1987 年	77.673	7.813		—	14.515	—
		2000 年	76.160	7.632		—	16.208	—
		2014 年	73.818	5.575		—	20.607	—
	LSI	1987 年	40.594	29.854		—	71.525	—
		2000 年	42.504	29.852		—	71.465	—
		2014 年	42.930	23.500		—	68.133	—

注:景观指数取值为:0<PLAND≤100%; LSI>0。

景观构成上,耕地的 PLAND 值最大(2014 年为 73.82%),而 LSI 值较小(2014 年为 42),表明耕地斑块是景观空间格局的最基本构型,呈聚合状分布而形状较

为简单。近 30 a 来耕地斑块的 PLAND 值下降了 3.85%,而 LSI 值增加了 2.34,耕地在景观中的优势度有所降低,斑块被不断分割,形状不规则程度增加。

空间上,耕地主要分布于地势平坦、高程低于 100 m 的湖西平原区和湖东山前平原(图 1—3)。2000 年以来耕地 PLAND 出现多处离散状的低值区,其 LSI 值相应增大,与各级城市建设用地扩张区相呼应,在城市扩张区,耕地斑块被分割较为破碎。湖东地区,城市扩张导致的耕地 PLAND 低值区的扩

张,迫使耕地向城河、辛安河及白马河等子流域的上游山区蔓延。一方面,面对城市扩张的压力,城镇外围高产良田和蔬菜地等被优先占用,另一方面,基于粮食安全的基本国策,耕地又不断侵占山丘区的林草地,二者叠加,使得流域自然生态功能受到较为严重的干扰。

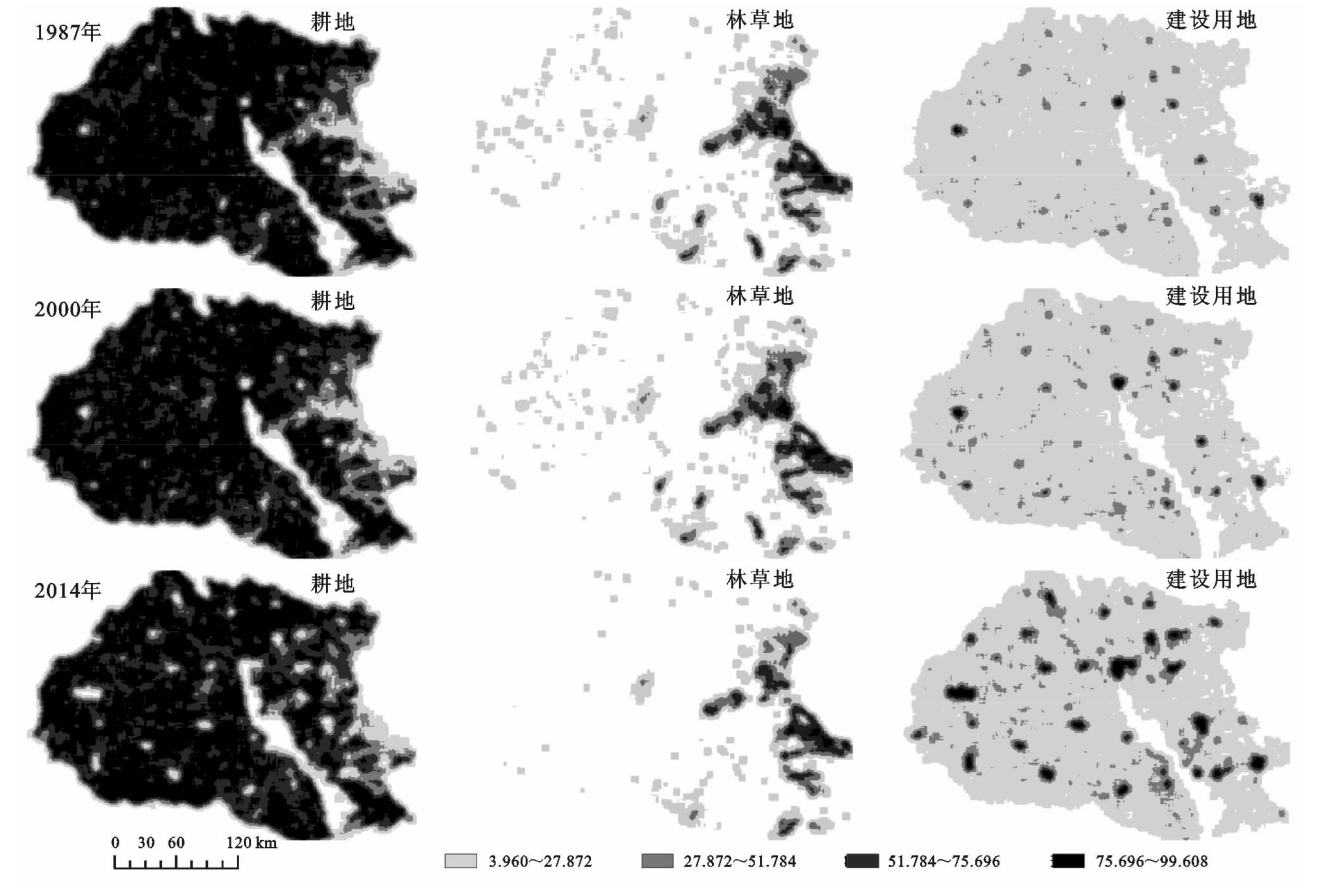


图 2 主要土地利用类型的 PLAND 的空间格局

3.1.2 建设用地 近 30 a 来流域总人口增加 206.17 万人,中等城市(50 万~100 万人)增加了 6 个,I 型小城市(20 万~50 万人)由 3 个增加到 8 个,城市化率上升约 20%(从 12%到 32%),GDP 增加 6 556.11 亿元。城镇人口的快速集聚和经济发展促进了建设用地的扩张,2014 年流域建设用地面积为 5 452.31 km²,占流域总面积的 20%,其中城市建设用地为 5.45%,农村建设用地为 13.69%。1987—2000 年,建设用地增加了 364.05 km²。2000—2014 年,建设用地增加了 1 209.21 km²,年变化率和动态变化强度是前一阶段的 3.3 倍,为 2.036,4.272%。

景观上,建设用地主要由量大而分布广的农村居民点和数量少而呈团聚分布的城市聚落组成。近 30 a 来其景观变化明显表现为城市聚落的蔓延扩张和农村聚落的整合,建设用地 PLAND 值增加了 6.1%,斑块在景观中的地位逐步提升。城市建设用地斑块的成片扩张使其形状不断简化,LSI 指数降低 3.39。空

间上,城市建设用地多分布在 40~100 m 高程、地势和缓的地区,农村聚落和建制镇的斑块类型经历着从分散到团聚的变化,各县城、县级市和枣庄、菏泽、济宁等地级市的建成区从团聚到急剧蔓延扩散的变化。2000—2014 年,PLAND 高值区(75~99)在空间上扩张明显。建设用地作为物质、能源的高耗区和废弃物的高排区,其斑块的扩张对于流域综合生态安全格局形成较大的胁迫。

3.1.3 林地、草地 林、草地是维护流域生态服务功能的主要生态用地,主要分布于流域的各级山丘区。2000—2014 年,林地面积减少 238.78 km²,减少率为-2.53%,减少的林地让位于农业和建设用地,转移面积分别为 208.59,28.26 km²,仅剩零星斑块散布于湖西南部和湖东东部山区;草地面积减少 361.99 km²,其中 84%转向耕地,湖西草地所剩无几,湖东山区草地退化严重。

30 a 间流域林草地斑块呈现减少、消失趋势,PLAND 值从 7.81%减少到 5.57%,在景观格局中

的地位降低,形状更加简化。2014 年湖西郑集河、大沙河流域原有的高密度林草地已经消失,仅洙赵新河、丰沛河少有保存,湖东北沙河、辛安河、白马河等

山丘区的 PLAND 高密度区比例缩小。林草地的严重退化使流域水源涵养、气候调节、防风固沙、碳氧平衡、生物多样性等生态功能受到巨大的损害。

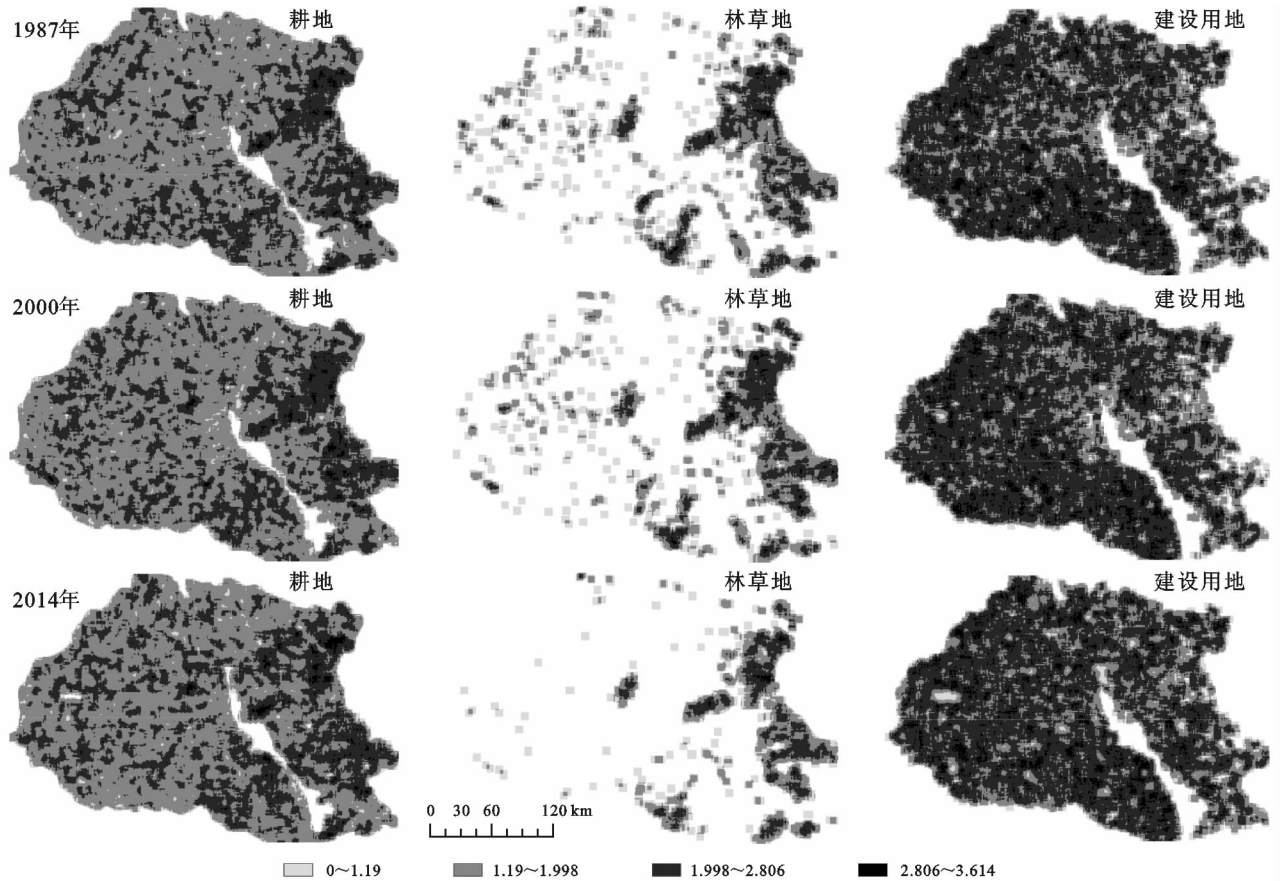


图 3 主要土地利用类型的 LSI 的空间格局

3.1.4 水域和未利用地 水域包括南四湖湖区和河网水系,水域面积受到降水丰枯以及围垦等人类活动的影响。枯水年份,部分湖底干枯出露,成为湖滨滩涂、荒地和未利用地等,而丰水年份,湖滨被淹没,水域面积增加。1986 年、1987 年流域为枯水年(降水量约 479,633 mm),沿湖的济宁市旱灾受灾面积达 623.5,610 km²,流域水域面积仅 967.96 km²,大部分湖区成为未利用地。1990 年代以后,流域降水量为增加趋势,水域面积增加而湖区未利用地面积减少明显。

受湖区水位的变化影响,未利用地在 1987—2000 年变化突出,年变化率和动态变化强度为 -5.513%, -1.972%。2000 年后,流域山丘区和岗地上的荒地主要用于补充建设用地及因城镇化占用的耕地面积。

3.2 土地利用—景观格局的综合演变

3.2.1 土地利用综合动态持续增加 土地利用综合动态度可综合描述各土地类型间的转移情况和变化速度,反映土地利用类型的稳定程度,其值越大表明斑块越不稳定^[15]。1987—2000 年流域城市化进程缓慢,土地利用结构变化较小,综合动态度仅为 0.112%(表 1)。2000—2014 年,土地利用结构变化强度增加,综合动态

度为 0.461%,人类活动对土地的干扰强度是前期的 4 倍,土地类型处于极不稳定状态。

3.2.2 景观格局的动态演变 流域总体的景观特征表现为优势斑块明显,景观比较完整,但空间异质性较高而连通性较低。近 30 a,各土地利用类型的扩张与收缩、分割与团聚,以及较强的土地综合变化导致流域景观格局发生显著变化。由表 2 可见,1987—2014 年,流域的 LPI,PD,CONTAG 值分别减少 4.29%,0.1,2.7%,SHDI 增加 3%,表明主导斑块面积减少,景观间的连通性降低,阻碍物质能量的运移,但景观空间异质性升高。30 a 来,经济发展、人口变化、城市化和农业活动等人为干扰对土地利用和景观格局产生了较为强烈的干扰,且景观格局的变化在较大程度上改变了景观生态过程。湖西的景观变化趋势与湖东略有差异,受地形等自然条件的影响,湖西的景观以大面积的农业基底为主,斑块类型较少,异质性的城市景观进入区域过程中,景观先破碎后不断完整蔓延,景观多样性经历着先增加后降低的变化。而湖东地域面积小、景观斑块类型多,耕地与建设用地斑块的入侵,改变斑块在景观中所占的比例,SHDI 值增加 6%(2014 年 SHDI 高达 0.91)。

表 2 1987—2014 年的南四湖流域景观格局指数

景观格局 指数	湖东			湖西			南四湖		
	1987 年	2000 年	2014 年	1987 年	2000 年	2014 年	1987 年	2000 年	2014 年
LPI/%	60.02	58.59	57.26	82.03	80.25	77.97	75.01	73.24	70.72
PD	0.50	0.49	0.46	0.23	0.24	0.22	0.24	0.24	0.23
CONTAG/%	30.59	29.11	27.05	52.32	50.14	50.72	42.07	40.02	39.37
SHDI	0.85	0.87	0.91	0.53	0.56	0.55	0.68	0.70	0.71

注:景观指数取值:0<LPI≤100%,PD>0;0<CONTAG≤100%;SHDI≥0。

景观空间格局的变化取决于斑块的动态变化,将各个景观指数分成 4 个等级,均从低到高表达为Ⅰ—Ⅳ等级(图 4),4 个指标值各等级的空间变化与转移反映了景观在空间上的演变过程,也反映了人为干扰的强度与转移,同时也影响到流域生态系统的物质循环和生态功能。由图 4 可知,近 30 a 来,流域景观由较完整的大斑块主导,演化成圈圈点点的斑块穿孔大斑块的格局。1987 年 LPI 高值区(56.804~99.608)密布于湖西平原区,Ⅲ、Ⅳ等级交替

分布,斑块完整,以万福河和梁齐运河流域最为集中,对应着 CONTAG 的高值区(31.95~77.05)、PD 值的最低值区(0.081~0.557),景观破碎化小,人为干扰较弱,流域生态系统的结构和功能较为稳定。30 a 的城市发展使城市斑块穿孔于耕地、林草地斑块,且呈圆环状向外延伸,城市边缘因土地利用类型多样,LPI 指数降低,空间异质性提高,SHDI 上升,然而 CONTAG 等级降低,对景观间的物质运移与能量转换产生不利影响。

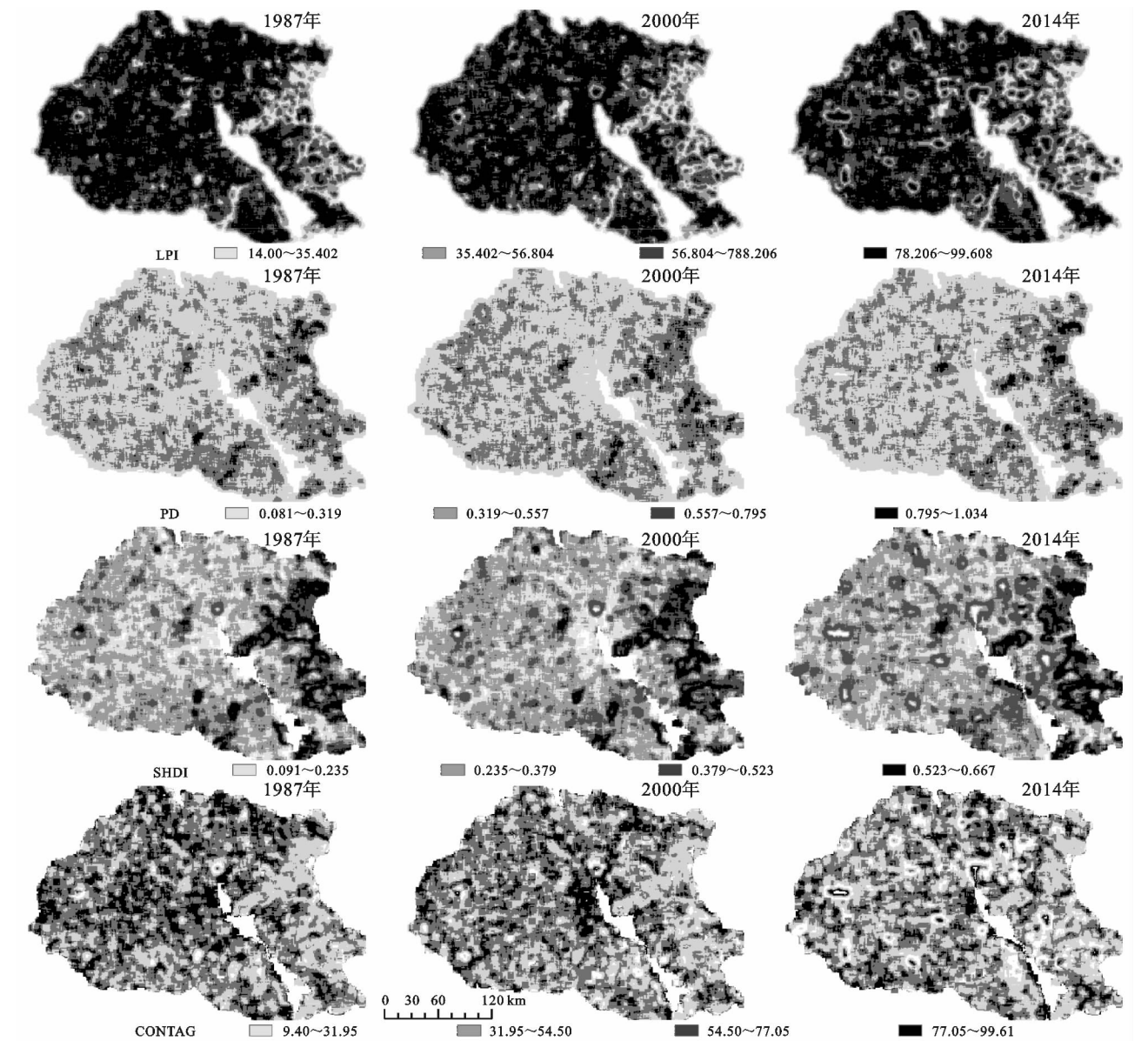


图 4 南四湖流域景观破碎度和多样性空间分布

景观动态变化的突出表现为景观的破碎化,景观破碎度较高的区域也是景观多样性程度高的区域。主要表现为低山丘陵区的景观变化,其PD为Ⅱ、Ⅲ等级,SHDI为Ⅲ、Ⅳ等级交替分布。30 a间,景观破碎化与多样性高密度区呈向东部山区转移的趋势,蟠龙河、泗河流域PD,SHDI的Ⅳ等级比例扩大,而湖西大沙河与复兴河流域山区PD的Ⅱ、Ⅲ等级比例缩小,SHDI由Ⅳ降到Ⅱ等级,湖东白马河、辛安河、北沙河流域的交界处PD由Ⅲ降到Ⅰ等级、SHDI由Ⅳ降到Ⅰ等级,这是地形阻碍以及人类活动干扰的结果。

4 结论

(1) 近30 a,南四湖流域的土地利用及其景观类型变化显著,主要表现在耕地与建设用地之间的转移。耕地面积减少1 069.15 km²,建设用地面积增加1 573.26 km²。2000—2014年,城市化进入中速发展阶段,土地利用综合动态度为0.461%,是前一阶段的4倍。

(2) 景观结构上,耕地作为流域主导斑块,其面积约占70%,30 a来PLAND值减少了3.85%,LSI值增加了2.34,斑块形状趋于复杂;建设用地日益发展为优势斑块,PLAND值增加6.1%、LSI值降低3.39,由零星散布发展成团聚密布、形状简化。耕地与建设用地斑块在景观中的变迁,使得流域自然生态功能受到较为严重的干扰。

(3) 流域总体的景观特征表现为优势斑块明显,景观比较完整,但空间异质性较高而连通性较低。近30 a来各土地利用类型斑块的扩张与收缩、分割与团聚,以及较强的土地综合变化导致流域景观格局发生显著变化,30 a间LPI,PD,CONTAG值分别减少4.29%,0.1,2.7%,SHDI增加3%,表明景观由较完整的大斑块主导、演化成圈圈点点的斑块穿孔大斑块的格局,并突出表现为景观破碎化。

参考文献:

- [1] 刘纪远,匡文慧,张增祥,等. 20世纪80年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. 地理学报, 2014,69(1):3-14.
- [2] 冯异星,罗格平,周德成,等. 近50 a土地利用变化对干旱区典型流域景观格局的影响:以新疆玛纳斯河流域为

- 例[J]. 生态学报,2010,30(16):4295-4305.
- [3] 潘竟虎,苏有才,黄永生,等. 近30年玉门市土地利用与景观格局变化及其驱动力[J]. 地理研究,2012,31(9):1631-1639.
- [4] 陈文波,肖笃宁,李秀珍. 景观指数分类、应用及构建研究[J]. 应用生态学报,2002,13(1):121-125.
- [5] Kalnay E, Cai M. Impact of urbanization and land-use change on climate[J]. Nature, 2003,423(6939):528-531.
- [6] Bian Z, Zhang Y. Land use changes in Xuzhou coal mining area[J]. Acta Geographica Sinica, 2006,61(4):349-358.
- [7] 么欣欣,韩春兰,刘洪彬,等. 基于RS与GIS的沈阳市土地利用及景观格局变化[J]. 水土保持研究,2014,21(2):158-161.
- [8] 李鑫,丁建丽,王刚,等. 土库曼斯坦典型绿洲土地利用/覆被变化和景观格局的时空演变[J]. 中国沙漠,2014,34(1):260-267.
- [9] 郭丽英,刘彦随,任志远. 生态脆弱区土地利用格局变化及其驱动机制分析:以陕西榆林市为例[J]. 资源科学, 2005,27(2):128-133.
- [10] 杜清,徐海量,赵新风,等. 新疆喀什噶尔河流域1990—2010年土地利用/覆被及景观格局的变化特征[J]. 冰川冻土,2014,36(6):1548-1555.
- [11] 姜亮亮,刘海隆,包安明,等. 玛纳斯河流域景观格局演变特征与驱动机制分析[J]. 水土保持研究,2014,21(4):256-262.
- [12] 万荣荣,杨桂山. 太湖流域土地利用与景观格局演变研究[J]. 应用生态学报,2005,16(3):475-480.
- [13] 沈吉,张祖陆,杨丽原,等. 南四湖:环境与资源研究[M]. 北京:地震出版社,2008.
- [14] 吴春花,杜培军,谭琨. 煤矿区土地覆盖与景观格局变化研究[J]. 煤炭学报,2012,37(6):1026-1033.
- [15] 王秀兰,包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展,1999,18(1):83-89.
- [16] 潘竟虎,刘普幸,赵军. 黑河下游土地利用与景观格局时空特征分析[J]. 土壤,2008,40(2):306-311.
- [17] 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,2007.
- [18] Wu J. Effects of changing scale on landscape pattern analysis: scaling relations [J]. Landscape Ecology, 2004,19(2):125-138.
- [19] 王媛媛,周忠发,魏小島. 石漠化景观格局对土地利用时空演变的响应[J]. 山地学报,2013,31(3):307-313.