

DOI: 10.5846/stxb201712062200

邓越, 蒋卫国, 王文杰, 吕金霞, 陈坤. 城市扩张导致京津冀区域生境质量下降. 生态学报, 2018, 38(12): - .

Deng Y, Jiang W G, Wang W J, Lü J X, Chen K. Urban expansion led to the degradation of habitat quality in the Beijing-Tianjin-Hebei Area. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(12): - .

城市扩张导致京津冀区域生境质量下降

邓 越^{1,2}, 蒋卫国^{1,2}, 王文杰^{3,*}, 吕金霞^{1,2}, 陈 坤³

1 环境遥感与数字城市北京市重点实验室, 北京师范大学地理科学学部, 北京 100875

2 地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京师范大学地理科学学部, 北京 100875

3 中国环境科学研究院, 北京 100012

摘要: 城镇化发展极大地改变了区域生境分布格局和功能, 从而影响区域生态安全。因此, 开展生境质量的评估, 对于城市生态安全保障具有重要作用。基于 InVEST 生境质量模型, 评估了京津冀区域 2005—2015 年生境质量时空变化格局。主要研究结论如下: 1) 2005—2015 年, 京津冀生境面积减少 7134.2 km², 占 2005 年生境面积的 3.7%。耕地、草地和水域生境面积分别减少 5081.0 km², 1695.1 km² 和 421.6 km², 占对应类型生境面积的 4.7%, 4.9% 和 7.2%。2) 京津冀生境质量从 0.88 降至 0.83, 下降幅度达 5.69%。其中, 耕地生境质量下降最为严重, 其次为水域生境质量。3) 生境质量下降区域主要沿北京-保定-石家庄-邢台-邯郸等经济发展迅速的区域分布, 表现为城市扩张侵占原有生境。4) 京津冀高生境质量斑块破碎度增加, 低生境质量斑块集聚度增加。整体上看, 京津冀区域生境斑块破碎度增加。

关键词: 生境质量; 景观格局; InVEST 模型; 京津冀

Urban expansion led to the degradation of habitat quality in the Beijing-Tianjin-Hebei Area

DENG Yue^{1,2}, JIANG Weiguo^{1,2}, WANG Wenjie^{3,*}, LV Jinxia^{1,2}, CHEN Kun³

1 Beijing Key Laboratory for Remote Sensing of Environment and Digital Cities, Faculty of Geographical Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

2 State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Faculty of Geographical Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

3 China Research Academy of Environmental Science, Beijing 100012, China

Abstract: The habitat diversity is widely recognized to contribute to human wellbeing by ensuring ecosystem functionality and resilience. However, over the past several years, human activities, especially urban expansion, changed the spatial pattern and ecological function of habitats, thus affecting the regional ecological security and human wellbeing. The Beijing-Tianjin-Hebei region, as one of the important cores of China's economic development, has undergone rapid urbanization and intensive land-use change, exerting enormous external pressure on the regional habitat quality. Therefore, the assessment of habitat quality plays an important role in urban ecological security for the region. First, this study evaluated the loss of habitat area based on land use data from 2005 and 2015. Then, the research assessed the spatial-temporal changes in habitat quality based on the InVEST habitat quality model. Finally, we used landscape indexes to analyze the spatial-temporal changes in the landscape pattern of habitat patches. The main conclusions of the study are as follows: 1) From 2005 to 2015, the habitat area decreased by 7134.2 km², accounting for 3.7% of that in 2005. The area of cropland,

基金项目: 国家重点研发计划资助 (2016YFC0503002); 国家自然科学基金 (41571077); 北京师范大学地表过程与资源生态国家重点实验室开放课题

收稿日期: 2017-12-06; 修订日期: 2018-04-08

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wangwj@craes.org.cn

grass, and water decreased by 5081.0 km², 1695.1 km², and 421.6 km², accounting for 4.7%, 4.9%, and 7.2% of the corresponding habitat type, respectively. 2) From 2005 to 2015, habitat quality decreased from 0.88 to 0.83. The habitat quality of cropland decreased the most, followed by water. 3) The declining habitat quality is mainly located along the Beijing-Baoding-Shijiazhuang-Xingtai-Handan axis, which experienced fast economic development and urban expansion. 4) The habitat patches with high-quality habitat tended to be more fragmented, whereas the habitat patches with low-quality habitat tended to be more concentrated. In general, the fragmentation of the habitat patches increased. Rapid urban expansion in the Beijing-Tianjin-Hebei region occupied a large number of habitats. On the one hand, it resulted in the reduction of habitat area. On the other hand, it also led to the decline of habitat quality and the fragmentation of habitat patches. These adverse effects had a negative impact on biodiversity conservation and urban ecological security. Future regional development plans should take the maintenance of habitat quality into consideration.

Key Words: habitat quality; landscape pattern; InVEST model; the Beijing-Tianjin-Hebei Area

生境多样性,作为生物多样性的重要组成部分,通过确保生态系统功能稳定以及恢复力,从而为人类提供生态福祉^[1]。然而,在过去的几十年中,人类活动已造成大量的生境丧失、生境破碎和生境质量下降等各种不利后果,对人类福祉产生不利影响^[2-3]。特别地,城镇化导致的土地利用变化活动,通过影响物质流、能量流在生境斑块之间的循环过程,从而改变区域生境分布格局和功能^[4]。京津冀区域,作为中国经济发展的重要核心之一,该地区经历了快速的城镇化过程和高强度的土地利用变化,给京津冀地区生态系统带来了巨大外界压力,环境恶化不断加剧,严重威胁区域生境质量,因此,分析京津冀生境质量时空变化特征,对于区域生态安全具有重要作用。

基于生境质量指标体系评估生境质量是常用的方法之一^[5-7]。如王强等^[5]构建 10 项指标(如流太、河床底质等)用以评估东河河流生境质量。这类方法一般侧重于生境适宜度的评估,而忽视了威胁源的影响^[8]。InVEST(Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs)是美国自然资本项目组开发的、用于评估生态系统服务功能能量及其经济价值、支持生态系统管理和决策的一套模型系统^[9]。模型集成多种生态系统服务功能评估模块,如生境质量模型、碳储量模型等已得到国内外学者的诸多应用^[10-21]。InVEST 生境质量模型将土地利用/覆盖图作为生境,从生境自然属性和外在威胁导致的生境退化度两方面计算生境质量得分^[9]。Lorenzo Sallustio 等^[10]基于该模型分析了意大利自然保护区的生境质量变化,表明生境质量高低和保护区的保护等级有一定关系。刘智方等^[16]基于该模型评估了福建省 2000—2010 年生境质量变化情况,表明福建省大部分地区生境质量较高,然而东南沿海地区受建设用地大量扩张的影响而生境质量较低。一些研究者也采用 InVEST 模型分析京津冀生境变化特征。如陈妍等^[8]基于 InVEST 模型分析 1990—2010 年北京市生境质量变化情况,表明海淀、朝阳、石景山和丰台四区,永定、潮白两河以及海拔 75—100 m 左右的平原山区交界地带的生境质量退化最为严重。吴健生等^[17]利用 InVEST 模型分析了京津冀地区 2000—2010 年土地利用变化引起的生境质量的时空演变,研究结果 2000—2010 年,由于景观结构异质性的减弱和破碎度的提升,京津冀地区东南部和南部生境质量较低、北部和西部较高。

本文在国内外学者研究的基础上,以京津冀为研究区,利用 InVEST 模型,首先在市域尺度上分析京津冀生境质量的时空变化,然后结合景观指数法,分析不同等级的生境斑块景观格局变化特征,以期为京津冀区域未来的生态保护规划和安全保障研究提供一定的支持。

1 研究区概况

京津冀地区由北京、天津两个直辖市和河北省下辖 11 地级市(保定、承德、沧州、邯郸、衡水、廊坊、秦皇岛、石家庄、唐山、邢台、张家口)组成(图 1)。该区地处中国华北平原,其高程范围约为-52—2836 m,具有东南低、西北高空间分布特点。京津冀气候属典型的温带半湿润半干旱季风气候,主要特征表现为春秋干旱多

风,夏季高温多雨,冬季寒冷干燥^[19]。根据统计数据,从 2005—2015 年,京津冀地区经济取得迅速发展,其地区生产总值从 2005 年 20771.5 亿元上升至 2015 年 69867.9 亿元,约增长 3.4 倍。其中,2015 年北京、天津、河北生产总值分别占 32.9%、23.7% 和 43.4% (图 2)。

2 数据和方法

2.1 数据来源

研究搜集了京津冀 2005 年和 2015 年两期 100 m 空间分辨率土地利用数据。数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心 (<http://www.resdc.cn>)。100 m 空间分辨率数据可以避免碎小生境的存在。根据研究需要,在 ArcGIS 中将土地利用类型归并为耕地、林地、草地、水体、城镇用地、农村住宅用地、工矿建设用地以及未利用地等 8 种类型。主要公路和铁路数据等矢量数据来源于 1:400 万国家基础地理信息数据库 (<http://www.cehui8.com/3S/GIS/20130702/205.html>)。

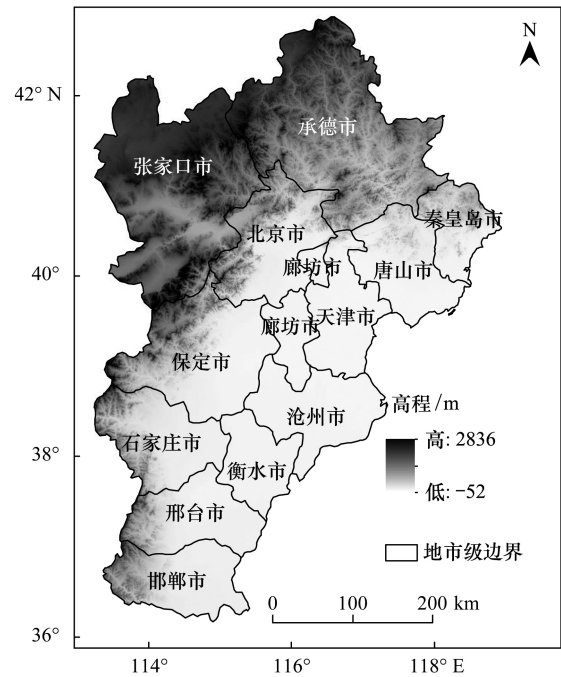


图 1 研究区位置及地貌

Fig.1 Location of the studied area and its topography

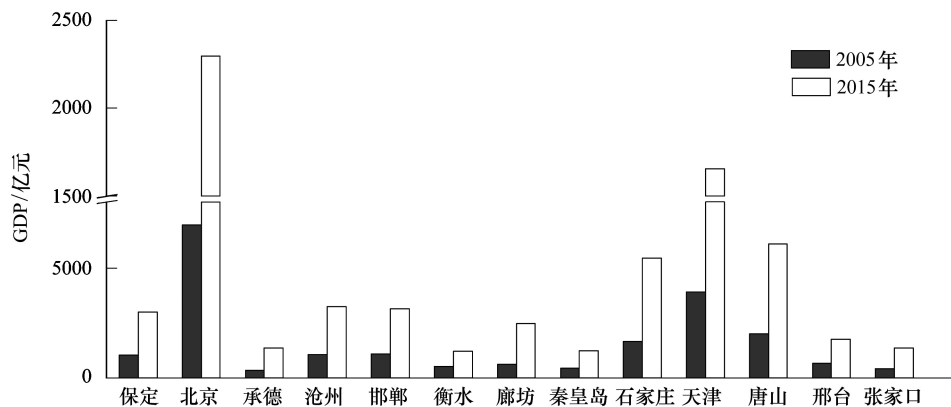


图 2 2005—2015 年京津冀 GDP 增长

Fig.2 The increase of GDP in the Beijing-Tianjin-Hebei Area from 2005 to 2015

2.2 生境质量模型

InVEST 生境质量模型将土地利用/覆盖图作为生境,从生境自然属性和外在威胁导致的生境退化度两方面计算生境质量得分^[9]。生境退化度计算如下式所示:

$$D_{xj} = \sum_{r=1}^R \sum_{y=1}^{Y_r} \left(\frac{w_r}{\sum_{r=1}^R w_r} \right) r_y i_{rxy} \beta_x S_{jr} \quad (1)$$

$$i_{rxy} = 1 - \frac{d_{xy}}{d_{rmax}} \quad (2)$$

式中, D_{xj} 表示生境类型 j 中第 x 个生境像元的生境退化度。 r 为生境的威胁源; y 为威胁源 r 中的栅格。 d_{xy} 为生境的 x 像元与威胁源的 y 像元的距离。 w_r 和 d_{rmax} 则分别作为为威胁源 r 的权重和最大影响范围。 β_x 表示地

方保护政策等影响,本研究中暂未考虑。 S_{jr} 表示每种生境对不同威胁源的相对敏感程度。

除了考虑外界胁迫造成的生境退化,生境质量计算还需要考虑生境自然属性。生境质量得分计算如下式所示:

$$Q_{xj} = H_j \left(1 - \frac{D_{xj}^z}{D_{xj}^z + k^z} \right)$$

(3)

式中, Q_{xj} 表示生境类型 j 中第 x 个生境像元的生境质量得分; H_j 表示生境类型 j 的生境适宜度, 当不考虑具体物种的生境情况下, H 值为二变量值(1:生境;0:非生境)。 z 和 k 采用模型默认参数, 分别为 2.5 和 0.5。

城镇用地、农村住宅用地、工矿建设用地区人类活动剧烈,而未利用地生态环境恶劣,因此将其作为非生境,其他用地类型,如耕地、林地、草地和水域等则作为生境^[8,16-18]。InVEST 生境质量模型中需要输入的威胁源参数信息和生境敏感性参数信息,则根据相关研究^[8,17],进行设定。表 1 展示了本研究选定的生境威胁源及其最大影响距离和权重,表 2 展示了不同生境的生境适宜度及对不同威胁源的敏感程度。

表 1 威胁源及其最大影响距离 (km) 和权重

Table 1 Treats and their maximum distance of influence and weight

威胁源 Threats	最大影响距离 Maximum distance of influence	权重 Weight	威胁源 Threats	最大影响距离 Maximum distance of influence	权重 Weight
城镇用地 Urban land	10	1	主要公路 Main road	3	0.6
农村住宅用地 Rural land	5	0.6	主要铁路 Main railway	7	0.5
工矿建设用地 Building land	8	0.7			

表 2 生境对各威胁源的敏感性

Table 2 Sensitivity of habitat types to each threat

生境类型 Habitat types	城镇用地 Urban land	农村住宅用地 Rural land	工矿建设用地 Building land	主要公路 Main road	主要铁路 Main railway
耕地 Cropland	1	1	1	0.8	0.6
林地 Forest	1	0.8	1	0.9	0.8
草地 Grass	1	0.8	1	0.6	0.8
水域 Water	0.8	0.5	0.8	0.6	0.5

2.3 景观指数法

城镇化进程不仅影响生境质量程度,同样影响其生境斑块的景观格局。因此研究相关选择景观格局指数,从类型水平和景观水平两种尺度,分析生境斑块的景观格局变化特征。选择的景观指数有斑块数量 (Number of Patches, NP)、斑块密度 (Patch Density, PD)、平均斑块面积 (Mean of Patch Area, Area_MN)、最大斑块指数 (Largest Patch Index, LPI)、凝聚度指数 (Cohesion Index, COHESION) 和蔓延度指数 (Contag Index, CONTAG)^[17,22]。具体计算则在 Fragstats 4.2 软件完成。

3 结果

3.1 京津冀生境面积变化

研究首先统计了 2005—2015 年京津冀区域内生境面积变化特征,其结果如表 3 所示。2005 年,京津冀生境面积 191297.8 km²,其中耕地生境面积 107222.6 km²,林地生境面积 43760.6 km²,草地生境面积 34443.6 km²,水域生境面积 5871.0 km²。2015 年,京津冀生境面积总共减少了 7134.2 km²,占 2005 年生境面积的 3.7%。从不同生境类型看,耕地、草地和水域生境面积分别减少 5081.0 km²,1695.1 km²和 421.6 km²,分别占对应类型生境面积的 4.7%,4.9%和 7.2%。与此同时,林地生境面积增加 63.6 km²。从不同市级区划来看,北京、保定、石家庄、邢台等四市生境损失较为严重,生境损失面积分别达 1007.2、1002.7、924.9 km²、以及 955.8

km²,分别占京津冀生境损失的 14.1%、14.0%、13.0%和 13.4%。其中,耕地生境损失为主要损失源。

表 3 2005—2015 年京津冀区域生境面积变化/km²
Table 3 The area changes of different habitat types in the Beijing-Tianjin-Hebei area from 2005 to 2015

区域 Area	耕地 Cropland			林地 Forest			草地 Grass			水域 Water		
	2005	2015	2005—2015	2005	2015	2005—2015	2005	2015	2005—2015	2005	2015	2005—2015
保定	10645.0	10030.6	614.4	3613.4	3509.4	104.0	5107.6	4882.8	224.7	577.6	518.1	59.5
北京	4695.7	4109.0	586.7	7209.3	7114.5	94.8	1211.3	1035.1	176.2	502.0	352.5	149.5
承德	7815.4	7629.6	185.8	19684.5	19224.3	460.2	10480.7	10884.5	-403.9	500.1	486.9	13.2
沧州	11221.8	11101.8	120.0	24.3	18.2	6.1	0.5	0.0	0.5	235.5	565.4	-329.9
邯郸	8252.1	7637.2	614.8	244.8	246.9	-2.1	1684.4	1665.8	18.6	205.6	163.1	42.5
衡水	7399.3	7139.9	259.4	0.7	0.3	0.4	0.2	0.4	-0.2	142.2	63.5	78.7
廊坊	5096.9	4800.9	296.0	77.7	80.2	-2.5	21.9	19.4	2.5	128.0	74.4	53.6
秦皇岛	3120.8	3012.1	108.7	1966.2	2319.9	-353.7	1515.9	1103.3	412.6	362.4	305.7	56.7
石家庄	7962.2	7143.6	818.6	1732.3	1711.1	21.2	2360.0	2393.1	-33.0	376.7	258.6	118.1
天津	7042.5	6819.5	223.0	376.2	279.9	96.3	206.9	109.5	97.3	1720.2	1648.3	71.9
唐山	7500.6	7131.2	369.4	1097.5	1097.2	0.3	937.5	855.1	82.4	419.5	458.8	-39.3
邢台	8931.7	8155.8	775.9	779.0	872.1	-93.1	1331.7	1113.9	217.8	158.8	103.6	55.2
张家口	17538.6	17430.4	108.2	6954.6	7350.1	-395.5	9585.2	8685.7	899.5	542.4	450.5	91.9
京津冀	107222.6	102141.6	5081.0	43760.6	43824.2	-63.6	34443.6	32748.5	1695.1	5871.0	5449.4	421.6

3.2 京津冀生境质量时序变化

2005—2015 年京津冀地区总体生境质量变化如图 3 所示。从 2005—2015 年,京津冀生境质量总体呈下降趋势,其生境质量平均得分从 0.88 降至 0.83,下降 5.69%。2005 年,北京、天津、唐山以及廊坊等四市生境质量较低,均低于 0.80。至 2015 年,四市生境质量更是降低至 0.70 左右。保定、邯郸、石家庄以及邢台等四市生境质量下降幅度同样较为明显。2005 年,四市生境质量分别约为 0.87、0.85、0.87 以及 0.88。至 2015 年,四市生境质量分别约为 0.80、0.77、0.77 以及 0.78。与此同时,承德,秦皇岛以及张家口等三市生境质量较高,其下降程度也较低。

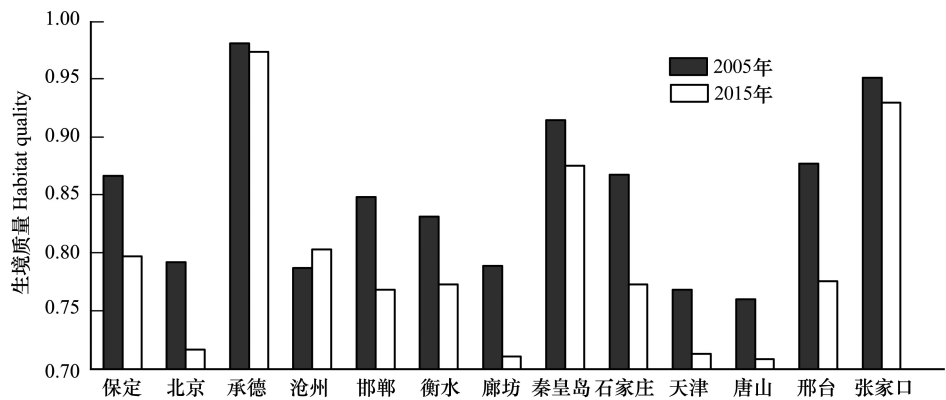


图 3 京津冀地区生境质量变化 (2005—2015)
Fig.3 Habitat quality changes in the Beijing-Tianjin-Hebei area from 2005—2015

研究分析了京津冀区域内耕地、林地、草地、水域生境质量变化情况,结果如表 4 所示。整体上看,京津冀区内林地和草地生境质量最高,水域生境质量次之,耕地生境质量最低。从下降程度看,耕地生境质量下降最为严重,为 0.025;其次为水域生境,下降 0.006。林地和草地生境质量下降幅度分别为 0.002 和 0.003。从不同城市看,2005—2015 年,北京市耕地生境质量最低,下降程度也较高。2005 年和 2015 年,北京市耕地生境质量分别为 0.871 和 0.806,下降 0.065。其次保定市耕地生境质量变化也较为明显,2005 和 2015 年分别为 0.

923 和 0.868, 下降 0.055。廊坊市林地生境质量相对较低, 且下降程度最为严重, 下降幅度达 0.027。然而衡水市林地生境质量有所提高, 提高幅度达 0.021。沧州市由于草地生境丧失, 因此草地生境损失最为严重。此外, 可以发现沧州市水域生境质量增加 0.013。另外, 廊坊、北京和唐山水域生境质量下降最为严重, 三者分别达 0.037、0.018 和 0.017。

表 4 京津冀地区不同生境类型质量变化 (2005—2015)

Table 4 The habitat quality changes of different habitat types in the Beijing-Tianjin-Hebei area from 2005 to 2015

区域 Area	耕地 Cropland			林地 Forest			草地 Grass			水域 Water		
	2005	2015	2005—2015	2005	2015	2005—2015	2005	2015	2005—2015	2005	2015	2005—2015
保定	0.923	0.868	0.055	0.998	0.998	0.001	0.997	0.993	0.004	0.984	0.972	0.012
北京	0.871	0.806	0.065	0.993	0.989	0.004	0.989	0.984	0.005	0.951	0.932	0.018
承德	1.000	0.999	0.001	1.000	1.000	0.000	1.000	0.999	0.001	1.000	0.999	0.001
沧州	0.936	0.937	-0.001	0.955	0.935	0.020	0.921	0.000	0.921	0.978	0.990	-0.013
邯郸	0.949	0.913	0.036	0.998	0.996	0.002	0.996	0.985	0.011	0.981	0.967	0.014
衡水	0.948	0.922	0.025	0.917	0.937	-0.021	0.989	0.962	0.028	0.983	0.978	0.006
廊坊	0.930	0.897	0.033	0.929	0.902	0.027	0.964	0.949	0.015	0.959	0.922	0.037
秦皇岛	0.977	0.955	0.021	0.998	0.994	0.004	0.997	0.995	0.002	0.993	0.986	0.007
石家庄	0.945	0.893	0.053	0.998	0.985	0.013	0.997	0.988	0.009	0.985	0.974	0.011
天津	0.944	0.921	0.023	0.972	0.968	0.004	0.973	0.948	0.026	0.988	0.980	0.008
唐山	0.931	0.901	0.029	0.990	0.971	0.020	0.991	0.974	0.017	0.984	0.967	0.017
邢台	0.960	0.921	0.039	0.999	0.994	0.005	0.996	0.992	0.004	0.988	0.974	0.014
张家口	0.997	0.993	0.004	1.000	0.999	0.001	0.999	0.997	0.002	0.998	0.995	0.003
京津冀	0.952	0.928	0.025	0.998	0.996	0.002	0.998	0.995	0.003	0.985	0.979	0.006

3.3 京津冀生境质量空间变化

京津冀生境质量整体较高。为突出两时段的生境变化格局, 将京津冀生境质量按 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 等间距为阈值, 分级展示京津冀生境质量空间分布, 结果如图 4 所示。总的说来, 京津冀生境质量空间分布呈现出明显的空间分布特征。东南部和南部生境质量较低, 而北部和西北部生境质量较高。从 2005—2015 年, 京津冀生境质量退化的空间格局同样呈现出东南部和南部退化较为严重, 而北部西北部退化较为轻微的空间特征, 并且生境质量下降严重的区域主要沿着北京-保定-石家庄-邢台-邯郸轴线。在 2005 年, 生境质量位于 0.6—0.8 的斑块主要沿着北京-廊坊-唐山轴线。至 2015 年, 该类生境斑块出现在天津、保定、石家庄、邢台等地。另外, 从图 3 可以发现, 2005—2015 年, 生境质量位于 0.9—1 的斑块大部分转换为 0.8—0.9 的生境斑块。

根据上文生境质量分级情况, 分析不同生境质量等级内的景观格局变化特征, 类型水平上的景观指数变化如图 5 所示。京津冀区内的生境斑块 NP 和 PD 指数呈上升趋势, 表明京津冀生境斑块破碎度剧, 尤其对于生境质量位于 0.8—1 的生境斑块, 其破碎度最为严重。从 LPI 指数看, 生境质量位于 0.7—0.8 以及 0.9—1 的生境斑块呈下降趋势, 而其他等级的生境斑块呈上升趋势。从 AREA_MN 指数看, 生境质量位于 0—0.8 的斑块呈现下降趋势。从 COHESION 指数分析, 生境质量位于 0—0.7 斑块呈现明显上升趋势。另外, 生境质量位于 0.8—0.9 的生境斑块也存在轻微的上升趋势。景观水平分析结果如图 6 所示。从 2005—2015 年, NP 和 PD 增加, 而 LPI, AREA_MN 和 CONTAGE 呈下降, 表明受京津冀区域发展影响, 京津冀生境斑块景观破碎度加剧。

4 讨论

京津冀生境类型的空间分布差异决定了生境质量的空间差异。京津冀西北和北部地形以山区为主, 生境类型以林地为主, 因此不易受人类活动影响。此外, 受“退耕还林”政策影响, 京津冀林地生境面积从 2005 年到 2015 年增长 63.6 km², 因此, 该区域林地生境质量较高, 如承德, 张家口等市。京津冀南部和东南部地形以

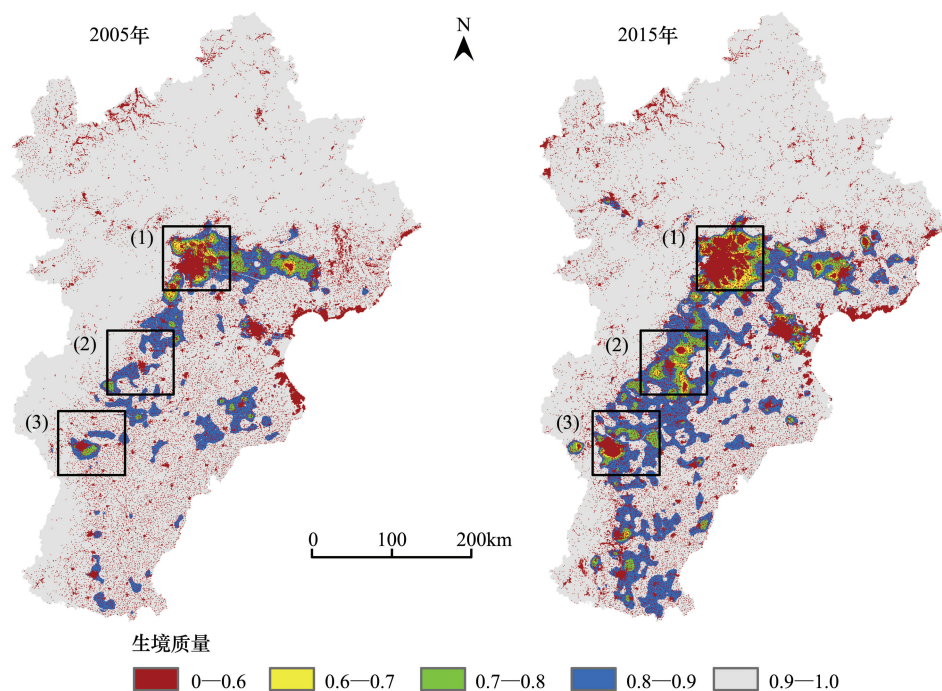


图4 京津冀生境质量空间分布 ((1)北京、(2)保定、(3)石家庄三市)

Fig.4 Spatial distribution of habitat quality in the Beijing-Tianjin-Hebei area ((1) Beijing, (2) Baoding, (3) Shijiazhuang)

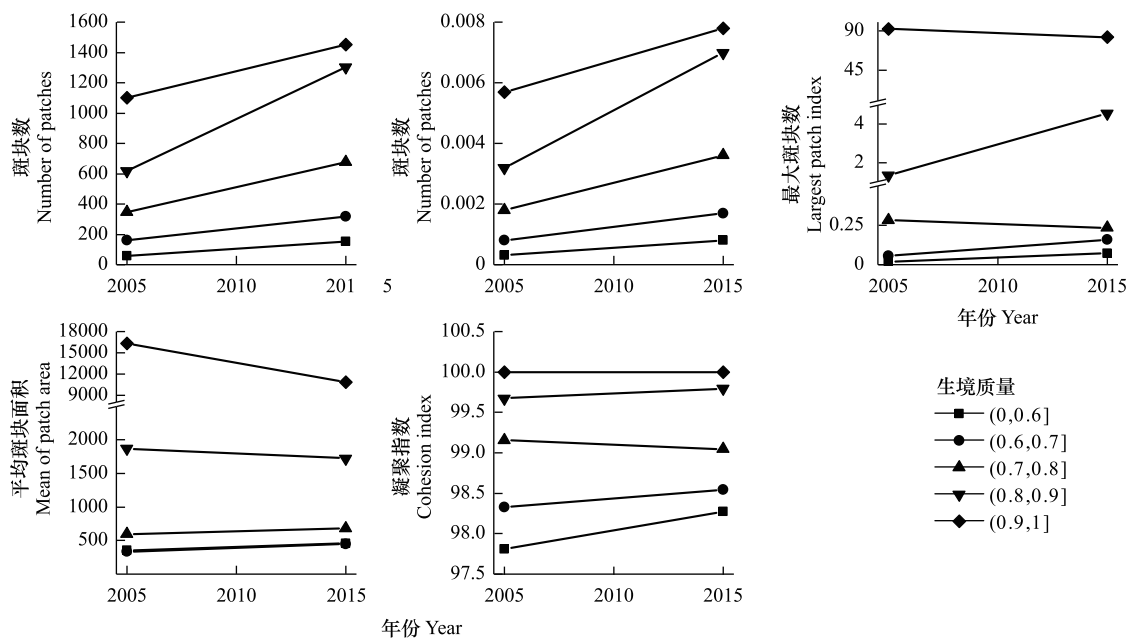


图5 类型水平景观指数变化

Fig.5 Landscape index changes on class metric

平原为主,生境类型以耕地为主。而随着经济发展,人口增加、城市扩张等因素,京津冀耕地生境损失最为严重,约 2295.05 km²耕地转换为城镇用地,而新扩张的城镇用地等威胁源又对邻近耕地生境产生胁迫。因此,耕地生境质量下降程度最为严重。

区域经济发展的不平衡同样影响生境质量空间变化分布差异。2005 年,京津冀生境质量较低区域主要

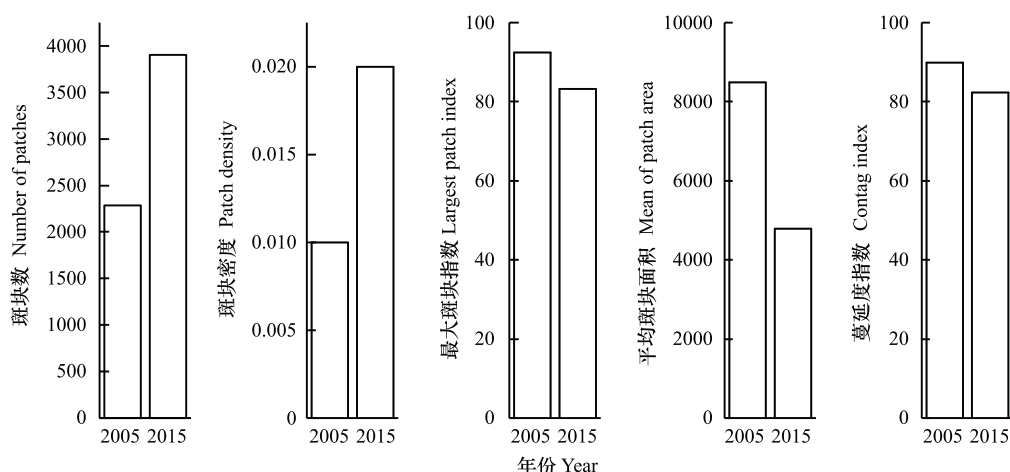


图6 景观格局指数计算结果

Fig.6 The calculation results of landscape pattern index

位于北京、天津、廊坊、唐山、石家庄等市。从图2可以看出,这些城市都具有相对较高的GDP。而到2015年,保定、邯郸和邢台等地经济有较快的发展。经济的发展也相应的对基础设施建设、工业、居住用地的需求增加,导致生境丧失,生境质量受到降低。而衡水、秦皇岛等市经济发展稍慢,因此,生境质量受损较为轻微。因此,从2005—2015年,生境质量下降严重的区域主要沿着北京-保定-石家庄-邢台-邯郸。沧州GDP增长也较为明显,但沧州水域生境面积从2005年到2015年增长近329.9 km²,且主要来源于沿海区域工矿建设用地转换,因此,沧州生境质量有所好转。

京津冀生境质量退化受威胁源的影响,主要表现为城市扩张侵占原有生境,形成新的威胁源,造成生境面积和质量下降,如图7所示。除了生境面积和质量下降外,城镇扩张影响生境斑块的景观格局。对于高生境质量斑块,趋向于破碎;而对于低生境斑块,却趋向于集聚。整体上,生境斑块破碎度增加。生境破碎度增加,意味生境稳定性下降,对于生态安全具有重大消极影响。

京津冀生境质量总体上较好。然而其生境丧失、生境质量下降以及生境破碎程度加剧等问题仍然明显。未来的区域规划中,需重点优化耕地、林地和建设用地等景观格局,在保持合理的经济增长基础上加强耕地、林地和湿地保护。对于雄安新区等重点规划区域,严控生态红线,保证生境质量,从而促进京津冀整体经济与生态保护的协调发展,保障京津冀生态安全。京津冀区域作为中国城市发展最为迅速区域之一,其面对的生态环境压力尤为突出。本研究采用InVEST模型中生境质量模块评估京津冀生境质量变化格局,具有简单、空间明确等优点,可为其他地区开展类似工作提供参考。然而关于模型输入参数如威胁源的影响范围和权重,以及生境敏感性等参数,具有主观性。而目前,尚没有统一的方法设定参数,因此,在一定程度上影响生境质量评估。另外,城镇化进程不仅仅影响生境质量,更是影响多种生态系统服务,如碳储量、水产量等。InVEST模型集成了多种生态系统服务评估模型,未来可考虑基于该模型分析京津冀城市扩张导致的综合生态系统服务变化,为京津冀生态安全保障提供支持。

5 结论

本研究基于InVEST生境质量模型,评估了京津冀区域2005—2015年生境质量时空变化格局,主要研究结论如下:1)2005—2015年,京津冀生境面积减少7134.2 km²,占2005年生境面积的3.7%。耕地、草地和水域生境面积分别减少5081.0,1695.1 km²和421.6 km²,分别占对应类型生境面积的4.7%,4.9%和7.2%。2)京津冀生境质量下降,其生境质量平均得分从0.88降至0.83,下降5.69%。耕地生境质量下降最为严重,其次为水域生境质量。3)生境质量下降区域主要沿着北京-保定-石家庄-邢台-邯郸等经济发展迅速的区域分布,

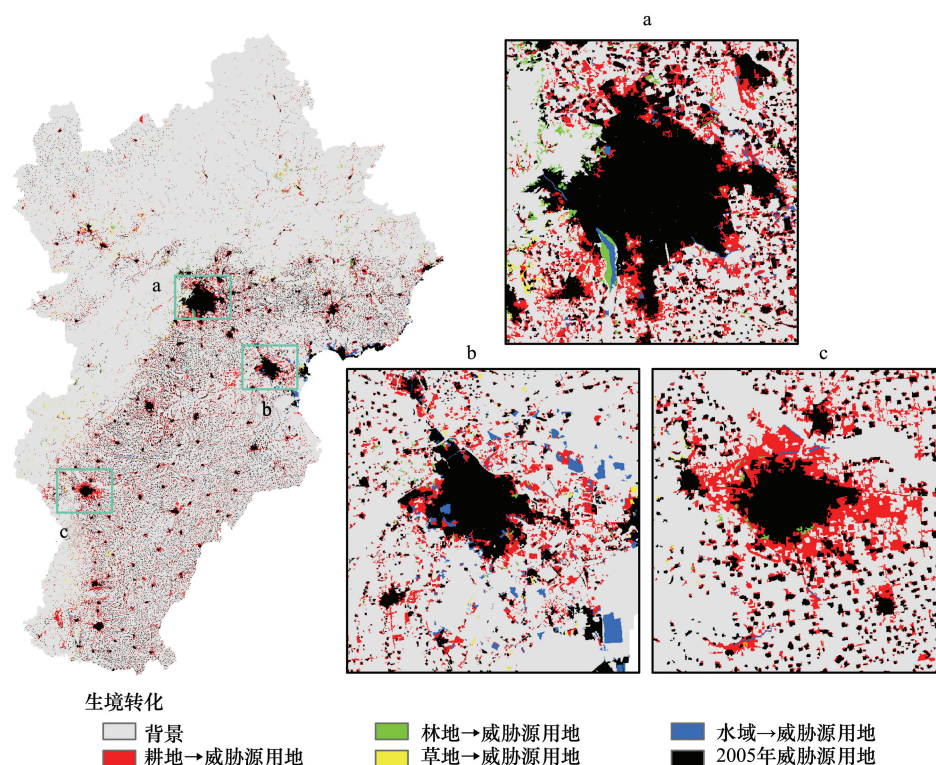


图7 京津冀地区生境类型转换(2005—2015)

Fig.7 Habitat type transformation in the Beijing-Tianjin-Hebei area

并且主要表现为城市扩张侵占原有生境。4)京津冀高生境质量斑块破碎度增加,低生境质量斑块集聚程度增加,整体上生境斑块破碎度增加。京津冀区域通过城市扩张等侵占原有大量生境,一方面造成生境面积的减少,另一方面则造成生境质量的下降和生境景观的破碎化,对于生物多样性的保护具有消极的影响,未来的区域发展规划应当兼顾生境质量的维持和生物多样性的保护。

参考文献(References):

- [1] Oliver T H, Heard M S, Isaac N J B, Roy D B, Procter D, Eigenbrod F, Freckleton R, Hector A, Orme C D L, Petchey O L, Proença V, Raffaelli D, Suttle K B, Mace G M, Martín-López B, Woodcock B A, Bullock J M. Biodiversity and resilience of ecosystem functions. *Trends in Ecology & Evolution*, 2015, 30(11): 673-684.
- [2] Haddad N M, Brudvig L A, Clobert J, Davies K F, Gonzalez A, Holt R D, Lovejoy T E, Sexton J O, Austin M P, Collins C D, Cook W M, Damschen E I, Ewers R M, Foster B L, Jenkins C N, King A J, Laurance W F, Levey D J, Margules C R, Melbourne B A, Nicholls A O, Orrock J L, Song D X, Townshend J R. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advances*, 2015, 1(2): e1500052.
- [3] Newbold T, Hudson L N, Hill S L L, Contu S, Lysenko I, Senior R A, Börger L, Bennett D J, Choimes A, Collen B, Day J, De Palma A, Díaz S, Echeverria-Londoño S, Edgar M J, Feldman A, Garon M, Harrison M L K, Alhussaini T, Ingram D J, Itescu Y, Kattge J, Kemp V, Kirkpatrick L, Kleyer, Correia D L P, Martin C D, Meiri S, Novosolov M, Pan Y, Phillips H R P, Purves D W, Robinson A, Simpson J, Tuck S L, Weiher E, White H J, Ewers R M, Mace G M, Scharlemann J P W, Purvis A. Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature*, 2015, 520(7545): 45-50.
- [4] 欧阳志云, 郑华. 生态系统服务的生态学机制研究进展. *生态学报*, 2009, 29(11): 6183-6188.
- [5] 王强, 袁兴中, 刘红, 庞旭, 王志坚, 张耀光. 基于河流生境调查的东河河流生境评价. *生态学报*, 2014, 34(6): 1548-1558.
- [6] 刘华, 蔡颖, 於梦秋, 龚蕾婷, 安树青. 太湖流域宜兴片河流生境质量评价. *生态学杂志*, 2012, 31(5): 1288-1295.
- [7] 王琼, 卢聪, 韩青, 范志平, 刘杰, 李法云, 涂志华, 王善祥, 赵悦. 太子河流域生境质量及其与社会经济的关系. *生态学杂志*, 2017, 36(10): 2917-2925.

- [8] 陈妍, 乔飞, 江磊. 基于 InVEST 模型的土地利用格局变化对区域尺度生境质量的评估研究——以北京为例. 北京大学学报: 自然科学版, 2016, 52(3): 553-562.
- [9] Sharp R, Tallis H T, Ricketts T, Guerry A D, Wood S A, Chapin-Kramer R, Nelson E, Ennaanay D, Wolny, S, Olwero, N, Vigerstol, K, Pennington, D, Mendoza, G, Aukema, J, Foster, J, Forrest, J, Cameron, D, Arkema, K, Lonsdorf, E, Kennedy, C, Verutes, G, Kim, C. K, Guannel, G, Papenfus, M, Toft, J, Marsik, M, Bernhardt, J, Griffin, R, Gowinski, K, Chaumont, N, Perelman, A, Lacayo, M. Mandle, L, Hamel, P, Vogl, A. L, Rogers, L, Bierbower, W. InVEST 3.2.0 User's Guide. The Natural Capital Project, Stanford University, University of Minnesota, The Nature Conservancy, and World Wildlife Fund, 2015.
- [10] Sallustio L, De Toni A, Strollo A, Di Febraro M, Gissi E, Casella L, Geneletti D, Munafo M, Vizzarri M, Marchetti M. Assessing habitat quality in relation to the spatial distribution of protected areas in Italy. *Journal of Environmental Management*, 2017, 201: 129-137.
- [11] Arunyawat S, Shrestha R P. Assessing land use change and its impact on ecosystem services in northern Thailand. *Sustainability*, 2016, 8(8): 768.
- [12] Cao W T, Li R, Chi X L, Chen N H, Chen J Y, Zhang H G, Zhang F. Island urbanization and its ecological consequences: A case study in the Zhoushan Island, East China. *Ecological Indicators*, 2017, 76: 1-14.
- [13] Lin Y P, Lin Y C, Wang Y C, Lien W Y, Huang T, Hsu C C, Schmeller D S, Crossman N D. Systematically designating conservation areas for protecting habitat quality and multiple ecosystem services. *Environmental Modelling and Software*, 2017, 90: 126-146.
- [14] Terrado M, Sabater S, Chaplin-Kramer B, Mandle L, Ziv G, Acuña V. Model development for the assessment of terrestrial and aquatic habitat quality in conservation planning. *Science of the Total Environment*, 2016, 540: 63-70.
- [15] 吴健生, 毛家颖, 林倩, 李嘉诚. 基于生境质量的城市增长边界研究——以长三角地区为例. *地理科学*, 2017, 37(1): 28-36.
- [16] 刘智方, 唐立娜, 邱全毅, 肖黎珊, 许通, 杨丽. 基于土地利用变化的福建省生境质量时空变化研究. *生态学报*, 2017, 37(13): 4538-4548.
- [17] 吴健生, 曹祺文, 石淑芹, 黄秀兰, 卢志强. 基于土地利用变化的京津冀生境质量时空演变. *应用生态学报*, 2015, 26(11): 3457-3466.
- [18] 包玉斌, 刘康, 李婷, 胡胜. 基于 InVEST 模型的土地利用变化对生境的影响——以陕西省黄河湿地自然保护区为例. *干旱区研究*, 2015, 32(3): 622-629.
- [19] 褚琳, 黄翀, 刘庆生, 刘高焕. 2000-2010 年辽宁省海岸带景观格局与生境质量变化研究. *资源科学*, 2015, 37(10): 1962-1972.
- [20] 钟莉娜, 王军. 基于 InVEST 模型评估土地整治对生境质量的影响. *农业工程学报*, 2017, 33(1): 250-255.
- [21] Jiang W G, Deng Y, Tang Z H, Lei X, Chen Z. Modelling the potential impacts of urban ecosystem changes on carbon storage under different scenarios by linking the CLUE-S and the InVEST models. *Ecological Modelling*, 2017, 345: 30-40.
- [22] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级 (第二版). 北京: 高等教育出版社, 2007.