

北京郊区土地利用变化及其生态效应研究

万利^{1,2}, 孙丽慧², 谭靖³, 田自强²

(1. 农业部资源遥感与数字农业重点开放实验室, 北京 100081;

2. 中国环境科学研究院流域水生态保护技术研究室, 北京 100012; 3. 北京东方泰坦科技股份有限公司, 北京 100083)

摘要:以京郊3个具有不同功能的区(县)为例,利用从1996年、2005年TM影像中获取的土地利用数据,在分析研究区近10年的土地利用变化的基础上,通过构建生态价值指数(EVI)和土地利用变化的生态价值转移率(TREV),从土地利用变化所引起的各类型间生态价值转移的方向、幅度等方面对北京郊区土地利用变化的生态效应进行定量研究。结果表明:1996—2005年研究区的林地、草地、建设用地增加,而耕地、水域和未利用地减少,各土地利用类型的变化速度依次为建设用地>水域>耕地>草地>林地>未利用地;从区域看,土地利用相对变化速率从快到慢依次是城市功能拓展区(朝阳区)、城市发展新区(顺义区)、生态涵养发展区(密云县);从类型变化看,以耕地、水域的转出和建设用地的转入为主。研究时段内研究区的生态价值指数总体呈下降的趋势,各区县的区域生态价值指数差异较大,且相对差异还在扩大,其指数下降速度从快到慢依次是朝阳区、顺义区、密云县;同时从分布变化看,EVI中值波动区减少,EVI较低区和EVI低值区增加,导致了研究区总生态价值指数有所下降。

关键词:土地利用;生态效应;北京市;GIS

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2015)05-0092-08

Land Use Change and Its Ecological Effects in the Suburbs of Beijing City

WAN Li^{1,2}, SUN Lihui², TAN Jing³, TIAN Ziqiang²

(1. Key Laboratory of Resources Remote Sensing & Digital Agriculture, Ministry of Agriculture, Beijing

100081, China; 2. Laboratory of Riverine Ecological Conservation and Technology, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China; 3. Beijing Oriental TITAN Technology Co., Ltd., Beijing 100083, China)

Abstract: Using the data of land-use change produced from the integrating Landsat TM images of Beijing City in 1996 and 2005, we quantified the characteristics of LUCC and its ecological effects through developing regional ecological value index and transfer rate of the ecological value. The results showed that, from 1996 to 2005, the area of forestland, grassland, construction land increased while the area of cropland, water body and unused land decreased. The speed of individual land use change is in the order: construction land>water>cropland>grassland>forest>unused land. The order of land use relative change rate from big to small value is the Chaoyang District, Shunyi District, Miyun County. With the speedup of the economic development and the urbanization, the transition among the land use types in suburbs of Beijing became dramatic, among which the transition from cropland, water body to other types and from other types to construction land are the most important land use change. From 1996 to 2005, the ecological value index (EVI) in suburbs of Beijing City showed the downward trend, the improvement and degradation of ecological environment coexisted. The change of cropland, water body and construction land affected ecological environment negatively, while the increase of forestland and grassland improved the ecological environment and its ecological value index. The disparity of the regional ecological value index is still expanding in suburbs of Beijing City and the order of the regional ecological value index from big to small value is the Chaoyang District, Shunyi District, Miyun County. The area of high-EVI land decreased and the area of low-EVI land increased, which resulted in the downward trend of EVI in the study area.

Keywords: land use; ecological effects; Beijing City; geographic information system

收稿日期:2014-09-22

修回日期:2014-10-22

资助项目:国家水体污染控制与治理科技重大专项(2012ZX07501002-009);农业部资源遥感与数字农业重点开放实验室基金(RDA1002);北京市科技新星计划(Z131101000413086)

第一作者:万利(1980—),女,四川绵阳人,副研究员,博士,主要从事景观生态、3S技术与土地利用研究。E-mail:myra035@163.com

通信作者:谭靖(1981—),男,湖南株洲人,高级工程师,博士,主要从事地图学与地理信息系统研究。E-mail:tanjing@otitan.com

自从1995年国际地圈与生物圈计划(IGBP)和国际全球变化人文因素计划(IHDP)共同推出土地利用/土地覆被变化(Land Use and Land Cover Change, LUCC)计划以来,区域LUCC及其生态环境效应就一直是国际LUCC研究的重要内容之一^[1-2]。LUCC可引起许多自然现象和生态过程的变化,如土壤养分和水分的变化,生物多样性的分布和生物地球化学循环等^[3],并且LUCC所造成的影响也远远超出其所在的时空范围^[4]。深入研究土地利用变化的生态环境效应对了解区域的生态环境变化,促进区域经济与环境的协调发展具有重要意义。

目前,土地利用变化的生态效应研究主要分为3类:(1) LUCC对区域气候、土壤、水文以及生物多样性等单个环境要素的影响研究^[5-12];(2) 在生态系统服务功能的基础上,通过对各土地利用类型定量赋值来综合评价土地利用变化的生态环境效应^[13-14];(3) 通过计算景观指数来分析土地利用变化产生的景观生态效应^[15-17]。由于LUCC与各环境要素间的相互作用机制的复杂性,国内外现有的土地利用变化的生态效应研究还主要集中于区域土地利用变化的区域气候、水文效应及对生物多样性的影响等环境要素的单因素定性相关分析^[5-12],针对特定区域LUCC的综合生态环境效应的定量分析相对较少。

城市是人类活动发生的主体区域。人类活动的影响并不仅仅局限于城市本身,往往蔓延至周边区域。城市的扩展蔓延和强烈的人类活动明显影响着生态系统的服务功能。快速城市化区域是目前受人类活动干扰最为剧烈的生态系统,是土地和生态问题研究的热点区域^[18-24]。本文以京郊3个不同功能区(县)为例,借助遥感技术获取具有时空变化的土地利用数据,利用GIS技术从土地利用类型变化的数量、速度以及相互间的转化几方面分析研究区近10年的土地利用动态变化特征。同时,以生态系统服务功能衡量相应土地利用类型的相对生态价值,通过运用生态价值指数和构建土地利用变化的生态价值转移率,尝试从土地利用变化所引起的各类型间生态价值转移的方向、转移的幅度和生态价值指数变化的空间分布等方面,对研究区1996—2005年土地利用变化的生态效应开展定量研究。旨在从更深层次上揭示快速城市化过程中该区域土地利用变化对区域生态环境的影响,为该区域土地资源可持续利用和生态环境保护与建设提供重要的科学依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于北京市的东北部,包括朝阳区、顺义

区和密云县,总面积为3 684.05 km²。依据《北京市“十一五”时期功能区域发展规划》,它们分别为城市功能拓展区、城市发展新区、生态涵养发展区,总面积为3 684.05 km²。朝阳区位于北京冲洪积平原中部,地形平坦开阔,境内无山,地势西北高东南低,是实现和拓展首都城市性质功能的重要区域;顺义区地处燕山南麓的华北平原北部边缘,属于潮白河冲积扇的中、下段。地势北高南低,平原占全区总面积的95.7%,是中心城人口与职能疏解的主要载体,同时也是未来北京经济重心所在;密云县地处华北平原与蒙古高原的过渡地带,属燕山山脉,境内山峦起伏,地势自北向西南倾斜,呈中部低缓、西南开阔的簸箕形;区内山地植被丰富,是国家“三北”防护林和密云水库水源涵养林的重要组成部分;并有华北地区最大的水利工程——密云水库,山地和水面占县域面积的90%,林木覆盖率在61%以上,是北京的生态屏障和水源保护地,是保证北京可持续发展的关键区域。

1.2 数据来源与处理

研究区土地利用变化数据主要来源于1996年、2005年的Landsat TM影像解译数据。为了满足数据的可比性,选取季相较为一致,无云,质量较好,轨道号为123/32的两期Landsat TM(1996-06-30,2005-07-25)影像为基础数据,并以中科院资源环境信息数据库的北京市1:500 000行政区划图、2004年1:100 000土地利用现状图、1:50 000地形图、1:50 000土壤图和1:50 000植被图为辅数据,在ERDAS IMAGINE 8.7遥感影像处理与地理信息系统软件支持下,对两个时期的北京市TM影像进行波段合成、几何纠正、图像增强等处理;根据建立的解译标志,在ArcGIS 9.2的Arcedit中进行人机交互式判读解译;运用GPS进行外业精度调查验证,并将所得数据在ArcInfo Workstation环境下进行编辑和修改;通过ERDAS IMAGINE中的精度评估模块,结合野外实测数据对分类的影像进行检验,分类精度达90%以上;最后利用研究区2004年1:100 000土地利用现状图对分类后影像进行修正,得到北京市两期土地利用图。该土地利用图采用中科院资源环境信息数据库的6大类分类法,将土地利用类型分为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地6个类型。

1.3 研究方法

1.3.1 土地利用变化分析方法 利用1996年、2005年的两期土地利用图,从土地利用类型变化的数量、速度以及相互间的转化几个方面进行土地利用变化的分析,其中变化的数量为研究初期、末期的面积差值;变化速度用土地利用动态度,包括单一土地利用动态

度(Single Dynamic Degree of Land Use,SDLU)和综合土地利用动态度(Comprehensive Dynamic Degree of Land Use,CDLU)来分析;各土地利用类型的相互转化情况用马尔柯夫转移矩阵来描述,具体方法参考相关文献^[4,25-26]。

1.3.2 土地利用变化的生态效应评价方法 土地利用通过区域生态进程和服务间的相互作用直接影响区域生态服务价值^[27-28]。土地利用类型和生态系统类型

表1 研究区不同土地利用类型的相对生态价值

元/(hm²·a)

土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
对应的生态系统	农田	森林	草地	水体和湿地	荒漠	荒漠
绝对生态价值	6114.3	19334.0	6404.7	128577.4	371.4	371.4
相对生态价值	0.316	1.0	0.331	0.865	0.039	0.019

其中,林地的生态价值为最高,将其相对生态价值赋为1.0;耕地依其与林地生态服务功能的中国平均值之间的比例关系,赋值为0.316;草地依其与林地生态服务功能的中国平均值之间的比例关系,赋值为0.331;由于研究区水域季节性强,实际生态系统服务功能低于林地,其赋值相应降低;而建设用地与未利用地因为谢高地等研究中缺乏相关数据而未进行估价,其赋值参照当地实际及与其他土地利用类型生态价值的比例关系而定。然后在不同土地利用类型的相对生态价值的基础上,通过构建生态价值指数和土地利用变化的生态价值转移率来实现区域土地利用/土地覆被变化的生态效应的定量评价。具体如下:

(1) 生态价值指数(Ecological Value Index, EVI)。该指数是在综合考虑研究区域内各土地利用类型的面积比例和其相应的相对生态价值的情况下,定量表征一定土地利用格局下区域生态环境质量的总体状况,其数学表达式^[30]为:

$$EVI_i = V_i R_i \quad (1)$$

$$EVI = \sum_{i=1}^m EVI_i \quad (2)$$

式中: EVI_i ——第*i*种土地利用类型的生态价值指数; EVI ——整个区域总的生态价值指数; V_i ——某一土地利用类型的相对生态价值; R_i ——第*i*种土地利用类型在整个研究区中的面积百分比; m ——土地利用类型的数量。

(2) 构建土地利用变化的生态价值转移率(Transfer Rate of the Ecological Value, TREV)。该指数是在综合考虑研究区域内各土地利用类型之间转移的面积及其相应的土地利用类型的相对生态价值的情况下,定量表征土地利用变化所引起的各类型间生态价值转移的方向和幅度,从而实现对区域土地利用变化的生态效应进行定量研究。其数学表达式如下:

$$TREV_{i \rightarrow j} = [(V_i - V_j) R_{i \rightarrow j} / T] \times 100\% \quad (3)$$

密切相关,通过生态服务价值可以将土地利用类型和生态系统类型关联起来。考虑到在中国不同陆地生态系统服务功能价值中,测算的某些数据可能存在较大偏差^[29]。为消除或减弱这种偏差对研究结果的影响,本文参照谢高地等^[29]提出的“中国不同陆地生态系统单位面积生态服务价值”之间的比例关系,并结合研究区的实际情况,确定不同土地利用类型的相对生态价值^[13](Relative Ecological Value, REV)(表1)。

式中: $R_{i \rightarrow j}$ ——第*i*种土地利用类型向第*j*种土地利用类型转移的面积; V_i, V_j ——第*i*种和第*j*种土地利用类型的相对生态价值; T ——某一区域各转移类型的总生态价值指数。

2 土地利用变化分析

2.1 土地利用变化的数量和速度

1996—2005年,随着北京城市化的快速发展,研究区各土地利用类型有大量的转出和转入,土地利用类型的数量和结构均发生了较大的改变。耕地和林地是研究区的主要土地利用类型(附图2),其总和占研究区总土地面积的61%以上。草地、建设用地面积增加,比重分别增加到10.86%,21.70%,其中建设用地的增加速度最快,变化率达到46.32%。耕地大幅度减少,北京虽然每年都以土地整理、复垦、农业结构调整等方式增加耕地,但增加速度远小于耕地减少的速度,1996—2005年共减少189.08 km²,占1996年耕地面积的16.63%。水域减少速度最快,9年间变化率为-27.26%,减幅达到-72.19 km²。1996—2005年各土地利用类型面积变化大小依次为建设用地>耕地>水域>草地>林地>未利用地。

从表2—3可以看出,耕地的平均减速是21.01 km²/a,其中相对减速最快的是朝阳区,动态度为-3.57%;水域的平均减速是8.02 km²/a,其中相对减速最快的是密云县,动态度为-3.63%;建设用地的平均增速是28.12 km²/a,密云县是增速最快的,动态度为10.66%,其次是顺义区,其动态度为8.03%,说明建设用地在不断向远郊扩张;林地在朝阳区、顺义区和密云县均为减少,其中朝阳区的林地相对变化速率最快,动态度为-3.08%;除顺义区外,未利用地在朝阳区和密云县均呈增加趋势,增加速率相差不大。单一土地利用类型动态度的分析表明,研究区土地利用类型的变化速度依次为建设

用地>水域>耕地>草地>未利用地>林地。从综合土地利用动态度(表 3)来看,各区县从 1996—2005 年的土地利用相对变化速率不大,但存在区域差异,其中朝阳区的相对变化速率最快,综合土地利用动态度为 0.13%,其次是顺义区,密云县的相对变化速率最慢。

2.2 土地利用变化的方向

由土地利用转移矩阵可知,研究区各土地利用类型之间的相互转化都存在(表 4),其中耕地和水域的

转出率较高,建设用地的转入率较高。耕地平均每年递减 1.85%,水域平均每年递减 3.03%,而建设用地的年平均递增率为 5.15%。相比之下,林地、草地、未利用地的年变化率不大,分别为-0.10%,0.58%, -0.12%(表 3)。转化面积在 10 km² 以上的有 8 种,根据面积大小依次为:耕地转为建设用地、水域转为草地、水域转为耕地、林地转为建设用地、建设用地转为耕地、草地转为建设用地、水域转为建设用地(表 4)。

表 2 研究区土地利用变化

土地利用类型	1996 年		2005 年		面积 变化/km ²	变化率/%
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%		
耕地	1137.31	30.87	948.23	25.74	-189.08	-16.63
林地	1340.03	36.37	1328.48	36.06	-11.55	-0.86
草地	380.13	10.32	400.07	10.86	19.94	5.25
水域	264.79	7.19	192.60	5.23	-72.19	-27.26
建设用地	546.30	14.83	799.35	21.70	253.05	46.32
未利用地	15.49	0.42	15.32	0.42	-0.17	-1.10

表 3 研究区 1996—2005 年土地利用动态变化指数

区 域	单一土地利用类型动态度						综合土地 利用动态度
	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地	
研究区	-1.85	-0.10	0.58	-3.03	5.15	-0.12	0.02
朝 阳	-3.57	-3.08	0.00	-1.84	1.97	0.00	0.13
顺 义	-2.03	-1.06	-1.23	-1.23	8.03	-2.86	0.09
密 云	-0.59	-0.05	0.72	-3.63	10.66	0.31	0.04

另外,从表 4 还可以看:(1) 林地是研究区相对稳定的土地利用类型,向其他土地利用类型转化的面积只占很小的比例(2.24%),建设用地是林地转出的主要方向;(2) 耕地、水域均属于变化较大的土地利用类型,耕地约 20.01%转为建设用地,水域约 13.77%转为草地,约 12.61%转为耕地。其中被建设用地占用的耕地主要是以远郊平原区(顺义)的优质耕地为主,其数量占研究区全部耕地面积减少量的 50%以上;(3) 建设用地向其他类型转化的面积较少,本身面积还一直呈上升趋势,很大一部分是由耕地转出而来;(4) 草地主要向建设用地转化,但转移比例较小;(5) 未利用地的比重较小(0.42%),转出率较低且主要向耕地和建设用地转化,原因是未利用地中荒草地所占比例较高,裸岩地开发利用难度大,且大部分散落分布在基础设施条件差的山区,未利用地可供开发利用潜力较小,因此也是研究区相对稳定的土地利用类型。总的来说,研究区土地利用变化幅度大,变化类型多样,以耕地、水域的转出和建设用地的转入类型为主。

3 土地利用变化的生态效应分析

3.1 总体生态效应

区域生态价值指数的总变动是区域内各土地利

用类型变化综合作用的结果。1996—2005 年研究区生态价值指数总体呈下降的趋势,由 1996 年的 0.563 5 下降到 2005 年的 0.531 7,区域变化率为 -5.64%(表 5)。耕地、林地、水域、未利用地的生态价值指数呈现下降的趋势,其中水域的生态价值指数下降最多,为-0.017 0;草地、建设用地的生态价值指数有所上升,建设用地的生态价值指数上升最多,为 0.002 7。在相当程度上这两种趋势相互间抵消,使其总体上维持相对稳定,区域整体的生态价值指数波动不是太大,大致维持在 0.55 左右的水平。因此区域生态价值指数的稳定并不意味着生态环境没有发生改变。由表 6 可以看出,耕地转为林地的生态价值转移率为 74.71%,是导致研究区生态改善的主导土地利用转移类型。耕地转为建设用地(45.69%)、林地转为建设用地(14.82%)、水域转为耕地(13.28%)的生态价值转移率之和为 73.79%,是导致研究区生态环境退化的主导土地利用转移类型。因此,研究区生态环境改善的主要原因是具有相对较低的生态价值的土地利用类型(主要是耕地)转化为具有相对较高的生态价值的土地利用类型(如林地、水域等)。而大量耕地被建设用地所占用,是研究区生态环境退化的主要原因。

表 4 研究区 1996—2005 年土地利用转移矩阵

项目	2005 年						合计	
	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地	占有率	
1996 年	耕地/km ²	894.30	3.58	2.78	8.91	227.61	0.14	1137.32
	B/%	78.63	0.31	0.24	0.78	20.01	0.01	30.87
	C/%	94.31	0.27	0.69	4.63	28.47	0.91	—
	林地/km ²	4.84	1310.11	0.34	3.21	21.28	0.25	1340.03
	B/%	0.36	97.77	0.03	0.24	1.59	0.02	36.37
	C/%	0.55	93.33	0.09	1.67	2.66	1.65	—
	草地/km ²	0.64	2.65	359.24	5.30	12.11	0.18	380.13
	B/%	0.17	0.70	94.50	1.40	3.19	0.05	10.32
	C/%	0.07	0.19	89.79	2.75	1.52	1.18	—
	水域/km ²	33.38	9.72	36.47	174.52	10.69	0.00	264.79
	B/%	12.61	3.67	13.77	65.91	4.04	0.00	7.19
	C/%	3.82	0.69	9.12	90.61	1.34	0.00	—
	建设用地/km ²	14.74	2.33	1.24	0.66	527.32	0.00	546.29
	B/%	2.70	0.43	0.23	0.12	96.53	0.00	14.83
	C/%	0.02	0.00	0.00	0.00	0.66	0.00	—
	未利用地/km ²	0.31	0.09	0.00	0.00	0.34	14.74	15.49
	B/%	2.01	0.59	0.00	0.00	2.21	95.19	0.42
	C/%	0.04	0.01	0.00	0.00	0.04	96.24	—
	合计/km ²	948.21	1328.48	400.07	192.60	799.35	15.32	3684.04
	占有率/%	25.74	36.06	10.86	5.23	21.70	0.42	100.00
	变化率/%	-16.63	-0.85	5.24	-27.26	46.32	-1.09	—

注： B_{ij} 表示 k 时期 i 种土地利用类型转变为 $k+1$ 时期 j 种土地利用类型的比例， C_{ij} 表示 $k+1$ 时期的 j 种土地利用中由 k 时期的 i 种土地利用类型转化而来的比例。

表 5 研究区土地利用生态价值变化

土地利用 类型	生态价值	1996—2005 年各地类	区域生态价值指数		1996—2005 年区域	1996—2005 年
	指数变化	生态价值指数变化率/%	1996 年	2005 年	生态价值指数变化	区域生态变化率/%
耕地	-0.0162	-16.62	0.5635	0.5317	-0.0318	-5.64
林地	-0.0031	-0.85				
草地	0.0018	5.23				
水域	-0.0170	-27.26				
建设用地	0.0027	46.33				
未利用地	0.0000	0.00				

表 6 土地利用变化的正、反向生态价值转移率

项目	2005 年						%
	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地	
1996 年	耕地	0.00	74.71	0.06	6.77	-45.69	-0.03
	林地	-2.40	0.00	-0.17	-0.31	-14.82	-0.18
	草地	0.00	2.46	0.00	3.92	-2.56	-0.04
	水域	-13.28	1.82	-14.11	0.00	-6.40	0.00
	建设用地	5.66	3.10	0.50	0.75	0.00	0.00
	未利用地	0.13	0.12	0.00	0.00	0.01	0.00

注：正向生态价值转移率为正，反向生态价值转移率为负。

3.2 生态效应的时空分异

由于各区县受城市扩散影响的程度及经济发展水平各不相同，研究区内各区县的土地利用类型的地域分布差异明显，其区域生态价值指数高低悬殊、差异较大，并且相对差异还在扩大。1996 年研究区的区域生态价值指数极大值是极小值的 4.46 倍，2005 年增加为 5.66 倍(表 7)。结合北京市行政功能区划进一步分析发现，城市功能拓展区——朝阳区

的区域生态价值指数最低，并且下降速度最快，1996—2005 年的区域生态变化率为 -21.45%；城市发展新区——顺义区的建设用地面积大幅度增加，耕地面积显著减少，各地类(建设用地除外)的生态价值系数都在减少，以耕地的生态价值系数减少最为显著，该区的区域生态价值指数在 1996—2005 年下降，下降速度仅次于朝阳区，区域生态变化率为 -13.68%；生态涵养发展区——密云县耕地、水域面

积减少,林地、草地、建设用地面积增加,区域生态变化率为-3.31%,区域生态价值指数下降速度最慢,主要原因是密云县林地较多,植树造林、退耕还林生态改善作用较大。但林地和草地面积的增加所带来的生态价值指数的增加不能补偿因建设用地面积增加和耕地面积减少而引起的区域生态价值指数的下降,最后得到的区域生态价值系数还是下降的。

表 7 研究区土地利用生态价值变化

区域	区域生态价值指数		1996—2005 年	1996—2005 年
	1996 年	2005 年	区域生态价值指数变化	区域生态变化率/%
朝阳	0.1692	0.1329	-0.0363	-21.45
顺义	0.3246	0.2802	-0.0444	-13.68
密云	0.7541	0.7291	-0.0250	-3.31

3.2.1 土地生态价值的空间分布 根据各乡镇 EVI 值的不同,将研究区划分为: EVI 高值区、EVI 较高区、EVI 中值波动区、EVI 较低区和 EVI 低值区。其步骤是:对一个乡镇内各土地利用类型的面积比例,依据其相应的相对生态价值进行加权求和,得到该乡镇土地利用的 EVI;然后以各乡镇的 EVI 为基准,运用 ArcGIS 9.2 的自然断点法将研究区 85 个乡镇的 1996 年与 2005 年两期土地利用生态价值结果分为 5 级:高值区(>2.79)、较高区(0.84~2.79)、中值波动区(0.39~0.84)、较低区(0.12~0.39)和低值区(0~0.12)。从附图 3 可以看出:1996 年,EVI 高值区主要分布在位于密云水库上游的 4 个乡镇;EVI 较高区主要分布在密云县的 10 个乡镇;EVI 中值波动区主要分布在顺义区的 11 个乡镇,密云县的河南寨镇,朝阳区的金盏地区;EVI 较低区主要分布在顺义区的 8 个乡镇,朝阳区的 4 个地区,密云县的十里堡镇和密云镇;EVI 低值区主要分布在朝阳区的 38 个地区,顺义区的首都机场、石园街道、光明街道、胜利街道,密云县的檀营满族蒙乡。2005 年在 1996 年的基础上有所变化,顺义区的南法信镇由 EVI 较低区转为 EVI 低值区,仁和镇由 EVI 中值波动区转为 EVI 较低区;朝阳区的来广营由 EVI 较低区转为 EVI 低值区,金盏地区由 EVI 中值波动区转为 EVI 较低区。

与北京市行政功能区划相结合分析发现,EVI 高值区和 EVI 较高区主要分布在密云县;EVI 中值波动区主要分布顺义区,它在《北京城市总体规划(2004—2020 年)》中被定为北京市东部发展带的重要节点,北京重点发展的新城之一;EVI 较低区主要分布在城市发展新区和城市功能拓展区;EVI 低值区主要分布在朝阳区,在顺义区潮白河西岸也有少量分布,这里是顺义的中心区。

结合地形地貌与气候等因素分析发现:(1) EVI 高值区自然条件较为优越,多位于西北部山地森林植

被覆盖度高、人为干扰少、水资源丰富的水库上游生态涵养发展区。整个区域包括由石城子、冯家峪、不老屯等组成的库北水源涵养发展区,大部分属于云蒙山地;地貌以中低山为主,并有河谷和少量丘陵;地势西北高、东南低;森林覆盖率达 76%左右,西北部中低山分布有辽东栎林、山杨林、萌生丛及灌丛区;区内水资源丰富,密云水库最高水位水面面积可达到 188 km²; (2) EVI 较高区主要集中分布于东北部山区,水库下游平原和丘陵地带。其中:东北部山区以中低山为主,林地为主导土地利用类型,区内分布有中山山杨林、辽东栎林及灌丛区;水库下游平原和丘陵地带地势相对平坦,地貌类型为洪冲积平原、阶地和河漫滩,土层深厚,耕地相对集中连片。水库下游平原地带经济发展较好,县城及其周边受人为干扰相对较多。区内草地为主导土地利用类型。东南部低山、丘陵分布有灌丛、灌草丛、人工林、果园及农田区; (3) EVI 中值波动区主要分布在顺义区东北部的山地—丘陵地区,西部的平原地区。土壤类型以褐土和潮土为主,草甸沼泽土零星分布于各类积水洼地,土壤矿质养分丰富,保水保肥能力强,多为农用土壤;区内土地利用类型以耕地和草地为主; (4) EVI 较低区和 EVI 低值区分布较为集中,约 50%以上的 EVI 较低区分布在顺义区的城区所在地,EVI 低值区约 80%以上在朝阳区的城区所在地,该区域位于北京冲洪积平原中部,温榆河冲积平原和通惠河以南的潮土地区,地形平坦开阔,区内人口和产业发展速度较快,大面积为相对生态价值较低的城市建设用地;顺义区 EVI 低值区主要分布在位于顺义区潮白河西岸的中心区,土地利用类型以建设用地为主,周边分布少量耕地。

3.2.2 土地利用生态价值的变化趋势 从研究时段各乡镇土地利用的 EVI 值变化来看,土地利用变化的生态效应主要包括两种变化类型区(图 1): (1) EVI 稳定区,土地利用生态价值在研究时间段内趋于稳定。该区包括 69 个乡镇和街区,分别为朝阳区的 42 个街区,顺义区的 15 个乡镇和密云县的 12 个乡镇,总面积 2 436.29 km²,占整个研究区的 66.13%; (2) EVI 减少区,土地利用生态价值在研究时间段内不断减少。该区包括朝阳区的崔各庄和金盏地区,顺义区的 8 个乡镇和密云县的 6 个乡镇,总面积 1 247.76 km²,占整个研究区的 33.87%。

位于朝阳区的 EVI 稳定区紧邻城市建成区分布,区内土地利用结构相对稳定,以相对生态价值较低的建设用地为主,比重达该区总面积的 63.15%以上,由图 1 可以看出,位于朝阳区的 EVI 稳定区属于 EVI 较低区和 EVI 低值区趋于稳定;1996—2005 年,朝阳区建设用地的扩展以连续蔓延为主,且城镇用地、农村居民点和其他建设用地相互混杂,呈无序状态向外

以“摊大饼”的形式扩张。分布在朝阳区外边缘的EVI减少区(崔各庄和金盏地区),正是这种“摊大饼”式的扩张使得大量耕地被建设用地侵占的结果。

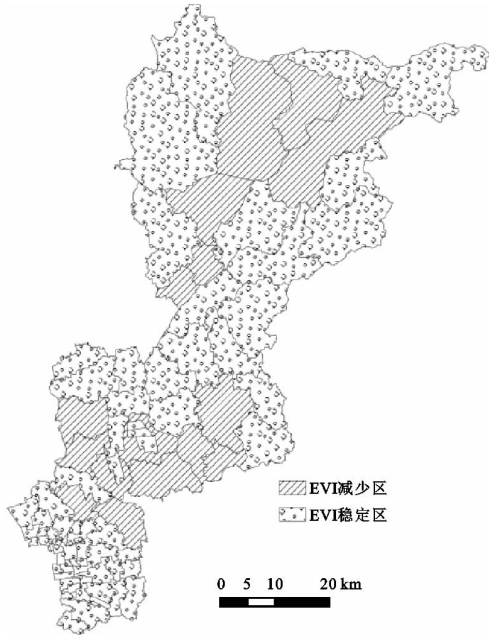


图1 土地生态价值变化空间分布

位于顺义区的EVI中值波动的稳定区,主要分布在县域东北部与密云交界的丘陵山地区域;EVI较低值的稳定区主要分布在顺义中心区北部、西北部的3个乡镇;EVI低值的稳定区主要分布在潮白河西岸的顺义中心区,区内以建设用地为主,土地利用结构相对稳定。顺义区绝大部分地势平坦,适宜农业耕作,耕地比重大。研究时段内顺义区的耕地面积减少显著,且多分布在沿河两岸,由图1可以看出,顺义区的EVI减少区主要分布在潮白河西南岸和东南岸的8个乡镇,均为EVI中值波动区和EVI较低区的减少。

密云县的EVI值变化受地形地貌的限制。全县的地貌特征是三面群山环绕、中部低缓、西南开口的簸箕形,EVI值变化则是稳定区三面环绕,减少区分布其间;EVI高值的稳定区主要分布在县域西北部的山地区域,EVI较高值的稳定区主要分布在潮河流域、库南地区的西部和东南部的丘陵地区。与密云县发展规划相结合分析发现,EVI减少区分布于水库上游生态涵养发展区和水库下游城镇、产业发展区。其中:水库上游生态涵养发展区(不老屯镇、高岭镇、太师屯镇)的地貌类型以中低山、丘陵和河谷为主,是生态维护和水源保护的核心区域。1996—2005年,该区域具有较低相对生态价值的建设用地有所增加,而具有较高相对生态价值的水域面积有所减少,从而导致该区域EVI高值区和EVI较高区的面积减少。水库下游城镇、产业发展区(溪翁庄镇、密云镇和十里堡镇)的产业相对聚集,是密云未来经济发展的核心区域,人口相对密集,生态环境压力相对较大。

研究时段内区域的土地利用变化特征是以建设用地对耕地的侵占为主,建设用地比例上升,具有较高相对生态价值的耕地比例逐步下降,从而导致该区域EVI较低区和EVI较高区的面积减少。

4 结论与讨论

4.1 结论

(1) 近10年间,林地、草地、建设用地面积均有不同程度的增加,而耕地、水域和未利用地面积均有不同程度的减少。各土地利用类型的变化速度依次为建设用地>水域>耕地>草地>林地>未利用地。同时区内各土地利用类型之间均存在着相互转化,以耕地、水域的转出和建设用地的转入为主。

(2) 各区县在研究时段内的土地利用相对变化速率不大,但存在区域差异。相对变化速率从快到慢依次是城市功能拓展区(朝阳区)、城市发展新区(顺义区)、生态涵养发展区(密云县);就不同土地利用类型而言,耕地、林地在朝阳区变化最快,水域、建设用地在密云县变化最快,草地、未利用地在顺义区变化最快。

(3) 研究区生态价值指数总体呈现下降的趋势,具体表现在EVI中值波动区面积减少,EVI较低区和EVI低值区面积增加,从而导致研究区总体EVI有所下降。不同的土地利用类型及其变化所带来的生态效应是不同的,生态环境改善和退化的两种趋势并存。耕地、水域和建设用地变化对生态环境的影响是负面的,林地、草地的变化则提高了生态价值指数,改善了生态环境。

(4) 各区县的区域生态价值指数差异较大,且相对差异还在扩大。区域生态价值指数下降速度从快到慢依次是城市功能拓展区(朝阳区)、城市发展新区(顺义区)、生态涵养发展区(密云县)。

4.2 讨论

由于LUCC与生态环境中的各环境要素间的相互作用机制的复杂性,目前针对特定区域LUCC的综合生态环境效应的定量分析尚处于探索阶段。本文在开展北京郊区土地利用变化的生态效应研究时,采用谢高地的“中国不同陆地生态系统单位面积生态服务价值”研究结果进行相对生态价值的计算,仅简单地依据荒漠的生态服务价值来计算建设用地的相对生态价值,使最后得到的结果显得较为粗略。研究区的生态价值指数的精确计算还有赖于研究区不同土地利用类型的生态服务价值的深入研究。而在土地利用分类系统的二级分类基础上,针对具体的研究区进行相应的生态服务价值测算将是下一步要做的工作。尽管如此,通过生态价值指数和土地利用变化的生态价值转移率对研究区土地利用变化的生态效应进行定量研究,基本上能够反映出区域土地利用/

覆被变化的总体生态效应。尤其是通过土地利用变化的生态价值转移率计算得到的1996—2005年期间的土地利用变化的生态价值正向、反向转移率,进一步反映出区域生态价值指数的稳定并不意味着生态环境没有发生改变,在相当程度上可能是正负这两种趋势相互间抵消,使其总体上维持相对稳定。因此,本文所构建的土地利用变化的生态价值转移率,不仅能够详细地刻画土地利用变化所引起的各类型间生态价值转移变化的方向,还能够对转移的幅度进行量化,所得结论在一定程度上可为研究区土地资源可持续利用和生态环境保护与建设提供依据。

参考文献:

- [1] Turner II B L, Skole D, Sanderson S, et al. Land use and land cover change: Science/research plan [R]. Stockholm: IGBP, 1995.
- [2] Lambin E F, Baulies X, Bockstael N, et al. Land-use and land-cover change: Implementation strategy [R]. Stockholm: IGBP, 1999.
- [3] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明. 黄土丘陵区小流域土地利用变化对生态环境的影响: 以延安市羊圈沟流域为例[J]. 地理学报, 1999, 54(3): 241-246.
- [4] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域: 土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J]. 地理学报, 1996, 51(6): 553-558.
- [5] IIASA. Modeling land use and land cover changes in Europe and Northern Asia [R]. Research Plan, 1998.
- [6] Kruska R L, Reid R S. Land-use and land-cover dynamics in response to changes in climatic, biological and socio-political forces: the case of southwestern Ethiopia [J]. Landscape Ecology, 2000, 15(4): 339-355.
- [7] Pielke R A, Avissar R. Influence of landscape structure on local and regional climate [J]. Landscape Ecology, 1990, 4(2/3): 133-155.
- [8] Houghton R A, Skole D L, Lefkowitz D S. Changes in the landscape of Latin America between 1850 and 1985 II. Net release of CO₂ to the atmosphere [J]. Forest Ecology & Management, 1991, 38(91): 173-199.
- [9] 李青丰. 西北地区的土地利用格局与生态环境保护[J]. 水土保持研究, 2002, 9(3): 22-23.
- [10] Olson T C, Wischmeier W H. Soil-erodibility evaluations for soils on the runoff and erosion stations [J]. Soil Science Society of America Journal, 1963, 27(5): 590-592.
- [11] Rasmussen P E, Goulding K W T. Long-term agroecosystem experiments: Assessing agricultural sustainability and global change [J]. Science, 1998, 282(5390): 893-896.
- [12] 罗为检, 王克林, 刘明. 土地利用及其格局变化的环境生态效应研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(2): 150-152.
- [13] 彭建, 王仰麟, 张源, 等. 滇西北生态脆弱区土地利用变化及其生态效应: 以云南省永胜县为例[J]. 地理学报, 2004, 59(4): 629-638.
- [14] 史永亮, 王如松, 周海波, 等. 南疆生态脆弱区土地利用变化及其生态影响评价: 以新疆阿克苏市为例[J]. 生态学报, 2006, 25(7): 753-758.
- [15] 于兴修, 杨桂山, 李恒鹏. 典型流域土地利用/覆被变化及其景观生态效应: 以浙江省西苕溪流域为例[J]. 自然资源学报, 2003, 18(1): 13-19.
- [16] 蒙吉军, 吴秀芹, 李正国. 河西走廊土地利用/覆盖变化的景观生态效应: 以肃州绿洲为例[J]. 生态学报, 2004, 24(11): 2535-2541.
- [17] 邹秀萍, 齐清文, 徐增让, 等. 怒江流域土地利用/覆被变化及其景观生态效应分析[J]. 水土保持学报, 2005, 19(5): 147-151.
- [18] Carlson T N, Traci Arthur S. The impact of land use-land cover changes due to urbanization on surface microclimate and hydrology: A satellite perspective [J]. Global & Planetary Change, 2000, 25(1): 49-65.
- [19] 万利, 陈佑启, 谭靖, 等. 土地利用变化对区域生态系统服务价值的影响: 以北京市为例[J]. 地域研究与开发, 2009, 28(4): 94-99.
- [20] 胡和兵, 刘红玉, 郝敬锋, 等. 城市化流域生态系统服务价值时空分异特征及其对土地利用程度的响应[J]. 生态学报, 2013, 33(8): 2565-2576.
- [21] 张蓉珍, 魏志超, 陈西蕊. 西安市土地利用变化及其生态系统服务价值研究[J]. 水土保持研究, 2013, 20(3): 254-256.
- [22] 程琳, 李锋, 邓华锋. 中国超大城市土地利用状况及其生态系统服务动态演变[J]. 生态学报, 2011, 31(20): 6194-6203.
- [23] 彭文甫, 周介铭, 罗怀良, 等. 城市土地利用变化对生态系统服务价值损益估算: 以成都市为例[J]. 水土保持研究, 2011, 18(4): 43-51.
- [24] 谭敏, 褚克坚, 华祖林, 等. 基于LUCC的生态服务价值动态分析及预测: 以徐州市区为例[J]. 水土保持研究, 2014, 21(2): 297-301.
- [25] 茆长宝, 陈勇. 土地利用及其生态服务价值演变的驱动力与预测研究: 以江苏省为例[J]. 水土保持研究, 2010, 17(4): 269-275.
- [26] 王思远, 刘纪远, 张增祥, 等. 近10年中国土地利用格局及其演变[J]. 地理学报, 2002, 57(5): 523-530.
- [27] Costanza R. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997, 387(6630): 3-15.
- [28] 王成, 魏朝富, 邵景安, 等. 区域生态服务价值对土地利用变化的响应: 以重庆市沙坪坝区为例[J]. 应用生态学报, 2006, 17(8): 1485-1489.
- [29] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 189-196.
- [30] 彭建, 蔡运龙, 王秀春. 基于景观生态学的喀斯特生态脆弱区土地利用/覆被变化评价: 以贵州猫跳河流域为例[J]. 中国岩溶, 2007, 26(2): 137-143.