

辽河中下游流域土地利用变化及其生态环境效应

黄方¹, 刘湘南¹, 刘权², 王平¹

(1. 东北师范大学 城市与环境科学学院, 吉林 长春 130024; 2. 清华大学 水文水资源研究所, 北京 100084)

摘要:辽河中下游地区地处东北老工业基地,是我国重要的重工业、能源和商品粮生产基地。基于 TM 卫星遥感数据及调查资料,对辽河中下游流域 1986—2000 年土地利用时空变化特征及其生态效应进行了研究。结果表明,随着人口的增加和经济的发展,流域耕地面积持续扩大,林地、草地、水域面积趋于减少,居民地、工矿、交通等建设用地增加。整个景观斑块数量呈现减少趋势,景观的空间结构趋于简单化。农业用地是平原地区土地利用变化的主体和媒介,主要土地利用转变类型大多与耕地有关。土地利用/覆被变化导致了诸多环境问题如水土流失加剧,水资源短缺、水质恶化,湿地生态功能下降等,使流域生态环境更加趋于脆弱。

关键词: 辽河中下游; 土地利用变化; 区域生态环境效应

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2004)06—0018—04

中图分类号: F301.24; X53

Land Use Changes and Its Effects on Eco-environment in Middle and Lower Reaches of the Liaohe River

HUANG Fang¹, LIU Xiang-nan¹, LIU Quan², WANG Ping¹

(1. School of Urban and Environmental Sciences, Northeast Normal University, Changchun 130024, Jilin Province, China; 2. Institute of Hydrology and Water Resources, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: The middle and lower reaches of the Liaohe River are located in the old industrial region of northeastern China and are important for food production and stockbreeding. Based on multi-temporal remotely sensed data from Thematic Mapper, this research attempted to reveal the spatial-temporal trends in land use and its impact on the eco-environment in middle and lower reaches of the Liaohe River. The results suggest that, in the last 15 years, the area of cultivated land increased and aggregated rapidly, while the area of woodland, grassland and water decreased considerably. The dominant land use change types were the conversion of woodland, grassland and wetland into cultivated land. The dynamic change of land use has had many effects on the local environment, including intensive soil erosion, increasing nitrogen content in the river and biodiversity loss in the region.

Keywords: middle and lower reaches of Liaohe River; land use change; regional ecological consequences

土地利用/土地覆被(LUCC)是当前全球环境变化研究领域的核心研究内容之一^[1-6]。流域作为完整自然地理单元,土地利用/覆被格局变化直接制约着流域内的水文过程、水化学过程、生物过程等自然过程的发生发展。辽河中下游流域地处东北地区南部的老工业基地,位于 121.5°—125.5°E,40.2°—43.1°N 之间,总面积约 7.01 × 10⁴ km²,人口分布较密集,土地开发历史悠久,垦殖率高,是辽宁省和东北地区重要的商品粮基地之一。除沈阳市外,“煤都”抚顺市、“钢都”鞍山市、“煤铁之城”本溪市和“石化之城”辽阳市等重工业城市均位于该区,辽河中下游是

我国经济比较发达的地区之一。近年来,随着区域社会经济的高速发展,辽河中下游地区的土地利用发生了剧烈变化,而不合理开发导致土壤侵蚀速度加快,流域旱涝灾害频率增加,面源污染严重,生态环境向恶化方向发展。本研究利用 Landsat TM 遥感数据,在 GIS 空间分析功能支持下,分析了近 15 a 辽河中下游土地利用变化的时空过程、基本特征和生态环境效应,对深入认识和研究东北老工业基地农业开发及生态环境影响,采取合理的土地管理对策,保障流域的生态安全以促进水土资源可持续利用具有重要意义。

收稿日期:2004-05-24

资助项目:国家自然科学基金项目(30370267); 国家自然科学基金重点基金项目(50139020)

作者简介:黄方(1971—),女(汉族),浙江义乌人,博士,副教授。主要从事资源环境遥感与 GIS 的应用研究。电话:(0431)5098357, E-mail: huangf835@nenu.edu.cn。

1 流域概况

辽河为我国7大江河之一,发源于河北省七老图山脉光头山,流经河北、内蒙古、吉林及辽宁4省区,总流域面积 $2.3 \times 10^5 \text{ km}^2$,总河长1390 km。辽河中下游水系包括辽河干流水系和大辽河水系。辽河干流由东、西辽河于福德店汇合经盘山入海,干流长516 km;大辽河水系包括浑河、太子河,并于三岔河汇流后在营口入海,流经辽宁省的抚顺、沈阳、鞍山、本溪、营口等28个市县,浑河主要支流有苏子河、蒲河,流经沈阳、抚顺。太子河主要支流有细河、北沙河、海城河,流经本溪、辽阳、鞍山市,大辽河长94 km。流域属温带季风气候,冬季多西北风,夏季多东南风,年平均气温 $5 \sim 11$,年内温差较大。年降水量 $500 \sim 1000 \text{ mm}$,集中在6—9月,占全年降雨的71.2%。

研究区位于 $121.5^\circ\text{E} \sim 125.5^\circ\text{E}$, $40.2^\circ\text{N} \sim 43.1^\circ\text{N}$,呈菱形分布在辽宁省的中部,东北部和西北部背靠吉林省和内蒙古自治区,西南部面向辽东湾,土地总面积约为 $7.01 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。地势自北向南缓倾,主要地貌类型为受新华夏系构造第二沉降带控制的冲积平原即辽河平原。东、西两侧为山地丘陵,海拔高度多在500 m左右,少数山峰在1000 m以上。中部辽河平原由巨厚的第四纪冲积层构成,平原南部地势低洼,海拔均在50 m左右;平原北部因下降幅度较小,且受第四纪松辽分水岭上升的影响,形成起伏平缓的漫岗丘陵。主要土壤类型有棕壤、暗棕壤、草甸土、水稻土、滨海盐土以及褐土等。该区土地开发历史悠久,农业发达,是辽宁省重要的商品粮基地。随着近代工业的发展,逐渐形成了以沈阳为中心的城市群,工业城市密集、人口密度大,但地表水量少且时空分布不均,地下水量有限,而工农业等用水过于集中,加上管理不善,水资源十分紧张。

2 数据处理与研究方法

本研究的数据来自于1986年和2000年Landsat TM卫星遥感影像。首先将1986年TM数据与1:100 000地形图配准进行县界的标绘,对TM影像进行假彩色合成、增强和几何校正。根据辽河中下游区域土地利用类型影像特征,建立解译标志。土地利用类型分为耕地、林地、草地、水域、城乡居住建设用地和未利用地6个一级类型和25个二级类型。在ArcView GIS 3.2软件环境下,进行人机交互式影像解译,获得1986年和2000年研究区土地利用解译图,解译的结果以ARC/INFO环境下的COVERAGE文件格式储存。以县级行政单元为最小样方对研究区

进行抽样调查,选择样方内不同土地类型进行解译精度判定,判读准确率均在80%以上。在所建立的土地利用图形数据库的支持下,运用空间统计方法,选取了景观指数如下:面积比重、平均斑块面积、斑块数量等分析景观结构变化特征;斑块密度、多样性、优势度、均匀度等分析异质性变化。其它数据还包括流域界线图、行政区划图、水系图、交通图、水文站分布图、水质监测站点图、土壤侵蚀图、地貌图、DEM,1986—2000年分县社会经济统计数据、流域水文、水质观测数据。

3 辽河中下游流域土地利用变化特征

3.1 土地利用变化幅度与速度

1986—2000年间,辽河中下游地区的土地利用变化幅度较大(见表1)。耕地面积净增加 $85\,028.41 \text{ hm}^2$,林地、草地面积都呈现下降趋势,且以林地缩减最为明显,减少了 $58\,868.01 \text{ hm}^2$ 。水域面积减少 $6\,149.41 \text{ hm}^2$,未利用土地从 $136\,341.50 \text{ hm}^2$ 降到 $121\,885.67 \text{ hm}^2$ 。随着区域经济发展和人口增长,工矿、交通等建设用地趋于增加,净增 $16\,664.58 \text{ hm}^2$ 。按动态度模型计算得到研究区各土地利用类型年变化率(表2)^[7-8]。耕地以0.18%的年变化率缓速上升,其旱地年增长速度达0.95%,受到区域气候和水文的影响,水田年变化率为-1.6%。草地减少的速度高于耕地的增长速度,年变化率为-1.29%,以沼泽湿地为主要类型的未利用地年缩减率达-0.701%。

表1 1986—2000年辽河中下游地区土地利用变化 hm^2

土地类型	2000年	1986—2000年	1986年
耕地	3460881.15	85028.41	3375852.73
林地	2560914.45	-58868.01	2619782.46
草地	130394.42	-31144.44	161538.86
水域	229315.18	-6149.41	235464.59
建设用地	512223.02	16664.58	495558.44
未利用地	121885.67	-14455.89	136341.56

表2 1986—2000年辽河下游地区土地利用动态度 %

耕地	水田	旱地	林地	草地	水域	建设 用地	未利 用地
0.18	-1.61	0.95	-0.15	-1.29	-0.17	0.24	-0.71

3.2 土地利用景观结构变化

辽河中下游流域耕地特别是旱地占据了景观的主导地位,主要分布于流域的中、西部地区,林地、草地、居民点及工矿用地、水域和未利用地可视为耕地上的镶嵌体。林地分布于流域的东部地区辽东山地,

以天然林为主,中部和西部地区主要为农田防护林、疏林地、未成林地,草地零星散布于整个地区,西部地区面积较大。

从各种景观类型的斑块数量、平均斑块面积及面积比重看,1986—2000年,研究区土地利用景观斑块数量呈现减少趋势,由38 712个降为33 313个,而斑块平均面积从197.47 hm²增大到231.63 hm²,景观的总周长降幅达38 822.29 km。各土地利用景观类型变化各具特点,耕地的平均规模从342.42 hm²增大到586.95 hm²,尤以旱地显著,其平均面积增加了300.75 hm²,水田斑块的平均规模由178.39 hm²扩大到275.50 hm²。水田和旱地斑块的分离度指数均降低,呈现空间集中分布的态势。林地斑块的平均面积略有增加,从311.36 hm²增大为343.38 hm²,但在各类林地中,仅疏林地的平均规模扩大,有林地、灌木林地以及果园迹地都趋于萎缩。有林地的分离度指数最大,达到0.289,其斑块在空间上分布最为分散。草地的分离度指数从1986年的0.386增加为2000年的0.452,分散程度明显增强,这主要与草地中仅高覆盖度草地斑块平均规模从257.95 hm²增加为272.14 hm²,而中覆盖度草地和低覆盖度草地斑块被分割破碎,平均面积减小有关。沼泽地和盐碱地斑块平均面

积分别减少了18.51 hm²和16.47 hm²。水域分离度指数从0.189上升为0.194,各类型中以滩涂湿地平均面积降低最为明显,高达1 286.61 hm²。但从整个景观看,多样性、破碎度和优势度均下降,斑块的分维数减小,各类型斑块总体形态变规则,景观面积向少数几种类型集中的趋势明显,景观的空间结构趋于简单化(表3)。

表3 1986—2000年辽河中下游流域景观异质性指数变化

年份	斑块密度	边界密度	分维数	单位周长 斑块数	均匀度	多样性	优势度
1986	0.005	0.044	1.55	0.12	0.48	1.99	5.43
2000	0.004	0.039	1.54	0.11	0.46	1.93	5.19

3.3 土地利用变化的空间趋向性

土地利用变化是区域不同土地利用类型间竞争的表现,各转化类型则反映了土地利用变化的内在过程。对2期土地利用类型图 $A_{i \times j}^k$ 和 $A_{i \times j}^{k+1}$,按照下式的地图代数方法,得到由 k 时期到 $k+1$ 时期的土地利用变化图 $C_{i \times j}$,即:

$$C_{i \times j} = A_{i \times j}^k \times 10 + A_{i \times j}^{k+1}$$
 (土地利用类型小于10时适用),并由此计算土地利用类型相互转化的数量关系转移矩阵(表4)。

表4 1986—2000年各土地利用类型转移特征

项 目	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
耕地	—	14 593.32	1 464.47	4 283.25	14 842.77	1 171.47
林地	75 762.98	2 252.45	6 064.09	711.57	1 145.71	43.24
草地	21 249.74	10 320.28	8.28	160.18	45.15	—
水域	3 038.45	1 095.46	—	7 158.31	1 458.65	74.23
建设用地	407.81	11.93	—	—	—	—
未利用地	12 130.56	8.59	336.14	999.95	756.18	—

注:行表示研究时段内土地利用类型 i 转变为土地利用类型 j 的面积;列表示研究时段内土地利用类型 j 转变为土地利用类型 i 的面积。

20世纪80年代中后期以来,辽河中下游地区土地利用的显著变化过程体现在林地、草地与耕地的相互转化上。耕地增加主要来源于林地和草地,其中75 762.98 hm²的林地砍伐后成为耕地,约21 249.74 hm²的草地被开垦。未利用土地的开发对耕地面积增大的贡献次之,约12 130.56 hm²的未利用土地变为耕地。同时,在1996年以来国家实施退耕还林政策的驱动下,流域生态环境建设活动有一定程度加强,14 593.32 hm²耕地退耕还林,但另有14 842.77 hm²耕地被建设用地占据。各类林地与草地的转换明显,林地净减少面积达57 698 hm²。水域与其它覆被类型的转化主要在耕地、林地和未利用地之间,围湖造田和开垦河滩地使19 260 hm²的湖面和河滩地

变成耕地。近几年降水量持续减少,区域气候趋于干燥,水面缩小,周边土地盐碱化和沼泽化。

4 土地利用变化的区域生态环境效应

辽河中下游流域开发历史悠久,是我国人口密集、工农业生产发达的地区之一。20世纪80年代中期以来,流域经济快速增长,由传统农业向集约化农业大力发展,人均GDP从1986年1 633元增加到2000年11 226元。然而,在经济利益驱动下,人们不合理开发利用自然资源,土地利用/覆被的显著变化导致了诸多环境问题,流域生态环境趋于脆弱,严重阻碍区域经济的可持续发展。

(1) 林地面积缩小,土壤侵蚀日趋严重,河流含沙量不断增加。随着流域内人口的增加,城镇规模逐

渐扩大,较大规模的开荒和采伐活动导致流域内林地面积不断缩小,森林覆盖率显著下降,水土流失非常严重。研究表明,仅1995—2000年,该区土壤侵蚀模数由 $2\,766\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 上升为 $2\,834\text{ t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$,土壤侵蚀量则从 $3.71\times 10^4\text{ t}$ 增加为 $3.91\times 10^4\text{ t}$,净增 $1.96\times 10^4\text{ t}$ ^[9]。下游水库河闸及河道因此严重淤积,河道逐年淤高展宽,辽河干流巨流河至六间房河段,平均每年淤高约10 cm,已成“悬河”。

(2) 水资源短缺,水体污染严重,水质恶化。辽河流域是我国重工业企业集中区域,人口稠密,大城市密布,随着工农业生产对水的需求不断增加,水资源供需矛盾加剧,工业、城镇、农业争水问题突出,全流域缺水达 $2.50\times 10^9\text{ m}^3/\text{a}$,中下游地区则因缺水导致工业产值减少高达 $6.40\times 10^9\text{ 元}/\text{a}$ 。重工业城市群排放的大量工业废水、生活污水使水体丧失自净能力,水体以V类、劣V类水质为主,污染位居7大水系之首,尤以沈阳段、营口段、本溪段污染最为严重。近15 a来中下游地区随着农业生产发展,化肥折纯量和农药施用量分别从 $4.91\times 10^5\text{ t}$ 和 $1.57\times 10^4\text{ t}$ 增加到 $6.46\times 10^5\text{ t}$ 和 $2.20\times 10^4\text{ t}$,与此相应,河流中氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮的含量分别从0.08, 0.052, 0.68 mg/L增加为1.80, 0.19, 1.94 mg/L,流域非点源污染具有逐年加重的趋势。

(3) 湿地面积萎缩,生态功能下降,生物多样性减少。1986—2000年,辽河中下游大面积的农田开发、水利设施建设使土地覆被发生显著变化,约有 $12\,880.65\text{ hm}^2$ 的各类湿地被开发成耕地,其中水田为 $8\,664.50\text{ hm}^2$,加上油田占用和个人承包养鱼等原因,湿地面积缩小,纳洪蓄水的能力下降。动物栖息地的面积逐渐缩小,部分适宜生境丧失,生物多样性受到损失。例如,1985年以前,辽河下游在鸟类迁徙季节常见到3 000~5 000只燕鸭类种群,1990年调查只见到最大的燕鸭类种群仅有300~500只,现在则很难见到^[10]。道路、堤坝及油井的建设对生境造成了分割和干扰作用,又如,赵圈河南部平原水库周围的翅碱蓬草地和白茨(*Nitraria sibirica*)翅碱蓬草地1992年前是黑嘴鸥的繁殖地,由于修建了防潮堤,堤内生境逐渐脱盐化,“白茨堆”退化,翅碱蓬长高增密,黑嘴鸥失去了这片繁殖地^[11]。此外,过量的化肥和农药部分伴随稻田的排水以及油管破裂、井喷等事故造成原油泄露等使湿地生态环境遭受污染,导致适宜生境不断减少。

本文基于已建立的辽河中下游流域资源环境遥感数据库,定量分析了1986—2000年辽河中下游流

域土地利用时空变化特点。研究表明,15 a来,随着人口的增加和经济发展,辽河中下游地区耕地一直呈增长趋势,且空间分布的集中性变强。林地和草地面积都减少,草地的破碎化程度较高。土地利用的显著变化过程体现在林地、草地和未利用地与耕地的相互转化上。分别有 $75\,762.98\text{ hm}^2$ 的林地, $21\,249.74\text{ hm}^2$ 的草地和 $12\,130.56\text{ hm}^2$ 的未利用地被开发为耕地。由于近几年降水量持续减少,区域气候趋于干燥,加上围湖造田和河滩地开垦,水域面积萎缩。不合理的农业开发已经引起辽河中下游流域土壤侵蚀量增加,土壤退化,河流水质恶化和生物多样性减少等生态环境效应,流域生态环境趋于脆弱,亟待采取有效的措施,进行流域生态环境的综合治理。

[参 考 文 献]

- [1] Turner II B L, David Skole, Steven Sanderson. Land use and land cover change: science/ research planning[R]. IGBP Report No. 35, Stockholm, 1995.
- [2] Riebsame W E. Modeling land use and cover as a part of global environmental change[M]. Climatic Change, 1994, 28.
- [3] IGBP & IHDP. Land-use and land-cover change: science/ research plan[R]. IGBP Report No. 35 & HDP Report No. 7, 1995.
- [4] NASA. Modeling land-use and land-cover changes in Europe and Northern Asia[Z]. NASA, 1999 Research Plan. USA: Houston, 1998.
- [5] Reid R S, Kruska R L, Muthui N, et al. 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: 339—355.
- [6] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域. 土地利用/ 土地覆盖变化的国际研究方向[J]. 地理学报, 1996, 51(6): 553—557.
- [7] 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): 81—87.
- [8] 黄方,刘湘南,叶宝莹,等. 松嫩平原西部生态脆弱区土地利用时空变化研究[J]. 东北师大学报(自然科学版), 2002, 34(1): 105—110.
- [9] 刘权. 辽河中下游流域土地利用/ 覆盖变化及其水环境影响研究[D]. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 2003.
- [10] 罗宏宇,黄方,张养贞. 辽河三角洲沼泽湿地时空变化及其生态效应[J]. 东北师大学报(自然科学版), 2003, 35(2): 100—105.
- [11] 王凌,李秀珍,胡远满,等. 用空间多样性指数分析辽河三角洲野生动物生境的格局变化[J]. 应用生态学报, 2003, 14(12): 2176—2180.