

松花江流域哈尔滨段土地利用时空格局演变特征分析

龚文峰¹, 孔 达¹, 范文义^{2*}, 王笑峰¹

(1. 黑龙江大学水利水电学院, 哈尔滨 150086; 2. 东北林业大学林学院, 哈尔滨 150040)

摘 要: 利用 1996 年、2005 年 Landsat TM/ETM+遥感影像和野外调查数据, 运用 ArcGIS 分析土地利用变化, 并基于 DEM 探究松花江流域哈尔滨段土地利用空间格局的时空演变。结果表明: 区域土地利用空间位置转换面积小于其数量变化, 土地利用变化面积大小顺序为: 林地>耕地>草地>水域>未利用地>建设用地; 土地利用转化过程以耕地-林地、草地-林地和未利用地-林地为主, 其中耕地-林地相互转换最为剧烈, 林地、水域和建设用地具有较高的保留率, 草地、未利用地和耕地具有较高的转换率; 海拔 300~600 m、坡度大于 25° 的区域, 以林地-耕地和草地-耕地为主, 局部存在滥垦草地、毁林开荒等现象。该区域是黑龙江省重要粮食产区, 此研究有助于加强土地资源的保护和实施退耕还林、还草等农林复合经营措施, 对缓解人地矛盾、实现土地资源合理利用及维持区域生态平衡具有重要意义。

关键词: 土地利用, 遥感, 时空演变, 空间格局

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.08.045

中图分类号: F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-8-0249-07

龚文峰, 孔 达, 范文义, 等. 松花江流域哈尔滨段土地利用时空格局演变特征分析[J]. 农业工程学报, 2009, 25(8): 249—255.

Gong Wenfeng, Kong Da, Fan Wenyi, et al. Characteristic analysis of spatio-temporal pattern evolution of land use in Harbin region of Songhuajiang watershed[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(8): 249—255. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

土地利用是人类依据一定的社会经济目的, 利用和改造土地资源获取生产生活资料的活动^[1], 具有显著的空间和时间特点, 是目前研究的热点和前沿领域^[2-4]。地形作为自然环境中的重要因素, 是土地利用空间分布的重要影响因子, 其空间特征影响着土地利用时空格局的演变过程^[5-7]。土地利用时空格局演变的实质是人类为满足社会经济发展需要, 不断调配各种土地利用的过程, 反映了人类利用土地进行生产、生活活动的发展趋势^[8-10]。当前研究多从人文因素方面探讨土地利用格局的演变及其驱动力^[11-18], 而以自然环境背景方面^[19], 特别是基于数字高程模型 (DEM) 来研究自然因子与土地利用格局相互关系还相对较少, 土地利用时空格局演变与地形因子间相互关系的研究则相对更少, 加之目前对松花江流域土地利用时空演变的深入研究很少。

因此, 基于 DEM 提取高程、坡度及坡向并利用 RS、GIS 研究 1996、2005 年松花江流域哈尔滨段土地利用时空演变, 掌握土地利用变化的数量、时空模式及变化趋势, 探讨土地利用空间格局的地形时空演变特征, 揭示土地利用空间分布规律及其与地形因子的相互关系, 实

现不同地形上土地利用的合理布局, 以期为土地管理决策、制止不合理的开发利用和生态环境建设提供理论支持^[19-21]。同时对流域水土流失治理、生态安全保护、东北黑土区水土流失的防治规划和建立适宜区域生态环境经济增长模式以及实施退耕还林、还草等农林复合经营措施都具有重要意义。

1 研究区概况及研究方法

1.1 研究区域

松花江流域哈尔滨段位于黑龙江省中南部, 地处东经 125°40'17"~129°33'2", 北纬 45°12'6"~49°40'18", 研究区域为东部中低山丘陵而西部为平原, 地势总趋势是东高西低, 年平均气温 2.5~4.0℃, 年平均无霜期 110~150 d, 年降水量 400~600 mm, 年积温在 2 500~3 100℃, 土地肥沃、地域辽阔、人口相对较少, 适宜发展农业生产, 是重要的粮食生产基地。

1.2 研究方法

1.2.1 基于 DEM 的高程、坡度和坡向分级

地形是决定土地利用的重要环境因子^[19], 地形因子影响光、热、水、土的分布状况, 从而直接或间接地影响土地利用的空间格局^[22-23]。因此, 基于 DEM 高程、坡度和坡向的分级应体现区域土地利用地形特征。

高程分级的基本原则是数据间隔相等^[13]。本研究按照 300 m 间隔分为 4 级 (表 1)。

坡度对土地利用也有着重要的影响^[24]: 小于 6° 的坡地, 可以作为农用旱地或牧草地; 大于 6° 的坡地, 易产生强烈的侵蚀, 采用水保耕作法等水保措施; 25° 是退耕还林还牧界限; 沟坡地的地面坡度大部分在 35° 以上, 该类土地应以种草造林为主要利用方式, 以保护边坡的稳

收稿时间: 2009-03-23 修订日期: 2009-05-06

项目基金: 国家“863”项目(2006AA12Z104); 黑龙江自然科学基金 (C2007-17); 黑龙江教育厅项目(11531294)

作者简介: 龚文峰 (1976—), 男, 河南南阳人, 博士, 主要从事遥感与 GIS、生态环境变化遥感监测与土地利用等方面的研究。哈尔滨 黑龙江大学水利水电学院, 150086。Email: gwf101@163.com

*通讯作者: 范文义 (1965—), 教授, 博士生导师, 从事 3S 技术应用的研 究。哈尔滨 东北林业大学林学院, 150040。Email: fanwy@163.com

定性; 45°是植树造林的上限。本研究将坡度分为平缓坡、缓地、斜坡、缓陡坡和陡坡 5 级 (表 2)。

对于地面任何一点来说, 坡向表征了该点高程值改变量的最大变化方向。在输出的坡向数据中, 坡向值有如下规定: 正北方向为 0°, 顺时针方向计算, 取值范围为 0~360°。本文将坡向分为平缓坡、阳坡、半阳坡、阴坡、半阴坡 5 级 (表 3)。

表 1 研究区域高程分级
Table 1 Classification of elevation in study region

高程级别	高程/m	面积/km ²	比例/%
第一级	<300	26 828.350	92.812
第二级	300~600	1 934.469	6.692
第三级	>600~900	140.780	0.487
第四级	>900	2.446	0.009

表 2 研究区域坡度分级
Table 2 Classification of slope in study region

坡度分级	坡度/(°)
平缓坡	0~6
缓坡	>6~15
斜坡	>15~25
缓陡坡	>25~35
陡坡	>35~90

表 3 研究区域坡向分级
Table 3 Classification of aspect in study region

坡向分级	坡向/(°)
平缓坡	-1和0
阳坡	>157.5~247.5
半阳坡	>112.5~157.5 >247.5~292.5
阴坡	0~67.5 >337.5~360
半阴坡	>67.5~112.5 >292.5~337.5

1.3 处理方法

1.3.1 图件配准及影像解译

以 1:5 万地形图为基础, 在 ERDAS IMAGINE 9.2 遥感图像处理软件中, 选择高斯-克吕格投影 (TMGKN22), 采用二次多项式纠正方法对 1996 (6 月 15)、2005 年 (8 月 27) Landsat TM/ ETM+图像进行几何校正 (平均误差小于 0.5 个像元), 并对图像的进区域裁剪。以《中国土地分类系统》(2001) 为标准, 在 ArcGIS9.2 环境下结合土地利用现状和野外调查资料对影像进行解译并数字化, 建立空间拓扑关系, 生成土地利用的数据库。土地利用方式分为耕地 (水田和旱田)、林地 (有林地、灌木林和疏林地)、草地、水域 (河流、湖泊和水库池塘)、建设用地 (城乡工矿居民用地和其他建设用地) 和未利用地 (沙地、沼泽等) 6 个一级类型。

1.3.2 DEM 的生成及其分级

对 1:5 万地形图进行扫描、影像二值处理与细化、几何纠正 (TMGKN22)、矢量化、数据接边、构建不规

则三角网 (TIN) 等处理, 在 ArcGIS 平台下, 把 TIN 转为规则格网的 GRID 格式, 建立 DEM 模型, 完成高程、坡度、坡向的分级并生成相应专题图, 将土地利用时空变化数据与各地形专题进行叠加分析, 获取土地利用时空演变的地形特征。

2 结果与分析

2.1 土地利用的时空转换

土地利用时空转换包括各土地利用类型的空间位置转换和数量变化两个方面^[25]。空间位置转换是指研究区域内土地利用类型的空间位置发生的转移, 土地利用类型的空间位置转换不会引起相应土地利用类型面积的数量变化^[26]。数学表达式为

$$S_j = 2 \times \min(P_{j+} - P_{jj}, P_{+j} - P_{jj}) \quad (1)$$

式中: S_j ——地类 j 发生空间位置转换的面积; P_{j+} 、 P_{+j} ——研究区域 1996 年和 2005 年地类 j 的面积; P_{jj} ——没有发生变化的面积。

数量变化是指转入和转出相抵后, 各土地利用类型面积的增加或减少。数学表达式为

$$Q_j = \max(P_{j+} - P_{jj}, P_{+j} - P_{jj}) - \min(P_{j+} - P_{jj}, P_{+j} - P_{jj}) \quad (2)$$

式中 Q_j ——地类 j 面积的数量变化, 其中地类 j 的总变化的计算公式为

$$C_j = S_j + Q_j \quad (3)$$

式中 C_j ——地类 j 的总变化。

对研究区域两期土地利用数据分析得知 (图 1 和表 4), 土地利用类型以林地、耕地和草地为主, 三者面积之和在各时期均占总面积的 87% 以上, 这种特征决定了该区域以农林牧业生产为主的特点。林地和水域面积增加, 年变化率为 1.314%和 3.068%, 水域面积增加归于 2005 年受季节降水影响; 耕地、草地和未利用地的年变化率分别为-1.356%、-5.308%和-1.568%; 就变化形式而言, 未利用地和建设用地发生空间位置转换的面积大于其数量增加的面积, 其余各地类的数量变化皆不同程度地小于其空间位置转换的面积。可见, 整个地区土地利用的空间位置转换面积小于其数量变化, 基本反应了土地利用情况: 耕地减少, 林地增加, 草地和未利用地 (沼泽地) 部分被水域淹没而减少, 致使其大面积的空间位置转换。

表 4 各土地利用类型的空间位置转换及数量变化
Table 4 Swap and quantity change of individual land use categories

类 型	1996年 面积/km ²	2005年 面积/km ²	变化量	年变化 率/%	总变化	空间位 置转换	数量 变化
林地	13 240.332	14 632.191	1 391.859	1.314	2 117.963	726.104	1 391.859
耕地	11 338.605	10 108.4	-1 230.21	-1.356	1 629.413	399.208	1 230.205
草地	1 018.935	586.282	-432.653	-5.308	795.553	362.9	432.653
水域	1 489.529	1 855.164	365.635	3.068	524.549	158.914	365.635
建设用地	1 125.047	1 117.404	-7.643	-0.085	95.837	88.194	7.643
未利用地	693.597	606.604	-86.993	-1.568	356.561	269.568	86.993
合计	28 906.045	28 906.045	0		5 519.876	2 004.888	3 514.988

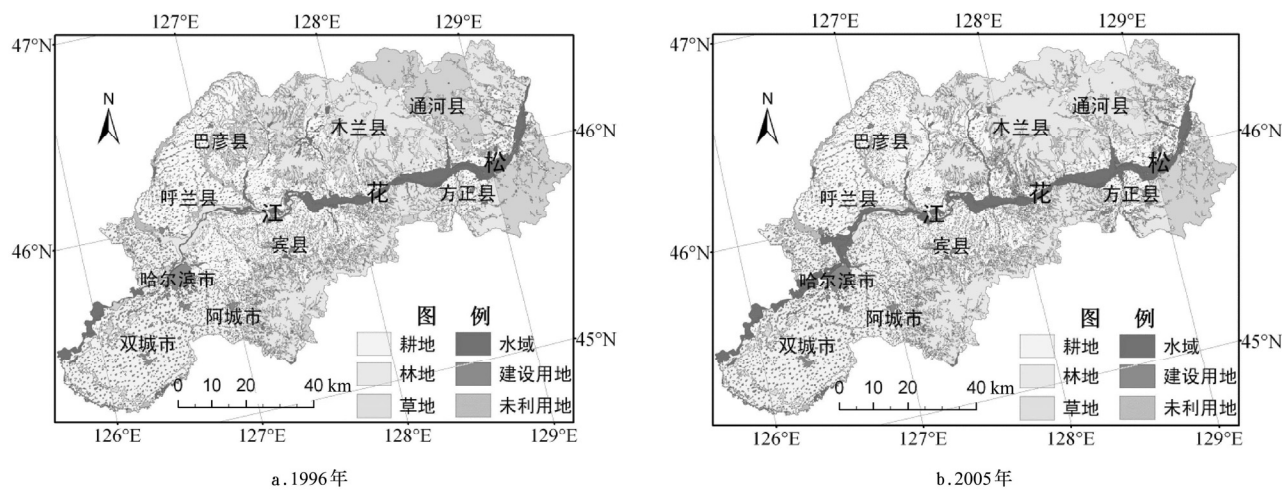


图 1 松花江流域哈尔滨段不同时期土地利用状况

Fig.1 Land use situation in Harbin region of Songhuajiang watershed in different years

利用马尔科夫模型研究和分析土地利用空间变化过程（表 5）：林地、水域和建设用地具有较高的保留率，草地、未利用地和耕地具有较高的转换率。林地增加主要源于草地、未利用地和耕地的转化，反映人类活动正深刻影响着土地利用类型，其驱动机制主要归功于政策导向和当地居民觉悟的提高，反映出“退耕还林”政策的作用，侧面表明不同时期农业政策和需求的驱动影响；草地和未利用地（沼泽地）是耕地的主要转换来源，随着人口的增加和城镇化进程的加速，农牧业快速扩张，在经济利益的驱使下，对未利用地（沼泽湿地）和草地开发改造和耕作，造成草地和沼泽湿地减少，人为因素致使土地利用结构和生态过程中造成生态环境退化；草地主要由未利用地（沼泽）转化而来。

表 5 土地利用状态转移概率矩阵

Table 5 Conversion probability matrix of land use situation of study area in 1996 and 2005 %

1996 年	2005 年					
	林地	耕地	草地	水域	建设用地	未利用地
林地	97.258	0.958	0.339	0.659	0.263	0.523
耕地	7.999	87.39	0.974	3.100	0.039	0.498
草地	56.091	3.522	39.731	0.108	0.354	0.194
水域	3.734	0.898	0.230	94.666	0.025	0.447
建设用地	3.779	0.232	0.494	0.068	95.401	0.026
未利用地	25.705	3.020	2.465	0.648	0.137	68.025

2.2 基于地形因子的动态分析

2.2.1 基于高程分级的土地利用时空变化分析

将高程分级叠合土地利用变化并进行统计分析（表 1 和 6），1996—2005 年土地利用变化主要集中在 0~<300 m 高程级别上，占总变化量的 99.344%，其次是 300~600 m，而>600~900 m 高程级别仅占 0.03%。各高程级别相对变化量差异显著归因于各高程级别面积存在明显的差异，0~<300 m 高程级别所占的比例最大，处于绝对优势地位，故其土地利用变化量显著偏高，而其它高程级别的比例较小且土地利用相对变化量较低。

在海拔 0~<300 m 内变化最显著的是耕地，林地和耕地相互转换剧烈，耕地转变林地占总变化量的 51.471%，耕地—林地比林地—耕地多 788.989 km²，致使林地面积不断集中而且扩大。虽然耕地—林地表明该区域的土地利用趋向合理化，但由于该区域是人们生活、从事农业生产活动和水土流失的集中区，因此发展经济的同时，要继续推行“退耕还林”政策，加强土地利用格局的优化配置，建立合理利用的黑土地生态系统；其次变化显著的是草地，草地转变林地占 20.706%，草地—林地体现人们对荒草地的改造和利用，但对于草地而言，今后一方面要控制畜牧数量，减轻草地的承载力，另一方面要加

表 6 1996—2005 年土地利用时空变化高程统计

Table 6 Elevation statistics of land use spatio-temporal changes in different sub-zones from 1996 to 2005 km²

土地变化	高程分级/m			
	<300	300~600	>600~900	>900
林地-耕地	116.871	9.878	0	0
林地-草地	44.681	0.229	0	0
林地-水域	87.188	0	0	0
林地-建设用地	34.826	0	0	0
林地-未利用地	69.361	0	0	0
耕地-林地	905.860	1.211	0	0
耕地-草地	110.246	0.262	0	0
耕地-水域	351.489	0	0	0
耕地-未利用地	56.480	0	0	0
草地-林地	571.478	0.084	0	0
草地-耕地	30.671	5.150	0.064	0
水域-林地	55.652	0	0	0
水域-耕地	13.357	0	0	0
水域-未利用地	6.636	0	0	0
建设用地-林地	41.609	0.888	0	0
未利用地-林地	178.215	0	0	0
未利用地-耕地	20.934	0	0	0
未利用地-草地	16.797	0.282	0	0
未利用地-水域	4.502	0	0	0

大改良天然草地和治理退化草地的力度；此外，耕地—水域和未利用地—林地也是该高程带土地转化的主要轨迹，其中耕地—水域，则主要反映了自然环境变化对土地利用时空演变过程的驱动；未利用地—林地则主要归功于“天保工程”、松花江流域“生态环境综合治理”等多项生态修复工程的推行，区域生态环境趋向好的方向发展。在 300~600 m 高程带，林地—耕地和草地—耕地为主要转化类型，随着人口增长、城镇化进程的加速和城镇居民点的扩展，对耕地需求不断扩大，土地压力过重，土地利用趋向不合理（滥垦草地、毁林开荒等），但变化量相对较小，说明地形和气候等条件在一定程度上降低了土地的利用强度；在 >600~900 m 高程带，草地—耕地为主要转化类型。

2.2.2 基于坡度分级的土地利用时空变化分析

应用 GIS 的空间分析功能叠加并分析坡度分级和土地利用变化数据（表 7），土地利用变化随着坡度的增加而减少，变化主要集中在坡度小于 25°的区域，占总变化量的 99.991%，处于绝对的优势地位。其中，平坡上（≤6°）变化量最多，占 96.838%，缓坡和斜坡次之，分别占 2.831%和 0.322%。对平坡而言，土地利用时空转化主要集中在耕地—林地、草地—林地、耕地—水域、未利用地—林地、耕地—草地和林地—耕地，其中耕地—林地的变化量最大，其次是草地—林地，说明该区域生态环境有所改善，主要归功于“退耕还林”、“退耕还草”和“生态恢复”工程的推行，由于该区域是主要的黑土地耕作区，容易发生土壤侵蚀，是今后水土流失治理的重点，因此要继续推行积极的农业政策和生态恢复重建工作，进而形成相对稳定的生态结构和生态功能。>6°~

15°的区域，林地—耕地和耕地—林地相互交换相对剧烈，其次是草地—林地，对该区域的坡耕地而言，>6°~8°的通过修建梯田和地埂植物带控制水土流失，建设基本农田；>8°~15°的通过坡面工程整地后退耕还林，因地制宜营造水土保持林、用材林、经济林等^[27]。>15°~25°的区域，主要进行林地—耕地和草地—耕地的转换，说明该区域局部存在着滥垦草地、毁林开荒等现象。对于大于 25°的陡坡上仍有林地—耕地和草地—耕地的转换，需要进一步加大林业监督管理，制止不合理的开发利用活动，禁止垦种，以实现土地资源的合理利用。

2.2.3 基于坡向分级的土地利用时空变化分析

在 ArcGIS 的支持下，将土地利用变化与坡向分级进行叠加，得到土地利用时空变化与坡向关系的关系数据（表 8）。土地时空变化主要集中在平缓坡上，占总变化量的 37.814%，松花江流域是东北与西南坡流向，且平缓坡占据最大的比例，为 26.572%，故该区域土地变化量大且转换频率快；其次是半阴坡和阴坡，占 17.524%和 16.502%。就平缓坡而言，耕地—林地、耕地—水域、草地—林地和未利用地—林地等为其主要转化类型，其转化量要大于其它坡向上的数量。阳坡、半阳坡、阴坡和半阴坡上，耕地—林地、耕地—水域、草地—林地和未利用地—林地为主要转换类型。耕地—林地在阴坡和半阴坡上的面积要比阳坡和半阳坡上多 102.816 km²，阳坡和半阳坡主要受太阳辐射能量的分配和土壤水分的再分布不同，水热条件较好，便于人类从事农业生产活动。因此，在经济利益驱使下和耕地压力过重的情况下，部分“退耕还林”等生态措施主要侧重于阴坡和半阴坡。草地—林地和未利用地—林地在阴坡和半阴坡上的转化

表 7 1996-2005 年土地利用时空变化坡度统计

Table 7 Slope statistics of land use spatio-temporal changes in different sub-zones from 1996 to 2005 km²

土地变化	坡度分级/(°)				
	0~6	>6~15	>15~25	>25~35	>35~90
林地-耕地	96.932	25.437	4.264	0.111	0.006
林地-草地	43.144	1.632	0.131	0.002	0
林地-水域	86.884	0.289	0.014	0	0
林地-建设用地	34.791	0.034	0	0	0
林地-未利用地	68.338	0.980	0.042	0	0
耕地-林地	886.278	19.919	0.859	0.016	0
耕地-草地	104.257	5.749	0.497	0.005	0
耕地-水域	350.887	0.381	0.207	0.012	0
耕地-未利用地	54.801	1.454	0.216	0.009	0
草地-林地	559.204	11.856	0.491	0.012	0
草地-耕地	30.491	4.243	1.122	0.032	0
水域-林地	55.091	0.473	0.085	0.002	0
水域-耕地	12.851	0.410	0.090	0.006	0
水域-未利用地	6.636	0	0	0	0
建设用地-林地	40.934	1.425	0.138	0	0
未利用地-林地	176.847	0.972	0.351	0.014	0.031
未利用地-耕地	19.762	1.090	0.079	0.003	0
未利用地-草地	15.661	1.183	0.228	0.001	0.006
未利用地-水域	4.497	0.005	0	0	0

表 8 1996-2005 年土地利用时空变化坡向统计

Table 8 Aspect statistics of land use spatio-temporal changes in different sub-zones from 1996 to 2005 km²

土地变化	坡向分级/(°)				
	平缓坡	阳坡	半阳坡	阴坡	半阴坡
林地-耕地	20.312	29.202	26.827	26.268	24.140
林地-草地	21.806	4.633	5.931	6.917	5.622
林地-水域	49.829	8.652	8.629	9.469	10.608
林地-建设用地	11.041	4.537	4.849	6.264	8.134
林地-未利用地	31.078	4.967	6.695	11.957	14.664
耕地-林地	282.711	116.682	144.090	171.690	191.898
耕地-草地	44.368	13.763	14.693	19.033	18.652
耕地-水域	231.023	35.043	31.988	20.823	32.510
耕地-未利用地	31.174	5.238	4.511	4.453	11.104
草地-林地	148.030	100.840	106.501	112.373	103.819
草地-耕地	6.926	7.859	8.066	6.899	6.136
水域-林地	25.650	9.555	5.630	7.947	6.869
水域-耕地	3.668	0.347	0.302	1.047	7.993
水域-未利用地	3.929	0.475	0.577	0.428	1.228
建设用地-林地	11.731	10.756	8.840	6.289	4.882
未利用地-林地	99.592	11.070	16.615	28.999	21.939
未利用地-耕地	4.080	1.364	4.314	6.085	5.091
未利用地-草地	5.055	2.008	2.874	4.130	3.011
未利用地-水域	2.458	0.096	0.321	0.331	1.295

面积要比阳坡和半阳坡分别多 8.851 和 23.253 km², 表明土地利用时空变化中坡向具有显著的特征。

3 结 论

基于 DEM 定量分析 1996—2005 年研究区域土地利用在高程、坡度和坡向的时空演变。结果表明: 整个地区土地利用的空间位置转换面积小于其数量变化, 基本反应了区域的土地利用情况; 林地、水域和建设用地具有较高的保留率, 草地、未利用地和耕地具有较高的转换率。

土地利用变化主要集中在 0~<300 m 高程级别, 林地和耕地相互转换剧烈; 海拔 300~600 m, 林地—耕地和草地—耕地为主要转换类型; 海拔>600~900 m, 草地—耕地是主要转化类型, 局部地区仍有滥垦草地、毁林开荒等现象的存在, 但变化量相对较小; 随着海拔高度的增加, 地形地貌、气候条件等都不利于人们从事农业生产活动, 在一定程度上降低了对土地的利用强度。

土地利用时空变化随着坡度的增加而减少, 变化主要集中在坡度小于 25°的区域。平坡(<6°)土地利用变化量最多; 坡度>6°~15°区域, 林地—耕地和耕地—林地相互交换相对剧烈, >6°~8°坡耕地通过修建梯田和地埂植物带控制水土流失, 建设基本农田; >8°~15°通过坡面工程整地后退耕还林, 因地制宜营造水土保持林、用材林、经济林等; 大于 25°的陡坡上仍有林地—耕地和草地—耕地的转换。

土地时空变化主要集中在平缓坡上, 以耕地—林地、耕地——水域、草地——林地和未利用地——林地等转换为主, 在阴坡和半阴坡上的转化面积要比阳坡和半阳坡多。

[参 考 文 献]

- [1] 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.
Luo Weijian, Wang Kelin, Liu Ming. Research progress on impact of land use and its pattern change on eco-environment[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2003, 11(2): 150—152. (in Chinese with English abstract)
- [2] Verhnrng P H, Veldkamp T A, Boumx J. Land use change under condition of high population pressure: the case of Java[J]. Global environmental change, 1999, 9: 303—312.
- [3] 于兴修, 杨桂山. 中国土地利用/覆被变化研究的现状和问题[J]. 地理科学进展, 2002, 21(1): 51—57.
Yu Xingxiu, Yang Guishan. The advances and problems of land use and land cover change research in China[J]. Progress in Geography, 2002, 21(1): 51—57. (in Chinese with English abstract)
- [4] 陆云阁, 许月卿, 蔡云龙. 基于遥感技术和 GIS 的小流域土地利用/覆被变化分析[J]. 地理科学进展, 2005, 24(1): 79—86.
Lu Yunge, Xu Yueqing, Cai Yunlong. Analysis on land use/land cover changes of small drain basin based on RS and GIS[J]. Progress in Geography, 2005, 24(1): 79—86. (in Chinese with English abstract)
- [5] 喻红, 曾辉, 江子瀛. 快速城市化地区景观组分在地形梯度上的分布特征研究[J]. 地理科学, 2001, 21(1): 64—69.
Yu Hong, Zeng Hui, Jiang Ziying. Study on distribution characteristics of landscape elements along the terrain gradient[J]. Scientia Geographica Sinica, 2001, 21(1): 64—69. (in Chinese with English abstract)
- [6] 邱扬, 傅伯杰, 王军, 等. 黄土丘陵小流域土地利用的时空分布及其与地形因子的关系[J]. 自然资源学报, 2003, 18(1): 20—29.
Qiu Yang, Fu Bojie, Wang Jun, et al. Spatiotemporal distribution of land use in relation to topography in a gully catchments of the Loess Plateau, China[J]. Journal of Natural Resources, 2003, 18(1): 20—29. (in Chinese with English abstract)
- [7] 孙丽, 陈焕伟, 潘家文. 运用 DEM 剖析土地利用类型的分布及时空变化[J]. 山地学报, 2004, 22(6): 762—766.
Sun Li, Chen Huanwei, Pan Jiawen. Analysis of the land use spatiotemporal variation based on DEM-Beijing Yanqing County as an Example[J]. Journal of Mountain Science, 2004, 22(6): 762—766. (in Chinese with English abstract)
- [8] 刘彦随, 陈百明. 中国可持续发展问题与土地利用/覆被变化研究[J]. 地理研究, 2002, 21(3): 324—330.
Liu Yansui, Chen Baiming. The study framework of land use/cover change based on sustainable development in China[J]. Geographical Research, 2002, 21(3): 324—330. (in Chinese with English abstract)
- [9] 蔡运龙. 土地利用/土地覆被变化研究: 寻求新的综合途径[J]. 地理研究, 2001, 20(6): 645—652.
Cai Yunlong. A study on land use/cover change: The need for a new integrated approach[J]. Geographical Research, 2001, 20(6): 645—652. (in Chinese with English abstract)
- [10] 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.
Wang Xiulan, Bao Yuhai. Study on the methods of land use dynamic change research[J]. Progress in Geography, 1999, 18(1): 81—87. (in Chinese with English abstract)
- [11] 赵筱青, 杨树华, 易琦, 等. 怒江小流域土地利用变化及人文驱动力分析-以茶山小流域为例[J]. 热带地理, 2005, 25(3): 215—219.
Zhao Xiaqing, Yang Shuhua, Yi Qi, et al. A study on the driving forces of land use changes in a small watershed of the Nujiang[J]. Tropical Geography, 2005, 25(3): 215—219. (in Chinese with English abstract)
- [12] 王玉华, 刘彦随, 周应华. 沿海发达地区土地利用转换的人文驱动机制研究[J]. 地理科学进展, 2004, 23(2): 43—50.
Wang Yuhua, Liu Yansui, Zhou Yinghua. Analysis of human driving forces underlying land use conversion in coastal developed regions[J]. Progress in Geography, 2004, 23(2): 43—50. (in Chinese with English abstract)
- [13] 甄霖, 谢高地, 杨丽, 等. 泾河流域土地利用变化驱动力及其政策的影响[J]. 资源科学, 2005, 27(4): 33—37.
Zhen Lin, Xie Gaodi, Yang Li, et al. Spatiotemporal changes of land use in Jinghe watershed[J]. Resources Science, 2005, 27(4): 33—37. (in Chinese with English abstract)
- [14] 贡璐, 潘晓玲, 师庆东, 等. 塔里木河上游土地利用格局

- 变化及其影响因子分析[J]. 资源科学, 2005, 27(4): 71—75.
- Gong Lu, Pan Xiaoling, Shi Qingdong, et al. Land use pattern and influential factors in the upper reaches of Tarim River[J]. Resources Science, 2005, 27 (4): 71—75. (in Chinese with English abstract)
- [15] Xie Yichun, Yu Mei, Tian Guangjin, et al. Socio-economic driving forces of arable land conversion: A case study of Wuxian City, China[J]. Global Environmental Change, 2005, 15(3): 238—252.
- [16] Liu Jiyuan, Liu Mingliang, Zhuang Dafang, et al. Study on spatial pattern of land use change in China during 1995-2000[J]. Science in China, 2003, 46(4): 373—384.
- [17] Wang Xiuhong, Zheng Du, Shen Yuancun. Land use change and its driving forces on the Tibetan Plateau during 1990-2000[J]. Catena, 2008, 72(1): 56—66.
- [18] Liu J Y, Zhan, J Y, Deng X Z. Spatio-temporal patterns and driving forces of urban land expansion in China during the Economic Reform Era[J]. Ambio, 2005, 34 (6): 450—455.
- [19] 崔卫国, 文倩, 刘艳艳. 基于 DEM 的醴陵市土地利用空间格局分析[J]. 资源科学, 2008, 30(2): 228—234.
- Cui Weiguo, Wen Qian, Liu Banyan. Analyzing spatial pattern of land use in Liling city based on DEM[J]. Resources Science, 2008, 30(2): 228—234. (in Chinese with English abstract)
- [20] 王瑞燕, 赵庚星, 周伟, 等. 土地利用对生态环境脆弱性的影响评价[J]. 农业工程学报, 2008, 24(12): 215—229.
- Wang Ruiyan, Zhao Gengxing, Zhou Wei, et al. Assessment of the impacts of land use on regional ecological environmental vulnerability[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2008, 24(12): 215—220. (in Chinese with English abstract)
- [21] 伍星, 沈珍瑶. 长江上游地区土地利用/覆被和景观格局变化分析[J]. 农业工程学报, 2007, 23(10): 86—92.
- Wu Xing, Shen Zhenyao. Analysis of the changes of land use /cover and landscape pattern in the upper reaches of the Yangtze River[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007, 23(10): 86—92. (in Chinese with English abstract)
- [22] 沈泽昊, 张金发, 岳超, 等. 南水北调中线水源区土地利用/土地覆被的空间格局[J]. 地理学报, 2006, 61(6): 633—644.
- Shen Zehao, Zhang Jinfa, Yue Chao, et al. The spatial pattern of land use /land cover in the water supplying of the Middle-Route of the South-to-North water diversion project[J]. Acta Geographica Sinica, 2006, 61(6): 633—644. (in Chinese with English abstract)
- [23] Chen L D, Wang J, Fu B J, et al. Land Use change in a small catchment of Northern Loess Plateau China[J]. Agriculture Ecosystem and Environment, 2001, 86(2): 163—172.
- [24] 黎景良, 后斌, 危双峰, 等. 基于 DEM 的广东省山区土地利用变化分析[J]. 测绘通报, 2007, (6): 53—57.
- Li Jingliang, Hou Bin, Wei Shuangfeng, et al. A study of land use/ cover change in mountain area of Guangdong based on the DEM data[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2007, (6): 53—57. (in Chinese with English abstract)
- [25] 潘竟虎. 近 15 年来长江源区土地利用变化及其生态环境效应[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(3): 310—315.
- Pan Jinghu. Land use change and its impact on the eco-environment in the source region of the Yangtze river during the past 15 years[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2005, 14(3): 310—315. (in Chinese with English abstract)
- [26] 张永民, 赵士洞. 科尔沁沙地及其周围地区土地利用的时空动态变化研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15(3): 429—431.
- Zhang Yongmin, Zhao Shidong. Temporal and spatial change of land use in Horqin Desert and its outer area[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(3): 429—431. (in Chinese with English abstract)
- [27] 刘宝元, 阎百兴, 沈波, 等. 东北黑土区农地水土流失现状与综合治理对策[J]. 中国水土保持科学, 2008, 6(1): 1—8.
- Liu Baoyuan, Yan Baixing, Shen Bo, et al. Current status and comprehensive control strategies of soil erosion for cultivated land in the Northeastern black soil area of China[J]. Science of Soil and Water Conservation, 2008, 6(1): 1—8. (in Chinese with English abstract)

Characteristic analysis of spatio-temporal pattern evolution of land use in Harbin region of Songhuajiang watershed

Gong Wenfeng¹, Kong Da¹, Fan Wenyi^{2*}, Wang Xiaofeng¹

(1. College of Hydraulic and Electrical Engineering, Heilongjiang University, Harbin 150086, China;

2. College of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract: Based on the data of Landsat TM/ETM+ and field data in 1996 and 2005, land use changes were analyzed by ArcGIS, and the spatio-temporal changes of the land use pattern in Harbin region of Songhuajiang watershed were

investigated. The results showed that: the spatial position conversion area of the land use was less than its quantitative change. The area order of land use changes was forestland>cultivated land>grassland>water body>unused land>construction land. The dynamic conversion process of land use was dominated by cultivated land-forestland, grassland-forestland and unused land-forestland, where the interconversion of cultivated land-forestland was at high frequency. The forestland, water area and construction land had high retention rates, and the grassland, unused land and cultivated land had high conversion rates. The forestland-cultivated land and grassland-cultivated land were main land conversion types in the area of 300–600 m above sea level, where the slope is greater than 25° , and overuse grassland and deforestation also existed. Because the research area was the main area of crop for food in Heilongjiang province, the dynamics of the spatio-temporal pattern of land use is helpful to reinforce the protection of land resource and to enforce the agro-forestry policies of reusing farmland for forestland and grassland and forestland. This research is also important in releasing the conflict between human and the fields, and it is meaningful to the sustainable development of land resources in order to keep the ecological balance of the studied region.

Key words: land use, remote sensing, spatio-temporal changes, spatial pattern