

永定河流域典型区土地利用/覆被变化

张玉虎, 贾海峰, 于长青

(清华大学环境科学与工程系, 北京 100084)

摘要: 在遥感与地理信息系统技术支持下, 利用研究区多期 Landsat-TM 卫星影像为主要数据源, 在 GIS 空间分析模块下应用单一土地利用平均动态度、单一土地利用平均转出率和转入率、综合土地利用动态度以及土地覆被变化空间指数等指标, 对永定河流域典型山区——门头沟区土地利用/覆被变化的格局与过程进行了定量研究。研究表明: 1. 过去 21 a 期间, 研究区的土地利用/覆被发生了比较剧烈的变化, 在 1984~2005 年期间不同时间断面呈现波动变化, 各地类之间的变化幅度存在较大差别, 但总的趋势是: 工矿、城镇用地面积呈明显增加趋势, 耕地、水体、农村居民点、草地和其他用地呈减少趋势, 而林地中阔叶林、灌木林呈增加, 混交林地与针叶林地减少, 林地总量总体上是呈增加态势。2. 各地类变化方向和强度存在较大差异, 不同时间断面发生情况各不相同, 各地类有增有减, 有持续增加型, 先增后减型, 先减后增型; 三个时间断面的土地覆被变化速度、类型转化、以及土地利用程度发生变化。3. 在不同时间断面各地类的水平空间分布发生转移, 平均分布高程和坡度在垂直空间上出现了相应的变化。

关键词: 3S 技术; 土地利用/覆被变化; 门头沟流域

中图分类号: F301 P901

文献标识码: A

在当今倍受关注的全球变化、可持续发展和生物多样性保护的三大主题中, 土地利用/土地覆被变化 (Land use and /Land cover Change LUCC) 成为全球变化和可持续发展研究的核心领域^[1-3]。利用遥感和 GIS 技术研究土地利用/土地覆被的变化, 揭示其时空变化规律, 已成为目前国际上开展土地利用/土地覆被研究的最新趋势^[4,5]。北京市门头沟区在地理单元上属于北京西山的核心区域和永定河流域的官厅山峡段, 是北京生物多样性最丰富的地区, 历史上该区是北京重要的木材与矿产原料地, 由于近几十年的土地利用变化衍生出一系列生态环境问题, 造成该流域生态环境的重大破坏^[6-8], 造成目前永定河的干枯、西山生物多样性的逐渐丧失、景观的破碎化, 影响整个流域内不同生态系统和不同景观要素的结构和功能。长期以来, 国内学者对永定河

以及北京西山作为“热点地区”开展了大量研究^[9-19], 但是多以现有的土地利用现状调查图为基础开展分析, 很少有以多时期遥感数据为基本数据源, 全面系统地研究该区土地利用/土地覆被变化。作为典型的生态环境脆弱区, 本文系统地研究该区的 LUCC, 从中总结出区域 LUCC 格局与变化过程, 研究结果可为其他类似流域地区的 LUCC 研究和政府制定区域可持续发展决策提供有益的参考和依据。

1 研究区概况

门头沟区位于北京市西部 (115°25'E~116°10'E, 39°48'N~40°10'N), 东西长 62 km, 南北宽 34 km, 总面积 1 455 km², 其中山地约占 98.5%, 为北

收稿日期 (Received date): 2008-10-11; 改回日期 (Accepted): 2009-03-04.

基金项目 (Foundation item): 北京市科委重点项目 (编号: D0605046040191)。[Key project of “Study on the methodology, strategic planning and project demonstration of the ecological rehabilitation in Mentougou” of Science & Technology Committee of Beijing]

作者简介 (Biography): 张玉虎 (1975-), 男, 江苏徐州人, 博士。主要从事土地利用/覆被变化及 RS/GIS 技术应用研究。[Zhang Yuhu (1975-), male, from Xuzhou, Jiangsu, Ph.D., mainly engaged in application of RS/GIS technology and Land use/cover change] E-mail: Zhang_Yuhu@163.com; Tel: 010-62792645

京西山的中心组成部分。全区最高峰是东灵山,海拔 2 303 m,次高峰为百花山,海拔 1 900 m。全区山脉属太行山系,地势西北高,东南低,地势最低处,海拔仅 73 m,相对高差 2 230 m。本区地处半湿润半干旱区,自然条件具有明显垂直变化,地貌复杂多样,地形变化梯度明显。该区属中纬度大陆性季风气候,处在东部湿润区和西部干旱区之间,春季干旱多风,夏季炎热多雨,秋季凉爽湿润,冬季寒冷干燥。受地形地貌等因素影响,西部山区与东部平原区降水与气温分布不均衡,西部山区与东部平原气候呈明显差异。降水量自东向西逐渐减少,受中纬度大气环流的不稳定和季风影响,降水量年际变化大,多年平均降水 563.4 mm,最多为 970.1 mm(1977 年),最少为 369.1 mm(2004 年)。作为北京西山主体部分,其境内植被属暖温带落叶阔叶林类型,景观垂直分异明显,随着海拔的增加,水热状况的垂直变化相应地引起土壤和植被的垂直变化,植被表现出一定的垂直分布规律,水平、垂直地带性明显。

2 数据与方法

2.1 数据

研究的时间跨度为 1984~2005 年,采用 1984 年、1991 年、2001 年、2005 年的 Landsat- TM 卫星影像等为主要数据源,在遥感图像专业软件 ENVI 4.2 环境下,根据研究区地物的光谱特征,采用 7、4、1 波段合成假彩色影像能较好地区分不同的土地覆被类型。以事先经过地理配准的 1:1 万地形图作为参

照,通过最邻近点插值法对原始影像进行重采样,实现影像的几何精纠正,误差控制在 1 个象元内。投影坐标系统为横轴墨卡托 (Transverse Mercator) 投影方式。根据研究区的特点和分析精度要求,结合研究区的地面特征和影像分辨率,参考基于中分辨率卫星影像的国家级土地利用与覆被分类系统标准^[20],经过适当修改,最终确定了基于遥感的研究区土地利用 覆被分类系统,将研究区土地利用 覆被分为 11 类(表 1)。通过解译处理得到 1984 年、1991 年、2001 年和 2005 的土地利用 覆被现状数据,几期影像的解译总精度全部在 75% 以上,部分类型的分类精度相对较低,类型之间有一定程度的混淆。尤其是混交林与灌木林地混淆较大,但总体分类效果达到了要求^[21],可以满足从宏观角度进行 LUCC 的分析研究。

2.2 研究方法

利用土地利用时空分析模型研究。

1. 单一土地利用类型动态度

表达的是研究区域一定时间范围内某种土地利用类型的数量变化情况,其数学公式如下^[22]

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

式中 K 为研究时段内某一土地利用类型动态度, U_a 、 U_b 分别为研究期初及研究期末某一种土地利用类型的数量, T 为研究时段长,当 T 的时段设定为年时, K 的值就是该研究区某种土地利用类型年变化速率。单一土地利用类型动态度的意义在于反映一定时段内区域土地利用变化的剧烈程度。

表 1 土地利用 覆被分类体系及地类 TM 的影像特征
Table 1 System of land cover classification and characteristics of TM image

序号	类别	空间分布位置	目视解译的光谱及影像特征依据
1	耕地	山前平原、河谷两侧、平缓台地,平原地区大块成片,山间分散的有 小块,主要分布在农村居民点附近	几何特征较规则,边界清晰,红白色
2	水体	河流、水库在山峡谷地中分布	面状,边界清晰,蓝色,深蓝色
3	农村居民点	平原、山间河谷附近,地势相对平缓区	灰蓝色,边界不清晰,多位于坡地,常与居民点相邻
4	工矿用地	多处在各等级公路附近,以及沟谷径流交会处,东部平原较多分布	亮白色,不规则,
5	城镇用地	东部平原区、河谷开阔区	蓝紫色,纹理相对单一,具有较明显的边界
6	灌木林地	为灌木林、灌草丛地,主要分布在海拔 > 400 m 低山丘陵区	浅粉色-白色,与林地、耕地混杂,边界不明显
7	阔叶林	多分布在海拔 > 1 000 m 中、高山区	亮红色,纹理单一,边界较明显
8	针叶林	多分布在海拔 < 1 000 m 低山区	边界自然圆滑但不规则,红色、红褐色色调,较均匀
9	混交林	次生植物群落,以荆条、山杏灌草丛为主,分布较	暗红色,纹理混杂
10	草地	主要为亚高山草甸以及林间草地,分布在亚高山 > 1 900 m 山顶	粉红-白色,边界明显,西部高山
11	其他用地	主要裸岩石砾地、裸露荒山,分布在低山丘陵区较多	边界清晰,白色,浅粉白色,色调不均匀,结构均一

2. 综合土地利用动态度

代表某个区域内所有土地利用类型的综合变化速率^[23], 主要用以反映某一研究时段内, 研究区的各种地类动态变化的总体情况, 该值越大, 说明研究区土地利用动态变化越剧烈, 反之, 越弱。计算公式如下

$$LC = \left[\frac{\sum_{i=1}^n \Delta LU_i}{2 \sum_{i=1}^n LU_i} \right] \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

式中 LU_i 为监测起始时间第 i 类土地利用类型面积; ΔLU_i 为监测时段第 i 类土地利用类型转为非 i 类 (j 类, $j=1 \dots n$) 土地利用类型面积的绝对值; T 为监测时段步长, 当 T 设定为年时, LC 的值就是该研究区土地利用的年平均变化率。

3. 单一土地利用转出率和转入率

某一土地利用类型数量的变化是在研究期内转入和转出综合作用的结果, 单一土地利用变化率仅能反映该土地利用类型在研究期初和期末的数量变化, 不能揭示期间土地利用转入和转出的情况。考虑到这种转入和转出的变化是土地利用 / 覆被变化研究需要重点关注的内容, 引入单一土地利用转出率和转入率来描述这种变化。单一土地利用转出率主要反映某一土地利用类型在某一时期内转化为其他地类的幅度, 计算公式如下

$$T_i = \frac{\sum_{j=1}^{n-1} T_{ij}}{L_{i0}} \times 100\%$$
$$M_i = \frac{\sum_{j=1}^{n-1} M_{ji}}{L_{ik}} \times 100\%$$

式中 T_i 为地类 i 在 t_0 到 t_k 时期内的土地利用转出率; T_{ij} 为地类 t_0 到 t_k 时期内地类 i 转化为地类 j 的面积; L_{i0} 是地类 i 在 t_0 时刻的面积; n 为研究区土地利用类型数量; 单一土地利用转入率主要反映某一土地利用类型在某一时期内由其他地类转化而来的幅度, M_i 为地类在 t_0 到 t_k 时期内的土地利用转入率; M_{ji} 为地类 t_0 到 t_k 时期内由地类 j 转化为地类 i 的面积; L_{ik} 是地类 i 在 t_k 时刻的面积; n 为研究区

土地利用类型数量。

4. 土地利用程度综合指数

土地利用程度是指人类对土地这一基本生产资料的利用程度, 包含了人类对土地的改造程度和土地的变化程度。土地利用程度主要反映土地利用的广度和深度, 它不仅反映了土地利用中土地本身的自然属性, 同时也反映了人类因素与自然环境因素的综合效应。主要用以反映研究区人类开发利用土地的强度。根据刘纪远先生等提出的土地利用程度的综合分析方法^[24], 将土地利用程度按照土地自然综合体在社会因素影响下的自然平衡状态分为若干级, 并赋予分级指数 (表 2), 公式如下

$$L_j = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times C_i$$

式中 L_j 为某研究区域土地利用程度综合指数; A_i 为研究区域内第 i 级土地利用程度分级指数; C_i 为研究区域内第 i 级土地利用程度分级面积百分比; n 为土地利用程度分级数。其值大小范围在 $[100, 400]$ 之间。

5. 土地覆被分布空间变化指数

土地覆被分布高程变化指数: 用以描述在研究时段内, 某一土地覆被类型平均分布高程的变化幅度。该指数若为正值, 说明某一地类的平均分布高程增加。计算公式如下

$$VH_i = H_{ik} - H_{i0}$$
$$VS_i = S_{ik} - S_{i0}$$

式中 VH_i 是第 i 种地类在研究时期内的平均高程变化值; H_{i0} 是第 i 种地类在研究时段初期 (t_0) 时 i 时刻的平均分布高程; H_{ik} 是第 i 种地类在研究时段末期 (t_k) 的平均分布高程; VS_i 是第 i 种地类在研究时期内的平均坡度变化值; S_{i0} 第 i 种地类在研究时段初期 (t_0) 的平均海拔分布坡度; S_{ik} 第 i 种地类在研究时段初期 (t_k) 的平均海拔分布坡度; 该指数计算的关键是先要求出在研究时段初期和末期的土地覆被平均分布高程可通过 Arcgis 中的区块统计 (Zonal Statistic) 分析功能计算。

用土地类型分布质心变化来研究各地类的水平

表 2 土地利用强度分级表

Table 2 Division of land use degree

类型	未利用土地级	林、草、水用地级	农业用地级	城镇聚落地级
土地利用类型	未利用地或难利用地	林、灌、草、水域	耕地	城镇、农村居民点工矿用地
利用强度指数	1	2	3	4

空间变化, 其方法分别求出多期土地覆被分布图中各土地类型的质心坐标, 然后乘以各地类的面积, 最后把乘积累加后除以同期全区域的总面积。第 t 年土地类型分布质心坐标(经纬度)计算方法为^[22]

$$X_t = \frac{\sum_{i=1}^N (C_{ti} \times X_i)}{\sum_{i=1}^N C_{ti}}$$
$$Y_t = \frac{\sum_{i=1}^N (C_{ti} \times Y_i)}{\sum_{i=1}^N C_{ti}}$$

3 结果分析

3.1 土地覆被数量上的变化

土地利用类型的数量变化反映在不同类型面积总量的变化上。通过分析土地利用 覆被类型的总量变化, 可以掌握土地利用变化总趋势及其结构变化特征。本文通过对 4 个时段土地利用图形数据(图 1)分别进行统计(表 3)。

表 3 的结果表明, 整个研究区山区流域的土地利用 覆被发生了剧烈的波动变化, 不同时间断面的发生情况各不相同, 各地类有增有减, 主要有持续增加型, 先增后减型, 先减后增型。其中, 水体、城镇用地、工矿用地、阔叶林、混交林地、其他用地在 1984~1991 年间发生了增加, 增加幅度最大的阔叶林, 其次是混交林地, 最小的是水体, 而在 1991~2001 年的 10 a 间一些地类发生了不同程度的增加, 增加

地类有城镇用地、工矿用地、农村居民点、灌木林、针叶林用地。在 2001~2005 年间增加地类较多, 减少的地类为工矿用地、农村居民点、针叶林、混交林, 其中减少较多地类为农村居民点与针叶林, 最少的为工矿用地。从三个时期断面看, 其中持续增加型地类为城镇用地, 从 1984 年的 11.55 km² 增加到 2005 年的 46.68 km², 净增 35.13 km², 表明该区域城镇化进程加快, 除了东部平原区的主城区面积增加外, 山区乡镇的小城镇建设在这 21 a 里也发生了较大变化, 表明“乡村城市化”进程的加速。总体来看农村居民点由 1984 年的 2.76% 减少为 2005 年的 1.42%, 说明了农村居民点整理的整体力度在逐渐加强; 而工矿用地在前两个阶段持续增加, 到了 2001~2005 年段出现小幅减少, 主要是由于 2000 年以后随着北京申奥成功, 绿色奥运工程的实施, 北京市已将工矿业为支柱产业的西部山区功能定位为生态涵养发展区, 大部分工矿业产业发生转移, 门头沟区多数矿山企业出现关停, 开采面积呈减少趋势。而耕地 21 a 来是减少的, 从 1984 年的 60.64 km² 减少到 2005 年的 29.69 km², 净减 30.95 km², 减少最主要原因一是非农用地大量增加, 尤其东部平原地区, 还有就是当地政府产业结构调整, 耕地改为果园以及国家实施一系列生态建设工程, 如退耕还林等。林地面积总体是增加, 增加最主要原因是“八五”、

表 3 1984~2005 年研究区不同年份土地覆被结构

Table 3 Land cover structure of study area in 1984~2005

(km², %)

地类	1984		1991		2001		2005	
	面积	百分比	面积	百分比	面积	百分比	面积	百分比
水体	10.24	0.70	11.09	0.77	3.50	0.24	6.51	0.45
城镇用地	11.55	0.80	14.19	0.98	34.44	2.38	46.68	3.23
农村居民点	39.82	2.76	26.70	1.85	69.71	4.83	20.57	1.42
工矿用地	28.74	1.99	32.44	2.25	47.10	3.26	39.59	2.74
耕地	60.64	4.20	44.64	3.09	27.65	1.91	29.69	2.06
灌木林(丛)	397.29	27.51	353.36	24.47	431.30	29.87	475.78	32.95
针叶林	217.58	15.10	188.07	13.02	211.99	14.68	180.57	12.50
阔叶林	151.60	10.50	240.70	16.67	232.67	16.11	263.96	18.28
混交林	353.84	24.50	391.30	27.10	353.01	24.41	333.97	23.13
草地	158.48	10.96	125.29	8.68	31.08	2.15	38.44	2.66
其他用地	14.21	0.98	16.19	1.12	1.55	0.11	8.23	0.57
合计	1 443.99	100.00	1 443.99	100.00	1 444	100.00	1 443.99	100.00

注: 小数点后保留两位, 数字采用四舍五入, 所以统计出来的数字略微有些出入, 同时栅格与矢量互转也略微影响总体统计, 但不影响整体分析。

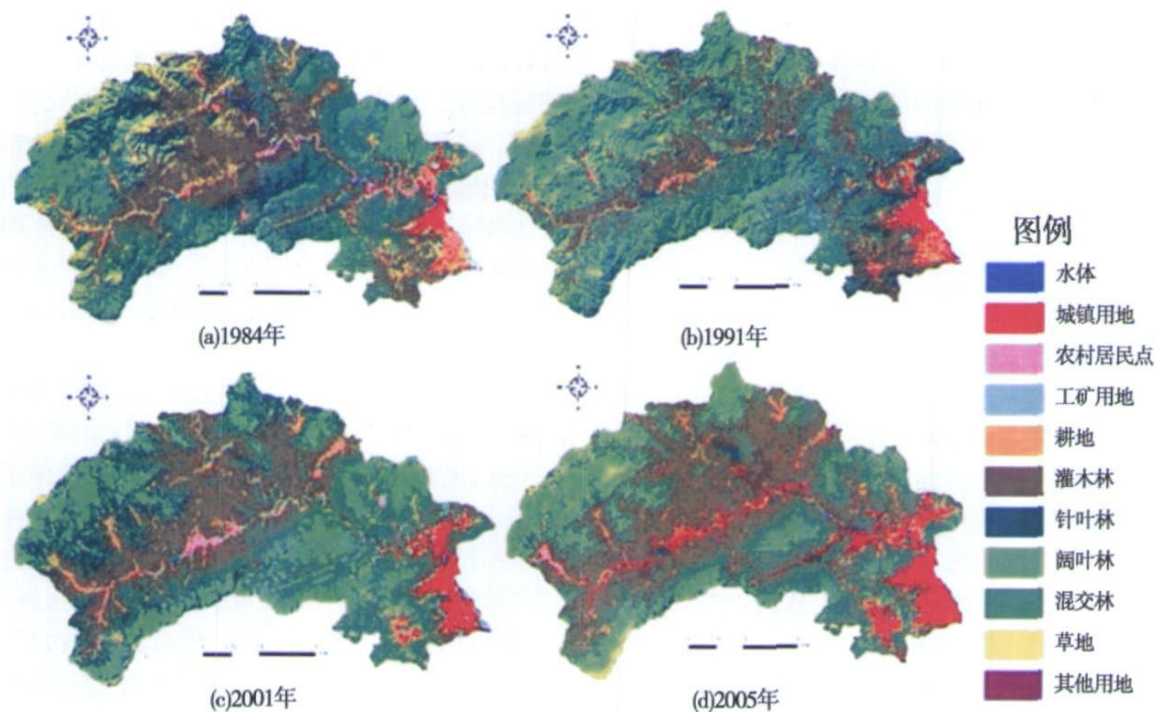


图 1 研究区 1984~2005 年土地利用 / 覆被的空间格局

Fig 1 Land use/cover pattern in study area during 1984~2005

“九五”、“十五”连续进行生态环境建设、自然保护区的设立, 风景区保护区的批设以及植树造林、封山育林等政策性主导行为, 导致该区林地总量呈现增加态势。

3.2 土地覆被方向和强度的变化

1984~1991 年, 永定河流域门头沟区的优势土地覆被类型为灌木林 (包括灌木丛、灌草丛)、混交林、阔叶、针叶等林地, 合占研究区面积的 77.58%, 其中水体占 0.7%, 人类利用与改造的地表类型农村居民点、工矿用地、城镇用地等发生了较大改变。到 1991 年, 尽管不同的土地覆被类型之间发生了较频繁的转移, 但以灌草地为主的灌木林占优的格局并未发生变化。7 a 间, 发生增加的地类有水体、工矿用地、城镇用地、阔叶林、混交林和其他用地。所有地类中, 增幅最大的是阔叶林, 减幅最大的是灌木林。总体来看, 从 1984~1991 年, 研究区的土地利用强度略微减少, 土地利用程度综合指数从 214.32 减至 212.13, 期间综合土地利用动态度 1.34%。研究区各地类的变化过程和速率有所不同 (表 4)。

1991~2001 年, 在土地利用 / 覆被格局方面, 这一时期灌木林 (丛)、针、阔林等地类总量仍占优势, 但数量上略有减少, 农村居民点、工矿用地、城镇用地等地类均发生了不同程度的增加。其中, 增幅最

大的是农村居民点, 其次是城镇用地、工矿用地, 减幅最大的是其他用地, 耕地占研究区的面积比重下降, 从 1991 年的 1.12% 下降到 2001 年的 0.11%。整体来看, 人类干扰的土地利用类型面积呈增加趋势, 尤其是农村居民用地及城镇建设用地, 说明近 10 a 该区的城镇建设力度较大, 比较多的人工用途地类增加。整体分析, 研究区的土地利用强度加大, 土地利用程度综合指数从 1991 年的 212.13 增加到 2001 年 222.64, 期间综合土地利用动态度 1.24%。

2001~2005 年, 这一时期灌木林 (丛)、针、阔林等地类总量仍占优势, 城镇用地、耕地、水体略有增加。农村居民点、工矿用地、针叶、混交等林地的面积略有下降, 从整体来看, 这 4 a 间人类干扰的土地利用类型面积有增有减, 相比较上一个研究时段变化趋于平缓, 尤其是农村居民用地及工矿建设用地减少, 说明近 4 a 该区的农村住房调整力度较大, 一些工矿用地如煤矿被关闭。整体来看, 从 2001~2005 年, 研究区的土地利用强度略微减小, 土地利用程度综合指数从 222.64 减至 216.25, 期间综合土地利用动态度 1.85%。

3.3 土地覆被空间分布变化

1984~2005 年期间, 各地类平均分布高程也发生了变化, 分布的高程是有升有降 (图 2), 1984~

1991年水体、耕地、工矿建设用地以及混交林的平均分布高程是升高,其余地类是降低,降幅最大是针叶林达到 - 106. 28 m, 最小为阔叶林 - 11. 71 m。 1991~ 2001年只有水体、混交林的平均分布高程是降低,其余地类均发生了上升。而 2001~ 2005年灌木林仅升高了 0. 44 m, 增幅最大的为水体, 升高了 92. 69 m, 下降最多的地类为耕地 - 78. 20 m。 尽管在三个时间段内各地类的平均分布高程发生了变化,但是从研究期 1984~ 2005年间的绝对量看, 决大多数地类的分布平均高程还是相对增加, 向高海拔区域发生转移, 其中草地 (高山草甸) 平均高程分布 21 a间提高了 185. 42 m, 年均上升 8. 83 m, 降幅最大为混交林, 下降了 - 66. 75 m。 水体、工矿用地、耕地的平均分布高程趋向高海拔地区, 尤其工矿用地的升高, 说明研究期间内人类干扰活动 - 矿山开采有着向高海拔方向扩展趋势。

1984~ 2005年期间, 各地类平均分布坡度也发生了变化, 分布的平均坡度是有升有降 (图 3), 平均坡度下降的有农村居民点与针叶林, 下降了 - 0. 58°, - 1. 99°, 其余地类呈增加趋势, 平均坡度增加最大的是工矿用地, 从 1984年的 15. 23°升高到 2005年 20. 43°, 净增 5. 2°, 增加最小的为灌木林地 (0. 04°)。 进一步说明了随着人类干扰活动 - 开矿采石的加剧, 工矿用地平均坡度分布变的越来越陡。 耕地、草地是持续变陡, 水体、混交林的平均坡度先升后降, 2001年以后坡度变缓。 农村居民点与灌木林在 1991~ 2001年间平均坡度变缓。 其余两个时间段是坡度增加。 城镇用地、阔叶林平均坡度是在 1991年之前是下降, 1991之后坡度又出现上升。

1984~ 2005年期间, 各土地类型分布质心发生了偏移, 21 a间水体分布质心向西偏移了 0. 098°, 向北偏移了 0. 0265°, 整体向上游方向偏移, 也就是向西北方向偏移, 客观地反映了下游河流渠道水体数量的减少。 耕地分布质心向西偏移了 0. 0262°, 向北偏移了 0. 0084°, 整体向西北方向偏移, 说明平原区大量耕地随着城市化的加快, 被大量占用, 计算结果表现出向高海拔山区偏移的趋势。 而农村居民点整体质心分布向东南部方向下移, 向东偏移了 0. 0395°, 向南偏移 0. 0114°。 城镇用地分布质心发生了向西北部高海拔地区的扩张, 工矿用地随着开采规模的加剧, 也是在逐步向西北高海拔方向扩展, 向西偏移了 0. 1416°, 向北偏移了 0. 0371°, 草地在 21 a期间整体向高海拔西北部偏移, 其他林地类型此期间 (1984~ 2005年) 偏移方向呈波动变化, 灌木林地、阔叶林地、针叶林、混交林地总体向东南部偏移, 进一步反应出林地各类型水平空间上变化特征。

4 结论与讨论

全文分析了山区流域 21年来的土地利用 覆被变化, 期间变化较剧烈, 不仅在数量上, 还表现在强度、幅度、方向上, 各地类的空间变化表现在垂直与水平方向上。

1. 从数量变化上来看, 1984~ 1991年, 变化幅度从大到小依次是阔叶林地 > 灌木林 > 混交林 > 草地 > 针叶林地 > 耕地 > 农村居民点地 > 工矿用地 > 城镇用地 > 其他用地 > 水域; 1991~ 2001年为草地 > 灌木林地 > 农村居民点 > 混交林地 > 针叶林 > 城

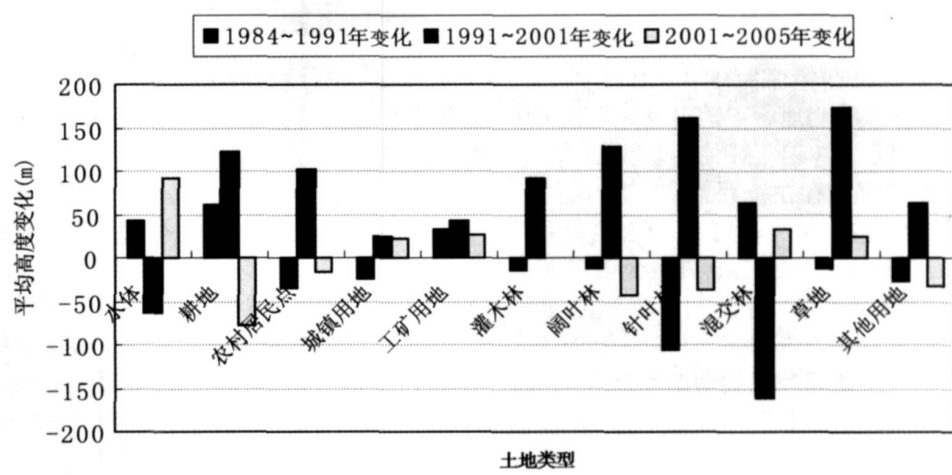


图 2 研究区 1984~ 2005年各地类平均海拔变化

Fig 2 Average land cover elevation change of study area from 1984 to 2005

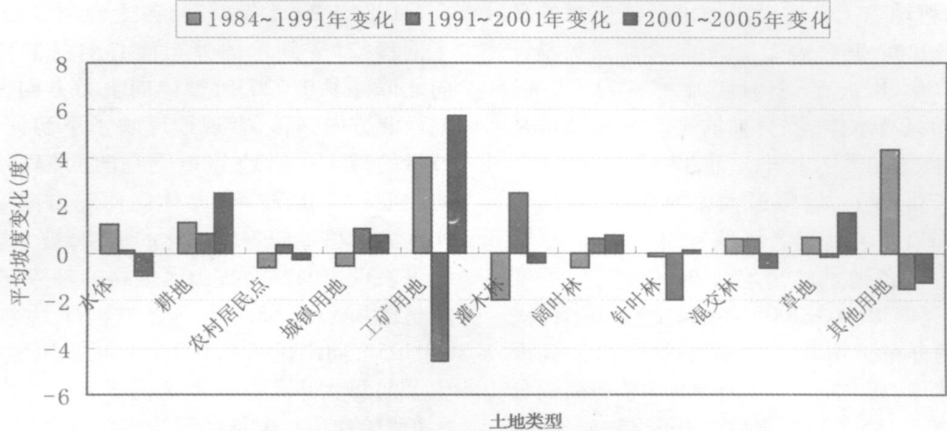


图 3 研究区 1984~ 2005 年各地类平均坡度变化

Fig 3 Average land cover gradient change of study area from 1984 to 2005

表 4 研究区 1984~ 2005 年土地利用动态度

Table 4 Change velocity of land use of study area from 1984 to 2005

土地利用 / 覆被类型	单一土地利用动态度 (%)			单一土地利用转出率 (%)			单一土地利用转入率 (%)		
	1984 ~ 1991	1991 ~ 2001	2001 ~ 2005	1984 ~ 1991	1991 ~ 2001	2001 ~ 2005	1984 ~ 1991	1991 ~ 2001	2001 ~ 2005
水体	1.19	- 6.84	21.50	67.07	81.03	59.16	69.61	39.71	77.88
耕地	- 3.77	- 3.81	1.84	74.47	88.28	76.91	65.30	81.05	78.51
农村居民点	- 4.71	16.11	- 17.62	86.16	64.35	87.53	79.40	86.34	57.75
城镇用地	3.27	14.27	8.89	52.71	27.75	41.10	61.59	70.27	56.21
工矿用地	1.84	4.52	- 3.99	83.28	80.50	84.51	85.20	85.31	81.06
灌木林	- 1.58	2.21	2.58	53.75	46.33	35.48	47.99	56.02	41.49
阔叶林	8.40	- 0.33	3.36	56.30	66.13	46.97	72.48	65.11	53.22
针叶林	- 1.94	1.27	- 3.71	62.17	79.97	69.95	56.24	82.24	64.71
混交林	1.51	- 0.98	- 1.35	58.72	62.45	56.05	62.67	58.38	53.52
草地	- 2.99	- 7.52	5.92	75.03	93.45	67.58	68.42	72.52	73.60
其他用地	1.99	- 9.04	107.74	93.99	99.27	81.02	94.75	92.26	96.48

镇用地 > 耕地 > 工矿用地 > 其他用地 > 水域; 2001 ~ 2005 年为农村居民点 > 灌木林地 > 针叶林 > 阔叶林 > 混交林地 > 城镇用地 > 工矿用地 > 草地 > 其他用地 > 水域 > 耕地。

2. 变化方向和强度存在较大差异, 三个时间断面的土地覆被变化速度、类型转化、以及土地利用程度发生变化, 三个时间断面的土地覆被变化强度差异较大, 这种差异表现在单一土地利用动态度、单一土地利用转出率和转入率等指标。1984~ 1991 年, 研究区整体的单一土地利用平均动态度为 3.02%, 单一土地利用平均转出率和转入率分别为 69.42% 和 69.42%, 1991~ 2001 年单一土地利用平均动态度为 5.26%, 单一土地利用平均转出率和转入率分别为 71.77% 和 71.75%; 2001~ 2005 年单一土地利

用平均动态度为 16.23%, 单一土地利用平均转出率和转入率分别为 64.21% 和 66.77%。从 1984 年到 1991 年, 研究区的土地利用强度略微减少, 土地利用程度综合指数从 214.32 减至 212.13 期间综合土地利用动态度 1.34%; 1991~ 2001 年研究区的土地利用强度加大, 土地利用程度综合指数从 1991 年的 212.13 增加到 2001 年 222.64 期间综合土地利用动态度 1.24%; 从 2001~ 2005 年, 研究区的土地利用强度略微减少, 土地利用程度综合指数从 222.64 减至 216.25 期间综合土地利用动态度 1.83%。

3. 各地类土地覆被的水平、垂直空间分布出现变化, 从研究期 1984~ 2005 年间的绝对量看, 决大多数地类的分布平均高程是相对增加, 向高海拔区域发生转移, 降幅最大为混交林, 下降了 - 66.75 m。

水体、工矿用地、耕地的平均分布高程趋向于高海拔地区。平均坡度下降的有农村居民点与针叶林,下降了 -0.58° , -1.99° ,其余地类呈增加趋势。从水平空间分布看,城镇用地、工矿用地、水体、耕地等类型呈现向西北高海拔偏移的现象,而林地各类型呈现向东南低海拔偏移规律。

4. 文中以永定河流域典型区门头沟区作为案例,较为系统地研究了 1984~2005 年该山区流域土地利用/覆被变化的过程与特征,尽管导致该区土地利用/覆被变化背后的驱动力在文中略有谈及,但定量化的驱动力分析还不够,随着资料的完善,全面分析该区土地利用/覆被变化的驱动机制是今后研究的重点。

参考文献 (References)

- [1] Reid R S, Kruka R L, Muthui M, et al. Land-use and land-cover dynamics in response to changes in climatic, biological and social political forces: the case of southwestern Ethiopia [J]. *Landscape Ecology*, 2000, 15(4): 339~355
- [2] Ojima D, Moran E et al. Global Land Project: Science Plan and Implementation Strategy[R]. IGBP Report No. 53 and IHDP Report No. 19, 2005
- [3] Cai Yunlong, Barry Smit. Sensitivity and adaptation of Chinese Agriculture under Global Climate Change. *Acta Geographica Sinica*, 1996, 51(3): 202~212 [蔡运龙, Barry Smit. 全球气候变化下中国农业的脆弱性与适应对策 [J]. 地理学报, 1996, 51(3): 202~212]
- [4] Zhou Lijun, Zang Shuying. Study on the effect of land use change of the eco-environment in Daqing City [J]. *Territory & Natural Resources Study*, 2005, (1): 32~33 [周利军, 臧淑英. 大庆市土地利用变化对生态环境的影响 [J]. 国土与自然资源研究, 2005, (1): 32~33]
- [5] Wang Genxu, Ma Haiyan, Wang Yibin et al. Impacts of land Use change on environment in the middle reaches of the Heihe River [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2003, 25(4): 359~367 [王根绪, 马海燕, 王一博, 等. 黑河流域中游土地利用变化的环境影响 [J]. 冻川冻土, 2003, 25(4): 359~367]
- [6] Li Hongyou. Impact analysis of historical forest change on Yongding River [J]. *China Water Resources*, 2008, 18: 56~58 [李红有. 历史上森林变迁对永定河的影响 [J]. 中国水利, 2008, 18: 56~58]
- [7] Li Jian, Huang Xiang. Beijing Yongding He Mentougou section Wetland Nature Reserve Scientific Survey report [M]. Beijing University of Science and Technology of China Press, 2006, 2: 1~104 [李建, 黄翔. 北京市永定河门头沟段湿地自然保护区科学考察报告 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2006, 2: 1~104]
- [8] Ma Kening, Fu Bojie, Zhou Huafeng. Studies on Species and pattern Diversities of the forest landscape in Region, Beijing, China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19(1): 1~7 [马克明, 傅伯杰, 周华锋. 北京东灵山地区森林的物种多样性和景观格局多样性研究 [J]. 生态学报, 1999, 19(1): 1~7]
- [9] Ma Baoxia, Li Jingxia. A study on diversity of plant community in Dongling Mountain [J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2006, 21(6): 47~49 [马宝霞, 李景侠. 东灵山植物群落(乔木)物种多样性与微地形关系的研究 [J]. 西北林学院学报, 2006, 21(6): 47~49]
- [10] Lin Chao, Li Changwen. Study on land types in mountain regions north of Beijing [J]. *Acta Geographica Sinica*, 1980, 35(3): 187~199 [林超, 李昌文. 北京山区土地类型研究的初步总结 [J]. 地理学报, 1980, 35(3): 187~199]
- [11] Li Hong, Sun Danfeng, Zhang Fengrong et al. Suitability evaluation of fruit trees in Beijing western mountain areas based on DEM and GIS [J]. *Transactions of the CSAE*, 2002, 18(5): 250~255 [李红, 孙丹峰, 张凤荣, 等. 基于 GIS 和 DEM 的北京西部山区经济林果适宜性评价 [J]. 农业工程学报, 2002, 18(5): 250~255]
- [12] Jiang Guanghui, Zhang Fengrong, Wang Wei et al. Landscape expression in expansion of construction land in Beijing Mountain Area [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2006, 26(3): 109~112 [姜广辉, 张凤荣, 王伟, 等. 北京山区建设用地扩展的景观表现 [J]. 水土保持通报, 2006, 26(3): 109~112]
- [13] Jiang Guanghui, Zhang Fengrong, Kong Xianglin et al. The spatial differentiation of construction land expansion in Beijing mountainous area [J]. *Geographical Research*, 2006, 25(5): 905~912 [姜广辉, 张凤荣, 孔祥斌, 等. 北京山区建设用地扩展空间分异分析 [J]. 地理研究, 2006, 25(5): 905~912]
- [14] Jiang Guanghui, Zhang Fengrong, Xu Yan et al. Feasibility analysis of land exploitation in Beijing City [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2007, 38(2): 369~373 [姜广辉, 张凤荣, 徐艳, 等. 论北京市耕地后备资源的开发可行性 [J]. 土壤通报, 2007, 38(2): 369~373]
- [15] Guo Huancheng, Song Jinping. Study on ecological environment construction and ecological economic development of Beijing Mountainous Area [J]. *Journal of Beijing Union University*, 2001, 15(1): 126~130 [郭焕成, 宋金平. 北京市山区生态环境建设与生态经济发展研究 [J]. 北京联合大学学报, 2001, 15(1): 126~130]
- [16] Li Xiaolin, Sun Danfeng, Zhang Fengrong. Landscape pattern analysis on change in the fraction of green vegetation based on remotely sensed data in Beijing Mountainous Area [J]. *Journal of Mountain Science*, 2003, 21(3): 272~280 [李晓琴, 孙丹峰, 张凤荣. 基于遥感的北京山区植被覆盖景观格局动态分析 [J]. 山地学报, 2003, 21(3): 272~280]
- [17] He Youjun, Lu Duanzheng, Cui Guohua et al. Planning of nature mini reserve of Miaofengshan scenic spot in Beijing [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2003, 25(1): 32~35 [何友均, 路端正, 崔国发, 等. 北京妙峰山风景区自然保护区规划研究 [J]. 北京林业大学学报, 2003, 25(1): 32~35]
- [18] Han Yongwei, Gao Jixi, Tuo Xuesen et al. Study on the assessment of soil conservation service and its eco-economic value of ecosystem in Mentougou [J]. *Research of Environmental Sciences*, 2007, 20(5): 144~147 [韩永伟, 高吉喜, 拓学森, 等. 门头沟生态系统土壤保持功能及其生态经济价值分析 [J]. 环境科学研究, 2007, 20(5): 144~147]

- [19] Feng Chaoyang Yu Yong Gao Jiki *et al*. Influences of topographic on distribution and change of land use and cover in Mentougou District Beijing [J]. *Journal of Mountain Science*, 2007, 25(3): 274~279 [冯朝阳, 于勇, 高吉喜, 等. 地形因子对京西门头沟区土地利用/覆盖变化的影响 [J]. 山地学报, 2007, 25(3): 274~279]
- [20] Xiao Pengfeng Liu Shunxi Feng Xuezhi *et al*. Appraisal and code conversion of land use/cover classification systems based on remotely sensed data [J]. *Remote Sensing Information*, 2003, 4: 54~58 [肖鹏峰, 刘顺喜, 冯学智, 等. 基于遥感的土地利用与覆被分类系统评述及代码转换 [J]. 遥感信息, 2003, 4: 54~58]
- [21] Lucas IE, JM Frans & VDWel. Accuracy assessment of satellite derived land-cover data: a review [J]. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* [J]. 1994, 60(4): 410~432
- [22] Wang Xulan Bao Yuhai. Study on the methods of land use dynamic Chinese Research [J]. *Progress in Geography*, 1999, 18(1): 81~87 [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]
- [23] Liu Jiyuan, Bu Haosier. Study on spatial-temporal feature of modern land-use change in China using remote sensing techniques [J]. *Quaternary Sciences*, 2000, 20(3): 229~239 [刘纪远, 布和敖斯尔. 中国土地利用变化现代过程时空特征的研究——基于卫星遥感数据 [J]. 第四纪研究, 2000, 20(3): 229~239]
- [24] Zhuang Dafang Liu Jiyuan. Study on the model of regional differentiation of land use degree in China [J]. *Journal of Natural Resources*, 1997, 12(2): 105~111 [庄大方, 刘纪远. 中国土地利用程度的区域分异模型研究 [J]. 自然资源学报, 1997, 12(2): 105~111]

Study on Land Use/Cover Change in Typical Areas of Yongding River Watershed

ZHANG Yuhu, JIA Haifeng, YU Changqing

(Department of Environment Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084 China)

Abstract Land Use/Cover Change (LUCC) is the current front and hot field of current global change study. Employing several satellite images of Landsat-TM and the integrated techniques of RS, GIS and GPS, the authors with Mentougou Basin as a case, studied the process and pattern of land use/cover changes from 1984 to 2005. The result shows that Over the past 21 years, land covers in Mentougou Basin have experienced dramatic change. In quantitative terms, from the year of 1984 to 1991, the absolute change extent obey the following sequence: broad leaved woodland > scrubland > mixed woodland > grassland > conifer woodland > cultivated land > rural residential land > Industrial-mineral land > Urban land > others land > water body; from 1991 to 2001, grassland > shrub woodland > rural residential land > mixed woodland > conifer woodland > Urban land > cultivated land > Industrial-mineral land > broad leaved woodland > others land > water body; and from 2001 to 2005, rural residential land > shrub woodland > conifer woodland > broad leaved woodland > mixed woodland > Urban land > Industrial-mineral land > grassland > others land > water body > cultivated land. There is difference in direction and intensity of land cover. From the year of 1984 through 2005, The over forest woodland kept on expanding over the past 21 years, the cultivated land decreased in 1984, 1991 and 2001 and then increased after 2001, the percentage of in the study area is respectively 4.20%, 3.09%, 1.91% and 2.06%. The Industrial-mineral land and urban land experienced an obvious increase, the percentage of which in the study area increased from (1.99%, 0.8%) to (2.74%, 3.23%) in 1984 and 2005. Others land experienced considerable decrease in 1984 and 1991, but increase after 2001. From the year of 1984 through 2005, The area of water body increased from 1984 (0.7%) to 1991 (0.77%) and decreased in 2001, 2005, respectively, the percentage of in the whole study area is 0.24%, 0.43%. Meanwhile, Land-use/cover change (LUCC) models have been playing process and quantitatively analyze the status and the dynamic change of land use degree in research area. The land use/cover spatial pattern of each type was also very different. Index of average elevation and average gradient of land cover type were calculated. Spatial distribution characters of each land cover type was analyzed in study area from 1984 to 2005.

Key words RS-GIS-GPS integration, land use/cover change, Mentougou basin