

2000—2015 年河北省林地时空变化特征及驱动力

张译, 郑新奇

(中国地质大学(北京)信息工程学院, 北京 100083)

摘要: 基于 2000—2015 年河北省土地利用数据, 及可能影响河北省林地变化的主要经济指标数据, 对河北省林地的空间变化特征及驱动力进行了分析。利用土地利用类型转移矩阵与土地利用动态度模型, 对河北省土地利用进行了分析并得出林地的空间变化特征。结合河北省 2000—2015 年可能影响林地变化的经济指标数据, 在 R 语言中利用 msgps 程序包实现了 Adaptive-Lasso 变量选择模型, 选取了影响林地面积变化的主要经济因素。模型分析结果显示: 2000—2015 年, 河北省林地面积整体呈增加趋势, 林地转入量大于林地输出量, 且与草地、耕地之间的相互转化最为突出, 与河北省林地变化显著相关的重要解释变量中, 年末总人口、农村居民可支配收入和城镇人口与林地面积变化呈正相关性, 第一产业、财政收入、财政支出与农村人口数与林地面积变化呈负相关性, 其中, 农村居民可支配收入与财政收入为主导因素, 且河北省的林地变化不仅与国家退耕还林政策相关, 也与河北省的独特地理位置相关。该研究为河北省制定并实施林地资源保护与开发利用政策提供决策依据, 该方法同时适用于全国其他地区的林地驱动力研究。

关键词: 林地; 驱动力; Adaptive-Lasso; R 语言; 河北省

中图分类号: F301.2; S757.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2018)02-0269-05

Spatiotemporal Patterns and Drivers of Forest Change in Hebei Province from 2000 to 2015

ZHANG Yi, ZHENG Xinqi

(School of Information, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: Based on the land use data and the main economic indicators of Hebei Province from 2000 to 2015, this paper analysed the spatiotemporal patterns and drivers of forest change in Hebei Province. Based on the land use type transfer matrix and land use dynamic model, we explored the spatiotemporal patterns and factors affecting forestland changes from 2000 to 2015 of Hebei Province. On the basis of this, we selected the economic index data which may affect the forest change and use the msgps package in the R language to realize the Adaptive-Lasso variable selection model, and then selected the main economic factors that affect the forest land change. The results showed that from 2000 to 2015 the overall area of woodland showed the increasing trend. The land area transferred into forestland was more than the forestland area transferred into the other lands, and the transformation between grassland and cultivated land is the most prominent. Among the important explanatory variables that are significantly related to forestland changes in Hebei Province, the total population at the end of the year, the disposable income of rural residents and the urban population showed the positive correlation with the change of forest area in Hebei Province. The first industry, fiscal revenue, fiscal expenditure and rural population were negatively correlated with the forest area. Among them, the disposable income of rural residents and fiscal revenue are the leading factors. The change of forestland in Hebei Province is not only related to the policy of returning farmland to forest, but also related to the unique geographical location of Hebei Province. This study method is suitable for the study of forestland driving force in other regions of China, and these results can provide the decision-making basis for the formulation and implementation of forest

收稿日期: 2017-07-15

修回日期: 2017-08-05

资助项目: 国土资源部公益性行业科研专项经费项目“基于‘生命共同体’的京津冀土地利用管制政策仿真模拟技术”(201511010)

第一作者: 张译(1991—), 女, 河南新乡人, 硕士, 研究方向为 3S 集成与应用。E-mail: 1113611326@qq.com

通信作者: 郑新奇(1963—), 男, 河南伊川人, 博士, 博士生导师, 主要从事地理信息科学与技术、集约用地理论与方法、复杂系统仿真与空间规划辅助决策技术等研究。E-mail: zhengxq@cugb.edu.cn

resource protection and development and utilization policies in Hebei Province.

Keywords: forest land; driving force; Adaptive-Lasso; R language; Hebei Province

林地是国家的重要资源和战略资源,是增强森林生态防护效益、实现国民经济的可持续发展的根本保障,它具有生态、经济和社会三大效益功能^[1]。因此林地的变化关系到一个区域的生态安全,乃至影响全球的环境变化,实时掌握区域林地时空动态特征具有重要的现实意义^[2]。

河北省地处华北平原,内环京津。位于东经 113°04′—119°53′,北纬 36°01′—42°37′。在京津冀协同发展中有着重要作用与地位,是“全国现代商贸物流重要基地、产业转型升级试验区、新型城镇化与城乡统筹示范区、京津冀生态环境支撑区”^[3]。近 20 年来,河北省经济社会高速发展,据国家统计局公布,2015 年河北省 GDP 已由 2000 年的 5 044 亿元增加到 29 806 亿元,高速经济发展的背后是对生态环境造成的巨大压力与影响。森林具有调节气候、净化空气、涵养水源等多种生态功能。因此,对河北省林地变化的研究有助于更清晰地掌握森林在河北省社会经济发展中的生态服务功能,以及更准确地评估河北省经济社会发展对森林生态环境的影响程度^[4]。

大量学者从不同角度对林地变化的影响因素进行了研究。战金艳等^[5]基于栅格面积成分数据,构建了林地面积变化原因的计量经济学模型,并采用 Tobit 回归方法估算了自然条件和社会经济因素对江西省林地面积变化的影响。研究发现积极转移农村剩余劳动力,减少人口对周边林地的压力,是缓解江西省毁林垦荒压力的重要手段之一。牡丹等^[6]借助内蒙古鄂尔多斯市 1985—2007 年的森林资源统计数据,在 SPSS 统计软件的辅助下进行了社会经济驱动因子分析,研究结果显示:年末总人口、城市化率、财政收入、国内生产总值、第二产业、第三产业 6 项因素与林地变化显著相关,其中财政收入与城市化率为主导因素。Xie 等^[7]以景观生态学及逻辑回归模型为基础对京津冀地区 1985—2000 年林地变化的时空格局及影响因素进行了研究,结果显示:土壤有机质含量、坡度(<5°)、到最近村庄的距离以及人均生产总值是重要的解释变量。

在 GIS 中经常需要对大量的空间数据及属性数据进行各种统计分析,由于目前 GIS 专业软件在该方面功能的欠缺,往往都是借助于专业的统计分析软件如 SPSS, SAS 等对数据进行处理,而 R 语言中的程序包所能实现的功能及涵盖的领域远远超过了传统统计分析软件,且 R 即可直接分析属性数据,也可以与 GIS 软件

相结合分析空间数据^[8]。本研究在 GIS 空间分析的基础上,引入 R 语言,利用 R 语言强大的统计计算功能对河北省林地空间变化特征的驱动力进行分析。

1 试验材料与方法

1.1 数据来源

1.1.1 土地利用数据 本文基于省级尺度进行研究,根据 2000—2015 年 5 年一期的 LUCC(土地利用/土地覆盖变化)数据提取 2000 年、2005 年、2010 年、2015 年 4 期河北省土地利用数据,并在 ArcGIS 软件中对 2000—2015 年河北省林地变化进行空间分析。LUCC 数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心。

1.1.2 河北省社会经济数据 在对林地进行空间分析的基础上,根据前人的研究基础^[9-11],选取河北省 2000—2015 年可能影响林地变化的社会经济因子作为解释变量,见表 1。基于 R 语言的强大统计分析功能,利用 2000—2015 年连续 15 期的河北省社会经济数据,对河北省的林地变化进行驱动力分析,筛选出影响河北省林地变化的主要经济因素。河北省 2000—2015 年的社会经济数据来源于河北省经济统计年鉴。

表 1 社会经济驱动因子变量选取

社会经济驱动因子	社会经济驱动因子
地区生产总值 X_1 (亿元)	财政收入 X_7 (亿元)
第一产业 X_2 (亿元)	财政支出 X_8 (亿元)
第二产业 X_3 (亿元)	城镇居民可支配收入 X_9 (元)
第三产业 X_4 (亿元)	农村居民可支配收入 X_{10} (元)
人均生产总值 X_5 (元)	城镇人口 X_{11} (万人)
年末总人口 X_6 (万人)	农村人口 X_{12} (万人)

1.2 研究方法

1.2.1 土地利用转移矩阵 土地利用转移矩阵来源于系统分析中对系统状态与状态转移的定量描述^[6]。其公式为:

$$D_{ij} = \frac{\sum_{ij} d_{s_i-j}}{S_i} \times 100\% \quad (1)$$

式中: D_{ij} 为研究时间段内土地利用类型 i 转化为 j 的比例; S_i 为初始状态下研究区域中土地利用类型 i 的面积; d_{s_i-j} 为研究时间内土地利用类型 i 向土地利用类型 j 的转化面积; n 为研究区内发生转化的土地利用类型数量。

1.2.2 单一土地利用动态度模型 基于 GIS 技术,制作河北省不同时期的土地利用空间格局分布图,并计算出土地利用转移矩阵。在此基础上,针对林地的变化,采用单一土地利用动态度分析河北省林地的动

态变化特征。

土地利用动态度分析是指某研究区一定时间范围内某种土地利用类型的数量变化,主要用于土地利用变化模式的研究。单一土地利用变化度其公式为:

$$K = \frac{(U_b - U_a)}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2)$$

式中:K 为研究时段内某一土地利用类型的动态度;U_a,U_b 分别为研究初始时期与研究结束时期某种土地利用类型的数量;T 为研究时长,当 T 的时间段设置为年时,K 的值就是该研究区某种土地利用类型的年变化率。应用土地利用动态度分析土地利用类型的动态变化,可以真实地反映区域土地利用/土地覆盖中土地利用类型的变化程度。

1.2.3 Adaptive-Lasso 变量选择模型 R 是一个有着强大统计分析及作图功能的软件系统^[12]。R 语言有众多满足不同需求的程序包,借助 R 包可以进行各类数据分析,如线性回归和方差分析、高级数值分析和时间序列分析等。本研究借助 R 语言中的 msgps 程序包实现 Adaptive-Lasso 变量选择模型。

Adaptive-Lasso 是一种压缩估计,它通过构造一个惩罚函数,根据不同的系数加上不同权重的惩罚,在压缩一些变量系数的同时,设定一些变量的系数为零,得到一个较为精炼的模型,适用于处理复共线性数据的有偏估计^[13]。具体定义见公式(3):

$$\hat{\beta}^{*(n)} = \arg \min_{\beta} \| y - \sum_{j=1}^p x_j \beta_j \|^2 + \lambda_n \sum_{j=1}^p \hat{\omega}_j |\beta_j| \quad (3)$$

式中:权重 $\hat{\omega}_j = \frac{1}{|\hat{\beta}_j|^\gamma}$ ($\gamma > 0$), $j = 1, 2, \dots, p$; $\hat{\beta}_j$ 为由普通最小二乘法得出的系数。

本研究借助于 R 语言中的 msgps 程序包实现 Adaptive-Lasso 变量选择模型。

2 结果与分析

2.1 林地变化总体特征分析

林地变化体现在面积与空间分布的变化。基于 ArcGIS 平台,制作河北省不同时期的土地利用空间分布图(图 1),河北省林地的空间分布具有很强的规律性与差异性,整体呈现倒“J”字形分布,主要分布于河北省东北部与西南部省级边界地区。分别对林地面积进行统计(表 2),林地面积于 2000—2010 年呈增加状态,而 2010—2015 年突现减少,且林地增加面积大于减少面积。由于河北省的特殊区位因素,本研究分别对居住用地及除居住用地之外的工业、商业、学校及医院等建设用地与林地变化之间的关系进行研究,对建设用地中的居住用地数据进行单独提取并将建设用地中除居住用地之外的其他用地统一归为其他建设用地。

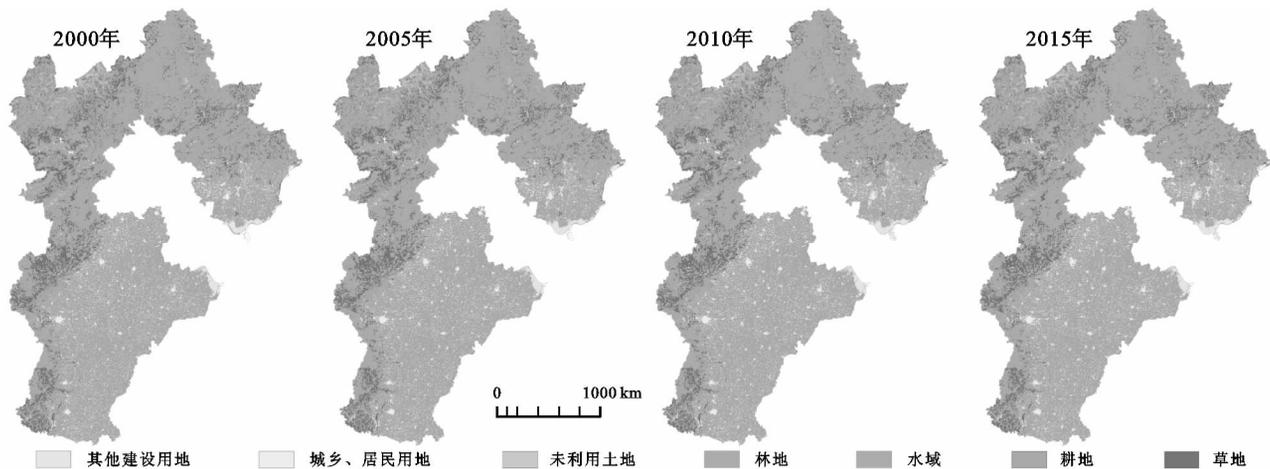


图 1 河北省土地利用空间分布

表 2 河北省 2000—2015 年林地面积统计

年份	面积/km ²	占比/%	面积变化率
2000 年	36804	19.76	—
2005 年	36824	19.77	0.0007
2010 年	36830	19.76	-0.0004
2015 年	36816	19.75	0.0003

2.2 林地空间变化模式分析

2.2.1 河北省土地利用转移矩阵 本研究借助 ArcGIS 10.2,通过矩阵运算和统计分析,根据公式

(1)得到 2000—2015 年河北省土地利用转移矩阵,见表 3。分析结果表明:2000—2015 年,草地、耕地与其他建设用地对林地的转入贡献率最大,林地的主要转出类型为草地、耕地与水域。

2000—2015 年河北省土地利用转移矩阵清晰地反映了各类土地利用要素间的转化情况,其中,林地的主要转出类型为草地与耕地,分别为 48.5,58.4 km²,主要转入类型为草地、耕地与建设用地,分别为 25.26,26.58,49.32 km²,其中转入建设用地的面积

最大。2000—2015 年河北省林地转入大于转出,面积增加。

2.2.2 河北省土地利用动态度 根据林地变化动态度模型(公式 2),计算 2000—2005 年、2005—2010 年、2010—2015 年、2000—2015 年 4 个时间段内河北

省各类土地利用变化动态度。由表 4 可知,2000—2005 年林地的动态度变化最大,且林地面积明显增加,2005—2010 年,林地面积同样呈上升趋势,但动态度变化较小,林地面积增加幅度不大;2010—2015 年,林地实现负增长,且动态度较大。

表 3 河北省 2000—2015 年土地利用变化转移矩阵

年份	土地利用类型	2015 年							2015 年总计
		草地	居住用地	耕地	林地	其他建设用地	水域	未利用地	
2000 年	草地	32884.17	3.86	61.66	25.26	1.20	3.84	3.64	32983.63
	居住用地	13.56	8820.06	1093.16	7.21	28.94	14.87	5.55	9983.35
	耕地	108.46	168.86	97927.60	26.58	10.68	177.20	63.75	98483.11
	林地	48.50	1.68	58.40	37304.70	1.58	20.01	2.73	37437.59
	其他建设用地	88.38	14.07	326.29	49.32	1561.39	42.78	7.14	2089.36
	水域	34.29	1.68	149.41	7.26	11.28	3157.40	22.04	3383.35
	未利用地	1.1	—	19.68	—	0.55	4.37	1765.38	1791.08
2000 年总计		33178.46	9010.20	99636.20	37420.32	1615.61	3420.47	1870.23	186151.49

表 4 河北省土地利用变化动态度

时间段	耕地	林地	草地	水域	居住用地	其他建设用地	未利用土地
2000—2005 年	-0.0903	0.0109	-0.0766	-0.2882	0.7014	2.6341	-0.2505
2005—2010 年	-0.0604	0.0033	-0.0406	-0.1382	0.3129	3.6230	-0.3349
2010—2015 年	-0.0812	-0.0076	-0.0167	0.1713	0.5634	0.7223	-0.2374
2000—2015 年	-0.0770	0.0022	-0.0446	-0.0856	0.5392	2.5666	-0.2705

河北省林地空间变化反映了河北省 2000—2015 年林地的空间转出情况,以 $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ 的网格作为分析单元,计算 2000—2015 年每一网格单元的林地变化动态度^[14],计算结果见图 2,其中,林地的主要流向是耕地、草地与水域,且向耕地的转化率最大,多分布于京津两市周围。草地变化分布较为集中,主要分布于阜平县北部草原地区及青龙满族自治县。

研究区林地、草地、耕地及建设用地之间转换频繁。林地向耕地的转出面积大于耕地向林地的转入面积,且建设用地的主要来源为林地,这在很大程度上与河北省独特的地理位置与京津冀首都圈中独特的定位有关,近年来,京津地区外来人口的增长与京津地区产业的转移从不同方面刺激了河北省各项用地之间的转化。林地向草地的转入大于林地向草地的转出,这可能由于人为砍伐和破坏导致部分林地退化为草地。

2.3 林地变化驱动力分析

影响林地的社会经济因子有很多,本研究在前人对影响林地变化的经济因子论证的基础上,选取 12 个可能影响河北省林地变化的社会经济指标,分别为地区生产总值、第一产业、第二产业、第三产业、人均生产总值、年末总人口、财政收入、财政支出、城镇居民可支配收入、农村居民可支配收入、城镇人口、农村人口。在 R 语言中,加载 msgps 程序包,经过数据预处理,利用 Adaptive-Lasso 变量提取模型,以林地面积为因变量,提取出以上 12 个经济指标中影响河北省林地变化的因子。利用公式(3)实现 Adaptive-Lasso 变量选择模型,得到变量选择结果见表 5。

由表 5 可知,影响河北省林地面积变化主要有 7 个因素,分别为第一产业、年末总人口、财政收入、财政支出、农村居民可支配收入、城镇人口与农村人口。

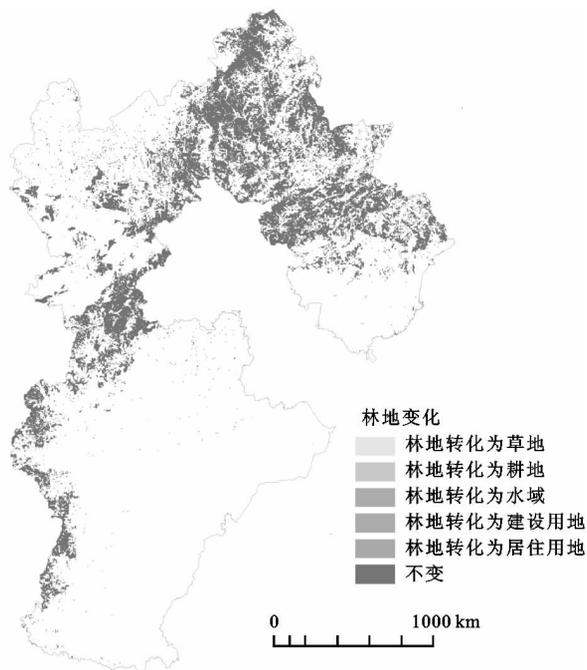


图 2 河北省林地空间变化

其中年末总人口、农村居民可支配收入和城镇人口与林地面积变化呈正相关性,且农村居民可支配收入居主要影响地位。第一产业、财政收入、财政支出与农村人口数与林地面积变化呈负相关性,其中财政收入

的负向影响最为显著。这个结论说明,促进第一产业的发展、增加农村居民的可支配收入,同时,合理调整财政收入与支出状况并加速城镇化进程能够有效地促进河北省林地资源的增加。

表 5 变量系数

变量	地区生产总值	第二产业	人均生产总值	财政收入	城镇居民可支配收入	城镇人口
系数	0.0000	0.0000	0.0000	-0.8682	0.0000	0.3012
变量	第一产业	第三产业	年末总人口	财政支出	农村居民可支配收入	农村人口
系数	-0.4490	0.0000	0.6272	-0.3587	1.4270	-0.3162

3 结论

2000—2015 年,河北省土地利用变化较为剧烈,总体表现特征为耕地、草地以及未利用土地面积的下降;同时,林地、居住用地与其他建设用地面积不断增加。林地的变化特征主要表现为林地面积总体呈增加趋势,各类用地类型均不同程度地向林地转化,且林地的转入面积比转出面积量大,其中草地、耕地、建设用地的转化贡献率较大。与此同时,林地的转出主要表现在向草地、耕地与水域的转化,其中,林地向草地与耕地的转化最为明显。

根据 Adaptive-Lasso 变量选择模型,得到影响林地面积变化主要解释变量分别为第一产业、年末总人口、财政收入、财政支出、农村居民可支配收入、城镇人口与农村人口数,其中,年末总人口数、城镇人口数与农村居民可支配收入与林地面积变化呈正相关,且农村居民可支配收入为正向主导因素,这说明年末总人口数、城镇人口数的增加与农民生活水平的提高,一定程度上刺激林地面积的增加,且财政收入的正向影响力更大。第一产业、财政收入、财政支出与农村人口数与林地面积变化呈负相关性,且财政收入为负向主导因素,即财政状况的变化、农村人口的增加及第一产业的发展,在一定程度上会遏制林地面积的增加。

引起上述变化的主要原因可能是国家退耕还林政策的执行,且由于河北省为京津冀经济圈中的一个重要组成部分,有明确的定位,同时,作为面积与经济总量最大的省份,能够有效地缓解北京市土地资源供求矛盾与拓展产业发展空间,且作为京津人才和科技辐射地,在一定程度上刺激了河北省居住与其他建设用地面积的增加。

本研究在 ArcGIS 空间分析的基础上,引入 R 语言,对河北省林地的空间变化特征及引起林地变化的驱动因子进行了深刻的分析,具有较强的针对性与创新性。本研究的不足之处没有完全体现出 R 语言的空间分析

功能,且影响林地变化的驱动因子的选取较为单一,只选择了社会经济因素而未考虑降雨、温度及坡度等自然因素的影响,在之后的研究中,将融入各项自然因素的影响,对林地的变化进行更加全面完善的分析。

参考文献:

- [1] 蒋敏元. 以生态建设为主体的新林业发展战略构想[J]. 林业科学, 2005, 41(2): 74-81.
- [2] 徐新良, 刘纪远, 庄大方, 等. 中国林地资源时空动态特征及驱动力分析[J]. 北京林业大学学报, 2004, 26(1): 41-46.
- [3] 冀丰渊. 京津冀协同发展规划纲要[C]//. 对接京津: 解决京津冀一体化与推动区域经济协同发展(对接京津与环首都沿渤海第 13 次论坛), 2016.
- [4] 范小杉, 高吉喜. GIS 支持下 1985—2000 年北京林地数量、质量演变与驱动分析[J]. 水土保持研究, 2008, 15(1): 148-150.
- [5] 战金艳, 史娜娜, 闫海明, 等. 江西省林地面积变化原因探析[J]. 自然资源学报, 2011(2): 335-343.
- [6] 牡丹, 潮洛濛. 鄂尔多斯市林地变化与社会经济驱动因素研究[J]. 环境科学与技术, 2010(S2): 98-101.
- [7] Xie X, Xie H, Fan Y. Spatiotemporal patterns and drivers of forest change from 1985—2000 in the Beijing-Tianjin-Hebei Region of China[J]. Journal of Resources and Ecology, 2016, 7(4): 301-308.
- [8] 王艳华, 蒋勇军. R 数据统计分析语言及其在 GIS 中的应用[J]. 测绘科学, 2010, 35(2): 175-177.
- [9] 江腾宇, 林成军, 邢元军, 等. 湖北省林地变更及驱动力分析[J]. 湖北林业科技, 2017, 46(2): 51-55.
- [10] 何承刚, 冯彦, 杨燕平. 西双版纳林地景观演变过程及其驱动力分析[J]. 云南地理环境研究, 2008, 20(5): 12-17.
- [11] 彭博. 基于 GIS 和 RS 的长沙市林地变化研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2011.
- [12] 汤银才. R 语言与统计分析[M]. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [13] 吴喜之. 复杂数据统计方法: 基于 R 的应用[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2015.
- [14] 徐新良, 刘纪远, 庄大方, 等. 中国林地资源时空动态特征及驱动力分析[J]. 北京林业大学学报, 2004, 26(1): 41-46.