

森林景观变化的地理环境因素整合分析 ——以伊洛河流域洛宁县为例

梁国付^{1,2}, 丁圣彦^{1,2,*}

(1. 河南大学资源与环境研究所, 河南开封 475001; 2. 河南大学环境与规划学院, 河南开封 475001)

摘要:运用景观生态学的基本原理,借助于地理信息系统技术,整合分析了地理环境因素对伊洛河流域洛宁县森林景观动态变化的影响。结果显示,应用地理环境因素影响指数可以很好地从整体上分析地理环境因素,如高程、坡度、距离居民点中心的距离、与森林边缘距离等地理环境因子对区域森林景观动态变化的影响。1983 和 1999 年,伊洛河流域洛宁县森林景观在地理环境因素影响指数上的优势分布区间($P_{ie} > 1$)分别为 12—30 和 10—30,即在中高地理环境因素影响指数分布区间内,且有向低地理环境因素影响指数分布区间略为移动的趋势。森林景观类型保持不变部分、森林景观转化为非森林景观类型部分和非森林景观转化为森林景观类型部分所对应的在地理环境因素影响指数上的优势分布区间($P_{ie} > 1$)分别为 11—30、1—8 和 6—13。通过建立森林景观动态变化与地理环境因素影响指数的相互关系,表明森林景观动态变化与地理环境因素影响指数(特别是在地理环境因素影响指数的优势分布区间内)有显著相关关系。

关键词:伊洛河;洛宁县;森林景观;地理环境因素影响指数

Integrative analysis of geographic environmental factors on forest landscape dynamics: a case study of Luoning County, Yiluo River basin

LIANG Guofu^{1,2}, DING Shengyan^{1,2,*}

1 Institute of Natural Resources and Environmental Science Research, Henan University, Kaifeng 475001, China

2 College of Environment & Planning, Henan University, Kaifeng 475001, China

Abstract: This paper investigated the forest landscape dynamics in Luoning County, the Yiluo River Basin, where considerable attention has been drawn in issues of slowing down the agricultural expansion into the remaining natural forests. Based on the theory of landscape ecology, the integrated geographic environmental factors on forest landscape dynamics were examined by using geographic information systems. The results showed that geographic factors such as elevation, slope, distance from village centers, and distance from forest edge had significant impacts on forest landscape changes, and the integrative geographic environmental factors index was valuable in describing the landscape dynamics in Yiluo River Basin. In 1983 and 1999, the predominant ranges of forest landscape change on geographic environmental factors index were 12—30 and 10—30 respectively and there was a slight trend of downslide. From 1983 to 1999, the three predominant ranges of forest landscape change on geographic environmental factors index in the areas of the forest landscape unchanged, the forest landscape converted to non-forest landscape, and the non-forest landscape converted to forest landscape were 11—30, 1—8 and 6—13 respectively. In addition, by using spatial analysis in ArcGIS 9.2 and SPSS 10.0, the correlation of forest landscape change and geographic environmental factors index was analyzed. It indicated that there were notable correlations between them, especially in predominant ranges of geographic environmental factors index.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40671175)

收稿日期:2009-05-26; **修订日期:**2009-07-27

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: syding@henu.edu.cn

Key Words: the Yiluo River; Luoning County; forest landscape; geographic environmental factors index

人类活动对森林资源造成的压力越来越大,对森林景观变化的关注,已成为国际环境问题的重要方面。近年来,关于森林景观动态研究在理论、方法和技术等方面都得到了迅速地发展。特别是采用遥感影像与土地利用类型图相结合的方法进行景观分类,选用景观格局指数表达森林景观格局动态及过程,理解景观生态系统的生态功能变化,进而探测人类活动对景观变化的影响作用^[1-7]。此外,模拟和分析森林景观变化过程与各种自然因素和社会因素之间的关系也是研究的重要方面^[8-10]。寻找引起森林景观变化的各种驱动因素,特别是理解各因素的综合作用过程,对理解森林景观动态过程有重要意义。

伊洛河是三门峡大坝以下黄河最大的支流,由伊河与洛河构成,自然地理要素具有明显的过渡性,且包括了山地-丘陵-平原这样一个完整的景观生态系统。近年来,该区域的森林景观发生了较大的变化,引起了很多学者的关注。采用遥感和地面调查相结合方法,应用景观生态学的基本理论对伊洛河典型地段森林景观格局动态、森林景观要素斑块特征进行了诸多研究^[12-14]。此外,从土地利用/土地覆盖变化角度来研究的该流域土地利用空间结构变化,并进行变化评估研究,借助于社会经济统计数据,分析引起森林景观动态变化或耕地变化的人文驱动因素^[15-17]。丁圣彦等分析了单个地理环境因子,如高度、坡度、距离居民点中心的距离、和与森林边缘距离对森林景观变化的影响^[18],没有能整合这些因子进行综合分析。本研究采用地理信息系统技术,分析 20 世纪 80 年代以来,伊洛河流域洛宁县森林景观动态变化,探讨地理环境因素对流域森林景观动态变化综合作用,以期理解区域森林景观变化机理,为探讨驱动因素的整合分析和确保流域生态安全提供依据。

1 研究区域概况

伊洛河流域位于黄河中游南部,发源于陕西省华山南麓蓝田县境,北以华山、崤山与黄河干流为界,南以伏牛山与长江水系分水,东以外方山与淮河为邻,流域面积 18 881 km²。年降水量 600—900 mm,集中于夏季,常出现暴雨,年均气温 12—14℃。土壤以褐土、棕壤、黄垆土为主。伊洛河是黄河三门峡大坝以下最大的一级支流,对黄河下游的洪淤有重要的影响^[18]。

本文研究区域为伊洛河流域典型地区——洛宁县,洛河中游,地理坐标在北纬 34°05′—34°38′,东经 111°08′—111°49′ 之间(图 1),总面积 2324.86 km²,海拔高度在 274—2100 m。该区域地貌类型齐全,具有伊洛河流域典型的地貌形态特征,既有精耕细作的河谷地农业,又有保护较好的大面积林地,山地植被采用林场管理方式,低山区以经济林和人工林为主,塬陵区和川润区则多为农林间作,基本的景观类型有森林景观类型(自然林、人工林和灌木林等)、水域景观类型、农业用地景观类型(水浇地、旱地)、建设用地景观类型(居民点、工矿用地和交通用地)和荒草地景观类型,一定程度上反映了全流域的总体情况^[18]。

2 研究方法

2.1 数据源和数据处理平台

本文的研究数据源:研究区的 1975 年 1:5 万数字栅格地形图;1983 年和 1999 年的洛宁县森林资源分布图(1:5 万);自然地理基础数据(包括地形地貌、土壤、水文和植被的基本资料)。数据处理平台包括 Arc/gis 9.2 和 Spss 10.0。

2.2 森林景观动态和地理环境因素制图

将 1983 年和 1999 年洛宁县森林资源分布原图扫描数字化后,在 ARC/INFO 环境下进行地理参考和植被类型矢量化,并根据森林资源图上的信息以及野外调查资料,制成 1983 年和 1999 年的森林景观类型分布图^[18]。地理环境因素图包括:数字高程模型图和坡度图,在 Arc/gis 9.2 支持下,对研究区 1975 年地形图(1:50 000)等高线、高程点进行数字化,在空间分析模块中,制成研究区数字高程模型图(DEM);从 DEM 图中提取研究区坡度图;居民点中心分布影响图,应用 Arc/gis 9.2 距离计算模块,计算与最近居民点中心的距离,每一像素的值为与最近村庄中心的距离;与森林边缘距离,在 Arc/gis 9.2 中,计算与最近森林边缘的距离

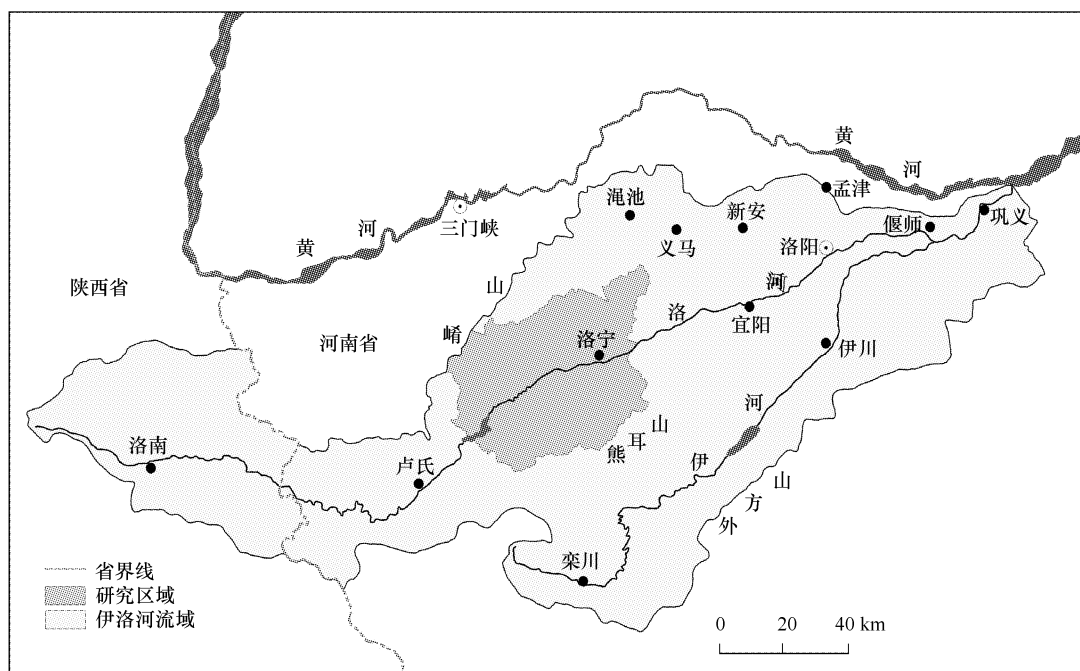


图1 研究区域

Fig. 1 Location of the study area

(1983 年),每一像素的值为与最近森林边缘的距离^[18]。

2.3 单一地理环境因素分析

计算森林景观动态变化(森林景观类型转化为非森林景观类型、森林景观类型保持不变部分、非森林景观类型转化为森林景观类型)与相应的高程、坡度、与居民点中心的距离和与森林边缘的距离的相关分析,作为该地理环境影响因子的权重系数计算基础^[18]。

2.4 地理环境因素整合分析

在 Arc/gis9.2 软件中,分别对数字高程模型图、坡度图、与居民点中心距离分布图、与森林边缘距离分布图的原始数据进行标准差标准化,使得数据消除量纲的影响和统一在相对均匀的范围之内,其方法如下:

$$Z = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$$

式中, Z 为标准化变化后的数据,其均值为 0,方差为 1,且与指标量纲无关; x_i 为原始数据, $\bar{x}$ 为原始数据平均值, σ 为原始数据标准差。

本研究采用地理环境因素影响指数来分析森林景观变化与地理环境因素整体影响之间的相互关系。地理环境因素影响指数 T 计算如下:

$$T = \sum_{i=1}^k \alpha_i \times G_i$$

其中, T 为地理环境因素影响指数, G_i 为第 i 个地理环境影响因子, α_i 为该地理环境影响因子的权重系数(根据 2.3 中计算的每一种景观类型的动态变化和 4 个地理环境因子的相关系数,取 4 个相关系数分别占相关系数和的比例作为其权重系数)。高程越高,坡度越大,距离森林边缘和居民点距离越远的点,其地理环境因素影响指数越大;反之则越小。在 Arc/gis9.2 软件中,针对每一景观动态变化类型的地理环境因素影响指数栅格图进行重分类 30 类, T 从 1—30 的变化即为地理环境因素影响指数的从小到大的变化。

为了消除地理环境因素影响指数分段和景观面积差异的影响,使用地理环境因素影响分布指数来描述不同景观类型在地理环境因素影响指数上的分布特征^[19]。分布指数为:

$$P_{ie} = (S_{ie}/S_i)/(S_e/S)$$

其中, P_{ie} 为第 i 种景观类型在地理环境因素影响指数 T 上的分布指数, S_{ie} 为第 i 种景观类型在地理环境因素影响指数 $T(1-30)$ 各分布区间上的面积, S_i 为研究区内第 i 种景观类型的面积, S_e 为研究区内地理环境因素影响指数 T 的总面积, S 为整个研究区的总面积。分布指数是一个标准化、无量纲的指数, 其取值范围为 $[0, S]$ 。若 $P_{ie} > 1$, 表示地理环境因素影响指数 T 的分布区间是该景观类型分布的优势区间, P_{ie} 越大, 优势越明显。反之若 $P_{ie} < 1$, 表示地理环境因素影响指数 T 的分布区间是该景观类型分布的非优势区间。

3 结果与分析

3.1 森林景观在地理环境因素影响指数上的分布特征

1983 年, 森林景观类型分布的优势地理环境因素影响指数的分布区间为 12—30 ($P_{ie} > 1$), 在优势区间内, 森林景观类型面积为 52889.83 hm^2 , 占 1983 研究区森林总面积的 55.08% (图 2)。在非优势地理环境因素影响指数分布区间 1—11 内, 森林面积为 43132.57 hm^2 , 占 1983 研究区森林总面积的 44.92%。

1999 年, 森林景观类型分布的优势地理环境因素影响指数的分布区间为 10—30 ($P_{ie} > 1$), 在优势区间内, 森林景观类型面积为 78592.12 hm^2 , 占 1999 研究区森林总面积的 66.89% (图 2)。在非优势地理环境因素影响指数分布区间 1—9 内, 森林面积为 38896.96 hm^2 , 占 1999 研究区森林总面积的 33.11%。

从 1983 年到 1999 年, 森林景观类型分布的优势地理环境因素影响指数区间由高区间向低地区间移动了 2 个单位, 森林景观的分布优势地理环境因素影响指数区间有由高区间向低区间略为移动的趋势, 在较高地理环境因素影响指数区间上分布趋势减缓。在中低地理环境因素影响指数区间上, 森林的恢复有成效明显。此外, 随着时间推移, 森林在较高地理环境因素影响指数区间上的分布趋向于稳定, 表明这个期间较高地理环境因素影响指数区间上受到人类活动的影响有减小的趋势, 而在较低地理环境因素影响指数区间上受到人类活动的影响较大。

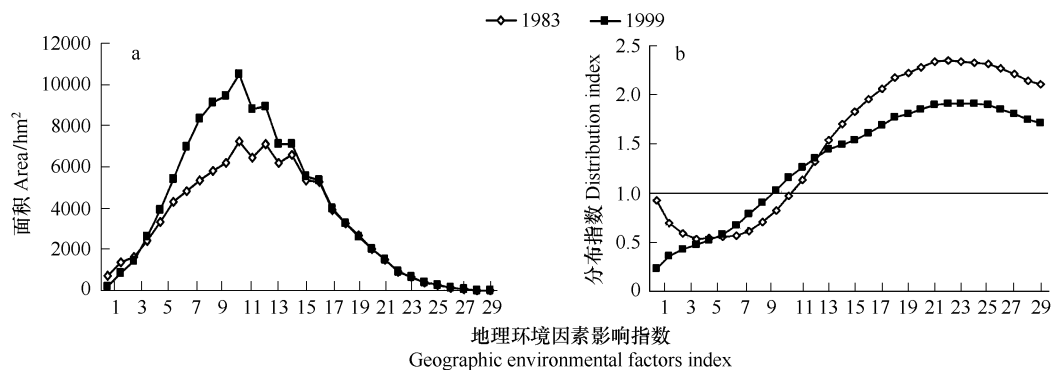


图 2 1983 和 1999 年森林景观面积和地理环境因素影响分布指数图

Fig. 2 Forest landscape area and geographic environmental factors distribution index of 1983 and 1999

3.2 森林景观动态变化在地理环境因素影响指数上的分布特征

3.2.1 森林景观类型保持不变部分

从 1983 年到 1999 年, 森林景观类型保持不变部分所对应的优势地理环境因素影响指数的分布区间为 11—30 ($P_{ie} > 1$), 在此区间内, 森林景观类型保持不变部分的面积为 56371.17 hm^2 , 占从 1983 年到 1999 年森林景观类型保持不变部分面积的 71.90%。森林景观类型保持不变部分随地理环境因素影响指数变化的面积累积变化中, 面积累积百分比从 28.10% 增加到 100%。在非优势地理环境因素影响指数的分布区间 1—10 ($P_{ie} < 1$) 内, 森林景观类型保持不变部分的面积为 22031.48 hm^2 , 占从 1983 年到 1999 年森林景观类型保持不变部分面积的 28.10%, 森林景观类型保持不变部分面积累积百分比从 0 增加到 28.10% (图 3 和图 4)。

这表明森林景观类型保持不变部分主要分布在中高地形位梯度上, 高程较高、坡度较大、距离森林边缘距离越远、距离居民点距离越远的地区是人类活动影响较小的区域。该区落叶阔叶林和灌丛的分布占绝对优

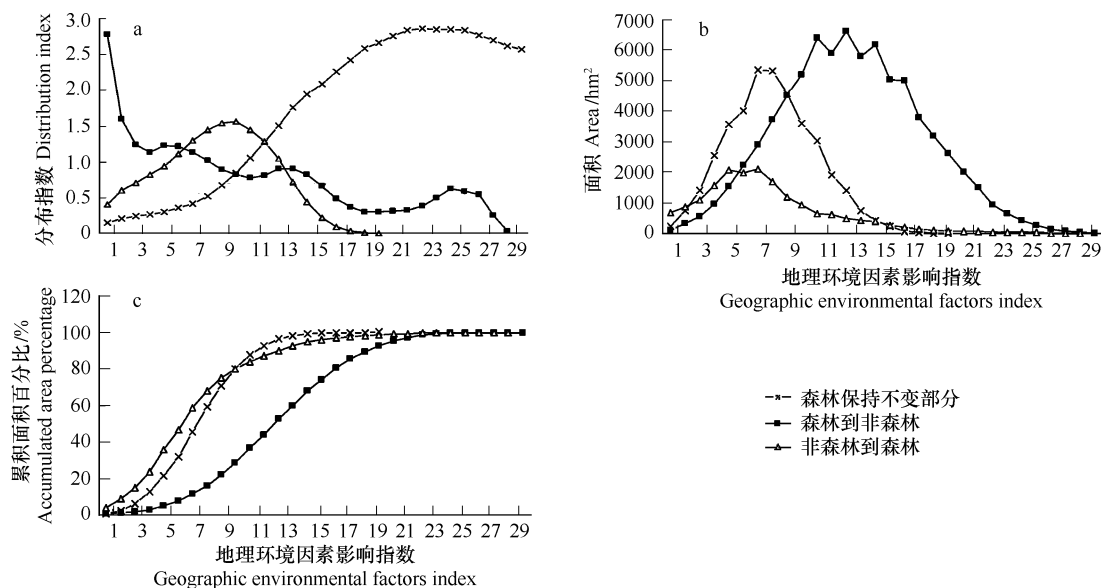


图3 1983年到1999年森林景观变化的地理环境因素影响分布指数、面积和累积面积百分比图

Fig. 3 The geographic environmental factors distribution index, change of the forest landscape area and accumulated area percentage from 1983 to 1999

势,两者总计占中山区总面积的61.50%^[14]。该区山高气寒、坡陡石多、交通不便,人口稀少,土地利用格局较单一,以林为主,兼有牧业和较原始的种植业。本区由于自然地理条件的限制,人类活动相对较弱,因此森林景观保持的较为完好。

在中高地形位梯度上,是森林景观分布的主要区域,也是进行生态环境保护的主要功能区域,该区域森林生态系统的稳定与否直接关系到流域生态安全问题。加强对大型天然森林植被的保护,减少人为干扰。只有大型的自然植被斑块才有可能涵养水源,连接河流水系和维持林中物种的安全和健康,大型斑块比小型斑块能承载更多的物种。天然林是流域中仅有的结构稳定的大型植被斑块,具有其它景观元素不可替代的功能,在流域景观规划中,尤其应保护这一景观类型,以维护流域的生态功能。

3.2.2 森林景观类型转化为非森林景观类型

从1983年到1999年,森林景观类型转化为非森林景观类型部分所对应的优势地理环境因素影响指数的分布区间为1—8($P_{ie} > 1$),在此区间内,森林景观类型转化为非森林景观类型部分的面积为12017.60 hm²,占从1983年到1999年森林景观类型转化为非森林景观类型部分面积的68.21%。森林景观类型转化为非森林景观类型部分随地地理环境因素影响指数变化的面积累积变化中,面积累积百分比为68.21%。在非优势地理环境因素影响指数的分布区间9—29($P_{ie} < 1$),森林景观类型转化为非森林景观类型部分的面积为5602.14 hm²,占从1983年到1999年森林景观类型转化为非森林景观类型部分面积的31.79%,森林景观类型转化为非森林景观类型部分面积累积百分比从68.21%增加到100%。

这表明1983—1999年,森林景观类型转化为非森林景观类型则主要分布在低地理环境因素影响指数区间内。高程低、坡度低、距离森林边缘距离越近、距离居民点距离越近的地区是人类活动影响较大的区域。这部分主要分布在低山区,这一地区土地面积大,山势比较低缓和,谷梁相间,山岭起伏延伸,地貌呈较复杂状态,有大面积的黄土覆盖,雨量比较充沛,沟谷耕地、坡耕地和居民点沿沟底和沟缘分布,耕作方式上以坡耕地占优势,达到低山区总面积的35.23%,其次是荒山草坡和落叶阔叶林,二者分别占低山区总面积的33.14%和21.13%^[14]。长期以来,由于人口的增长所带来对土地的压力,使得坡耕地占优势,一方面由于过度开垦,荒山面积较大;另一方面,由于对森林的破坏,森林面积减少,因此该区是森林景观转化为非森林景观的主要区域。此外,林分的改造也主要在该区域,是森林景观变化较明显的区域。

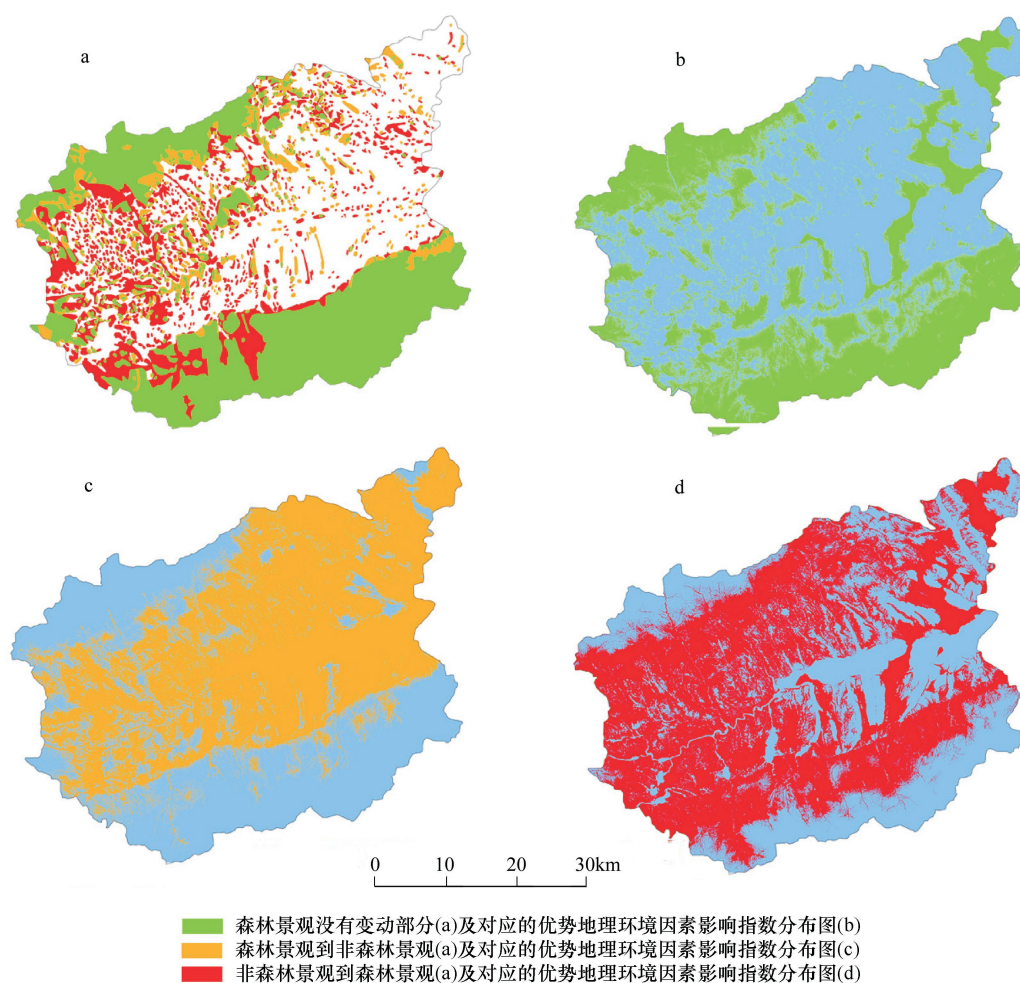


图4 森林景观动态与优势地理因素影响指数分布区间

Fig. 4 Distribution of the predominant geographic environmental factors index and forest landscape change

此区域景观过程以水土流失、植被覆盖减少等退化过程为主,由于其特殊的地形地貌,地形起伏较大,加之人口增长,陡坡垦殖及过度垦殖等使流域内土壤矿质养分通过水力侵蚀、重力侵蚀等大量流出系统,产生严重的水土流失,土地贫瘠化。景观生态规划应采取陡坡退耕还林,大力发展水土保持林,努力提高植被覆盖率,恢复原有的自然植被景观,坡耕地改梯地等措施,控制土壤侵蚀,修复流域被破坏的生态功能。

3.2.3 非森林景观类型转化为森林景观类型

1983 年到 1999 年,非森林景观类型转化为森林景观类型部分所对应的优势地理环境因素影响指数的分布区间为 6—13 ($P_{ie} > 1$),在此区间内,非森林景观类型转化为森林景观类型部分的面积为 29193.15hm²,占从 1983 年到 1999 年非森林景观类型转化为森林景观类型部分面积的 74.69%。非森林景观类型转化为森林景观类型部分随地理环境因素影响指数变化的面积累积变化中,面积累积百分比从 31.93% 增加到 96.33%。在非优势地理环境因素影响指数的分布区间 1—5 和 14—20 ($P_{ie} < 1$),非森林景观类型转化为森林景观类型部分的面积为 9890.93hm²,占从 1983 年到 1999 年非森林景观类型转化为森林景观类型部分面积的 25.31%,面积累积百分比从 0 增加到 31.93%。

非森林景观转化为森林景观类型分布区域主要在中低地形梯度区间内,塬陵区和川涧区中,川涧区以荒山草坡、坡耕地和落叶阔叶林占优势,土壤肥沃,熟化程度高,农林间作、农田林网,护岸林等各具特色,由于该区沟谷交错、狭窄,荒山草坡和落叶阔叶林在本区占较大比重,林地主要是防护林。塬陵区以落叶阔叶林、坡耕地和荒山草坡占优势,绵延起伏;坡耕地多,是粮、烟、油主要产地之一。林地主要由人工栽培的经济林组

成,1975 年以后,洛宁县在四旁大量种植沙兰杨,1999 年达到 229 万株,占四旁总株树的 91%^[12]。在川涧区,维护河流廊道的生态功能,才能确保流域的生态安全。因此,规划时,在河流的两岸应保护和恢复近自然的森林植被,营造护岸林、护路林,防止河道淤积,削减洪峰等功能,维护河流廊道的正常输送功能,减轻自然灾害。丘陵区地广人稀,但农耕地较少,水土流失严重,部分地段已经退化到裸岩地步,是封山育林和人工造林的主要基地。该区应大力营造水土保持、薪炭林,保护人工次生林和人工造林,促进了森林植被覆盖面积的增加。

3.3 森林景观动态变化相关分析

为进一步分析森林景观动态变化与地理环境因素影响指数变化相关关系,以森林景观类型转化为非森林景观类型部分的面积、非森林景观类型转化为森林景观类型部分的面积和森林景观类型保持不变部分的面积为应变变量,以相应的地理环境因素影响指数自变量进行相关分析(表 1)。

结果表明:1983—1999 年,森林景观动态变化与地理环境因素影响指数有显著相关关系,基本上保持负相关关系,随着地理环境因素影响指数升高,森林景观动态变化减弱。在优势地理环境因素影响指数分布区间内,森林景观类型转化为非森林景观类型、非森林景观类型转化为森林景观类型、森林景观保持不变部分与地理环境因素影响指数变化都有显著相关关系,相关系数分别为 0.8529、-0.9368、-0.9691(在 0.01 水平上都具有极显著相关关系)。在整个地理环境因素影响指数区间内,只有森林景观类型转化为非森林景观类型与地理环境因素影响指数变化有显著相关关系,相关系数为 -0.8030(在 0.01 水平上具有极显著相关性),且呈负相关关系,而在优势地理环境因素影响指数区间内呈正相关关系。这主要是因为,森林景观类型转化为非森林景观类型分布的优势地理环境因素影响指数区间范围窄(1—8),地理环境因素影响指数越小,地形分布越平缓,距离森林边缘和居民点越近,这些地区往往是在居民点附近,而这也常常是人们注重保护的树林部分,故随着地理环境因素影响指数的增大,森林景观类型转化为非森林景观类型的面积也增大,呈正相关关系。在整个地理环境因素影响指数分布区间内,森林景观类型转化为非森林景观类型的面积还是随着地理环境因素影响指数的增加而减小,且呈负相关关系。在森林景观动态变化的优势地理环境因素影响指数内,地形梯度的变化是森林景观动态变化的主要决定因素。但在整个地理环境因素影响指数分布区间内,森林景观的动态变化还需要考虑更多因素。

表 1 森林景观变化相关分析
Table 1 Correlation analysis of the forest landscape change

项目 Item	森林到非森林 Forest to non-forest	非森林到森林 Non-forest to forest	森林保持不变 Forest unconverted
相关系数(整个影响指数分布区间内) Correlation coefficient(In the whole geographic environmental factors distribution index ranges)	-0.8030 **	-0.4696 *	-0.2807
相关系数(优势影响指数分布区间内) Correlation coefficient(In the predominant geographic environmental factors distribution index ranges)	0.8529 **	-0.9368 **	-0.9691 **

* * 表示在 0.01 水平上具有极显著相关性, * 表示在 0.05 水平上具有显著相关性

4 结论与讨论

景观动态变化与多种因素有相关关系,寻找引起景观变化的各种因素,对理解景观动态变化过程有重要意义。驱动力是一个复杂的、相互依赖的、相互作用和具有反馈作用机制的复杂系统,在不同的时空尺度上影响景观变化。在众多的研究中,一般将景观驱动因素分为社会经济、政治、技术、自然和文化因素 5 类。自然环境因素对景观动态变化的影响主要是从气候、地形、土壤特征和自然干扰等方面来进行分析,人文社会因素主要从人口、技术、社会经济、政治、文化背景等方面来进行分析,而这两大方面又往往是交织在一起的^[11]。景观动态变化驱动力分析也没有固定的分析方案,研究方法上,定性分析居多,主要是通过对研究客体概念、特点及其相关因素的分析对景观变化的驱动力进行定性描述。其次是采用统计方法分析景观变化与所确定影

响因子数值之间的统计关系来确定主导驱动因子。此外,影响景观动态的驱动因素往往是错综复杂的,不同因素对景观动态的贡献的大小较难确定。每一景观都具有独特的特征,从某一景观所获得的驱动因素很难推广到其他景观,驱动因素的普适特征还不清楚。对景观动态驱动机制的研究有待深化,开展影响景观变化的自然环境因子和人文社会因子的整合研究也显得十分必要。

森林景观随地理环境因素影响指数的变化在一定程度上反映了所处的地理环境条件,也可以反映出今后森林景观类型在空间上扩展情况。本文借用地理环境因素影响指数整合分析了高程、坡度、距离森林边缘距离、距离居民点距离综合因素对森林景观变化的影响,对森林景观动态变化驱动因素的整合分析方法进行的探讨,但引起森林景观动态变化的因素是多种多样的,如人口密度、政策因素、经济发展水平、居民对各种保护工程的态度等^[20],对森林景观动态变化的影响也应该深入考虑。该文得到的结论如下:

(1)伊洛河流域洛宁县森林景观在地理环境因素影响指数上的优势分布区间($P_{ie} > 1$)在 1983 和 1999 分别为 12—30 和 10—30 的中高地理环境因素影响指数分布区间上,且有向低地理环境因素影响指数分布区间略为移动的趋势。林地在生态保护和生态建设工程支持下,在高地形位得到了明显的恢复,且有向低的地形位扩张的趋势。

(2)森林景观类型保持不变部分所对应的在地理环境因素影响指数上的优势分布区间($P_{ie} > 1$)为 11—30,稳定且变化小。该分布区高程较高、坡度较大、距离森林边缘距离越远、距离居民点距离越远的地区是人类活动影响较小的区域。自然环境不适合于人类耕种,森林景观保持的较为完好。森林景观类型转化为非森林景观类型在地理环境因素影响指数上的优势分布区间($P_{ie} > 1$)为 1—8,与林分改造关系密切。非森林景观类型转化为森林景观类型在地理环境因素影响指数上的优势分布区间($P_{ie} > 1$)为 6—13。在地理环境因素影响指数上分布区间较窄,但在低山、塬陵区和川润区分布面积广泛。

References:

- [1] Gren G M, Sussman R W. Deforestation history of the eastern rain forest of Madagascar from satellite images. *Science*, 1990, 248 (4952): 212-215.
- [2] Kennedy R S H, Spies T A. Forest Cover Changes in the Oregon Coast Range from 1939 to 1993. *Forest Ecology and Management*, 2004, 200(1/3): 129-147.
- [3] Wakeel A, Rao K S, Maikhuri R K, Saxena K G. Forest management and land-use/cover changes in a typical micro watershed in the mid-elevation zone of Central Himalaya, India. *Forest Ecology and Management*, 2005, 213(1/3): 229-242.
- [4] Veldkamp A, Lambin E. Predicting land use change. *Agriculture Ecosystem and Environment*, 2001, 85 (1/3): 1-6.
- [5] Gulinck H, Múgica M, de Lucio J V, Atauri J A. A framework for comparative landscape analysis and evaluation based on land cover data, with an application in the Madrid region (Spain). *Landscape and Urban Planning*, 2001, 55 (4): 257-270.
- [6] Hietala-Koivu R. Agricultural landscape change: a case study in Yläne, southwest Finland. *Landscape and Urban Planning*, 1999, 46(1/3): 103-108.
- [7] Krausmann F, Haberl H, Schulz N B, Erb K H, Darge E, Gaube V. Land-use change and socio-economic metabolism in Austria-Part I: driving forces of land-use change: 1950-1995. *Land Use Policy*, 2003, 20(1): 1-20.
- [8] Lambin E F. Modeling of deforestation processes: a review. *TREES Publication Series B. Research Report No. 1. European Commission*, Brussels, EUR 15744 EN, 1994.
- [9] Kaimowitz D, Angelsen A. Economic Models of Tropical Deforestation A Review. *Center for International Forestry Research*, Bogor, Indonesia, 1998.
- [10] Geist H, Lambin E F. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *Bioscience*, 2002, 52(2): 143-150.
- [11] Bürgi M, Hersperger A M, Schneeberger N. Driving forces of landscape change — current and new directions. *Landscape Ecology*, 2004, 19(8): 857-868.
- [12] Qian L X, Li S, Zhang X W. Changes on vegetation landscape pattern in the typical district of Yiluo River Valley-A case study from Luoning County, Henan Province. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2005, 13(1): 49-52.
- [13] Ding S Y, Qian L X, Cao X X, Li S, Li H M. Forest Landscape Patterns Dynamics of Yihe-Luohe River Basin. *Acta Geographica Sinica*, 2003, 58(3): 354-362.

- [14] Qian L X, Ding S Y, Xu S M. Landscape Spatial Structure of Various Landform Type Areas in Yiluo River Basin: A Case Study of Luoning County. *Scientia Geographica Sinica*, 2003, 23(5): 604-611.
- [15] Liu J Y, Chang J, Zhao H F. Studies on Human Driving Force of Cultivated Land Change — A Case Study of Luoning County. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2005, 9:58-61
- [16] Chang J, Li H D, Huang Y J, Li B, Liu J Y. Spatial Structure Change of Land Use on Middle-Sized Basin Based on RS and GIS — A Case Study of Luoning County in Central Yiluohe Basin. *Journal of Institute of Surveying and Mapping*, 2004, 21(1): 42-45.
- [17] Li X J, Liu G J, Qian L X, Peterson J. Assessment of Land Use and Land Cover Change in a Middle Size Catchment: A Case Study of the Middle Yiluo Area. *Scientia Geographica Sinica*, 2001, 21(4): 289-296.
- [18] Ding S Y, Liang G F. Analysis of geographic environmental factors on forest landscape dynamics of Yiluo River basin. *Geographical Research*, 2007, 26(5): 906-914.
- [19] Chen L D, Yang S, Feng X M. Land use change characteristics along the terrain gradient and the spatial expanding analysis: A case study of Haidian District and Yanqing County, Beijing. *Geographical Research*, 2008, 27(6): 1225-1234.
- [20] Zhang Q J, Fu B J, Chen L D, Zhao W W, Yang Q K, Liu G B, Gulinck H. Dynamics and driving factors of agricultural landscape in the semiarid hilly area of the Loess Plateau, China. *Agriculture Ecosystem and Environment*, 2004, 103(3): 535-543.

参考文献:

- [12] 钱乐祥,李爽,张晓伟. 伊洛河流域典型地段植被景观格局变化研究——以洛宁县为例. *中国生态农业学报*, 2005, 13(1): 49-52.
- [13] 丁圣彦,钱乐祥,曹新向,李爽,李昊民. 伊洛河流域典型地区森林景观格局动态. *地理学报*, 2003, 58(3): 354-362.
- [14] 钱乐祥,丁圣彦,许叔明. 伊洛河流域不同地貌类型区的景观空间结构对比分析——以洛宁县为例. *地理科学*, 2003, 23(5): 604-611.
- [15] 刘静玉,常捷,赵会丰. 耕地变化的人文驱动力研究——以洛宁县为例. *河南农业科学*, 2005, 9:58-61
- [16] 常捷,李慧典,黄裕婕,李斌,刘静玉. 基于 RS 和 GIS 的中尺度流域土地利用空间结构变化——以伊洛河流域中部洛宁县为例. *测绘学院学报*, 2004, 21(1): 42-45.
- [17] 李小建,刘钢军,钱乐祥, Peterson J. 中尺度流域土地利用/土地覆盖变化评估——以伊洛河中部地区为例. *地理科学*, 2001, 21(4): 289-296.
- [18] 丁圣彦,梁国付. 地理环境因素对伊洛河流域森林景观的影响. *地理研究*, 2007, 26(5): 906-914.
- [19] 陈利顶,杨爽,冯晓明. 土地利用变化的地形梯度特征与空间扩展——以北京市海淀区和延庆县为例. *地理研究*, 2008, 27(6): 1225-1234.