

1976年以来北洛河流域土地利用变化 对人类活动程度的响应

吴琳娜^{1,2}, 杨胜天¹, 刘晓燕³, 罗 娅^{1,4}, 周 旭⁵, 赵海根¹

(1. 遥感科学国家重点实验室, 北京师范大学地理学与遥感科学学院,

环境遥感与数字城市北京市重点实验室, 北京 100875;

2. 贵州大学资源与环境工程学院, 贵阳 550025;

3. 黄河水利委员会, 郑州 450003;

4. 贵州师范大学地理与环境科学学院, 贵阳 550001;

5. 西华师范大学国土资源学院, 四川南充 637009)

摘要: 土地利用变化是反映人类活动程度的重要因子, 分析土地利用时空变化规律, 是揭示人类活动程度的有效方式。在遥感和地理信息系统技术的支持下, 采用人机交互图像处理方法获取北洛河流域1976年、1998年和2010年土地利用数据; 从土地利用变化速度、转移方向和土地利用程度方面, 全面分析1976年以来北洛河流域人类活动作用下的土地利用时空变化规律。结果表明: ① 1976-1998年和1998-2010年间北洛河流域综合土地利用动态度从0.61增加到6.66; 耕地和草地面积减少, 减小速度分别从2.00%和2.69%增加到26.20%和23.33%, 林地和城乡工矿居民用地面积增加, 前者增加速度从5.93%增加到59.68%, 后者增加速度从6.59%减小到3.52%。② 两个时段土地利用类型转移方向都呈现出耕地和草地主要转化为林地, 少部分耕地转化为城乡工矿居民用地的特点; ③ 流域各县土地利用程度综合变化指数从-2~-1之间, 扩大为-27~4之间。证明流域内人类活动对自然环境的影响逐渐增大; 主要表现为耕地、草地、林地和城乡工矿居民用地的相互转化; 影响区域主要分布在流域上游吴旗县、富县、甘泉、黄陵县和洛川县; 而人类活动作用导致的林地面积增大程度远远大于耕地和草地面积减小和城乡工矿居民用地面积增加程度。

关键词: 土地利用变化; 人类活动; 北洛河流域

DOI: 10.11821/dlxb201401005

1 引言

土地系统是人类—环境交互作用复合地球系统中的重要组成部分, 是人类—环境关系的纽带和桥梁, 对于理解和弄清人类—环境复杂关系具有重要作用^[1]。人类在追求自身生存和发展的同时, 不断地改变着陆地表层环境, 呈现出不同的土地利用方式。因此, 土地利用变化是人类活动作用于陆地表层环境的一种重要方式^[2-5]和响应。建立模型对土地利用变化过程进行研究, 不仅是深入了解土地利用变化成因、过程的重要途径和手段^[6], 也能揭示出土地利用对人类活动程度的响应。

收稿日期: 2013-10-06; 修订日期: 2013-011-03

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划课题 (2012BAB02B00); 水利部公益项目 (201101037); 中央高校基本科研业务费专项 [Foundation: National Key Technologies R&D Program, No.2012BAB02B00; Public Welfare Foundation of the Ministry of Water Resources of China, No.201101037; The Fundamental Research Funds for the Central Universities]

作者简介: 吴琳娜 (1980-), 女, 副教授, 博士研究生, 主要从事水资源与水环境遥感研究。

E-mail: wulinna1998@163.com

通讯作者: 杨胜天 (1965-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事水资源与水环境遥感研究。

E-mail: yangshengtian@bnu.edu.cn

土地利用变化对人类活动程度的响应主要体现在土地利用变化的速度、转移方向和土地利用程度三个方面,可以利用综合土地利用动态度、单一土地利用动态度;土地利用转移矩阵和土地利用程度变化指标来表达。目前已有学者利用各指标对不同尺度区域土地利用变化对人类活动响应进行了分析。从大尺度研究范围来看,比较有代表性的是刘纪远等^[7-8],采用综合土地利用动态度和土地利用程度变化指标对中国大尺度区域土地利用变化的时间动态特征和空间动态特征进行研究,并指出有必要深入研究区域尺度人类社会经济活动对土地利用变化的影响;在此基础上,进一步根据综合土地利用动态度区域分异设计中国土地利用动态区划图,揭示出土地利用变化的空间格局与驱动因素,并指出人类活动中的政策调控和经济驱动是导致土地利用变化及其时空差异的主要原因^[9]。从中尺度研究范围来看,比较有代表性的是宋开山等^[10],采用单一土地动态度、综合土地利用动态度和土地利用程度指标分析了三江平原近50年来土地利用变化的幅度、速度、转化类型及其空间分布,并认为人口增加所引起的耕地变化是驱动三江平原其他土地利用变化的直接因素;王光谦等^[11]应用土地利用动态度模型、土地利用程度时空演变模型、土地利用类型转移模型和土地利用重心模型,对黄河流域近10年的土地利用和覆盖变化进行了研究;研究结果表明人类活动是黄河流域土地利用和覆盖变化的主导因子。程磊等^[12]选取转移矩阵、综合土地利用动态度、综合土地利用程度和单一土地利用变化率指标对渭河流域的土地利用时空变化特征进行分析,结果表明土地利用变化的时空格局有明显的区域特征,认为与人类活动相关的经济、社会、土地管理等方面的因素起着决定性的作用,在较小的时空尺度上作用明显。从小尺度研究范围来看,王三等^[13],采用土地利用程度变化和马尔可夫土地利用变化矩阵指标对重庆市“一小时经济圈”土地利用动态变化进行了研究,结果表明:研究区域各土地利用类型间转移明显,耕地资源流失严重且空间分布类似3层环状,与人类活动相关的城市化进程有很大关系。郭振华等^[14],仅采用了土地利用变化矩阵指标对洛阳市十年以来土地利用变化情况进行了动态分析,认为与人类活动相关的社会经济因素是洛阳市土地利用变化的主要驱动力。由此认为从土地利用变化速度、转移方向及利用程度方面,利用综合土地利用动态度、单一土地利用动态度、土地利用转移矩阵和土地利用程度变化指标,不仅能全面刻画流域土地利用时空变化动态过程,更是揭示土地利用变化对人类活动作用响应的科学手段。但是,从目前研究来看,大多侧重于利用单一指标和部分指标进行土地利用变化规律的分析,仅有宋开山等^[10]和程磊等^[12]利用综合土地利用动态度、单一土地利用动态度、土地利用转移矩阵和土地利用程度变化指标对土地利用变化规律进行研究,未见对北洛河流域长时间序列土地利用变化分析的研究,而从土地利用程度角度揭示北洛河流域人类活动影响的更是鲜有研究。

因此本文选取北洛河流域1976年、1998年、2010年遥感影像数据,采用人机交互图像处理办法获取1976年、1998年、2010年土地利用数据;从土地利用变化速度、转移方向和土地利用程度方面,采用综合土地利用动态度、单一土地利用动态度、土地利用转移矩阵和土地利用程度变化系列指标,全面分析1976年以来流域土地利用变化规律,并立足于流域内县级行政单元分析土地利用空间分布格局,揭示北洛河流域人类活动对土地利用变化的影响方向和程度;为进一步分析北洛河流域及黄河流域的泥沙变化提供一定基础。

2 研究区概况

北洛河发源于陕西省定边县白于山的魏梁山,在大荔县东南注入渭河,是陕西省纵跨纬度最大的河流,流域面积26931.03 km²。流域内人类活动区域差异大,水土流失严重,是黄河龙门至潼关区间的主要泥沙来源区,也是黄河近年来水沙锐减及其成因分析的重要

流域。

流域地处黄河中游地区,地形地貌复杂,可分为黄土丘陵沟壑区、黄土高原沟壑区、渭河、洛河冲积平原区及沙苑风沙区。属大陆性季风气候,年平均降水量510~540 mm,由南向北、自东向西递减。降雨年内分布不均,集中在7-9月份,且多暴雨,破坏性大,水土流失极为严重。流域内主要分布风沙土和黄绵土黑钙土、黑垆土和水稻土。森林主要分布在志丹、甘泉、富县、黄陵、黄龙、宜君等县。

北洛河流域涉及陕西省3个地(市)和甘肃省2个县,共17个县。2010年,流域内总人口426.85万人,人口密度158人/km²;上游定边、靖边、吴旗、志丹、甘泉县地广人稀,人口密度仅为34人/km²。耕地面积64.33万hm²。农民人均纯收入达1800元以上,志丹县达3440元。

3 方法

3.1 土地利用变化速度

(1) 综合土地利用动态度 土地利用综合动态度是刻画土地利用类型变化速度区域差异的指标,反映人类活动对流域土地利用类型变化的综合影响^[7-8]。其数学模型为:

$$S = \left[\sum_{i=1}^n (\Delta S_{i-j} / S_i) \right] \times 100 \times \frac{1}{t} \times 100\% \quad (1)$$

式中: S 为与 t 时段对应的研究区土地利用综合动态度, ΔS_{i-j} 为监测开始至监测结束时段内第 i 类土地利用类型转换为其他类土地利用类型面积总和, S_i 为监测开始时间第 i 类土地利用类型总面积; 100 表示将其扩大 100 倍, t 为土地利用变化时间段。

(2) 单一土地利用动态度 单一土地利用动态度是刻画不同土地利用类型在一定时间段内的变化速度和幅度的指标^[6, 10, 15], 反映人类活动对单一土地利用类型的影响。其数学模型为:

$$K_i = \frac{S_{i2} - S_{i1}}{S_{i1}} \times \frac{1}{t_2 - t_1} \times 100\% \quad (2)$$

式中: K_i 为 t_1 到 t_2 时段内 i 类土地利用类型动态度; S_{i1} 、 S_{i2} 分别表示 t_1 、 t_2 时间 i 类土地利用类型面积。

3.2 土地利用转移方向——土地利用转移矩阵

土地利用状态转移矩阵全面而又具体地刻画区域土地利用变化的结构特征, 反映出人类活动所引导的土地利用变化方向。该方法来源于系统分析中对系统状态与状态转移的定量描述, 其反映在一定时间间隔下, 一个亚稳定系统从 T 时刻向 $T+1$ 时刻状态转化的过程, 从而可以更好地揭示土地利用格局的时空演化过程^[16], 其数学表达形式为:

$$S_{ij} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & \dots & S_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{n1} & S_{n2} & \dots & S_{nn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

式中: S_{ij} 为研究期初与研究期末的土地利用状态, n 为土地利用的类型数。

目前, 常用的土地利用状态转移矩阵中向量可以是土地利用类型面积, 也可以是期初土地利用类型向期末土地利用类型转化的概率, 称为 Markov 转移概率矩阵^[12]。研究中采用前者进行北洛河流域土地利用类型转移分析。

3.3 土地利用程度

土地利用程度其实质是从流域土地利用开发程度出发综合反映人类活动对流域土地利用变化的影响水平。土地利用程度通过土地利用程度综合指数模型来刻画, 其数学模型

为^[6]:

$$I=100\times\sum_{i=1}^nA_i\times C_i$$

(4)

土地利用程度变化模型可定量地表达特定研究范围土地利用的综合水平和变化趋势,其数学模型为^[7, 16]:

$$\Delta I_{b-a}=I_b-I_a=\left\{\left(\sum_{i=1}^nA_i\times C_{ib}\right)-\left(\sum_{i=1}^nA_i\times C_{ia}\right)\right\}\times 100$$

(5)

式中: I 为研究区域的土地利用程度综合指数; A_i 为第*i*级土地利用程度分级指数; C_i 为第*i*等级的土地利用程度面积百分比; ΔI_{b-a} 为土地利用程度综合变化指数,如 ΔI_{b-a} 为正值,则
该区域*b*时段土地利用程度指数大于*a*时段土地利用程度指数;否则前者小于后者。 I_a 、 I_b
分别为时间*a*和时间*b*的研究区域的土地利用程度综合指数; C_{ia} 、 C_{ib} 分别为时间*a*和时间*b*
第*i*等级的土地利用程度面积百分比。

其中, A_i 取值根据刘纪远^[17]提出的土地利用程度的综合分析方法,将土地利用分为4级(表1)。该方法认为城乡工矿居民点用地、耕地、林地、未利用地依次代表人类活动强度降低。

表1 土地利用程度分级赋值表^[17]

Tab. 1 Grades of land use degree classification

土地利用分级类型	土地利用类型	分级指数
未利用土地级	未利用地或难利用地	1
林、草、水用地级	林地、草地、水地	2
农业用地级	耕地、园地、人工草地	3
城镇聚落用地级	城镇、居民点、工矿用地、交通用地	4

4 数据处理与验证

4.1 数据来源

本研究中所使用的主要数据源包括:覆盖全流域的1976年MSS数据5景,分别是136r35-19780923、136r36-19770410、137r34-19770815、137r35-19780923、138r34-19780820,分辨率为60 m;覆盖全流域的1998年TM数据5景,分别是126r036-19970723、127r035-19970613、127r036-19970528、128034-19970823、128035-19970722,分辨率为30 m;覆盖全流域的2010年HJ-1可见光通道数据9景,分别是HJ1A-CCD2-13-72-20101015、HJ1A-CCD1-16-68-20100730、HJ1A-CCD1-7-68-20100721、HJ1A-CCD2-7-72-20100519、HJ1A-CCD1-5-72-20101003、HJ1A-CCD1-5-72-20101003、HJ1A-CCD1-8-73-20090724、HJ1A-CCD1-5-72-20101003、HJ1A-CCD2-7-72-20100519,空间分辨率为32 m;扫描输入计算机的1:2000000黄河流域图图像。

4.2 数据处理

影像预处理:在ENVI软件平台,对扫描输入计算机的1:2000000黄河流域图进行几何校正,以此作为主控数据源,对1998年TM数据进行配准。分别对三个时段影像数据采用近红外、红光与绿光波段进行标准假彩色合成,将单幅影像拼接后以1998年TM数据作为基准对MSS数据和HJ-1数据进行几何校正;并对三个时段影像数据建立统一的地理坐标系(WGS)和Albers投影(中央经线为东经105°,双标准纬线分别为北纬25°和北纬47°),最后统一重采样为30 m×30 m栅格图像。

人工交互式图像解译:在ARCGIS软件平台,根据1998年TM数据中不同土地利用类型的影像色调、纹理等特征,在野外调查基础上结合专家经验建立遥感解译标志,进行人机交互式判读解译,通过对图斑信息的查错修改、图斑空间分割和合并,得到1998年土地利用数据。以此为基础,分别对比1998年TM数据与1976年MSS数据、1998年TM数据与2010年HJ-1数据的影像差异,提取相邻时段土地利用类型发生动态变化的图斑,并进行图斑空间和属性信息修改等,获取1976年土地利用数据和2010年土地利用数据。

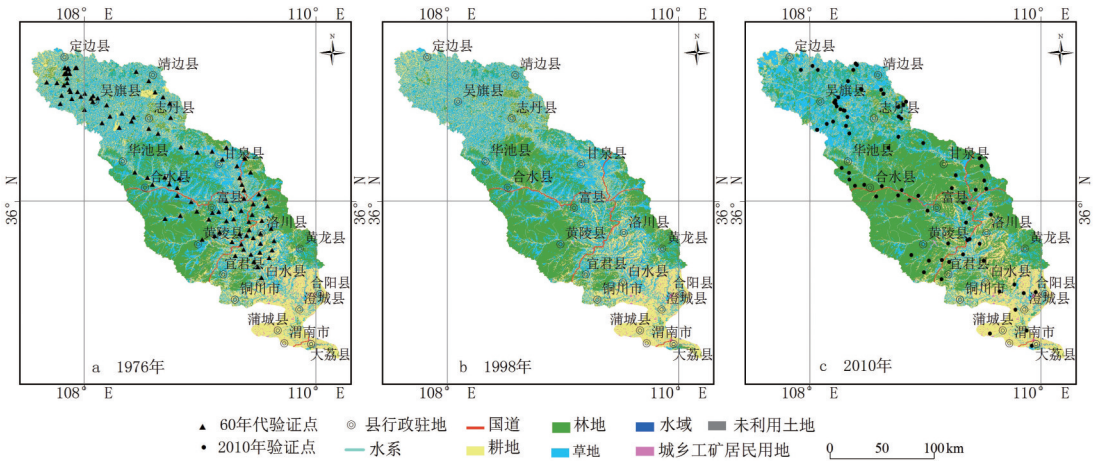


图1 北洛河流域 1976-2010 年土地利用空间格局及解译验证点分布

Fig. 1 Land use pattern and distribution of verification point stations in Beiluo River Basin during 1976-2010

4.3 精度验证

利用20世纪60年代末空间分辨率2.7 m的KH卫星遥感数据对1976年数据解译成果进行验证,共选取验证点107个(图1),解译精度达到86.9%;利用中国土地利用图编委会主编的中国土地利用图资料对1998年解译成果通过进行验证,解译精度达到84.5%;2010年数据通过实际踏勘验证,共进行野外踏勘三次,累计行程达12229.33 km,选取82个典型特征点进行解译结果验证(图1),解译精度达到92.3%。

5 结果分析

5.1 土地利用变化速度

5.1.1 流域土地利用变化的速度 流域土地利用变化速度增加,揭示出人类活动的影响增大。1976-1998年,北洛河流域土地利用综合动态度为0.61,土地利用变化速度较慢,人类活动对自然环境的影响较小;1998-2010年,北洛河流域土地利用综合动态度为6.66,人类活动对自然环境的影响逐渐增大。

人类活动的区域差异性直接导致了土地利用类型的区域异质性。因此,在流域基础上,分别以能集中反映人类活动区域差异性的县为研究单元,计算两个时段流域内各县的土地利用综合动态度(图2)。从图2可知,1976-1998年间各县土地利用综合动

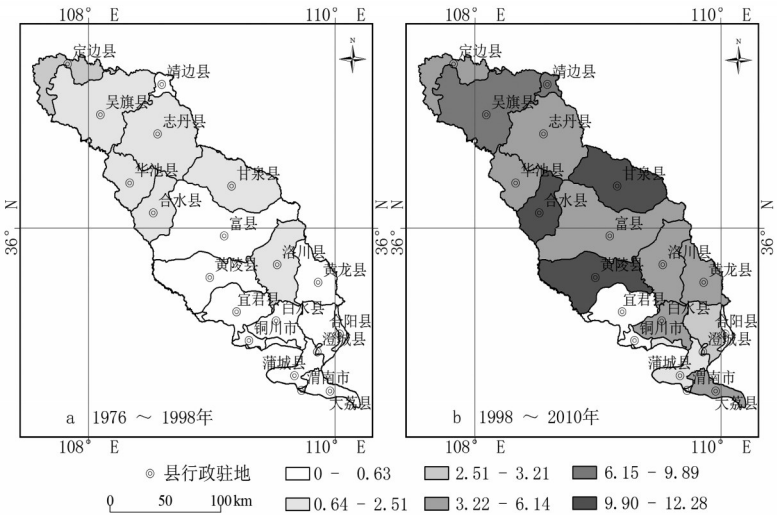


图2 不同时期北洛河流域各县土地利用综合动态度

Fig. 2 The integrated dynamic degree of land use at various stages in Beiluo River Basin

态度介于0~3.21之间,综合动态度较大的区域主要分布在北洛河上游的定边县、吴旗县、甘泉县、志丹县、华池县和合水县;1998-2010年间北洛河流域内各县的土地利用变化速度都有不同程度的增加,介于0~15.35之间,综合动态度较大的区域主要分布在安塞县、延安市、甘泉县、黄陵县。

5.1.2 土地利用类型变化的速度 1976年以来北洛河流域土地利用类型变化速度,揭示出人类活动对不同土地利用类型的影响(图3),结果表明:

(1) 耕地和草地面积减少,减少速度不断增大。1976-1998年间,耕地和草地的减小速度分别为2.00%和2.69%;而1998-2010年,耕地和草地的减小速度分别增加到26.20%和23.33%。

(2) 林地和城乡工矿居民用地面积增加,林地增加速度不断增加,城乡工矿居民用地面积增加速度略为降低。1976-1998年间,林地和城乡工矿居民用地的增加速度分别为5.93%和6.59%;而1998-2010年,林地增加速度达59.68%,城乡工矿居民用地的增加速度略有降低达3.52%。

5.2 流域土地利用类型转移方向

1976年以来流域内人类活动所引导土地利用类型转移方向主要表现出以下特点:

(1) 1976-1998年(表3),耕地转为其他地类面积为18365.76 hm²,其中88.05%转化为林地和草地、11.95%转化为城乡工矿居民用地;而仅有589.41 hm²的林地和草地转化为耕地,最终导致1998年耕地面积减少17776.35 hm²;耕地变化主要分布在流域中上游的志丹

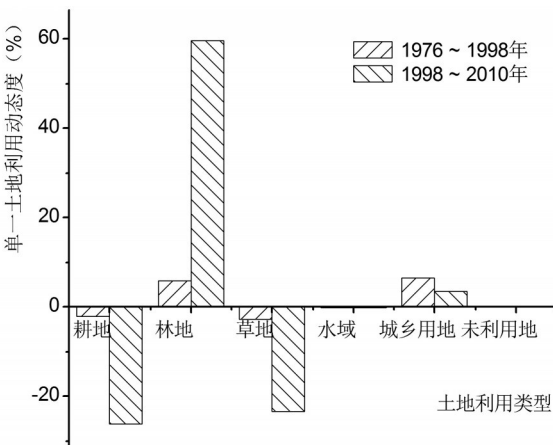


图3 不同时期北洛河流域土地利用类型变化速度
Fig. 3 The rate of land-use change at various stages in Beiluohe River basin

表2 1976年以来北洛河流域土地利用变化情况表
Tab. 2 Land use changes in Beiluo River Basin since 1976

年份	耕地	林地	草地	水域	城乡工矿居民用地	未利用土地	流域合计
1976年 (hm ²)	889470.27	729304.92	1029641.76	10943.37	33283.44	459.18	2693102.94
1998年 (hm ²)	871693.92	772589.07	1001960.28	10922.31	35478.18	459.18	2693102.94
2010年 (hm ²)	643269.24	1233559.89	768177.45	10910.34	36726.84	459.18	2693102.94
1976-1998增加或减少 (hm ²)(+/-)	-17776.35	43284.15	-27681.48	-21.06	2194.74	0	/
1998-2010增加或减少 (hm ²)(+/-)	-228424.68	460970.82	-233782.83	-11.97	1248.66	0	/

表3 1976-1998年北洛河流域土地利用类型转移矩阵
Tab. 3 Transition matrix of the land use types in Beiluo River Basin from 1976 to 1998

地类	耕地	林地	草地	水域	城乡工矿居民用地	未利用土地	合计
耕地	871104.51	8028.18	8142.84	0	2194.74	0	889470.27
林地	321.21	696764.34	32219.37	0	0	0	729304.92
草地	268.20	67796.46	961577.1	0	0	0	1029641.76
水域	0	0	21.06	10922.31	0	0	10943.37
城乡工矿居民用地	0	0	0	0	33283.44	0	33283.44
未利用土地	0	0	0	0	0	459.18	459.18
流域合计	871693.92	772588.98	1001960.37	10922.31	35478.18	459.18	2693102.94

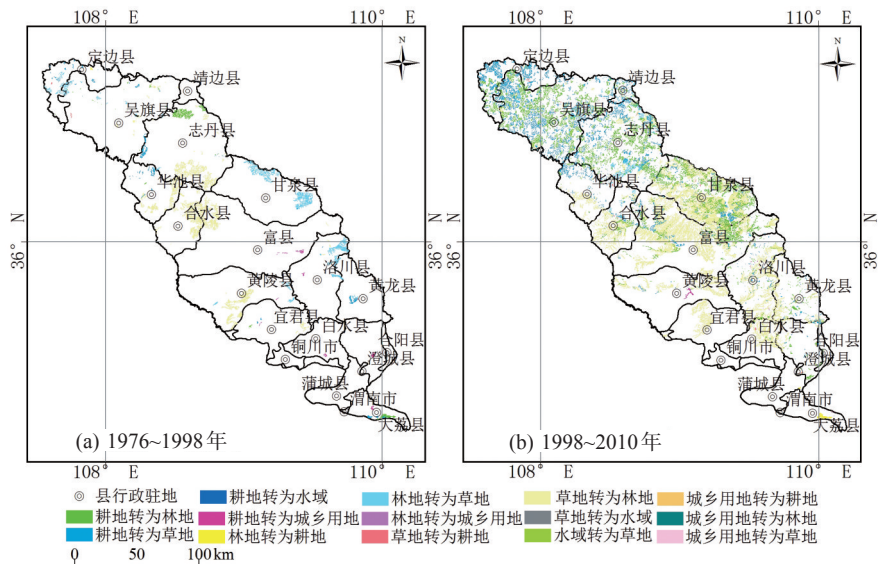


图4 不同时期北洛河流域各县土地利用变化分布图

Fig. 4 The distribution of land use change at various stages in Beiluo River Basin

县、大荔县、定边县、吴旗县和华池县 (图4); 林地减少主要转化为草地和少部分耕地, 但同时从草地发展为林地的面积是林地转化为草地的2.10倍, 最终使林地面积增加, 主要分布在甘泉县、洛川县、黄陵县、吴旗县 (如图4); 草地转化为林地的面积大于林地和耕地转化的草地, 导致草地面积减少; 城乡工矿居民用地随着耕地的减少而增加; 而水域和未利用土地几乎没有发生变化。

(2) 1998-2010年 (表4), 耕地转为其他地类面积为232317.09 hm², 其中99.43%转化为林地和草地, 0.57%转化为城乡工矿居民用地和水域, 主要分布在流域上游的吴旗县、志丹县、富县和甘泉县 (图4), 其中吴旗县退耕力度最大, 达到75642.31 hm²; 而从其他地类转换为耕地面积仅为3892.41 hm², 导致该期耕地面积减少228424.68 hm²; 林地减少转化为草地、耕地和城乡工矿居民用地面积为14893.65 hm²; 而由耕地、草地和城乡工矿居民用地转化为林地的面积为475864.56, 是减少面积的32倍, 最终使得林地面积增加, 主要分布在富县、甘泉县、吴旗县和洛川县 (图4); 草地转化为林地的面积是林地和耕地转化为草地面积的3.16倍, 导致草地面积大幅减少; 城乡工矿居民用地随着耕地的减少而增加; 而水域和未利用土地几乎没有发生变化。

5.3 流域内土地利用程度

在流域基础上, 分别以县为研究单元计算1976年、1998年和2010年土地利用程度综合指数和土地利用程度综合变化指数(图5)。反映出两个时间段人类活动对土地利用变化

表4 1998–2010年北洛河流域土地利用类型转移矩阵

Tab. 4 Transition matrix of the land use types in Beiluo River Basin from 1998 to 2010

地类名称	耕地	林地	草地	水域	城乡工矿居民用地	未利用土地	合计
耕地	639376.83	135470.43	95510.34	16.11	1320.21	0	871693.92
林地	2289.33	757695.33	12599.46	0.00	4.86	0	772588.98
草地	1565.55	340363.71	660021.30	9.72	0.09	0	1001960.37
水域	0.18	0	37.71	10884.42	0	0	10922.31
城乡工矿居民用地	37.35	30.42	8.73	0	35401.68	0	35478.18
未利用土地	0	0	0	0	0	459.18	459.18
合计	643269.24	1233559.89	768177.54	10910.25	36726.84	459.18	2693102.94

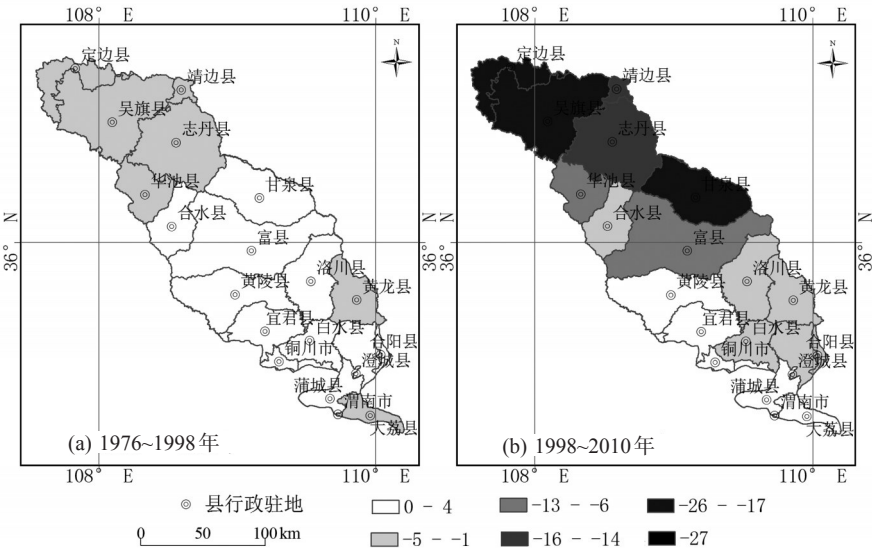


图5 不同时期北洛河流域各县土地利用程度变化图

Fig. 5 The degree of land use change at various stages in Beiluo River Basin

的影响程度：

- (1) 1976-1998年，北洛河流域各县土地利用程度变化较小，土地利用综合指数变化值介于-2~1之间，说明在这段时间各县土地利用综合水平变化不大，人类活动对土地利用影响程度较小。
- (2) 1998-2010年，流域内仅有蒲城县、大荔县土地利用程度变化值大于0，土地利用综合水平增大，结合同期土地利用变化空间分布来看，主要是由于蒲城、大荔县位于洛河的冲积平原区，地势平坦土壤肥沃，时段末城乡工矿居民用地适度增大；其余各县土地利用程度变化值都小于0，土地利用程度综合指数减小幅度较大，最大达到-21，结合同期各县土地利用变化方向可说明这一时段人类活动对土地利用的影响主要表现为林地增加。

6 结论

结合空间信息，从土地利用变化速度、转移方向和程度方面，系统分析土地利用变化对人类活动程度响应关系是一种较为科学的手段和有效方式。采用综合土地利用动态度指标反映流域土地利用变化速度；单一土地利用动态度指标反映具体土地利用类型变化速度；土地利用转移矩阵反映流域土地利用类型变化方向，土地利用程度变化指标反映流域内人类活动对土地的综合开发利用水平，表明土地直接经济价值的提升程度。借助遥感和地理信息系统技术所提供的空间信息，不仅更能清晰地反映出土地利用变化对人类活动响应速度、转移方向和程度的空间差异性；而且对北洛河流域土地利用时空变化规律的认识具有重要实际意义。

- (1) 1976-1998年和1998-2010年间，北洛河流域土地利用变化速度从0.61增加到6.66；耕地和草地面积减少，林地和城乡工矿居民用地面积增加。反映了人类活动对北洛河流域土地利用变化的影响力度逐渐增大，土地利用呈现出快速变化的特点。
- (2) 1976-2010年，人类活动对北洛河流域影响方式主要表现为城乡工矿居民用地、耕地、林地和草地土地利用类型之间的空间转换，影响方向呈现出耕地和草地向林地、城乡居民建设用地转化的特点；主要分布在流域上游吴旗县、富县、甘泉、黄陵县和洛川县。

(3) 1976-2010年, 北洛河流域土地开发利用综合水平不断减小, 证明期末人类活动作用导致的林地面积增大程度远远大于耕地和草地面积减小和城乡工矿居民用地面积增加; 同时也证明土地直接经济价值的提升程度减小。

参考文献 (References)

- [1] GLP Science Plan and Implementation Strategy. IGBP Report No.53/IHDP Report No.19. IGBP Secretaria, Stockholm, 2005.
- [2] Thomas W L. Manas W Lience Plan and Implementation Strategy. Chicago: University of Chicago Press, 1956.
- [3] Ramankutty N, Foley J A. Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992. *Global Biogeochemical Cycles*, 1999, 13(4): 997-1 027.
- [4] Lambin E F, Geist H J, Lepers E. Dynamics of Land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual Review of Environment and Resources*, 2003, 28: 205-241.
- [5] Goldewijk K, Ramankutty N. Land cover change over the last three centuries due to human activities: The availability of new global data sets. *GeoJournal*, 2004, 61(4): 335-344.
- [6] Wang Xiulan, Bao Yuhai. Study on the methods of land use dynamic change research. *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. *地理科学进展*, 1999, 18(1): 81-87.]
- [7] Liu Jiuyan, Buheaosier. Study on spatial-temporal feature of modern land use change in China: Using remote sensing techniques. *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. *第四纪研究*, 2000, 20(3): 229-239.]
- [8] Liu Jiuyan, Liu Mingliang, Zhuang Dafang et al. Study on spatial pattern of land-use change in China during 1995-2000. *Science in China: Series D*, 2003, 46(4): 373-384. [刘纪远, 刘明亮, 庄大方 等. 中国近期土地利用变化的空间格局分析. *中国科学: D辑, 地球科学*, 2002, 32(12): 1031-1040.]
- [9] Liu Jiuyan, Zhang Zengxiang, Xu Xinliang et al. Spatial patterns and driving forces of land use change in China in the early 21st century. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 64(12): 1411-1420. [刘纪远, 张增祥, 徐新良 等. 21世纪初中国土地利用变化的空间格局与驱动力分析. *地理学报*, 2009, 64(12): 1411-1420.]
- [10] Song Kaishan, Liu Dianwei, Wang Zongming et al. Land use change in Sanjiang Plain and its driving forces analysis since 1954. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 63(1): 93-104. [宋开山, 刘殿伟, 王宗明. 1954年以来三江平原土地利用变化及驱动力. *地理学报*, 2008, 63(1): 93-104.]
- [11] Wang Guangqian, Wang Siyuan, Chen Zhixiang. Land-use/land-cover changes in the Yellow River Basin. *Journal of Tsinghua University: Science and Technology*, 2004, 44(9): 1218-1222. [王光谦, 王思远, 陈志祥. 黄河流域的土地利用和土地覆盖变化. *清华大学学报: 自然科学版*, 2004, 44(9): 1218-1222.]
- [12] Cheng Lei, Xu Zongxue, Luo Rui et al. Spatia-temporal characteristics of LUCC and driving factor analysis for the Wei river basin from 1980 to 2000. *Research of Soil and Water Conservation*, 2009, 16(5): 1-6, 30. [程磊, 徐宗学, 罗睿 等. 渭河流域1980-2000年LUCC时空变化特征及其驱动力分析. *水土保持研究*, 2009, 16(5): 1-6, 30.]
- [13] Wang San, Zhao Wei, Huang Chunfang. Study of land use dynamic change in Chongqing based on the remote sensing. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2010, 26(2): 250-256. [王三, 赵伟, 黄春芳. 基于遥感的重庆市土地利用动态变化研究. *中国农学通报*, 2010, 26(2): 250-256.]
- [14] Guo Zhenhua, Yang Wunian, Yang Xin et al. Remote sensing dynamic monitoring and driving force analysis of land use/cover changes about Luoyang in recently 10 years. *Surveying and Mapping*, 2012, 32(2): 62-65, 77. [郭振华, 杨武年, 杨鑫 等. 洛阳市近十年土地利用遥感动态监测及驱动力分析. *测绘*, 2012, 32(2): 62-65, 77.]
- [15] Feng Yongjiu, Han Zhen. Remote sensing based spatio-temporal evolution of land use pattern in Huangpu River coast. *Remote Sensing for Land & Resources*, 2010, (2): 91-96. [冯永玖, 韩震. 基于遥感的黄浦江沿岸土地利用时空演化特征分析. *国土资源遥感*, 2010, (2): 91-96.]
- [16] Quan Bin. *The Introduction to Land Use and Land Cover Change*. Beijing: China Science and Technology Press, 2010. [全斌. 土地利用覆盖变化导论. 北京: 中国科学技术出版社, 2010.]
- [17] Liu Jiuyan. *The Macro Investigation and Dynamic Research of the Resource and Environment*. Beijing: China Science and Technology Press, 1996. [刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1996.]

Response analysis of land use change to the degree of human activities in Beiluo River basin since 1976

WU Linna^{1,2}, YANG Shengtian¹, LIU Xiaoyan³, LUO Ya^{1,4}, ZHOU Xu^{1,5}, ZHAO Haigen¹

- (1. State Key Laboratory of Remote Sensing Science, School of Geography, Beijing Normal University, Beijing Key Laboratory for Remote Sensing of Environment and Digital Cities, Beijing 100875, China;
- 2. College of Resource and Environment Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China;
- 3. Yellow River Conservancy Commission, Zhengzhou 450003, China;
- 4. School of Geographic and Environmental Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China;
- 5. School of Land and Resource, China West Normal University, Nanchong 637009, Sichuan, China)

Abstract: Land use change as an important factor reflects the degree of human activities. Analysis of spatial-temporal change of land use is an effective way to reveal the degree of land use change. Based on the remote sensing and GIS, the authors used man computer interactive image processing methods to acquire the land use data in 1976, 1998 and 2010, and analyzed the spatial-temporal variation of land use in Beiluo River basin from the rate of land use change, the direction of land use transformation, and the degree of land use. The results can be obtained as follows. (1) The integrated dynamic degree of land use increased from 0.61 during 1976-1998 to 6.66 during 1998-2010, the area of arable land and grassland decreased gradually, the rate was increased from 2.00% and 2.69% to 26.20% and 23.33% respectively, while the area of forest land and residential land increased gradually, the rate of the former increased from 5.93% during 1976-1998 to 59.68% during 1998-2010, and that of the latter decreased from 6.59% during 1976-1998 to 3.52% during 1998-2010. (2) The direction of land use change showed similar characteristics during the two periods. Forest land was converted from arable land and grassland, and a small part of residential land was converted from arable land. (3) The integrated degree of land use change ranged from -2-1 during 1976-1998 to -27-4 during 1998-2010. The authors proved that the impact of human activities on the natural environmental showed increasing trends, that arable land, grassland, forestland and residential land were mainly converted, that affected areas were mainly distributed in the upper basin, i.e., Wuqi county, Fuxian county, Ganquan county, Huangling county and Luochuan county, while the increasing area of forest land was much larger than the decreasing area of both arable land and grassland area, and the increasing area of residential land.

Key words: land use change, human activities; Beiluo River basin