

引用格式:丁振民,姚顺波.陕西省耕地转移对生态系统服务价值的影响[J].资源科学,2019,41(6):1070-1081. [Ding Z M, Yao S B. Effects of cultivated land transition on ecosystem service value in Shaanxi Province of China[J]. Resources Science, 2019, 41(6): 1070-1081.] DOI:10.18402/resci.2019.06.06

陕西省耕地转移对生态系统服务价值的影响

丁振民,姚顺波

(西北农林科技大学资源经济与环境管理研究中心,杨凌 712100)

摘 要:基于效用最大化理论构建土地利用转移的经济学分析框架,利用1990—2015年4期的遥感数据,探讨在生态修复工程以及城镇扩张双重背景下陕西省耕地转移对生态系统服务价值的影响机制。研究发现:陕西省耕地主要向经济刺激下的城乡建设用地和生态修复政策驱动下的生态用地转化。城镇扩张对生态系统服务价值具有显著的负向影响,但其边际效应是林草覆盖率的函数;随着退耕还林工程的实施,林草覆盖率的增加可弥补城镇扩张带来的生态系统服务价值损失;当林草覆盖率达到83.7%时,城镇扩张不会对生态系统服务产生影响,此时为退耕还林工程实施的临界水平。2017年陕西省林草覆盖率为68.83%,在保证基本农田不减少的条件下,今后仍需进一步扩大退耕还林规模,以保证区域生态安全并满足生态文明建设的需要。

关键词:耕地转移;生态系统服务价值;退耕还林工程;城镇扩张;面板门槛模型;陕西省

DOI:10.18402/resci.2019.06.06

1 引言

中国城乡正在经历快速发展转型,城乡要素的交互作用继而导致土地利用在深度与广度上均呈现剧烈转型^[1]。城镇空间的快速扩张使得大量的农用地转化为城乡建设用地,而以土地利用类型为基础的生态系统结构和服务功能的改变导致生态环境的恶化与自然灾害的频发,同时又制约着城镇化的进程和方式^[2,3]。为解决城乡发展带来的生态环境问题,国家相继实施以退耕还林(草)(以下简称“退耕还林”)为主要代表的生态修复工程,以期构建城镇发展的生态屏障^[4]。在城镇化与生态修复双重背景下,作为生态经济功能相互转化最灵活的土地类型与稀缺资源,耕地成为参与社会经济发展与国家生态环境治理的核心要素。

LUCC框架是研究土地利用与生态系统服务之间关系的基础工具,LUCC格局演变与生态系统服务响应机制^[5,6]、土地利用模拟与生态服务目标的实

现^[7]、LUCC与生态系统服务权衡与协同^[8,9]等研究领域取得了丰硕的成果。大多数研究以地理学和生态学为基础探索LUCC与生态系统服务价值之间的变化关系,并用于指导土地利用管理,但对于土地利用动机缺乏相对统一的经济学分析框架。耕地对于保障国家食物安全、维护区域生态安全具有关键作用^[6],耕地转移成为LUCC框架的研究重点。从耕地转移的动力与方向来看,耕地主要向经济刺激下的城乡建设用地和生态修复政策驱动下的生态用地进行转化。众多学者在城镇扩张与生态环境关系之间的库兹涅兹曲线假设^[10]、城镇扩张与生态环境之间的耦合理论框架^[11]以及生态系统服务对城镇化响应机制^[12]等方面进行了深入探讨。然而,大部分研究主要采用经验判断以及相关指数验证土地城镇扩张与生态系统服务价值的关系,对于两者的因果关系仍需进一步检验。另外,退耕还林工程作为中国涉及范围最广、群众参与度最高的生

收稿日期:2018-08-25;修订日期:2019-01-04

基金项目:林业公益性行业科研专项经费项目(201504424);国家自然科学基金项目(71773091);教育部人文社会科学重点研究基地基金项目(14JJD790031)。

作者简介:丁振民,男,安徽淮北人,博士研究生,主要研究方向为林业经济管理、资源经济与环境管理。E-mail: huanglishanren@sina.com

通讯作者:姚顺波,男,湖南益阳人,教授,博士生导师,主要研究方向林业经济政策与理论、资源经济与环境管理。E-mail: yaoshunbo@163.com

2019年6月

态修复项目,不仅能带动当地经济增长与农民增收^[13],而且还能有效增加生态系统服务价值、改善当地生态环境^[14]。根据党中央和国务院要求以及生态文明的战略部署,2014年国家林业局启动新一轮的退耕还林工程。虽然退耕还林工程可改善区域的生态环境,但是过度的退耕会导致耕地资源的浪费,对于粮食安全以及农户长远生计产生不利的影响^[15]。2015年《关于扩大新一轮退耕还林还草规模的通知》^[16]明确指出,必须毫不动摇地保护好基本农田。退耕还林规模应根据人口最低消费量和地形坡度因素进行估算;而实际的工作中退耕还林规模主要按照国家颁布的退耕还林条例标准进行确定^[17],两者均没有考虑人类活动对生态系统服务的作用边际,难以保证作出可靠的决策。城镇扩张与退耕还林作为陕西省耕地转移的主要动力,理清两者的相互作用关系及其对生态系统服务功能的影响是确定退耕还林规模的前提条件。

综上所述,首先基于效用最大化理论建立土地利用转移的经济学分析框架,探索土地利用转移的一般经济规律,并在分析框架基础上建立耕地转移的权衡模型;其次利用虚拟变量最小二乘法(LS-DV)考察城镇扩张对生态系统服务价值直接效应、林草覆盖率对城镇扩张的调节效应;最后运用面板门槛模型考察林草覆盖率的门槛效应以确定退耕还林规模,为退耕还林工程的实施提供决策依据。

2 土地利用转移的经济学分析框架

人类作为生态系统的重要组成部分,通过改变土地利用的方式、模式、规模和强度来权衡生态系统服务,从而引导其福利的改变^[18]。为了从土地利用转移的视角探讨耕地转移对生态系统服务价值的影响,本文在分析土地利用转移经济动机的基础上,基于效用理论构建土地利用的经济学分析框架,揭示土地利用转移的一般规律并为后续计量模型检验提供理论依据(图1)。

根据生态用地的划分标准^[19],本文将6种土地类型分别归入生态用地与经济用地;其中,生态用地包含林地、草地、水域与未利用地;经济用地包含耕地和城乡建设用地。按照个体追求的生态与经济目标不同,把由生态用地向经济用地的转移过程定义为土地

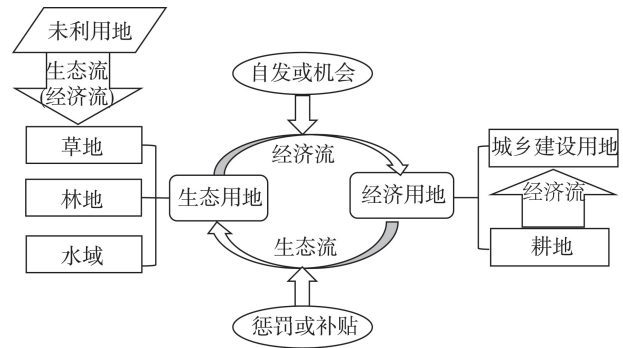


图1 土地利用转移的经济学分析框架

Figure 1 Economic analysis framework of land use transition

利用转移的经济流,而由经济用地向生态用地的转移过程定义为土地利用转移的生态流。

假设个体效用函数 $u = v(k, g, q) + \varepsilon_k$; 其中 k 表示土地利用转移状态, k 取值1或0, 1表示转移, 0表示不转移; g 表示个体在某类土地利用类型上得到的经济价值; q 表示除经济价值以外的影响因素; $v(k, p, q)$ 为个体在耕地上获得的效用; ε_i 为随机干扰项并服从于独立同分布。另外,考虑到土地利用转移的成本与收益,令 c 表示某类土地利用类型转移的成本; Δg 表示某类土地利用类型转移后增加的经济价值; Δe 表示某类土地利用类型后得到的环境补偿价值。

当存在外部经济机会时,土地利用转移不考虑环境价值(即 $\Delta e = 0$),一般情况下经济理性的个体会沿着土地利用转移过程中的经济流进行转移。个体愿意进行土地利用转移的条件为: $v(1, g - c + \Delta g, q) + \varepsilon_1 > v(0, g, q) + \varepsilon_0$; 则土地利用转移的概率为: $p = p\{v(1, g - c + \Delta g, q) + \varepsilon_1 > v(0, g, q) + \varepsilon_0\} = p\{\varepsilon_0 - \varepsilon_1 < v(1, g - c + \Delta g, q) - v(0, g, q)\}$, 令 $\eta = \varepsilon_0 - \varepsilon_1$, $\Delta v = v(1, g - c + \Delta g, q) - v(0, g, q)$, 则土地利用转移的概率为 $p = F_\eta(\Delta v)$, $F_\eta(\cdot)$ 为 η 的累积分布函数且为严格增函数。土地利用转移的概率 p 取决于 Δv , 并且 $-c + \Delta g$ 越大, Δg 越大, 则个体沿土地转移过程中的经济流进行转移的概率越高。如果 $-c + \Delta g < 0$ 表明由生态用地向经济用地的转移成本远远超出转移后的收益,则发生这种土地利用转移的概率一般较小。

生态用地由于所处的地形复杂或者气候环境恶劣不能直接成为城乡建设用地,所以一般城乡建设用地基本都是由耕地转出而得到(推论1)。其

次,当转移后的土地类型增加的经济收益 Δg 固定时,个体会向转移成本 c 最小的土地类型进行转移以保证 $-c + \Delta g$ 达到最大。这就决定了未利用地一般会向转移成本较小的草地进行转移,通过生态流进行自身生态功能的修复,最终进入经济流转化为经济用地。但从未利用地向草地转移的动机来看,其转移过程中存在更多的经济性动机而非生态性动机(推论2)。

在考虑环境价值或者政府补偿时($\Delta e > 0$),一般情况下经济理性的个体会沿着土地利用转移过程中的生态流进行转移。个体愿意进行土地利用转移的条件为 $v(1, g - c - \Delta g + \Delta e, q) + \varepsilon_1 > v(0, g, q) + \varepsilon_0$ 则土地利用转移发生的概率为: $p = p\{v(1, g - c - \Delta g + \Delta e, q) + \varepsilon_1 > v(0, g, q) + \varepsilon_0\} = p\{\varepsilon_0 - \varepsilon_1 < v(1, g - c - \Delta g + \Delta e, q) - v(0, g, q)\}$ 。同理,令 $\eta = \varepsilon_0 - \varepsilon_1$, $\Delta v = v(1, g - c - \Delta g + \Delta e, q) - v(0, g, q)$, 则土地利用转移的概率 $p = F_\eta(*)$, $F_\eta(*)$ 为 η 的累积分布函数且为严格增函数。土地利用转移的概率 p 取决于 Δv ; $-c - \Delta g + \Delta e$ 的值越大,个体沿着土地利用转移过程的生态流进行转移概率越高。然而,城乡建设用地向生态用地转移带来的经济损失($-\Delta g$)比较大,所以城乡建设用地一般不会向生态用地进行转移,而是由耕地向生态用地转移进行生态环境修复(推论3)。

通过以上分析可以得到在外部经济刺激与生态环境政策干预的条件下,耕地一般会向生态用地和更高级的经济用地进行转移。假设生态系统服务价值由耕地向生态用地转移的面积和耕地向城乡建设用地转移的面积共同决定,根据道格拉斯生产函数可得: $\ln esv = \ln \theta + \alpha_1 \ln S_{ec} + \alpha_2 \ln S_{co} + \varepsilon$, 并且 $S_{co} + S_{ec} = S_{farm}$; 其中, θ 为常数, α_1 、 α_2 分别表示估计系数; S_{co} 为耕地向生态用地转移的面积, S_{ec} 为耕地向城乡建设用地转移的面积, S_{farm} 为可转移的耕地面积, ε 表示残差项。运用拉格朗日算法求解极值得到 $S_{ec}^* = S_{farm} / \sqrt{1 + (\alpha_2 / \alpha_1)}$ 、 $S_{co}^* = S_{farm} / \sqrt{1 + (\alpha_1 / \alpha_2)}$, 表明耕地向更高级的经济用地与生态用地转移存在

最优解与合理的配置比例(推论4)。

3 研究区概况、数据与方法

3.1 研究区概况

陕西省地理位置介于 $105^\circ 29'E - 111^\circ 15'E$, $31^\circ 42'N - 39^\circ 35'N$, 在中国综合自然区划中因秦岭—淮河线而横跨北方与南方。由于南北所跨纬度较多,陕西省境内气候差异很大,从北向南依次为温带、暖温带和北亚热带,整体属大陆季风性气候;年平均气温为 $7 \sim 16^\circ C$, 气温由南向北逐渐降低;年平均降水量为 $340 \sim 1240 \text{ mm}$, 从南向北递减,并且受山地地形影响比较显著。

1999年,陕西省率先成为退耕还林工程的试点省份之一。自退耕还林工程实施以来,累计完成退耕还林任务 2.437 万 km^2 , 工程区森林覆盖率平均提高了约12%,林草植被覆盖明显恢复。2016年陕西省森林覆盖率达43.06%,活立木总蓄积 5.1 亿 m^3 ,林地保有量 1236.79 万 hm^2 ,林草覆盖率甚至已超过60%。2016年,陕西省国民生产总值达19165.39亿元,常住人口城镇化率55.34%;2020年底,全省常住人口和户籍人口城镇化率预计目标分别超过60%和45%。

3.2 研究方法

(1)生态系统服务价值与损益变动计算。生态系统服务(Ecosystem Services)是指生态系统直接或间接的为人类生存和生活质量提供的生态产品与支持^[20]。本文以谢高地等^[21]改进的“中国陆地生态系统单位面积生态系统服务价值当量”为标准,并基于陕西省平均粮食产量与价格水平对生态系统服务价值当量因子进行修正,确定其单个生态系统服务价值当量因子的价值为 869.001 元/hm^2 (2015年价格)。另外,根据Costanza等^[20]的研究结果设置城乡建设用地的生态系统服务价值当量因子为0。最终,利用当量因子乘以当量因子价值得到陕西省各土地利用类型的生态价值系数(表1)。

生态系统服务价值的计算公式为:

$$esv = \sum_{n=1}^6 S_n \times vc_n \quad (1)$$

表1 陕西省各土地利用类型的生态价值系数

Table 1 Ecological value coefficient of terrestrial ecosystem in Shaanxi Province

(元/hm²)

	耕地	森林	草地	水域	城乡建设用地	未利用地
生态价值系数(vc)	3432.554	16175.005	13521.656	109155.216	0	564.851

2019年6月

式中: esv 表示生态系统服务价值; s_n 表示第 n 类土地的面积; vc_n 是调整后的第 n 类土地的生态价值系数。

结合土地利用转移矩阵,在(1)式的基础之上得出生态系统服务价值损益计算公式为:

$$\Delta esv_{ij} = (vc_j - vc_i) \times \Delta s_{ij} \quad (2)$$

式中: Δesv_{ij} 为第 i 类土地利用类型转化为第 j 类土地利用类型的生态系统服务价值的损益; vc_j 为转入的第 j 类土地利用类型的生态价值系数; vc_i 为转出的第 i 类土地利用类型的生态价值系数; Δs_{ij} 为第 i 类土地利用类型转化为第 j 类土地利用类型的面积。

(2)城镇扩张计算。土地城镇化是衡量城镇空间扩张程度的重要指标,学者对土地城镇化的计算标准也各有不同^[22]。按照李昕等^[22]的定义:土地城镇化率=城镇用地面积/城乡建设用地面积,可以大致反映城镇空间扩张的水平。但从土地利用转移上来看,随着城市人口急剧增加和城镇用地的扩张,优质的耕地成为城镇建设用地的主要来源和扩张方向^[23]。一般来讲,城镇周边的耕地会成为城镇建设用地扩张的首选;但由于各县(区)功能分区以及城镇发展阶段不同,导致各县(区)远郊与近郊的划分标准也存在显著的差异,给变量设计带来很大的困难。因此,本文将所有的耕地纳入到城镇扩张的计算模型中。虽然可能引起城镇扩张的真实水平被低估,但是一般不会改变县域城镇扩张的水平排序。具体计算公式为:

$$urban = s_{town} / (s_{cons} + s_{farm}) \quad (3)$$

式中: $urban$ 为城镇扩张水平; s_{town} 为城镇用地面积, s_{farm} 为耕地面积, s_{cons} 为城乡建设用地面积。

(3)面板门槛模型

考虑到退耕还林工程的实施可能弱化城镇扩张对生态系统服务价值的影响,通过构建门槛面板模型检验林草覆盖率在城镇扩张与生态系统服务价值关系中的门槛效应,并以城镇扩张的边际效应为零来确定退耕还林实施的临界条件。与通常采用交叉项或者外生分组等方式研究非线性因果关系的做法相比,本文采用的面板门槛模型无须指定方程的非线性表达形式,门槛值及其门槛数量全部由

样本内生决定,并且运用“自抽样”(bootstrap)方法对门槛值的显著性进行估计^[24]。

为了表达简洁,在此仅介绍双重门槛模型,基本模型设定如下:

$$\begin{aligned} \ln mesv_{mt} = & \beta_1 urban_{mt} I(pfgc_{mt} < \lambda_1) + \beta_2 urban_{mt} I(\lambda_1 \leq \\ & pfgc_{mt} < \lambda_2) + \beta_3 urban_{mt} I(pfgc_{mt} \geq \lambda_2) + \\ & \beta_4 slop_{mt} + \beta_5 aspect_{mt} + \beta_6 \ln temp_{mt} + \\ & \beta_7 \ln rain_{mt} + \beta_8 water_{mt} + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (4)$$

式中: $\ln mesv_{mt}$ 表示单位面积生态系统服务价值(对数); $urban_{mt}$ 表示城镇扩张水平; $pfgc_{mt}$ 表示林草覆盖率; $slop_{mt}$ 为坡度; $aspect_{mt}$ 为坡向; $\ln temp_{mt}$ 为气温(对数); $\ln rain_{mt}$ 为降水量(对数); $water_{mt}$ 为水域面积比例; $I(*)$ 为示性函数,即满足括号里的条件,该函数值为1,否则取0; β_1 - β_8 表示估计系数; ε_{it} 为随机扰动项; m 表示县(区); t 表示年份。

3.3 数据来源及处理

由于大尺度的土地分类数据获取存在一定的难度,本文仅选取1990、2000、2010和2015年陕西省4期土地利用现状数据;该数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn>),其空间分辨率为30 m×30 m,并且土地利用一级类型综合评价精度达到94.3%以上^[25],由此确保了本文所使用土地利用数据的真实性和准确性。参照中国科学院土地类型划分标准,将研究区土地利用/覆盖重分为6大类:耕地、林地、草地、水域、城乡建设用地和未利用地。

退耕还林工程主要通过转变耕地利用类型,提升林草覆盖率来改善当地生态环境^[26]。本文以生态系统服务价值最大化为目标函数,拟通过林草覆盖率计算退耕还林的临界标准。另外,由于1990年的经济社会数据的完整性较差以及统计口径存在较大的差异导致无法使用,所以本文暂不考虑社会经济因素,仅将自然因素变量纳入回归模型之中。根据相关研究选取气温、降水量、坡度以及坡向等^[27-29]自然指标作为控制变量,数据同样来源于中国科学院资源环境科学数据中心。由于水域的生态系统服务价值当量因子比较大,会对回归结果产生较大的影响,因此将水域面积比例作为控制变量。以陕西省107个县(区)为样本单元,利用ArcGIS以表格

显示分区统计的功能对气温、降水等变量的栅格数据进行均值提取;坡度、坡向栅格数据利用 ArcGIS10.3 表面分析模块对 EDM(90m)的栅格数据进行处理得到,然后以县(区)为统计单元,利用 ArcGIS10.3 以表格显示分区统计的功能对其进行均值提取;各县的土地利用类型的面积由 ArcGIS10.3 的面积制表的功能得到,并且基于各种土地利用类型面积计算单位面积生态系统服务价值、城镇扩张水平、林草覆盖率以及水域面积比例等变量。同样,DEM(90 m)、气温(1 km)、降水(1 km)的栅格数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心。各变量的描述性统计通过 Stata14.0 计算得到(表2)。

4 结果与分析

4.1 土地利用转移情况

1999年,陕西省率先成为退耕还林工程的试点省份之一。2000年以后大规模的退耕还林在陕西省全面推广,因此以2000年作为土地利用转移分析的时间分界点。本文重点考察当存在外部经济机会时的土地利用转移状况(1990—2000年),以及受到生态环境政策干预时的土地利用转移状况(2000—2015年),以验证土地利用转移的经济学分析框架的合理性。在土地利用转移矩阵的基础之上通过 R 软件可视化功能,绘制反映陕西省 1990—2015 年土地利用类型转移方向的弦图,同时绘制 1990—2015 年陕西省主要土地利用转移类型的空间格局图(图2)。

在 1990—2000 年期间(图 2a 和图 2b),土地利

用转移过程沿着“未利用地→草地→耕地→城乡建设用地”的经济流进行转移。未利用地向草地转入 1303.726 km²,转移区域主要位于毛乌素沙漠东南端;由于直接开发难度较大,未利用地必须进入生态流以改善土地类型的生态环境质量,才有可能进入经济流进而得到有效的经济产出(验证推论2)。草地向耕地转入 961.999 km²,转移区域主要位于陕北高原中南部;当存在外部经济机会时,个体选择由生态用地向经济用地进行转移,并不考虑区域生态环境的脆弱性。耕地向城乡建设用地转入 380.349 km²,耕地转入面积占城乡建设用地净增加面积的 98.51%;耕地成为城乡建设用地的主要来源,转移区域主要位于关中平原(验证推论1)。而城乡建设用地转出的面积仅占城乡建设用地转入面积的 6.86%;城乡建设用地的经济价值较高,其转出的机会成本远远大于城乡建设用地转出的收益,即外部不存在城乡建设用地向其他用地类型转移的经济机会,因此城乡建设用地一般不会向其他用地转出(验证推论3)。

在 2000—2015 年期间(图 2c 和图 2d),土地利用转移过程沿着“耕地→林、草地”的生态流和“耕地→城乡建设用地”的经济流进行转移。由于大规模的自然灾害频发,1999 年中央政府为了解决生态环境问题启动了退耕还林工程,耕地开始大规模地向林地、草地转移。耕地向林地、草地分别转入面积分别为 1326.756 km²、3820.579 km²,转移区域主

表2 变量设计及描述性统计

Table 2 Variables and descriptive statistics

变量代码	变量名称	计算方式	单位	均值	标准差	最小值	最大值
<i>mesv</i>	单位面积生态系统服务价值	县域生态系统服务价值/县域总面积	元/hm ²	9840.700	3124.693	0.000	15273.050
<i>urban</i>	城镇扩张水平	县域城镇用地面积/(县域城乡建设用地面积+县域耕地面积)	—	0.046	0.172	0.000	1.000
<i>pfgc</i>	林草覆盖率	(县域林地面积+县域草地面积)/县域总面积	—	0.500	0.266	0.000	0.952
<i>slope</i>	坡度	均值提取于 DEM(90 m) 栅格数据	°	3.513	2.481	0.174	10.165
<i>aspect</i>	坡向	均值提取于 DEM(90 m) 栅格数据,并经过计算得到	°	-7.518	6.069	-23.155	-0.068
<i>temp</i>	气温	均值提取于气温(1 km) 格数据	℃	11.944	1.938	7.240	15.490
<i>rain</i>	降水量	均值提取于降水(1 km) 格数据	mm	683.159	213.128	287.124	1401.146
<i>water</i>	水域比例	县域水域面积/县域面积	—	0.011	0.013	0.000	0.076

注:各县域的平均坡向换算成与正南方所在的 180° 线夹角的相反数表示接近正南方的程度;由于各县域的生态系统服务价值受到县域面积大小的影响,导致县域生态系统服务价值缺乏可比性,所以把单位面积生态系统服务价值作为因变量纳入回归模型。

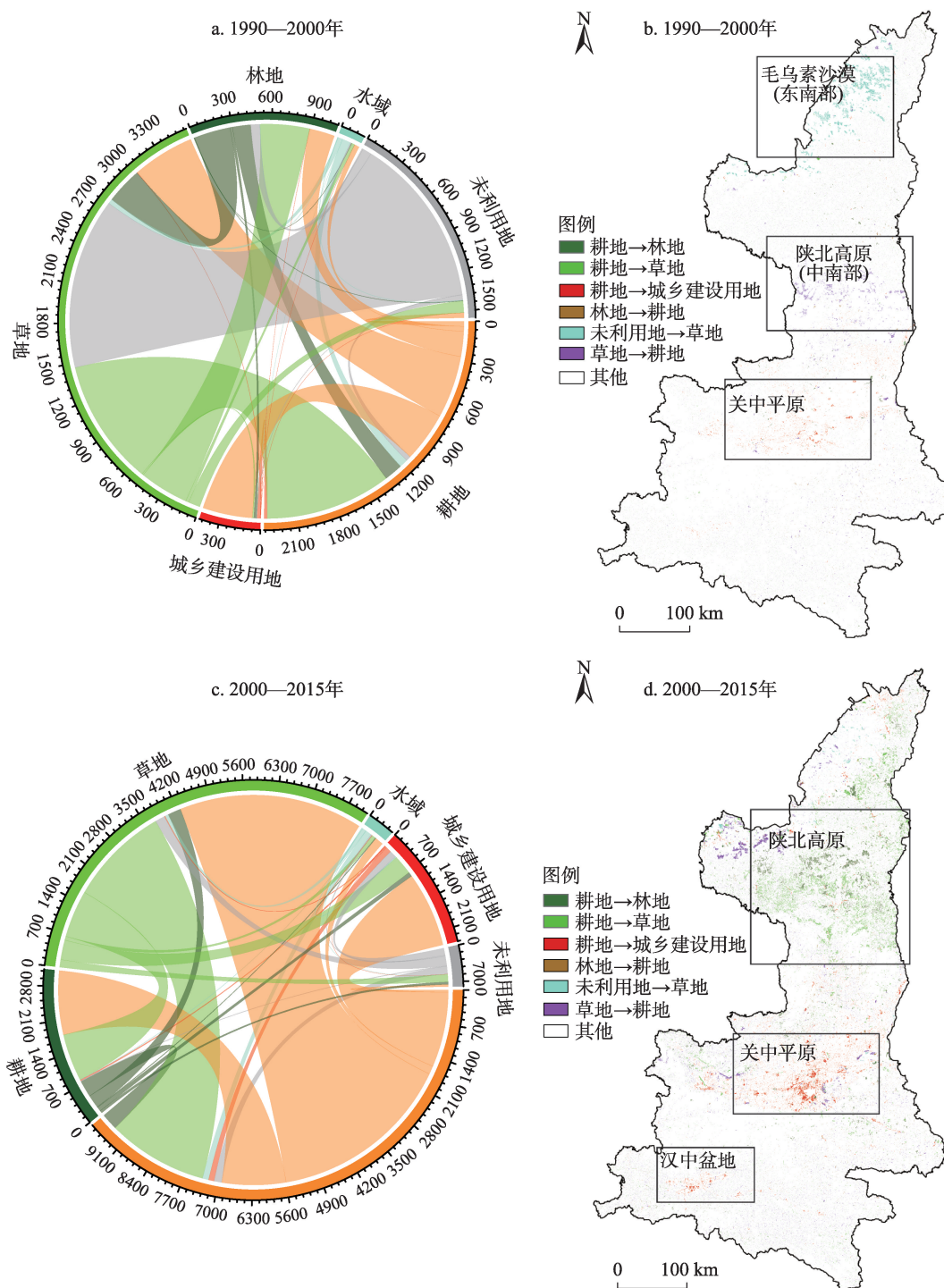


图2 1990—2015年陕西省土地利用转移方向与空间格局

Figure 2 Direction and spatial pattern of land use change in Shaanxi Province, 1990-2015

要位于陕北高原。其次,虽然存在生态环境政策,但是耕地向城乡建设用地转移的趋势依然明显,转入面积为 1558.135 km²,占其他用地向城乡建设用地转入总面积的 70.17%,转移区域主要位于关中平原和汉中盆地(验证推论 1)。而城乡建设用地转出

的面积仅占城乡建设用地转入面积的 7.32%;城乡建设用地面积的经济价值较高,其转出的机会成本远远大于城乡建设用地转出的收益,即使存在生态环境补偿干预,城乡建设用地也很难向其他用地类型转出(验证推论 3)。

通过陕西省土地利用转移的一般规律分析,大致可以验证土地利用转移的经济学分析框架的合理性。同时,可以发现在经济刺激条件下,耕地会向具有更高经济价值的城乡建设用地转移;而在生态政策推动下,耕地会选择向具有低转移成本的林地、草地等生态用地转移。

4.2 生态服务价值损益变动情况

由于土地利用转移矩阵(图2a-图2c)仅能呈现土地利用类型的变化,但是无法得到各土地利用类型转移带来的生态系统服务价值的增减变化。为此,在土地利用转移矩阵的基础之上,利用公式(1)计算各地类的生态系统服务价值;然后,通过公式(2)计算生态系统服务价值在各种土地类型上的转移损益情况(表3和表4)。

1990—2000年间,陕西省生态系统服务总价值增加了7.742亿元。从主要的贡献来源看,生态系统服务价值的增加主要依赖于耕地和未利用地的转出,分别使得生态系统服务价值增加9.788亿元、

18.960亿元;而草地与水域的转出分别使生态系统服务价值减少7.715亿元、10.802亿元;另外,未利用地向草地转移使生态系统服务价值增加16.892亿元。根据土地利用转移的经济学分析框架可知,在没有生态环境政策干预的情况下,未利用地向草地的转移实际上隐藏着更多的经济性动机。所以,在扣除未利用地向草地转移增加的16.892亿元生态系统服务价值后,实际增加的生态系统服务价值为-9.15亿元。

2000—2015年间(表4),陕西省生态系统服务价值增加27.096亿元,是1990—2000年生态系统服务价值增加值的3.5倍。从主要贡献来看,耕地向林地、草地的转移分别使生态系统服务价值增加了16.906亿元、38.546亿元,两者合计值为生态系统服务价值增加值的2.047倍。由此可以看出,陕西省退耕还林工程的实施起到一定的生态效果。但据统计,截至2011年国家累计投入陕西省退耕还林补助资金达263亿元,粗略地计算“资金价值-生态系

表3 1990—2000年陕西省生态系统服务价值损益情况

Table 3 Gains and losses of ecosystem service value in Shaanxi Province, 1990-2000

(亿元)

1990	2000						
	耕地	森林	草地	水域	城乡建设用地	未利用地	转出总计
耕地	0.000	2.442	4.798	3.964	-1.306	-0.111	9.788
森林	-1.767	0.000	-0.734	0.215	-0.313	-0.053	-2.653
草地	-9.706	0.999	0.000	2.304	-0.152	-1.160	-7.715
水域	-6.830	-0.187	-3.375	0.000	-0.058	-0.351	-10.802
城乡建设用地	0.084	0.015	0.036	0.029	0.000	0.000	0.164
未利用地	0.108	1.079	16.892	0.883	-0.002	0.000	18.960
转入总计	-18.111	4.349	17.617(0.725)	7.394	-1.831	-1.676	7.742*(-9.15)

注:*为生态系统服务价值的增加值;()表示扣除未利用地向草地转移的非生态性动机的生态系统服务价值。

表4 2000—2015年陕西省生态系统服务价值损益情况

Table 4 Gains and losses of ecosystem service value in Shaanxi Province, 2000-2015

(亿元)

2000	2015						
	耕地	森林	草地	水域	城乡建设用地	未利用地	转出总计
耕地	0.000	16.906	38.546	18.125	-5.348	-0.132	68.097
森林	-4.393	0.000	-0.718	1.300	-1.430	-0.799	-6.040
草地	-21.049	2.598	0.000	7.732	-5.502	-2.041	-18.263
水域	-13.632	-0.777	-6.927	0.000	-2.193	-0.324	-23.852
城乡建设用地	0.397	0.369	0.212	0.895	0.000	0.000	1.873
未利用地	0.452	0.199	2.606	2.106	-0.083	0.000	5.281
转入总计	-38.224	19.296	33.719(31.113)	30.158	-14.556	-3.297	27.096*(24.490)

注:*为生态系统服务价值的增加值;()表示扣除未利用地向草地转换的非生态性动机的生态系统服务价值。

2019年6月

统服务价值”的转化率仅为10.28%左右,资金的使用效率仍需进一步提高。

4.3 林草覆盖率的门槛效应检验

在使用面板门槛模型前,需要对门槛效应的存在性进行检验,并进一步确定门槛的个数,以及模型的具体形式。从表5看,单一门槛模型在1%的水平下显著,表明城镇扩张水平对生态系统服务价值存在非线性的影响;进一步确定门槛的形式,双重门槛模型也通过了5%的显著性水平,可以认为选择双重门槛模型较好。门槛参数的估计值是似然比检验统计量 LR 为0时 γ 的取值,在以林草覆盖率为门槛变量的双门槛模型中估计值分别为0.013和0.837;并且门槛估计值在95%显著性水平的置信区间内,表明门槛估计值为真实的估计值。

4.4 回归结果分析

本文采用stata14.0计量软件通过回归模型探讨耕地转移对生态系统服务价值的影响(表6)。模型(1)主要考察城镇扩张对生态系统服务价值的直接效应;模型(2)引入城镇扩张与林草覆盖率的交乘项,主要研究林草覆盖率在城镇扩张与生态系统服务价值关系中的调节效应;模型(3)以林草覆盖率为门槛变量,运用面板门槛模型考察城镇扩张对生态系统服务价值的非线性影响,以确定合理的退耕还林规模(验证推论4)。

(1)城镇扩张以及林草覆盖率对生态系统服务价值的直接影响,如模型(1)。可以看出,城镇扩张对生态系统服务价值具有负向的显著影响,而林草覆盖率的增加会导致生态系统服务价值的显著上

表5 门槛效应检验

Table 5 Test of threshold effect and threshold values

门槛类型	F值	P值	BS次数	门槛值	置信区间
单一门槛($pfgc_1$)	669.292***	0.007	300	0.013	[0.013, 0.014]
双重门槛($pfgc_1$)	1.459**	0.013	300	0.837	[0.837, 0.837]
($pfgc_2$)				0.013	[0.013, 0.014]
三重门槛($pfgc_3$)	0	0.28	300	0.041	[0.025, 0.053]

注:***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著;P值和临界值是采用Bootstrap法反复抽样300次得到。

表6 模型结果

Table 6 Results of the models

lnmesv	模型(1)直接效应		模型(2)调节效应		模型(3)门槛效应	
	系数	标准误差	系数	标准误差	系数	标准误差
urban	-0.976***	0.197	-1.588***	0.312		
urban_1 ($pfgc < 0.013$)					-2.782***	0.166
urban_2 ($0.013 \leq pfgc < 0.837$)					-0.617***	0.142
urban_3 ($pfgc \geq 0.837$)					2.504	2.866
pfgc	1.472***	0.211	1.479***	0.428		
pu			11.600***	2.502		
Intemp	-0.127	0.085	-0.459*	0.272	-0.679***	0.095
lnrain	0.063	0.054	0.069	0.070	-0.078	0.049
slop	0.223***	0.031	0.180***	0.058	0.089***	0.009
aspect	0.124***	0.036	0.067	0.077	0.011***	0.003
water	15.804***	1.561	15.478***	4.717	12.664***	1.244
控制个体	YES		YES		—	
_cons	6.812***	0.519	8.560***	1.486	12.696***	0.513
R ²	0.9616		0.9641		—	

注:**、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平下显著;pu为pfgc与urban的交乘项,为了消除异方差可能给模型带来的不利影响,在回归模型中分别对单位面积生态系统服务价值、气温、降水等变量取对数,记作lnmesv、Intemp和lnrain。

升。陕西省作为退耕还林的试点先行省份,林草面积的增长主要来源于退耕还林工程的推动。为此,引入城镇扩张水平与林草覆盖率的交乘项(pu),如模型(2)。城镇扩张对生态系统服务价值存在显著的负向影响,并且城镇扩张与林草覆盖率的交乘项对城镇扩张的边际效应具有正向的调节作用,即林草覆盖率越高的地方,城镇扩张对生态系统服务价值的负向影响越小,同时也说明退耕还林还草工程的有效性。在模型(2)的基础之上,对该函数求 $urban$ 一阶导数,可知当林草覆盖率($pfgc$)达到13.69%的时候,城镇扩张对生态系统服务价值的边际效应为零,即城镇扩张不会对生态系统服务价值产生影响,但这显然与现实情况存在一定的差距,可能是交乘项难以考察更复杂的非线性关系。

(2)以林草覆盖率为门槛变量,构建面板门槛模型探讨城镇扩张与生态系统服务价值的非线性关系,如模型(3)。当林草覆盖率增加时,城镇扩张对生态系统服务价值的负向边际效应越来越弱,即林草覆盖率的提高确实可对城镇扩张的边际效应起到非线性调节的作用;并且当林草覆盖率超过83.7%时,城镇扩张不会对生态系统服务价值产生影响,此时应为退耕还林工程需要停止的临界水平。陕西省自然资源厅土地利用年报显示^[30],2017年陕西省林草覆盖率为68.83%(按照中科院土地利用分类,园地应归属于林地,则林草覆盖率=(林地+草地+园地)/省域面积 $\times 100\%$),因此,陕西省仍需进一步扩大退耕还林规模以保证区域生态安全与满足生态文明建设的需要。然而,从2017年陕西省土地利用现状来看,基本农田面积为306.35万 hm^2 ,占全省国土面积的14.90%;耕地面积为398.29万 hm^2 ,

占全省国土面积的19.40%。在保证基本农田不减少的情况下,陕西省耕地向林草地最多可转移的面积仅为91.94万 hm^2 ,占全省国土面积的4.47%;则依赖退耕还林工程可使陕西省林草覆盖率达到73.30%,还有10.4%的林草覆盖率的缺口需要依赖其他生态修复措施予以弥补。

(3)其他控制变量(除降水外)对生态系统服务价值的影响,如模型(3)。气温对生态系统服务价值具有负向影响。在西北干旱半干旱区域,气温升高会加速区域荒漠化的进程^[26],导致具有较高生态系统服务价值的耕地、草地甚至是林地的退化,从而引起生态系统服务价值的减少。坡度对生态系统服务价值具有正向的显著影响。坡度越高的地方人类活动越少,因此在坡度较高的地方受到人类活动的影响就会越小,生态系统服务价值就相对较高^[27]。坡向对生态系统服务价值具有正向影响,即坡向越靠近阳坡的区域其生态系统服务价值越高。一般来讲,阳坡土壤有机质含量较低、养分较差^[31],难以形成肥沃的耕地与城区;人类活动在阳坡的活动要明显低于阴坡,使得阳坡的生态系统服务价值较高。县域水域面积比例越高,当地的生态系统服务价值越大;水域的生态系统服务价值当量因子在各土地利用类型中赋值权重最高,水域面积较小的变动都会对生态系统服务价值产生较大的影响。

(4)降水量对生态系统服务价值的影响不显著,如模型(1)–(3),这似乎与人们的直觉相悖离。如果仅考虑变量间相关性,通过简单的OLS模型可以得到“区域降水量越多,生态系统服务价值越高”的结论(图3a)。但在简单的OLS模型中遗漏了初始生态资源禀赋这一重要条件,导致出现符合

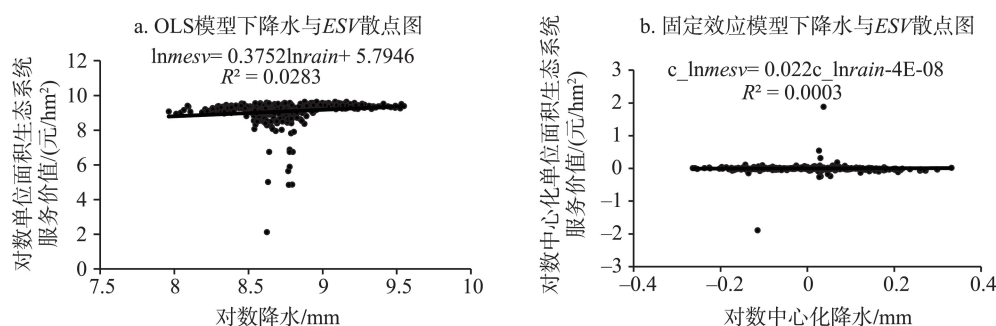


图3 不同模型下生态系统服务价值与降水之间的关系

Figure 3 Relationship between ecosystem service value and precipitation based on different models

2019年6月

一般认知但不具有因果关系的“伪回归”。如果考虑事物之间的因果关系,利用面板固定效应模型可有效控制初始生态资源禀赋条件,剥离出真正的降水量对生态系统服务价值边际贡献。降水量对生态系统服务价值不具有显著的影响(图3b),所以降水量不是造成生态系统服务价值变化的真实原因。降水量仅决定了初始生态资源禀赋,不会引起土地利用结构发生显著的变化,特别是在西北比较干旱的地区不会因为区域降水量的增加而导致由低生态系统服务价值用地向高生态系统服务价值用地转化的概率,所以降水量对生态系统服务价值的影响不显著。LSDV模型可以通过设置虚拟变量取得与固定面板模型一样的效果。

5 结论

本文基于土地利用/覆被变化,利用1990—2015年4期的遥感数据,通过面板门槛模型探讨在生态修复与城镇扩张背景下耕地转移对生态系统服务价值的影响机制。研究发现:

(1)通过陕西省土地利用/覆被变化(LUCC)的分析验证了土地利用转移经济学分析框架的合理性,土地类型的转移基本遵循经济学收益最大或者成本最小化原理。无论是否存在环境政策的干预,耕地都会向具有更高经济价值的城乡建设用地转移,而城乡建设用地向其他地类转移的概率较小。在生态修复政策驱动下,经济理性的个体才会选择耕地向生态用地的转移。

(2)陕西省退耕还林工程的实施使得省域生态系统服务价值明显增加,2000—2015年间陕西省在实施退耕还林后生态系统服务价值增加了27.096亿元,约是1990—2000年生态系统服务价值增长值的3.5倍;退耕还林的实施取得了一定的效果,但资金利用率不高。

(3)各自然要素对生态系统服务价值存在不同的作用机制。由于降水的变化难以显著地改变土地利用结构,所以降水对生态系统服务价值的影响不显著;而气温的升高会增加西北地区的荒漠化进程,进而导致生态系统服务价值的降低。阳坡土壤有机质含量较低,养分较差,难以形成肥沃的耕地或者城区;人类活动在阳坡的活动要明显低于阴坡,导致阳坡的生态系统服务价值较高。

(4)城镇扩张对生态系统服务价值具有显著的负向影响,但其边际效应与林草覆盖率存在一定的函数关系。随着退耕还林工程的实施,林草覆盖率的增加可以弥补城镇扩张带来生态系统服务价值降低;并且当林草覆盖率达到83.70%时,城镇扩张不会对生态系统服务产生影响,可以此作为退耕还林的临界水平。2017年陕西省林草覆盖率为68.83%,在保证基本农田不减少的前提下,陕西省仍需进一步扩大退耕还林(还草)规模以保证区域生态安全与满足生态文明建设的需要。

虽然当量因子法对生态系统服务价值的核算比较简单经济,但由于当量因子法基于专家认知评估并非真正意义上公众愿意支付的市场价值,这与Costanza最初运用支付意愿法估计(WTP)估计生态系统服务的市场价值存在一定的差异^[20]。如何在宏观尺度上设计更加可靠、公允的生态系统服务价值的计算方法是一个需要长期探索的过程。

参考文献(References):

- [1] 刘永强, 龙花楼. 长江中游经济带土地利用转型时空格局及其生态服务功能影响[J]. 经济地理, 2017, 37(11): 161-170. [Liu Y Q, Long H L. Study on the spatio-temporal patterns of land use transition and its impact on ecological service function of the middle of Yangtze River economic belt[J]. Economic Geography, 2017, 37(11): 161-170.]
- [2] Chen H Y, Jia B S, Lau S Y. Sustainable urban form for Chinese compact cities: challenges of a rapid urbanized economy[J]. Habitat International, 2008, 32(1): 28-40.
- [3] 郭庆宾, 刘静, 王涛. 武汉城市圈城镇化生态环境响应的时空演变研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(2): 137-143. [Guo Q B, Liu J, Wang T. Spatio-temporal distribution research on the ecological response of urbanization in Wuhan Metropolitan Area[J]. China Population, Resources and Environment, 2016, 26(2): 137-143.]
- [4] 习近平. 加快生态文明体制改革, 建设美丽中国[EB/OL]. (2017-10-18) [2019-05-06]. <http://cpc.people.com.cn/19th/n1/2017/1018/c414305-29594512.html>. [Xi J P. Speed up the Reform of the Ecological Civilization System and Build a Beautiful China [EB/OL]. (2017-10-18) [2019-05-06]. <http://cpc.people.com.cn/19th/n1/2017/1018/c414305-29594512.html>.]
- [5] Kindu M, Schneider T, Teketay D, et al. Changes of ecosystem service values in response to land use/land cover dynamics in Munesa-Shashemene landscape of the Ethiopian highlands[J]. Science

- of the Total Environment, 2016, 547: 137–147.
- [6] 赵微, 闵敏, 李俊鹏. 土地整理区域生态系统服务价值损益规律研究[J]. 资源科学, 2013, 35(7): 1415–1422. [Zhao W, Min M, Li J P. Regulation of ecosystem services in land consolidation regions[J]. Resources Science, 2013, 35(7): 1415–1422.]
- [7] 何玲, 贾启建, 李超, 等. 基于生态系统服务价值和生态安全格局的土地利用格局模拟[J]. 农业工程学报, 2016, 32(3): 275–284. [He L, Jia Q, Li C, et al. Land use pattern simulation based on ecosystem service value and ecological security pattern[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2016, 32(3): 275–284.]
- [8] Pennington D N, Dalzell B, Nelson E, et al. Cost-effective land use planning: Optimizing land use and land management patterns to maximize social benefits[J]. Ecological Economics, 2017, 139: 75–90.
- [9] Asadolahia Z, Salmanmahiny A, Sakieh Y, et al. Dynamic trade-off analysis of multiple ecosystem services under land use change scenarios: Towards putting ecosystem services into planning in Iran[J]. Ecological Complexity, 2018, 36: 250–260.
- [10] Caviglia-Harris J L, Chambers D, Kahn J R. Taking the U out of Kuznets: A comprehensive analysis of the EKC and environmental degradation[J]. Ecological Economics, 2009, 68(4): 1149–1159.
- [11] 方创琳, 周成虎, 顾朝林, 等. 特大城市群地区城镇化与生态环境交互耦合效应解析的理论框架及技术路径[J]. 地理学报, 2016, 71(4): 531–550. [Fang C L, Zhou C H, Gu C L, et al. Theoretical analysis of interactive coupled effects between urbanization and eco-environment in mega-urban agglomerations[J]. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(4): 531–550.]
- [12] 孙黄平, 黄震方, 徐冬冬, 等. 泛长三角城市群城镇化与生态环境耦合的空间特征与驱动机制[J]. 经济地理, 2017, 37(2): 163–170. [Sun S P, Huang Z F, Xu D D, et al. The spatial characteristics and drive mechanism of coupling relationship between urbanization and eco-environment in the Pan Yangtze River Delta[J]. Economic Geography, 2017, 37(2): 163–170.]
- [13] 王庶, 岳希明. 退耕还林、非农就业与农民增收: 基于21省面板数据的双重差分分析[J]. 经济研究, 2017, 52(4): 106–119. [Wang S, Yue X M. The grain-for-green project, non-farm employment and the growth of farmer income[J]. Economic Research Journal, 2017, 52(4): 106–119.]
- [14] 赖元长, 李贤伟, 冯帅, 等. 退耕还林工程对四川盆周低山丘陵区生态系统服务价值的影响: 以洪雅县为例[J]. 自然资源学报, 2011, 26(5): 755–768. [Lai Y C, Li X W, Feng S, et al. Impact of Grain for Green Project on ecosystem service value in the hilly region in Sichuan Basin: A case study of Hongya County[J]. Journal of Natural Resources, 2011, 26(5): 755–768.]
- [15] 刘忠, 李保国. 退耕还林工程实施前后黄土高原地区粮食生产时空变化[J]. 农业工程学报, 2012, 28(11): 1–8. [Liu Z, Li B G. Spatial and temporal changes in grain production before and after implementation of Grain for Green Project in Loess Plateau region[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28(11): 1–8.]
- [16] 中国林业网. 关于扩大新一轮退耕还林还草规模的通知[EB/OL]. (2016–02–25) [2019–05–06]. <http://www.forestry.gov.cn/main/3031/content-846106.Html>. [Chinese Forest. Notice on Expanding the Scale of New Round of Returning Farmland to Forestry and Grass[EB/OL]. (2016–02–25) [2019–05–06]. <http://www.forestry.gov.cn/main/3031/content-846106.Html>.]
- [17] 苏冰倩, 王茵茵, 上官周平. 西北地区新一轮退耕还林还草规模分析[J]. 水土保持研究, 2017, 24(4): 59–65. [Su B Q, Wang Y Y, Shanguan Z P. Analysis on the scale of a new period of returning farmland to forestland and grassland in Northwest China[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2017, 24(4): 59–65.]
- [18] Wang X C, Dong X B, Liu H M, et al. Linking land use change, ecosystem services and human well-being: A case study of the Manas River Basin of Xinjiang, China[J]. Ecosystem Services, 2017, 27: 113–123.
- [19] 喻锋, 李晓波, 张丽君, 等. 中国生态用地研究: 内涵、分类与时空格局[J]. 生态学报, 2015, 35(14): 4931–4943. [Yu F, Li X B, Zhang L J, et al. Study of ecological land in China: Conception, classification, and spatial-temporal pattern[J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(14): 4931–4943.]
- [20] Costanza R, D'Arge R, De Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. World Environment, 1997, 387(6630): 253–260.
- [21] 谢高地, 张彩霞, 张雷明, 等. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J]. 自然资源学报, 2015, 30(8): 1243–1254. [Xie G D, Zhang C X, Zhang L M, et al. Improvement of the evaluation method for ecosystem service value based on per unit area[J]. Journal of Natural Resources, 2015, 30(8): 1243–1254.]
- [22] 李昕, 文婧, 林坚. 土地城镇化及相关问题研究综述[J]. 地理科学进展, 2012, 31(8): 1042–1049. [Li X, Wen J, Lin J. Review of research on land urbanization and related studies[J]. Progress in Geography, 2012, 31(8): 1042–1049.]
- [23] 刘涛, 曹广忠. 城市用地扩张及驱动力研究进展[J]. 地理科学进展, 2010, 29(8): 927–934. [Liu T, Cao G Z. Progress in urban land expansion and its driving forces[J]. Progress in Geography, 2010, 29(8): 927–934.]
- [24] 李子豪. 外商直接投资对中国碳排放的门槛效应研究[J]. 资源科学, 2015, 37(1): 163–174. [Li Z H. Threshold effects of foreign direct investment on China's carbon emissions [J]. Resources Science, 2015, 37(1): 163–174.]
- [25] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥, 等. 20世纪80年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. 地理学报, 2014, 69(1): 3–14. [Liu J Y, Kuang W H, Zhang Z X, et al. Spatiotemporal characteristics, patterns and causes of land use changes in China since the late 1980s[J]. Acta Geographica Sinica, 2014, 69(1): 3–14.]
- [26] 任朝霞, 杨达源. 近50a西北干旱区气候变化趋势及对荒漠化的影响[J]. 干旱区资源与环境, 2008, 22(4): 91–95. [Ren Z X,

2019年6月

- Yang D Y. Climate change and surface run off change impact on desertification in the arid area of northwest China in resent 50 years[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2008, 22(4): 91–95.]
- [27] 杨锁华, 胡守庚, 瞿诗进. 长江中游地区生态系统服务价值的地形梯度效应[J]. *应用生态学报*, 2018, 29(3): 1–15. [Yang S H, Hu S G, Qu S J. Terrain gradient effect of ecosystem service value in middle reach of Yangtze River, China[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2018, 29(3): 1–15.]
- [28] 哈丽旦·司地克, 玉素甫江·如素力, 麦麦提吐尔逊·艾则孜. 焉耆盆地气候变化和人类活动对生态系统服务价值的影响研究[J]. *中国生态农业学报*, 2016, 24(5): 684–694. [Haridan S, Yusufun R, Mamatitulsun A. The impact of human activity and climate change on ecosystem services value in the Yanqi Basin, Xinjiang, China[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2016, 24(5): 684–694.]
- [29] 陈文思, 朱清科, 刘蕾蕾, 等. 陕北半干旱黄土区沙棘人工林的死亡率及适宜地形因子[J]. *林业科学*, 2016, 52(5): 9–16. [Chen W S, Zhu Q K, Liu L L, et al. Mortality and appropriate topographical conditions of seabuckthorn plantation in semi-Arid region of Loess Plateau in North Shaanxi, China[J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2016, 52(5): 9–16.]
- [30] 陕西省自然资源厅. 2018年上半年土地利用现状(年报)[EB/OL]. (2018–09–25) [2018–09–30]. <http://gtzyt.shaanxi.gov.cn/info/1196/40016.htm>. [Natural Resources Department of Shaanxi Province. Land Use Status in the First Half of 2018 (Annual Report) [EB/OL]. (2018–09–25) [2018–09–30]. <http://gtzyt.shaanxi.gov.cn/info/1196/40016.htm>.]
- [31] 刘芳, 张红旗. 伊犁新垦区土地利用和地形对表层土壤养分变异性的影响[J]. *资源科学*, 2012, 34(4): 758–768. [Liu F, Zhang H Q. Effects of land use and topographic factors on the variability of soil nutrients in newly reclaimed area in Yili[J]. *Resources Science*, 2012, 34(4): 758–768.]

Effects of cultivated land transition on ecosystem service value in Shaanxi Province of China

DING Zhenmin, YAO Shunbo

(Center for Resource Economy and Environmental Management, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling 712100, China)

Abstract: This study developed a panel threshold model to examine the impact of cultivated land transition due to urban expansion and ecological restoration project on ecosystem service value, according to the economic analysis framework based on land use/land cover change derived from remote sensing data of 1990–2015 in Shaanxi Province. Cultivated land transition has moved in two opposite directions driven by urban expansion and ecological restoration policy. Urban expansion affects negatively and significantly on ecosystem service value, but its marginal effect is a function of the rate of forest and grassland coverage. With the implementation of the Grain for Green project, forest and grassland coverage increase can make up for the loss of the ecosystem service value caused by urban expansion. The rate of forest and grassland coverage is captured by the panel threshold model, which indicates that when this rate reaches 87.3%, urban expansion has no significant impact on the ecosystem service value. In 2017, the rate of forest and grassland coverage in Shaanxi Province was 68.83%. Therefore it is essential for the province to further expand the scale of returning farmland to forest (grass) to ensure regional ecological security and meet the needs of ecological civilization construction while ensuring that the basic farmlands remain unchanged.

Key words: cultivated land transition; ecosystem service value; Grain for Green project; urban expansion; panel threshold model; Shaanxi Province