DOI: 10.5846/stxb201803300673
周李磊,官冬杰,袁兴中.精准扶贫视角下生态系统服务与贫困人口生计耦合关联分析.生态学报,2018,38(18): - .
Zhou L L, Guan D J, Yuan X Z.Coupling correlation analysis of ecosystem services and livelihoods in the perspective of targeted poverty alleviation.Acta Ecologica Sinica,2018,38(18): - .

精准扶贫视角下生态系统服务与贫困人口生计耦合关联分析

周李磊[1,2],官冬杰[2,3,4,*],袁兴中[1,2]
1 重庆大学 煤矿灾害动力学与控制国家重点实验室,重庆 400044
2 重庆大学资源及环境科学学院,重庆 400044
3 重庆交通大学建筑与城市规划学院,重庆 400074
4 重庆大学 山地城镇建设与新技术教育部重点实验室,重庆 400044

摘要:在生态文明建设和精准扶贫背景下,处理好贫困区生态系统保护和扶贫开发间的关系,是如期实现 2020 年全面建成小康社会的基础。以全国 717 个贫困市、区、县为研究对象,构建了精准扶贫视角下生态系统服务与贫困人口生计耦合的评价指标体系和灰色关联耦合模型,分析中国贫困区生态系统服务和贫困人口生计耦合的主要影响因素以及耦合度的时空演变规律,结果表明:(1)2015 年中国贫困区生态系统服务和人口生计两个系统各指标间的关联度在 0.363—0.964。其中,生态系统服务对贫困人口生计的综合关联度为 0.793,贫困人口生计对生态系统服务的综合关联度为 0.740。(2)2000—2015 年生态系统服务和人口生计耦合度长时间序列呈“W”型变化,年际间波动变化明显,但整体维持在 0.770—0.801 之间。(3)2000—2015 年生态系统服务与贫困人口生计耦合度最高的区域主要集中分布在西部区域,主要包括西藏省、四川省西北藏区及青海省南部,东中部区域的耦合度相对较低,中国贫困区生态系统服务与贫困人口生计间耦合的空间分异显著。(4)2000—2015 年生态系统服务与贫困人口生计耦合度呈上升趋势的区县有 92 个,占中国全部贫困区县数量的 12.83%;呈下降趋势的区县有 163 个区县,占中国全部贫困区县数量的 22.73%;保持稳定不变的区县有 462 个,占中国全部贫困区县数量的 64.44%。这些结论可为区域精准扶贫制定针对性政策,如期实现脱贫,提供参考和借鉴。

关键词:精准扶贫;生态系统服务;贫困人口生计;灰色耦合关联模型

Coupling correlation analysis of ecosystem services and livelihoods in the perspective of targeted poverty alleviation

ZHOU Lilei[1,2], GUAN Dongjie[2,3,4,*], YUAN Xingzhong[1,2]
1 *State Key Laboratory of Coal Mine Disaster Dynamics and Control*, *Chongqing University*, *Chongqing* 400044, *China*
2 *College of Resources and Environmental Science*, *Chongqing University*, *Chongqing* 400044, *China*
3 *College of Architecture and Urban Planning*, *Chongqing Jiaotong University*, *Chongqing* 400074, *China*
4 *Key Laboratory of New Technology for Construction of Cities in Mountain Area*, *Chongqing University*, *Chongqing* 400044, *China*

Abstract: Under the background of ecological civilization construction and targeted poverty alleviation, it is essential to understand the coupling relationship between ecosystem services and livelihood factors related to poverty alleviation in China. In this paper, 717 poverty-stricken counties in China were picked up as cases to elucidate this coupling relationship.

基金项目:国家自然科学基金(41201546);国家社会科学基金(16FJY010);重庆市基础科学与前沿技术研究项目(cstc2017jcyjAX0210);重庆大学山地城镇建设与新技术教育部重点实验室开放课题(0902071812102/012);重庆市研究生教育创新教育基金项目(CYS16186,CYS17205)
收稿日期:2018-03-30; **修订日期**:2018-07-04
* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: guandongjie_2000@163.com

First, we constructed evaluation index systems for ecosystem services and poverty livelihoods. Then, we calculated the coupling degree between ecosystem services and poverty livelihoods from 2000 to 2015 by using the gray coupling correlation model. Finally, we analyzed the temporal and spatial evolution of the coupling degree between ecosystem services and poverty livelihoods. The results indicate that mutual correlation degree between indicators in the ecosystem service and poverty livelihood systems was located in a range of 0.363 to 0.964. The comprehensive correlation degree of ecosystem services to poverty livelihood was 0.793, while that of poverty livelihoods to ecosystem services was 0.740. From 2000 to 2015, the coupling degrees between ecosystem services and poverty livelihoods showed "W" curve change with the values between 0.770 and 0.801. The spatial variability of coupling degree was significant, with the western region of China having the highest coupling degree and the central and eastern regions of China having lower coupling degrees. In addition, from 2000 to 2015, increasing trend of coupling degree was exhibited in 92 counties, accounting for 12.83% of all poverty-stricken counties, whereas, of all poverty-stricken counties 163 counties (22.73%) showed declining trend and 462 counties (64.44%) showed stable trend. These data rationalize that effective measures are required to lift ecosystem services out of poverty trap and into sustainable livelihoods.

Key Words: targeted poverty alleviation; ecosystem services; poverty livelihoods; gray coupling correlation model

贫困是人类长期面临的困境,贯穿人类社会发展的历史,这种困境是一种复杂、综合的社会现象,贫困影响社会公平、影响社会稳定、影响经济发展,消除贫困依然是当今世界所面临的全球性挑战[1]。经过长期的扶贫开发,中国贫困区在空间分布上已经由改革开放初的整体性贫困向区域性贫困过渡,扶贫方略也由全面扶贫向精准扶贫转变[2]。2020 年中国将全面建成小康社会,也是全面脱贫的时间,但目前中国的贫困人口大多分布在偏远山区、高寒山区和深山区,区域生态脆弱性与贫困重叠,扶贫形式严峻。同时,随我国对生态保护的重视,很多贫困区面临着"加快发展"和"生态保护"的矛盾,如何在保护生态的同时实现脱贫,是政府和学术界关注的焦点。为此,2018 年中国六部委共同制定了《生态扶贫工作方案》(发改农经[2018]124 号),强调了充分发挥生态保护在精准扶贫、精准脱贫中的作用,应加大对贫困地区、贫困人口的支持力度[3]。因此,了解贫困区生态系统服务与贫困人口生计的耦合关系对推动贫困地区扶贫开发与生态保护相协调,实现脱贫攻坚与生态文明建设"双赢"具有重要的理论意义、实践意义和紧迫性。

生态系统服务(Ecosystem Services,ES)最早由 Ehrlich 等提出,将生态系统功能惠益人类的特点称为生态系统服务[4],Daily 将生态系统服务概括为自然生态系统及其物种所提供的能够满足和维持人类生活需要的条件和过程[5]。千年生态评估(Millennium Ecosystem assessment,MA)将生态服务分成供给服务、调节服务、文化服务和支持服务[6];生计是谋生的方式,建立在能力、资产(包括储备物、资源、要求权和享有权)和活动基础之上[7]。生态系统服务对扶贫发挥的作用越来越大[8],尤其是生态系统服务的供给服务,是维持农户生计的基础,也为改善农户生计提供了可能性。只有充分认识生态系统服务和贫困人口生计两者间的相互关系,才能在保护生态环境的同时实现贫困区的脱贫。

目前,生态系统服务与贫困人口生计的相关研究,主要集中在生态系统服务对贫困人口生计活动的反馈和贫困人口生计活动对生态系统服务的影响两个方面[9]。(1)不同的生态系统服务对贫困人口生计的影响不同,主要集中在森林生态系统服务[10]、农田生态系统服务[11]、湿地生态系统[12]。森林生态系统为农户提供了木材及非木材产品,在保证贫困人口生计的同时,有助于森林保护[13],但不同收入阶层对森林生态系统服务的需求存在差异[14];农田生态系统提供的农作物是维持贫困人口生计的基础,但单一的生态系统服务不能有效的改善贫困人口生计,生计的非农化成为生计的重要组成部分[15];湿地生态系统(不包括水稻田,水稻田算在农田生态系统)提供了丰富的水资源和渔业资源,对贫困人口生计有重要贡献,由于贫困人口较少有能力参加非农活动,所以贫困人口对湿地产品的依赖较大[16]。(2)贫困人口生计活动主要通过对生态系统结构[17-18]、生态系统过程[19-20]和生态系统功能的干扰[21],影响生态系统服务。由于贫困人口生计活动的影响,

生态系统结构被破坏(围湖造田,过度放牧等);不合理的农田耕作;过度放牧土壤的物理结构及化学成分发生变化,影响生态系统的物质循环[22];生态结构的破坏直接导致生态功能发生变化,生态退化[23]。国内外关于生态系统服务和贫困人口生计间关系的研究,主要集中在生态系统服务对贫困人口生计间或者贫困人口生计对生态系统服务的影响的研究,而对生态系统服务与贫困人口生计耦合关系的定量化研究及空间化研究不足。

综上所述,本文从精准扶贫角度切入,以全国 717 个贫困区为研究对象,构建贫困区生态系统服务与贫困人口生计系统耦合评价指标,采用灰色关联法,分析生态系统服务与贫困人口生计间的耦合关系,通过长时间序列分析,揭示生态系统服务与贫困人口生计间的时空分异规律,以期为贫困区精准扶贫,制定针对性的脱贫政策,如期脱贫,提供科学参考。

1　研究区域、数据、方法

1.1　研究区域

2011 年,国务院印发《中国农村扶贫开发纲要(2011—2020)》,全国划定了 14 个集中连片特殊困难地区作为扶贫攻坚的主战场,即六盘山区、秦巴山区、武陵山区、乌蒙山区、滇桂黔石漠化区、滇西边境山区、大兴安岭南麓山区、燕山-太行山区、吕梁山区、大别山区、罗霄山区等区域的连片特困地区和已明确实施特殊政策的西藏、四省藏区、新疆南疆三地州(图 1)。本文以《纲要》划定的连片特困区为研究对象,地处 18°23′—51°25′N、73°40′—135°2′E,东起黑龙江抚远市,西至新疆维吾尔自治区乌恰县,南起海南省保亭黎族苗族自治县,北至内蒙古自治区鄂伦春自治县,共涉及 717 个贫困市、区、县,包括 27 个市,31 个区,659 个县;主要集中分布在生态环境脆弱区,海拔 0—8385 m,平均海拔 2900 m,且经济条件落后,涉及 4335 万贫困人口(2016 年)[24]。

图 1　研究区地理位置

Fig.1　Location of study area

1.2 数据来源

2000—2015 年各区县评价指标数据,主要来源于《中国统计年鉴 2001—2016》、各省市自治《统计年鉴 2001—2016》以及各省的《农村统计年鉴 2001—2016》。部分区县农业生产数据缺失,用当年全省的数据,根据各区县不同农作物用地类型面积占全省面积的比例,重新计算替代;部分区县农业生产数据部分年份缺失,根据其他年份构建线性回归进行重建。其中土地利用数据(2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年)来源于中国科学院资源环境科学数据中心(http://www.resdc.cn),分辨率 1 km,各区县 2000—2002 年的土地利用数据用 2000 年的土地利用现状数据替代,2003—2007 年土地利用数据用 2005 年的土地利用现状数据替代,2008—2012 年的土地利用数据用 2010 年的土地利用现状数据替代,2013—2015 年土地利用数据用 2015 年的土地利用现状数据替代。数字高程模型(DEM)从国家地球系统科学数据共享平台(www.geodata.cn)下载,空间分辨率 90 m,用于求取坡度。年产水量用 InVEST 模型中的 Water yield 模块计算得到,其中涉及到的土壤数据从世界土壤数据获取(http://webarchive.iiasa.ac.at),经地理配准、裁剪等预处理后得到中国区域的土壤数据,2000—2015 年降水数据、气温数据从国家气象科学数据共享服务平台(http://data.cma.cn/)获取,利用 ANUSPLIN 专业气象差值软件(http://fennerschool.anu.edu.au/research/products/anusplin-vrsn-44),差值得到空间分辨率 1km 的栅格数据。全国县级行政边界矢量数据从国家地球系统科学数据共享平台(www.geodata.cn)下载。

1.3 研究方法

1.3.1 评价指标体系

生态系统服务和贫困人口生计耦合评价指标体系包括生态系统服务系统和贫困人口生计系统。生态系统服务评价指标体系本文只考虑了供给服务中的粮食供给服务和水资源供给服务,因为这些评价指标与贫困人口生计直接相关;精准扶贫方略的实施需要我们进行贫困区的精准识别和扶贫政策的精准实施,基于英国国际发展部(Department for International Development,DFID)建立可持续生计分析策略框架,相关学者对中国贫困区县进行了空间识别[25-27],参考这些研究,本文选取了贫困人口生计系统的评价指标。同时,考虑到指标数据的可获取性,最终得到由 12 个目标层和 45 个指标层构成的中国生态系统服务和贫困人口生计耦合评价指标体系(表 1)。

1.3.2 耦合关联分析

由于生态系统服务与贫困生计耦合作用的交错性与复杂性,同时考虑到两个子系统的关联性和时序性,本文基于灰色关联度分析(GRA)构建生态系统服务与贫困人口生计的关联模型[28],以便于对生态系统服务与贫困人口生计耦合的因素进行定量评价。

$$\xi(j)(t)=\frac{\min\limits_{i}\min\limits_{j}\left|Z_i^E(t)-Z_j^L(t)\right|+\rho\max\limits_{i}\max\limits_{j}\left|Z_i^E(t)-Z_j^L(t)\right|}{\left|Z_i^E(t)-Z_j^L(t)\right|+\rho\max\limits_{i}\max\limits_{j}\left|Z_i^E(t)-Z_j^L(t)\right|} \tag{1}$$

式中,$Z_i^E(t)$、$Z_j^L(t)$ 分别为各区县 t 年的生态系统服务与贫困人口生计的标准化值,本文采用极差标准化对原始数据进行标准化处理;ρ 为分辨系数,本文取 $\rho=0.5$;$\xi(j)(t)$ 为 t 年的关联系数。

将关联系数按照区县的数量 K 求其平均值,得到各个评价指标间关联度矩阵 γ_{ij}:

$$\gamma_{ij}=\begin{bmatrix}\gamma_{11} & \cdots & \gamma_{1l}\\ \vdots & \ddots & \vdots\\ \gamma_{m1} & \cdots & \gamma_{ml}\end{bmatrix} \tag{2}$$

式中,γ_{ij} 为关联系度;l、m 分别为生态系统服务系统和贫困人口生计系统的指标个数。$\gamma_{ij}\in(0,1]$,值越大,关联性越大,耦合关系越强;反之亦然。当 $\gamma_{ij}\in(0,0.35]$ 时,关联度为弱,两者间的耦合作用也弱;当 $\gamma_{ij}\in(0.35,0.65]$ 时,关联度为中,两者间的耦合作用中等;当 $\gamma_{ij}\in(0.65,0.85]$ 时,关联度为较强,两者间的耦合作用较强;当 $\gamma_{ij}\in(0.85,1]$ 时,关联度为极强,两者间的耦合作用极强[29]。

表 1　中国生态系统服务和贫困人口生计耦合评价指标体系

Table 1　Evaluation indicator system on coupling between ecosystem services system and poverty livelihood system in China

系统 System	目标层 Item	子目标层 Sub-item	指标 Indicator
生态系统服务系统	农作物(E_1)	粮食作物(E_{11})	稻谷(E_{111})、小麦(E_{112})、玉米(E_{113})、豆类(E_{114})、薯类(E_{115})
Ecosystem services		经济作物(E_{12})	花生(E_{121})、油菜籽(E_{122})、棉花(E_{123})、甘蔗(E_{124})、甜菜(E_{125})、烟叶(E_{126})、茶叶(E_{127})
system	瓜果蔬菜(E_2)	水果(E_{21})	苹果(E_{211})、柑橘(E_{212})、梨(E_{213})、葡萄(E_{214})、香蕉(E_{215})
	林产品(E_3)	木材(E_{31})	木材(E_{311})
		其他林产品(E_{32})	橡胶(E_{321})、松脂(E_{322})、生漆(E_{323})、油桐籽(E_{324})、油茶籽(E_{325})
	畜产品(E_4)	肉类(E_{41})	猪肉(E_{411})、牛肉(E_{412})、羊肉(E_{413})
		禽蛋(E_{42})	牛奶(E_{421})、禽蛋(E_{422})、蜂蜜(E_{423})
	水产品(E_5)	水产品(E_{51})	淡水产品(E_{511})
	水资源(E_6)	产水量(E_{61})	年产水量(E_{611})
贫困人口生计系统	金融资本(L_1)	收入水平(L_{11})	农村居民纯收入(L_{111})、人均 GDP(L_{112})
Poverty livelihood		储蓄/借款(L_{12})	城乡居民储蓄存款余额(L_{121})、金融机构各项贷款余额(L_{122})
system	自然资本(L_2)	耕地水平(L_{21})	人居耕地面积(L_{211})、单位面积粮食产量(L_{212})
		水资源(L_{22})	年均降水量(L_{221})
	人力资本(L_3)	综合劳动力(L_{31})	乡村人口(L_{311})、农林牧渔从业人员(L_{312})
		综合教育水平(L_{32})	中学在校生(L_{321})、小学在校生(L_{322})
	物质资本(L_4)	公共设施服务(L_{41})	医院卫生院床位数(L_{411})
	社会资本(L_5)	社会支持水平(L_{51})	城市化率(L_{511})
	环境/背景脆弱性(L_6)	环境/背景脆弱性水平(L_{61})	15°以上坡度面积比(L_{611})

基于关联度矩阵,分别求取不同行列的均值,得到一个系统中的评价指标对另一个系统的关联度均值($\bar{\gamma}_i$ 和 $\bar{\gamma}_j$)。

$$\bar{\gamma}_i = \frac{1}{l}\sum_{j=1}^{l}\gamma_{ij}(i = 1,2,\ldots m;j = 1,2,\ldots l) \tag{3}$$

$$\bar{\gamma}_j = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\gamma_{ij}(i = 1,2,\ldots m;j = 1,2,\ldots l) \tag{4}$$

根据每个目标层对应的评价指标的关联度均值,求其均值得到评价指标目标层间的关联度(E_p 和 L_q);根据评价指标目标层间的关联度,在求其均值得到生态系统服务系统和贫困人口生计系统间的综合关联度(E 和 L)。

为从空间尺度评价生态系统服务系统和贫困人口生计系统间的耦合强度,构建了空间耦合度模型:

$$C(t) = \frac{1}{m \times l}\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{l}\xi(j)(t) \tag{5}$$

式中,$C(t)$ 为空间尺度上两个系统间的耦合度。

1.3.3　趋势分析

利用最小二乘法拟合不同时间段内耦合度的线性回归模型:

$$Y_c = ax + b \tag{6}$$

式中,Y_c 是耦合度,x 是时间段,a 是斜率,b 是截距。根据斜率的大小判断耦合度的变化趋势,由于没有严格意义上的耦合度变化趋势为 0 的区域,所以将斜率在-0.001—0.001 之间的区域稳定不变区,将斜率小于-0.001 的区域划分为呈下降趋势区域,将斜率大于 0.001 的区域划分为呈上升趋势的区域。

2 结果

2.1 生态系统服务与贫困人口生计系统耦合的影响因素

根据构建的生态系统服务与贫困人口生计的关联模型,分别计算得到 2000—2015 年的生态系统服务与贫困人口生计两个系统各指标间的关联度矩阵,其结果(以 2015 年为例)如表 2 所示,各评价指标间的关联度在 0.363—0.964,属于中等及以上关联。其中,生态系统服务系统与人口生计系统的人均纯收入(L_{111})、15°以上坡度面积比(L_{611})这 2 个指标间的关联度均值分别为 0.638 和 0.376,属于中等关联;生态系统服务的各评价指标与人口生计系统的年均降雨量(L_{221})、农林牧渔从业人口(L_{312})、小学在校生(L_{322})、和城镇化率(L_{511})这 4 个指标间的关联度均值分别为 0.665、0.795、0.827 和 0.724,属于较强关联;生态系统服务的各评价指标与人口生计系统的人均 GDP(L_{112})、城乡居民储蓄存款余额(L_{121})、金融机构各项贷款余额(L_{122})、人均耕地面积(L_{211})、单位面积粮食产量(L_{212})、乡村人口数(L_{311})、中学在校人数(L_{321})和医院卫生院床位数(L_{411})这 8 个指标间的关联度均值分别为 0.864、0.880、0.920、0.896、0.866、0.852、0.933 和 0.851,属于极强关联。贫困人口生计系统与生态系统服务系统中的 31 个指标间的关联度均值在 0.781—0.807 之间,属于较强关联。

2.1.1 生态系统服务对贫困人口生计耦合的影响

生态系统服务对贫困人口生计的综合关联度为 0.793(表 3)。由表 3 可知,在各目标层中,淡水产品(E_5)对贫困人口生计系统的关联最大,关联度为 0.798;其次是畜产品(E_4)、水资源供给(E_6)、农作物产品(E_1)和林产品(E_3),关联度分别为 0.796,0.796、0.794 和 0.787;最小的是瓜果蔬菜(E_2),关联度是 0.785。生态系统服务各目标层对贫困人口生计系统间的关联度在 0.785—0.798 之间,关联度间的差异较小。

2.1.2 贫困人口生计对生态系统服务耦合的影响

贫困人口生计对生态系统服务的综合关联度为 0.740(表 4)。由表 4 可知,在各目标层中,人力资本(L_3)对生态系统服务的关联最大,关联度为 0.852;其次是物质资本(L_4),金融资本(L_1),自然资本(L_2)和社会资本(L_5),关联度分别为 0.851、0.825、0.809 和 0.724;关联度最小的是环境/背景脆弱性(L_6),关联度为 0.376。贫困人口生计各目标层对生态系统服务的关联度在 0.376—0.852 之间,关联度间的差异较大。

2.2 生态系统服务与贫困人口生计系统耦合度的时序特征

2000—2015 年中国贫困区生态系统服务与贫困区人口生计综合耦合度的长时间变化规律如图 2 所示,耦合度折线呈“W”型,波谷值出现在 2004 年、2007 年和 2012 年,综合耦合度分别为 0.770、0.771 和 0.778,波峰值出现在 2002 年、2006 年、2010 年和 2014 年,综合耦合度分别为 0.803、0.788、0.794 和 0.793,年际间生态系统服务与贫困人口生计的耦合度强度存在差异,但整体维持在 0.770—0.801 之间,生态系统服务与贫困人口生计间的耦合作用强。

2.3 生态系统服务与贫困人口生计耦合度的空间分异规律

以 2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年为例,生态系统服务与贫困人口生计耦合的空间分异特征如图 3 所示。生态系统服务与贫困人口生计耦合度最高的区域主要集中分布在西部区域,主要包括西藏省、四川省西北藏区及青海省南部;东中部区域的耦合度相对较低。按照耦合度划分标准,中国贫困区各区县的耦合度划分为 3 类,耦合作用中等、耦合作用强和耦合作用极强,耦合作用中等的贫困区县数量只占了不足 1%,99%的区县耦合作用强和极强,主要以耦合度作用强为主。同时,由图 3 可知,2000—2015 年,生态系统服务和贫困人口生计耦合作用极强的区县数量在逐渐增多。

2.4 生态系统服务与贫困人口生计耦合的趋势分析

生态系统服务与贫困人口生计耦合度的变化趋势空间分布图如图 4 所示,2000—2015 年生态系统服务与贫困人口生计耦合度呈上升趋势的区县主要集中分布在中国西部及东部区域,包括西藏中部及东南部,安徽省、以及河北省、内蒙古自治区和江西 3 省交界处,共有 92 个区县,占中国全部贫困区县数量的 12.83%;呈

表 2　中国生态系统服务和贫困人口生计评价指标关联度矩阵(2015 年)

Table 2　Correlation matrix of ecosystem services and poverty livelihood in China (2015)

子系统及评价指标 Subsystem and indicators		生态系统服务评价指标 Evaluation indicators of ecosystem services system															
		E_{111}	E_{112}	E_{113}	E_{114}	E_{115}	E_{121}	E_{122}	E_{123}	E_{124}	E_{125}	E_{126}	E_{127}	E_{211}	E_{212}	E_{213}	E_{214}
贫困人口生计评价指标	L_{111}	0.633	0.63	0.646	0.625	0.668	0.641	0.664	0.612	0.613	0.628	0.624	0.613	0.623	0.614	0.623	0.625
Evaluation indicators of poverty	L_{112}	0.865	0.863	0.881	0.878	0.868	0.854	0.864	0.852	0.86	0.846	0.868	0.858	0.854	0.859	0.86	0.861
livelihood system	L_{121}	0.9	0.889	0.892	0.893	0.886	0.891	0.887	0.867	0.878	0.859	0.883	0.872	0.872	0.875	0.877	0.877
	L_{122}	0.93	0.927	0.924	0.946	0.908	0.918	0.896	0.928	0.934	0.913	0.937	0.931	0.922	0.933	0.929	0.929
	L_{211}	0.895	0.907	0.93	0.921	0.89	0.882	0.878	0.901	0.905	0.886	0.903	0.901	0.899	0.902	0.902	0.904
	L_{212}	0.878	0.866	0.877	0.877	0.88	0.859	0.881	0.854	0.859	0.857	0.874	0.857	0.85	0.858	0.859	0.859
	L_{221}	0.66	0.66	0.668	0.658	0.695	0.661	0.694	0.638	0.646	0.663	0.657	0.648	0.652	0.647	0.654	0.652
	L_{311}	0.869	0.864	0.864	0.86	0.879	0.856	0.876	0.837	0.844	0.843	0.858	0.839	0.84	0.84	0.844	0.846
	L_{312}	0.802	0.806	0.807	0.793	0.838	0.806	0.831	0.774	0.779	0.792	0.793	0.777	0.782	0.777	0.785	0.786
	L_{321}	0.937	0.944	0.93	0.964	0.902	0.931	0.898	0.956	0.958	0.933	0.957	0.955	0.942	0.956	0.948	0.949
	L_{322}	0.84	0.843	0.828	0.828	0.862	0.838	0.858	0.81	0.816	0.815	0.827	0.811	0.813	0.812	0.817	0.819
	L_{411}	0.865	0.86	0.861	0.858	0.883	0.855	0.876	0.834	0.843	0.835	0.854	0.838	0.839	0.839	0.841	0.844
	L_{511}	0.732	0.718	0.741	0.717	0.748	0.721	0.75	0.701	0.706	0.696	0.712	0.705	0.71	0.706	0.712	0.715
	L_{611}	0.377	0.375	0.378	0.37	0.387	0.383	0.389	0.366	0.365	0.373	0.369	0.368	0.372	0.367	0.371	0.37
均值 Mean		0.799	0.797	0.802	0.799	0.807	0.793	0.803	0.781	0.786	0.781	0.794	0.784	0.784	0.785	0.787	0.788

子系统及评价指标 Subsystem and indicators		生态系统服务评价指标 Evaluation indicators of ecosystem services system															均值 Mean
		E215	E311	E321	E322	E323	E324	E325	E411	E412	E413	E421	E422	E423	E511	E611	
贫困人口生计评价指标	L_{111}	0.609	0.626	0.614	0.618	0.632	0.631	0.618	0.677	0.696	0.642	0.631	0.672	0.669	0.64	0.664	0.636
Evaluation indicators of poverty	L_{112}	0.857	0.869	0.855	0.861	0.859	0.87	0.861	0.867	0.862	0.889	0.88	0.856	0.858	0.872	0.885	0.864
livelihood system	L_{121}	0.873	0.883	0.868	0.875	0.872	0.88	0.883	0.898	0.859	0.877	0.881	0.892	0.89	0.889	0.871	0.88
	L_{122}	0.933	0.933	0.927	0.931	0.919	0.925	0.934	0.895	0.855	0.928	0.928	0.889	0.9	0.928	0.903	0.92
	L_{211}	0.904	0.905	0.898	0.901	0.883	0.897	0.901	0.86	0.856	0.922	0.923	0.867	0.868	0.898	0.878	0.896
	L_{212}	0.855	0.867	0.855	0.859	0.859	0.869	0.864	0.886	0.863	0.871	0.868	0.859	0.864	0.876	0.882	0.866
	L_{221}	0.643	0.655	0.648	0.65	0.665	0.659	0.647	0.705	0.703	0.669	0.663	0.694	0.691	0.672	0.691	0.665
	L_{311}	0.838	0.85	0.838	0.844	0.839	0.847	0.85	0.878	0.846	0.852	0.853	0.851	0.851	0.861	0.853	0.852
	L_{312}	0.775	0.789	0.776	0.782	0.784	0.793	0.786	0.828	0.807	0.798	0.796	0.807	0.809	0.797	0.799	0.795
	L_{321}	0.96	0.948	0.952	0.953	0.936	0.942	0.956	0.886	0.845	0.934	0.941	0.887	0.897	0.939	0.901	0.933
	L_{322}	0.811	0.823	0.809	0.816	0.816	0.825	0.82	0.856	0.827	0.825	0.825	0.836	0.839	0.834	0.829	0.827
	L_{411}	0.837	0.849	0.835	0.84	0.844	0.847	0.847	0.881	0.845	0.851	0.851	0.861	0.864	0.857	0.851	0.851
	L_{511}	0.701	0.718	0.703	0.709	0.711	0.717	0.71	0.767	0.771	0.735	0.724	0.754	0.761	0.736	0.749	0.724
	L_{611}	0.363	0.371	0.366	0.368	0.374	0.373	0.366	0.393	0.405	0.375	0.371	0.394	0.393	0.378	0.385	0.376
均值 Mean		0.783	0.792	0.782	0.786	0.785	0.791	0.789	0.806	0.789	0.798	0.795	0.794	0.797	0.798	0.796	

E_{111},E_{112}……E_{611}分别表示生态系统服务系统中的评价指标,L_{111},L_{112}……L_{611}分别表示贫困人口生计系统中的评价指标,具体见表 1

表 3 生态系统服务目标层对贫困人口生计的关联度(2015 年)

Table 3 The correlation of target level of ecosystem service to poverty livelihood (2015)

子系统 Subsystem	生态系统服务系统 Ecosystem services system						综合关联度 Comprehensive correlation
	农作物产品(E_1) Crops	瓜果蔬菜(E_2) Fruits and vegetables	林产品(E_3) Forest products	畜产品(E_4) Livestock products	淡水产品(E_5) Aquatic products	水资源供给(E_6) Water support	
贫困人口生计系统 Poverty livelihood system	0.794	0.785	0.787	0.796	0.798	0.796	0.793

表 4 贫困人口生计目标层对生态系统服务的关联度(2015 年)

Table 4 The correlation of target level of poverty livelihood to ecosystem service (2015)

子系统 Subsystem	贫困人口生计系统 Poverty livelihood system						综合关联度 Comprehensive correlation
	金融资本(L_1) Financial capital	自然资本(L_2) Nature capital	人力资本(L_3) Human capital	物质资本(L_4) Material capital	社会资本(L_5) Social capital	环境/背景脆弱性(E_6) Environment vulnerability	
生态系统服系统 Ecosystem services system	0.825	0.809	0.852	0.851	0.724	0.376	0.740

下降趋势的区县主要集中在中部区域,包括河南省、湖北省和陕西省 3 省交界处、重庆市东南部、四川及云南 2 省交界处以及云南及广西 2 省交界处,共有 163 个区县,占中国全部贫困区县数量的 22.73%;其余区县其生态系统服务与贫困人口生计耦合度保持稳定不变,共有 462 个区县,占中国全部贫困区县数量的 64.44%。

图 2 中国贫困区生态系统服务与贫困区人口生计耦合度变化曲线(2000—2015)

Fig.2 Changing curve of coupling degrees between ecosystem services and poverty livelihood in China from 2000 to 2015

3 讨论

生态系统服务与贫困人口生计系统各要素之间的关系是复杂的,经过计算 2000—2015 年生态系统服务与贫困人口生计这两个系统各指标间的关联度在 0.363—0.974 之间,属于中等及以上关联,表明生态系统服务与贫困人口生计系统间关联紧密。生态系统服务与贫困人口生计耦合主要体现在两个方面,一方面是生态系统服务对贫困人口生计的支撑作用,另一方面是贫困人口生计对生态系统服务的胁迫作用。

生态系统服务对贫困人口生计的支撑作用主要表现在粮食供给、水资源供给、气候调节、物种多样性、娱乐休闲等方面对贫困人口生计的支撑。本文主要研究了粮食供给和水资源供给对贫困人口生计的影响,中国贫困区的生计还是以传统的农牧为主,较少的参加非农生计,所以本文只选取了与贫困人口生计直接相关的供给服务,而未涉及生态系统服务中的调节服务、文化服务和支持服务。如图 5 所示,整体上,畜产品 E_4、农作物 E_1、水产品 E_5和水资源供给 E_6对贫困人口的生计影响较大,而林产品 E_3和瓜果蔬菜 E_2相对较小,受传统上的农业活动思想的影响,贫困区的人口生计主要以粮食种植业和畜牧业为主。同时,由图 5 可知,2000—2015 年生态系统服务对贫困人口生计的关联度处于波动状态,主要是由于传统的农牧业受自然条件影响较大[30-31],所以年际间粮食供给和水资源的供给不稳。

贫困人口生计对生态系统服务的胁迫作用,主要是贫困人口的发展需要与环境保护之间的矛盾,不合理的生计活动,会破坏生态系统的结构与功能,影响生态系统服务。如图 5 所示,整体上,物质资本 L_4、人力资本 L_3、金融资本 L_1对生态系统服务的影响较大,其次是自然资本 L_2和社会资本 L_5,最小的环境脆弱性 L_6。本

图 3　中国贫困区生态系统服务与贫困人口生计耦合度空间分布

Fig.3　Spatial distribution of coupling degrees between ecosystem services and poverty livelihood in China

文的物质资本主要是指公共设施服务,选取的评价指标是医院卫生床位数,间接反映的是该区域的服务人口数,物质资本对生态系统服务的影响和人力资本一样,人力资本不足,则很难从生态系统中获取足够多的服务,而人力资本过多,超过当前生态系统的供给能力,则会改变当前的生计活动,改变当前生态系统的结构,人为干扰对生态系统功能干扰大[32-33];金融资本则影响着贫困人口对当前生态系统的需求差异,不同收入阶级对生态系统服务的需求不同,将改变贫困人口对生态系统的利用方式;自然资本涉及到耕地的数量及质量,直接关系到生态供给服务的大小;考虑到数据的可获取性,社会资本本文选取的是城镇化率,用来反映亲戚、朋友、邻居等密切社会关系的区位、收入和职业,随着城镇化率的提高,贫困人口的收入增加,生计活动对生态系统服务影响加大;而环境脆弱性主要是地形地貌对生态系统服务的影响,因为贫困的多分布在山区,地形地貌大致相同,因此对贫困区的生态系统服务影响不大。同时由图 5 可知,2000—2015 年贫困人口生计对生态系统服务的关联度,除了自然资本 L_2 和社会资本 L_5 变化明显,物质资本 L_4、人力资本 L_3、金融资本 L_1 和环境脆弱性 L_6 这 4 个指标相对稳定,以 2009 年为界限,2000—2008 年社会资本对生态系统服务的关联度要大于自然资本对生态系统服务的关联度,2009—2015 年,自然资

图 4　中国贫困区生态系统服务与贫困人口生计耦合度变化趋势(2000—2015)

Fig.4　The trends of the coupling degrees between ecosystem services and poverty livelihood in China from 2000 to 2015

本对生态系统的关联度大于社会资本对生态系统的关联度。2000—2015 社会资本对生态系统服务的关联度逐年下降,自然资本对生态系统服务的关联度逐年增加;主要是由于随着城镇化建设进程的加快,贫困人口生计方式逐渐由以单一的农牧为主,开始转向其他非农活动的生计,对生态系统服务的关联度逐渐降低;而单一依靠农牧生计为主的贫困人口,在国家政策的驱动影响下(环境保护),无论是耕地、牧场还是林场的面积是固定不变的,只能通过技术的投入,在有限的面积上提高生产。所以贫困人口对耕地,草地和林地的依赖性更加强大,所以贫困人口生计的自然资本对生态系统服务的关联度逐渐增加。

图 5 2000—2015 年中国生态系统服务与贫困人口生计关联度变化曲线

Fig.5 Correlation curve between ecosystem services and poverty livelihood in China from 2000 to 2015

生态系统服务与贫困人口生计的耦合空间异质性和耦合变化趋势的空间异质性,是精准扶贫背景下,制定差异化扶贫对策的基础。对于耦合度低的区域,要及时查清导致生态系统服务与贫困人口生计发展趋势不一致的原因,从源头改善生态系统服务或者贫困人口生计,及时制定相关的制度政策,约束人口生计活动或者改善生态系统,使生态系统服务系统与贫困人口生计系统处于最优的状态,实现可持续生计和生态系统服务的良性循环,从而实现区域的脱贫。对于耦合度高的区域,在保持现在发展的基础上,要时刻警惕生态系统服务与贫困人口生计间的均衡发展,防止产生冲突,影响区域的发展。结合耦合度的变化趋势,可以选取代表性的区域进行试点改革,包括耦合度呈下降趋势的区域和耦合度呈上升的区域。对于下降区域要采取相应的措施,遏制当前下降的趋势;对于上升的区域也要采取相应的措施,探索生态系统服务与贫困人口生计两者间的最优化发展路径,加快区域脱贫的步伐。在试点基础上,在将好的经验及措施推广到其他贫困区。

4 结论

中国贫困区生态系统服务与贫困人口生计各要素间的关联度差异显著。2015 年中国贫困区生态系统服务和人口生计两个系统各指标间的关联度在 0.363—0.964,属于中等及以上关联。其中,生态系统服务对贫困人口生计的综合关联度为 0.793,生态系统服务各目标层对贫困人口生计系统间的关联度在 0.785—0.798 之间;贫困人口生计对生态系统服务的综合关联度为 0.740,贫困人口生计各目标层间对生态系统服务的关联度在 0.376—0.852 之间。

中国贫困区生态系统服务与贫困人口生计间的耦合作用强。2000—2015 年生态系统服务和人口生计耦合度长时间序列呈“W”型变化,年际间波动变化明显,但整体维持在 0.770—0.801 之间。

中国贫困区生态系统服务与贫困人口生计间耦合的空间分异显著。2000—2015 年生态系统服务与贫困人口生计耦合度最高的区域主要集中分布在西部区域,主要包括西藏省、四川省西北藏区及青海省南部,东中部区域的耦合度相对较低。其中,有 92 个区县,其生态系统服务与贫困人口生计耦合度呈上升趋势,占中国全部贫困区县数量的 12.83%,主要集中分布在中国西部及东部区域;有 163 个区县,其生态系统服务与贫困人口生计耦合度呈下降趋势,占中国全部贫困区县数量的 22.73%;有 462 个区县,其生态系统服务与贫困人口生计耦合度保持稳定不变,占中国全部贫困区县数量的 64.44%。

本文从精准扶贫视角下出发,仅选取了生态系统服务中与贫困人口生计直接相关的供给服务,分析了生

态系统服务与贫困人口生计的耦合关联,而缺乏生态系统服务中的调节、文化和支持服务对贫困人口生计的耦合分析,在今后的研究中需要进一步补充完善。

参考文献(References):

[1] Elvidge C D, Sutton P C, Ghosh T, Tuttle B T, Baugh K E, Bhaduri B, Bright E. A global poverty map derived from satellite data. Computers & Geosciences, 2009, 35(8): 1652-1660.

[2] Li Y H, Su B Z, Liu Y S. Realizing targeted poverty alleviation in China: people's voices, implementation challenges and policy implications. China Agricultural Economic Review, 2016, 8(3): 443-454.

[3] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 关于印发《生态扶贫工作方案》的通知. (2018-01-18) [2018-06-03]. http://www.ndrc.gov.cn/zcfb/zcfbtz/201801/t20180124_875018.html.

[4] Ehrlich P R, Erhlich A H. Extinction: the Causes and Consequences of the Disappearance of Species. New York: Random House, 1981.

[5] Costanza R, de Groot R, Braat L, Kubiszewski I, Fioramonti L, Sutton P, Farber S, Grasso M. Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go? Ecosystem Services, 2017, 28: 1-16.

[6] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington, DC: World Resources Institute, 2005.

[7] Chambers R, Conway G R. Sustainable Rural Livelihoods: Practical Concepts for the 21st Century. IDS Discussion Paper no. 296. Brighton: Institute of Development Studies, 1992.

[8] Fisher J A, Patenaude G, Giri K, Lewis K, Meir P, Pinho P, Rounsevell M D A, Williams M. Understanding the relationships between ecosystem services and poverty alleviation: a conceptual framework. Ecosystem Services, 2014, 7: 34-45.

[9] 傅斌, 王玉宽, 徐佩, 严坤. 农户生计与生态系统服务耦合关系研究进展. 生态经济, 2017, 33(1): 142-145, 151-151.

[10] Rist L, Shanley P, Sunderland T, Sheil D, Ndoye O, Liswanti N, Tieguhong J. The impacts of selective logging on non-timber forest products of livelihood importance. Forest Ecology and Management, 2012, 268: 57-69.

[11] 江才伦, 彭良志, 曹立, 淳长品, 凌丽俐. 三峡库区紫色土坡地柑橘园不同耕作方式的水土流失研究. 水土保持学报, 2011, 25(4): 26-31, 35-35.

[12] Akwetaireho S, Getzner M. Livelihood dependence on ecosystem services of local residents: a case study from Mabamba Bay wetlands (Lake Victoria, Uganda). International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management, 2010, 6(1/2): 75-87.

[13] Saha D, Sundriyal R C. Utilization of non-timber forest products in humid tropics: implications for management and livelihood. Forest Policy and Economics, 2012, 14(1): 28-40.

[14] Kalaba F K, Quinn C H, Dougill A J. Contribution of forest provisioning ecosystem services to rural livelihoods in the Miombo woodlands of Zambia. Population and Environment, 2013, 35(2): 159-182.

[15] Zhang L P, Zhang Y L, Yan J Z, Wu Y Y. Livelihood diversification and cropland use pattern in agro-pastoral mountainous region of eastern Tibetan Plateau. Journal of Geographical Sciences, 2008, 18(4): 499-509.

[16] Jogo W, Hassan R. Determinants of rural household labour allocation for wetland and other livelihood activities: the case of the Limpopo wetland in Southern Africa. Agrekon, 2010, 49(2): 195-216.

[17] 张建军, 王勇, 唐小明, 樊廷录, 李尚中, 党翼, 王磊. 陇东黄土旱塬不同耕作方式及施肥处理对冬小麦产量和土壤肥力的影响. 干旱地区农业研究, 2010, 28(1): 247-254.

[18] 张成霞, 南志标. 放牧对草地土壤理化特性影响的研究进展. 草业学报, 2010, 19(4): 204-211.

[19] 徐海红, 侯向阳, 那日苏. 不同放牧制度下短花针茅荒漠草原土壤呼吸动态研究. 草业学报, 2011, 20(2): 219-226.

[20] 蔡延江, 丁维新, 朱安宁, 张佳宝. 免耕对华北平原潮土 N_2O 和 CO_2 排放的影响. 生态与农村环境学报, 2011, 27(5): 1-6.

[21] 毕安平, 朱鹤健, 王德光, 岳辉, 马天华. 水土流失区农户燃料选择及效益. 水土保持通报, 2011, 31(3): 149-154.

[22] 高雪峰, 韩国栋. 放牧对羊草草原土壤氮素循环的影响. 土壤, 2011, 43(2): 161-166.

[23] 赵雪雁, 刘春芳, 王学良, 薛冰. 干旱区内陆河流域农户生计对生态退化的脆弱性评价——以石羊河中下游为例. 生态学报, 2016, 36(13): 4141-4151.

[24] 中华人民共和国国家统计局. 中华人民共和国 2016 年国民经济和社会发展统计公报. (2017-02-28) [2018-06-03]. http://www.stats.gov.cn/tjsj/zxfb/201702/t20170228_1467424.html.

[25] 刘艳华, 徐勇. 中国农村多维贫困地理识别及类型划分. 地理学报, 2015, 70(6): 993-1007.

[26] 潘竟虎, 胡艳兴. 基于夜间灯光数据的中国多维贫困空间识别. 经济地理, 2016, 36(11): 124-131.

[27] 潘竟虎, 赵宏宇, 董磊磊. 基于 DMSP-OLS 数据和可持续生计的中国农村多维贫困空间识别. 生态学报, 2018, 38(17), doi: 10.5846/stxb201709101627.

[28] 刘耀彬, 李仁东, 宋学锋. 中国区域城市化与生态环境耦合的关联分析. 地理学报, 2005, 60(2): 237-247.

[29] 刘耀彬. 区域城市化与生态环境耦合特征及机制——以江苏省为例. 经济地理, 2006, 26(3): 456-462.

[30] 黄珂毓, 管宏友, 杨志敏, 陈玉成. 贫困地区农户气候变化感知及适应性行为研究. 环境科学与技术, 2017, 40(2): 200-205.

[31] 龚亚珍, 陈湛, 关宝珠, 何冠颖, 杨晓晶. 贫困地区农户适应气候变化的行为及影响因素研究——基于澜沧江流域的实证分析. 北京林业大学学报: 社会科学版, 2016, 15(3): 42-49.

[32] 吴娇, 刘春霞, 李月臣. 三峡库区(重庆段)生态系统服务价值变化及其对人为干扰的响应. 水土保持研究, 2018, 25(1): 334-341.

[33] 张文娟, 李贵才, 曾辉. 城市化地区湿地生态系统服务干扰评价——以深圳坪山河流域为例. 应用生态学报, 2010, 21(5): 1137-1145.