

引用格式: Chen Jizhen, Zhang jun, Xue Liang. Analysis of the Spatio-temporal Differences of Relative Poverty Levels in Shaanxi Province based on Night Light Data[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2022, 37(4): 908-918. [陈吉臻, 张君, 薛亮. 基于夜间灯光数据的陕西省县域相对贫困水平时空差异分析[J]. 遥感技术与应用, 2022, 37(4): 908-918.]
DOI: 10.11873/j.issn.1004-0323.2022.4.0908

基于夜间灯光数据的陕西省县域相对贫困水平 时空差异分析

陈吉臻¹, 张君², 薛亮¹

(1. 陕西师范大学 地理科学与旅游学院, 陕西 西安 710119;

2. 西安财经大学 管理学院, 陕西 西安 710100)

摘要: 2020年中国消除了绝对贫困, 但相对贫困还继续存在且长期存在, 研究相对贫困对于巩固拓展脱贫攻坚成果和有效衔接乡村振兴具有重要意义。针对已有贫困研究中仍存在的贫困分类研究、动态研究等方面不足, 从相对贫困角度入手, 选取陕西省107个区县为研究对象, 以2011—2020年为研究时段, 基于夜间灯光数据、NDVI数据和社会经济统计数据, 构建以夜间灯光指数为自变量的多维贫困指数估算模型来量化识别相对贫困县域, 并综合运用锡尔指数、空间局部自相关等分析方法, 对量化识别出的县域相对贫困水平时空动态差异进行研究。研究表明: ①基于夜间灯光数据可以有效进行多维贫困指数估算且估算精度达84.62%, 利用多维贫困指数均值序列的前50%作为区域相对贫困划分标准, 适用于描述区域相对贫困水平, 有利于探索建立解决相对贫困的长效机制。②时间上, 从2011年到2020年陕西省相对贫困县个数总体下降, 省内各市区间相对贫困水平的区域间差异增大直接导致了贫困县两极分化程度增强。③空间上, 陕西省相对贫困县域呈现“陕南贫困程度深范围广, 关中渭河沿岸次之, 陕北无定河沿岸以北零星分布”的格局。

关键词: 陕西省; 夜间灯光数据; 多维贫困指数; 相对贫困

中图分类号: TP751; TP79 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-0323(2022)04-0908-11

1 引言

贫困包括相对贫困和绝对贫困, 是一个长期存在的社会现象, 贯穿于人类发展的整个历史进程^[1]。随着对贫困问题的深入研究, 贫困的界定从单维度的经济收入低下^[2]拓展到包括教育、生计、医疗等多维度的“能力剥夺”和“权利剥夺”^[3-4], 基于多维度的贫困测度方式成为主流。Fuchs^[5]最早明确提出相对贫困的概念, 他认为相对贫困是生活条件达不到社会的平均水准, 并将低于社会平均收入的人口作为基数, 使用基数中位数的50%划定相对贫困, 该

标准被很多学者沿用。本研究认同Fuchs Victor提出的相对贫困概念, 并以此为参考。由于“平均水准”一词具有很强的主观性, 对于相对贫困线的划分目前尚未有统一标准。目前一些学者主张沿用Fuchs的标准, 将相对贫困线的测算比例设定为中位收入人口的40%—60%^[6-8], 另一些则从相对贫困的定义出发, 认为应该使用社会的平均水平作为衡量基数^[9-12]。研究参考这两种关于相对贫困的划分标准, 把各年份多维贫困指数平均值作为基数, 将低于基数50%的县域识别为相对贫困县。2020年我国消除了绝对贫困, 但相对贫困问题将继续并长

收稿日期: 2021-07-06; 修订日期: 2022-07-10

基金项目: 陕西省社会科学基金项目(2017G008)。

作者简介: 陈吉臻(1997—), 女, 重庆永川人, 硕士研究生, 主要从事区域经济研究。E-mail: 351651099@qq.com

通讯作者: 薛亮(1978—), 男, 陕西洋县人, 博士, 副教授, 主要从事3S集成与应用研究。E-mail: brxue@snnu.edu.cn

期存在。开展区域相对贫困水平时空差异研究,有助于相对贫困区域的发展,有助于逐步减少收入差距,有助于将巩固脱贫攻坚成果同乡村振兴工作有效衔接^[13]。

对于贫困定量研究,前人^[14-16]多使用传统的社会经济统计数据构建模型,但该数据存在统计口径不一致、样本获取受限等不足,不能较好地反映区域贫困的时间序列变化。随着遥感技术的不断发展,夜间灯光数据(Night Time Light Data, NTL)的广泛使用为大范围、长期、动态的区域贫困监测提供了一种更加客观、高效的技术方法。近年来,较多学者将夜间灯光数据用于贫困问题的研究中,涉及贫困区域的识别和测度^[17-19]、贫困空间异质性^[19-21]以及贫困影响因素探究^[22-23]等方面。Noor等^[24]研究证实了贫困和DMSP-OLS数据有较大相关性;潘竞虎等^[25]结合夜间灯光数据和可持续生计模型测度多维贫困;沈丹等^[26]在前人的基础上使用了长时间序列夜间灯光指数测度多维贫困。

已有研究依托夜间灯光遥感数据从多视角、多维度研究了区域贫困问题,但仍有以下不足:①从相对贫困的角度开展研究尚显不足;②缺乏对县域相对贫困水平的动态性研究。鉴于此,以陕西省各区县为研究对象,利用夜间灯光数据合成产品,并结合陕西省自然人文特点和相对贫困特征,从社会、经济、自然3个维度选取8个指标数据计算出多维贫困指数,在此基础上构建以夜间灯光指数为自变量的多维贫困指数估算模型,识别并研究自2011年《中国农村扶贫开发纲要(2011—2020年)》发布以来,近10 a陕西省相对贫困县及其贫困水平动态差异,以期为识别相对贫困帮扶对象并制定相应帮扶政策提供参考。

2 研究区及数据

2.1 研究区概况

陕西省是全国贫困面积大、贫困人口多、贫困程度深的省份之一。在《中国农村扶贫开发纲要(2011—2020年)》中,陕西省境内有秦巴山区、六盘山区、吕梁山区3个国家集中连片特困地区,共计43个县(区)被划入国家连片特困区。2011年陕西省共计56个县被纳入国家级贫困县名单,其中包括印台区、耀州区、横山区、汉滨区、商州区5个市辖区。近几年,通过移民搬迁、产业扶贫等政策实施,陕西省于2020年实现了全省贫困县脱贫摘帽,基本解决

了贫困人口的生产生活问题,但一些地方自然条件较差、经济基础薄弱、社会水平低下,相对贫困仍然存在,甚至还有返贫风险。

2.2 数据来源

研究所需的主要数据为夜间灯光数据,分为DMSP/OLS数据和NPP-VIIRS数据,其中,DMSP/OLS数据集下载自美国国家地球物理数据中心(National Geophysical Data Center, NGDC)网站,数据更新截止2013年;NPP-VIIRS数据集下载自NOAA/NCEI的地球观测组(EOG)利用可见红外成像辐射计套件(VIIRS)昼夜波段(DNB)的夜间数据衍生的第1版平均辐射率合成图像,数据更新到2020年。其他数据为统计数据和矢量数据,均为基础数据,较常见且好获取,在此不再赘述。

2.3 数据预处理

由于DMSP/OLS和NPP-VIIRS这两种夜间灯光数据来源于两个不同的传感器,在分辨率等方面存在差异,因此,在数据校正前,先将DMSP数据和VIIRS数据分别投影转换为Albers投影,并将数据重采样为1 km×1 km的分辨率。研究基于曹子阳等^[27-28]的方法对于夜间灯光数据进行预处理。为了使数据间具有一致性,将2013年校正后的VIIRS数据的DN值范围统一到与DMSP一致的0~63,数据间相互校正公式精度为78.33%。

陕西省夜间灯光数据在连续性校正前后的非零像元总数(Total Lit Pixel, TLP)和DN值大于0的累计像元DN值总和(Total DN value, TDN)如图1所示。从图1中看出,随着时间推移,数据呈连续性逐渐增大的趋势,基本解决了数据噪声较大、不同传感器间数据不连续等问题。为进一步验证校正后的VIIRS数据精度,将陕西省2020年夜间灯光数据饱和校正结果与遥感图像对比,由图2可以看出夜间灯光数据的校正效果较好。

3 研究方法 with 模型构建

3.1 研究方法

(1) 合成夜间灯光指数计算

鉴于区域灯光总量和区域平均灯光强度都可以反映该地区的灯光特性,因此本研究构建了区域灯光总量指数(TNLI, Total Nighttime Light Index)和区域平均夜间灯光指数(ANLI, Average Nighttime Light Index),其计算公式如下:

$$TNLI = \sum_{i=1}^n DN_i \quad (1)$$

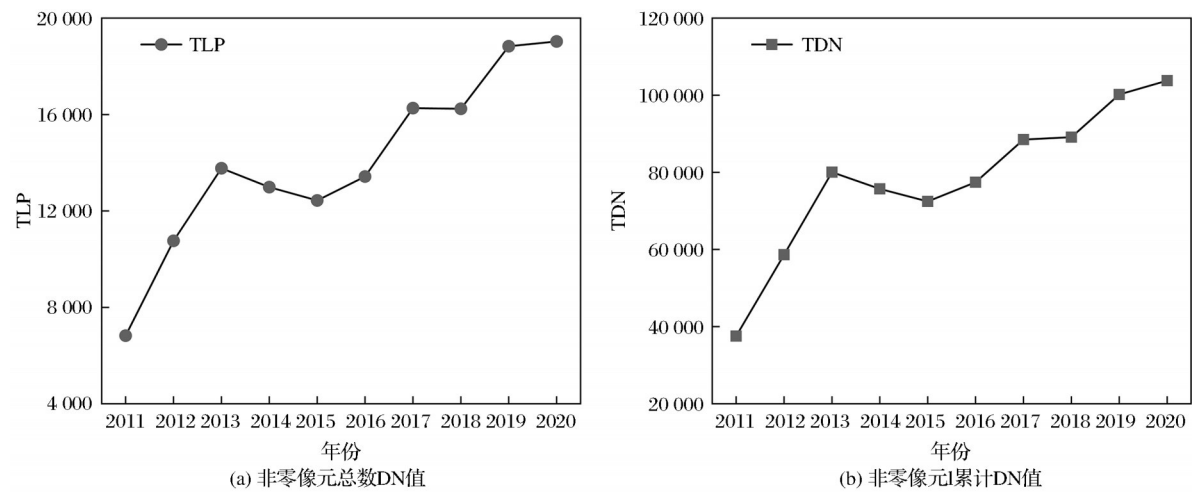


图1 DMSP和VIIRS影像数据DN值统计分析
Fig.1 DN value statistics of DMSP and VIIRS

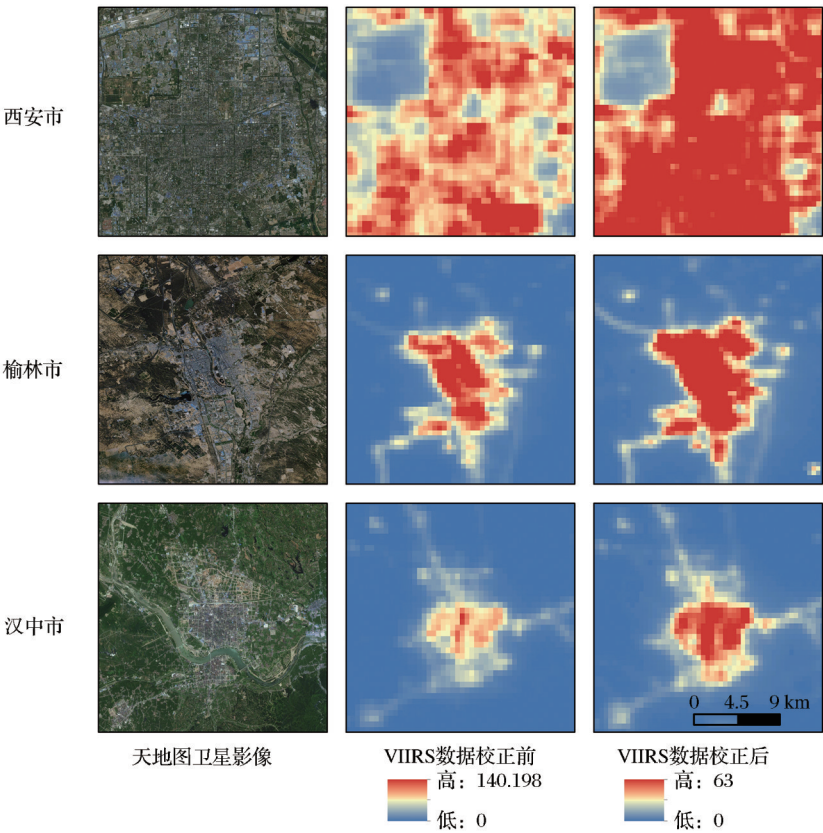


图2 陕西省2020年夜间灯光数据饱和和校正效果对比
Fig.2 Comparison of night light data saturation correction effect in Shaanxi Province in 2020

$$ANLI = \frac{\sum_{i=1}^n DN_i}{n} \tag{2}$$

其中: DN_i 表示每个像元的 DN 值; n 表示区域总像元数。

(2) 局部莫兰指数计算

局部莫兰指数能揭示区域属性变量的差异,可

用于分析贫困在县域尺度空间上的集聚性,计算结果可分为高高集聚、高低集聚、低高集聚、低低集聚、不显著 5 种。计算公式如下^[29]:

$$I_i = \frac{(X_i - \bar{X})}{m} \sum_j W_{ij} (X_j - \bar{X}) \tag{3}$$

$$m = \sum_j W_{ij} \frac{(X_j - \bar{X})}{n} \tag{4}$$

其中: I_i 表示*i*县的局部莫兰指数; X_i 表示*i*县的多维贫困指数; \bar{X} 表示所有县多维贫困指数的平均值; X_j 为除*i*县之外的其他县累计多维贫困指数; W_{ij} 表示空间邻接矩阵; n 为县的个数。

(3) 锡尔指数

研究锡尔指数(Theil index)可衡量区域内部差异(T1)和区域间差异(T2)对总差异的贡献,借鉴杨骞等^[30]的研究成果,计算公式如下:

$$T = T_1 + T_2 = \sum_{i=1}^n P_i T_i + \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i \quad (5)$$

$$T_i = \sum_{j=1}^m P_{ij} \ln P_{ij} \quad (6)$$

其中: T 表示锡尔指数; n 表示陕西省市区的个数; P_i 表示第*i*个地区多维贫困指数值与区域多维贫困指数均值的比值; m 表示第*i*个市区内贫困县个数; P_{ij} 表示第*j*个地区多维贫困指数值与*i*地区平均多维贫困指数的比值。锡尔指数大于等于0,数值越小代表区域差异越小。

(4) 误差检验

为了识别多维贫困指数估算模型的精度,参考潘竟虎等^[25]提出的误差检验计算公式,计算式为:

$$ARE = \frac{\left(\sum_{i=1}^n |RE|_i \right)}{n} \quad (7)$$

$$RE = \frac{MPI_e - MPI}{MPI} \times 100\% \quad (8)$$

其中:ARE为平均相对误差;RE为相对误差; MPI_e (Multi-dimensional Poverty Index estimation)为某县域多维贫困指数估算值; MPI 为某县域多维贫困指数计算值; n 为县域数目。

3.2 模型构建与精度分析

(1) 多维贫困指数估算模型构建

本研究参考前人研究成果^[31-33]并结合陕西省区域特点和贫困特征,从社会、经济、环境3个维度共选取8个指标,利用熵值法确定指标权重,并通过各指标归一化数值乘以对应的权重再求和后可得MPI。在本研究中,该指数为负向指数,数值越大,表示贫困程度越低。各指标及其权重如表1所示。

结合研究方法,分别求算陕西省2015年各区县的MPI值、TNLI值和ANLI值,并将其进行线性回归分析,用于构建以夜间灯光指数为自变量的多维贫困指数模型,结果如图3所示。

表1 多维贫困指数模型指标权重

Table 1 Index weight of multidimensional poverty index model

维度	指标	指标属性	权重
社会	年末总人口(X1)	+	0.079
	农村居民人均纯收入与城镇居民可支配收入之比(X2)	+	0.022
	每千人卫生技术人员数(X3)	+	0.072
经济	人均生产总值(X4)	+	0.075
	人均社会消费品零售总额(X5)	+	0.212
	路网密度(X6)	+	0.401
环境	归一化植被指数(X7)	+	0.011
	地形起伏度(X8)	-	0.128

由图3可知,ANLI与MPI的拟合效果更好,其相关指数 $R^2=0.881$,进一步对模型进行F检验时发现模型通过F检验($F=319.405$, $*p=0.000<0.05$),ANLI和MPI之间存在较好的正相关关系。进一步分析可知:ANLI的回归系数值为0.009($t=17.872$, $*p=0.000<0.01$),表明ANLI对MPI有显著的正向表征关系,即回归方程可信。各年份多维贫困指数估算值计算如公式(9)所示:

$$MPI_e = 0.0088 \times ANLI + 0.0245 \quad (9)$$

其中: MPI_e 为县域多维贫困指数估算值;ANLI表示区域平均夜间灯光指数。

(2) 精度验证

2020年全面脱贫以前,我国相对贫困和绝对贫困共存,即绝对贫困程度也能反映相对贫困程度,因此可利用绝对贫困现状验证多维贫困指数估算模型合理性。据国家扶贫办《贫困县历年摘帽退出名单》,2017年陕西省共计52个贫困县,因此取MPI_e排名前52个区县与2017年贫困现状对比,经计算得出该估算模型的准确率达84.62%,表明本研究构建的多维贫困指数估算模型可表征贫困县的贫困程度。

为了进一步检验校正后的平均夜间灯光数据能很好地表征区域相对贫困程度,将2017年陕西省

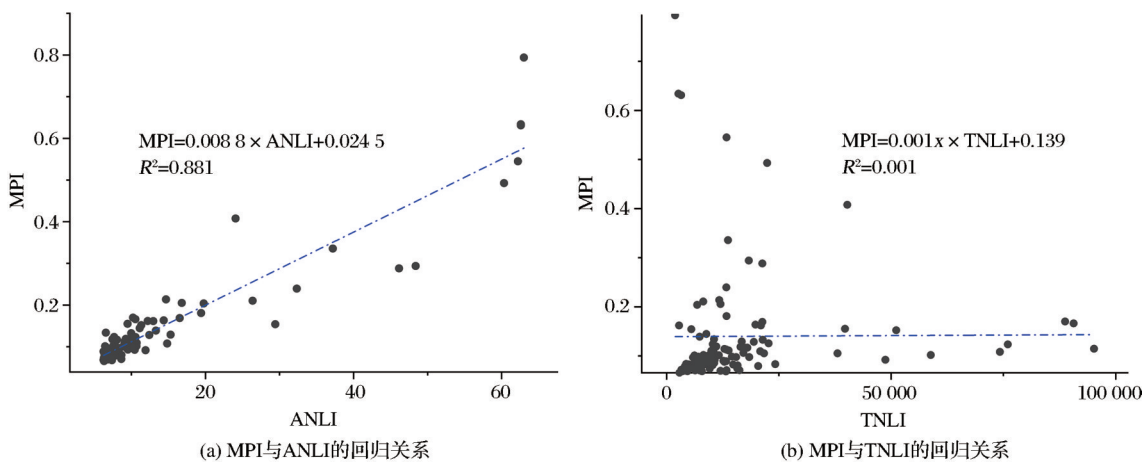


图3 MPI与ANLI及TNLI的回归关系

Fig.3 Regression relationship between MPI and ANLI & the one between MPI and TNLI

各县平均夜间灯光数据带入基于2015年陕西省数据构建的多维贫困指数估算公式中,根据式(6)和式(7)计算得到2017年陕西省各县区夜间灯光数据估算的MPI的平均相对误差为18.72%。相对于前人研究中12.51%的误差而言,研究构建的模型误差在可接受范围内^[24]。

由此可见,利用校正后的夜间灯光数据能够较好地识别区域相对贫困,估算精度较高,并具有良好的连续性。

4 结果与分析

4.1 县域相对贫困识别结果

对于相对贫困线的确定,参考程永宏^[33]等的研究成果,将各年份多维贫困指数平均数作为基数,将低于基数50%的县域识别为相对贫困县。将识别出的相对贫困县按照自然断点法分为4类:重度相对贫困、高度相对贫困、中度相对贫困和轻度相对贫困,2011—2020年陕西省县域相对贫困识别个数与比例如表2所示。

表2 陕西省县域相对贫困程度识别个数与比例

Table 2 The number and proportion of county level relative poverty in Shaanxi Province

贫困程度	2011年		2013年		2015年		2017年		2020年	
	个数	比例	个数	比例	个数	比例	个数	比例	个数	比例
重度相对贫困	5	4.67%	3	2.80%	10	9.35%	13	12.15%	13	12.15%
高度相对贫困	15	14.02%	15	14.02%	11	10.28%	11	10.28%	11	10.28%
中度相对贫困	9	8.41%	18	16.82%	12	11.21%	12	11.21%	9	8.41%
轻度相对贫困	14	13.08%	7	6.54%	10	9.35%	10	9.35%	9	8.41%
非贫困	64	59.81%	64	59.81%	64	59.81%	65	60.75%	65	60.75%
相对贫困总量	43	40.19%	43	40.19%	43	40.19%	42	39.25%	42	39.25%

据表2可得,2011—2020年间相对贫困县域总量从2011年的43个下降到42个,相对贫困县总量变化不大,结合相对贫困的概念可知陕西省2011—2020年间经济发展格局变化较小。其中,重度相对贫困县占比从2011年的4.67%逐步上升到2020年的12.15%,而中度、轻度相对贫困县的占比却逐年下降。尽管2011—2020年陕西省绝对贫困县个数逐年下降,但相对贫困却呈现的两极分化程度较大,各地区相对贫困差异明显的特征。整体而言,重度相对贫困县个数缓慢增加,高度相对贫困数量呈波浪下降的趋势,中度相对贫困和轻度相对贫困

县域个数都稳定下降。至2020年,相对贫困县域共计42个,其中深度相对贫困县和中度相对贫困县占比分别为12.15%和10.28%,贫困程度的两级分化情况增强。

4.2 相对贫困区域时间差异特征分析

(1) 相对贫困水平时间尺度特征分析

为保证研究对象在时间序列上具有可比性,将各年份识别出的相对贫困县进行比较,即3a及以上被识别为相对贫困县的共计50个县域作为研究对象。通过MPI_i计算2011—2020年陕西省县域经济发展空间集聚性变化,计算结果如表3所示。总

的来看,高高聚集和低低聚集的相对贫困县域个数呈现降低的趋势,低高聚集呈逐渐增加的趋势。具体而言,高高聚集表示这些贫困县的相对贫困程度在近些年脱贫攻坚战中逐步减轻,并从陕北中部逐渐转移到关中东部,区域发展的重心在年际间也有所改变,高高聚集的县域表现出明显的辐射带动作用,极大地带动了周围地区的发展,形成了一条沿黄河逐年由北向南移动的高高集聚带。低高聚集的县域表示区域发展较周边而言较低,相对贫困水平程度较深,加之区位优势低于周边区域,经济发展更为缓慢,主要分布在关中北部和陕北的部分区域。2011—2020年间陕北地区低高集聚县域数量变化较小但区域有所改变,由于发展水平差异2015年出现了低高集聚的县域,此后宜君县发展一直处于低高集聚的范畴中,导致该现象的原因除去自然资源禀赋差异因素外,还存在周边区域发展水平更高,区域差异加大等原因。低低聚集县域是由相对贫困程度较深的县域集聚而来,是需要重点关注并警惕“空间贫困陷阱”出现的区域,2011年提出《新纲要》后低低聚集的贫困县数量从3个下降到1个,随着扶贫政策逐步落实,相对贫困县域中的绝对贫困县数量减少,旬邑县、平利县由低低聚集的相对贫困县上升为聚集不显著区域。总之,陕西省多维贫困指数空间集聚性逐渐增强,相对贫困县两极分化明显并呈现上升趋势。

表3 2011—2020年陕西省相对贫困水平空间集聚性变化
Table 3 Spatial agglomeration change of relative poverty level in Shaanxi Province from 2011 to 2020

年份	空间聚集类型	个数	县级行政区名称
2011	高高聚集	5	子洲县、子长县、延川县、延长县、西乡县
	低低聚集	3	镇安县、旬阳县、平利县
2015	低高聚集	1	宜君县
	低低聚集	1	镇安县
2020	高高聚集	2	澄城县、大荔县
	低高聚集	3	麟游县、宜君县、黄龙县
	低低聚集	1	镇安县

(2) 相对贫困水平时间尺度差异分析

为探寻相对贫困县两极分化情况差异的来源,将陕西省2011—2020年间3a及以上被识别为相对贫困县的共计50个县域作为分析对象,利用锡尔指数将相对贫困水平整体差异分解为区域间差异和区域内部差异,整体差异按照铜川市、宝鸡市、咸阳市、渭南市、延安市、汉中市、榆林市、安康市、商洛

市分为9个市区内部差异和市区间差异两部分。各市区内存在一定差异,但由于在整体扶贫政策上存在相似性,加之市区内部地形起伏差异、自然资源禀赋和区位优势相差不大,各市区内部贫困县差异逐年减小;市区间在扶贫策略、扶贫方式上差别较大,导致区域间差异在总体差异中逐渐占据主导地位;从数值整体而言,陕西省相对贫困水平差异总体较小。结合表4和图4可以看出,2011—2020年陕西省总体差异与区域间差异曲线波动一致,各市区间差异呈现“减小—增加—减小—增加”的波动上升趋势,从0.0321小幅回落到0.0171后又陡增到0.1646,随后骤降至0.0031的低谷,然后逐年上升至0.0919。2011—2020年间省内9个市区内部差异变化呈波动性下降的趋势。其中波动幅度最大的市区为安康市,波动性变化最小的市区为榆林市和铜川市。从各个市区的内部差异对陕西省相对贫困水平差异的贡献度来看,商洛市、安康市贡献率最大,基本维持在5%以上,贡献较高的年份可达到27.17%。总之,区域间差异增加导致相对贫困水平两级分化水平提高。

4.3 区域相对贫困水平空间差异特征

为了分析2011—2020年陕西省县域相对贫困水平的空间变化特征,选取2011年、2015年和2020年,将识别出的相对贫困县的MPI用自然断点法由小到大将其分为四类:重度相对贫困、高度相对贫困、中度相对贫困和轻度相对贫困,在ArcGIS软件中选择分级色彩绘制得到图5。

(1) 相对贫困水平程度较深的县域空间分异特征

相对贫困水平较重的县域主要分布在陕南,且呈“J”字型空间分布格局(表2和图5)。具体来看,陕西省2011年相对贫困水平程度较深的县级行政单元共计5个,其中3个分布于陕南,2个位于陕北;同样,2020年深度相对贫困水平的县域共计13个,其中10个位于陕南,占到陕西省深度相对贫困县数量的76.92%。位于关中和陕北的深度相对贫困县呈现零星分布的态势,而位于陕北的深度相对贫困县与高度相对贫困相对比较聚集,两两基本相邻,形成了“J”字型的空间分布格局。之所以出现这样的空间分布格局,主要是由于陕南的县域自然资源禀赋较差,地形起伏度较高,区位优势度不大。且国家发布的绝对贫困县也以陕南居多,区域经济基础薄弱,与陕西省整体经济发展水平脱节,形成了

表 4 2011—2020 年陕西省县域相对贫困水平差异变化及分解

Table 4 Variation and decomposition of county level relative poverty in Shaanxi Province from 2011 to 2020										
年份	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
总差异	0.301 4	0.272 4	0.504 8	0.096 1	0.071 1	0.095 0	0.159 1	0.163 0	0.160 9	0.158 2
铜川市	差异	0.000 01	0.000 25	0.002 41	0.003 03	0.003 13	0.002 12	0.004 69	0.004 97	0.005 85
	比重/%	0.00	0.09	0.48	3.15	4.40	2.23	2.95	3.05	3.64
宝鸡市	差异	0.007 85	0.072 85	0.035 72	0.003 17	0.001 48	0.001 57	0.001 35	0.003 82	0.003 57
	比重/%	2.61	26.75	7.08	3.30	2.07	1.65	0.85	2.34	2.22
咸阳市	差异	0.007 69	0.004 64	0.006 02	0.005 99	0.005 28	0.004 30	0.012 54	0.013 77	0.011 38
	比重/%	2.55	1.70	1.19	6.23	7.42	4.53	7.88	8.45	7.07
渭南市	差异	0.003 33	0.001 70	0.000 42	0.000 50	0.000 66	0.005 70	0.001 59	0.001 93	0.002 34
	比重/%	1.10	0.62	0.08	0.52	0.93	6.00	1.00	1.18	1.45
延安市	差异	0.036 86	0.019 91	0.031 24	0.032 10	0.029 18	0.018 65	0.010 97	0.008 48	0.008 31
	比重/%	12.23	7.31	6.19	33.40	41.03	19.64	6.89	5.20	5.16
汉中市	差异	0.056 59	0.037 83	0.070 35	0.010 59	0.009 59	0.008 38	0.008 25	0.010 13	0.010 91
	比重/%	18.77	13.89	13.94	11.03	13.48	8.82	5.18	6.21	6.78
榆林市	差异	0.050 39	0.010 91	0.050 45	0.001 75	0.000 58	0.002 71	0.006 14	0.004 11	0.003 53
	比重/%	16.71	4.01	10.00	1.82	0.81	2.86	3.86	2.52	2.19
安康市	差异	0.081 91	0.060 81	0.087 54	0.006 74	0.010 14	0.023 50	0.007 62	0.008 62	0.007 86
	比重/%	27.17	22.32	17.34	7.01	14.26	24.74	4.79	5.29	4.88
商洛市	差异	0.024 71	0.046 39	0.055 96	0.006 20	0.008 00	0.021 63	0.010 57	0.012 70	0.013 10
	比重/%	8.20	17.03	11.09	6.45	11.24	22.77	6.65	7.79	8.14
区域间	差异	0.032 1	0.017 1	0.164 6	0.026 0	0.003 1	0.006 4	0.095 4	0.094 5	0.094 1
	比重/%	10.65	6.28	32.62	27.09	4.36	6.76	59.95	57.96	58.46

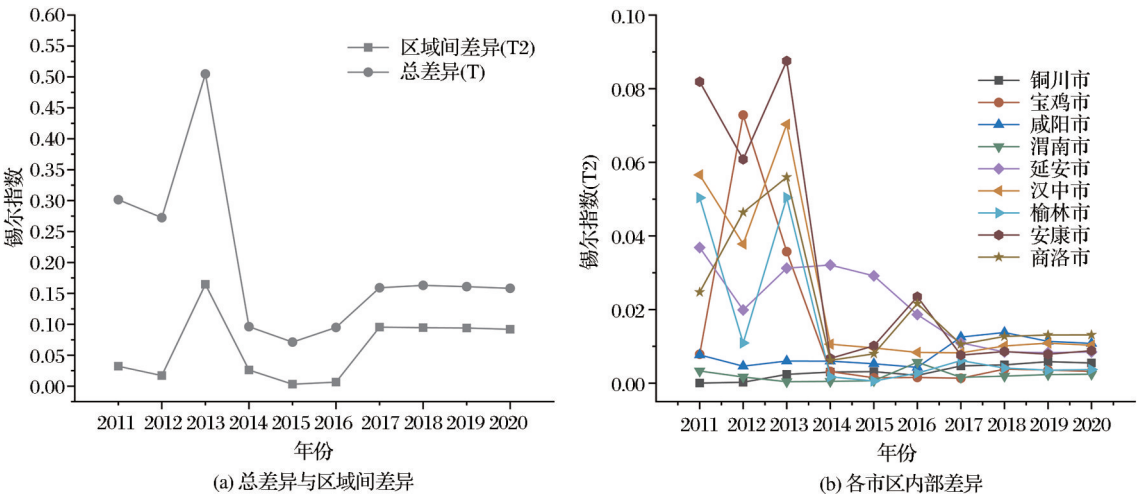


图 4 2011—2020 年陕西省县域相对贫困水平差异

Fig.4 The difference of county level relative poverty in Shaanxi Province from 2011 to 2020

相对贫困水平较深的县域多分布在陕南的情形。

(2) 相对贫困水平程度较浅的县域空间分异特征

相对贫困水平程度较浅的县域主要分布在关中和陕北东部区域,形成了“U”型和“V”型的分布格局(图 5)。2011—2015 年相对贫困水平程度较浅的 7 个县域上升为非贫困县,同时也有 7 个非贫困县下降为贫困水平较低的相对贫困县,相对贫困程

度较浅的贫困县表现为区域经济发展向好但不稳定的状态。2020 年相对贫困水平程度较浅的县级行政单元共 9 个,其中 3 个分布在关中,3 个分布在陕北,3 个分布在陕南。经分析,各市区经济中心的发展带动作用有明显的关系,相对贫困程度较浅的县域凭借区位优势和产业交流,国家扶贫政策倾斜等原因处于一个较高的水平。在陕北的轻度相对贫困县相对比较集中,在关中的轻度相对贫困县相

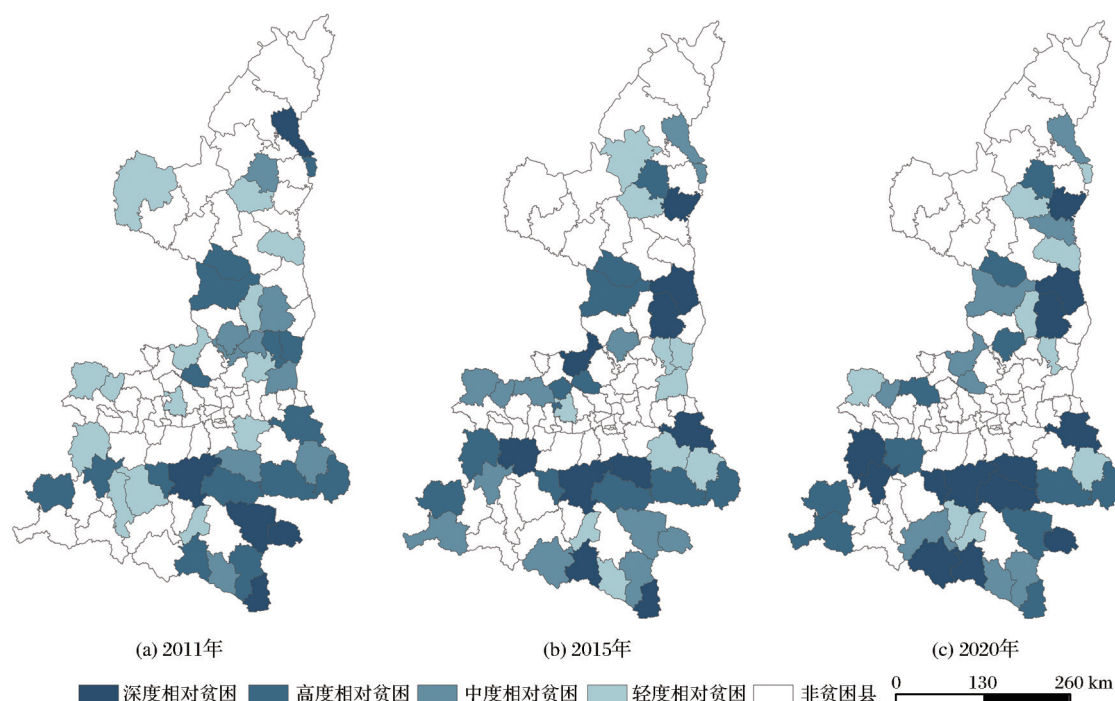


图5 陕西省2011年、2015年和2020年相对贫困水平空间差异

Fig.5 Spatial difference of relative poverty level in Shaanxi Province in 2011, 2015 and 2020

对比较分散,两者分别形成了“U”字型和“V”字型的空间分布格局。

(3) 相对贫困县整体空间分异特征

相对贫困县域在空间分布上呈现“陕南贫困程度深范围广,关中渭河沿岸次之,陕北无定河以北零星分布”的格局(图5)。陕西省相对贫困县数量总体呈现下降趋势,但陕南相对贫困程度却逐年加重。综合来看,在陕西省经济快速发展同时,陕西省107个县级行政单元,各县之间经济发展极不平衡,以2013年数据为例,西安市雁塔区GDP为988.2亿元,汉中市佛坪县GDP为5.79亿元。

另外,陕西省历史贫困县总体较多,贫困区域广、贫困程度深,近年来,通过移民搬迁、产业扶贫等措施的实行,陕西省实现了绝对贫困县数量逐年减少,但由于自然条件、经济发展、政策倾向等原因,区域间差异进一步拉大,县域相对贫困水平随之加重。根据陕西省人民政府公布的《陕西省2019年脱贫攻坚工作成效考核结果通报》(以下简称为通报),2011—2019年间脱贫摘帽综合评价较好的35个县市与多维贫困指数相对较低的县市基本符合,进一步印证了使用多维贫困指数表示相对贫困问题可行性。此外,通报中显示,综合评价问题较多的县域为白水县、商州区、蓝田县,与本研究结果一致。

5 讨论

对于相对贫困的划定标准,一直以来都存在争议,主要源于对于什么是“基本的生活水平”这一问题的探讨,“基本”一词主观性太强,不同地区、不同阶层很难达成一致的意見,学术界亦各抒己见。本研究选取多维贫困指数平均值作为基数,采用基数的50%进行相对贫困划分,此举一方面能够避免仅依靠收入这一单一指标进行相对贫困的划分,另一方面也可以适当降低主观因素对于相对贫困划分的影响。另外,在研究数据的种类方面,除了传统统计数据,还使用了长时间序列夜间灯光指数进行多维贫困指数测算,探讨了相对贫困的划定,大大提高了研究工作效率,为动态监测区域相对贫困时空动态变化提供可能。当然,本研究仍有值得进一步思考和探究之处,例如,已有研究表明^[34],2019年的中国的夜间灯光指数是下降的,因此能否利用曹子阳^[27]提出的模型校正2019年ANLI数据还有待进一步考证;再如,对于多维贫困指数模型中的指标选取,受贫困的复杂性限制和各区域有各自的贫困特征影响,当前在学术界仍无定论,有必要在日后继续深入研究。关于相对贫困问题的认识,当地政府应从多维的视角出发,既要关注收入方面的人口贫困,也要重视社会、教育、医疗等公共服务上的相对贫困。为了逐步缩小陕西省县域相对贫困水

平差异,既要扩大经济总量,又要减小各市区之间的差距。首先,要有效识别相对贫困工作的帮扶对象,发展较快的县域要继续发挥领头辐射作用,发展较慢的县域要积极寻求突破;其次,不同地区的自然人口社会经济情况都有所差异,相较于区域内部差异,更要重视区域间差异对相对贫困问题的影响;最后,对于游离在相对贫困县边缘的县级行政区要找准地区经济发展不稳定的核心因素,以促进其达到稳定脱贫的状态。

6 结 论

本研究以2011—2020年陕西省夜间灯光数据、县域统计数据等作为数据源,构建以夜间灯光指数为自变量的多维贫困指数估算模型,结合锡尔系数、局部空间自相关等方法,从时空角度对陕西省2011—2020年间陕西省历史贫困区域进行研究,主要结论如下:

(1)夜间灯光数据结合社会经济数据构建的多维贫困指数可以用于识别陕西省县域的贫困水平,且估算模型的准确率达84.62%,适用于陕西省相对贫困水平研究;基于多维贫困指数均值序列的前50%作为相对贫困划分标准,具有理论意义和实践价值,有利于探索建立解决相对贫困的长效机制,推动巩固拓展脱贫攻坚成果同乡村振兴有效衔接。

(2)时间上,陕西省相对贫困县个数在近10 a总体下降,相对贫困程度整体减轻但两极分化水平增强;县域层面的相对贫困水平差异增大,市域层面相对贫困水平的区域间差异逐年增加并取代区域内部差异,成为城市间相对贫困差异主要的贡献因子。

(3)空间上,陕西省相对贫困县域呈现“陕南贫困程度深、范围广,关中渭河沿岸次之,陕北无定河以北零星分布”的格局。其中,深度相对贫困水平的县域主要分布在陕南,且呈“J”字型空间分布格局;相对贫困水平程度较轻的县域主要分布在关中和陕北东部区域,分别呈横“U”字型和“V”字型空间分布格局。

参考文献(References):

- [1] Steele Jessica E, Pál Roe S, Carla P, *et al.* Mapping poverty using mobile phone and satellite data[J]. *Journal of the Royal Society Interface*, 2017, 14 (127). DOI: 10.1098/rsif. 2016. 0690.
- [2] Haushofer J, Fehr E. On the psychology of poverty [J]. *Science*, 2014, 344 (6186): 862-867.
- [3] Amartya Sen, *Poverty and Famine* [M]. Beijing: The Commercial Press, 2001. [阿马蒂亚·森, 贫困与饥荒[M]. 北京: 商务印书馆, 2001.]
- [4] Alkire S, Foster J. Counting and multidimensional poverty measurement[J]. *Journal of Public Economics*, 2007, 95 (7-8): 476-487.
- [5] Fuchs V R. Redefining poverty and redistributing income[J]. *Public Interest*, 1967(8): 88-95.
- [6] Ye Xingqing, Yin Haodong. From eliminating absolute poverty to alleviating relative poverty: China's history of poverty reduction and poverty reduction strategies after 2020 [J]. *Reform*, 2019(12): 5-15. [叶兴庆, 殷浩栋. 从消除绝对贫困到缓解相对贫困: 中国减贫历程与2020年后的减贫战略[J]. 改革, 2019(12): 5-15.]
- [7] Pan Wenxuan, Yan Xinqi. A prospective study on the establishment of new rural poverty standard after year 2020 [J]. *Issues in Agricultural Economy*, 2020(5): 17-27. [潘文轩, 阎新奇. 2020年后制定农村贫困新标准的前瞻性研究[J]. 农业经济问题, 2020(5): 17-27.]
- [8] Li Ying, Yu Xueting, Li Fan. The standard definition and scale measurement of China's Relative Poverty [J]. *Chinese Rural Economy*, 2021(1): 31-48. [李莹, 于学霆, 李帆. 中国相对贫困标准界定与规模测算[J]. 中国农村经济, 2021(1): 31-48.]
- [9] Fang Yingfeng, Zhou Shaochi. Research on multidimensional relative poverty measurement [J]. *Journal of Statistics and Information*, 2021, 36(6): 21-30. [方迎风, 周少驰. 多维相对贫困测度研究[J]. 统计与信息论坛, 2021, 36(6): 21-30.]
- [10] Wang Sangui, Zeng Xiaoxi. A preliminary study on poverty after 2020 [J]. *Journal of Hohai University (Philosophy and Social Sciences)*, 2018, 20(2): 7-13 + 89. [汪三贵, 曾小溪. 后2020贫困问题初探[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版), 2018, 20(2): 7-13+89.]
- [11] Zhou Zhonggao. Practical path to strengthen relative poverty governance [N]. *China Social Science Daily*, 2021-05-06 (001). [周仲高. 加强相对贫困治理的现实路径[N]. 中国社会科学报, 2021-05-06(001).]
- [12] Zhang Jun, Xue Liang, Bai Ziyi. Identification of relative poverty regions in shaanxi province and analysis of their spatial-temporal characteristics [J]. *Henan Science*, 2021, 39 (1): 105-112. [张君, 薛亮, 白子怡. 陕西省相对贫困区域识别及其时空变化特征分析[J]. 河南科学, 2021, 39(1): 105-112.]
- [13] Wang Xiaolin, Zhang xiaoying. An explanation of China's experience in eliminating absolute poverty and the orientation of relative poverty governance in the Post-2020 era [J]. *Chinese Rural Economy*, 2021(2): 2-18. [王小林, 张晓颖. 中国消除绝

- 对贫困的经验解释与2020年后相对贫困治理取向[J]. 中国农村经济, 2021(2):2-18.]
- [14] Wang Xiaolin, Sabina Alkire. Multidimensional poverty measurement in China: Estimation and policy implications [J]. Chinese Rural Economy, 2009(12):4-10, 23.[王小林, Sabina Alkire. 中国多维贫困测量:估计和政策含义[J]. 中国农村经济, 2009(12):4-10, 23.]
- [15] Guo Jianyu, Wu Guobao. Multidimensional poverty measurement based on different indicators and weight selection: A case study of poor counties in Shanxi province [J]. Chinese Rural Economy, 2012(2):12-20.[郭建宇, 吴国宝. 基于不同指标及权重选择的多维贫困测量——以山西省贫困县为例[J]. 中国农村经济, 2012(2):12-20.]
- [16] Liu Yanhua, Xu Yong. Geographical identification and classification of multi-dimensional poverty in rural China [J]. Acta Geographica Sinica, 2015, 70(6):993-1007.[刘艳华, 徐勇. 中国农村多维贫困地理识别及类型划分[J]. 地理学报, 2015, 70(6):993-1007.]
- [17] Shi K F, Chang Z J, Chen Z Q, *et al.* Identifying and evaluating poverty using multisource remote sensing and point of interest (POI) data: A case study of Chongqing, China [J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 255. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.120245
- [18] Zhao X Z, Yu B L, Liu Y, *et al.* Estimation of poverty using random forest regression with multi-source data: A case study in bangladesh [J]. Remote Sensing, 2019, 11 (4). DOI: 10.3390/rs11040375
- [19] Wang Zhen, Cheng Jiehai, Cui Mingjie. Prediction of regional poverty degree based on nighttime light remote sensing data [J]. Mine Surveying, 2018, 46(6):27-33.[王振, 程结海, 崔明洁. 基于夜光遥感数据的区域贫困程度预测研究[J]. 矿山测量, 2018, 46(6):27-33.]
- [20] Wen Qi, Shi Linna, Ma Caihong, *et al.* Spatial heterogeneity of multidimensional poverty at the village level: Loess Plateau [J]. Acta Geographica Sinica, 2018, 73(10):1850-1864.[文琦, 施琳娜, 马彩虹, 等. 黄土高原村域多维贫困空间异质性研究——以宁夏彭阳县为例[J]. 地理学报, 2018, 73(10):1850-1864.]
- [21] Tong Xinhua, Liang Qiao, Wei Yanfei, *et al.* Analysis of influencing factors of county poverty in Guangxi based on Geo Detector [J]. Hunan Agricultural Sciences, 2018(7):82-88.[童新华, 梁俏, 韦燕飞, 等. 基于地理探测器的广西县域贫困空间分布及影响因素[J]. 湖南农业科学, 2018(7):82-88.]
- [22] Wang Yanhui, Qian Leyi, Chen Yefeng, *et al.* Multidimensional and comprehensive poverty measurement of poverty-stricken counties from the perspective of ecological poverty [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2017, 28(8):2677-2686.[王艳慧, 钱乐毅, 陈烨烽, 等. 生态贫困视角下的贫困县多维贫困综合度量[J]. 应用生态学报, 2017, 28(8):2677-2686.]
- [23] Ye Chenchen, Tang Binbin, Liu Linping. Is the poverty evaluation of national poverty county accurate—A evaluation based on the night-time light [J]. Journal of China Agricultural University Social Sciences, 2018, 35(5):44-57.[叶宸宸, 唐斌斌, 刘林平. 中国贫困县划分精度商榷——基于夜间灯光数据的检验[J]. 中国农业大学学报(社会科学版), 2018, 35(5):44-57.]
- [24] Noor A M, Alegana V A, Gething P W, *et al.* Using remotely sensed night-time light as a proxy for poverty in africa [J]. Population Health Metrics, 2008, 6(1):1-13.
- [25] Pan Jinghu, Hu Yanxing. Spatial identification of multidimensional poverty in China based on nighttime light remote sensing data [J]. Economic Geography, 2016, 36(11):124-131.[潘竞虎, 胡艳兴. 基于夜间灯光数据的中国多维贫困空间识别[J]. 经济地理, 2016, 36(11):124-131.]
- [26] Shen Dan, Zhou Liang, Wang Peian. Identification of poverty based on nighttime light remote sensing data: A case study on contiguous special poverty-stricken areas in liupan mountains [J]. Remote Sensing for Land & Resources, 2019, 31(2):157-163.[沈丹, 周亮, 王培安. 基于夜间灯光数据的六盘山连片特困区贫困度识别[J]. 国土资源遥感, 2019, 31(2):157-163.]
- [27] Cao Ziyang, Wu Zhifeng, MI Sujuan, *et al.* A method for classified correction of stable DMSP/OLS nighttime light imagery across China [J]. Journal of Geo-information Science, 2020, 22(2):246-257[曹子阳, 吴志峰, 米素娟, 等. DMSP/OLS 稳定夜间灯光影像在中国的分类校正方法[J]. 地球信息科学学报, 2020, 22(2):246-257.]
- [28] Li Xueping, Gong Lu. Correction and fitting of night light images of DMSP/OLS and VIIRS/DNB [J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2019(7):138-146.[李雪萍, 贡璐. DMSP/OLS 和 VIIRS/DNB 夜间灯光影像的校正及拟合[J]. 测绘通报, 2019(7):138-146.]
- [29] Zhuang Jiafang, Yu Siqin. China port spatial pattern based on exploratory spatial data analysis [J]. Journal of Shanghai Maritime University, 2013, 34(3):66-71, 94.[庄佳芳, 余思勤. 基于探索性空间数据分析的我国港口空间格局[J]. 上海海事大学学报, 2013, 34(3):66-71, 94.]
- [30] Yang Qian, Liu Huajun. Regional difference decomposition and influence factors of China's carbon dioxide emissions [J]. The Journal of Quantitative & Technical Economics, 2012, 29(5):36-49, 148.[杨骞, 刘华军. 中国二氧化碳排放的区域差异分解及影响因素——基于1995~2009年省际面板数据的研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2012, 29(5):36-49, 148.]
- [31] Zhang Wenjuan, Ma Kaiyue, Jin Liang. Poverty identification

- and poverty reduction strategy based on multidimensional poverty measurement[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2019, 33(12): 22-27. [张文娟, 马凯悦, 金良. 基于多维贫困测度的贫困识别及扶贫策略研究——以内蒙古自治区兴安盟科右中旗为例[J]. 干旱区资源与环境, 2019, 33(12): 22-27.]
- [32] Zhang Jun, Xue Liang, Bai Ziyi. Identification of relative poverty regions in Shaanxi province and analysis of their spatial-temporal characteristics[J]. *Henan Science*, 2021, 39(1): 105-112. [张君, 薛亮, 白子怡. 陕西省相对贫困区域识别及其时空变化特征分析[J]. 河南科学, 2021, 39(1): 105-112.]
- [33] Cheng Yonghong, Gao Qingkun, Zhang Yi. Subject of marxist economics and innovation of socialist economics with Chinese characteristics [J]. *Contemporary Economic Research*, 2013(6): 26-32, 93. [程永宏, 高庆昆, 张翼. 改革以来中国贫困指数的测度与分析[J]. 当代经济研究, 2013(6): 26-32, 93.]
- [34] Elvidge C D, Tilottama G, Hsu F C, *et al.* The dimming of lights in China during the COVID-19 pandemic [J]. *Remote Sensing*, 2020, 12(17). DOI: 10.3390/rs12172851.

Analysis of the Spatio-temporal Differences of Relative Poverty Levels in Shaanxi Province based on Night Light Data

Chen Jizhen^{1,2}, Zhang jun¹, Xue Liang²

(1. School of Geography and Tourism, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China;

2. School of management, Xi'an University of Finance and Economics, Xi'an 710100, China)

Abstract: China has eliminated absolute poverty in 2020, but relative poverty will continue to exist. Doing a good job in the prevention and control of relative poverty is of great significance for consolidating and expanding the results of poverty alleviation and effectively connecting rural revitalization. In view of the shortcomings of poverty classification research and dynamic research that still exist in the existing poverty research, from the perspective of relative poverty, 107 districts and counties in Shaanxi Province are selected as the research objects, and the research period is 2011~2020. Based on night light data, NDVI data and socio-economic statistics data, a multidimensional poverty index estimation model with night light index as the independent variable is constructed to quantitatively identify relatively poor counties, And comprehensively use the analysis methods of Si-er index and spatial local autocorrelation to study the spatiotemporal dynamic differences of the relative poverty level in the county quantitatively identified. The results show that: (1) Based on the night light data, the multidimensional poverty index can be estimated effectively, and the estimation accuracy is 84.62%. Using the first 50% of the mean series of Multidimensional Poverty Index as the regional relative poverty division standard is suitable for describing the regional relative poverty level, which is conducive to exploring and establishing a long-term mechanism to solve relative poverty. (2) In terms of time, from 2011 to 2020, the number of relatively poor counties in Shaanxi Province has declined on the whole, and the increase of regional differences in the relative poverty level among cities in the province has directly led to the increase of polarization in poor counties. (3) The relatively poor counties of Shaanxi Province present a pattern of "the degree of poverty is deep and wide in the south, followed by the Weihe River in Guanzhong, and sporadically distributed in the north of the Wuding River in Northern Shaanxi".

Key words: Shaanxi Province; Night light data; Multi-dimensional Poverty Index; Relative poverty