

中国区域内部发展差异与变化趋势

——基于夜间灯光不均衡指数的研究

罗 知， 张一诺， 李 熙， 张 勋， 万广华

〔摘要〕 本文基于夜间灯光数据、人口数据、土地利用数据和全国行政区划变更信息，首次综合估算了2000—2022年中国全国、省、市、县4个空间维度的夜间灯光不均衡指数。本文在现有文献的基础上，创新性地区分了城乡、识别了人口居住区或社会活动频繁区、考虑了行政区划变迁，从经济学视角丰富了夜间灯光不均衡指数的内涵。时空演变分析结果表明，中国的夜间灯光不均衡程度不断改善，尤其在2000—2004年、2020—2022年两个阶段下降明显。虽然2012—2013年夜间灯光不均衡程度也有明显下降，但很可能是卫星数据转换产生的误差，因此，在使用夜间灯光数据及其加工数据时，建议以2012年为前后分段使用这些数据。全国农村夜间灯光不均衡程度显著高于城镇，但二者的绝对差异随时间推移逐渐缩小。夜间灯光不均衡分解的结果显示，无论是省份还是区域层面，不均衡更多来源于组内而非组间。此外，全球对比以及浙江共同富裕示范区建设的数据，进一步支撑了夜间灯光不均衡指数计算的科学性。

〔关键词〕 经济不均衡； 夜间灯光； 行政区划变迁； 共同富裕

〔中图分类号〕 F127 〔文献标识码〕 A 〔文章编号〕 1006-480X(2025)06-0062-19

一、引言

中国幅员辽阔，各地的资源禀赋、经济基础、产业结构差异显著，发展不平衡不充分的问题依然突出。党的十八大以来，党中央把逐步实现全体人民共同富裕摆在更加重要的位置。中央财经委员会第十次会议强调，要提高发展的平衡性、协调性、包容性，加快完善社会主义市场经济体制，增强区域发展的平衡性。如何提高发展的平衡性、协调性、包容性成为理论和实践关注的焦点，本文聚焦其中的发展平衡性问题。

要解决发展不平衡的问题，首先需要对中国发展不平衡的基本特征有充分的认识和分析。然而，

〔收稿日期〕 2024-11-10

〔基金项目〕 国家社会科学基金重大项目“促进各种类型企业平等发展公平竞争的体制机制和政策体系研究”（批准号23ZDA037）；教育部人文社会科学重点研究基地重大项目“基于中国实践的共享发展理论研究”（批准号22JJD790061）；国家自然科学基金（重点）专项项目“促进中国农村共同富裕的长效机制及政策研究”（批准号72442019）。

〔作者简介〕 罗知，武汉大学经济发展研究中心教授，经济学博士；张一诺，武汉大学经济与管理学院博士研究生；李熙，武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室教授，摄影测量与遥感学博士；张勋，北京师范大学统计学院教授，经济学博士；万广华，南开大学跨国公司研究中心教授，经济学博士。通讯作者：张一诺，电子邮箱：yinuo2098@163.com。感谢匿名评审专家和编辑部的宝贵意见，文责自负。

经济发展不均衡的测度一直都是研究中的难点。传统上,经济发展不均衡的测度主要依赖地区生产总值(GDP)数据(陈梦根和张帅,2020;赵建梅和祝雨翔,2023)。但是,在城市层面使用GDP数据很难得出有效的结果。这是因为,GDP依据行政区划统计,其最小统计单元为区县级别。根据本文的统计结果,区县数量小于10个的地级行政区超过60%,区县数量小于15个的地级行政区约95%。如果采用不足15个的区县GDP数据,计算出来的结果很容易受到数据分布的影响,极有可能会大幅放大或缩小经济发展不均衡的程度。而对于区县,由于没有更低层级(街道、村镇)的GDP数据,因此,无法计算区县层面的经济发展不均衡程度。随着遥感技术和计算机科学的飞速发展,以及Chen and Nordhaus(2011)、Henderson et al.(2012)对夜间灯光亮度与GDP代理关系的探究,越来越多的学者开始应用夜间灯光数据来度量地区经济发展水平(卢盛峰等,2017;马述忠等,2025)和测度地区经济发展不均衡(Alesina et al.,2016;Gibson et al.,2021;Bluhm and Krause,2022)。使用夜间灯光数据,可以克服上述GDP数据样本不足的困难。夜间灯光数据按照栅格层面统计,有近95%的地级行政区栅格数超过10000(其中去除了那些几乎无人的栅格区域),有接近50%的地级行政区栅格数超过40000。因此,夜间灯光数据提供的样本量为计算更加可靠和稳健的经济发展不均衡指标提供了可能。

自Elvidge et al.(2012)借鉴基尼系数的算法并使用夜间灯光数据计算揭示国家内部发展差异的夜间灯光发展指数以来,大部分研究将由夜间灯光数据测度的不均衡作为反映收入与财富、公共品提供和发展差异情况的综合概念。一些学者计算了全球层面的经济发展不均衡情况(Alesina et al.,2016;Lessmann and Steinkraus,2019;Bluhm and Krause,2022;Galimberti et al.,2023),也有部分学者利用夜间灯光数据测算了区域层面的经济发展不均衡情况(Ivan et al.,2019;Singhal et al.,2020;Adhikari and Dhital,2021;Gibson,2021;Gibson et al.,2021;Weidmann and Theunissen,2021;Yang et al.,2024)。

使用夜间灯光数据衡量中国经济发展不均衡程度的研究并不多,且通常采用未经人口加权平均处理的夜间灯光数据,如刘华军和杜广杰(2017)、陈梦根和张帅(2020)、斯丽娟和王超群(2021)、李彦龙和沈艳(2022)、李熙等(2023)、赵建梅和祝雨翔(2023)、方先明和孟可俊(2024)等。实际上,为全面评估经济发展不均衡状况,学者普遍推荐将夜间灯光数据与人口数据结合使用(McGregor et al.,2019;Galimberti et al.,2023)。基于此,本文试图综合利用夜间灯光数据、人口数据、土地利用数据和全国行政区划变更信息,计算中国夜间灯光不均衡指数并分析其变化趋势。但与单纯使用国外方法结合中国数据的研究不同,本文立足中国实际,对测度方法做了一些改进:①中国市县层面的行政区划调整时有发生,若不考虑行政区划调整问题,那么将导致计算出来的经济发展不均衡指标与其他经济、人口、社会指标无法匹配。为此,本文首次估计了考虑行政区划调整的地级、县级夜间灯光不均衡指数。②中国的二元经济结构问题依然十分明显,区分城乡考察经济发展不均衡,对于深入洞察中国经济发展不均衡的变化意义重大。为此,本文综合使用土地利用数据区分城乡地区,计算了全国、省级、地级和县级层面的城镇经济发展不均衡和农村经济发展不均衡指标。③关于测量方法和数据的深入讨论,本文非常详尽地介绍了夜间灯光不均衡指数的计算方法,并提供了多套指标。^①特别值得指出的是,本文重点阐释方法和测度过程,并通过方法的介绍和数据的测度,展示不同层级经济发展不均衡程度的变化趋势。

① 国内基于人均夜间灯光数据测度不均衡的文献不多,且存在明显不足:一是缺少详细的数据处理过程,难以判断方法的合理性和科学性,也难以复制;二是没有考虑土地利用的情况,如果将不适宜人类居住或社会活动稀少的地区也纳入不均衡的计算过程中,则有可能包括很多人均灯光为0的区域,从而导致不均衡水平被高估;三是未考虑行政区划调整的因素,且对所使用的单一年份的行政区划矢量图的来源未做说明。

二、数据来源与测度方法

1. 数据来源

本文主要采用栅格化的夜间灯光数据、人口数据和土地利用数据来计算夜间灯光不均衡指数。

(1) 夜间灯光数据。DMSP-OLS数据与NPP-VIIRS数据是目前最常用的夜间灯光数据,二者在传感器、时间跨度与数据质量方面有显著差异。DMSP-OLS数据由美国国防气象卫星计划搭载的线性业务扫描系统收集,时间跨度为1992—2013年,发布时间最早且覆盖时间最长,但存在空间分辨率较低(约1km)、亮度过饱和(辐射分辨率为6-bit量化位数即 2^6 ,最大亮度值为63)、缺乏在轨辐射定标(导致不同卫星间以及不同年份间的数据不可比)、灯光边缘区的灯光外溢等问题。始于2012年的NPP-VIIRS数据由美国索米国家极地轨道伙伴关系卫星搭载的可见光红外成像辐射仪提供,克服了DMSP-OLS数据的主要缺陷,具备更高的空间分辨率(约0.5km/0.75km)、更优的辐射灵敏度和更广的动态范围(辐射分辨率为14-bit量化位数即 2^{14} ,亮度值范围扩大),并且完成了在轨辐射定标,可有效探测微弱光源,消除亮度饱和效应,确保各期数据的可比性。

上述特征差异决定了DMSP-OLS数据与NPP-VIIRS数据难以直接衔接,大多数学者提出了一系列跨传感器的校正方案来合成时间跨度更长的夜间灯光数据集。然而,大多数做法是以损害NPP-VIIRS数据质量为代价。Chen et al.(2021)利用基于自编码器的跨传感器数据校正方案,生成了一套2000—2023年全球15角秒分辨率(赤道处约0.5km)的NPP-VIIRS-like夜间灯光数据集。^①此外,美国航空航天局(NASA)基于NPP-VIIRS数据开发了全球15角秒分辨率(赤道处约0.5km)的Black Marble夜间灯光产品(VNP46),^②提供了自2012年1月起至今的每日夜间灯光影像和月度/年度复合夜间灯光影像,剔除了云污染、大气、地形、植被、雪、月光和杂散光对昼/夜波段辐射的影响,并包含质量标志图层以便于科学应用研究。因此,出于数据质量的考量,本文选用了两组不同时间区间的夜间灯光数据产品进行研究,分别是2000—2022年NPP-VIIRS-like数据和2012—2022年Black Marble数据(VNP46A4)。

(2) 人口数据。本文所使用的2000—2022年全球人口分布数据来源于美国橡树岭国家实验室(ORNL)的LandScan Global产品,^③其分辨率为30角秒(赤道处约1km),综合采用地理空间科学、遥感技术和机器学习算法,使用空间数据、高分辨率图像开发和多变量建模方法来分解行政边界内的人口普查计数。由于该数据集在生产过程中并未使用夜间灯光数据作为直接数据来源,因而可以作为夜间灯光不均衡指数计算的基础人口数据(刘冷岑等,2023)。

(3) 土地利用数据。除了基本的夜间灯光数据和人口数据之外,本文还采用了两组以美国陆地卫星Landsat遥感影像为主要信息源,但在定义、分辨率以及时间尺度上各不相同的土地利用数据。一组是由徐新良等(2018)提供的2000年、2005年、2010年、2015年、2020年中国多时期土地利用遥感监测数据集(CNLUCC),其分辨率为1km。该数据集的构建工作由中国科学院地理科学与资源研究所牵头,联合中国科学院遥感应应用研究所等多家单位共同完成。数据具体采用二级分类系统:一

① 数据源自国家科技资源共享服务平台——国家地球系统科学数据中心(网址:<http://www.geodata.cn>)。

② 数据源自NASA(网址:<https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/search/>)。

③ 数据源自ORNL(网址:<https://landscan.ornl.gov/>)。

级分为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用土地6类;二级在一级类型基础上进一步分为25个类型。另一组是由Huang et al.(2022)研制的2000—2019年全球不透水面分布数据(GISA),其分辨率为1角秒(赤道处约0.03km)。该数据将停车场、道路、屋顶、空地等人工建筑物设定为不透水面并取值1,否则为0。

2. 夜间灯光不均衡指数的基础测度思路

由于基尼系数满足匿名性、齐次性等相对指标的性质,又具备实质性的经济学含义,因此,大多数文献参照基尼系数的计算原理构造夜间灯光不均衡指数。

(1)计算原理。在计算收入基尼系数时,需依据个人收入绘制收入洛伦茨曲线。在使用夜间灯光数据时,需要用人均夜间灯光亮度替代个人收入来绘制夜间灯光洛伦茨曲线,进而计算夜间灯光基尼系数。例如,一个城市有1000万人,若要绘制收入洛伦茨曲线,就需要知道这1000万人中每个人的收入。假设城市里面有2万个栅格,且知道每个栅格内的人口数量和夜间灯光总亮度,便可得知各栅格中的人均夜间灯光亮度。然后,假设同一栅格内每个人的夜间灯光亮度相同,便能得出城市1000万人中每个人的夜间灯光亮度,进而得到累计人口所拥有的总夜间灯光亮度比例。更具体地,本文借助一个数据例子来说明。假设一个城市只有4个 $0.5\text{km}\times 0.5\text{km}$ 的栅格。第一个栅格中有1万人,总灯光为0.5辐亮度,那么这1万人中每个人的夜间灯光是0.5(辐亮度/万人);第二个栅格中有2万人,总灯光为2辐亮度,那么这2万人中每个人的夜间灯光是1(辐亮度/万人);第三个栅格中有3万人,总灯光为6辐亮度,那么这3万人中每个人的夜间灯光是2(辐亮度/万人);第四个栅格中有4万人,总灯光为12辐亮度,那么这4万人中每个人的夜间灯光是3(辐亮度/万人)。按照本文的算法,夜间灯光洛伦茨曲线中,全市10%的人口(第一个栅格中的1万人)占有的灯光为 $0.5/20.5$;30%的人口(第一个栅格中的1万人和第二个栅格中的2万人)占有的灯光为 $2.5/20.5$;60%的人口占有的灯光为 $8.5/20.5$;100%的人口占有100%的灯光。计算的夜间灯光基尼系数为0.241。如果只是计算栅格之间的不均衡程度(不考虑不同栅格中的人数差异),那么实际上城市中就只有4个夜间灯光值(与人口数量无关),分别为0.5、2、6和12,计算的夜间灯光基尼系数为0.47。

需要强调的是,现有国内关于夜间灯光数据测度不均衡的研究一般都采用后者这一未经人口处理的夜间灯光数据,即直接计算各栅格的夜间灯光亮度之间的差距,经济学含义为地均意义(地理空间)上的区域经济发展不均衡。而本文在计算夜间灯光基尼系数时,考虑了不同栅格中人口规模的差异,因而计算的是夜间灯光亮度随人口变化的累积分布和绝对平均线之间的偏离。其经济学含义更为丰富,能够较为全面地评估区域发展、福祉不均衡状况(McGregor et al., 2019; Galimberti et al., 2023),也是国外学者普遍推荐的做法。

(2)计算步骤。计算中需要形成“夜间灯光亮度—人口数量”一一对应的栅格数据列表。首先,处理人口数量数据。LandScan Global数据的原始分辨率为30角秒,而夜间灯光亮度数据的原始分辨率为15角秒。为了进行匹配,理论上需要运用ArcGIS软件的重采样功能将人口数量数据的分辨率统一为15角秒。但事实上,直接对人口数量数据进行重采样会出现错误。例如,1个 $1\text{km}\times 1\text{km}$ 的栅格所代表的人口数量为800人,人口密度为800人/ km^2 。对人口数量数据进行重采样操作的结果是,这个 $1\text{km}\times 1\text{km}$ 的栅格变成了4个 $0.5\text{km}\times 0.5\text{km}$ 的栅格,但每一个 $0.5\text{km}\times 0.5\text{km}$ 的栅格被同时赋值为800人,对应的人口密度为3200人/ km^2 ,这显然是错误的。所以,应当对人口密度数据而不是人口数量数据进行分辨率转换,从而规避这一问题。 $1\text{km}\times 1\text{km}$ 的栅格所代表的人口密度为800人/ km^2 ,对人口密度数据重采样后,每个 $0.5\text{km}\times 0.5\text{km}$ 的栅格所代表的人口密度同样为800人/ km^2 。因此,在进行15角秒分辨率转换的重采样操作之前,需要计算出30角秒分辨率条件下的人口密度

数据:

$$\text{单位栅格的人口密度值} = \frac{\text{单位栅格的人口数量}}{\text{单位栅格的面积}P} \quad (1)$$

$$P = \frac{1}{2} a^2 (1 - e^2) (L_2 - L_1) \left(\frac{\sin B}{1 - e^2 \sin^2 B} + \frac{1}{2e} \ln \frac{1 + e \sin B}{1 - e \sin B} \right) \Big|_{B_1}^{B_2} \quad (2)$$

式(2)源自 Balcerzak and Pedzich (2007)。其中, P 为单位栅格的面积(m^2), 随着纬度的变化而变化; e 是地球偏心率, $e = \sqrt{(a^2 - b^2)/a^2}$; a 是地球赤道半径; b 是地球极轴半径; $L_2 - L_1$ 是单位栅格的经度差(弧度制); B 代表单位栅格的纬度(弧度制)。

其次, 处理夜间灯光亮度数据。①处理 Black Marble 数据。先将 HDF5 格式的原始数据解析为栅格数据, 再运用 ArcGIS 软件的镶嵌至新栅格功能整合成包含中国全域的夜间灯光亮度数据, 并借用栅格计算器的 SetNull 函数剔除最大值 65535。因为 Black Marble 数据的实际值域为 $[0, 65535]$, 数值越大代表夜间灯光亮度越强, 最大值 65535 仅代表缺失值而无实际意义。②处理 NPP-VIIRS-like 数据, 只需加入包含中国全域的矢量图来直接提取对应范围的夜间灯光亮度栅格。

基于以上两套数据, 本文分别获得了 15 角秒分辨率的中国人口密度与夜间灯光亮度数据。由于后续的空间分析需要基于平面投影坐标系展开, 本文通过 ArcGIS 软件的投影栅格功能, 为上述数据设定了适合中国地理区位的 Albers 投影, 单位栅格的长度和宽度均统一为 0.5km。除了统一单位栅格大小外, 还要确保上述数据的地理位置和行列数的一致性, 即建立正确的空间对应关系, 必要时可以通过调用 ENVI 软件的 Layer Stacking 功能来实现。

计算夜间灯光不均衡指数。为了获取人均夜间灯光亮度数据, 一种可行的思路是先基于现存的单位栅格为 $0.5\text{km} \times 0.5\text{km}$ 的夜间灯光亮度和人口密度数据, 在 ArcGIS 软件的栅格计算器中相除得到人均密度夜间灯光亮度数据, 再转化为人均夜间灯光亮度数据。由于计算目标是分区域的夜间灯光不均衡指数, 需要通过 ArcGIS 软件的按掩膜提取功能, 为包含中国全域的人均密度夜间灯光亮度和人口密度数据匹配上省级、地级或县级的行政区划矢量图, 以锁定和提取各细分区域的栅格数据。随后, 在 Matlab 或 Python 软件中读取区域性的栅格数据, 并以单位栅格的面积作为分母, 从而得到各区域内单位栅格的人均夜间灯光亮度值和人口数量值。

将各区域内单位栅格的人均夜间灯光亮度值从小到大排序, 得到同一灯光亮度下对应栅格的人口数量, 分别计算出各区域内的累计夜间灯光亮度百分比与累计人口数量百分比。夜间灯光不均衡指数 G 等于洛伦茨曲线与绝对平均线之间的面积除以绝对平均线下的面积。参考国家统计局的计算公式,^①本文具体的计算公式如下:

$$G = 1 - \sum_{i=1}^n P_i \times (2 \sum_{k=1}^i W_k - W_i) \quad (3)$$

其中, W_i 为第 i 个个体所代表的人口的夜间灯光亮度值占总夜间灯光亮度值的比重; P_i 为第 i 个个体所代表的人口占总人口的比重。

3. 基于经济学视角丰富夜间灯光不均衡指数的测度

从经济学角度出发, 计算夜间灯光不均衡指数仍有一些问题值得深入讨论:

(1) 人口数据中存在大量 0 值(无人)的问题。考虑到数据采集和统计过程中存在误差, 经验上将人口数量的阈值设定为 2, 剔除未超过该阈值的异常栅格。

(2) 人口居住区或社会活动频繁区的识别。耕地、林地、草地、水域、未利用土地等区域并没有

^① 源自国家统计局(网址: https://www.stats.gov.cn/zs/tjws/tjzb/202301/t20230101_1903941.html)。

太多的人口活动,若将这些纳入研究中,会因为夜间灯光微弱而高估夜间灯光不均衡程度。为此,本文采用两套土地利用数据来判断人口居住区或社会活动频繁区:一是采用CNLUCC数据,并假设土地利用类型短期不变,^①剔除耕地、林地、草地、水域、未利用土地等非人口居住区或社会活动频率低的区域,仅保留一级分类中“建设用地”所包括的城镇用地、农村居民点、其他建设用地范围内的人口数量与人均夜间灯光亮度数据来计算夜间灯光不均衡指数。城镇用地和其他建设用地提供了城镇边界,因此,能够计算城镇的夜间灯光不均衡指数,农村居民点则用来计算农村的夜间灯光不均衡指数。二是采用GISA数据,^②该数据将人工建筑物设定为不透水面。本文将不透水面占比大于20%的栅格视作建成区栅格并取值1,否则为0。根据按行政区划矢量图掩膜提取的区域性建成区数据,可以计算相应建成区的夜间灯光不均衡指数。

(3)行政区划调整问题。本文所关注的行政区划调整聚焦于地级和县级,因为2000年及以后的行政区划调整只发生在地级和县级两个层级。遗憾的是,目前尚缺乏能够完整反映2000—2022年地级或县级行政区划的矢量图,且已有的矢量图年份间断、边界勾勒不准确、来源不权威等问题十分严重。本文获得了2004年、2019年及2020年的地级行政区划矢量图,2010年、2015年、2019年及2020年的县级行政区划矢量图。^③本文依托中华人民共和国民政部公布的县级以上行政区划变更情况文本,从理论上推演出年份连续且随行政区划调整的地级行政区(2004—2022年)和县级行政区(2010—2022年),其中,推演基期取决于行政区划矢量图的初始年份。以调整频率高的县级行政区为例,先分省份寻找历年县级及以上行政区划变更的情况,对发生过行政区划调整且面积变化的县级行政区及变更年份进行标注,形成包含行政区划调整的县级行政区划矢量图。在此过程中,2020年的县级行政区划矢量图始终是基准行政区划,没有行政区划调整的县级行政区与其保持一致。对于有行政区划调整的县级行政区而言,利用反向推导思路,直接匹配上已有年份的县级行政区划矢量图,或部分年份缺失但经过ArcGIS软件的合并、融合等地理处理功能与编辑器功能手工绘制的县级行政区划矢量图。

4. 夜间灯光不均衡指数测度汇总

基于前文的分析,本文计算了多套夜间灯光不均衡指数。由于在夜间灯光数据源上有NPP-VIIRS-like(2000—2022年)和Black Marble(2012—2022年)两套数据供选择,在土地利用类型上有CNLUCC数据、GISA数据和不使用任何土地利用数据三种选择,行政区划调整则根据不同的研究目的也可以选择经过调整的和未经调整的,因此,计算共12(2×3×2)套数据,其中,CNLUCC数据还可区分城乡,在城乡维度可以计算出4套数据。

不同计算方法的数据服务于不同的研究目的,还可以相互进行稳健性检验。具体而言:①基于“有人但无光、有人且有光”栅格计算的夜间灯光不均衡指数衡量的都是一般意义上的区域夜间灯光不均衡(无论是否考虑行政区划调整的问题),因为其既包括了一个区域内部夜间灯光亮度较强或较弱的地带,也包括未识别出夜间灯光的欠发达区域。这一方法在跨国研究中使用得较多。②纳

① CNLUCC数据的年份为2000年、2005年、2010年、2015年、2020年,即存在年份缺失的问题。因此,本文以相同间隔年份的数据为基准,根据因果关系不遵循时间倒流的逻辑,2000—2004年统一使用2000年的CNLUCC数据,2005—2009年统一使用2005年的CNLUCC数据,依次类推。

② GISA数据的年份区间为2000—2019年,因此,2020—2022年依旧使用2019年的GISA数据。

③ 感谢中山大学徐现祥教授提供2004年的地级行政区划矢量图和2010年的县级行政区划矢量图;感谢南京审计大学孙伟增教授提供2015年县级行政区划矢量图;感谢数读城事公众号提供2019年及2020年的地级和县级行政区划矢量图。

入土地利用数据所计算的夜间灯光不均衡指数可以过滤掉一些噪音区域,但是对土地利用数据要求较高。所以,进一步纳入土地利用数据计算的夜间灯光不均衡指数会比不纳入土地利用数据的夜间灯光不均衡指数低。采用这一方法的前提条件是需要有较为精确的土地利用数据,这也是跨国研究一般不采用该方法的原因。③是否需要进行行政区划调整取决于研究对象。如果研究对象与随时间变化的行政区划经济数据相关,则需要选取经过行政区划调整的夜间灯光不均衡指数。如果仅观察一个固定物理范围内夜间灯光不均衡指数的变化,则可以选取未经过行政区划调整的夜间灯光不均衡指数。

5. 夜间灯光不均衡指数与经济发展不均衡

在对夜间灯光不均衡指数进行计算和分析前需要明确的首要问题是,夜间灯光不均衡指数究竟测度什么? 本文认为,通过数据的对比,夜间灯光亮度与GDP之间存在极高的相关性,人均意义上的夜间灯光不均衡指数测度的是人均GDP不均衡,即经济发展不均衡。这是因为,中国的夜间灯光亮度与GDP密切相关,相关系数在0.9以上。采用Black Marble数据时,中国县级行政区的夜间灯光亮度与GDP的相关性为0.93,地级行政区的夜间灯光亮度与GDP的相关性为0.91。①使用NPP-VIIRS-like数据时,中国县级行政区的夜间灯光亮度与GDP的相关性为0.92,地级行政区的夜间灯光亮度与GDP的相关性为0.90。②

不仅如此,本文还利用国家统计局公布的数据计算了省级人均GDP变异系数,并与省级人均夜间灯光变异系数对比。图1和图2分别展示了2000—2022年省级人均GDP变异系数、省级人均夜间灯光变异系数。可以发现,二者的变化趋势非常类似,无论是用Black Marble数据还是NPP-VIIRS-like数据,均得到一致的结论。③

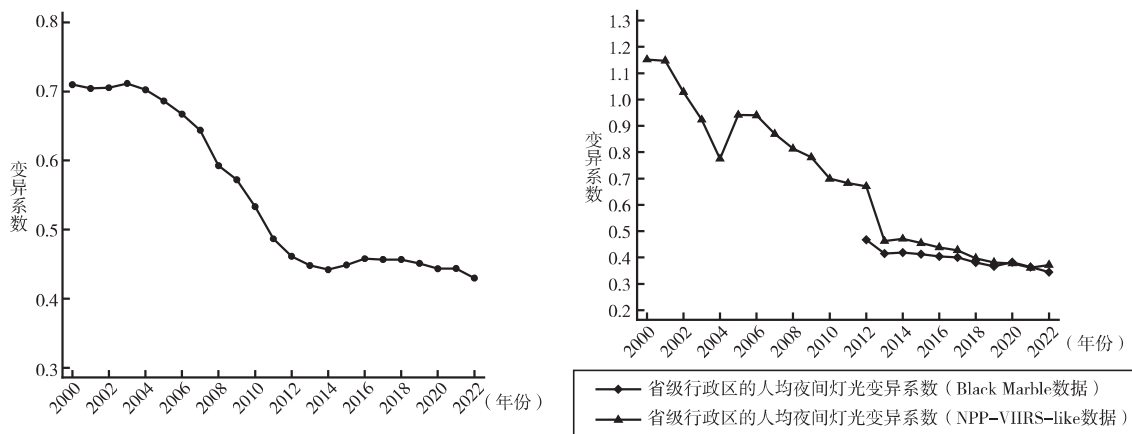


图1 2000—2022年省级人均GDP变异系数 图2 2000—2022年省级人均夜间灯光变异系数

① 县级为2012—2021年,地级为2012—2022年。因Black Marble数据始于2012年,本文获取的比较完整的县级GDP数据截至2021年,具体参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

② 县级为2010—2021年,地级为2004—2022年。因县级行政区划矢量图的限制,其调整最早为2010年;地级行政区划调整的地图最早到2004年,具体参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

③ 此外,本文采用地级层面的数据考察人均GDP变异系数和人均夜间灯光变异系数在趋势上的相似性,仍发现二者的变化趋势具有一致性,具体参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

因此,人均夜间灯光亮度在很大程度上度量的是人均GDP,人均意义上的夜间灯光不均衡指数度量的是人均GDP不均衡指数。这里仍然需要强调的是,人均GDP并不等于人均收入,GDP中还涵盖了经济发展结构、基础设施、经济集聚等多重因素,因此,夜间灯光不均衡指数并非收入不均衡的度量指标。

三、夜间灯光不均衡指数的时空演变分析

1. 全国层面夜间灯光不均衡指数的时序演化

为了考察中国整体的夜间灯光不均衡动态趋势,本文基于NPP-VIIRS-like数据和Black Marble数据计算并绘制了全国夜间灯光不均衡指数图,见图3和图4。图中各项指标的数值对比结果表明,基于“有人但无光、有人且有光”栅格计算的夜间灯光不均衡指数值始终居于高位,在此基础上加入土地利用数据所计算的夜间灯光不均衡指数值相对较小,这符合前文预测。图3显示,使用NPP-VIIRS-like数据计算的2000—2022年全国夜间灯光不均衡指数在波动中保持总体下降趋势,其中,2011—2013年和2019—2020年有明显降幅。考虑到2012年正好为NPP-VIIRS-like数据转换的节点,^①因此,需要谨慎对待2011—2013年全国夜间灯光不均衡指数大幅下降这一结果。本文将NPP-VIIRS-like数据按年份汇总至全国夜间灯光总亮度,发现亮度下降最大且波动最显著的时间点的确是2012年,其同比降幅约为11%,分别有近60%的省级行政区和63%的地级行政区在2012年存在亮度下降的情况。这表明,NPP-VIIRS-like数据计算的夜间灯光不均衡指数在2011—2013年期间大幅下降很可能是数据质量导致的,而不一定为真实经济发展情况所推动。为此,本文认为,在以NPP-VIIRS-like数据为计算基础估计夜间灯光不均衡指数时,最好区分为2000—2012年和2013—2022年两个阶段使用。图4以Black Marble数据为

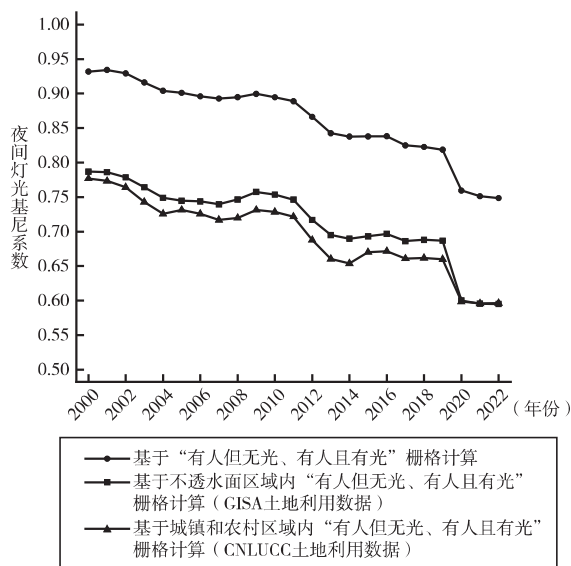


图3 NPP-VIIRS-like数据

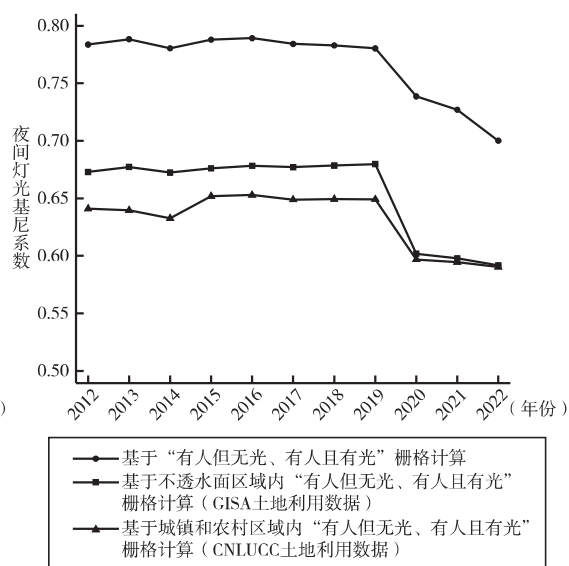


图4 Black Marble数据

① 主要是将2000—2012年质量相对较低的DMSP-OLS数据转换为类似NPP-VIIRS数据的高质量数据后,再与2013—2022年的NPP-VIIRS数据衔接。

计算基础,该数据始于2012年,精度较高,不存在2012年前后的数据衔接问题。图4显示,全国夜间灯光不均衡指数在2012—2019年基本持平并于2020年骤降,这与图3呈现的数据趋势相吻合。

需要说明的是,2020年夜间灯光不均衡指数出现大幅下滑,可能与公共卫生事件冲击下的劳动者就业半径缩短相关。《2021年农民工监测调查报告》显示,2021年本地农民工增速4.1%,高于外出农民工增速2.8个百分点;在外出农民工中,省内流动人数比上年增加135万人,高于跨省流动人数的增量。这说明,农民工在流动选择上更加倾向于本地就业和省内就业。与此同时,中央政府出台了相关政策,如通过重大民生工程项目促进更多返乡农民工就地就近就业,这也与国家推进以县城为重要载体的新型城镇化建设规划相契合。这些政策的实施使得农民工在家乡的工作机会增加,外出务工意愿下降,在一定程度上使夜间灯光与人口分布更均衡。

更进一步,2020年之后夜间灯光不均衡指数的持续低值是经济发展不均衡改善的重要表现,但要排除一种可能性,即夜间灯光不均衡改善的同时伴随着夜间灯光总亮度下降。为此,本文统计了2019—2022年中国各地级行政区夜间灯光总亮度变化情况。在全国333个地级行政区中,有133个地级行政区在2020—2022年期间每一年的夜间灯光总亮度均较2019年上升;有133个地级行政区的夜间灯光总亮度在2020年短暂下降,但在2021年和2022年快速恢复并超越2019年的水平;有50个(15.01%)地级行政区的夜间灯光总亮度在2022年增长显著,超过了2019年的水平;有17个地级行政区的夜间灯光总亮度在2020—2022年期间每一年均低于2019年的水平。综上,夜间灯光总亮度在2022年恢复的城市占比高达95%。整体看,中国的夜间灯光总亮度增加的同时伴随着不均衡程度的下降。^①

综合夜间灯光数据的衔接转换问题、权威性问题以及夜间灯光不均衡指数的有效性和可靠性问题,后文分析中使用到的夜间灯光数据只源于Black Marble数据,并围绕考虑土地利用类型且基于“有人但无光、有人且有光”栅格计算的夜间灯光不均衡指数展开。^②

需要明确的是,本文计算的夜间灯光基尼系数高于国家统计局采用人均收入计算的收入基尼系数。收入基尼系数是单一从居民个人收入的层面度量不均衡水平,夜间灯光则涵盖了经济发展、基础设施建设等多方面的信息,因此,夜间灯光基尼系数是衡量经济发展不均衡状况的指标,即两个指标的绝对值不具有可比性。而且,从本文计算的全球主要国家的夜间灯光基尼系数看,无论是发达国家还是发展中国家,其夜间灯光基尼系数均远高于该国的收入基尼系数。因此,不能使用收入基尼系数的判断标准来考察一个国家或地区的夜间灯光基尼系数是否过高。

2. 省级和地级层面夜间灯光不均衡指数的时空特征

(1)省级层面。鉴于资源禀赋、区位条件、基础设施建设、经济发展水平等区域差异,中国34个省级行政区的夜间灯光不均衡指数结果显示:^③①相当一部分省级行政区的夜间灯光不均衡指数经历了“平稳—骤降—平稳”的过程,其中,骤降发生的时间点为2020年。区域分布以东部和中部地区为主,具体包括北京市、天津市、山西省、上海市、江苏省、浙江省、福建省、江西省、山东省、广东省、广西壮族自治区、海南省,同时陕西省和澳门特别行政区亦基本符合该趋势,尽管陕西省在

① 关于2020年及之后的夜间灯光不均衡与夜间灯光总亮度关系的分析参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

② 其他计算方法所得的数据,读者有研究需要可以联系作者。

③ 省级夜间灯光不均衡指数图参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

2017年有小幅下降,澳门特别行政区在2020年的降幅也相对较小。②同样是在2020年骤降,个别省级行政区的夜间灯光不均衡指数则表现出“平稳—骤降—逐步下降”或“逐步上升—骤降—平稳”的趋势,前者主要是河北省、河南省和安徽省,后者为湖北省、湖南省和重庆市。③在2020年并未发生夜间灯光不均衡指数下降的省级行政区中,存在多种变化路径。2012—2022年期间,华北地区的内蒙古自治区,东北地区的辽宁省、吉林省、黑龙江省,西南地区的云南省,以及香港特别行政区的夜间灯光不均衡指数整体上呈现相对平稳的趋势;①西南地区的四川省、贵州省以及西北地区的甘肃省、青海省的夜间灯光不均衡指数呈现逐步上升的趋势;②西北地区的宁夏回族自治区和台湾省的夜间灯光不均衡指数在2012—2014年逐年下降,随后保持平稳。此外,西藏自治区和新疆维吾尔自治区的夜间灯光不均衡指数展现出较大的波动性,这可能是由于其复杂地形和不稳定的灯光条件造成的。

(2)地级层面。由于全国和省级分析揭示出加入CNLUCC数据或GISA数据得到的夜间灯光不均衡指数趋势较为相似,为与后文中基于CNLUCC数据展开的城镇和农村双重视角下的夜间灯光不均衡指数分析相呼应,下面仅汇报使用CNLUCC数据计算的中国各地级行政区的夜间灯光不均衡指数的演变情况。③

中国地级行政区的夜间灯光不均衡指数的核密度估计结果显示,④核密度分布曲线的主峰在2012—2013年间基本保持不变,2014年发生小幅左移后于2015年大幅右移,后续年份主峰位置趋于稳定。2020年曲线主峰显著左移且宽度增加,2020—2022年继续保持小幅左移的趋势。从地级行政区的夜间灯光不均衡指数的时间趋势上看,2012—2022年依旧呈现出波动性下降的趋势,特别是2020年发生的骤降强化和维持了这一趋势。

中国各地级行政区的夜间灯光不均衡指数结果在图5中进行了可视化展示。2012—2019年,东部地区的地级行政区的夜间灯光不均衡指数较为稳定,主要涵盖河北省、江苏省、浙江省、福建省、山东省、广东省等省份所辖的地级行政区。相比之下,中部和西部地区的地级行政区的夜间灯光不均衡指数波动更大,增减较为明显。其中,部分地级行政区的夜间灯光不均衡程度还呈现出加重趋势,典型代表为中部地区的安徽省、湖北省、湖南省以及西部地区的贵州省、云南省、山西省等地的地级行政区。到2022年,东部和中部地区的地级行政区的夜间灯光不均衡问题明显缓解。西部地区的地级行政区的夜间灯光不均衡指数依旧偏高,内蒙古自治区、四川省、云南省、甘肃省、青海省所辖的地级行政区的夜间灯光不均衡问题有所加剧,只有广西壮族自治区、陕西省的地级行政区夜间灯光不均衡问题有所改善。

3. 城镇和农村夜间灯光不均衡指数的变化趋势

为了识别城镇区域和农村区域的边界,本文采用CNLUCC土地利用数据,进一步探究全国、省级、地级层面的城镇夜间灯光不均衡指数和农村夜间灯光不均衡指数。通过对这些数据做深入分析,更全面地洞察中国城乡经济发展中的不均衡状况。

① 基于城镇和农村区域计算的东北地区 and 云南省的夜间灯光不均衡指数在2020年涨幅较明显。在使用相同的夜间灯光数据的前提下,这种变化可能是用于设定城镇和农村区域的CNLUCC数据的变更所引起的。

② 基于城镇和农村区域计算的贵州省与甘肃省、青海省的夜间灯光不均衡指数分别在2015年、2020年明显上升,同样可能与用于设定城镇和农村区域的CNLUCC数据的变更有关。

③ 读者如需其余数据,可以联系作者索要。

④ 地级行政区的夜间灯光不均衡指数核密度图参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

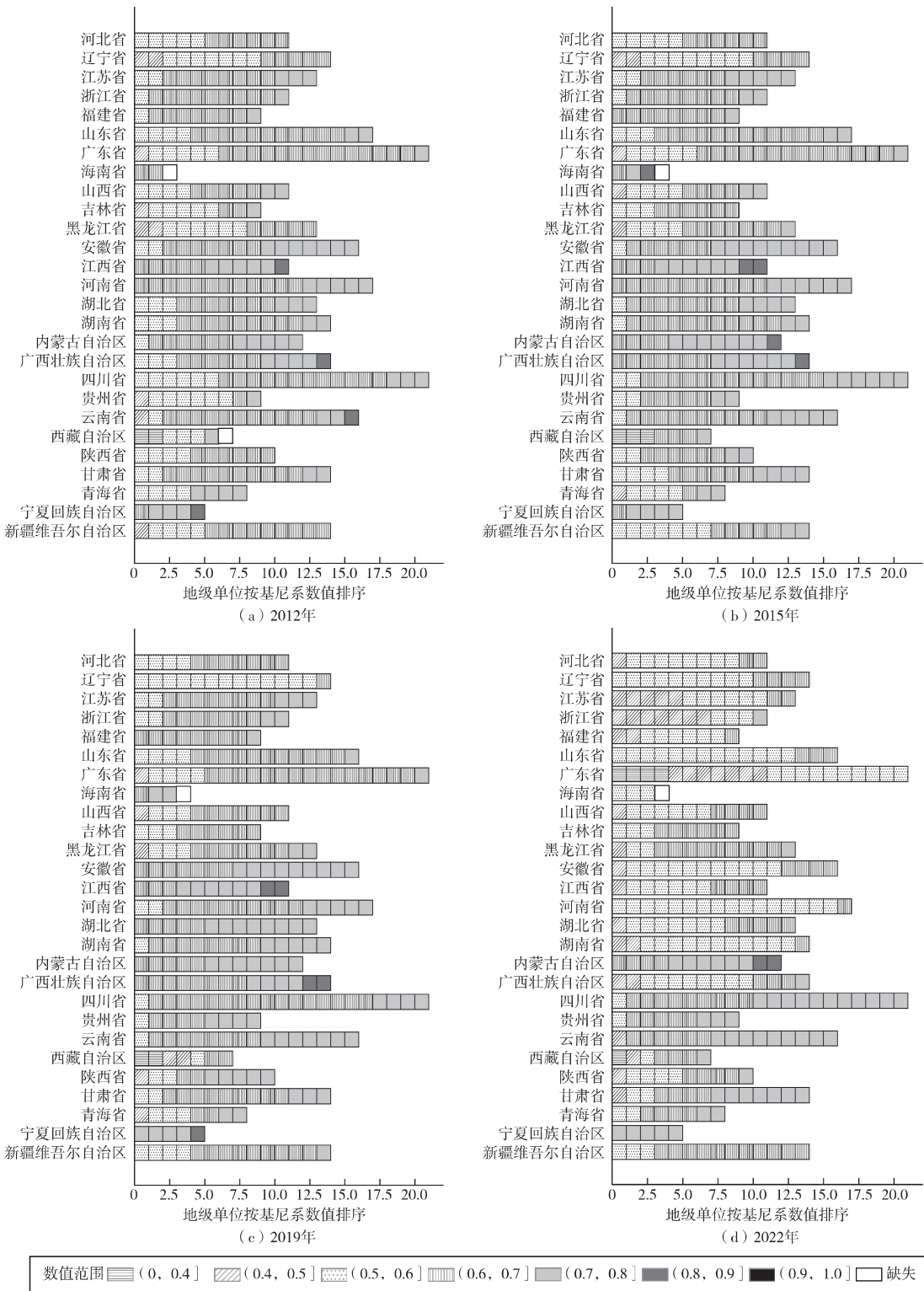


图5 2012—2022年中国地级行政区内城乡夜间灯光不均衡指数热力图

注:采用包括地级行政区划调整的、城镇和农村区域内(CNLUCC土地利用数据)的指标绘制。趋势分析指标以“有人但无光、有人且有光”栅格为计算基础,以下各图同。

(1)全国层面。图6展示了2012—2022年全国城镇夜间灯光不均衡指数和农村夜间灯光不均衡指数的变化趋势。可以发现,全国农村夜间灯光不均衡指数显著高于城镇,但二者的绝对差值逐渐缩小,从2012年的0.2降至2022年的0.1。从趋势看,2012—2019年,全国农村夜间灯光不均衡指数在波动中小幅下降,全国城镇夜间灯光不均衡指数则经历了小幅下降、上升至稳定的过程。2019—2020年,二者均出现了较大降幅,此后全国农村夜间灯光不均衡指数持续快速下降,全国城镇夜间灯光不均衡指数则微幅上涨,在2019—2022年间呈现“L”型形态。此外,全国城镇夜间灯光不均衡指数的趋势与城乡总体的夜间灯光不均衡指数的趋势几乎相同,说明城镇对城乡总体不均衡估计的影响至关重要。

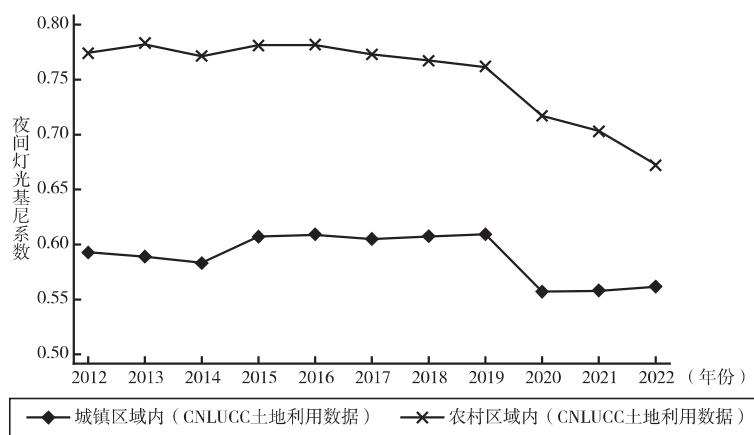


图6 2012—2022年全国城镇和农村夜间灯光不均衡指数变化趋势

(2)省级层面。从2012—2022年中国各省级行政区内城镇夜间灯光不均衡指数和农村夜间灯光不均衡指数的趋势变化看,^①在省级层面,农村夜间灯光不均衡指数通常高于城镇(不包括上海市和港澳台地区)。二者的绝对差值在直辖市、东部和南部沿海等较发达地区以及四川省、贵州省、宁夏回族自治区相对较小,其他地区相对较大,如东北地区以及湖南省、青海省、广西壮族自治区。观察各省级行政区的农村夜间灯光不均衡指数可以发现,一些省际动态趋势存在差异:①相当一部分省级行政区的农村夜间灯光不均衡指数在2019—2020年经历了明显的骤降,但整体趋势各不相同。2012—2022年,上海市、浙江省、福建省、北京市和香港特别行政区的农村夜间灯光不均衡指数呈现“平稳—骤降—平稳”的趋势;天津市、广东省、台湾省经历了“逐年小幅下降—骤降—平稳”的过程,贵州省则体现出“逐年小幅上升—骤降—平稳”的特征;“平稳—骤降—逐步下降”的趋势在安徽省、江西省、山东省、江苏省、湖北省、湖南省、广西壮族自治区、重庆市、陕西省更为明显。②河北省、山西省和河南省的农村夜间灯光不均衡指数在2019年之前呈现平稳或缓慢上升的趋势,2019年之后出现缓慢下降。③部分省级行政区的农村夜间灯光不均衡指数在2019年之前相对平稳,在2019—2020年存在显著上升的趋势,随后逐年下降。这主要包括东北地区,以及地理距离相近的内蒙古自治区。四川省和甘肃省亦符合该趋势,只是2019—2020年上升幅度相对较小。④云南省的农村夜间灯光不均衡指数在2012—2022年整体呈现出逐年下降的趋势。在西北地区,新疆维吾尔自治区的农村夜间灯光不均衡指数呈波动下降趋势;青海省和宁夏回族自治区的农村夜间

① 省级层面城镇和农村夜间灯光不均衡指数图参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

灯光不均衡指数在2014年明显下降后逐年小幅上升,此后分别在2020年、2021年再次小幅下降;西藏自治区的农村夜间灯光不均衡指数波动十分显著,在2019年之前大幅下降,在2019—2020年大幅上升,随后相对稳定。澳门特别行政区未识别出农村区域。

(3)地级层面。^①2012—2019年,东部地区各地级行政区的城镇夜间灯光不均衡指数相对稳定。反观中部和西部地区,各地级行政区的城镇夜间灯光不均衡指数变化幅度较大。西部地区各地级行政区的城镇夜间灯光不均衡程度整体上不断加剧,广西壮族自治区、四川省、贵州省、云南省等均表现出这一特征。中部地区各地级行政区的城镇夜间灯光不均衡指数变化类型较为多样,如山西省在2015年减轻后趋稳,湖北省、湖南省则持续加重。到2022年,东部和中部地区各地级行政区的城镇夜间灯光不均衡程度明显下降。在西部地区,除广西壮族自治区、陕西省地级行政区的城镇夜间灯光不均衡程度减轻外,相当一部分地级行政区的城镇夜间灯光不均衡程度有所加重。

对比之下,2012—2019年,东部地区部分地级行政区的农村夜间灯光不均衡指数下降较明显,如浙江省、福建省、广东省等。中部和西部地区各地级行政区的农村夜间灯光不均衡指数变化趋势不明显。到2022年,东部和中部地区各地级行政区的农村夜间灯光不均衡指数下降显著。在西部地区的地级行政区中,整体上农村夜间灯光不均衡指数普遍较高,农村夜间灯光不均衡问题依旧突出,如内蒙古自治区、四川省、青海省等地的农村夜间灯光不均衡程度加重,但广西壮族自治区、陕西省、云南省以及甘肃省等地则有所减轻。

四、全国夜间灯光泰尔指数分解

本文在探讨夜间灯光不均衡指数的基础上,进一步参考泰尔指数的分解方法,从省份层面、东中西层面、东中西和东北层面、城镇和农村层面对夜间灯光泰尔指数进行分解,考察不同层面的组内差异和组间差异,分析夜间灯光不均衡的主要构成以及夜间灯光不均衡指数下降的主要原因。表1和表2显示的是泰尔指数的分解结果。在全国层面上,无论是按照省份、东中西、东中

表1 2012—2017年全国夜间灯光泰尔指数分解

区域	差异构成	2012	2013	2014	2015	2016	2017
省份	组内差异	0.6575	0.6393	0.6344	0.6681	0.6723	0.6791
	组间差异	0.0336	0.0366	0.0351	0.0325	0.0316	0.0314
	总体差异	0.6911	0.6759	0.6695	0.7006	0.7039	0.7105
东中西	组内差异	0.6737	0.6561	0.6509	0.6845	0.6892	0.6976
	组间差异	0.0155	0.0169	0.0162	0.0138	0.0122	0.0110
	总体差异	0.6892	0.6730	0.6672	0.6984	0.7015	0.7085
东中西 和东北	组内差异	0.6730	0.6552	0.6500	0.6834	0.6879	0.6959
	组间差异	0.0158	0.0175	0.0169	0.0148	0.0135	0.0126
	总体差异	0.6888	0.6727	0.6669	0.6982	0.7014	0.7085
城镇和 农村	组内差异	0.6827	0.6679	0.6620	0.6938	0.6977	0.7035
	组间差异	0.0106	0.0092	0.0079	0.0109	0.0105	0.0111
	总体差异	0.6933	0.6771	0.6699	0.7047	0.7081	0.7145

注:泰尔指数均指 Theil-L 指数。由经过行政区划调整的、城镇和农村区域内(CNLUCC 土地利用数据)的数据计算得到。区域划分源自国家统计局,分解数据不包含中国港澳台地区。下表同。

^① 2012—2022年中国地级行政区内城镇和农村夜间灯光不均衡指数热力图参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

表 2 2018—2022 年全国夜间灯光泰尔指数分解

区域	差异构成	2018	2019	2020	2021	2022
省份	组内差异	0.6870	0.7030	0.5323	0.5627	0.5989
	组间差异	0.0278	0.0258	0.0337	0.0332	0.0335
	总体差异	0.7149	0.7288	0.5659	0.5959	0.6323
东中西	组内差异	0.7034	0.7188	0.5520	0.5843	0.6217
	组间差异	0.0097	0.0083	0.0103	0.0079	0.0084
	总体差异	0.7131	0.7271	0.5623	0.5923	0.6302
东中西和东北	组内差异	0.7020	0.7171	0.5494	0.5807	0.6174
	组间差异	0.0112	0.0102	0.0136	0.0127	0.0135
	总体差异	0.7132	0.7273	0.5630	0.5933	0.6309
城镇和农村	组内差异	0.7083	0.7227	0.5525	0.5801	0.6168
	组间差异	0.0107	0.0087	0.0240	0.0219	0.0165
	总体差异	0.7190	0.7314	0.5764	0.6021	0.6333

西和东北还是城乡来进行夜间灯光泰尔指数分解,结果都是组内差异是总体差异的主要来源。类似地,罗楚亮等(2021)利用国家统计局(NBS)和中国家庭收入调查(CHIP)的收入数据进行的泰尔指数分解的研究发现,城乡组内泰尔指数对全国层面不均衡的贡献份额最大。从区域内差异和总体差异的变化趋势上看,泰尔指数的下降主要发生在 2020 年,之后各区域内部及总体差异有所扩大。

五、走向共同富裕：来自夜间灯光不均衡指数的证据

前文计算了不同行政区划层级的夜间灯光不均衡指数,下面将通过全球对比、浙江共同富裕示范区建设两个案例来展示夜间灯光不均衡指数的应用,同时进一步支撑夜间灯光不均衡指数计算的科学性。

1. 中国与全球主要国家的夜间灯光不均衡变化程度的比较

通过比较中国与全球主要国家的夜间灯光不均衡变化程度,进一步反映中国在经济社会发展、迈向共同富裕进程中的情况。本文以二十国集团(G20)和亚太经济合作组织(APEC)为依据来确定全球主要国家样本(共 53 个国家)。全球主要国家的夜间灯光不均衡指数变化值显示(见表 3),2012—2022 年中国夜间灯光不均衡程度下降了约 0.084,在 53 个世界主要国家中排名靠前,超过了俄罗斯、印度、美国等国家。韩国、德国、澳大利亚、英国、法国等 23 个国家的夜间灯光不均衡程度加重。这说明,党的十八大以来,共同富裕工作取得了显著成效,不仅有效缩小了国内发展差距,而且经济发展不均衡程度下降的成效在全球主要国家中表现突出。

2. 浙江共同富裕示范区建设

中共中央、国务院于 2021 年 5 月发布《关于支持浙江高质量发展建设共同富裕示范区的意见》并指出,促进全体人民共同富裕是一项长期艰巨的任务,需要选取部分地区先行先试、作出示范。浙江共同富裕示范区的选择为本文提供了一个宝贵的案例,以进一步探讨夜间灯光不均衡指数在

表 3 2012—2022 年全球主要国家的夜间灯光不均衡指数变化值

排名	数值	国家名称	组织	排名	数值	国家名称	组织
1	-0.1922	印度尼西亚	G20、APEC	28	-0.0110	智利	APEC
2	-0.1649	泰国	APEC	29	-0.0055	马耳他	欧盟
3	-0.1409	越南	APEC	30	-0.0010	美国	G20、APEC
4	-0.1365	土耳其	G20	31	0.0013	斯洛文尼亚	欧盟
5	-0.1299	马来西亚	APEC	32	0.0028	西班牙	欧盟
6	-0.1292	日本	G20、APEC	33	0.0032	韩国	G20、APEC
7	-0.1222	菲律宾	APEC	34	0.0040	卢森堡	欧盟
8	-0.1052	文莱	APEC	35	0.0063	保加利亚	欧盟
9	-0.0948	荷兰	欧盟	36	0.0064	德国	G20、欧盟
10	-0.0879	南非	G20	37	0.0119	巴西	G20
11	-0.0844	中国	G20、APEC	38	0.0123	爱沙尼亚	欧盟
12	-0.0747	俄罗斯	G20、APEC	39	0.0152	奥地利	欧盟
13	-0.0709	斯洛伐克	欧盟	40	0.0165	阿根廷	G20
14	-0.0705	塞浦路斯	欧盟	41	0.0208	匈牙利	欧盟
15	-0.0699	波兰	欧盟	42	0.0228	爱尔兰	欧盟
16	-0.0646	秘鲁	APEC	43	0.0278	澳大利亚	G20、APEC
17	-0.0631	印度	G20	44	0.0282	捷克	欧盟
18	-0.0565	沙特阿拉伯	G20	45	0.0284	比利时	欧盟
19	-0.0440	立陶宛	欧盟	46	0.0326	瑞典	欧盟
20	-0.0333	克罗地亚	欧盟	47	0.0357	芬兰	欧盟
21	-0.0320	希腊	欧盟	48	0.0376	加拿大	G20、APEC
22	-0.0304	拉脱维亚	欧盟	49	0.0395	丹麦	欧盟
23	-0.0163	巴布亚新几内亚	APEC	50	0.0442	英国	G20
24	-0.0132	罗马尼亚	欧盟	51	0.0497	新西兰	APEC
25	-0.0118	葡萄牙	欧盟	52	0.0503	新加坡	APEC
26	-0.0113	意大利	G20、欧盟	53	0.0529	法国	G20、欧盟
27	-0.0113	墨西哥	G20、APEC				

注：数值计算为期末减期初。全球层面不再考虑土地利用类型，直接使用基于“有人但无光、有人且有光”栅格计算的夜间灯光不均衡指数。G20、APEC 的成员国名单来自中华人民共和国外交部。由于 G20 包括了欧盟方，本文也相应考虑了具体的欧盟成员国。

区域共同富裕实践中的应用。图 7 揭示了浙江省的发展均衡性差异。可以发现，浙江省各县级行政区的夜间灯光不均衡指数的方差远低于全国平均水平，同样低于东部和中部地区，与西部地区的差距更是鲜明。

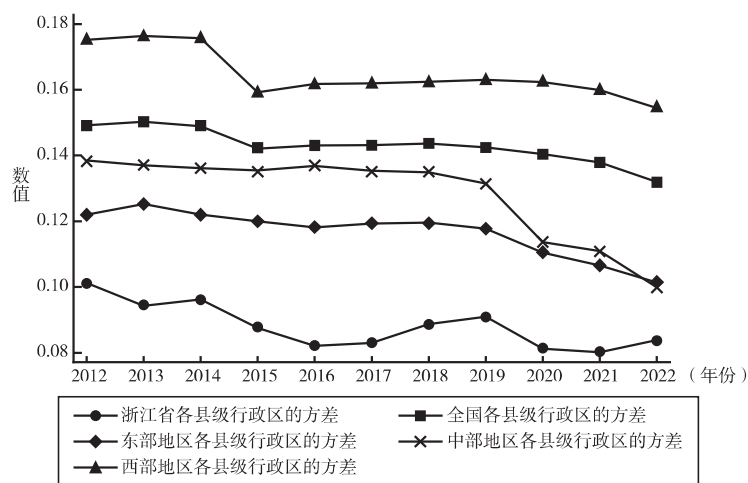


图7 2012—2022年浙江省各县级行政区城乡夜间灯光不均衡指数方差及比较

注:采用包括县级行政区划调整的、城镇和农村区域内(CNLUCC土地利用数据)的指标绘制。

六、结论与建议

本文综合利用夜间灯光数据、人口数据、土地利用数据和全国行政区划变更信息,构造了夜间灯光不均衡指数。同时,详细介绍了现有夜间灯光数据在计算不均衡指数时需要注意不同来源数据的衔接转换问题、行政区划调整问题等,并利用不同数据源计算了多套夜间灯光不均衡指数进行比较分析。本文认为,是否采用土地利用数据以及是否进行行政区划调整,应根据不同的研究对象而具体决定。但是,如果研究中采用NPP-VIIRS-like数据为计算基础估计夜间灯光不均衡指数,由于卫星本身存在的技术问题,建议区分为2000—2012年、2013—2022年两个阶段使用。此外,本文还分析了全国、省级和地级层面的夜间灯光不均衡指数的时空特征,总体而言:①中国的夜间灯光不均衡程度在2000—2022年间不断改善,特别是在2020年及以后,夜间灯光不均衡程度的改善较为显著。②鉴于2012年前后的夜间灯光数据存在衔接转换难题,本文针对各级行政单元的分析聚焦于2012—2022年。在此期间,大部分省级行政区的夜间灯光不均衡经历了“平稳—2020年骤降—平稳”的过程,并且主要分布在东部和中部地区。从地级行政区看,2020年以前,东部地区的地级行政区的夜间灯光不均衡指数较为稳定,中部和西部地区变化更明显。2020年以后,东部和中部地区的地级行政区的夜间灯光不均衡程度明显缓解,西部地区大多有所加剧。③如果使用土地利用类型将行政区分为城镇地区和农村地区,可以发现全国农村夜间灯光不均衡程度显著高于城镇,二者的绝对差异随时间推移逐渐缩小。④从夜间灯光不均衡的分解看,无论是省份层面、区域层面还是城乡层面,均是组内不均衡远大于组间不均衡,而不均衡的下降也主要是由组内不均衡的下降所带来的。⑤从国际比较看,党的十八大以来,中国夜间灯光不均衡的下降幅度较大,在全球主要经济体中排名靠前。⑥从共同富裕示范区的选择看,浙江省各县级行政区的夜间灯光不均衡指数的方差低于全国平均水平和东中西部地区。

夜间灯光不均衡是度量经济发展不均衡的重要指标。伴随着经济从分散走向集聚再到外溢的阶段,夜间灯光不均衡很可能出现先上升后下降的趋势。因此,对于夜间灯光不均衡的分析,要结合地区的发展阶段以及夜间灯光不均衡的变化趋势进行考量,才能得到有意义的政策结论。基于夜间灯光不均衡指数的时空演变特征,可以看出中国不同区域、不同层级和不同类型地区的发展差异经历了显著变化。为更有效引导区域协调发展、城乡融合发展、实现共同富裕目标,本文提出以下政策建议:

(1)因地制宜制定区域协调发展策略。对于西部等发展相对滞后的地区,当前夜间灯光不均衡程度加剧可能反映的是经济集聚效应初现,这种情况需要让有效市场发挥资源配置的作用,加快这些地区的经济发展,让先富带动后富;同时,要注重提升西部地区的基础设施承载能力和要素吸引能力,通过完善推进数字基础设施建设、加大人力资本投资等方式,缩小因公共投入不均衡导致的区域内部发展鸿沟。对于东部发达地区,若出现夜间灯光不均衡程度回升,可能预示着内部发展极化。应加强区域内部协调机制,推动基本公共服务均等化、引导产业向边缘地带适度转移,防止资源过度集中,实现区域内部更加协调的发展。

(2)推动城乡融合发展,重点关注农村地区的不均衡问题。本文研究发现,农村内部的不均衡程度远高于城镇地区,且城乡内部不均衡是中国整体发展不均衡的主要来源。但是,农村地域广阔、人口分散、资源禀赋差异明显,是中国经济社会发展不平衡不充分问题的集中体现之一。应对这一结构性问题,不应追求全面平衡式的均衡,而是需要根据不同地区农村的资源禀赋、区位条件、人口结构、发展阶段制定合理的发展规划。对于具备发展潜力的农村区域,如靠近都市圈、沿海城市周边、交通便利地区的农村,重点推动产业转移承接、乡村工业园、现代农业融合发展。对于资源禀赋较差或生态敏感区,如高寒山区、干旱带,则应以生态保护、生态补偿、绿色就业为导向,推动以保护促发展的战略。对于人口流失严重、发展成本高、空间边缘化严重的地区,应通过人口适度集中、公共服务跨村联建、行政资源共享等方式,提高服务效率。

(3)随着城市化的不断推进,城市内部发展不均衡问题也将日益凸显。为了实现城市空间的公平性、生活的宜居性和社会的包容性,可以从提升公共服务和公共治理入手:①推进城市内部教育、医疗、交通等基本公共服务均等化。②提升城市微空间的公平性与活力,改善低收入片区公共空间品质,增加绿地、公园、文化活动中心、儿童设施等。推动城市微更新,引导资本和公共资源向棚户区、城中村、物流死角等区域渗透。③加强数据治理与精细化城市管理能力,建立基于遥感数据(如夜间灯光)、人口流动、消费热力图等大数据的城市内部发展监测平台,引入AI大数据分析模型,实现城区与郊区、开发区与老城区的协同治理,动态调整投资与公共服务供给。

〔参考文献〕

- 〔1〕陈梦根,张帅.中国地区经济发展不平衡及影响因素研究——基于夜间灯光数据[J].统计研究,2020,(6):40-54.
- 〔2〕方先明,孟可俊.低碳城市试点政策对收入不平等的影响:加剧还是抑制[J].中国人口·资源与环境,2024,(4):13-22.
- 〔3〕李熙,巩钰,邵振峰,李雪.夜间灯光遥感视角下的中国对中亚地区援助效果评估[J].武汉大学学报(信息科学版),2023,(12):1914-1922.
- 〔4〕李彦龙,沈艳.数字普惠金融与区域经济不平衡[J].经济学(季刊),2022,(5):1805-1828.
- 〔5〕刘华军,杜广杰.中国经济发展的地区差距与随机收敛检验——基于2000—2013年DMSP/OLS夜间灯光数据[J].数量经济技术经济研究,2017,(10):43-59.
- 〔6〕刘冷岑,孙中孝,吴锋,李玉恒,张倩.基于夜间灯光数据的中国县域发展活力与均衡性动态研究[J].地理学报,2023,(4):811-823.
- 〔7〕卢盛峰,陈思霞,杨子涵.“官出数字”:官员晋升激励下的GDP失真[J].中国工业经济,2017,(7):118-136.
- 〔8〕罗楚亮,李实,岳希明.中国居民收入差距变动分析(2013—2018)[J].中国社会科学,2021,(1):33-54.
- 〔9〕马述忠,张道涵,胡增玺.数字知识流动如何促进区域协调发展——兼论经济增长和平衡发展双重目标[J].中国工业经济,2025,(2):80-98.
- 〔10〕斯丽娟,王超群.中国城市群区域经济差异、动态演变与收敛性——基于十大城市群夜间灯光数据的研究[J].上海经济研究,2021,(10):38-52.

- [11]徐新良,刘纪远,张树文,李仁东,颜长珍,吴世新.中国多时期土地利用遥感监测数据集(CNLUCC)[EB/OL].
http://www.resdc.cn/DOI/, 2018.
- [12]赵建梅,祝雨翔.市场化进程与地区经济不均衡——基于夜间灯光数据的分析[J].中央财经大学学报,2023,(4):
105-117.
- [13]Adhikari, B., and S. Dhital. Decentralization and Regional Convergence: Evidence from Night-time Lights Data[J].
Economic Inquiry, 2021, 59(3): 1066-1088.
- [14]Alesina, A., S. Michalopoulos, and E. Papaioannou. Ethnic Inequality[J]. Journal of Political Economy, 2016, 124(2):
428-488.
- [15]Balcerzak, J., and P. Pedzich. The Methods of Calculation of Ellipsoidal Polygon Areas Based on Some Map
Projection Properties [C]. Proceedings ICC, https://icaci.org/files/documents/ICC_proceedings/ICC2007/documents/doc/THEME%202/oral%202/2.2.3%20THE%20METHODS%20OF%20CALCULATION%20OF%20ELLIPSOIDAL%20P.doc, 2007.
- [16]Bluhm, R., and M. Krause. Top Lights: Bright Cities and Their Contribution to Economic Development[J]. Journal of
Development Economics, <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2022.102880>, 2022.
- [17]Chen, X., and W. D. Nordhaus. Using Luminosity Data as a Proxy for Economic Statistics[J]. Proceedings of the
National Academy of Sciences, 2011, 108(21): 8589-8594.
- [18]Chen, Z., B. Yu, C. Yang, Y. Zhou, S. Yao, X. Qian, C. Wang, B. Wu, and J. Wu. An Extended Time-Series
(2000—2018) of Global NPP-VIIRS-like Nighttime Light Data from a Cross-Sensor Calibration[J]. Earth System
Science Data, 2021, 13(3): 889-906.
- [19]Elvidge C. D., K. E. Baugh, S. J. Anderson, P. C. Sutton, and T. Ghosh. The Night Light Development Index (NLDI):
A Spatially Explicit Measure of Human Development from Satellite Data[J]. Social Geography, 2012, 7(1): 23-35.
- [20]Galimberti, J. K., S. Pichler, and R. Pleninger. Measuring Inequality Using Geospatial Data [J]. World Bank
Economic Review, 2023, 37(4): 549-569.
- [21]Gibson, J. Better Night Lights Data, for Longer[J]. Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 2021, 83(3): 770-791.
- [22]Gibson, J., S. Olivia, G. Boe-Gibson, and C. Li. Which Night Lights Data Should We Use in Economics, and Where[J].
Journal of Development Economics, <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2020.102602>, 2021.
- [23]Henderson, J. V., A. Storeygard, and D. N. Weil. Measuring Economic Growth from Outer Space[J]. American
Economic Review, 2012, 102(2): 994-1028.
- [24]Huang, X., Y. Song, J. Yang, W. Wang, H. Ren, M. Dong, Y. Feng, H. Yin, and J. Li. Toward Accurate Mapping
of 30-m Time-Series Global Impervious Surface Area (GISA) [J]. International Journal of Applied Earth Observation
and Geoinformation, <https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.102787>, 2022.
- [25]Ivan, K., I. H. Holobăcă, J. Benedek, and I. Török. Potential of Night-Time Lights to Measure Regional Inequality[J].
Remote Sensing, <https://doi.org/10.3390/rs12010033>, 2019.
- [26]Lessmann, C., and A. Steinkraus. The Geography of Natural Resources, Ethnic Inequality and Civil Conflicts[J].
European Journal of Political Economy, 2019, 59: 33-51.
- [27]McGregor, T., B. Smith, and S. Wills. Measuring Inequality[J]. Oxford Review of Economic Policy, 2019, 35(3): 368-395.
- [28]Singhal, A., S. Sahu, S. Chattopadhyay, A. Mukherjee, and S. N. Bhanja. Using Night Time Lights to Find Regional
Inequality in India and Its Relationship with Economic Development[J]. Plos One, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241907>, 2020.
- [29]Weidmann, N. B., and G. Theunissen. Estimating Local Inequality from Nighttime Lights [J]. Remote Sensing,
<https://doi.org/10.3390/rs13224624>, 2021.
- [30]Yang, Z., L. Zhang, C. Liu, Y. Chen, R. Wu, and Y. Zheng. Evaluation of Economic Inequality in ‘The Belt and
Road’ Region——The Application of Night-Time Satellite Imagery[J]. World Economy, 2024, 47(7): 3076-3096.

Regional Development Disparities and Trends in China: A Study Based on the Nighttime Light Inequality Index

LUO Zhi¹, ZHANG Yi-nuo², LI Xi³, ZHANG Xun⁴, WAN Guang-hua⁵

(1. Center for Economic Development Research, Wuhan University;

2. School of Economics and Management, Wuhan University;

3. State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying,
Mapping and Remote Sensing, Wuhan University;

4. School of Statistics, Beijing Normal University;

5. School of Economics, Nankai University)

Abstract: How to reduce economic development inequality is an intrinsic requirement for China to establish a new development paradigm. However, as traditional GDP data is based on administrative divisions, there is a very limited number of data samples at the prefectural and county levels, making it difficult to accurately portray the economic development inequality at these levels. This study, for the first time, comprehensively estimates the nighttime light inequality index across four spatial dimensions—national, provincial, municipal, and county levels in China—from 2000 to 2022, by integrating nighttime light data, population data, land use data, and national administrative division change data.

Trend analysis of this index reveals the following findings. First, the degree of nighttime light inequality in China has been improving, with significant decreases in the periods of 2000—2004 and 2020—2022. Although there was a notable decline during 2012—2013, it is likely due to satellite data conversion errors. Therefore, it is recommended to use 2012 as a dividing point when utilizing nighttime light data and its derived indicators. Second, at the prefecture-level administrative units, before 2020, the nighttime light inequality index in the east remained relatively stable, while changes were more pronounced in the middle and the west, with some areas experiencing an increase in nighttime light inequality, while others had seen a decrease. After 2020, the nighttime light inequality decreased significantly in the east and the middle, whereas it intensified in the west. Third, the nighttime light inequality in rural areas nationwide is significantly higher than in urban areas, though the absolute difference has gradually narrowed over time. Fourth, the decomposition of the Theil index shows that at both provincial and regional levels, the nighttime light inequality mainly originates from within-group rather than between-group differences. Fifth, through global comparisons and data from the construction of Zhejiang's common prosperity demonstration zone, the scientific validity of the nighttime light inequality index calculation is further substantiated.

The policy implications of this study are as follows. First, regional coordination development strategies should be tailored to local conditions. An increase in nighttime light inequality in underdeveloped regions may reflect economic development, and such regions should continue leveraging the market's role in resource allocation, allowing the rich to assist the poor. If inequality worsens in developed regions, government policy interventions should guide development toward common prosperity. Second, it is necessary to promote integrated urban-rural development with a focus on addressing rural inequality. However, the goal should not be uniform balance, but rather to develop reasonable plans tailored to local rural conditions. Third, the government can improve the spatial equity of cities by enhancing public services and public governance.

The marginal contributions of this paper are as follows. First, it addresses the issue of administrative boundary adjustments. Since adjustments at the prefectural and county levels are common in China, neglecting them would make it difficult to align inequality indicators with other economic metrics. Second, it considers China's dual economic structure by innovatively distinguishing between urban and rural areas using land use data to analyze development inequality. Third, it provides an in-depth discussion of measurement methods and data. This paper provides detailed descriptions and examines the transition issues of nighttime light data before and after 2012.

Keywords: economic development inequality; nighttime light; changes in administrative divisions; common prosperity

JEL Classification: J10 O10 R10

[责任编辑:崔志新]