

DOI: 10.20103/j.stxb.202303280598

王朝阳, 张军以, 李海懿, 苏维词. 重庆市土地利用冲突多尺度时空演化与多情景演化模拟. 生态学报, 2024, 44(3): 1024-1039.

Wang Z Y, Zhang J Y, Li H Y, Su W C. Multi-scale spatio-temporal evolution and multi-scenario simulation of land use conflict in Chongqing. Acta Ecologica Sinica, 2024, 44(3): 1024-1039.

重庆市土地利用冲突多尺度时空演化与多情景演化模拟

王朝阳¹, 张军以^{1,2,*}, 李海懿¹, 苏维词^{1,3}

1 重庆师范大学地理与旅游学院, 重庆 401331

2 三峡库区地表过程与环境遥感重庆市重点实验室, 重庆 401331

3 贵州省山地资源研究所, 贵阳 550001

摘要: 土地利用冲突是区域土地开发利用过程中存在的客观问题, 对区域经济社会发展和生态安全具有重要影响。识别、测度区域土地利用冲突, 明晰其时空演化格局, 有助于优化区域土地利用结构, 促进土地资源的可持续利用。以重庆市为例, 基于景观格局构建了土地利用冲突测度模型, 从县域、镇域以及格网 3 个尺度全面和系统地分析了 1995—2020 年重庆市土地利用冲突的时空演化特征, 并耦合多目标规划 (Multi-Objective Programming, MOP)-斑块生成土地利用变化模拟模型 (Patch-generating Land Use Simulation, PLUS) 模拟了重庆市 2030 年不同发展情景下土地利用冲突格局。结果表明: (1) 1995—2020 年重庆市县域、镇域与格网不同尺度下的土地利用冲突格局具有较大相似性, 不同尺度的土地利用重度冲突区主要分布在重庆中心城区及周边地区, 区县建成区。土地利用一般冲突区主要分布于渝东南和渝东北地区。研究期内土地利用冲突有所加剧, 其中土地利用重度冲突区占比增加了 3.09%。(2) 1995—2005 年重庆市土地利用冲突区主体位于乡村地域, 但冲突程度较低, 随着工业化、城市化进程及人口的集聚, 2005 年后土地利用冲突热点区域的城市地域集聚效应显著, 城市及周边地区土地利用冲突区面积和土地利用冲突度均显著提升。(3) 区域土地利用冲突空间格局不仅受到了人为经济社会活动的驱动影响, 在空间格局上受自然生态环境基底影响显著, 其中地形地貌的限制加剧了土地利用重度冲突区。(4) 不同发展情景模拟中经济优先发展情景下土地利用冲突最为严重, 生态优先发展情景下土地利用冲突最小, 可持续发展情景兼顾了经济和生态发展的用地需求, 土地利用冲突强度处于中间范围, 但区域发展总福利最大, 是未来区域发展路径最优选择。

关键词: 土地利用; 土地利用冲突; 多目标规划; PLUS 模型; 多情景模拟; 重庆市

Multi-scale spatio-temporal evolution and multi-scenario simulation of land use conflict in Chongqing

WANG Zhaoyang¹, ZHANG Junyi^{1,2,*}, LI Haiyi¹, SU Weici^{1,3}

1 School of Geography and Tourism, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China

2 Chongqing Key Laboratory of Earth and Surface Process and Environment Remote Sensing in Three Gorges Reservoir Area, Chongqing 401331, China

3 Guizhou Institute of Mountain Resources, Guiyang 550001, China

Abstract: Land use conflict is an objective problem in the process of regional land development and utilization, which has an important impact on regional economic and social development and ecological security. Identifying and measuring regional land use conflicts and analyzing their spatial and temporal evolution patterns will help optimize the regional land use structure and promote the sustainable use of land resources. Taking Chongqing as an example, this paper constructs a land

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41901214); 重庆英才计划包干制项目 (CSTC2021ycjhbzxm0109); 重庆市教委人文社科重点项目 (22SKGH090); 重庆师范大学研究生科研创新项目 (YKC23023)

收稿日期: 2023-03-28; **网络出版日期:** 2023-11-08

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hellojunyi@cqnu.edu.cn

use conflict measurement model based on land use landscape pattern, comprehensively and systematically analyzed the spatial and temporal evolution characteristics of land use conflict in Chongqing from 1995 to 2020 from three scales of county, town and grid, and coupled multi-objective programming (MOP) -patch-generating land use simulation (PLUS) model to simulate the land use conflict pattern of Chongqing in 2030 under different development scenarios. The results show that: (1) from 1995 to 2020, the land use conflict patterns at different scales of county, town and grid in Chongqing had great similarities. The severe conflict areas of land use at different scales were mainly distributed in the central urban area and surrounding areas of Chongqing, and the built-up areas of districts and counties. The general conflict areas of land use were mainly distributed in the southeast and northeast of Chongqing. During the study period, land use conflicts intensified, and the proportion of land use severe conflict areas increased by 3.09%. (2) From 1995 to 2005, the main body of land use conflict area in Chongqing was located in rural areas, but the degree of conflict was low. With the process of industrialization, urbanization and population agglomeration, the agglomeration effect of land use conflict hotspots in urban areas was significant after 2005, and the area and degree of land use conflict in urban and surrounding areas were significantly improved. (3) The spatial pattern of regional land use conflict is not only driven by human economic and social activities, but also significantly affected by the natural eco-environmental base in the spatial pattern. (4) In the simulation of different development scenarios, the land use conflict is the most serious under the economic priority development scenario, and the land use conflict is the smallest under the ecological priority development scenario. However, the sustainable development scenario takes into account the land demand for economic and ecological development. The intensity of land use conflict is in the middle range, but the total welfare of regional development is the largest, which is the best choice for future regional development path.

Key Words: land use; land use conflict; multi-objective programming; PLUS model; multi-scenario simulation; Chongqing

土地利用是区域社会经济发展的一面镜子^[1]。土地系统在人类生存环境中扮演着十分重要的角色,是区域经济社会发展的载体和重要资源^[2]。随着工业化、城市化的迅速推进,土地利用需求量急剧扩大并趋向多元化,有限的土地资源面临着巨大配置压力,出现了耕地质量降低、土地资源浪费及土地利用空间格局失衡等一系列土地利用冲突问题,对经济社会与生态可持续发展产生了负面影响^[3-4]。土地利用冲突通常是有限的土地资源和人们日益增长的多样化土地资源需求间的不匹配不平衡矛盾的体现^[5],作为土地利用过程中客观存在的一种矛盾,贯穿于人类经济社会发展的各个阶段,并发生着不同的变化^[6]。在不同阶段由于人们对于土地资源的需求不同,土地利用冲突程度及其所引发的负面效应也有所不同^[7]。

改革开放以来,我国高度重视经济和社会建设,以城市经济发展为中心,工业化、城镇化发展迅速,用地规模急剧扩张,侧重经济发展重心导致在一定程度上忽视了发展引起的土地利用冲突及其所带来的生态环境负面效应,导致生态空间被不断侵占^[8],加剧了土地利用冲突的负面综合效应。当前坚持生态优先绿色发展及粮食安全的时代背景下,土地利用开始逐渐显现向生态用地和农业用地的转变,这也必然会引起土地利用在功能和空间上交叉和重叠^[5],甚至加剧土地利用冲突。土地利用可视作经济社会发展的一种映射,而土地利用冲突问题则可视作为经济社会发展中不同土地利用主体综合作用的结果。目前,关于土地利用冲突概念的界定学界尚未明确统一^[4],但相关概念在本质上都反映了不同土地利用利益相关者在土地资源开发和土地利用过程中所产生的权益矛盾、竞争和冲突^[9]。不同土地利用利益主体在土地资源开发利用过程中存在的认知差异加剧了土地利用冲突的产生,放大了土地利用冲突的负面影响^[10-11]。土地利用冲突的发展一定程度上制约了土地资源高效利用,乃至区域经济社会的可持续发展,甚至威胁区域粮食安全乃至国土空间安全^[12]。

土地利用冲突问题很早便引起国内外学术界的广泛关注,1977年英国乡村协会组织就将土地利用冲突作为研究的重点,如Cruz-Daravina等研究了城市规划中由于政府非法占用而产生的土地利用冲突^[13]。Hjalager基于媒体内容分析了丹麦沿海旅游业发展的土地利用冲突问题^[14]等。国内土地利用冲突相关研究始于2001年^[15],土地利用冲突主要表现为城市发展及更新过程中建设用地与居民用地间的冲突^[16]、城市不断扩张侵占耕地与农业发展的冲突^[17]以及土地利用方式转变与生物多样性的丧失^[5]等方面。研究方法上,

早期受技术限制,多数研究采用定性方法或者经验性方法识别土地利用冲突,如专家评估、公众参与式调查、博弈论等,还有学者利用 PSR 模型来测度土地利用冲突的强弱,早期研究在空间上难以确定土地利用冲突发生的位置^[18-20]。随着遥感、GIS 等技术发展,景观格局指数法和土地利用变化综合指数法等方法,被广泛应用于土地利用冲突研究^[21-23]。研究尺度上,多基于格网单一尺度为主^[24-26]。研究内容上,主要集中在土地利用冲突测度与识别^[3,24]、土地利用冲突影响因素探究与影响机制^[27]以及土地利用冲突缓解机制研究^[28]等方面。整体上,国内外土地利用冲突的研究多集中在沿海与平原等经济发达地区、快速城市化地区及矿粮、矿地复合区^[21,24,29],已有研究较少关注社会经济发展较快的山地地区,在研究中较少关注地形地貌对土地利用冲突格局的影响。现有研究多从单一尺度开展,鲜有从不同尺度测度同一地区的土地利用冲突强度。不仅如此,已有研究大多停留在现状评价,缺乏对未来不同发展情景下土地利用冲突演变模拟和预测研究。对未来不同情景下土地利用冲突的模拟与预测,可为合理的土地利用规划和管理提供有效参考。

目前,中国西部地区经济社会发展迅速,城市规模急剧扩张,而受地形地貌等自然环境影响,西部地区土地资源禀赋差、地少人多、生态本底脆弱,土地利用冲突问题更为显著。如何有效识别土地利用冲突,确定区域国土资源空间优化配置的发展方向,明确国土空间开发合理方向,就成为有效缓解乃至解决土地利用冲突,协调区域经济社会发展目标和生态文明建设的重要前置条件。重庆市是我国西部唯一的直辖市、是长江上游最大的经济中心、是国家城乡统筹试验区和长江上游的生态屏障,山地丘陵占比高,属典型的山地高密度城市形态。直辖以来,随着城镇化、工业化建设的迅速发展,城乡土地利用景观格局变化显著,经济社会发展与生态空间用地冲突日益显著。因此,本研究以重庆市为例,基于土地利用景观格局构建了土地利用冲突识别模型,从格网微观、乡镇局部以及县域宏观等三个尺度全面和系统地分析 1995—2020 年重庆市间土地利用冲突时空演化特征,解析其土地利用冲突演变规律,并耦合 MOP-PLUS 模拟 2030 年重庆市不同发展情景下的土地利用冲突格局,以期对区域国土资源空间优化配置提供参考,缓解区域人地矛盾,进而促进区域土地资源可持续利用与区域经济社会的可持续发展。

1 研究区概况及数据来源

1.1 研究区概况

重庆市位于中国西南地区,面积约为 $8.24 \times 10^4 \text{ km}^2$,地理位置介于东经 $105^\circ 11' - 110^\circ 11'$ 和北纬 $28^\circ 10' - 32^\circ 13'$ 。气候为亚热带湿润季风气候,夏热冬暖,雨热同期。重庆市是长江上游最大的中心城市,长江上游重要的产业、人才、科教和工商基地,是中国西部地区唯一通江达海的综合交通枢纽。重庆下辖 38 个区县,2020 年末常住人口为 3208.93×10^4 人,地区生产总值为 2.5 万亿元,较于 1997 年增加了 23477.53 亿元。土地利用类型以耕地和林地为主。经济的高速发展和城镇化进程的迅速推进,城市规模化急剧扩张,城镇化率由 1997 年的 31% 增长至 2020 年的 69.5%,区域发展用地矛盾日益激化。重庆经济社会发展迅速,山地占比高,具有集大城市、大农村、大山区、大库区于一体的特殊市情,城市发展对高质量土地的需求与相对缺乏的土地资源矛盾日益严重,给重庆市发展造成了重要影响,进而导致了一系列问题。故本研究选取重庆市作为研究地,具有较好的典型性和代表性。

1.2 数据来源

本研究以 1995—2020 年为研究年限,采用的 6 期土地利用数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中心 (<http://www.resdc.cn/>),共计 5110×4872 个网格单元,空间分辨率为 30m。参考已有分类标准^[30],将其分为 6 大类:耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地。社会经济数据来源于《全国农产品成本收益资料汇编(2021)》《重庆市统计年鉴(2000—2021)》。

2 研究方法

2.1 土地利用冲突指数

土地利用系统具有复杂性、脆弱性和动态性特点^[21],分析土地利用冲突则需从土地利用的复杂性、脆弱

性和动态性三方面进行综合考虑。参考相关研究成果^[21],将基于景观格局的土地利用冲突指数模型抽象为“复杂性+脆弱性+(-)动态性(稳定性)”,并借鉴其计算方法进行相关指数的测算,具体指数见表1。对研究区土地利用冲突指数进行标准化处理,从而消除不同指标间的量纲差异。

表1 土地利用冲突指数计算方法
Table 1 Land use conflict index calculation method

名称 Name	计算公式 Computing formula	意义 Meaning
复杂性指数 Complexity index	$AWMPFD = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left[\frac{2\ln(0.25 P_{ij})}{\ln a_{ij}} \times \frac{a_{ij}}{A} \right]$	反映人类活动对土地利用格局的影响大小,表征评价单元内斑块的复杂性 ^[21] 。式中, P_{ij} 为斑块周长, a_{ij} 为斑块面积, A 为空间单元总面积, m 为评价单元总数, n 为景观类型数。
脆弱性指数 Vulnerability index	$FI = \sum_{i=1}^n F_i \times \frac{a_i}{A}$	反映土地利用系统对外界压力的响应程度 ^[26] 。 F_i 为各类景观的脆弱性指数,借鉴前人研究成果 ^[21,26] ,该值分别为建设用地6,未利用地5,水域4,耕地3,草地2,林地1。 a_i 为评价单元内各类景观面积。
稳定性指数 Stability index	$SI = 1 - PD = 1 - \frac{n_i}{A}$	借助斑块密度负面反映景观的稳定性,表征风险效应 ^[22] 。 PD 为斑块密度, n_i 为评价单元内第 <i>i</i> 类斑块数目。
土地利用冲突指数 Land use conflict index	$LUCI = AWMPFD + FI - SI$	反映评价单元内土地利用冲突,值越大则冲突越强。参考周国华等 ^[29] 的研究,根据土地利用冲突指数的累计频率曲线分布特征和空间冲突呈倒“U”型演变规律,将研究区土地利用冲突指数进行划分。

2.2 评价单元划分

从格网微观尺度、镇域局部尺度和县域宏观尺度3个不同尺度解析土地利用冲突的演化过程,旨在全面系统的识别并分析土地利用冲突的演化规律。由于乡镇和县域的划分变化较大,本研究以2019年的重庆市行政区划为准,共计得到1017个乡镇评价单元和38个县级评价单元。由于Fragstats软件计算的各类景观指数结果对格网尺度大小的依赖性较高^[25],同时为了避免研究区的空间单元过于破碎,本研究对比了1km×1km,2km×2km,⋯,10km×10km共计10个不同尺度上的土地利用冲突指数。发现格网为6km×6km时,格网面积大,导致无法详细表征土地利用冲突情况。当格网为5km×5km时,土地利用冲突的空间分布特征能够较好的呈现。同时,相关景观指数尺度识别研究结果^[31]也显示,5km×5km的格网单元可全面反应研究区景观格局信息。故文章最终确定5km×5km为最佳格网划分尺度,共计得到3639个评价单元。在研究区边界未布满整个网格单元的,按照整个网格单元面积的形式参与计算。

2.3 MOP-PLUS 模型

MOP算法是数学规划的一个分支,能够实现一个目标在给定区域上的最优化,特别是当考虑宏观政策时^[6],可以解决复杂系统中目标相互冲突的问题。通过设置不同情景下的目标函数和约束条件来实现多目标下的土地利用结构优化,进而支持区域用地需求决策。

PLUS模型是一种新的模拟土地利用变化的模型,它可以挖掘土地利用变化的诱因,并且实现景观的动态精准模拟,弥补了传统模拟模型的不足,更有利于优化土地利用结构,实现空间上的优化^[32]。PLUS模型还可与MOP算法耦合,MOP算法设置了3种发展情景,利用研究区土地利用数据和约束条件,则可以实现数量上的优化。耦合MOP算法与PLUS模型构建了MOP-PLUS模型,其模拟结果能够更好的实现土地利用结构和土地利用数量的优化,可更好的推进土地资源的合理高效利用(图1)。MOP-PLUS模型的土地利用变化驱动因子和限制因子的选取参考相关研究^[33-34]进行设置(表2)。本研究利用2020年模拟的土地利用数据与同年真实土地利用数据进行模型精度验证,Kappa系数大于0.8,具有较高可信度,表明构建的MOP-PLUS模型满足研究需求。

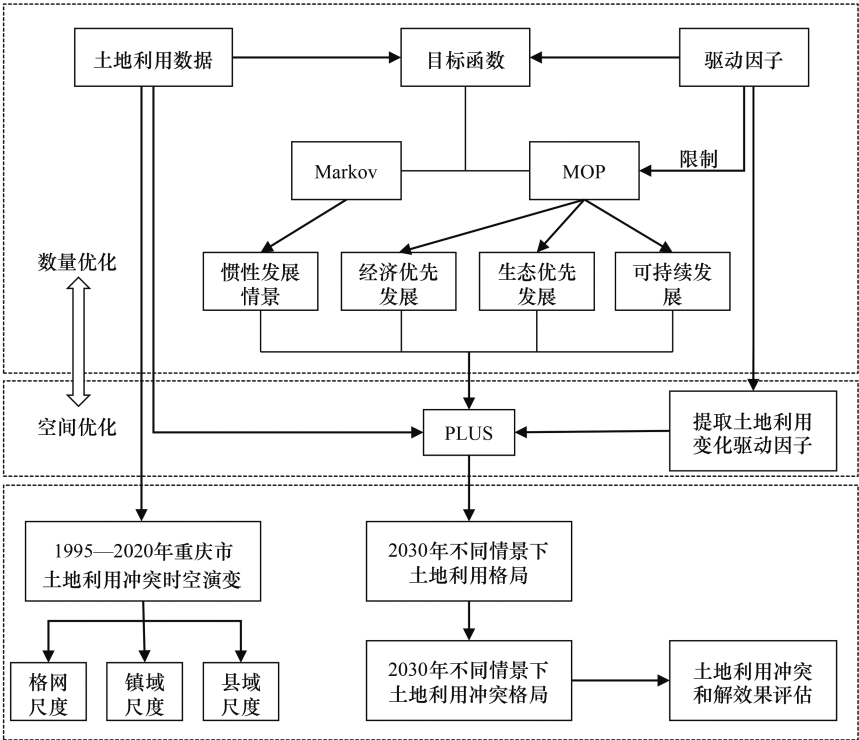


图 1 耦合 MOP 与 PLUS 的 MOP-PLUS 模型流程示意图

Fig.1 Schematic diagram of the flow of the MOP-PLUS model coupling MOP and PLUS

MOP;多目标规划 Multi-Objective Programming;PLUS;斑块生成土地利用变化模拟模型 Patch-generating Land Use Simulation

表 2 重庆市土地利用空间变化驱动因素和限制因素

Table 2 Spatial driving factors and limiting factors of land use change in Chongqing

数据类型 Category	数据名称 Data	获取日期 Year	原始分辨率 Original Resolution	数据来源 Data Resource
社会经济驱动力 Socioeconomic driver	人口	2010	1000m	https://www.geodoi.ac.cn/WebCn/Default.aspx
	GDP			
	到高速公路距离	2022	30m	OpenStreetMap(https://www.openstreetmap.org/)
	到铁路距离			
	到主干道距离			
	到一级公路距离			
	到二级公路距离			
	到三级公路距离			
气候和环境驱动力 Climatic and environmental driver	到政府距离	2022	30m	https://lbsyun.baidu.com/
	到火车站距离			
	土壤类型	1995	1000m	HWSD v 1.2
	气温	1970—2000	30 arc-sec	WorldClim v2.1(www.worldclim.org/)
	降水			
	高程	2016	30m	NASA SRTM v3.0
	坡度			
	地表起伏度			
限制因素 Constraints	归一化植被指数	2020	30m	http://www.nesdc.org.cn/
	到水域距离	2022	30m	OpenStreetMap(https://www.openstreetmap.org/)
	开放性水面			
	生态保护区			OpenStreetMap(https://www.openstreetmap.org/)

2.3.1 情景设定

本研究根据研究区经济社会发展趋势,并参考相关研究^[6]设置了重庆市未来土地利用变化的四种不同发展情境。分别为:惯性发展情景(ID)、经济优先发展情景(ED)、生态优先发展情景(PD)和可持续发展情景(SD)。ID情景反映了重庆市土地利用变化的历史趋势。借助MOP模型设置ED情景、PD情景和SD情景。通过对不同情景下的土地利用需求进行预测,进而实现2030年重庆市土地利用和土地利用冲突格局的模拟。

(1)ID情景:区域的发展一般存在发展的“路径依赖”。惯性发展情景是按照区域历史发展趋势发展的一种理想情景。ID情景下,通过Markov链生成2010—2020年土地利用转移概率矩阵,以预测2030年的用地需求。

(2)ED情景:重庆市作为4大直辖市之一,是我国长江上游地区的经济中心。ED情景模拟出经济产出最高的用地结构,可以充分利用各用地类型,进而实现经济效益最大化。此情景有助于科学把握经济飞速发展下重庆市可能面临的土地利用冲突或潜在威胁。其计算公式如下:

$$f_1(x) = \sum_{i=1}^6 ec_i \times x_i \quad (1)$$

式中, ec_i 为单位土地面积上第*i*种土地类型的经济效益(单位:万元/hm²); x_i 为第*i*种土地利用类型面积(x_{1-6} 别代表耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地); $f_1(x)$ 为总经济效益;参考Wang Ying^[35]等对武汉地区的研究,分别用农、林、牧、渔业产值估算耕地、林地、草地、水域的经济效益,建设用地的经济效益用第二和第三产业产值总和进行估算,未利用地没有经济效益,在此将其设为0;基于2000—2020年的经济数据,通过灰色预测模型GM(1,1)估算2030年各土地类型的经济效益,上述公式可以改为:

$$f_1(x) = 8.06 x_1 + 0.72 x_2 + 23.32 x_3 + 16.54 x_4 + 1555.64 x_5 + 0 x_6 \quad (2)$$

则目标优化函数为 $\max f_1(x)$ 。

(3)PD情景:直辖以来重庆市经济和人口增长迅速,其必然会对生态环境造成威胁^[36]。如何缓解对生态环境造成的威胁,成为亟需解决的问题。PD情景通过设置生态系统服务价值和生态承载力来保证重庆市生态的优先发展,PD情景可以模拟出生态效益最高的用地结构,进而实现生态效益最大化。此情景有助于缓解生态风险,缓和土地利用冲突。生态系统服务价值计算公式如下:

$$f_2(x) = \sum_{i=1}^6 esv_i \times x_i \quad (3)$$

式中, esv_i 为第*i*种土地利用类型单位面积的生态系统服务价值(单位:万元/hm²); $f_2(x)$ 为总生态系统服务价值效益;生态系统服务价值具体计算方式参考相关研究^[6,37-38]。根据Costanza^[39]等对全球生态系统服务的研究,将建设用地生态系统服务价值系数设为0,上述公式可以改为:

$$f_2(x) = 1.64 x_1 + 16.45 x_2 + 7.56 x_3 + 28.37 x_4 + 0 x_5 + 0.27 x_6 \quad (4)$$

生态承载力计算公式如下:

$$f_3(x) = \sum_{i=1}^6 ec_i \times x_i \times (100 - 12) \% \quad (5)$$

$$ec_i = q_i \times y_i \quad (6)$$

式中, ec_i 为各土地利用类型的生态承载力; $f_3(x)$ 为总生态承载力; q_i 为均衡因子,是以第*i*种土地利用类型的生物生产力比上全球所有生产性土地的平均生物生产率; y_i 为产量因子,是以第*i*种土地利用类型的生物产量比上全球同类土地的平均生物产量;根据Wackernagel^[40]等对自然资本核算的研究,需要保留12%的生物生产力用于生物多样性的保护,因此在计算 ec_i 时,将其扣除;根据相关研究^[41]对 q_i 和 y_i 进行赋值,则上述公式可以改为:

$$f_3(x) = 3.34 x_1 + 0.61 x_2 + 0.25 x_3 + 0.42 x_4 + 3.34 x_5 + 0 x_6 \quad (7)$$

则多目标优化函数为 $\max\{f_2(x), f_3(x)\}$ 。

(3)SD 情景:实际上,经济效益和生态效益并非不可兼顾,两者甚至可以相辅相成。为了寻找经济增长和生态建设新的契合点,SD 情景将经济和生态有机结合,通过设置经济最大化和生态最大化来保证土地利用的可持续发展,构建和谐的人地关系,化解经济增长和生态保护的矛盾,促进土地合理、高效的开发利用。则多目标优化函数为 $\max\{f_1(x), f_2(x), f_3(x)\}$ 。

2.3.2 约束条件

通过 MOP 算法优化的目标函数会受到现实条件的制约,基于现有的研究规划以及研究区实际,确定目标函数的约束条件表 3:

表 3 多目标规划的约束条件
Table 3 Constraint conditions of multi-objective programming

公式 Formula	意义 Meaning
$\sum_{i=1}^6 = 82400$	1.各土地利用类型的面积总和必须等于研究区总面积。
$320(x_1 + x_2 + x_3) + 3700 x_5 \leq 37500000$	2.基于重庆市经济社会历史资料,通过 GM(1,1)模型预测重庆市 2030 年人口数小于 3750 万人,耕地、林地和草地人口密度为 320 人/km ² ,建设地为 3700 人/km ² 。
$2385.66 \leq x_5 \leq 3444.34$	3.建设用地一般比较稳定,很少会向其他用地进行转移,所以设置 2020 年建设用地面积为下限,以 Markov 链预测的 2030 年建设用地面积的 1.2 倍为上限。
$21707 \leq x_1 \leq 37409.8$	4.基于重庆市历史土地利用数据可以发现,在过去的几十年中,耕地呈现出减少的态势,转化为其他用地,且这种转化通常都是不可逆的,所以设置 2020 年耕地面积为上限,参考《全国土地利用总体规划纲要(2006—2020 年)调整方案》,对耕地面积的下限进行设置。
$x_3 + x_6 \geq 82400 \times 2.5\%$	5.设置草地和未利用地面积之和的占比不低于 2.5%,以满足土地利用多样性的需求。
$0.46 x_1 + x_2 + 0.49 x_3 \geq 82400 \times 66\%$	6.以生态绿当量计算森林覆盖率,参考 Liu Yanfang ^[42] 等对土地利用结构优化的研究将耕地、林地以及草地的当量系数分别设为 0.46、1.00 和 0.49。设置重庆市森林覆盖率不能低于 2020 年的 66%覆盖率。
$1.64 x_1 + 16.45 x_2 + 7.56 x_3 + 28.37 x_4 + 0.27 x_6 \geq 6548681421$	7.设置 2020 年生态系统服务价值为下限,2030 年重庆市生态系统服务价值应超过 2020 年水平。
$6959.95 \leq x_3 \leq 7598.10$	8.设置 2020 年草地面积为上限,以 Markov 链预测的 2030 年草地面积为下限。
$1335.90 \leq x_4 \leq 1482.57$	9.基于重庆市历史土地利用数据可以发现,重庆市水域面积呈现扩大趋势,所以设置 2020 年水域面积为下限,以 Markov 链预测的 2030 年水域面积为上限。
$0 \leq x_6 \leq 19.17$	10.无论哪一种发展情景,对于未利用地的开发都需要充分且合理,所以设置 2020 年未利用地面积为上限,下限设置为 0。
$x_i \geq 0, i = 1, 2, \cdots, 6$	11.每一个限制变量都必须是非负值。

首先将不同情境下的目标函数以及约束条件导入 LINGO 18.0 中进行求解,从而获得 2030 年三情景下的土地利用需求。其次,将不同情景的土地利用需求数据导入 PLUS 模型中,模拟出 2030 年不同情景下的土地利用格局。最后,通过空间化土地利用冲突指数实现对 2030 年重庆市不同发展情景下的土地利用冲突格局的模拟。

3 结果分析

3.1 土地利用冲突多尺度时空分异

3.1.1 县域尺度

根据县域土地利用冲突指数的累计频率曲线分布特征和土地利用空间冲突呈倒“U”型演变规律,结合自然间断点分级法分为四个等级:Ⅰ轻度冲突(0.00,0.12)、Ⅱ一般冲突[0.12,0.25)、Ⅲ中度冲突[0.25,0.40)和Ⅳ重度冲突[0.40,1.00)。

1995—2020 年重庆县域土地利用冲突空间分布特征差异显著,土地利用冲突空间分布与海拔高度存在极强的耦合性(图 2)。1995—2020 年土地利用重度冲突区主要分布在重庆中心城区及周边的永川区。重度

冲突区由渝中区为核心逐渐向外扩张,且重度冲突区占比持续增大,这些区域海拔较低,历史发展早,人口密度大,经济发达,是重庆市传统核心区,主要用地类型为城镇建设用地与工业用地,对土地资源的需求较高,但存量土地极少,是不同利益者争夺的热点区域,进而引发重度冲突。土地利用轻度冲突区主要分布在渝东北的大巴山区、渝东南的武陵山区,这些区域海拔较高,山地占比较大,地形复杂,植被覆盖度高,平坝土地相对短缺,但人口密度低,经济发展相对落后,人为干扰较少,因而为轻度冲突区。土地利用中度冲突区主要分布在重度冲突区周围的渝西地区,研究期内一般冲突区占比不断增加,分析认为伴随着城镇化水平提高,城市规模不断扩大,中心城区建设用地向迅速扩张,城市核心城区土地利用矛盾的加剧,城市发展必然向周边寻求更大的发展空间,进而侵占周边的生态用地。因此,随着城市的发展,土地利用重度、中度冲突区在空间上存在较为明显的周边扩散效应,土地利用冲突的扩散一般伴随着经济扩散。研究期内,重庆市县域土地利用冲突指数呈现上升趋势,土地利用冲突均值由 1995 年的 0.19 增加至 2020 年的 0.30,土地利用冲突未得到明显改善。

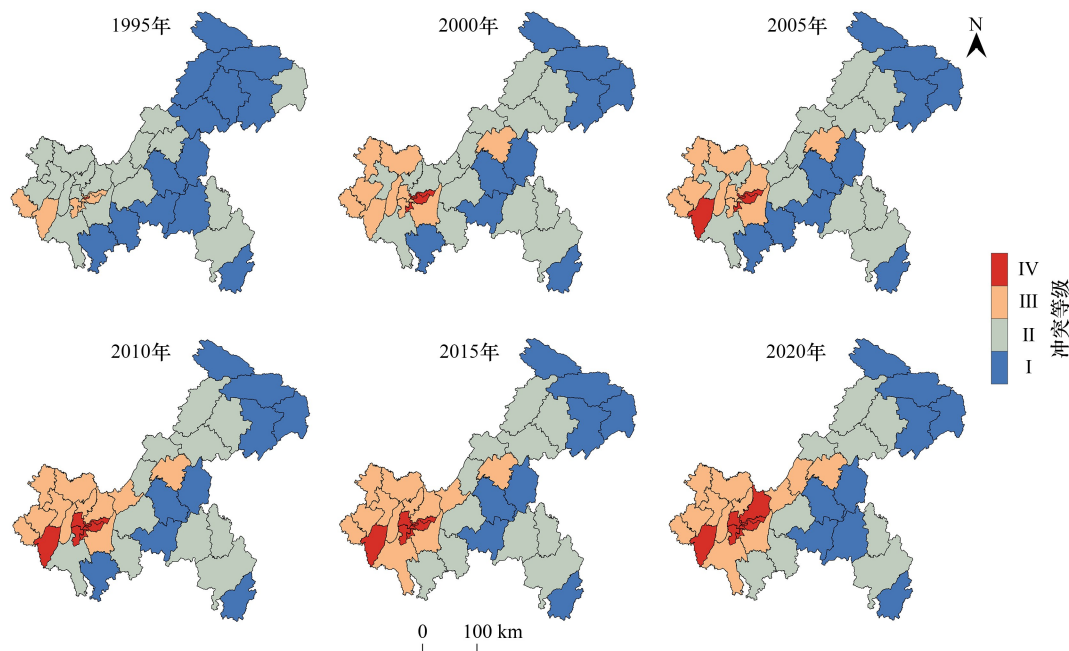


图2 1995—2020 年重庆市县域尺度土地利用冲突空间分布图

Fig.2 Spatial distribution of land use conflict at county scale in Chongqing from 1995 to 2020

I:轻度冲突;II:一般冲突;III:中度冲突;IV:重度冲突

3.1.2 镇域尺度

根据镇域土地利用冲突指数的累计频率曲线分布特征和土地利用空间冲突呈倒“U”型演变规律,结合自然间断点分级法分为四个等级:I轻度冲突(0.000,0.069)、II一般冲突[0.069,0.075)、III中度冲突[0.075,0.144)和IV重度冲突[0.144,1.000)。

1995—2020 年重庆市镇域尺度土地利用重度冲突区主要分布在中心城区及永川区,零星分布在其他区县乡镇,且重度冲突区分布地区海拔均较低,土地利用重度冲突空间分布与县域尺度有一定共性;土地利用轻度冲突区分布格局与县域尺度具有很大的相似性,主要分布地区地势较高,地形崎岖,人为干扰较少(图3)。1995—2005 年重庆市土地利用轻度冲突区覆盖广泛,土地利用重度冲突区则主要分布在中心城区且数量较少。1995—2005 年重庆市土地利用冲突在乡镇地域体现较为明显,由于在该阶段重庆市城镇化水平较低,乡村人口外流较少,人口大量在乡镇地区进行生产生活,且生计对耕地依赖性较大,农业是农民收入的重要来源,导致耕地利用多样化与利用强度较大,导致乡镇地区土地利用冲突等级相对较高,中度冲突区分布较广。2005—2020 年重庆市镇域尺度土地利用冲突相较之前虽有所缓解,但冲突程度仍在日益加深。伴随重庆市

经济发展结构不断优化调整,工业化、城镇化进程不断加快,对建设用地的需求迅速扩大以及乡村人口大规模析出农业向城市地域的流动就业^[43],推动了城市规模的扩展导致城市成为土地利用冲突迅速提高,成为土地利用冲突的核心地域。在该阶段中心城区作为经济和人口最密集的区域,土地利用冲突重度区面积不断扩张,表明此区域土地利用冲突较为严峻。2005—2020年,轻度冲突区急剧减少,转化为中度冲突,同时重度冲突区数量大幅增加,表明重庆市城乡经济社会的发展在整体上提高镇域尺度上全市的土地利用的冲突程度。

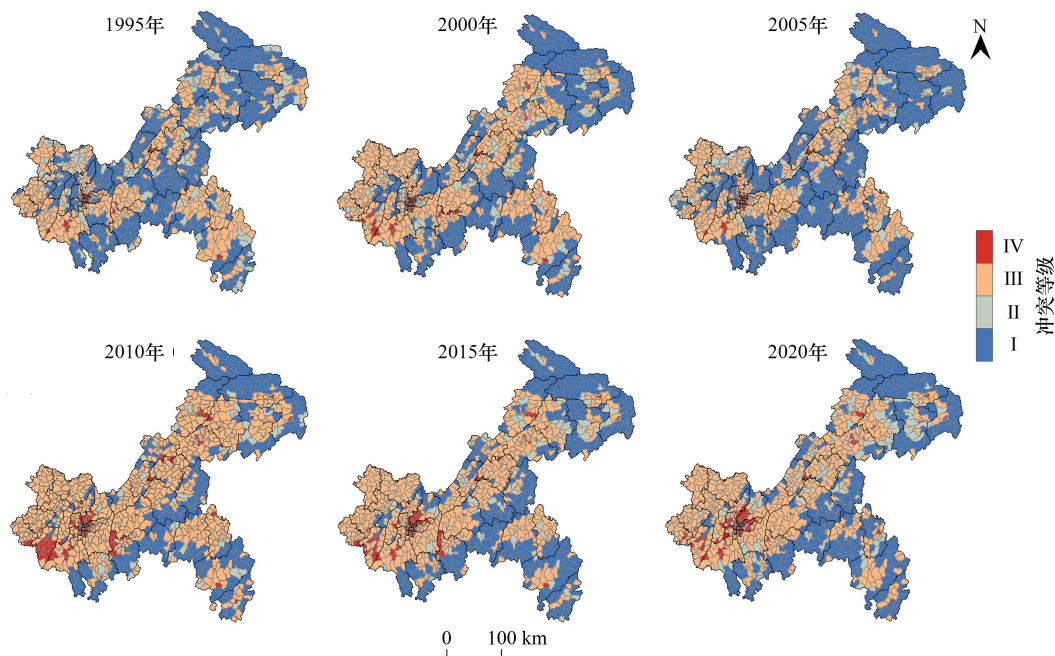


图3 1995—2020年重庆市镇域尺度土地利用冲突空间分布图

Fig.3 Spatial distribution of land use conflict at township scale in Chongqing from 1995 to 2020

3.1.3 格网尺度

根据格网土地利用冲突指数的累计频率曲线分布特征和土地利用空间冲突呈倒“U”型演变规律,结合自然间断点分级法分为四个等级:Ⅰ轻度冲突(0.0,0.3)、Ⅱ一般冲突[0.3,0.5)、Ⅲ中度冲突[0.5,0.7)和Ⅳ重度冲突[0.7,1.0)。

1995—2020年重庆市格网尺度上土地利用冲突强度与空间聚集程度呈现出上升趋势,变化较大的区域主要集中在中心城区建成区及其周边地区(图4)。不同于县域和镇域尺度的是,在格网尺度下土地利用冲突发生的空间位置更加详细具体。重度冲突区显著增加,空间集聚程度逐年上升,主要分布区域位于中心城区及其周边地区。该类地区地形相对平坦,经济社会发展水平高,经济密度人口密度大,人为干扰剧烈,导致土地利用冲突强度相对较高。土地利用轻度冲突区整体上也呈现出一定的增加趋势,增加区域主要分布于重庆大巴山区和重庆武陵山区。该类地区海拔较高,地形地貌复杂,地形崎岖,山地占比高,社会经济发展水平较低,整体上人为干扰剧烈程度不高。但2005年以后土地利用轻度冲突区增加明显,分析认为我国退耕还林还草、石漠化治理、坡耕地水土保持治理等多种生态修复建设的不断增强,同时乡村人口外流的持续发展,共同驱使区域景观脆弱性降低,其中渝东北及渝东南地区土地利用冲突等级降低相对显著,大量坡耕地转化为草地、林地,并且部分低质量旱地出现弃耕、撂荒等现象,整体上区域景观脆弱性降低,导致该阶段土地利用中度冲突区面积缩减明显,少部分转化为一般冲突区。总体上,1995—2020年格网尺度上重庆市土地利用冲突没有显著缓解,变化较大区域集中在中心城区、各区县建成区及其周边地区。

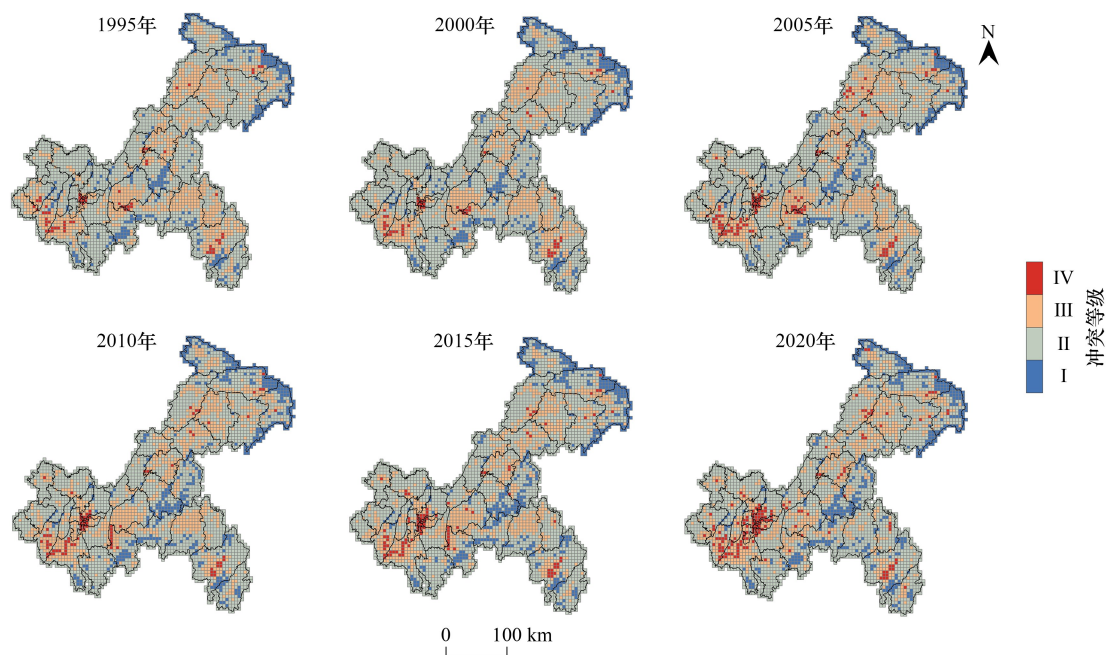


图4 1995—2020年重庆市格网尺度土地利用冲突空间分布图

Fig.4 Spatial distribution of land use conflict at grid scale in Chongqing from 1995 to 2020

3.2 土地利用冲突格局多情景模拟

格网尺度下土地利用冲突发生的空间位置更加详细具体,因此本研究在格网尺度上模拟重庆市未来不同发展情境下的土地利用冲突空间分布格局。2030年重庆市不同发展情景模拟下的土地利用冲突空间分布格局与1995—2020年重庆市土地利用冲突空间格局特征保持较高的相似性,但也存在一定差异(图5)。

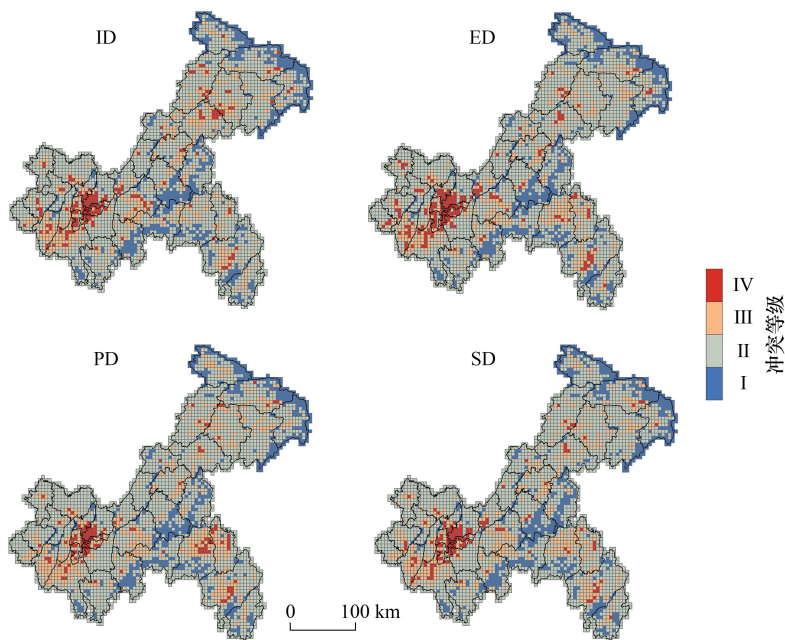


图5 不同发展情景下2030年重庆市土地利用冲突空间分布图

Fig.5 Spatial distribution of land use conflict under different development scenarios in Chongqing in 2030

ID: 自然发展 Inertial Development; ED: 经济优先发展 Economic Priority Development; PD: 生态优先发展 Ecological Priority Development; SD: 可持续发展 Sustainable Development

2030 年不同发展情境下土地利用轻度冲突区主要分布在海拔较高的重庆大巴山区及重庆武陵山区,土地利用重度冲突区依旧主要分布在中心城区及各区县建成区及其周边地区。表明土地利用冲突分布与社会经济发展集中区存在重叠,并在空间扩散上受地形地貌限制显著,导致土地利用冲突在部分地区的持续增强而无法向周边溢出。土地利用冲突主要是由于不同利益主体间的冲突所引起的,但当其作用于土地利用时会受到自然环境本底的影响,使其无法突破海拔的限制向地势更高地区蔓延,只能围绕已有冲突地区在地势较为平缓地区扩张。

不同发展情景模拟下,土地利用冲突的空间分布以及冲突等级均有较大的不同。ID 情景延续了区域历史发展趋势,土地利用轻度及重度冲突区均向四周扩张相对缓慢,但面积持续增大,而中度冲突区出现一定的缩减趋势。由于 ID 情景下区域经济社会按照历史发展演化趋势惯性发展(表 4),区域经济社会发展的重心极化效应持续增强,受地形限制,土地利用冲突重度区空间上向周边扩散溢出缓慢,景观脆弱度提高,进而冲突等级提高,在中心城区以及各区县中心地区表现最为明显,整体上表现出土地利用冲突轻度及重度冲突区扩张缓慢(图 5)。ED 情景下是土地利用冲突演化最显著的情景,土地利用重度冲突区均广泛分布,此情景是以经济快速发展为核心诉求,忽视生态文明建设等,从而导致土地利用重度冲突区明显扩展(图 5),土地利用冲突水平在一定程度上与经济社会发展状况呈现出明显的正相关关系。PD 情景下,土地利用轻度冲突区面积显著增加,并集中分布在渝东南和渝东北地区,同时土地利用重度冲突区缩减明显。PD 情景以生态优先发展为目标,从而有效的抑制了土地利用重度冲突的外延扩张。SD 情景协调了经济社会发展和生态环境保护,由于受到了 MOP 约束条件的限制,其土地利用结构以及土地利用冲突程度更加稳定和缓和,其各等级土地利用冲突水平在所有情景中均处于中间水平(图 5)。

表 4 不同发展情景模拟下重庆市 2030 年土地利用结构/%

Table 4 Land use structure of Chongqing in 2030 under different development scenarios

土地利用类型 Land use type	2020 年 2020	ID 情景 ID scenario	ED 情景 ED scenario	PD 情景 PD scenario	SD 情景 SD scenario
生态用地 Ecological land	97.08	95.35	95.74	97.03	96.29
耕地 Cropland	45.41	44.58	43.60	44.29	44.06
林地 Forest	40.83	41.09	41.36	41.92	41.36
草地 Grassland	9.22	7.83	9.16	9.16	9.16
水域 Water	1.62	1.85	1.63	1.67	1.71
建设用地 Built-up land	2.90	4.63	4.24	2.95	3.69
未利用地 Unused land	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02

ID:自然发展 Inertial Development;ED:经济优先发展 Economic Priority Development;PD:生态优先发展 Ecological Priority Development;SD:可持续发展 Sustainable Development;生态用地:耕地、林地、草地、水域的总和

3.3 不同发展情景下土地利用冲突演化分析

为了评估不同发展情景下土地利用冲突缓解效果,计算重庆市 1995—2020 年以及未来 2030 年不同发展情景下的各等级土地利用冲突区面积占比,绘制重庆市各发展情景下土地利用重度冲突、重度和中度冲突及一般冲突等级土地利用冲突占比变化趋势(图 6)。

1995—2020 年重庆市土地利用重度冲突区面积占比呈现出波动上升的变化趋势,由 1995 年的 2.32% 上升至 2020 年的 5.41%,重度冲突面积扩张明显,表明 1995—2020 年重庆市人地矛盾逐渐加剧,土地利用冲突加深。重度冲突面积在 2005—2010 年间大面积缩减,主要原因与我国推行的退耕还林还草、石漠化综合治理、“长防”工程建设、水土流失治理等一系列生态修复建设有关。从土地利用重度冲突区的模拟结果来看, ID 情景延续了历史的发展趋势,使重度冲突继续向外扩张;ED 情景为模拟最为严峻情景,重度冲突面积占比最大;PD 和 SD 情景下,土地利用重度冲突区占比趋势发生扭转,表明土地利用冲突有所改善,PD 情景为模拟最优情景,土地利用重度冲突区面积占比最小,SD 情景略优于 PD 情景。

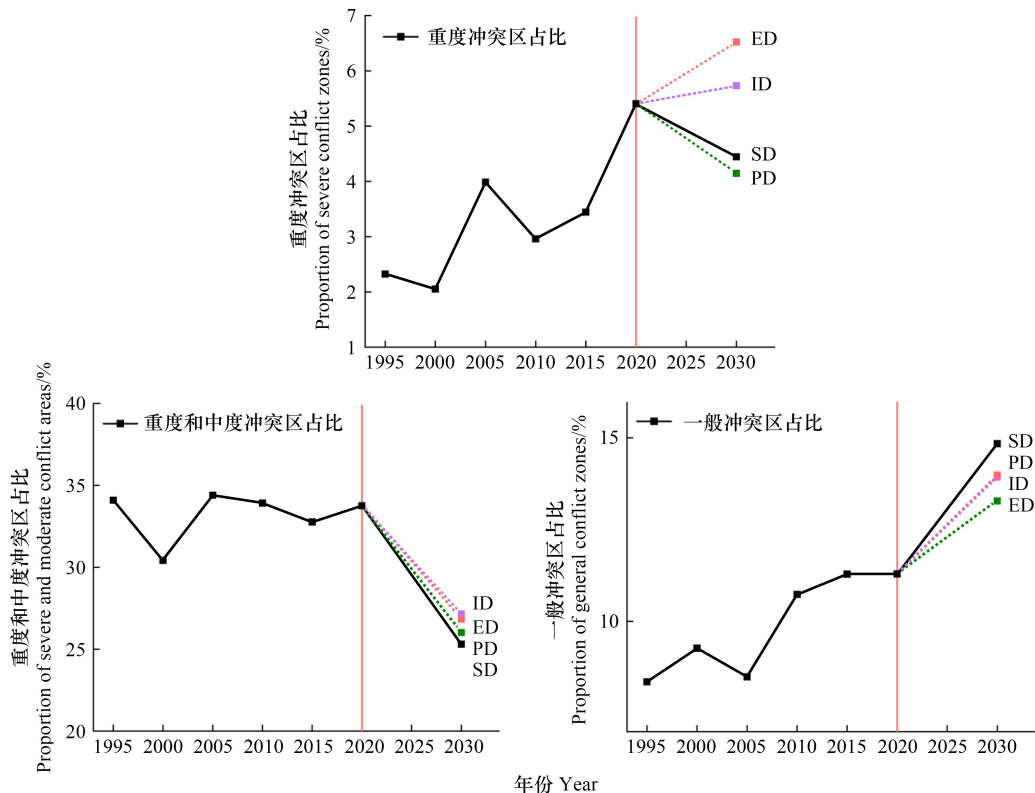


图 6 不同发展情景下 2030 年重庆市土地利用冲突不同等级占比演化趋势图

Fig.6 The evolution trend of different grades of land use conflict in Chongqing in 2030 under different development scenarios

1995—2020 年重庆市重度和中度区冲突面积占比变化幅度较小,仅在 1995—2005 年间波动较大。从模拟情况来看,不同情景下的演化均表现为下降趋势,中度冲突区大幅缩减,逆向转化为较低等级的冲突区,土地利用冲突得到一定控制。SD 情景为模拟土地利用冲突最优情景,PD 情景次之;不同情景呈现下降趋势的原因不同,ID 和 ED 情景下优先目标是经济保持发展,城镇、工矿等建设用地继续外延式扩张,农村大量劳动力析出农业进入非农领域就业,城市规模持续扩张。乡村常住人口密度显著降低,耕地利用出现一定非粮化、非农化趋势,土地弃耕、撂荒等现象普遍,土地利用强度出现下降,导致土地利用轻度冲突区的扩张现象。PD 和 SD 情景下,政府在关注经济发展的同时,注重生态文明建设,土地利用冲突问题在一定程度上得到显著缓解。

1995—2020 年重庆市土地利用一般轻度冲突区面积占比总体呈现出上升趋势。但在 2000—2010 年出现了转折,这与重度冲突区变化趋势相反,一般冲突区面积大幅增加,这也主要得益于区域实施的一系列生态修复措施和经济结构的调整。从土地利用一般冲突区的模拟情况来看,不同情景下的演化均呈上升趋势。SD 情景下土地利用一般冲突区面积占比最大,PD 情景次之,一般冲突区面积占比在 ED 情景下最小。

整体上,PD 和 SD 情景下的土地利用策略可以有效改善重庆市土地利用冲突,缓解人地矛盾。但是 PD 情景以生态保护为最终目标而忽视了经济发展的重要性,甚至会阻碍经济发展,进而影响重庆市经济社会的可持续发展。从区域发展的总福利来看,过于追求经济或生态单一发展目标,都将损害区域发展的总福利。因此,兼顾经济发展与生态环境保护的 SD 情景,在一定程度上缓解了控制了土地利用冲突程度,并实现了较高的经济发展和较好的生态保护,其区域发展总福利更高,是区域发展更好的路径选择。

4 讨论

4.1 土地利用冲突多尺度时空演化特征

1995—2020 年重庆市不同尺度下的土地利用重度冲突区呈现波动上升的变化趋势,冲突等级较低的地

区相应的出现缩减趋势。重庆市作为长江上游最大的经济中心,随着工业化、城市化发展,现有城镇建设用地无法已满足城市发展空间的需求,城镇建设用地外延式持续扩张,占用大量耕地及部分生态用地,整体上土地利用冲突也不断增强。土地利用冲突变化情况与官冬杰等^[44]、杨远琴等^[45]、马世五等^[46]对重庆三峡库区土地利用冲突和生态质量变化研究结果是一致的,伴随着经济社会发展而出现的土地需求急剧增长,驱动区域土地利用冲突的强度。重庆市县域、镇域及格网不同尺度下的土地利用冲突格局存在一定共性,冲突等级在空间分布上具有较高相似性。由于土地利用冲突不仅受到人为经济社会活动的驱动,同时也受自然本底环境的影响限制。经济活动追求最大效益总是倾向于利用平坦的易开发土地,这就决定了不同空间尺度下,重度、中度土地利用冲突区始终主要分布在经济活动密度大而海拔较低、地势相对平坦的中心城区及其周围辐射地区,轻度、一般土地利用冲突区则始终主要分布在海拔较高、植被覆盖度较高、地势相对崎岖,人为经济社会活动较弱的渝东北和渝东南地区,其分属秦巴山区和武陵山区。

但县域、镇域及格网不同尺度下的土地利用冲突格局也存在一定差异。格网尺度下,由于研究空间尺度相较于其他两个尺度更小,不同等级土地利用冲突发生的空间位置与边界、空间格局变化更加具体和准确。镇域尺度相较网格尺度,在土地利用冲突位置与边界确定上不如网格尺度精细,但可以明确土地利用冲突等级区在乡镇的明确位置,乡镇尺度发展水平差异太大,存在土地利用冲突等级阈值划分相对不准确的问题。县域尺度由于评价单元大,只能相对反映区县间土地利用冲突纵向时间维度的空间变化和不同区县间土地利用冲突等级变化及空间变化,不能具体反映区县内部土地利用的竞争冲突的空间变化。乡镇尺度和格网尺度更能具体的反应土地利用竞争冲突的细部动态变化,对土地利用冲突管理精准施策提供了有效支持。县域和镇域尺度下的空间幅度及粒度均高于及格网尺度,这就导致县域和镇域尺度研究的分辨率较低,小范围内的景观易被模糊或忽略,这并不意味着县域和镇域尺度下的研究结果失真。格网尺度以微观视角进行评估,可精细化反映区域内部土地利用冲突的细部变化特征,但其无法反应整体特征,不利于土地利用冲突的优化调控管理。不同尺度下的土地利用冲突研究均有其对应的实践目标,研究不同尺度下的土地利用冲突变化,揭示其时空演化特征,为从不同层次管理维度解决土地利用冲突问题提供了支持。因此,从优化调控的管理者视角出发,针对不同层次管理部门,在优化调控实践中,要根据调控目标,针对不同范围选择不同尺度的研究结果为土地利用冲突管理提供支持。

4.2 土地利用冲突情景模拟模型分析

土地利用规划的一项基本任务是建立科学合理的土地利用配置方案,方案要达到土地资源的合理分配,满足不同利益主体对土地资源的需求,并需求土地资源分配的“帕累托最优”,更好的推动区域土地资源合理利用和区域发展。用地结构不合理是土地利用冲突产生的直接原因,在数量上合理分配土地利用资源,在空间上优化用地结构,降低土地利用冲突强度,就成为实现土地资源可持续利用的关键。以往土地利用模拟所采用的传统方法并不能很好实现土地资源的数量优化以及土地资源的空间格局优化。因此,科学合理的模拟土地利用变化就成为缓解土地利用冲突的重要基础。

MOP-PLUS 模型由 MOP 和 PLUS 模型组成,有效的实现了土地资源数量与空间格局的优化。MOP 是一种自上而下的算法,通常指的是问题解决过程中从高层级到低层级的方法,问题被分解为多个相互关联或相互依赖的子问题,并按照优先级进行逐步处理。通过综合所有子问题的解决方案或通过迭代过程,得到整体问题的最优解或近似最优解。MOP 算法可以解决具有相互冲突目标的复杂模拟过程,使土地利用需求在各种条件的约束下达到不同情景设定的特定目标。PLUS 模型与以往土地利用变化模拟模型相比,提出了土地扩张分析策略和多类型种子生长机制,使土地利用格局模拟可以更加贴近客观的模拟土地利用空间格局。PLUS 模型在土地利用变化空间模拟需要先预测区域土地利用变化总需求量作为模型约束,而 MOP 可提供不同发展情境下的土地利用数量。MOP 耦合自下而上的 PLUS 模型可有效实现不同发展情景下土地利用的数量与空间演变模拟,结合 MOP 自上而下的数量优化和 PLUS 模型自下而上的空间优化两个方面,则可以同时优化土地利用的数量结构和空间变化格局。MOP-PLUS 模型可以为不同的区域设置具有区域特征的情景目

标和约束条件,在土地资源定量优化的基础上同时实现土地利用空间优化,使研究结果更加贴近土地利用变化的客观实际。

重庆不同于其他平原省份,山地面积占比高,地形崎岖,山地植被覆盖度较大,地形地貌对经济社会发展影响显著。地形地貌对经济社会活动具有显著的空间限制作用,在土地资源尚有存量的前提下,在效益最大化原则驱动下,经济活动总是趋向于需求效益产出更高的土地资源。因此本研究在充分借鉴 Liang Xun 等^[33]研究武汉市土地利用模拟设置的驱动因子基础之上,结合了 Li Yuechen 等^[34]对重庆市土地利用变化模拟研究,将研究区归一化植被指数和地形起伏度纳入土地利用模拟的驱动因子,并约束了研究区生态系统功能服务价值,这在本质上将土地利用竞争冲突发生区界定在了相对适宜开发的土地资源之上,也更突出了生态空间变化的模拟,对山地地区土地利用模拟研究是合理的。

未来在设置不同情景的约束条件时,需要更好地融合政府土地利用、生态环境保护等相关政策因素,以进一步提升研究的可信度与实用性。同时,针对城市土地利用垂向开发明显、地下空间用于城市基础服务等问题,需要进一步深入研究城市地下空间开发对土地利用冲突的影响,构建更为完善的模型来开展模拟研究。这样不仅能够更好地反映实际情况,而且能够为城市发展规划和管理提供更全面、更可靠的科学依据。

5 结论与建议

文章基于土地利用景观格局构建了土地利用冲突识别模型,从格网微观、镇域局部以及县域宏观三个尺度分析 1995—2020 年重庆市土地利用冲突时空演化特征及演变规律,并耦合 MOP-PLUS 模型模拟了 2030 年重庆市不同发展情景下的土地利用冲突演化。得出以下主要结论:

(1) 1995—2020 年重庆市土地利用冲突有所加剧,重度冲突区面积占比增加了 3.09%。不同尺度下的土地利用冲突空间格局存在较大相似性,土地利用重度冲突区主要分布于海拔较低、人口稠密以及经济发达的中心城区及其周边地区,区县建成区。土地利用一般冲突区主要分布在地形崎岖、海拔较高以及人为干扰较少渝东南和渝东北地区。

(2) 1995—2005 年重庆市土地利用冲突区主体位于乡村地域,整体冲突度低。随着工业化、城市化以及乡村人口大规模流向城市,城市经济社会发展迅速,城市规模急剧扩大,2005 年后土地利用冲突热点区域的城市地域集聚效应显著,城市及周边地区土地利用冲突区面积和土地利用冲突度显著提升。

(3) 以经济活动为表征的人类活动干扰和自然生态环境基底中地形地貌对土地利用空间约束作用共同决定了重庆市土地利用冲突空间格局特征。在自然本底条件相似的情况下,经济社会发展因素是区域土地利用冲突变化的主要驱动因素,地形地貌对土地利用空间的限制,加剧了区域土地利用冲突重度的发展。

(4) 不同发展情景中的可持续发展情景下,重庆市总体土地利用冲突水平最低,中度和重度冲突区面积占比为 25.31%,是区域未来最优发展路径。但土地利用重度冲突区依然存在于中心城区及周边、各区县中心地带。区域土地利用冲突的调控应以区域结果最优为原则,追求区域发展总福利最大,并在不同尺度上有针对性制定不同维度的土地利用管理政策体系。

为应对土地利用冲突,重庆市应根据发展目标,制定科学适用的“多规合一”规划,进行土地资源利用空间重构,促进生活、生产、生态“三生”空间合理布局和优化,协调城乡发展空间关系,缓解土地利用冲突。针对不同等级的土地利用冲突区制定不同的土地利用管理策略:(1) 土地利用中度和重度冲突区,应该合理规划城市发展空间结构,合理规划城镇、工矿等建设用地,调整产业结构,提高土地利用集约化程度。(2) 土地利用冲突轻度和一般冲突区,应该强化城镇开发边界,合理规划用地结构,增强土地使用的多功能性,提高土地利用集约度,落实基本农田保护管理等土地利用类型。

参考文献 (References):

- [1] Tuan Y F. Geography, phenomenology, and the study of human nature. *The Canadian Geographer*, 1971, 15(3): 181-192.

- [2] 傅伯杰. 土地资源系统认知与国土生态安全格局. 中国土地, 2019(12): 9-11.
- [3] 王健, 刘欣雨. 基于“风险—效应”的土地利用空间冲突识别与测度. 农业工程学报, 2022, 38(12): 291-300.
- [4] 江颂, 蒙古军. 土地利用冲突研究进展: 内容与方法. 干旱区地理, 2021, 44(3): 877-887.
- [5] Chen L T, Cai H S. Study on land use conflict identification and territorial spatial zoning control in Rao River Basin, Jiangxi Province, China. Ecological Indicators, 2022, 145: 109594.
- [6] 张潇, 谷人旭. 土地利用冲突的时空格局刻画与多情景模拟研究——以长江三角洲城市群为例. 地理研究, 2022, 41(5): 1311-1326.
- [7] Dong G L, Ge Y B, Jia H W, Sun C Z, Pan S Y. Land use multi-suitability, land resource scarcity and diversity of human needs: a new framework for land use conflict identification. Land, 2021, 10(10): 1003.
- [8] 周侃, 樊杰, 盛科荣. 国土空间管控的方法与途径. 地理研究, 2019, 38(10): 2527-2540.
- [9] 邹利林, 刘彦随, 王永生. 中国土地利用冲突研究进展. 地理科学进展, 2020, 39(2): 298-309.
- [10] Campbell D J, Gichohi H, Mwangi A, Chege L. Land use conflict in Kajiado District, Kenya. Land Use Policy, 2000, 17(4): 337-348.
- [11] 赵旭, 汤峰, 张蓬涛, 胡波洋, 徐磊. 基于 CLUE-S 模型的县域生产-生活-生态空间冲突动态模拟及特征分析. 生态学报, 2019, 39(16): 5897-5908.
- [12] Hui E C M, Bao H J. The logic behind conflicts in land acquisitions in contemporary China: a framework based upon game theory. Land Use Policy, 2013, 30(1): 373-380.
- [13] Cruz-Daraviña P A, Suescún J. Freight operations in city centers: a land use conflict in urban planning. Land Use Policy, 2021, 108: 105575.
- [14] Hjalager A M. Land-use conflicts in coastal tourism and the quest for governance innovations. Land Use Policy, 2020, 94(C): 104566.
- [15] 邱国强, 牛潜, 吴振华, 郭珊珊, 秦琳, 汪应宏. 苏锡常城市群土地利用冲突空间测度及异质性分析. 水土保持研究, 2022, 29(4): 400-406.
- [16] 马学广, 王爱民, 闫小培. 城市空间重构进程中的土地利用冲突研究——以广州市为例. 人文地理, 2010, 25(3): 72-77.
- [17] 刘盛和. 城市土地利用扩展的空间模式与动力机制. 地理科学进展, 2002, 21(1): 43-50.
- [18] Reyes-García V, Orta-Martínez M, Guezé M, Luz A C, Paneque-Gálvez J, Macía M J, Pino J. Does participatory mapping increase conflicts? A randomized evaluation in the Bolivian Amazon. Applied Geography, 2012, 34: 650-658.
- [19] Hong K R, Zou Y C, Zhu M Y, Zhang Y W. A game analysis of farmland expropriation conflict in China under multi-dimensional preference: cooperation or resistance? Land, 2021, 10(2): 124.
- [20] 杨永芳, 安乾, 朱连奇. 基于 PSR 模型的农区土地利用冲突强度的诊断. 地理科学进展, 2012, 31(11): 1552-1560.
- [21] 周德, 徐建春, 王莉. 环杭州湾城市群土地利用的空间冲突与复杂性. 地理研究, 2015, 34(9): 1630-1642.
- [22] 蒙古军, 江颂, 拉巴卓玛, 张维佳. 基于景观格局的黑河中游土地利用冲突时空分析. 地理科学, 2020, 40(9): 1553-1562.
- [23] Ma W Q, Jiang G H, Chen Y H, Qu Y B, Zhou T, Li W Q. How feasible is regional integration for reconciling land use conflicts across the urban-rural interface? Evidence from Beijing-Tianjin-Hebei metropolitan region in China. Land Use Policy, 2020, 92: 104433.
- [24] 廖李红, 戴文远, 陈娟, 黄万里, 江方奇, 胡秋风. 平潭岛快速城市化进程中三生空间冲突分析. 资源科学, 2017, 39(10): 1823-1833.
- [25] 吕思雨, 张金燕, 毋兆鹏. 精河县绿洲土地利用及其空间冲突研究. 生态与农村环境学报, 2022, 38(4): 428-436.
- [26] 陈竹安, 冯祥瑞, 洪志强, 李亦佳. 南昌市土地利用的空间冲突测算与分析. 地域研究与开发, 2020, 39(3): 150-155.
- [27] 王越, 吕冰, 邵祥东, 李森, 李炫颖, 李佩泽. 基于“三生”功能的沈阳经济区土地利用冲突诊断及影响因素. 水土保持研究, 2021, 28(3): 249-255.
- [28] 王越, 李佩泽, 李炫颖, 曾先, 薛冰. 基于演化博弈的土地利用冲突缓解机制研究——以沈抚新区为例. 中国土地科学, 2021, 35(12): 87-97.
- [29] 周国华, 彭佳捷. 空间冲突的演变特征及影响效应——以长株潭城市群为例. 地理科学进展, 2012, 31(6): 717-723.
- [30] 匡文慧, 张树文, 杜国明, 颜长珍, 吴世新, 李仁东, 陆灯盛, 潘涛, 宁静, 郭长庆, 董金玮, 包玉海, 迟文峰, 窦银银, 侯亚丽, 尹哲睿, 常丽萍, 杨久春, 谢家丽, 邱娟, 张汉松, 张宇博, 杨仕琪, 萨日盖, 刘纪远. 2015—2020 年中国土地利用变化遥感制图及时空特征分析. 地理学报, 2022, 77(5): 1056-1071.
- [31] Zeng C F, He J, He Q Q, Mao Y Q, Yu B Y. Assessment of land use pattern and landscape ecological risk in the chengdu-chongqing economic circle, southwestern China. Land, 2022, 11(5): 659.
- [32] 李代超, 卢嘉奇, 谢晓苇, 虞虎, 李元, 吴升. 碳中和视角下基于主体功能区分类约束的国土空间分区优化模拟——以福建省为例. 生态学报, 2022, 42(24): 10111-10126.
- [33] Liang X, Guan Q F, Clarke K C, Liu S S, Wang B Y, Yao Y. Understanding the drivers of sustainable land expansion using a patch-generating

- land use simulation (PLUS) model: a case study in Wuhan, China. 2020; arXiv: 2010.11541. <https://arxiv.org/abs/2010.11541>
- [34] Li Y C, Liu X A, Wang Y E, He Z M. Simulating multiple scenarios of land use/cover change using a coupled model to capture ecological and economic effects. *Land Degradation & Development*, 2023, 34(10): 2862-2879.
- [35] Wang Y, Li X M, Zhang Q, Li J F, Zhou X W. Projections of future land use changes: multiple scenarios-based impacts analysis on ecosystem services for Wuhan city, China. *Ecological Indicators*, 2018, 94: 430-445.
- [36] 吴莹. 新中国成立七十年来的城镇化与城乡关系:历程、变迁与反思. *社会学评论*, 2019, 7(6): 82-95.
- [37] 刘志涛, 王少剑, 方创琳. 粤港澳大湾区生态系统服务价值的时空演化及其影响机制. *地理学报*, 2021, 76(11): 2797-2813.
- [38] 谢高地, 甄霖, 鲁春霞, 肖玉, 陈操. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法. *自然资源学报*, 2008, 23(5): 911-919.
- [39] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Ecological Economics*, 1998, 25(1): 3-15.
- [40] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, Callejas Linares A, Susana López Falfán I, Méndez García J, Isabel Suárez Guerrero A, Guadalupe Suárez Guerrero M. National natural capital accounting with the ecological footprint concept. *Ecological Economics*, 1999, 29(3): 375-390.
- [41] 张晓雨. 基于 GTWR 的重庆市土地自然资本动态利用研究[D]. 重庆: 西南大学, 2021.
- [42] Liu Y F, Ming D P, Yang J Y. Optimization of land use structure based on ecological GREEN equivalent. *Geo-Spatial Information Science*, 2002, 5(4): 60-67.
- [43] 王朝阳, 张军以, 李海懿. 多方法支持的重庆市土地利用格局时空演化及驱动力. *水土保持通报*, 2023, 43(1): 104-116.
- [44] 官冬杰, 陈婷, 和秀娟, 罗雪, 罗丽, 邓慧婷. 三峡库区(重庆段)土地利用空间冲突类型识别及驱动机制研究. *重庆交通大学学报: 自然科学版*, 2019, 38(2): 65-71.
- [45] 杨远琴, 任平, 洪步庭. 基于生态安全的三峡库区重庆段土地利用冲突识别. *长江流域资源与环境*, 2019, 28(2): 322-332.
- [46] 马世五, 谢德体, 张孝成, 彭正涛, 朱慧, 洪惠坤, 肖玖金. 三峡库区重庆段土地生态状况时空格局演变特征. *生态学报*, 2018, 38(23): 8512-8525.