

doi: 10. 6046/zrzyyg. 2021369

引用格式: 陈行,刘汉湖,李金豪,等. 基于夜光遥感的城市化与生态环境耦合协调分析[J]. 自然资源遥感,2022, 34(4): 280–285. (Chen H,Liu H H,Li J H,et al. Coupling coordination analysis of urbanization and ecological environment based on night-time light remote sensing[J]. Remote Sensing for Natural Resources, 2022, 34(4): 280–285.)

基于夜光遥感的城市化与生态环境耦合协调分析

陈 行,刘汉湖,李金豪,范诗铃,葛宗旭
(成都理工大学地球科学学院,成都 610059)

摘要: 科学评估成都市城市化与生态环境交互影响的总体状况,对优化城市化速度和质量、提升生态环境质量具有重要意义。利用 DMSP/OLS 与 NPP/VIIRS 获取的夜光遥感数据和 Landsat 遥感数据分别构建出表征城市化进程的归一化夜间灯光指数(normalization night light index,NNLI)和表征生态质量的遥感生态指数(remote sensing ecological index,RSEI),二者结合引入耦合协调度模型,针对城市化进程和生态环境质量二者协调性进行评价。研究表明,2000—2018 年成都市内城市化进程不断加快,NNLI 从 2000 年的 0.15 上升到 2018 年的 0.81;而生态环境质量受到城市化进程的负面影响,局部地区呈现下降态势,RSEI 从 2000 年的 0.63 下降到 2018 年的 0.58。成都的城市化和生态环境耦合协调度状况逐渐在改善,2000—2018 年耦合协调状态从失调阶段进入到良好协调阶段,但成都市内总体城市化进程超前生态环境的发展,生态环境发展滞后。

关键词: 遥感;耦合;生态环境;RSEI 指数

中图法分类号: TP 79 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097–034X(2022)04–0280–06

0 引言

城市化与生态环境客观上存在复杂的交互耦合关系^[1]。城市化是社会经济发展下的必然态势,生态环境又是人类社会赖以生存的自然基础。因此,如何保证城市化快速发展的条件下,生态环境也能得到高质量发展已成为当前研究的热点问题^[2]。

传统方式针对城市化与生态环境的协调性均是基于社会经济统计数据,实际操作起来繁琐且费时费力。但随着遥感技术的兴起,它可以通过特殊传感器接收到来自地表的可见光—近红外电磁波信号。一方面,利用夜光遥感获得的信息为研究城市化进程提供了一个独特的视角,在表征城市扩张和城镇化质量等方面已有较多实证研究^[3–5]。徐慧敏等^[6]利用夜光遥感影像分析了中国各省区下的城市分布规律及演化;朱惠等^[7]利用夜光数据研究了中亚社会经济的时空动态发展过程。另一方面基于遥感技术提取表征生态环境质量的生态指数,能够客观快速的评价区域生态环境质量;张亚球等^[8]基于遥感生态指数(remote sensing ecological index,RSEI)对长春市主城区进行了生态环境评价;徐涵

秋^[9]创建 RSEI 指数并对福州主城区进行快速检测和评价。

然而怎样在高质量快速度城市化的同时保证周边自然环境健康协调发展,实现经济与环境和谐并进已成为成都市亟待考虑解决的关键问题。鉴于以上现实,本文选择以成渝地区双城经济圈核心城市成都市为研究区,该研究区具有生态环境建设良好,城市化水平高等特征。采用 DMSP/OLS 与 NPP/VIIRS 夜间灯光数据和 Landsat 遥感数据分别建立表示城市化的夜间灯光指数(night light index,NLI)和表征自然环境质量的 RSEI,借助优化的耦合协调度模型衡量成都市城市化水平和生态环境质量协调发展的耦合度,同时为同类城市研究城市化与生态环境的协调发展提供科学的决策支持。

1 研究区概况及其数据源

1.1 研究区概况

成都市地处四川盆地西部边缘,地势由西北向东南倾斜;西部属于四川盆地边缘地区,以深丘和山地为主,海拔大多在 1 000~3 000 m 之间,成都市由于一定的垂直高差,在市域内形成了三分之一平

收稿日期: 2021–11–05; 修订日期: 2022–04–30
基金项目: 2021 年度云南省重点区域地质灾害精细化调查与风险评价(编号: YNGH[2021]–055)资助。
第一作者: 陈 行(1997–),男,硕士研究生,研究方向为遥感地质、摄影测量。Email: 2629486319@qq.com。
通信作者: 刘汉湖(1978–),男,教授,博士,研究方向为地球探测与信息技术、遥感地质。Email: liuhanhu@cdut.edu.cn。

原、三分之一丘陵、三分之一高山的独特地貌类型(图 1)。

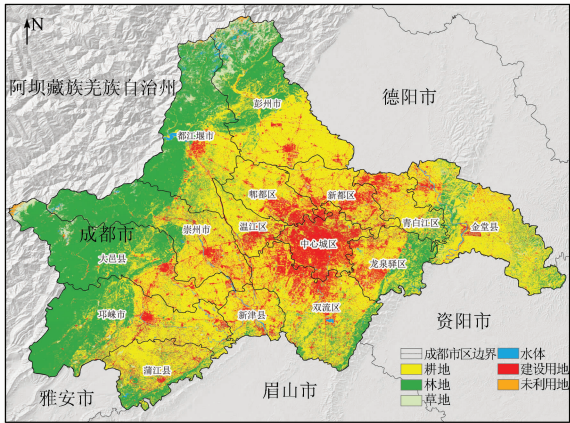


图 1 研究区位置
Fig.1 location of study area

1.2 数据源

Landsat 影像数据获取自美国地质勘查局官网 (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), 影像获取时间分别为 2000 年、2005 年、2010 年、2016 年及 2018 年, 图像成像清晰, 云量低于 3%, 数据经过辐射定标、大气校正、镶嵌、裁剪等预处理; DMSP/OLS 数据与 NPP/VIIRS 数据获取自美国国家海洋和大气管理局 (<https://ngdc.noaa.gov/>), 影像获取时间与 Landsat 数据对应; 行政区划数据获取自成都市规划和自然资源局提供的成都市行政边界。

2 研究方法

利用 Landsat 影像计算出绿度、湿度、热度、干度 4 个关键因子提取出 RSEI, 通过夜光数据计算出 NLI, 构建 2 个指数的耦合协调度模型来评估城市化和生态环境质量是否协调发展。

2.1 指数构建

2.1.1 NLI

长时间序列下的夜间灯光数据 DMSP/OLS 与 NPP/VIIRS 传感器存在差异, 且不同卫星得到的数据格式不同。为使不同年份之间的数据具有可比性, 需对历年夜光数据进行标准化处理^[10-11], 修正公式为:

$$DN_c = a \ln(DN) + b \quad (1)$$

式中: DN 和 DN_c 分别为校正前后的栅格值; a 和 b 为系数, 分别为 12.75 和 18.28。 R^2 为 0.79。所以本文选择对数模型进行 DMSP/OLS 和 NPP/VIIRS 这 2 种数据源的相互校正。

为了能够定量反映成都市地区的城市化水平,

本文采用北京师范大学陈晋教授提出的 $NLI^{[12]}$ 来反映城市化发展水平, 通过 NLI 与同时期成都市各区县的国内生产总值 (gross domestic product, GDP) 进行回归分析表明, 成都市 NLI 与各区县的 GDP 高度相关, 所以 NLI 能够表征成都市各个地区的城市化水平, NLI 计算公式为:

$$NLI = \sum_{i=1}^{63} DN_i \frac{n_i}{63N} \quad (2)$$

式中 DN_i 为区域内的像元灰度值; n_i 为区域内第 i 灰度等级的所有相同 DN 值像元数; N 为区域内像元总数。 NLI 表征了一个栅格单元亮度值相对于最大栅格单元亮度值的比例关系。

最后针对 NLI 进行归一化处理得到归一化 NLI (normalization night light index, $NNLI$), 即

$$NNLI = \frac{NLI - NLI_{\min}}{NLI_{\max} - NLI_{\min}} \quad (3)$$

式中 $NLI_{\min}$ 和 $NLI_{\max}$ 分别为 NLI 栅格图层的最小和最大栅格单元值。

2.1.2 RSEI

根据刘智才等^[13]的研究成果, 针对 2000—2018 年期间 Landsat TM/OLI 遥感卫星影像计算成都地区的绿度 $NDVI$ 、湿度 WET 、热度 LST 、干度 $NDBSI$ 这 4 个关键因子。对提取出的关键因子进行主成分分析, 利用第一主成分分量 PC_1 处理生成 $RSEI_0$, 将得到的 $RSEI_0$ 归一化处理得到 $RSEI$, 即

$$RSEI_0 = 1 - [PC_1(NDVI, WET, LST, NDBSI)] \quad (4)$$

$$RSEI = \frac{RSEI_0 - RSEI_{\min}}{RSEI_{\max} - RSEI_{\min}} \quad (5)$$

式中 $RSEI_{\min}$ 和 $RSEI_{\max}$ 分别为 $RSEI_0$ 栅格图层的最小和最大栅格单元值。

2.2 耦合协调模型

通过廖李红等^[14]借鉴物理学中的容量耦合系统模型, 构建出城市化进程与生态环境发展之间的耦合协调度模型, 在一个系统内, 相互各要素的耦合协调决定了系统发展的方向^[15]。

首先引入 2 个子系统的基础耦合模型, 公式为:

$$C = \sqrt{UE / (U + E)^2} \quad (6)$$

式中: U 为城市化水平子系统, 即 $NNLI$; E 为生态环境子系统, 即 $RSEI$; C 为 2 个子系统的耦合值, $0 \leq C \leq 1$, C 值越大表明 2 个子系统之间越协调。

然而城市化水平与生态环境 2 个子系统^[15]的发展具有各自的动态性、差异性以及时序性, 只考虑

2 个子系统间的耦合度,可能会出现城市 - 生态系统的“假协调”现象,即城市化水平和生态环境质量都很低,而 2 个系统的耦合度很高。为避免出现假协调现象,本文采用城市化与生态环境耦合协调发展度模型,客观地反映 2 个系统协调发展水平,即

$$D = \sqrt{CT} \quad , \quad (7)$$

$$T = \alpha U + \beta E \quad , \quad (8)$$

式中: D 为耦合协调度, $0 \leq D \leq 1$, D 值越大表示 2 个系统发展水平越协调,反之失调越严重; T 为 2 个

系统的汇总; α 和 β 分别为待定系数。

3 结果与分析

3.1 城市化进程分析

2000—2018 年成都市 NNLI 如图 2 所示。从图 2 可以明显看出亮度区域都是由城市内到城市外的替代扩展,并且常常伴有单独的初始高亮夜光区域在空间上的联结和聚集,最终形成典型的城市区域扩张进程。

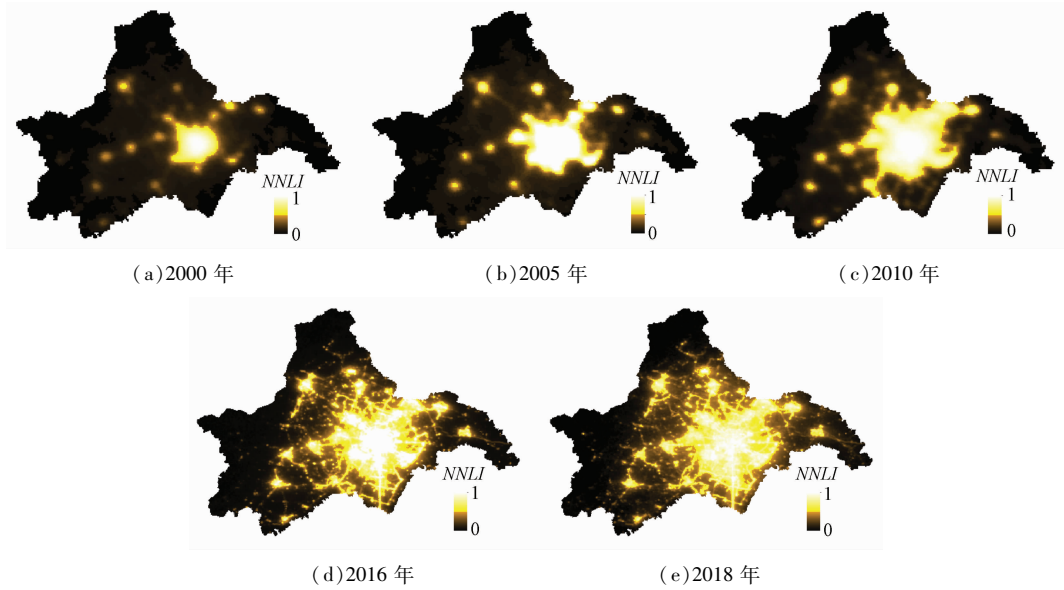


图 2 2000—2018 年成都市 NNLI 变化

Fig. 2 Changes of NNLI of Chengdu from 2000 to 2018

从空间分布上来看,2000—2018 年内,成都城市化水平不断升高,以中心城区为核心点向外辐射,NNLI 不断升高,并且在每个区县中心也存在一定范围的高亮区域。2010 年之前,成都市除了市中心存在高亮区域(亮度值高达 1),北方、东南方的夜光辐射亮度均较低,甚至一些区域亮度值为 0。2010 年之后,成都市周边各区县出现了新的点状灯光,并呈现密集分布趋势,并且中心城区与周边的点状耀斑^[16]连接成线呈现出面状发展态势。这表明成都中心城区的城市群落已经形成,并开始通过交通干线连接周边快速发展的各区县,都江堰市、双流区和金堂县等区域开始呈大面积扩张趋势。

从时间序列变化上来看(表 1),成都市 NNLI 总体呈现上升趋势,NNLI 从 2000 年的 0.15 上升到 2018 年的 0.81,城市化进程的效果显著。从 2000—2018 年间 NNLI 可以看出,成都中心城区历年的灯光值均处于 0.80 左右,这是因为成都是四川省省会城市,又是西部区域社会经济最发达的城市,人口规模庞大,且城市公共基础设施建设相对于其他

城市较完善。伴随着中央城区不断向外扩张,带动了周边各区县的城市化进程,各区县在 2000—2018 年期间,NNLI 不断上升,尤其是蒲江县、大邑县、邛崃市和金堂县城市化飞速的发展,NNLI 由 0.04 不断上升到 0.75 左右,其他各区县的 NNLI 也呈逐年递增趋势。

表 1 2000—2018 年成都市 NNLI

Tab. 1 NNLI in Chengdu from 2000 to 2018

年份	NNLI	最小值	最大值
2000 年	0.15	0.04	0.22
2005 年	0.17	0.03	0.78
2010 年	0.36	0.09	0.95
2016 年	0.48	0.34	0.74
2018 年	0.81	0.73	0.92

3.2 生态环境状况特征分析

2000—2018 年成都市 RSEI 变化如图 3 所示,其中绿色代表 RSEI 值高,红色代表 RSEI 值低,总体上来看,RESI 高值区域不断缩减,表征生态环境较差的区域主要分布于成都中心城区,生态环境较好的则主要分布于中心城区周边各区县。

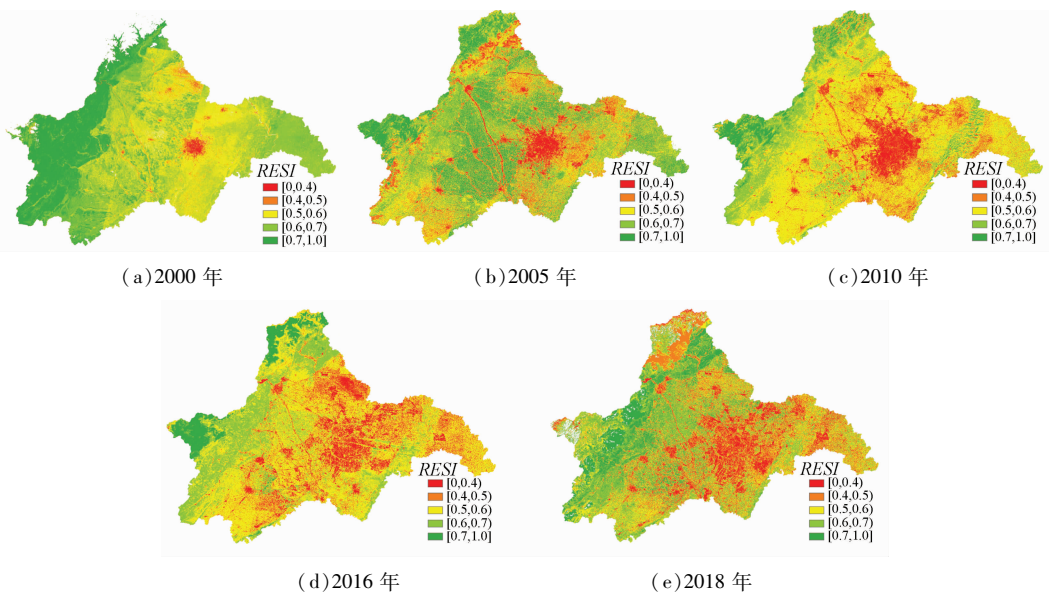


图 3 2000—2018 年成都市 RSEI 变化

Fig. 3 Changes of RSEI in Chengdu from 2000 to 2018

2000 年开始,除成都中心城区,周边其他各区县生态环境质量良好,特别是成都西邻岷山山脉,东接龙泉山脉,所以邛崃市、大邑县、崇州市、都江堰市与彭州市的生态环境良好。2005 年,以中心城区为中心点,恶化的生态环境以点辐射形式向成都周边地区扩散,并且自 2005 年开始,成都逐渐出现以各县城镇建筑密集区域为生态环境恶化的副中心,同时成都中心城区与新兴的环境恶化副中心通过交通、水利为纽带呈现光斑状扩散分布。自 2010—2018 年,中心城区周边各区县环境的恶化不断加剧,城市化的快速发展直接加剧了生态环境的恶化速度,副中心与中心城区的相互联动导致成都周边区域环境恶化愈加严重。

3.3 城市化与生态指数耦合协调度分析

耦合协调度 D 可以真正代表城市化与生态环境是拮抗、磨合还是高水平耦合状态。从表 2 可以看出,2000—2005 年成都市只有中心城区表征为良性耦合类型, D 均为 0.48,城市化与生态环境系统处于初级协调阶段。其他 14 个区县的 D 均小于 0.48,处于城市化和生态环境系统失调阶段,表征为拮抗耦合类型。自 2010 年开始,青白江区、双流区、龙泉驿区、新津县、温江区、郫都区和新都区相继处于良性耦合状态。其他 7 个区县还是处于拮抗状态。2016 年开始,成都市均处于良性耦合状态,2018 年后成都市各区县的 D 均为 0.50 左右,主要原因是由于 G20 峰会以及成都科技治霾国际峰会的

表 2 2000—2018 年成都市各区县耦合协调状况

Tab. 2 Coupling and coordination status in various regions of Chengdu from 2000 to 2018																				
区县	2000 年				2005 年				2010 年				2016 年				2018 年			
	<i>U</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>U</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>U</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>U</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>	<i>U</i>	<i>E</i>	<i>D</i>	<i>C</i>
中心城区	0.71	0.54	0.48	0.56	0.78	0.50	0.48	0.57	0.95	0.29	0.42	0.55	0.74	0.34	0.46	0.52	0.92	0.50	0.48	0.61
双流区	0.15	0.58	0.31	0.28	0.18	0.60	0.35	0.33	0.46	0.37	0.47	0.43	0.61	0.43	0.49	0.51	0.86	0.56	0.49	0.60
龙泉驿区	0.17	0.58	0.37	0.34	0.26	0.58	0.41	0.39	0.44	0.42	0.45	0.44	0.56	0.44	0.49	0.50	0.85	0.55	0.49	0.60
温江区	0.19	0.58	0.41	0.36	0.26	0.61	0.41	0.39	0.57	0.36	0.47	0.47	0.55	0.44	0.49	0.50	0.85	0.59	0.49	0.61
郫都区	0.22	0.61	0.41	0.38	0.21	0.63	0.38	0.37	0.58	0.36	0.47	0.48	0.56	0.41	0.49	0.50	0.86	0.58	0.49	0.61
新都区	0.19	0.59	0.41	0.37	0.24	0.62	0.42	0.40	0.61	0.39	0.48	0.50	0.58	0.37	0.48	0.49	0.86	0.57	0.49	0.61
新津县	0.13	0.62	0.37	0.33	0.11	0.62	0.34	0.31	0.41	0.40	0.48	0.44	0.52	0.41	0.49	0.48	0.83	0.56	0.49	0.60
青白江区	0.14	0.58	0.33	0.30	0.15	0.61	0.34	0.32	0.39	0.40	0.46	0.42	0.50	0.39	0.49	0.47	0.83	0.56	0.49	0.60
崇州市	0.07	0.69	0.22	0.21	0.06	0.66	0.20	0.19	0.17	0.45	0.30	0.25	0.38	0.51	0.48	0.45	0.76	0.63	0.50	0.60
都江堰市	0.07	0.70	0.24	0.23	0.07	0.64	0.21	0.20	0.17	0.45	0.31	0.26	0.37	0.52	0.48	0.45	0.75	0.62	0.50	0.59
彭州市	0.05	0.62	0.23	0.20	0.05	0.61	0.19	0.18	0.15	0.42	0.31	0.25	0.38	0.47	0.48	0.45	0.75	0.60	0.50	0.59
金堂县	0.04	0.64	0.11	0.10	0.04	0.62	0.17	0.16	0.12	0.42	0.27	0.21	0.39	0.40	0.49	0.44	0.77	0.56	0.49	0.58
大邑县	0.04	0.72	0.15	0.14	0.03	0.64	0.12	0.12	0.09	0.47	0.21	0.17	0.33	0.53	0.47	0.43	0.73	0.64	0.50	0.59
蒲江县	0.04	0.67	0.16	0.15	0.04	0.60	0.20	0.19	0.13	0.41	0.38	0.28	0.35	0.43	0.49	0.43	0.75	0.60	0.50	0.59
邛崃市	0.04	0.70	0.12	0.12	0.03	0.61	0.13	0.12	0.09	0.44	0.22	0.17	0.34	0.47	0.49	0.43	0.74	0.62	0.50	0.59
成都市	0.15	0.63	0.29	0.27	0.17	0.61	0.29	0.28	0.36	0.40	0.38	0.35	0.48	0.44	0.48	0.47	0.81	0.58	0.60	0.52

举行,成都逐渐注重城市化与生态环境的协调变化,表明成都市已经处于良好协调阶段,但城市化进程均超前于生态环境的发展,即 $U > E$,表明成都市生态环境滞后,城市化超前发展。

从成都市整体上看,2000—2005 年期间, U 缓慢上升; E 呈现弱下滑趋势;同时城市化水平和生态环境之间的 D 呈弱增长趋势,且 $U < E$,表示成都市在此期间处于失调阶段,城市化滞后。2005—2010 年期间,城市化进程急剧加快, U 从 2005 年的 0.17 上升至 2010 年的 0.36; E 急剧下滑,生态环境质量日趋严重,从 2005 年的 0.61 下滑到 2010 年的 0.40,从一定程度上可以表明城市化进程的加快造成了对生态环境的破坏,生态环境质量变差; D 呈现缓慢上升趋势,且 $U < E$,相比于之前有所改善,但成都市在此期间仍处于失调阶段,城市化滞后。2010—2016 年期间, U 趋于平缓,略呈上升趋势; E 略有回升,从 2010 年的 0.40 上升到 2016 年的 0.44; D 缓慢升高,为 0.48,并且 $U \approx E$,表征成都市在 2010 年发展到初级协调阶段,在此阶段达到生态环境和城市化协调发展的良好状态,人们对于保护环境意识越来越强。2016—2018 年期间,城市化水平大幅度上升, U 从 0.48 上升到 0.81; E 呈现弱增长趋势,从 2016 年的 0.44 上升到 2018 年的 0.58,表明生态环境得到显著改善;到 2018 年后, D 趋于 0.60 左右,表明成都市正式进入良好协调阶段,但城市化的发展还是超前生态环境质量,生态环境稍微滞后。

4 结论与讨论

本文利用夜光遥感数据 DMSP/OLS 与 NPP/VIIRS 和 Landsat 遥感数据分别构建出表征城市化和生态质量的指数,二者结合引入耦合协调度模型。得出如下结论:

- 1)2000—2018 年期间,成都市城市化水平显著提高。城市化进程中存在差异较大,各区县 NNLI 的差距呈现不断缩小的态势。到 2018 年各地区 NNLI 基本上在 0.70 ~ 0.80,基本达到高度城市化水平。
- 2)2000—2018 年期间,成都市各区县 RSEI 变化并不大,但总体呈现缓慢下滑趋势。2000—2010 年 RSEI 从 0.63 下降到 0.40,但 2010—2018 年间 RSEI 有了明显的回升,上升到了 0.58,并且成都市 RSEI 高值区不断缩减。因此在实现快速城市化的进程中对生态环境造成了一定程度上的影响。
- 3)总体上,2000—2018 年成都市各区县城市化

和生态环境耦合协调度不断改善,耦合协调度从 2000 年的 0.29 上升到 2018 年的 0.60,表明成都市注重城市化与生态环境的协调发展。到 2018 年,各区县耦合协调度的空间差异较小。由最初的失调阶段、拮抗发展状态发展到良好协调阶段、磨合发展状态。

虽然,研究利用夜光数据与 Landsat 遥感数据建立新型耦合协调度模型,在一定程度上解决了社会经济统计数据获取的滞后性与统计标志差异性问题,但遥感数据受传感器环境、拍摄时间等因素影响,在构建指数之前必须进行严格校正才能使用。

参考文献 (References):

[1] 秦艳丽,时 鹏,何文虹,等. 西安市城市化对景观格局及生态系统服务价值的影响[J]. 生态学报,2020,40(22): 8239 - 8250.
Qin Y L, Shi P, He W H, et al. Influence of urbanization on landscape pattern and ecosystem service value in Xi'an City[J]. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(22): 8239 - 8250.

[2] 裴立山,胡强光. 沈阳市城市化与水生态环境的耦合协调发展测度评估[J]. 黑龙江水利科技, 2021, 49(3): 86 - 88.
Pei L S, Hu Q G. Measurement and evaluation of coupling and coordinated development of urbanization and water ecological environment in Shenyang City[J]. Heilongjiang Science and Technology of Water Conservancy, 2021, 49(3): 86 - 88.

[3] 孙立双,韩耀辉,谢志伟,等. 采用夜光遥感数据提取城市建成区的邻域极值法[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2020, 45(10): 1619 - 1625.
Sun L S, Han Y H, Xie Z W, et al. Neighborhood extremum method of extracting urban built-up area using nighttime lighting data[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2020, 45(10): 1619 - 1625.

[4] 李 渊,林 锋,严泽幸. 基于 Landsat 遥感影像的城市化演变分析——以厦门市为例[J]. 城市建筑, 2019, 16(25): 138 - 142.
Li Y, Lin F, Yan Z X. Analysis of urbanization evolution based on Landsat remote sensing image: A case of Xiamen[J]. Urban Architecture, 2019, 16(25): 138 - 142.

[5] 石水源,谢思梅,谢荣安. 利用遥感影像土地监测数据的城市化土地利用变化研究——以广宁县为例[J]. 测绘通报, 2018(8): 102 - 105.
Shi S Y, Xie S M, Xie R A. A study on county-level land use change of urbanization using land monitoring data from remote sensing images: Taking Guangning County as an example[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2018(8): 102 - 105.

[6] 徐慧敏,胡守庚. 夜光遥感视角下的中国城市规模的时空演变[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2021, 46(1): 40 - 49.
Xu H M, Hu S G. Chinese city size evolution under perspective of nighttime light remote sensing[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2021, 46(1): 40 - 49.

[7] 朱 惠,张清凌,张 珊. 1992—2017 年基于夜光遥感的中亚社会经济发展时空特征分析[J]. 地球信息科学学报, 2020, 22(7): 1449 - 1462.

[8] Zhu H, Zhang Q L, Zhang S. Spatial and temporal characteristics of socio-economic development in central Asia based on a series of nighttime light images from 1992 to 2017[J]. Journal of Geo-Information Science, 2020, 22(7): 1449 - 1462.

[8] 张亚球,姜 放,纪梦达,等. 基于遥感指数的区县级生态环境

评价[J]. 干旱区研究,2020,37(6): 1598 – 1605.

Zhang Y Q, Jiang F, Ji M D, et al. Assessment of the ecological environment at district and county level based on remote sensing index[J]. Arid Zone Research,2020,37(6): 1598 – 1605.

[9] 徐涵秋. 城市遥感生态指数的创建及其应用[J]. 生态学报, 2013,33(24): 7853 – 7862.

Xu H Q. A remote sensing urban ecological index and its application[J]. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(24): 7853 – 7862.

[10] 路 娟,张 勇. 长江经济带城市化与生态环境耦合、协调特征及时空演化规律研究[J]. 四川师范大学学报(社会科学版), 2018,45(4): 85 – 93.

Lu J, Zhang Y. City urbanization along the Yangtze River economic zone, ecological environment coordination and their spatial evolution law[J]. Journal of Sichuan Normal University (Social Sciences Edition), 2018, 45(4): 85 – 93 .

[11] 翁异静,周祥祥,张思哲. 新型城市化与生态环境耦合协调时空特征研究——以长江经济带为例[J]. 林业经济,2020,42(11): 63 – 74.

Weng Y J, Zhou X X, Zhang S Z. Research on the coupling and coordination of new urbanization and ecological environment: A case study of the Yangtze River economic belt[J]. Forestry Economics, 2020, 42(11): 63 – 74.

[12] 陈 晋,卓 莉,史培军,等. 基于 DMSP/OLS 数据的中国城市化过程研究——反映区域城市化水平的灯光指数的构建[J]. 遥感学报, 2003,7(3),168 – 175.

Chen J, Zhuo L, Shi P J, et al. The study on urbanization process in China based on DMSP/OLS data: Development of a light index for urbanization level estimation[J]. Journal of Remote Sensing, 2003, 7(3), 168 – 175.

[13] 刘智才,徐涵秋,李 乐,等. 基于遥感生态指数的杭州市城市生态变化[J]. 应用基础与工程科学学报,2015,23(4): 728 – 739.

Liu Z C, Xu H Q, Li L, et al. Ecological change in the Hangzhou area using the remote sensing based ecological index [J]. Journal of Basic Science and Engineering, 2015, 23(4): 728 – 739.

[14] 廖李红,戴文远,黄华富,等. 基于 DMSP/OLS 和 Landsat 数据的城市化与生态环境耦合协调分析[J]. 福建师范大学学报(自然科学版),2018,34(6): 94 – 103.

Liao L H, Dai W Y, Huang H F, et al. Coupling coordination analysis of urbanization and eco – environment system in Jinjiang using Landsat series data and DMSP/OLS nighttime light data[J]. Journal of Fujian Normal University (Natural Science Edition), 2018, 34(6): 94 – 103 .

[15] 王少剑,方创琳,王 洋. 京津冀地区城市化与生态环境交互耦合关系定量测度[J]. 生态学报,2015,35(7): 2244 – 2254.

Wang S J, Fang C L, Wang Y. Quantitative investigation of the interactive coupling relationship between urbanization and eco – environment[J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(7): 2244 – 2254.

[16] 马 廷. 夜光遥感大数据视角下的中国城市化时空特征[J]. 地球信息科学学报,2019,21(1): 59 – 67.

Ma T. Spatiotemporal characteristics of urbanization in China from the perspective of remotely sensed big data of nighttime light[J]. Journal of Geo – Information Science, 2019, 21(1): 59 – 67.

Coupling coordination analysis of urbanization and ecological environment based on nighttime light remote sensing

CHEN Hang, LIU Hanhu, LI Jinhao, FAN Shiling, GE Zongxu
(School of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: The scientific assessment of the overall status of the interactions between the urbanization and the ecological environment in Chengdu is of great significance for optimizing the pace and quality of urbanization and improving the quality of the ecological environment. This study adopted the nighttime light and Landsat remote sensing data obtained from the DMSP/OLS and the NPP/VIIRS. Based on these data, the normalized night light index (NNLI) characterizing the urbanization process and the remote sensing ecological index (RSEI) characterizing the ecological quality were constructed, respectively. Then, the two indices were combined into a coupling coordination degree model for evaluation of the coordination between the urbanization process and the ecological environment quality. The study results are shown as follows. The urbanization process in Chengdu had been accelerating from 2000 to 2018, with the NNLI increasing from 0.15 in 2000 to 0.81 in 2018. By contrast, the quality of the ecological environment was negatively affected by the urbanization process and showed a downward trend in some areas, with the RSEI decreasing from 0.63 in 2000 to 0.58 in 2018. The coupling coordination degree of urbanization and ecological environment in Chengdu was gradually improved. From 2000 to 2018, the coupling coordination state entered the stage of good coordination from imbalance. However, the overall urbanization process in Chengdu is ahead of the development of the ecological environment, which is lagging behind.

Keywords: remote sensing; coupling; ecological environment; RSEI index

(责任编辑: 张 仙)