

DOI: 10.5846/stxb201802050306

裴鹰, 杨俊, 李冰心, 李雪铭, 葛雨婷. 城市边缘区生态承载力时空分异研究——以甘井子区为例. 生态学报, 2019, 39(5): - .
Pei Y, Yang J, Li B X, Li X M, Ge Y T. Study on spatial-temporal differentiation of ecological carrying capacity in urban fringe areas at community scale: A case study of Ganjingzi District in Dalian. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(5): - .

城市边缘区生态承载力时空分异研究 ——以甘井子区为例

裴 鹰¹, 杨 俊^{1,2,*}, 李冰心¹, 李雪铭^{1,2}, 葛雨婷¹

1 辽宁师范大学 自然地理与空间信息科学辽宁省重点实验室, 大连 116029

2 辽宁师范大学 人居环境研究中心, 大连 116029

摘要:以大连市甘井子区为例,利用 1998 年的土地利用数据和 2003 年、2007 年、2013 年的 SPOT5 遥感数据等多元数据,运用状态空间表征生态承载力量值的计量方法,计算了城市边缘区的社区生态承载力,并研究了甘井子区 1998—2013 年生态承载力的时空分异特征。结果表明:(1)时间上,1998—2013 年,甘井子区整体的生态承载力呈现先快后慢的下降趋势,生态状态呈现出从优秀向良好,再向一般过渡的阶段特征。(2)空间上,甘井子区整体的生态承载力等级东西部差异明显,呈现出相同承载力等级小范围聚集和相近承载力等级间穿插分布的特征。(3)甘井子区内部各社区生态承载力程度差异明显。靠近市区的社区生态承载力 15 年间变化显著,生态承载程度迅速下降,远离市区的部分社区生态承载力变化不大,生态环境保持良好以上的状态。

关键词:生态承载力;社区尺度;城市边缘区;甘井子区

Study on spatial-temporal differentiation of ecological carrying capacity in urban fringe areas at community scale: A case study of Ganjingzi District in Dalian

PEI Ying¹, YANG Jun^{1,2,*}, LI Bingxin¹, LI Xueming^{1,2}, GE Yuting¹

1 Key Laboratory of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Liaoning Normal University, Dalian 116029, China

2 Human Settlements Research Center, Liaoning Normal University, Dalian 116029, China

Abstract: Since the 20th century, the rapid growth of population, the over-exploitation of natural resources, and environmental pollution have severely restricted regional social and economic development. There is a gradual realization that the sustainable development of human society is closely related to the health of the ecosystem. The key to solve ecological deterioration is to study the ecological carrying capacity. In the context of rapid urbanization, urban space is constantly expanding to the urban fringe areas. In turn, the ecological problems in the urban fringe areas are prominent. As the "twelfth five-year" period of the rapid advance of Dalian global urbanization, the sustainable development of environment, economy, and society in urban fringe areas will be the focus of Dalian ecological livable city construction. It is of great practical significance to solve and attach importance to the problem of ecological carrying capacity in Ganjingzi District, where urban and rural areas merge. In this milieu, we studied the specific characteristics of ecological carrying capacity of Ganjingzi District. It can provide reference to evaluate and plan ecological carrying capacity in Liaoning Province and the national urban fringe of China. From the national perspective, the spatial expansion of most large- and medium-sized cities is very strong, and the ecological carrying capacity problems in urban fringe areas are widespread. Moreover, the ecological

基金项目:国家自然科学基金项目(41771178,41471140);国家自然科学基金重点项目(41630749);辽宁省高等学校创新人才支持计划(LR2017017);辽宁省教育厅人文社科研究专项项目(H201783623)

收稿日期:2018-02-05; 网络出版日期:2018-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yangjun@lnnu.edu.cn

carrying capacity in urban fringe areas is not fully understood and excavated. It has important reference value for decisions pertaining to the development and utilization of urban fringe areas in the future, by combining with the regional development strategy of Ganjingzi District and overall planning goals of Dalian. Herein, the characteristics of ecological carrying capacity of urban fringe areas in China were studied based on the actual situation of Ganjingzi District. We aimed to improve the construction of Dalian and the ecological environment service. From the land use data of 1998 and the remote sensing data of 2003, 2007, and 2013 SPOT5, we used the data on ecological carrying capacity, which is represented by the state space, to calculate the ecological carrying capacity of community in urban fringe areas. The temporal and spatial differences in the ecological carrying capacity of Ganjingzi District of Dalian from 1998 to 2013 were also studied. The results obtained were reasonable. The results showed the following. (1) In terms of time, from the overall trend of ecological carrying capacity of urban fringe areas, the ecological carrying capacity of Ganjingzi District decreased rapidly from 1998 to 2013, and the ecological state showed three different stages. (2) In terms of space, from the level of ecological carrying capacity of urban fringe areas, the ecological carrying capacity of semi-urbanized areas showed the characteristics of interdisciplinary distribution between the eastern and western regions, similarity between the same bearing capacity, and similarity in the bearing capacity. (3) From the perspective of community difference in the ecological state of urban fringe areas, the ecological carrying capacity of the communities within the Ganjingzi District was significantly different. The ecological carrying capacity of the community near the urban area has changed significantly during the last 15 years, and the ecological carrying capacity has decreased rapidly. The ecological carrying capacity of some communities away from the urban area has changed marginally and the ecological environment is well maintained.

Key Words: ecological carrying capacity; community scale; urban fringe; Ganjingzi District

承载力是生态学上的一项重要指标,它可以反映生物与其生存环境之间的承压关系,衡量自然环境容纳生物生存能力或自然界承受生物生存压力弹性的限度^[1]。关于承载力的研究最早从工程地质领域开始,后被引入生态学领域,指某种环境条件下承载机体所能维系的承载对象阈值^[2]。国外对承载力的研究始于 20 世纪 70 年代,主要集中在区域承载力^[3]、资源要素承载力^[4]和生态承载力^[5]等方面。与国外研究相比,国内承载力研究出现相对较晚始于 20 世纪 90 年代,研究内容也存在差异,主要集中在流域环境承载力^[6]、旅游承载力^[7-9]和生态承载力^[10]方面。

20 世纪以来,人口的快速增长,自然资源的过度开发以及严重的环境污染问题严重限制了区域社会经济的发展,社会公众逐渐意识到人类社会的可持续发展与生态系统的健康紧密相关,可持续发展的核心就是经济与环境的协调发展。而解决生态环境恶化的关键就是对生态承载力进行研究。1921 年人类生态学首次使用生态承载力概念。此后,生态承载力的研究方法不断更新,研究内容不断丰富。目前国内外针对生态承载力的研究方法主要有 NPP^[11]、生态足迹法^[12-13]、基于生态系统服务的方法(包括 ESEF 和 ESEC)^[14]、状态空间法^[15]、高能生态足迹模型^[16]、系统动力模型(SD)^[17]以及耦合模型^[18]。国内外关于生态承载力的研究内容主要集中于水资源生态承载力^[19]、耕地生态承载力^[20]、城市群的综合承载力^[21]、流域生态承载力^[22]、旅游生态承载力^[23]、城市生态承载力^[24-26]等方面。

快速城市化背景下,城市空间不断向城市边缘区扩展,城市边缘区生态问题突出。城市边缘区作为一个城市化过程中新出现的地域类型,对其概念的表述众多,诸如“边缘区”、“城市边缘带”、“乡村—城市边缘带”、“乡村边缘带”、“城市影子区”、“城乡结合部”、“城乡交错带”、“城市远郊区”和“市区外边缘区”等,至今尚未形成一个被普遍接受的城市边缘区的定义。但是,城市边缘区的“城、乡二元性”是人们对这一区域达成的共识。同时,其建设持续性及动态变化性等显著特征受到了高度关注。国外有关城市边缘区的研究始于 1930 年代,早期主要是对边缘区的界定^[27-28]和特征^[29]上进行分析;进入 1970 年代,对边缘区的研究进入了一个成熟的发展时期。其研究侧重于理论研究上,包括边缘区的地域结构^[30]、形成演变过程和机理^[31-32]的研

究;1990 年代以后,研究视角由区域视角转向微观层面,研究边缘区的人性化建设^[33]以及边缘城市形成^[34],并对第三世界的城市边缘区^[35]给予关注。国内关于城市边缘区的研究比较晚,开始于 1980 年代后期,顾朝林最早从国外引进城市边缘区概念,并指出我国城市边缘区的研究具有广阔的发展前景和深远的理论和实践意义。1990 年代,对边缘区的研究重点在于边缘区的概念^[30]、特征^[36]、范围界定^[37]、演变机制^[38-39]。而随着遥感技术、GIS 技术的广泛应用,研究手段多样化以及我国城市化进程的加快,城市边缘区的问题日益凸显。进入 21 世纪,城市边缘区的研究进入了一个快速发展的鼎盛时期。目前对城市边缘区的研究更加关注于城市边缘区空间扩展^[40-41]、土地利用问题^[42]、产业发展问题^[43]、景观生态变化^[44-45]、社会问题^[46]、规划管理^[47]、可持续发展^[48]等城市边缘区发展演变过程中的切实问题上。因此,系统的分析城市边缘区生态承载力变化对城市的发展有着重要意义。

综上所述,目前对于生态承载力的研究主要集中在两个方面,一方面,全局性视角下对生态承载力问题进行讨论,缺少社区尺度的研究;另一方面,对某一时间段的生态承载力进行定性分析与评价,缺少对连续时间序列的动态定量研究。本文基于大连市甘井子区,以地理信息系统技术为手段,动态分析大连市边缘区生态承载力在 1998—2013 年的时空差异,通过对不同阶段生态弹性力、土地承载力和人类活动潜力的分析,揭示不同时段下,城市边缘区中各个社区生态承载力的特点,以期快速城市化下的大连建设发展提供新的视角。

1 研究区域、数据来源与研究方法

1.1 研究区域

甘井子区(38°47′—39°07′N,121°16′—121°45′E)位于大连市主城区的西北部边缘区,呈马蹄形,与大连金州区、沙河口区、旅顺口区为邻,辖 14 个街道,165 个社区,面积 502 km²(图 1)。甘井子区是大连市连接主城区与新市区的纽带,甘井子区是大连市惟一的城乡结合区,也是大连市城市扩展的惟一区域,特殊的地理区位使得甘井子区不仅具有城市边缘区的发展机遇,同时也存在生态承载力方面的问题。大连市甘井子区是典型的城市边缘区,对其研究具有代表意义。

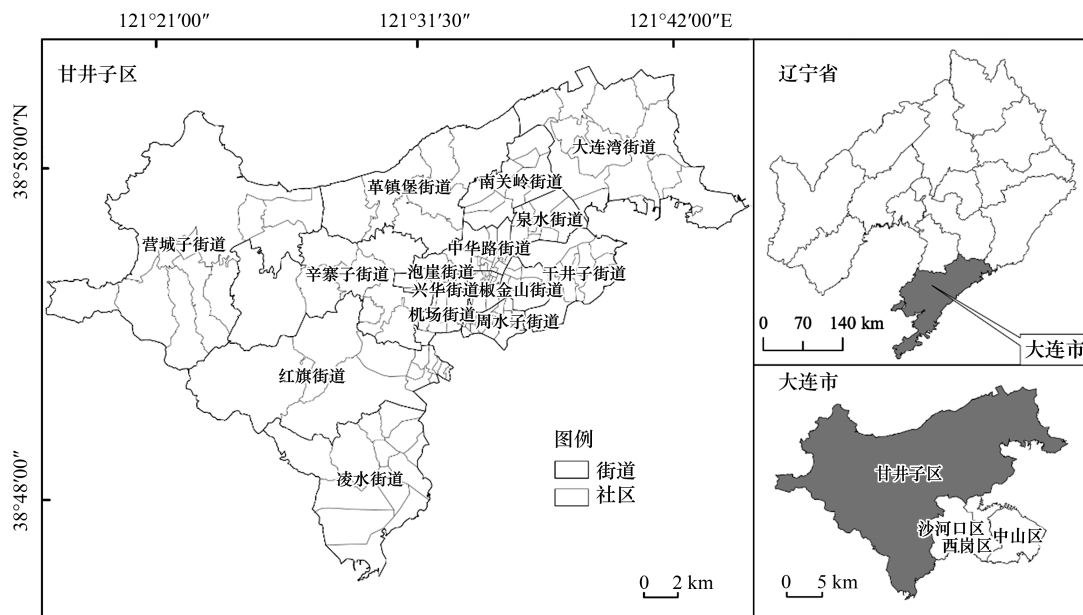


图 1 研究区域位置图

Fig.1 The location of the study area

根据大连市环保局统计数据显示,2008 年之前,甘井子区的三废排放量高居大连市榜首,近几年甘井子区政府开始大力调整和优化产业结构,加强基础设施建设,提高三废处理率,使得甘井子区的生态承载力状况

得以好转。随着“十二五”时期大连全域城市化的快速推进,处于城市边缘区的甘井子区环境、经济与社会可持续发展将是大连生态宜居城市建设重点,因此,将该地域作为中部地区快速城市边缘区域生态承载力的研究案例区,具有较为明显的典型性与代表性。同时,重视和解决城乡结合部甘井子区生态承载力问题,是大连全域城市化建设的必然要求,具有重要现实意义。

1.2 数据来源

本文中土地利用覆盖现状指标的数据主要来源于大连市国土资源和房屋局,主要包括 1998 年土地利用以及 2003 年、2007 年、2013 年的 SPOT5 遥感影像数据;人口密度指标的数据主要来源于第 3、4、5、6 次人口普查数据;关于地形指标的数据主要来源于地理空间数据云;其他指标的数据主要来源于《大连统计年鉴》、《甘井子统计年鉴》等社会生态环境以及社会经济统计数据(表 1)。

表 1 数据来源与说明

Table 1 Data sources and description

指标 Index	数据来源 Data sources	时间 Time	数据处理 Data processing
土地利用覆盖现状 Land use coverage status	大连市国土资源和房屋局	1998 2003、2007、2013	土地利用数据 SPOT5 分辨率:2.5 m 遥感解译
人为活动干扰强度 Artificial activity interference intensity	甘井子统计年鉴	1998—2013	监测统计
人口密度 Population density	第 3、4、5、6 次人口普查数据	1982—2010	人口数量/土地面积
气候条件 Climatic conditions	大连统计年鉴	1998—2013	统计计算
水资源状况 Water resources situation	大连统计年鉴	1998—2013	水资源总量/人口数量
地形 Terrain	地理空间数据云	2014	DEM 分辨率:30 m
经济社会发展水平 Economic and social development level	甘井子统计年鉴	1998—2013	人口数量/土地面积 第二产业数量/总产业数量
教育水平 Education level	甘井子统计年鉴	1998—2013	统计计算

1.3 研究方法

1.3.1 计量模型

本文以城市化进程下生态承载力的研究作为研究基础,引用杨志峰等^[49]基于生态系统健康的生态承载力评价方法来计算生态承载力。如在图 2 的空间中,承载状态点可以表示任何一种生态承载状况。轴 A、B、C 分别代表生态系统弹性力、土地承载力和人类活动潜力,曲面 ABCD 对应城市化生态系统下的生态承载力曲面,系统状态点和状态空间中的原点构成矢量模(如 OD),以此来代表生态承载力量值。

因此,低于 ABCD 曲面的点(如 E 点)代表生态状态趋于崩溃,高于 ABCD 曲面的点(如 F 点)表示该生态状态为一般之上。表达式为:

$$U_r = |M_r| = \sqrt{\sum_{i=1}^n (w_i E_{ir})^2 + \sum_{j=1}^n (w_j R_{jr})^2 + \sum_{k=1}^n (w_k H_{kr})^2} \quad (1)$$

式中, U_r 为城市化生态承载力; M_r 为生态承载力空间向量的模; E_{ir} 为 r 区域第 i 个土地承载力指标在空间坐标轴上的投影; R_{jr} 为 r 区域第 j 个生态弹性力指标在空间坐标轴上的投影; H_{kr} 为 r 区域第 k 个人类活动潜力指标在空间坐标轴上的投影; w_i 、 w_j 和 w_k 分别为第 i 、 j 、 k 个指标对应的权重。对指标进行归一化处理,则可计算城市化生态承载力指数。

由于动态性,生态承载力指数为: $U=f_i(E, R, S_p, T)$

式中, U 为城市边缘区生态承载力指数, E 为土地承载力指数, R 为生态弹性力指数, H 为人类活动潜力指数, S_p 为空间变量, T 为时间变量。

1.3.2 指标体系与评价标准

在我国城市化的发展进程中,城市边缘区是一个资源消耗和环境污染的集中区,是区域社会经济发

重要载体,研究城市边缘区承载力是保证城市边缘区可持续发展必须要考虑的重要问题之一。城市边缘区生态系统是一个开放的自然、经济、资源和社会复合生态系统,其主要功能表现在物质、能量、信息和人口的流动过程中。城市边缘区生态承载力强调的是城市边缘区系统的承载能力,内容应该包括经济子系统、社会子系统、资源子系统和环境子系统的综合承载力。由于生态承载力的各个评价指标间有一定的相关性,不同的评价指标对生态承载力的响应强度不同,因此本文将经济子系统、社会子系统、资源子系统和环境子系统的综合承载力概括为土地承载力指标、生态弹性承载力指标和人类活动潜力指标 3 个系统指标,11 个指标层来综合的反映城市边缘区生态承载力指标体系。其中土地承载力指标和生态弹性承载力指标主要表现资源子系统和环境子系统的综合承载力,人类活动潜力指标主要表现经济子系统和社会子系统的综合承载力。本文采用软件 Yaahp Version 对表 2 的数据进行权重计算得出各指标权重值(表 2)。

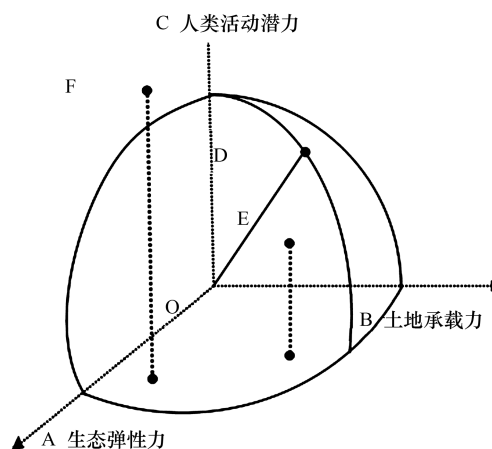


图 2 城市边缘区生态承载力计量模型示意图

Fig.2 Conceptual model of urban fringe ecological carrying capacity

A:生态系统弹性力, Ecosystem elasticity ; B:土地承载力, Land carrying capacity ; C:人类活动潜力, Human activity potential ; D:系统状态点, System status point ; E:生态状态崩溃, Ecological state collapse ; F:生态状态一般, Ecological state

表 2 城市边缘区生态承载力指标体系及指标权重

Table 2 The evaluation index system and weighted values of urban fringe ecological carrying capacity

系统层 A System layer A	准则层 B Criteria layer B	指标层 C Indicator layer C	指标层权重 Indicator layer weight
土地承载力指标 A_1 Land carrying capacity index A_1	土地利用 B_1	社区绿地面积比例(%) C_1	0.1571
		公园覆盖率(%) C_2	0.0898
		自然保护区覆盖率/% C_3	0.1039
		人均建成区面积/ m^2 C_4	0.0898
生态弹性承载力指标 A_2 Ecological elasticity carrying capacity index A_2	气候条件 B_2	年平均气温($^{\circ}C$) C_5	0.0523
		年平均降水/mm/ C_6	0.0525
	水资源状况 B_3	人均可利用水/(人/ m^3) C_7	0.0547
		水资源资源量/ m^3 C_8	0.1352
	地形条件 B_4	高程/m C_9	0.1024
人类活动潜力指标 A_3 Human activity potential indicator A_3	经济社会发展水平 B_5	人均 GDP(人/元) C_{10}	0.0721
	教育水平 B_6	教育投资(万元) C_{11}	0.0902

1.3.3 生态承载力变化

依据城市边缘区生态承载力指标体系及评价标准各项指标数据的计量方式不统一,因此应对原始数据进行标准化处理。根据前期数据积累,结合表 2 的生态承载力指标体系和生态承载力研究方法,借鉴前人研究成果^[49]以及征询专家意见的基础上对数据进行统计处理,得到基于城市边缘区的生态承载力标准(表 3)。同时,根据指标体系和评价标准将原始数据标准化后输入承载力模型中进行计算,确定甘井子区生态承载力测度值(表 4)。

2 研究结果与分析

2.1 生态承载力时空演变分析

从表 3 和表 4 可以看出,1998—2013 年甘井子区的生态承载力呈现先快后慢的下降趋势,从 1998 年的 0.

2098 下降到 2013 年的 0.1489,生态状态一直处于良好以上的状态。在 2003 年到 2007 年,甘井子区的生态状态由 0.1736 下降为 0.1543,表明甘井子区的生态承载力状态由初期的土地承载力、生态弹性力和人类活动潜力较强开始向城市化进程中的土地承载力、生态弹性力和人类活动潜力较弱状况发展,但在 2013 年时这种状况已逐渐得到控制。

表 3 城市边缘区视角下的生态承载力标准

Table 3 Appraisal standards of urban fringe ecological carrying capacity based on ecosystem health			
生态承载力 Ecological carrying capacity	生态承载程度 Ecological bearing capacity	生态状态 Ecological state	生态承载力指数 Ecological carrying capacity index
(0,0.0498)	差	脆弱	$E < L_3$
[0.0498,0.1364)	中	一般	$L_3 \leq E < L_2$
[0.1364,0.2071)	良	良好	$L_2 \leq E < L_1$
[0.2071,+\infty)	优	优秀	$E \geq L_1$

E:生态承载力指数,Ecological carrying capacity index ; L_1 至 L_3 为各指数对应生态系统状态为优秀至脆弱的生态承载力向量模

表 4 城市边缘区生态承载力测度值及对应生态状态

Table 4 Ecosystem level underpinning urban fringe ecological carrying status and its index				
城市化生态承载力 Urbanized ecological carrying capacity	1998	2003	2007	2013
测度值 Measure value	0.2098	0.1736	0.1543	0.1489

图 3 为城市边缘区生态承载力等级划分情况,从图中可以看出:甘井子区生态承载力等级在空间分布上表现为东西部差异明显,相同承载力等级小范围聚集和相近承载力等级间穿插分布的特征。其中,高可承载

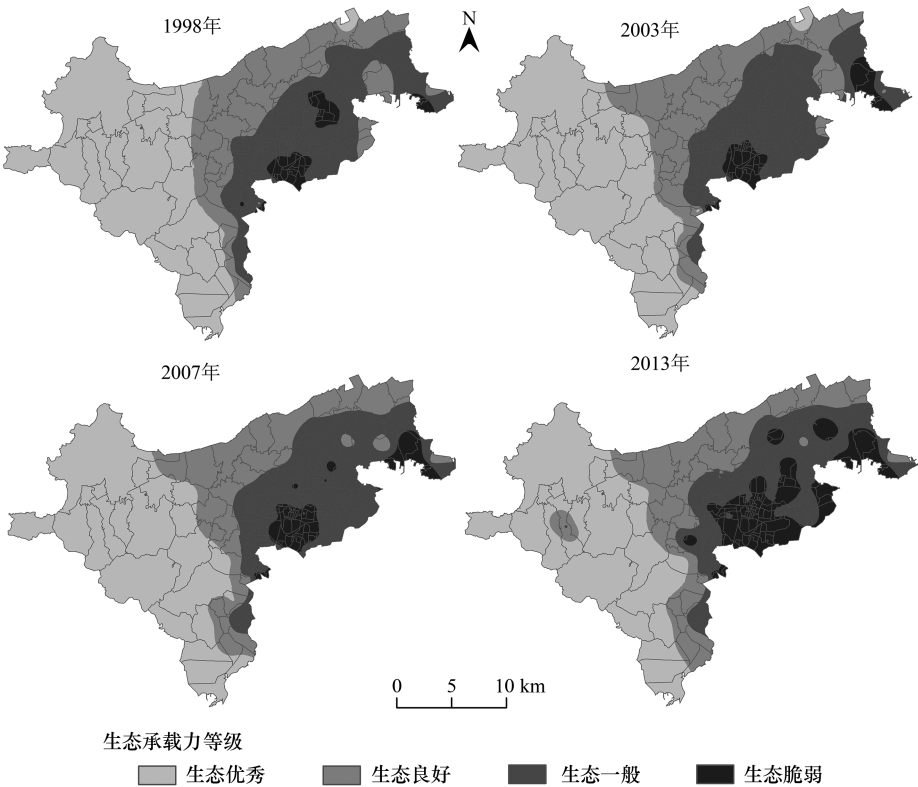


图 3 1998—2013 城市边缘区生态承载力等级分布图

Fig.3 Urban fringe ecological carrying capacity grade distribution map between 1998 and 2013

等级地区主要分布在甘井子区西部的森林公园、主题公园和北部的高尔夫俱乐部、湿地公园。中可承载等级地区分布比较分散,相对集中于甘井子区的中部社区。低可承载地区集中分布于甘井子区中部靠近沙河口区的社区。

2.2 生态承载力社区差异分析

由甘井子区生态状态社区分布图可以看出(图4),甘井子区内部各社区生态承载力程度差异明显。靠近市区的社区生态承载力15年间变化显著,生态承载力迅速下降,远离市区的部分社区生态承载力变化不大,生态环境保持良好以上的状态。

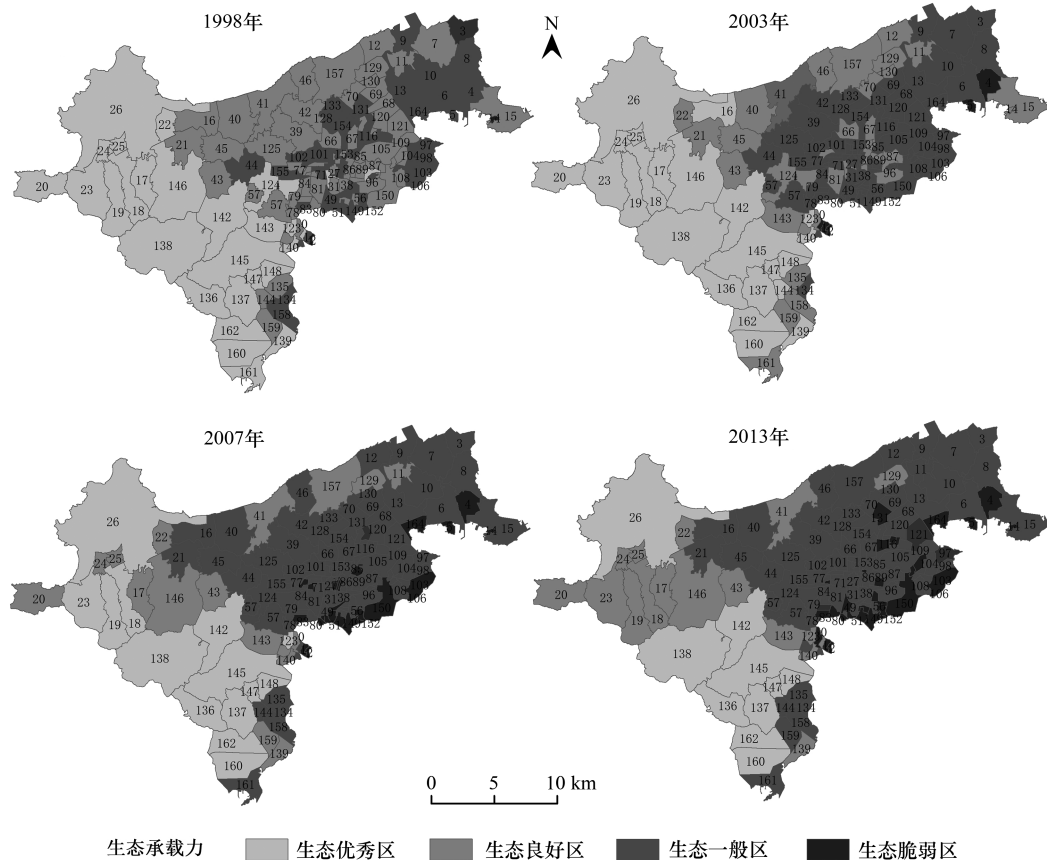


图4 1998—2013年甘井子区城市化生态承载力社区分布图

Fig.4 Urban ecological carrying capacity status map of Ganjingzi District's community between 1998 and 2013

1. 彩虹社区;2. 兰丰社区;3. 苏家;4. 李家;5. 棉花岛;6. 宋家;7. 毛垄子;8. 大房身;9. 土城子;10. 前关;11. 后关;12. 拉树房;13. 后盐;14. 湾浦;15. 大连湾;16. 后牧;17. 对门沟;18. 郭家沟;19. 金龙寺;20. 大黑石;21. 前牧;22. 沙岗;23. 双台沟;24. 西小磨;25. 东小磨;26. 营城子;27. 华岳社区;28. 华振社区;29. 华兴社区;30. 华国社区;31. 兴利社区;32. 兴富社区;33. 秀山社区;34. 兴民社区;35. 兴强社区;36. 华中社区;37. 秀水社区;38. 金字社区;39. 中草;40. 鞍子山;41. 夏家河;42. 后草;43. 大东沟;44. 砬子山;45. 由家;46. 羊圈子;47. 星加坡社区;48. 周强社区;49. 周水子社区;50. 周西社区;51. 周南社区;52. 亿达社区;53. 周北社区;54. 周顺社区;55. 周盛社区;56. 周兴社区;57. 小辛寨子;58. 兴国社区;59. 天发社区;60. 六祥社区;61. 永安社区;62. 永明社区;63. 锦园社区;64. 名贵山庄社区;65. 永盛社区;66. 新园社区;67. 梅山社区(北);68. 姚源社区;69. 姚宏社区;70. 姚兴社区;71. 金兴社区;72. 新盛社区;73. 玉胜社区;74. 新乐社区;75. 玉乐社区;76. 玉峰社区;77. 岭南社区;78. 南山社区;79. 昌虹社区;80. 郭东社区;81. 蓝天社区;82. 郭中社区;83. 南松社区;84. 民航社区;85. 龙江社区;86. 金龙社区;87. 矿北社区;88. 金茂社区;89. 椒北社区;90. 椒中社区;91. 椒东社区;92. 金峰社区;93. 金峰社区;94. 梅山社区(南);95. 六顺社区;96. 金旺社区;97. 海燕社区;98. 海茂社区;99. 周发社区;100. 玉山社区;101. 康馨园社区;102. 康盛社区;103. 海鸥社区;104. 六间社区;105. 甘园社区;106. 七星社区;107. 松山社区;108. 甘峰社区;109. 光明社区;110. 站前社区;111. 东山社区;112. 龙畔社区;113. 友好社区;114. 骏腾社区;115. 盛景社区;116. 奥林社区;117. 阳光社区;118. 景泉社区;119. 龙河社区;120. 泉华社区;121. 泉水园社区;122. 祥和园社区;123. 吉祥社区;124. 大辛寨子;125. 前草;126. 万众社区;127. 永昌社区;128. 圣泰社区;129. 井东社区;130. 井南社区;131. 姚盛社区;132. 亲亲家园社区;133. 井西社区;134. 凌工社区;135. 新园社区;136. 刘家村;137. 大山村;138. 岔鞍村;139. 小平岛第二社;140. 绘春社区;141. 鸿盛社区;142. 棠梨村;143. 张家村;144. 百合山庄社区;145. 柳树村;146. 营城子分场;147. 王家村;148. 庙岭村;149. 绿洲社区;150. 甘中社区;151. 周东社区;152. 鹏辉社区;153. 永新社区;154. 绿园社区;155. 湖西社区;156. 岭西社区;157. 棋盘子;158. 凌海社区;159. 棠金村;160. 小平岛村;161. 小平岛村第一社;162. 河口村;163. 金钢社区;164. 前盐;165. 里程社区

总体上,甘井子区西部的社区状态相对较好,主要原因在于该地区自然保护区覆盖率比较高,社区绿地面积较大等;中下部靠近沙河口和西岗的社区状态相对较差且在 2003 年到 2007 年之间变化巨大,与西部地区相比,该地区社区绿地面积较小,不同等级的生态状态表现为相同等级聚集,相邻等级穿插分布的特征。在 1998—2013 年间,生态承载程度差的社区由 1 个增加到 34 个,承载程度中的社区由 61 个增加到 104 个,生态承载程度良的社区从 70 个骤减为 17 个,生态承载程度为优的社区也由 33 个缩减至 10 个,变化速度在 1998 年到 2007 年间较快,2007 年到 2013 年保持相对较平稳状态。

从社区角度观察可发现,1998—2013 年,甘井子内部各社区生态状态差异显著。营城子、大山村等 10 个村落在 15 年中生态承载程度为优,生态可承载程度较弱的社区大部分是由上一级生态承载程度的社区变化形成。生态承载程度稳定在中以上水平的社区有张家村、大东沟等,生态承载程度一直维持中等状态的社区有宋家、前关等,承载程度差的村落相对较少但情况相对复杂,其中除了彩虹社区始终状态较差外,七星、绿洲等社区是受沙河口、西岗区快速城市化的影响导致生态承载力相对较低,兴强、奥林等社区是在城市化过程中受甘井子区自身发展的影响而变化。

3 结论与讨论

3.1 结论

本文以城市生态承载力原理为理论基础,对大连市甘井子区生态承载力的时空演变进行研究,随着“十二五”时期大连全域城市化的快速推进,处于城市边缘区的甘井子区环境、经济与社会可持续发展将是大连生态宜居城市建设重点,重视和解决城乡结合部甘井子区生态承载力问题,是大连全域城市化建设的必然要求,具有重要现实意义。同时结合甘井子区生态承载力变化的具体特征,可以为辽宁省乃至全国城市边缘区生态承载力评价及规划研究提供参考。从全国角度而言,多数大中城市空间扩张势头相当强劲,边缘区的生态承载力问题普遍存在而且没有得到充分地认识与挖掘。研究结合甘井子区的区域发展战略以及大连市总体规划目标,对未来制定满足城市边缘区不同开发和利用需求的决策具有重要的参考价值。社区尺度下的大连市甘井子区 1998—2013 年间的城市生态承载力变化,研究表明:

(1) 从城市边缘区生态承载力的整体变化趋势来看,15 年间甘井子区的生态承载力呈现先快后慢的下降趋势,生态承载程度呈现由优向良,再向中的三个阶段的过渡趋势。

(2) 从城市边缘区生态承载力等级来看,甘井子区社区生态承载力等级在空间分布上呈现出东西部差异明显,相同承载力等级小范围聚集和相近承载力等级间穿插分布的特征。

(3) 从城市边缘区生态状态的社区差异角度来看,甘井子区内部各社区生态承载力程度差异明显。靠近市区的社区生态承载力 15 年间变化显著,生态承载程度迅速下降,远离市区的部分社区生态承载力变化不大,生态环境保持良好状态。

3.2 讨论

本文以社区为单元,基于甘井子区自身实际情况,对中国城市边缘区生态承载力变化特征进行研究,以期为更好的大连建设和改善生态环境服务,得到的研究结果较合理。但是由于区域的差异性和评估方法的不同,评价结果可能不同。但是,在较长时间跨度内,研究得到的生态承载力变化趋势具备可比性和研究价值,能够反映区域内生态承载力的变化状况。但由于获取数据的精度问题,可能会在一定的程度上对研究结果的准确性造成影响。此外,对生态状态进行未来预测及提出保护和开发建议是今后仍需要进一步研究的问题。

参考文献 (References):

- [1] Abernethy V D. Carrying capacity: the tradition and policy implications of limits. *Ethics in Science and Environmental Politics*, 2001, 2001(1): 9-18.
- [2] Eugene P. Odum, Gary W. B. *Fundamentals of Ecology*. 3rd ed. Philadelphia: W.B. Saunders Co., 1971.
- [3] Xu L Y, Xie X D. Theoretic research on the relevant concepts of urban ecosystem carrying capacity. *Procedia Environmental Sciences*, 2012, 13:

- 863-872.
- [4] Dang X H, Liu G B. Emergy measures of carrying capacity and sustainability of a target region for an ecological restoration programme: a case study in Loess Hilly Region, China. *Journal of Environmental Management*, 2012, 102: 55-64.
- [5] Moore J, Kissinger M, Rees W E. An urban metabolism and ecological footprint assessment of Metro Vancouver. *Journal of Environmental Management*, 2013, 124: 51-61.
- [6] 岳东霞, 杜军, 刘俊艳, 郭建军, 张佳静, 马金辉. 基于 RS 和转移矩阵的泾河流域生态承载力时空动态评价. *生态学报*, 2011, 31(9): 2550-2558.
- [7] 董成森, 陈端吕, 董明辉, 邹冬生, 熊鹰. 武陵源风景区生态承载力预警. *生态学报*, 2007, 27(11): 4766-4776.
- [8] 王保利, 李永宏. 基于旅游生态足迹模型的西安市旅游可持续发展评估. *生态学报*, 2007, 27(11): 4777-4784.
- [9] 甄翌, 康文星. 生态足迹模型在区域旅游可持续发展评价中的改进. *生态学报*, 2008, 28(11): 5401-5409.
- [10] 杨屹, 加涛. 21 世纪以来陕西生态足迹和承载力变化. *生态学报*, 2015, 35(24): 7987-7997.
- [11] Krausmann F, Haberl H, Erb K H, Wiesinger M, Gaube N, Gingrich S. What determines geographical patterns of the global human appropriation of net primary production? *Journal of Land Use Science*, 2009, 4(1/2): 15-33.
- [12] 杨艳, 牛建明, 张庆, 张艳楠. 基于生态足迹的半干旱草原区生态承载力与可持续发展研究——以内蒙古锡林郭勒盟为例. *生态学报*, 2011, 31(17): 5096-5104.
- [13] 施开放, 刁承泰, 孙秀峰, 左太安. 基于耕地生态足迹的重庆市耕地生态承载力供需平衡研究. *生态学报*, 2013, 33(6): 1872-1880.
- [14] Lee S E, Braithwaite P, Leach J M, Rogers C D F. A comparison of energy systems in Birmingham, UK, with Masdar City, an embryonic city in Abu Dhabi Emirate. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016, 65: 1299-1309.
- [15] Frussa-Filho R, Fukushima D F, De Lima Patti C, Marinho E A V, Kameda S R, Carvalho R C. Assessment of motor function in rodents: behavioral models sharing simplicity and multifaceted applicability//Andersen M L, Tufik S, eds. *Rodent Model as Tools in Ethical Biomedical Research*. Cham: Springer, 2016: 493-457.
- [16] Agostinho F, Pereira L. Support area as an indicator of environmental load: comparison between Embodied Energy, Ecological Footprint, and Energy Accounting methods. *Ecological Indicators*, 2013, 24: 494-503.
- [17] Zhang Z, Lu W X, Zhao Y, Song W B. Development tendency analysis and evaluation of the water ecological carrying capacity in the Siping area of Jilin Province in China based on system dynamics and analytic hierarchy process. *Ecological Modelling*, 2014, 275: 9-21.
- [18] 纪学朋, 白永平, 杜海波, 王军邦, 周亮. 甘肃省生态承载力空间定量评价及耦合协调性. *生态学报*, 2017, 37(17): 5861-5870.
- [19] 张盛, 王铁宇, 张红, 李奇峰, 周云桥, 宋帅. 多元驱动下水生态承载力评价方法与应用——以京津冀地区为例. *生态学报*, 2017, 37(12): 4159-4168.
- [20] 王雅敬, 谢炳庚, 李晓青, 赵卫权, 王金艳, 罗海波. 喀斯特地区耕地生态承载力供需平衡. *生态学报*, 2017, 37(21): 7030-7038.
- [21] Liu H M. Comprehensive carrying capacity of the urban agglomeration in the Yangtze River Delta, China. *Habitat International*, 2012, 36(4): 462-470.
- [22] 王长建, 杜宏茹, 张小雷, 汪菲, 张利, 李雪梅. 塔里木河流域相对资源承载力. *生态学报*, 2015, 35(9): 2880-2893.
- [23] 蔡海生, 朱德海, 张学玲, 赵小敏. 鄱阳湖自然保护区生态承载力. *生态学报*, 2007, 27(11): 4751-4757.
- [24] 金悦, 陆兆华, 檀菲菲, 张萌, 张红玉. 典型资源型城市生态承载力评价——以唐山市为例. *生态学报*, 2015, 35(14): 4852-4859.
- [25] 顾康康, 储金龙, 汪勇政. 基于遥感的煤炭型矿业城市土地利用与生态承载力时空变化分析. *生态学报*, 2014, 34(20): 5714-5720.
- [26] 潘洪义, 朱晚秋, 崔绿叶, 冯茂秋, 朱芳. 成都市人均生态足迹和人均生态承载力空间分布差异. *生态学报*, 2017, 37(19): 6335-6345.
- [27] 张晓军. 国外城市边缘区研究发展的回顾及启示. *国外城市规划*, 2005, 20(4): 72-75.
- [28] Pryor R J. Defining the rural-urban fringe. *Social Forces*, 1968, 47(2): 201-215.
- [29] Colledge R G. Sydney's metropolitan fringe: a study in urban-rural relations. *Australian Geographer*, 1960, 7(6): 243-255.
- [30] 顾朝林, 陈田, 丁金宏, 虞蔚. 中国大城市边缘区特性研究. *地理学报*, 1993, 48(4): 317-328.
- [31] Conzen M R G. Alnwick Northumberland: a study in town-plan analysis. *Transactions and Papers (Institute of British Geographers)*, 1960, (27): 1-122.
- [32] Erickson R A. The evolution of the suburban space economy. *Urban Geography*, 1983, 4(2): 95-121.
- [33] Sullivan W C, Lovell S T. Improving the visual quality of commercial development at the rural-urban fringe. *Landscape and Urban Planning*, 2006, 77(1/2): 152-166.
- [34] Garreau J. *Edge City: Life on the New Frontier*. New York: Doubleday, 1992: 103-103.
- [35] 张建明, 许学强. 城乡边缘带研究的回顾与展望. *人文地理*, 1997, 12(3): 9-12, 37-37.
- [36] 于伯华, 吕昌河. 城市边缘区耕地面积变化时空特征及其驱动机制——以北京市顺义区为例. *地理科学*, 2008, 28(3): 348-353.
- [37] 王海鹰, 张新长, 赵元. 基于逻辑回归模型的城市边缘区界定方法研究. *测绘通报*, 2010, (10): 7-10.

- [38] 武进, 马清亮. 城市边缘区空间结构演化的机制分析. 城市规划, 1990, (2): 38-42, 64-64.
- [39] 涂人猛. 城市边缘区——它的概念、空间演变机制和发展模式. 城市问题, 1991, (4): 9-12.
- [40] 吴铮争, 宋金平, 王晓震, 成奔, 张宁. 北京城市边缘区城市化过程与空间扩展——以大兴区为例. 地理研究, 2008, 27(2): 285-293.
- [41] 张宁, 方琳娜, 周杰, 宋金平, 江君. 北京城市边缘区空间扩展特征及驱动机制. 地理研究, 2010, 29(3): 471-480.
- [42] 方琳娜, 陈印军, 宋金平. 城市边缘区土地利用效益评价研究——以北京市大兴区为例. 中国农学通报, 2013, 29(8): 154-159.
- [43] 宋红, 马勇. 大城市边缘区观光农业发展研究. 经济地理, 2002, 22(3): 376-378, 384-384.
- [44] 李灿, 张凤荣, 朱泰峰, 曲衍波. 大城市边缘区景观破碎化空间异质性——以北京市顺义区为例. 生态学报, 2013, 33(17): 5363-5374.
- [45] 杨俊, 关莹莹, 李雪铭, 席建超. 城市边缘区生态脆弱性时空演变——以大连市甘井子区为例. 生态学报, 2018, 38(3): 778-787.
- [46] 陈峰云, 闵敏, 殷旭东. 城市边缘区犯罪问题的环境影响. 城市问题, 2003, (2): 45-47.
- [47] 程文, 赵天宇. 城市边缘区大型公共设施的规划. 城市问题, 2003, (1): 29-31, 19-19.
- [48] 祁新华, 程煜, 胡喜生, 陈烈, 林小阳, 周燕萍. 大城市边缘区人居环境系统演变的生态-地理过程——以广州市为例. 生态学报, 2010, 30(16): 4512-4520.
- [49] 杨志峰, 隋欣. 基于生态系统健康的生态承载力评价. 环境科学学报, 2005, 25(5): 586-594.