首都师范大学学报(自然科学版)
第41卷 第4期 Journal of Capital Normal University No. 4
2020年8月 (Natural Science Edition) Aug. ,2020

城市化背景下中小城市生态网络的构建

——以大连市普兰店区为例

王 耕 刘一江 石永辉

(辽宁师范大学地理科学学院,辽宁 大连 116000)

摘要:在城市化进程中,经济发展与人口增长带来的土地利用类型的变化,给城市生态系统造成了生态斑块破碎和生物多样性减少等问题.生态网络通过恢复并建立斑块之间物质、信息与能量流通的廊道,整体上能够维持生态平衡,保护生境质量.本研究以大连市普兰店区为例,采用最小累计阻力模型,以地形、坡度和土地类型为影响因子构建最小累积阻力面,提取潜在生态廊道,构建本地区生态网络.结果表明:(1)主要生态源地及核心斑块大多分布在本区中北部地区,2005—2015年,土地利用类型变化明显,建设用地、耕地面积迅速扩大,草地及裸地面积急剧减小,林地及水域破碎化趋势加剧;(2)研究区西部及南部地区阻力值较大,中北部阻力值较小,阻力值大小主要与土地利用类型有关;(3)研究区潜在廊道及踏脚石主要分布在中北部区域,生态网络分布南北不均衡,需要建设人工生态廊道.本研究为沿海中小城市在快速城市化进程中保持经济、社会和生态协调可持续发展具有一定意义.

关键词:城市化;生态网络;大连市普兰店区

中图分类号:Q148 **DOI**:10.19789/j.1004-9398.2020.04.012

0 引 言

随着人口增长和经济发展,城市化进程不断加快,造成了区域环境被破坏、生态用地流失和斑块连接度下降等问题,从而导致生态服务功能下降,危害城市安全[1],城市景观出现"高度破碎化"的特征[2-3].为了应对城市化发展进程中面临的各种难题,我国著名生态学家马世骏和王如松[4]倡导运用生态学原理来解析和重构城市生态系统,用生态网络将"破碎化"的城市景观重新联系起来,促进城市内物质与能量的流动,恢复并增强城市生态系统的服务功能,保护生物多样性.因此,构建有效的生态网络和生态格局被认为是应对城市化过程中产生的景观破碎化的有效措施[5-7].

2012年,党的十八大提出了生态文明的概念,强调把生态文明建设放在突出地位.在生态文明理念引导下,住房城乡建设部和原环境保护部于2016年12月发布了《全国城市生态保护与建设规划》,强调完善城市绿色生态网络,构建城市生物栖息地网络体系.2018年,第十三届全国人民代表大会更是将"生态文明建设"写进宪法.在这样的大背景下,加大生态环境保护力度,实施重要生态系统保护和修复重大工程,优化生态安全屏障体系,构建生态廊道和生物多样性保护网络,提升生态系统质量和稳定性成为目前生态保护工作的重心.

近年来,景观规划的生态学方法以及生态网络和绿道的概念受到越来越多的关注[8].在欧美国家,尽管也面临着生态环境破碎化、生物多样性丧失等生态问题,但是这些问题并不迫切,研究热度并不高.而且欧洲与北美国家对生态网络的研究也存在差异:欧洲生态学家主要研究生态网络构建对已经高度开发的城市中心的生态效应,通过构建生态网络来探索如何降低城市化和农业活动对生态环境的负面影响[9];而以美国为代表的北美学派更倾向于研究在未被开垦利用的荒地、自然保护区以及国家公园等之间进行的绿道网络建设[10].国内从20世纪90年代以来,许多学者从不同尺度不同方面相继对生态网络的构建展开研究,例如孔繁花和尹海伟[11]、傅强等[12]、古璠等[13]和史娜娜等[14]分

收稿日期:2019-10-18

别对城市绿地、城市湿地、省级自然保护区以及省级保护地进行了分析与研究,分别构建了相应的生态网络以保护生态环境. 其中,城市作为人类活动最剧烈、地表改动最强烈的景观单元,生态问题尤为突出,其生态网络及生态格局的构建更是受到广泛关注:胡炳旭等[15]、陈小平和陈文波[16]、刘兴坡等[17]和陈竹安等[18]分别从城市群尺度、经济区尺度、市域尺度及县域尺度对城市生态网络的构建进行了研究与尝试. 由此可见,生态网络的构建已经应用相当广泛,而随着我国城市化进程的不断发展,城市生态网络的构建在相当长的时期内仍是研究的重点.

现阶段沿海地区的城市化进程依然迅速,许多地区进入了城市化发展的新阶段,中小城市得到快速发展,景观破碎化趋势日趋严重. 本研究在前人研究的基础上,以大连市普兰店区为例,研究在沿海地区快速城市化的背景下,如何通过构建健康良好的城市生态网络,保持经济、社会和生态的协调发展,保证城市的可持续发展. 本研究从统筹全局优化的角度出发,利用最小累积阻力模型(minimal cumulative resistance model,MCR),构建了大连市普兰店区生态网络格局,以期为辽宁省海岸城市带地区中小城市的健康发展提供借鉴,为城市生态网络的建设积累一些经验.

1　研究区概况

大连是我国典型的滨海城市,身处辽东半岛,三面环海. 近年来由于城市化的快速发展,大连面临着主城区发展空间饱和的限制,“人多地少”的矛盾日益突出. 为了缓解用地紧张的状况,大连市一边填海造陆,一边将城市空间范围向外扩展.

普兰店区原为普兰店市,与大连北部的瓦房店市、庄河市同为大连管辖的县级市,于 2015 年撤市划区,成为承接大连市产业转移的重要地区,城市规模得到快速发展,城市化水平进一步提升. 普兰店区(图 1)位于辽东半岛南部、大连市区的北部,东临庄河市和黄海,西接瓦房店市,南与大连金州区毗连,北与营口盖州市接壤,东南与长海县隔海相望. 全境地貌以丘陵为主,其地势主要是北高南低,西高东低,北部地区主要以山区为主,少有丘陵跟平原,地势相对较高;中部地区丘陵相对较多;南部主要以平原与丘陵为主,少有山地,地势相对比较平缓. 景观类型原以林草地为主,但近年来随着人口增多,人类活动加剧,耕地面积与城市建设用地大量增加,景观破碎化程度变大. 主要工业区集中在西南普湾周围,城市和工业“三废”污染物的排放对海洋环境造成了较大污染. 另外,小城镇的无序发展导致森林草地植被遭到破坏、生物多样性下降、乡村景观破碎等生态问题,在加剧“孤岛效应”的同时也加速了生境退化进程,对区域可持续发展造成了严重影响.

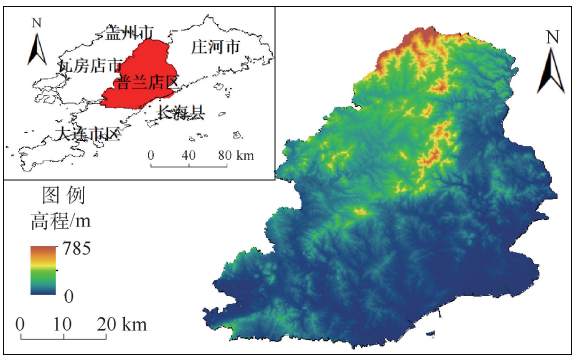


图 1　研究区概况

2　数据来源与研究方法

2.1　数据来源

本研究采用的数据来自于地理空间数据云获取的 2005 和 2015 年 2 期 Landsat 遥感影像,经过校正、裁剪、融合的预处理后,在 ArcGIS 中进行监督分类,利用《大连国土资源地图集》中大连市 1∶600 000 的土地利用类型图,依据 2007 年颁布的《土地利用分类》国家标准和普兰店区土地利用实际情况,分别对遥感影像进行解译,得到林地、草地、裸地、水域、耕地和建设用地 6 种土地类型.

2.2　研究方法

2.2.1　MCR

基于大气污染的“源”“汇”理论,陈利顶等[19]提出了“源”“汇”的景观理论,认为不同的景观类型总体可分为“源”“汇”2 种. “源”景观是指那些能促进过程发展的景观类型,“汇”景观是指那些能延缓或阻止景观发展的景观类型,这样就可以定性描述景观发展中格局与过程之间复杂的关系. 本文选用 MCR 来构建生态阻力面, MCR 最早由 Knaapen 等[20]于 1992 年提出,用来计算物种从源地到目的地的运动过程中所耗费的最小能量或

者费用之和,由我国学者俞孔坚[21]引入并对其进行了修改,其计算式为

$$\mathrm{MCR} = f_{\min}\sum_{j=n}^{i=m}(D_{ij}\times R_i), \quad (1)$$

式中 MCR 为最小累计阻力值; D_{ij} 表示物种从一景观单元 j 向另一景观移动过程中穿越景观 i 的空间距离; R_i 表示景观单元 i 阻止或延缓物种运动的阻力系数,或者为跨越某一景观单元的难易程度. 该模型也叫做最短路径模型或者最小成本模型[22].

2.2.2 源地选取

在景观生态学理论中,斑块面积与形状对斑块的物种丰富度具有非常重要的影响,是发挥景观生态功能的关键[23]. 一般来讲,物种多样性随着斑块面积的增加而增加,具有一定面积大小的斑块才有可能作为生物栖息的生态源地. 本研究根据研究区斑块面积的大小及斑块数量的多少,结合实地考察当地野生生物经常出没的地区,选取面积 >100 hm^2 的林地和水域作为生态源地.

2.2.3 阻力面的计算

物种在水平空间内运动的生态过程以及生态功能的流动与传递,主要受土地覆被状态和人文干扰程度的影响,又因本地区地处辽东半岛和多丘陵的地形条件,所以高程和坡度也有阻力作用. 因此,本研究以土地利用类型、高程和坡度因子作为影响要素构建阻力面,具体赋值如表 1 所示.

表 1 研究区生态阻力因子系数表

阻力因子(权重)	阻力等级	划分标准	相对阻力值
高程(0.3)	Ⅰ	0 ~ 50 m	10
	Ⅱ	>50 ~ 200 m	30
	Ⅲ	>200 ~ 400 m	50
	Ⅳ	>400 m	70
坡度(0.3)	Ⅰ	0 ~ 5°	0
	Ⅱ	>5 ~ 10°	5
	Ⅲ	>10 ~ 20°	10
	Ⅳ	>20 ~ 35°	80
	Ⅴ	>35°	100
土地利用类型(0.4)	Ⅰ	林地	1
	Ⅱ	草地	10
	Ⅲ	耕地	30
	Ⅳ	水域	50
	Ⅴ	裸地	70
	Ⅵ	建设用地	100

利用 ArcGIS 中的 Spatial Analays 模块并结合表 1 构建单因子阻力面,将单因子阻力面根据不同权重在 ArcGIS 中的 Spatial Analays 模块中进行加权叠加分析生成综合阻力面. 将 2015 年主要生态源地作为研究对象,基于 ArcGIS 平台,通过使用 Distance 中的 Cost Distance 模块,计算得出最小累积阻力面.

2.3.4 生态网络的构建

在生成的最小累积阻力面的基础上,再使用 Distance 中的 Cost Path 模块计算从源到目标斑块的最小路径,生成了研究区的潜在廊道. 最后,通过 GIS 软件中的 Matrix Green 分析工具中的 Betweeness Centrality 模块,通过中介中心度式(2)计算得出在生态网络中中介作用较好的核心斑块,依据其分值高低规划 3 个斑块作为踏脚石以构建生态网络.

在踏脚石的选取上本研究采用中介中心度(C_i^B)计算式为

$$C_i^B = \frac{1}{(N-1)(N-2)}\sum_{j=1;k=1;j\neq k\neq i}^{N}\frac{n_{jk}(i)}{n_{jk}}, \quad (2)$$

式中 N 为网络节点的个数, $n_{jk}(i)$ 为 2 节点 j 与 k 间的最短路径经过节点 i 的条数. 在生态网络中,中心度越高的斑块,枢纽作用也就越明显,可作为有益物种迁徙的踏脚石,可以增加景观连接度.

3 研究结果

3.1 土地利用类型的变化

解译后的 2005 和 2015 年土地利用类型如图 2 所示:与 2005 相比,2015 年大连市普兰店区建设用地面积迅速扩大,不仅在西南地区扩张

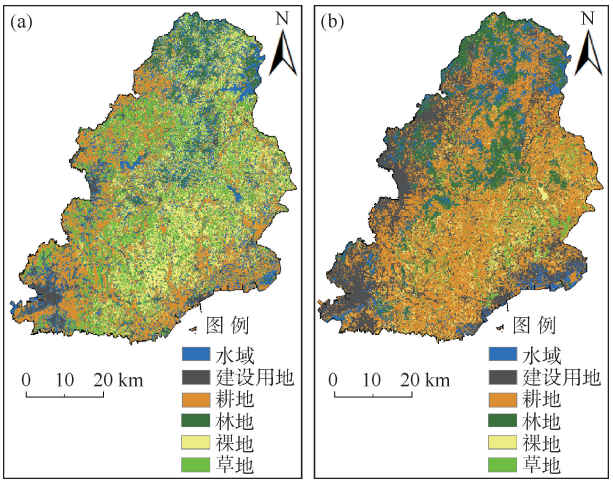


图 2 研究区土地利用变化

(a)2005;(b)2015 年

明显,而且正西、西北及东南地区也增长迅速,城镇化水平明显提升;耕地面积同样增长明显,由人类活动集中的西部及东南部地区扩展到包括北部山地在内的各个地区;草地及裸地面积在全区范围内急剧减少甚至消失不见;林地及水域面积也有所减小,虽然减小幅度不大,但大片的林地及水域景观变得支离破碎,景观破碎化程度明显提高.

3.2　生态源地及核心斑块的变化

物种丰富度除与面积有关,还与斑块形状有关,斑块的形状通常用周长和面积的比值来表示,这个比值越小,物种丰富度一般就越高.因此,本研究在已选取的生态源地的基础上,选择周长和面积比最小的 20 个生态源地作为核心斑块,如图 3 所示. 研究区主要生态源地及核心斑块大多分布在本区中部及北部山地地区,南部平原地区分布较少甚至无分布.2005 年生态源地及核心斑块分布较为集中;与 2005 年相比,2015 年主要生态源地及核心斑块的分布更为分散,南部人口稠密地区亦有生态源地和核心斑块存在,但是面积普遍较小,相比之下破碎化程度更高.

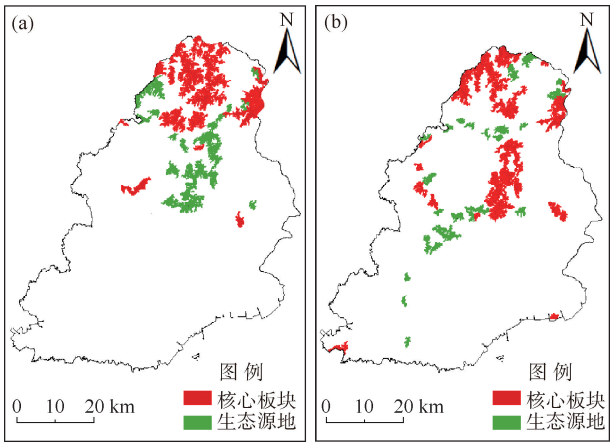


图 3　研究区生态源地及核心斑块分布

(a)2005;(b)2015 年

3.3　阻力面分析

基于 2015 年生态源地和高程、坡度和土地利用类型等单因子阻力面及综合阻力面(图 4),计算每个像元到成本面上最近单元的最小累积成本距离,得到最小累积阻力面(图 5). 结果显示:阻力值较高的地区多存在于普兰店区西部及南部海拔较低、坡度较缓、人口稠密和经济发达的地区,该地区城镇化程度较高,对物种的迁徙及生态功能的流动与传递皆有强大的阻力;而普兰店区中北部地区由于海拔较高、坡度较陡,林地分布较广,故人类活动较少,对物种的迁徙及生态功能的流动与传递的阻力较小.因此可以得知,土地利用类型对该地区生态物质的迁移与流动具有决定性的影响,而高程与坡度对阻力面的影响较小.

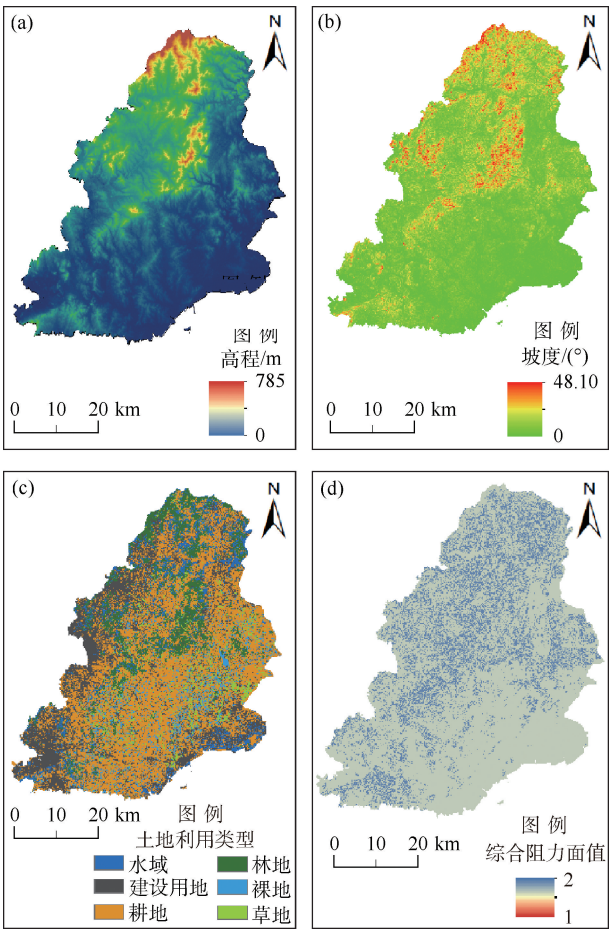


图 4　单因子及综合阻力面

(a)高程;(b)坡度;(c)土地利用类型;(d)综合阻力面

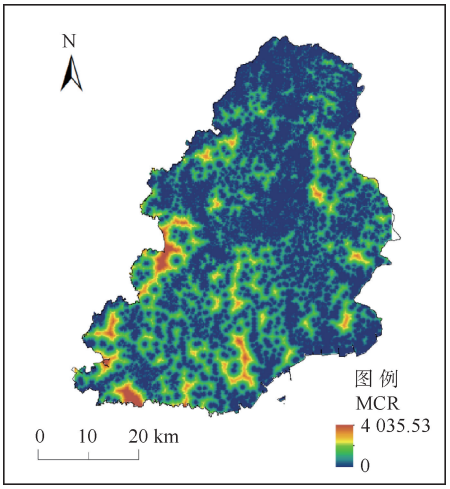


图 5　最小累积阻力面

3.4　生态廊道及生态网络分布

根据最小累积阻力面生成的潜在廊道与踏脚石斑块相结合,构建大连市普兰店区生态网络(图 6). 本研究区共生成 13 条潜在生态廊道,主要分布于中北部海拔较高、坡度较陡的区域和林地水域,连接斑块较多,南部地区无潜在生态廊道分布;3 处踏脚石区域有 2 处位于北部区域,1 处位于南部区域. 以此为基础构建的生态网络南北分布明显不平衡.

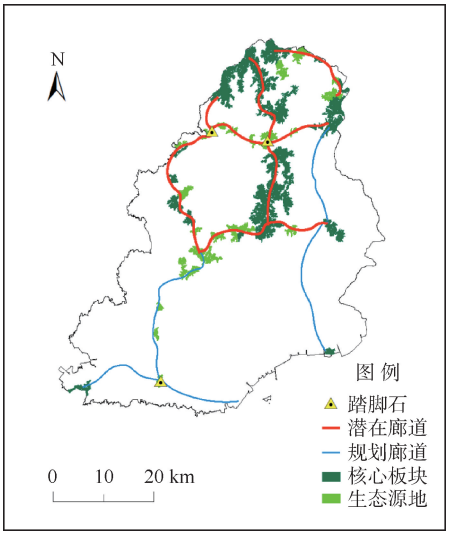


图 6　研究区生态网络分布

4　结论与建议

4.1　结论

在前人研究的基础上,本研究以大连市普兰店区为例,从减少景观破碎化、促进物质能量的交流、保护生物多样性的角度出发,运用 MCR 构建了基于全局统筹优化的生态网络格局,以此保证经济、社会、生态的协调可持续发展. 主要结论如下:

(1)主要生态源地及核心斑块大多分布在本区中北部地区. 与 2005 年相比,2015 年大连市普兰店区建设用地面积迅速扩大,城镇化水平明显提升;耕地由人类活动集中的西部及东南部地区扩展到全区各个地区;草地及裸地面积急剧减少甚至消失不见;林地及水域面积减小幅度不大,但破碎化程度明显提高.

(2)阻力值较高的地区多存在于普兰店区西部及南部地区,该地区城镇化程度较高,对物种的迁徙及生态功能的流动与传递皆有强大的阻力;而普兰店区中北部地区人类活动较少,对物种的迁徙及生态功能的流动与传递的阻力较小. 因此土地利用类型对该地区生态物质的迁移与流动具有决定性的影响,而高程与坡度对阻力面的影响较小.

(3)本地区潜在生态廊道主要分布于海拔较高、坡度较陡、林地水域分布较多的中北部区域,连接斑块较多,南部地区无潜在生态廊道分布;3 处踏脚石区域有 2 处位于北部区域,1 处位于南部区域. 生态网络结构不平衡.

4.2　建议

针对本地区生态源地、核心斑块及潜在生态廊道南北分布不均衡的情况,本研究在原有生态网络的基础上,基于全局统筹优化的考虑,新增 5 段生态廊道,连接南北,使其形成“四横三纵”的生态网络格局. “四横”从北向南:一是最北端从老帽山旅游风景区—碧流河水库附近;二是中北部从瓦房店市松树水库附近林地,借助几个现有的林地斑块向东一直到碧流河水库附近;三是中部从白云山景区—清泉寺风景区—小刘屯水库;四是南部从普兰店环城森林公园—二龙山森林公园—沙河入海口地区. “三纵”从西向东:一是从老帽山旅游风景区—松树水库—刘大水库—白云山景区—洼子店水库;二是从老帽山旅游风景区—中部山地—清泉寺风景区;三是从碧流河水库—小刘屯水库—东南沿海湿地. 通过这“四横三纵”的生态网络连接起普兰店区大部分生态源地,为物种之间的迁徙与能量物质的流通构建一条通道,以期能够在一定程度上起到保护生物多样性的作用.

根据胡道生等[24]的生态廊道定性分级理论,本研究选取经过斑块较多的、最为重要的和建设难度相对较小的“四横”中的北部、中北部和中部廊道,“三纵”中的东部北段、中部廊道作为天然廊道,也就是关键廊道,尽量减少人为的干扰;选取“四横”中的南部廊道、“三纵”中东部南段和西部廊道作为人工廊道,也就是规划廊道,由于沿途经过斑块较少,需要人工建设生态廊道.

参 考 文 献

[1] BOALONG H,HONGXIAO H,RUSONG W. Urban ecological security assessment for cities in the Beijing-Tianjin-Hebei metropolitan region based on fuzzy and entropy methods[J]. Ecological Modelling,2015,318:217 – 225.

[2] 李伟峰, 欧阳志云, 王如松,等. 城市生态系统景观格局特征及形成机制[J]. 生态学杂志, 2005, 24(4):428 – 432.

[3] ALBERTI M. The effects of urban patterns on ecosystem function[J]. International Regional Science Review, 2005, 28(2):168 – 192.

[4] 马世骏,王如松. 社会-经济-自然复合生态系统[J]. 生态学报, 1984, 4(1):3 – 11.

[5] 彭建,赵会娟,刘焱序,等.区域生态安全格局构建研究进展与展望[J].地理研究,2017,36(3):407 – 419.

[6] 刘洋,蒙吉军,朱利凯.区域生态安全格局研究进展[J].生态学报,2010,30(24):6980 – 6989.

[7] 刘建锋,肖文发,江泽平,等.景观破碎化对生物多样性的影响[J].林业科学研究,2005(2):222 – 226.

[8] AMINZADEH B, KHANSEFID M. A case study of urban ecological networks and a sustainable city: Tehran′s metropolitan area[J]. Urban Ecosystems, 2010, 13(1):23 – 36.

[9] JONGMAN R H G, KVLVIK M, KRISTIANSEN I. European ecological networks and greenways[J]. Landscape and Urban Planning,2004,68(2):305 – 319.

[10] FABOS J G. Greenway planning in the United States: its origins and recent case studies[J]. Landscape and Urban Planning,2003,68(2/3):321 – 342.

[11] 孔繁花,尹海伟.济南城市绿地生态网络构建[J].生态学报,2008,28(4):1711 – 1719.

[12] 傅强,宋军,毛锋,等.青岛市湿地生态网络评价与构建[J]. 生态学报, 2012, 32(12):3670 – 3680.

[13] 古璠,黄义雄,陈传明,等.福建省自然保护区生态网络的构建与优化[J].应用生态学报,2017,28(3):1013 – 1020.

[14] 史娜娜,韩煜,王琦,等.青海省保护地生态网络构建与优化[J].生态学杂志,2018,37(6):1910 – 1916.

[15] 胡炳旭,汪东川,王志恒,等.京津冀城市群生态网络构建与优化[J].生态学报,2018,38(12):4383 – 4392.

[16] 陈小平,陈文波.鄱阳湖生态经济区生态网络构建与评价[J].应用生态学报,2016,27(5):1611 – 1618.

[17] 刘兴坡,李璟,周亦昀,等.上海城市景观生态格局演变与生态网络结构优化分析[J].长江流域资源与环境,2019,28(10):2340 – 2352.

[18] 陈竹安,况达,危小建,等. 基于 MSPA 与 MCR 模型的余江县生态网络构建[J]. 长江流域资源与环境, 2017, 26(8):1199 – 1207.

[19] 陈利顶,傅伯杰,赵文武."源""汇"景观理论及其生态学意义[J].生态学报,2006,26(5):1444 – 1449.

[20] KNAAPEN J P, SCHEFFER M, HARMS B. Estimating habitat isolation in landscape planning[J]. Landscape & Urban Planning, 1992, 23(1):1 – 16.

[21] 俞孔坚.生物保护的景观生态安全格局[J].生态学报,1999,19(1):10 – 17.

[22] 王琦,付梦娣,魏来,等.基于源-汇理论和最小累积阻力模型的城市生态安全格局构建:以安徽省宁国市为例[J].环境科学学报, 2016, 36(12):4546 – 4554.

[23] 邬建国.景观生态学:格局、过程、尺度与等级[M]. 2 版.北京:高等教育出版社, 2007:1 – 266.

[24] 胡道生,宗跃光,许文雯.城市新区景观生态安全格局构建:基于生态网络分析的研究[J].城市发展研究,2011,18(6):37 – 43.

Construction of Ecological Network of Small and Medium Cities Under the Background of Urbanization

——Taking Pulandian District of Dalian as an Example

WANG Geng LIU Yijiang SHI Yonghui

(School of Geographical Sciences, Liaoning Normal University, Dalian Liaoning 116000)

Abstract: In the process of urbanization, the changes of land use types brought by economic development and population growth have caused the fragmentation of ecological patches and the reduction of biodiversity in urban ecosystems. By restoring and establishing corridors of material, information and energy flow among plaques, the ecological network can maintain ecological balance and protect habitat quality as a whole. Taking Pulandian District of Dalian as an example, this paper uses minimal cumulative resistance model(MCR) to construct the minimum cumulative resistance surface with terrain, slope and land type as the influencing factors, extract potential ecological corridors and construct the ecological network of the region. The result shows: (1) the main ecological sources and core sectors are mostly distributed in the north central region of the region. During the period of 2005—2015, the types of land use changed significantly, the area of construction land and cultivated land expanded rapidly, the area of grassland and bare land decreased sharply, and the fragmentation trend of forest land and water area increased. (2) The resistance values in the western and southern regions of the study area are relatively large, and the resistance values in the central and northern regions are relatively small. The magnitude of the resistance is mainly related to the type of land use. (3) The potential corridors and stepping stones in this area are mainly distributed in the central and northern regions. The ecological network is unevenly distributed in the north and south, and artificial ecological corridors need to be built. This study is of certain significance for small and medium-sized coastal cities to maintain the coordinated and sustainable development of economy, society and ecology in the process of rapid urbanization.

Keywords: urbanization; ecological network; Pulandian District of Dalian City