

# 中国东部沿海地区耕地和建设用地的连通性变化

——以山东省平度市为例

吴金凤<sup>1,2</sup>, 王秀红<sup>1</sup>, 汪然<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 陆地表层格局与模拟院重点实验室, 北京 100101; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:** [目的] 以中国东部沿海地区的山东省平度市为案例区, 分析研究区 2005—2013 年耕地和建设用地的连通性及其核心斑块格局变化的特征, 为有效保护区域耕地, 合理规划建设用地提供科学依据。[方法] 基于斑块的景观指数分析方法, 构建了案例区耕地和建设用地整体连通性指数(IIC)、可能连通性指数(PC)及斑块重要值(dI), 以反映区域内两种地类的连通性和各斑块重要性。[结果] (1) 与耕地相比较, 平度市的建设用地分布格局受人类活动的影响较大; (2) 建设用地的连通性显著增加, 相反耕地的连通性有所下降; (3) 2013 年平度市耕地核心斑块的面积占耕地面积的 99%, 而建设用地的核心斑块面积仅占建设用地面积的 79%。[结论] 耕地核心斑块属于连通性好, 利用效益较好的耕地分布区, 其数量和质量均应得到有力保护。建设用地核心斑块具有连通性好, 地理位置好的特点, 应加强此类建设用地的无节制扩张控制和现有建设用地的合理规划利用, 同时应不断控制建设用地的污染物排放, 保持良好环境质量, 避免污染附近耕地。

**关键词:** 中国东部沿海地区; 景观连通性; 耕地; 建设用地

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2015)05-0251-06

中图分类号: P963

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.05.112

## Connectivity Change of Cultivated Land and Construction

### Land in Eastern Coastal China

—A Case Study in Pingdu City in Shandong Province

WU Jinfeng<sup>1,2</sup>, WANG Xiuhong<sup>1</sup>, WANG Ran<sup>1,2</sup>

(1. Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation, Institute of

Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences,

Beijing 100101, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China);

**Abstract:** [Objective] Taking Pingdu City in Shandong Province as a case study, this paper analyzed the changes in land use pattern, land-type connectivity and core patches of cultivated land and construction land from 2005 to 2013, in order to provide a scientific basis for protecting area cultivated land effectively and planning construction land reasonable. [Methods] Based on the analysis of landscape index, we calculated integral index of connectivity(IIC), probability of connectivity(PC) and the important value of patch connectivity(dI) to reveal the connectivity of land types and importance of patches of cultivated land and construction land. [Results] (1) Compared with cultivated land, the distribution of construction land was strongly influenced by human activities; (2) The connectivity of construction land increased significantly, while the connectivity of cultivated land decreased from 2005 to 2013; (3) The core patch area of cultivated land accounted for 99% of cultivated land area, in contrast, the core patch area of construction land accounted for 79% of construction land area. [Conclusion] Due to the high-connectivity and high utilization efficiency, the core patches of cultivated land need to be well protected. The core patches of construction land need to be well planned and utilized due to its good connectivity and satisfactory geographic location. It is necessary to control expansion of construction land, the emissions of pollutants, and to protect the surrounding cultivated land.

**Keywords:** eastern coastal China; landscape connectivity; cultivated land; construction land

收稿日期: 2014-12-08

修回日期: 2015-02-04

资助项目: 国家自然科学基金项目“东西部土地集约利用变化及其生态风险的对比研究”[41371531(2014-2017)]; 中国科学院地理科学与资源研究所所长资助项目“土地利用强度变化及其生态风险评估模式研究”[2013 SJ008(2013-2016)]

第一作者: 吴金凤(1989—), 女(汉族), 四川省绵阳市人, 硕士研究生, 研究方向为土地利用。E-mail: 947022533@qq.com。

通信作者: 王秀红(1964—), 男(汉族), 山西省昔阳县人, 博士, 副研究员, 主要从事土地退化与防治工作。E-mail: wangxh@igsnr.ac.cn。

区域土地利用格局与过程是全球环境变化及可持续发展研究中的重要领域之一,一直倍受到学术界的广泛关注<sup>[1-2]</sup>。为了发展区域经济,人们往往忽略平衡态土地利用格局这一主题,采用掠夺式的土地利用方式,导致城市过度扩张、农用地大量流失、生态环境恶化等诸多社会和环境问题<sup>[3-5]</sup>,因此,研究土地利用格局变化所导致的景观连通性变化是一项十分迫切的任务。

景观指数用以信息论<sup>[6]</sup>为基础的优势度与蔓延度以及分形几何学为基础的分维数等指数<sup>[7-8]</sup>来描述景观格局、分析景观的特点<sup>[9-10]</sup>,因此利用景观指数进行土地利用格局空间分析的方法得到广泛应用。如 Wang 等<sup>[11]</sup>、王景伟等<sup>[12]</sup>和李雪梅等<sup>[13]</sup>基于景观指数和土地利用类型转移矩阵,研究不同时空尺度土地利用变化和景观格局变化。然而景观指数不能反映斑块等级、连通性和空间结构特点;为此,Saura 等<sup>[14-16]</sup>在基于生境可利用性的观点上,提出了景观巧合概率指数(LCP)、整体连通性指数(IIC)、可能连通性指数(PC)和重要值,对斑块连通性、重要值及其空间结构做出有效的评价,并得到逐步应用。如侍昊等引入 LCP, IIC, PC 和重要值等指数对研究区内的绿地斑块研究表明,当连通距离设置为 500 m 时, LCP, IIC 和 PC 所反映的斑块重要性排列顺序基本一致,核心区内的绿地斑块主要以中大型和大型斑块为主,斑块连接度高,破碎化程度较低;而熊春妮等<sup>[17]</sup>对都市区绿地景观的连通性进行分析发现,对于绿地景观的连通性而言,巨型斑块的重要值最大,但小型斑块的重要性也不容忽视;孙贤斌等<sup>[18]</sup>选择江苏盐城海滨地区为研究对象,应用遥感和地理信息系统技术,分析 20 a 来土地利用变化对湿地景观连通性的影响,并以 2007 年湿地景观生态系统服务功能为基础,探讨湿地景观连通性优化途径及其效应。与景观指数方法比较, IIC, PC 以及重要值可以更好地揭示土地利用格局与生态功能之间的联系,识别地类连通路径,为土地利用格局优化提供一定的理论基础,在土地资源管理和规划等诸方面都具有重大的理论和实践意义。

改革开放以来,中国东部沿海地区经济发展迅速,工业化和城市化发展所带来的土地利用压力更为显著。为保护区域食物安全,耕地必得到有力保护,建设用地面积增加必须得到有效的控制,现有建设用地应该得到合理规划。本文以地处我国东部沿海地区的山东省平度市为例,以其 2005 和 2013 年遥感影像数据为基础,基于斑块的景观指数分析方法,通过构建小尺度上的耕地和建设用地整体连通性指数

(IIC)、可能连通性指数(PC)及斑块重要值,用以反映区域两种地类的连通性和各斑块的重要性。本文在学术上可为景观连通性的理论研究提供基本素材,在实际应用上为有效保护区域耕地,合理规划建设用地提供科学依据。

## 1 研究区概况

山东省平度市是一座新兴的沿海对外开放城市,位于胶东半岛的西部,地理坐标为东经 119°31'30"—120°19'13",北纬 36°28'15"—37°02'46",东与莱西、即墨以大、小沽河为界,南与胶州接壤,西以胶莱河为界与高密、昌邑毗邻,北以大泽山脉为界与莱州相连,处于青岛市 1 h 经济圈内。地形北高南低,呈伞形向东南、西南、西北倾斜。北部是大泽山脉,高程均在 100 m 以上,土地利用类型以林地和草地为主。中部、东南部是平原,地面高程在 20~50 m,其中中部建设用地偏多,市区位于此处,而东南部耕地最多,约占全市总面积的 43%。西南部和西北部的地面高程分别在海拔 10 m 以下,海拔 50~150 m 之间,耕地最多。平度市耕地面积达到 70% 以上,是山东省的农业大市,也是全国的农业生产基地之一<sup>[19-20]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 数据处理

以 2005 和 2013 年遥感影像图为基础数据源,遥感影像图满足云覆盖率低于 10%。首先在 ENVI 4.8 中对影像进行几何纠正,在地理信息系统的支持下,建立影像解译标志,对遥感影像进行人机交互解译,得到 2005 和 2013 年山东平度市 1:10 万的土地利用图。然后按照不同景观功能,在 ArcGIS 9.3 中重新分类,将其分为耕地、林地、草地、水域、建设用地、未利用地 6 种类型。特别说明:本文所说的建设用地包括了城乡建设用地、工矿、居民用地。

### 2.2 景观格局分析

2.2.1 景观指数 将以上所得到的 2005 和 2013 年山东平度市 1:10 万的土地利用图,转换为栅格数据,导入景观格局分析程序 Fragstats 3.3 中,分别计算各景观格局指数的值<sup>[7-8,12-13]</sup>。在 Fragstats 3.3 中,景观指数包括斑块水平、斑块类型水平和景观水平 3 种类型。其中,斑块类型指数是针对不同类型斑块进行分析,景观水平指数则用于描述研究区的整体特征。根据研究区的特点,在斑块类型水平上选取斑块类型面积(CA)、面积比例(PLAND)、斑块数量(NP)、平均斑块面积(MA)、面积加权的平均斑块分

维数(AWMPFD)、聚合度(AI),在景观水平上选取多样性指数(SHDI)。

### 2.2.2 景观连通性指标

(1) 整体连通性指数 IIC<sup>[14-16]</sup>,需要通过计算任意两个斑块间的最短路径获得,测算公式如下:

$$IIC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i \times a_j}{A^2 + nl_{ij}} \quad (1)$$

式中: $n$ ——景观中斑块总数; $a_i$ 和 $a_j$ ——斑块 $i$ 和斑块 $j$ 的面积( $\text{hm}^2$ ); $nl_{ij}$ ——斑块 $i$ 和斑块 $j$ 之间的连接数; $A$ ——土地面积( $\text{hm}^2$ )。需要计算任意两个斑块间的最短路径, $0 < IIC < 1$ ,IIC的值为0,指阈值内地类斑块之间没有连接。IIC=1,指阈值内都为该地类。下同。

(2) 可能连通性指数 PC<sup>[14-16]</sup>,利用斑块直接连通的概率和距离测算区域地类连通性,计算公式如下:

$$PC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_{ij}^* \times a_i \times a_j}{A^2} \quad (2)$$

式中: $p_{ij}^*$ ——物种在2个斑块间直接扩散的最大可能性, $0 < PC < 1$ 。

式中:整体连通性指数(IIC)和可能连通性指数(PC)既可反映区域地类的连通性,又可计算区域中各斑块对地类连通性的重要值,以此作为斑块对地类连通性影响和效应分析。斑块的重要值,这里指对地类保持连通的重要性,即在此斑块移除后整个区域该类型景观连通性的变化量。根据不同的指数计算得到各关键点的重要值是不同的<sup>[14-16]</sup>,

$$dI = 100 \times \frac{I - I_{\text{remove}}}{I} \quad (3)$$

式中: $I$ ——指数,即为 IIC,PC 指数; $I_{\text{remove}}$ ——去掉某斑块后的指数; $dI$ ——dIIC,dPC 指数,表示研究区内斑块的重要程度。 $dI$ 值越高,指该斑块在地类连通中的重要性越高,也意味着  $dI$  值越高的斑块,在区域地类中的核心地位越明显。

IIC,PC 和重要值的计算在 Conefor Inputs for ArcGIS 9.3 和 Conefor Sensinode 2.6 软件中进行<sup>[14-16,21-23]</sup>。在 ArcGIS 9.3 中,先由关键点和阻力面矢量文件,利用插件模块 Conefor Inputs for ArcGIS 9.3 计算各关键点之间的阻力距离值,以表的形式输出,然后在 Conefor Sensinode 2.6 软件中输入阻力距离结果,设置基质总面积、阈值距离等相关参数,自动计算和输出景观的 IIC,PC 以及各点的 dIIC,dPC 指数值,然后将各值输入各关键点的属性表中,进行斑块分类和可视化显示。

## 3 结果与讨论

### 3.1 土地利用类型景观指数分析

依据 2013 年景观指数计算结果(表 1),可以得出平度市耕地面积最大,为  $23.04 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 占总土地面积的 72.58%,其次是建设用地面积为  $3.83 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 比例为 12.09%,面积最小的是林地  $2.10 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,所占比例仅为 0.66%;但是 NP 显示平度市建设用地斑块数量最大达 1 150,而耕地仅为 165;MA 排序显示:耕地面积 > 草地 > 建设用地 > 未利用地 > 林地 > 水域。各地类 AWMPFD 显示,林地、水域、建设用地具有较小值,说明这 3 类土地利用类型受人类活动影响大。其原因是,林地主要受当地园地、林木培育和种植以及生态建设的影响,水域主要受当地淡水养殖以及水利设施的影响,建设用地主要受城镇化和工业化的巨大影响。2014 年平度市统计年鉴显示,园林地、水产养殖的产值仅次于谷物产值,建设用地的利用效益更是明显高于耕地。综上所述,林地、水域和建设用地是高集约利用和高利用效益的土地利用类型,其分布格局受人类影响更大。AI 显示平度市耕地聚合度最高,草地和未利用地次之,而林地和水域的聚合度程度最低。

2005—2013 年景观指数的变化显示(表 1),平度市 SHDI 从 2005 年的 0.92 增加到 2013 年的 0.95,说明整体景观多样性有所增加。各景观指数的变化结果表明,从 2005—2013 年林地、草地和未利用地变化较小,耕地和建设用地变化最大。CA 显示耕地减少了  $4 600 \text{ hm}^2$ ,建设用地增加了  $5.2 \times 10^5 \text{ hm}^2$  (大于耕地减少面积),林地面积基本保持不变,草地面积增加  $6.88 \text{ hm}^2$ ,水域和未利用地面积分别减少  $474.47 \text{ hm}^2$ ,  $144.40 \text{ hm}^2$ 。NP 显示水域减少 34 个,建设用地减少 10 个,而耕地的斑块增加了 8 个。MA 显示耕地平均斑块面积减少了  $100.46 \text{ hm}^2$ ,相反建设用地平均斑块面积增加了  $4.78 \text{ hm}^2$ ,其他地类变化较小。面积加权的平均斑块分维数的变化较小,最大不超过 0.01。AWMPFD 显示,耕地分布和水域更趋于规则化,建设用地规则化稍有减小,其他地类基本保持不变。AI 显示水域和建设用地出现了增加,表明从 2005—2013 年水域和建设用地聚集程度增加,而耕地和未利用地出现了减小,说明耕地和未利用地聚集程度出现了减少,林地和草地聚合度变化很小。因此,综合各地类景观指数的变化结果可知,耕地和建设用地变化最明显,故下文重点围绕平度市耕地和建设用地这两大类型地类的连通性以及其变化做进一步研究。

表 1 景观指数计算结果

土地利用类型	CA/10 <sup>4</sup> hm <sup>2</sup>	CA/hm <sup>2</sup>	NP/个	MA/hm <sup>2</sup>	AWMPFD	AI/%	
2005 年	耕地	23.50	74.03	157	1 496.85	17.76	89.78
	林地	0.21	0.66	82	25.66	1.26	45.06
	草地	1.37	4.32	220	62.36	3.89	65.92
	水域	0.73	2.31	341	21.52	1.52	48.45
	建设用地	3.31	10.45	1160	28.58	1.42	53.70
	未利用地	2.61	8.23	294	88.85	2.84	63.97
2013 年	耕地	23.04	72.58	165	1 396.40	16.08	89.54
	林地	0.21	0.66	81	25.98	1.26	45.23
	草地	1.37	4.32	220	62.39	3.89	65.91
	水域	0.69	2.16	307	22.35	1.45	49.48
	建设用地	3.84	12.09	1150	33.37	1.65	58.67
	未利用地	2.60	8.18	294	88.36	2.85	63.78

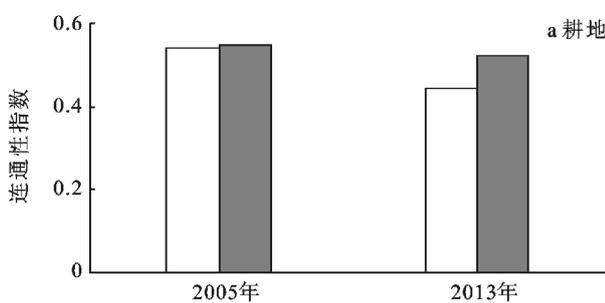
注:CA 指斑块类型面积; PLAND 指面积比例; NP 指斑块数量; MA 指平均斑块面积; AWMPFD 指面积加权的平均斑块分维数; AI 指聚合度。

### 3.2 耕地和建设用地连通性分析

在计算研究区的耕地和建设用地的 IIC, PC 以及重要值过程中, 设置斑块的连通性阈值十分重要。本文根据研究区的实际情况和已有研究成果<sup>[17-18]</sup>, 将阈值设置为 500 m 时, 能够合理地反映平度市各类斑块的连通性和重要性。

IIC 和 PC 都可测算地类连通性, 但是基于模型不同, 侧重不同。计算结果如下: IIC 和 PC 测算从 2005—2013 年耕地和建设用地的连通性变化趋势是一致的, 耕地连通性减少, 建设用地连通性增加。但是耕地和建设用地的 IIC 和 PC 仍然存在细微差异(图 1)。

(1) 耕地 IIC 从 2005—2013 年变化较之 PC 大,



从 0.54 减少为 0.45, 变异程度达 17.59%, 而 PC 仅从 2005 年的 0.55 减小为 0.52。

(2) 与耕地相同的是, 2005 和 2013 年的建设用地 PC 也大于 IIC, 差异性都达到 60%; 与耕地不同的是, IIC 和 PC 增长率变化大, 达到 100%, 在数值上 IIC 从 0.002 8 增加到 0.006 7, PC 从 2005 年的 0.008 5 变为 2013 年的 0.017 0。由此说明虽然 IIC 和 PC 都能表明区域地类连通性的变化, 然而利用 IIC 指数测算斑块重要值容易出现极端化, 即两头重中间轻, 同时已有研究<sup>[17]</sup>表明 PC 测算小型斑块的重要值重要值要高于根据 IIC 测算的重要值, 即 PC 重要值(dPC)比 IIC 重要值(dIIC)更能突出小型斑块的重要性, 故下文利用 dPC 的排序大小对斑块的重要性进行分析。

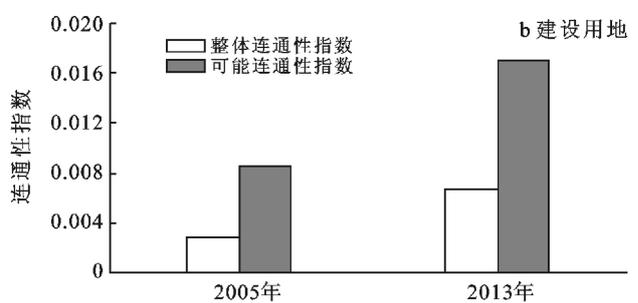


图 1 2005 和 2013 年耕地和建设用地连通性

### 3.3 耕地和建设用地斑块重要性分析

根据 2013 年 dPC 的大小选取排序在前 10 位的地类斑块号, 即 PC 测算连通性排名前 10 位的斑块。表 3 中所给的斑块编号是矢量化后, ArcGIS 软件随机给出的, 其中耕地斑块编号是 1~171, 建设用地编号为 755~1 979。显示耕地连通性最好的是斑块 168, dPC 达到 97.15%, 建设用地连通性最好的是斑

块 951, dPC 为 77.16%。同时它们的 dIIC 也最大, 分别为 96.95%, 94.23%; 这些斑块的面积也最大, 分别为 189 700 和 8 400 hm<sup>2</sup>, 且耕地斑块 168 面积占总耕地的 82%, 建设用地斑块 951 面积占总建设用地的 22%。其次是耕地斑块 141 和建设用地斑块 952, 连通性相对较好, 但是较之最好相差甚远。最后 8 个排序的耕地和建设用地斑块的 dPC 相差较小, dIIC

的排序大小也基本遵从 dPC 大小,但是两者值相差较大。由排序前 10 位的耕地面积可知:面积较大,一般连通性较好,如耕地斑块 168,141,61 和 100 遵循此规

律;而面积较小的耕地斑块不再遵循次规律。建设用地斑块较碎,然而连通性最好的,面积一定最大;而排名第 2 的重要值,面积并不排名第 2(表 2)。

表 2 2013 年 dPC 大小对斑块号排序结果

耕地斑块号	dIIC/ %	dPC/ %	面积/ hm <sup>2</sup>	建设用地 斑块号	dIIC/ %	dPC/ %	面积/ hm <sup>2</sup>
168	96.95	97.15	189 700	951	94.23	77.16	8 400
141	18.50	28.66	35 900	952	6.35	10.9	573.89
61	0.62	1.32	1 500	981	0.13	3.78	258.29
100	0.50	0.83	1 000	1781	0.15	2.92	321.38
42	0.15	0.27	309.68	953	0.05	2.81	109.72
169	0.00	0.24	401.21	1130	1.07	2.78	806.26
17	0.09	0.14	172.79	1245	0.03	2.19	72.45
149	0.07	0.12	149.93	946	0.77	2.09	55.86
71	0.02	0.08	112.50	1061	0.05	1.96	148.85
154	0.02	0.08	120.87	1120	0.08	1.95	240.30

为了更清晰地了解平度市耕地和建设用连通性较好的斑块空间分布和形状特点,本文选取了 dPC≥0.1%的耕地和建设用地作为核心斑块标识于图 2 中。平度市耕地面积大,连通性较好,dPC≥0.1%的面积达到 2.29×10<sup>5</sup> hm<sup>2</sup>,占耕地面积的 99%,占全市面积的 72%,空间分布广泛而且密集,其分布如图 3 所示的耕地图斑,这些耕地应该在数量上和质量上都得到保护,以保证区域的粮食安全。但是仍有一些零星的地块 dPC<0.1%,如图 3 所示的耕地图斑,这些地块面积不大,数量却很大,这极不利于区域耕地的集约化经营,可进行耕地整治。

建设用地各斑块重要值分析表明,dPC≥0.1%的核心斑块面积为 3.03×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>,占建设用地面积的 79%,全市面积的 9.5%,斑块分布和形状特点显示:dPC 最大值的斑块 951 主要位于市中心,其周边小斑块的连通性仍较好;而市中心周边的建设用地是大斑块,且以长条形斑块为主,连通性才会比较高,而全市东北角建设用地连通性最差。其余 29%的建设用地斑块数量大、面积小(图 2),不利用于生产生活条件的提高和区域经济的发展,故可进行归并整治,提高利用率,同时注重提高基础设施建设,改善人民生活水平。

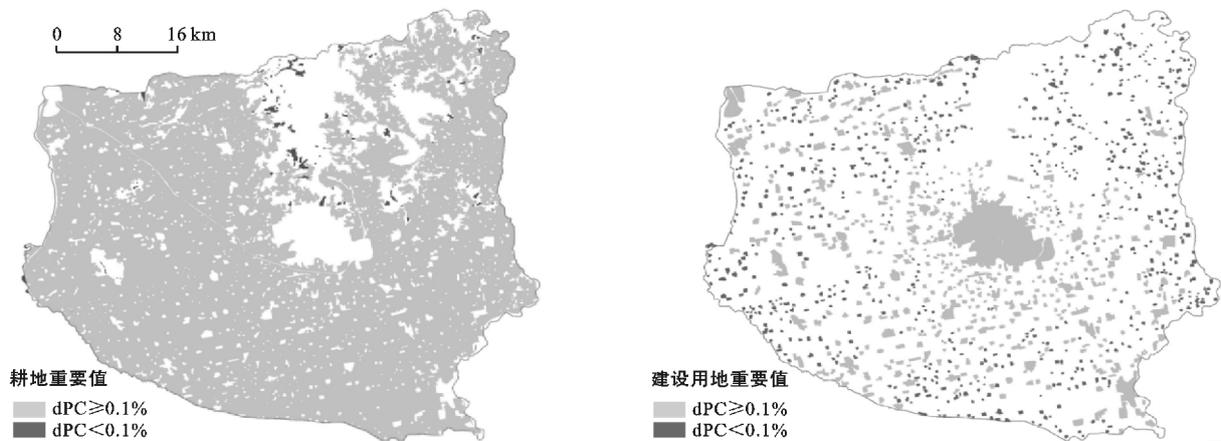


图 2 耕地和建设用核心值斑块分布

从 2005—2013 年,耕地的核心斑块面积有明显减少,测算发现核心斑块面积减少比例与耕地总面积减少比例一致,分别为 2.01%,2.00%,特别是位于

市中心周围的耕地核心斑块面积减少更明显(图 3),结合耕地连通性的变化,可以得出耕地连通性下降,与郊区连通性好的耕地占用有关。同时也说明了,图

2 耕地重要值斑块分布给出的可整治耕地斑块,并未得到科学合理的整治,相反耕地核心斑块却被建设用地大量占用。

相比而言,建设用地核心斑块在面积和数量上都出现了明显增加:核心斑块面积从 2005—2013 年增加了 31.83%,但是建设用地总面积仅增加了 15.73%;

核心斑块数量从 277 个增加到 355 个,而建设用地斑块却从 1 232 个减少到 1 219 个。这说明建设用地小斑块得到一定的归并,但是还应该注意控制建设用地增长速度,控制核心斑块面积和小斑块数量,避免出现建设用地占用耕地核心斑块以及闲置建设用地(如空心村)等现象的出现(图 3)。

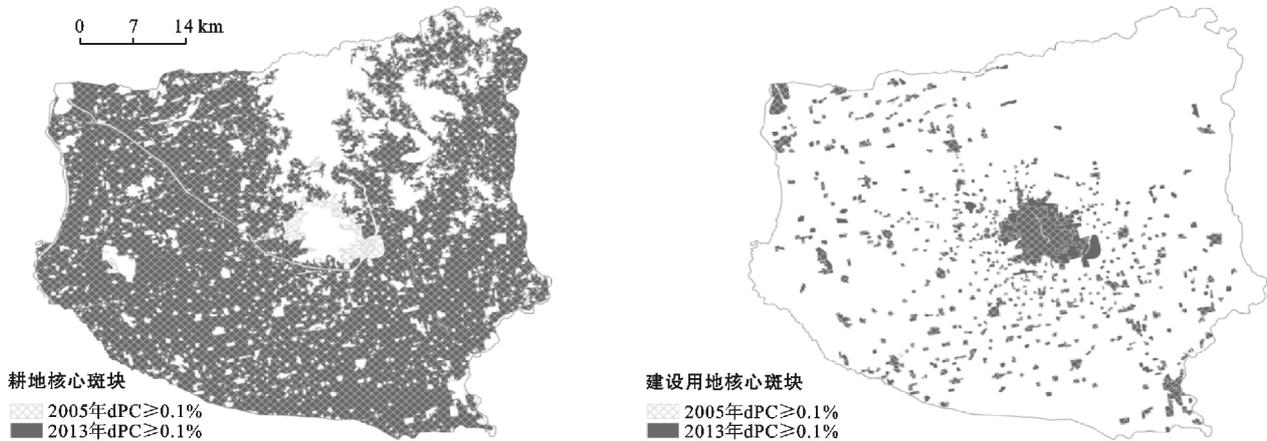


图 3 2005—2013 年耕地核心斑块的变化

#### 4 结论

山东省平度市地类整体连通性指标(IIC)和可能连通性指标(PC)分析显示,从 2005—2013 年耕地的连通性有明显下降,相反建设用地的连通性有显著增加。连通性较好斑块的空间分布和形状特点又表明,一般是面积较大斑块连通性好,然而小斑块若是靠近连通性好的大斑块的连通性也较好,而市中心周边则是大斑块,且以长条形的斑块为主,连通性才较高。耕地和建设用地的斑块  $dPC \geq 0.1\%$  核心斑块数量和面积变化显示,耕地核心斑块面积减少了 4 600  $hm^2$ ,耕地核心斑块也减少 1 个,因此耕地核心斑块保护力度还有待加强;而建设用地核心斑块面积增加了 7 300  $hm^2$ ,核心斑块数量也明显增加了 78 个,建设用地核心斑块面积和斑块数量的增加率都远大于建设用地总面积和总斑块数量的增长率,建设用地的核心斑块得到一定的归并,但是应控制建设用地扩张占用耕地的核心斑块。

平度市是农业大市,耕地核心斑块属于连通性好、利用效益较好的耕地,其数量和质量应得到有力保护。又由于该市具有优越性的地理位置,其经济迅速增长和人口规模不断扩大,必然导致建设用地的增加。建设用地核心斑块具有连通性好、地理位置好的特点,现有用地应该得到合理规划利用,并且加强将来建设用地无节制扩张的控制,并不断提高当地生活基础设施,保持良好环境质量,避免污染附近耕地。

区域林地、草地和水域主要分布在东北部,总面积很小但生态与环境保护价值极大,其多样性、连通性应该在其他部位得到加强。

中国东部沿海地区耕地的生产力较高,但利用效益低于建设用地,因此耕地的数量和质量保护至关重要。建设用地的盲目扩展必须得到有效控制,现有建设用地的合理规划和减少污染物的排放,对耕地保护的意义重大。同时,其他农用地类的保护对耕地的环境保护和持续利用也不容忽视。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 傅伯杰,张立伟. 土地利用变化与生态系统服务:概念、方法与进展[J]. 地理科学进展, 2014, 33(4): 441-446.
- [2] 刘纪远,匡文慧,张增祥,等. 20 世纪 80 年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. 地理学报, 2014, 69(1): 3-14.
- [3] 蔡运龙,李军. 土地利用可持续性的度量:一种显示过程的综合方法[J]. 地理学报, 2003, 58(2): 305-313.
- [4] 陈百明,张凤荣. 中国土地可持续利用指标体系的理论与方法[J]. 自然资源学报, 2001, 16(3): 197-203.
- [5] 刘彦随,陈百明. 中国可持续发展问题与土地利用/覆被变化研究[J]. 地理研究, 2002, 21(3): 324-330.
- [6] Shannon C E. A mathematical theory of communication [J]. ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, 2001(1): 53-55.

(下转第 261 页)

2014年5月,根据试验数据表明,4种植被恢复边坡类型的对比:土质边坡、石质边坡以及生态袋技术边坡单位面积内植物种类少,群落内植物数量分布不均匀,优势种明显;挂网喷播技术边坡单位面积内植物种类较多,群落内物种数量分布均匀,优势种的地位不突出。

### 3.2 结论

通过对4种不同类型边坡的各项指标分析,说明人工参与的挂网喷播技术和生态袋技术相对于自然植被恢复来说,均可以明显增加边坡植被盖度及丰富物种多样性。2013年7月生态袋技术的盖度及物种多样性较挂网喷播技术高,同时生态袋技术对边坡状况要求比挂网喷播技术低。因此,生态袋技术对高速公路边坡复绿有更明显的效果。但难以在第二年春季保持良好的盖度和植物多样性,多需人工重新播种。且因生态袋技术的施工成本本就较挂网喷播技术的成本更高,目前在植物选择上也存在一定缺陷,在考虑高速公路边坡复绿需要使用的技术时,还要合理选择植物种类,乔灌木结合,完成可持续的景观绿化,分析具体情况,合理使用,也可两者相互结合。

### [ 参 考 文 献 ]

[1] 王英宇,宋桂龙,韩烈保,等.京承高速公路岩石边坡植

被重建3a期群落特征分析[J].北京林业大学学报,2013,7(4):74-80.

- [2] 谷金锋,蔡体久,杨业.高寒山区采矿迹地植被恢复研究[J].水土保持学报,2014,28(3):29-36.
- [3] 刘军,史秀华,张武文.祁连山水源地植被恢复过程中植物多样性研究[J].内蒙古农业大学学报,2009,9(3):95-98.
- [4] 李忠元.镀锌铁丝挂网喷播技术在台缙高速公路边坡绿化景观上的应用[J].道路工程,2012,11(35):231-233.
- [5] 张荣.生态袋挡墙护坡技术在河道整治工程中的应用[J].中国水运,2013,5(13):127-128.
- [6] 钟吉祥.新型生态袋边坡治理技术在某矿区滑坡体的应用[J].黄金,2015,1(36):67-69.
- [7] 王美盛,王传福.“生态袋”垂直绿化技术在城市建设中的意义与前景探析[J].福建热作科技,2011,4(36):65-68.
- [8] 钱迎倩,马克平.生物多样性研究的原理与方法[M].北京:中国科学技术出版社,1994.
- [9] 李博.生态学[M].北京:高等教育出版社,2002.
- [10] 王国宏.再论生物多样性与生态系统的稳定性[J].生物多样性,2002,10(1):126-134.
- [11] 白永飞,许志信,李德新.内蒙古高原针茅草原群落 $\alpha$ 多样性研究[J].生物多样性,2000,8(4):353-360.
- [12] 汪殿蓓,暨淑仪,陈飞鹏.植物群落物种多样性研究综述[J].生态学杂志,2001,20(4):55-60.

(上接第 256 页)

- [7] 布仁仓,胡远满,常禹,等.景观指数之间的相关分析[J].生态学报,2005,25(10):2764-2775.
- [8] 何鹏和,张会儒.常用景观指数的因子分析和筛选方法研究[J].林业科学研究,2009,22(4):470-474.
- [9] 王晓,陈海,顾铮鸣.土地利用规划对区域景观格局的影响:陕西省蓝田县为例[J].山东农业大学学报:自然科学版,2014,45(3):399-402.
- [10] 杨永峰,孙希华,王百田.基于土地利用景观结构的山东省生态风险分析[J].水土保持通报,2010,30(1):231-235.
- [11] Wang Xiuhong, Zheng Du, Shen Yuancun. Land use change and its driving forces on the Tibetan Plateau during 1990—2000[J]. Catena, 2008,72(1):56-66.
- [12] 王景伟,王海泽.景观指数在景观格局描述中的应用:以鞍山大麦科湿地自然保护区为例[J].水土保持研究,2006,13(2):230-233.
- [13] 李雪梅,邓小文.基于景观指数的滨海新区景观格局变化分析[J].环境保护与循环经济,2011(7):38-40.
- [14] Saura S., Pascual-Hortal L. A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: Comparison with existing indices and application to a case study[J]. Landscape and Urban Planning, 2007,83(2):91-103.
- [15] Saura S, Rubio L. A common currency for the different ways in which patches and links can contribute to habitat availability and connectivity in the landscape[J]. Ecography, 2010,33(3):523-537.
- [16] Saura S, Torne J. Conefor Sensinode 2.2: A software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity [J]. Environmental Modelling & Software, 2009,24(1):135-139.
- [17] 熊春妮,魏虹,兰明娟.重庆市都市区绿地景观的连通性[J].生态学报,2008,28(5):2237-2244.
- [18] 孙贤斌,刘红玉.土地利用变化对湿地景观连通性的影响及连通性优化效应:以江苏盐城海滨湿地为例[J].自然资源学报,2010,25(6):892-903.
- [19] 李金玺,姜栋.浅谈平度市土地利用的特点及利用方向[J].山东国土资源,2009,25(07):11-13.
- [20] 李玉军.基于RS与GIS的平度市土地利用时空变化分析[D].山东泰安:山东大学,2008.