

# 土地生态系统位置型关键地段识别 ——以无锡市为例

吴未, 路平山

(南京农业大学 公共管理学院, 江苏 南京 210095)

**摘要:**以长江三角洲地区(简称“长三角”地区)的无锡市 2005 年土地利用数据为基础,采用 GIS 技术和最小累积阻力面模型,分析了岛屿型和网络型源对应形态特征产生的空间运动潜在趋势,识别出位置型关键地段。结果表明:(1)无锡市有源间连接型关键地段 3 片 23 处。入侵用地面积上,宜兴片入侵面积最大,江阴片次之,滨湖片最小;入侵破坏程度上,江阴片最严重,滨湖片次之,宜兴片最少;(2)网络控制型关键地段 2 片 40 处。入侵面积和受破坏程度上,滨宜片均大(强)于江阴片;(3)位置型关键地段 56 处,可划分为 2 类 8 种,其中重要地段 13 处,一般地段 43 处。位置型关键地段空间分布上均与研究区地貌特征紧密相关。

**关键词:**土地生态系统;位置型关键地段;识别;无锡市;长三角地区

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2012)03-0165-05

中图分类号: Q141, TU981

## Identification of Positional Critical Portion of Land Ecosystem

— A Case Study of Wuxi City in the Yangtze River Delta Area

WU Wei, LU Ping-shan

(College of Public Administration, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095, China)

**Abstract:** Based on land use data of Wuxi City in 2005, the GIS technology and the Minimum Cumulative Resistance Model(MCR model) are applied to analyze the spatial potential developing trends of the sources of archipelago type and network type and identify positional critical portion. Results are as follows: (1) In Wuxi City, the critical portions of sources connecting type are arranged in three parts with amount of 23 patches. The area of invasion in Yixing part is the biggest; Jiangyin part, in the middle; and Binhu part, the smallest. The destroyed degree of invasion in Jiangyin part is the worst; Binhu part, in the middle; and Yixing part, the least. (2) The critical portions of network controlled type are arranged in two parts with amount of 40 patches. From both views of area of invasion and destroyed degree of invasion, Biyi part are bigger or worse than Jiangyin part. (3) The positional critical portions are in amount of 56 patches, which can be classified as two groups and eight sub-groups. Among these portions, the portions with key importance are in amount of 13 patches and the portions with common sense are in amount of 43 patches. The spatial arrangement of positional critical portions has a close relationship with that of physical geographic traits of studied area.

**Keywords:** land ecosystem; positional critical portion; identification; Wuxi City; Yangtze River Delta Area

土地生态系统中各点的重要性不尽相同,其中有一些点、线、面对控制土地生态系统的物质循环和能量流动起着关键性作用<sup>[1]</sup>。通过识别出这些起关键性作用的点、线、面(简称关键地段)并加以保护,有助于维持整个土地生态系统处于基本的安全稳定状态,并有利于人们以较小的经济代价实现生态效益的最

大化。长三角地区(指长江三角洲地区)属于北亚热带季风气候区,雨水充沛,日照充足,地势低平,水网密布,生物资源丰富;也是我国目前经济发展速度最快、经济总量规模最大的地区之一,区内城市不断扩张,土地利用结构和生态环境变化明显,生态承载压力较大。

收稿日期:2011-07-12

修回日期:2011-09-15

资助项目:中国博士后基金“基于景观格局的土地生态安全评价”(20090451220);中国博士后基金特别资助“基于景观格局的长三角地区土地生态安全评价及其格局优化研究”(201003592);江苏省博士后基金“基于景观格局的长江三角洲地区土地生态安全评价”(0901126C)

作者简介:吴未(1973—),男(汉族),安徽省和县人,博士,副教授,硕士生导师,主要从事土地利用与生态规划方面的研究。E-mail:ww@njau.edu.cn.

由于来源不同,关键地段可分为资源型关键地段和位置型关键地段<sup>[2]</sup>。资源型关键地段主要是由自然地理环境与生物资源决定的生物多样性、特有性的中心区域;位置型关键地段是由地形地貌以及空间格局决定的、对土地生态系统稳定性影响较大的、对土地生态安全具有战略意义的地段。

鉴于关键地段<sup>[3-4]</sup>是一个资源实体与空间位置的综合体,构成十分复杂,难以用一种方法识别。本文以 GIS 技术为手段,对无锡市位置型关键地段进行识别,为长三角地区土地生态安全格局的构建和土地资源合理利用提供经验借鉴和科学依据。

## 1 研究区概况

无锡市位于长江下游淤积平原,全境以平原为主,星散分布着低山残丘,东南部为水网平原,北部为高沙平原,中部为低地辟成的水网迂田,西南部地势较高,为低山丘陵地区。西南部山体均作东西向延伸,绝对高度在 500 m 以上,最高峰黄塔顶海拔 611.5 m;中部和北部山丘总体呈北东、北东东走向,自西南向东北逐级下降,最高峰三茅峰海拔 328.9 m。属北亚热带季风气候区,四季分明,热量充足,降水丰沛,雨热同季,全年降水量大于蒸发量。受太湖水体和宜南丘陵山区地形等影响,局部地区小气候条件多样。在各类自然灾害中,气象灾害占 70% 以上,主要为洪涝、暴雨、干旱等。

境内动植物资源较为丰富。除栽培植物外,拥有自然分布区内及外来归化的野生维管束植物 141 科, 497 属,为 950 种,75 变种,分别占全国植物科数的 39.9%,属数的 15.6%,种数的 3.5%。草本植物 744 种占 78.3%,木本植物(包括竹类)206 种占 21.7%,药用植物 400 多种。拥有鸟类 170 多种,鱼类 90 多种,以及华南兔、穿山甲、豹猫、黄鼬等 30 多种野生动物。

至 2005 年底,全市下辖 7 个行政区和 2 个县级市,户籍人口 452.84 万人,实现地区生产总值 2 805 亿元。2005 年末,土地总面积 478 760.9 hm<sup>2</sup>,其中,农用地、建设用地、其他用地分别占土地总面积的 51.0%, 23.8% 和 25.2%;农用地中耕地、园地、林地和其他农用地分别占 55.7%, 8.6%, 14.7% 和 21.0%;其他用地中水域占 91.9%。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 数据来源

社会经济数据主要来源于《无锡市统计年鉴(2005 年)》和 2005 年无锡市土地利用变更调查数据。

空间数据主要来源于无锡市地形图,植被覆盖图,2005 年 1:5 万行政区划图,2005 年 1:5 万土地利用现状图以及 2005 年 TM 遥感影像数据。所有空间数据均在 ArcGIS 9.3 中进行了预处理,格式为 Grid,栅格大小为 30 m×30 m。

### 2.2 研究方法

2.2.1 研究思路 位置型关键地段是资源型关键地段(文中的源)之间连接的主要通道,它的识别与资源型关键地段的具体情况关系密切。可以通过借鉴已有经验确定研究区域内资源型关键地段;根据源的不同,分析其产生的不同形态特征的空间运动潜在趋势,得到可能存在的空间连接地段;对不同源形成的各种连接地段进行空间叠加分析,综合形成区域内的位置型关键地段。

2.2.2 源的选取与确定 源的选取与研究侧重点紧密相关。已有成果中多以研究对象为确定源的依据。既可以借助经验,定性选择物种的栖息地、保护区、痕迹点或物种多样性中心为生物保护的源<sup>[1,5]</sup>;也可以选取城镇用地、工业用地以及交通运输用地等受人为影响强烈的土地利用类型为污染防治研究的源<sup>[6-7]</sup>;还可以选取湿地的核心区、戈壁、流动沙地和湖泊等为构建生态安全格局的源<sup>[8-10]</sup>。

不同土地利用类型的物种多样性是不同的。通常林地、水域和湿地的物种多样性相对较为丰富,草地次之,耕地和未利用地再次之,建设用地最少。所以,本文选用物种多样性较为丰富的林地、水域和湿地作为研究区域内的资源型关键地段,即源。但是不同的源,其联系空间形态的特征各不相同,还需要分类分析。

2.2.3 阻力面的构建 阻力面反映了物种空间运动的趋势和难易程度。本文以最小累积阻力模型来建立阻力面。在阻力面的构建过程中,阻力层的选取以及各阻力层对各源之间的物质、能量和信息交流的相对阻力的确定是关键。阻力层是对各源之间的物质、能量和信息交流产生一定阻力的单元或类型,学者多选用土地利用类型(植被覆盖类型)、高程、坡度作为阻力值的来源<sup>[1,11-12]</sup>。阻力值反映不同土地景观类型对源物质能量向外扩散的阻力大小,与阻力层和源地类型有关,即随阻力层的不同和源地类型的不同而不同。

结合研究对象实际,阻力表面可分为林地源所生成的岛屿型和水域、湿地源生成的网络型 2 种类型<sup>[2]</sup>,它们分别对应着源间连接型关键地段和网络控制型关键地段。选取土地利用类型、地形坡度和高程作为阻力值确定的主要依据<sup>[5,11-12]</sup>。阻力值不应该

是一个绝对值,只是用于反映阻力的相对大小、物质能量以及信息向外扩散的相对难易趋势。

### 3 结果与分析

#### 3.1 源空间形态扩展特征分析

3.1.1 源间连接型关键地段 无锡市共有源间连接型关键地段 23 处,其中宜兴市 13 处(L<sub>1</sub>—L<sub>13</sub>),市区 4 处(L<sub>14</sub>—L<sub>17</sub>),江阴市 6 处(L<sub>18</sub>—L<sub>23</sub>)(图 1)。源间连接型关键地段多位于 2 个或多个源之间,主要取决于局地地形、土地利用类型等。由于太湖以及大量建设用地的侵占,致使无锡市林地难以保持较大面积形成有机整体,而被割裂为 3 个孤立的部分,即宜兴片、滨湖片和江阴片。从入侵用地面积来看,宜兴片的干扰入侵面积最大,江阴片次之,滨湖片最小;从入侵破坏程度来看,江阴片最严重,源的破碎化程度明显,滨湖片次之,宜兴片遭受的破坏最少。

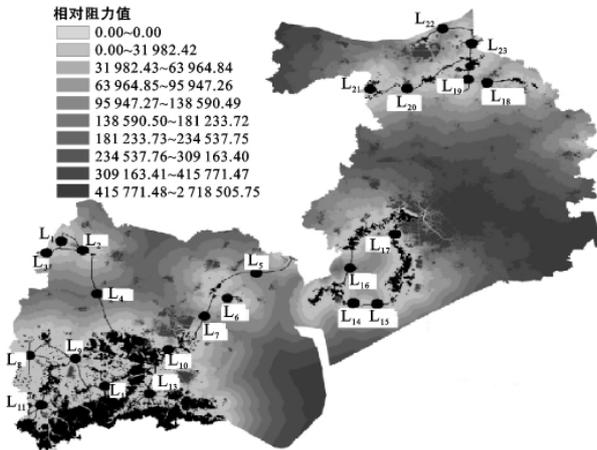


图 1 无锡市岛屿型阻力面与源间连接型关键地段

在入侵面积上,随着经济社会快速发展,源地被改做其他土地利用类型的速度也不断加快,由于滨湖片开发最早,余存的源地数量最少,可被更改为其他用途的源地面积最小,造成了侵占面积上宜兴片最多,江阴片次之,滨湖片最少。在入侵程度上,江阴片境内低山丘陵很少,平原主要被用于农用地(耕地)和建设用地,仅有的林地也多被建设用地分割,造成了明显的破碎化现象,源间连接型关键地段的实现程度较为困难;滨湖片少量的低山丘陵区和宜兴片西南部相对集中的、较大面积的低山丘陵区由于受到保护,入侵破坏程度相对较低,但是与区外临近关键地段之间进行连接廊道的构建存在较大困难。

3.1.2 网络控制型关键地段 无锡市共有网络控制型关键地段 40 处,其中宜兴市 18 处(W<sub>1</sub>—W<sub>18</sub>),江阴市 22 处(W<sub>19</sub>—W<sub>40</sub>)(图 2)。网络控制型关键地段

是各源的交汇处、断点以及源头,主要由干支水系的交汇地段构成,切断这些地段会对各源的空间联系产生巨大阻力。交汇处是物质循环和能量流动的重要空间趋势;断点是土地利用类型遭到破坏后对生态系统空间联系产生巨大阻力的地段,在断点处建立源会使得临近土地生态系统之间的物质循环和能量流动成为可能,进而扩大影响范围;源头是区域内与区域外源之间联系的重要地段,如果遭受破坏,会对相邻区域同时产生负面影响,从更大尺度看具有断点的空间特征。

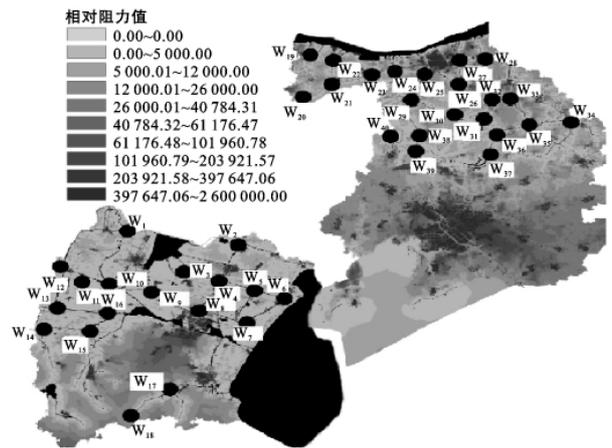


图 2 无锡市网络型阻力面与网络控制型关键地段

由于部分河流、湖泊以及滩涂受污染严重,或流量(蓄水量)减少明显,导致生态功能衰减或部分丧失,不仅破坏了局地水域生态系统,而且致使区内水系系统被隔离。无锡市水域生态系统基本分为滨(湖)宜(兴)片和江阴片两部分。无论从入侵面积还是从受破坏程度看,滨(湖)宜(兴)片都明显大(强)于江阴片。主要原因是由太湖及太湖流域受污染程度较重、部分水域的生态功能衰减较多以及大量城市建设对自然水系的改造力度更为明显所致。

#### 3.2 关键地段空间形态扩展特征分析

通过对源间连接型关键地段和网络控制型关键地段的叠加,可得到 56 处位置型关键地段,其中宜兴市 25 处(S<sub>1</sub>—S<sub>25</sub>),市区 6 处(S<sub>26</sub>—S<sub>31</sub>),江阴市 25 处(S<sub>32</sub>—S<sub>56</sub>)(图 3)。

叠加后的关键地段表现出的重要性是不同的。总体上可划分为 8 种不同的类型: A<sub>1</sub>,控制 2 个以上林地源和 2 个以上水域源的物质、能量和信息的交流; A<sub>2</sub>,控制 2 个林地源和 2 个以上水域源或 2 个以上林地源和 2 个水域源; A<sub>3</sub>,控制 2 个林地源和 2 个水域源; A<sub>4</sub>,控制 2 个以上林地源和 1 个水域源; A<sub>5</sub>,仅控制 2 个林地源和 1 个水域源; A<sub>6</sub>,控制 2 个以上林地源或 2 个以上水域源; A<sub>7</sub>,控制 2 个林地源或 2

个水域源;  $A_8$ , 仅控制 1 个水域源(源头)。这 8 种类型起到的生态功能由强依次减弱。其中,  $A_1—A_5$  是源间连接型关键地段和网络控制型关键地段的交汇地段, 具有两类关键地段共同的特征;  $A_6—A_8$  是两类位置型关键地段中的一种, 仅具有某一种关键地段的特性。  $A_1—A_5$  这 5 种类型的关键地段在整体功能上明显优于  $A_6—A_8$  这 3 种类型, 可进一步归并为重要关键地段和一般关键地段 2 种类型。无锡市的 56 处位置型关键地段在 8 种类型中的基本情况见表 1 所示。

在 56 处关键地段中, 没有生态功效最突出的  $A_1$  型地段, 不足总量 20% 的 11 处关键地段介于控制着 2 个林/水源地和 2 个或以上水/林源地的  $A_2, A_3$  型地段,  $A_4, A_5$  型地段各仅有 1 处, 重要地段数量总体偏少; 占总量 55% 以上的 31 处地段为控制着 2 个林或水源地的  $A_7$  型地段, 主要起廊道功能。13 处重要关键地段中, 宜兴 3 处, 江阴 8 处, 市区 2 处。宜兴的 3 处重要关键地段集中在西南低山丘陵与平原交汇

处; 市区和江阴的 10 处集中在水系交汇处。43 处一般关键地段中, 宜兴和市区的主要以低山丘陵为中心, 沿四周水系辐射状展开; 在江阴以水系为主体, 呈网络状展开, 以上关键地段的空间分布均与地区局地地形和平原水网密集的基本特征紧密相关。

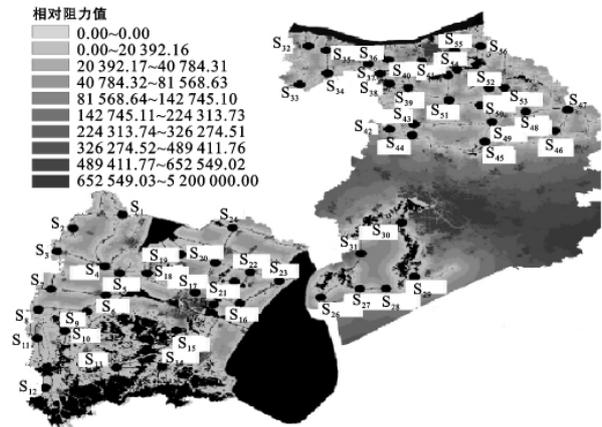


图 3 无锡市位置型关键地段

表 1 无锡市位置型关键地段基本情况

类型	重要程度	数量	位置
$A_1$		0	
$A_2$	重要	4	$S_{14}, S_{38}, S_{54}, S_{56}$
$A_3$		7	$S_5, S_{25}, S_{37}, S_{41}, S_{52}, S_{53}, S_{55}$
$A_4$		1	$S_{29}$
$A_5$		1	$S_{26}$
$A_6$		11	$S_1, S_4, S_{10}, S_{11}, S_{12}, S_{13}, S_{15}, S_{17}, S_{32}, S_{35}, S_{39}$
$A_7$	一般	31	$S_2, S_3, S_6, S_7, S_8, S_9, S_{16}, S_{18}, S_{19}, S_{20}, S_{21}, S_{22}, S_{23}, S_{24}, S_{27}, S_{28}, S_{30}, S_{31}, S_{33}, S_{34}, S_{36}, S_{40}, S_{43}, S_{44}, S_{45}, S_{46}, S_{47}, S_{48}, S_{49}, S_{50}, S_{51}$
$A_8$		1	$S_{12}$

以上 56 处位置型关键地段的重要性虽不同, 存在着重要与一般之分, 但对地区土地生态系统的安全性均具有举足轻重的作用。在这些位置型关键地段处建立源, 一方面可以提高土地生态系统结构和功能的完整性, 另一方面可以极大地加强和改善各源之间的物质与能量之间的流动, 最有效地提高地区土地生态系统的稳定性与安全性。此外, 还可以把为保护生态系统安全所付出的经济成本降到最小, 实现以较小的经济代价取得较大的生态价值的目的。

## 4 结论

位置型关键地段的空间结构取决于资源型关键地段的分布及其周围的土地利用类型对景观扩散的阻力。本文在归纳总结已有成果和研究对象实际情况的基础上, 把位置型关键地段分为源间连接型关键地段和网络控制型关键地段 2 种。以林地、河流及

湿地等资源性关键地段为源, 采用 GIS 技术和最小累积阻力面模型进行识别。研究发现, 源间连接型关键地段相对比较孤立, 如果在这些地段之间建立廊道连接, 可以极大地促进和维护源内生态系统的安全和稳定, 并能进一步增强各源之间的流动性, 扩大影响范围从而提高地区的土地生态系统安全性。网络控制型地段之间联系紧密, 存在一荣俱荣、一损俱损的关系, 减少水系的受污染程度和维持已有形态、流(蓄水)量是增强源内生态系统安全和稳定的重要途径。通过对这些关键地段实施生态恢复工程, 建立必要的生态廊道, 有利于稳定、维护甚至提高地区土地生态系统的安全性, 有益于构建适于地区的土地生态安全格局, 为土地利用管理工作与实践提供了有力的科学依据。

位置型关键地段是一个动态变化的空间实体, 随研究的时间尺度与空间尺度的变化而变化。本文试

别的位置型关键地段可能会随着地区社会经济活动的变化而改变。同时,由于阻力值系经验定性得出,主观性较强,对识别结果的准确性会产生影响;限于研究对象实际情况,缺乏对高原型阻力面及其对应关键地段识别的实证研究。此外,无锡地处长三角地区,其特征虽在一定程度上反映了长三角地区的基本特点,但该尺度下的研究结果是否适用于整个长三角地区等一系列问题,还有待进一步深入探讨,这些也都是未来研究的重要方向和热点问题。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 俞孔坚. 生物保护的景观生态安全格局[J]. 生态学报, 1999,19(1):8-15.
- [2] 俞孔坚. 景观生态战略点识别方法与理论地理学的表面模型[J]. 地理学报,1998,53(S):11-20.
- [3] Forman R T T. Land mosaics: the ecology of landscapes and region [M]. Cambridge, Cambridge University Press, 1995.
- [4] 黎晓亚,马克明,傅伯杰,等. 区域生态安全格局:设计原则与方法[J]. 生态学报,2004,24(5):1055-1062.
- [5] 李纪宏,刘雪华. 基于最小费用距离模型的自然保护区功能分区[J]. 自然资源学报,2006,21(2):217-224.
- [6] 陈利顶,傅伯杰,徐建英,等. 基于“源—汇”生态过程的景观格局识别方法:景观空间负荷对比指数[J]. 生态学报,2003,23(11):2406-2413.
- [7] 岳隽,王仰麟,李贵才,等. 基于水环境保护的流域景观格局优化理念初探[J]. 地理科学进展,2007,26(3):38-45.
- [8] 刘吉平,吕宪国,杨青,等. 三江平原东北部湿地生态安全格局设计[J]. 生态学报,2009,29(3):1083-1090.
- [9] 俞孔坚,李海龙,李迪华,等. 国土尺度生态安全格局[J]. 生态学报,2009,29(10):5163-5175.
- [10] 尹发能,王学雷. 基于最小累计阻力模型的四湖流域景观生态规划研究[J]. 华中农业大学学报,2010,29(2):231-235.
- [11] 赵筱青,王海波,杨树华,等. 基于 GIS 支持下的土地资源空间格局生态优化[J]. 生态学报,2009,29(9):4892-4901.
- [12] 陈利顶,傅伯杰,刘雪华. 自然保护区景观结构设计 with 物种保护:以卧龙自然保护区为例[J]. 自然资源学报,2000,15(2):164-169.
- [10] 朱天明,杨桂山,苏伟忠,等. 长三角地区城市土地集约利用与经济社会发展协调评价[J]. 资源科学,2009,31(7):1109-1116.
- [11] 吴郁玲,曲福田,周勇. 城市土地市场发育与土地集约利用分析及对策:以江苏省开发区为例[J]. 资源科学,2009,31(2):303-310.
- [12] 吴郁玲,周勇. 我国城市土地市场均衡与土地集约利用[J]. 经济地理,2009,29(6):984-988.
- [13] 徐艳,濮励杰,张丽芳,等. 土地集约利用与经济发展时空差异研究:以江苏省为例[J]. 南京大学学报:自然科学版,2009,45(6):810-820.
- [14] 曹银贵,周伟,王静,等. 基于主成分分析与层次分析的三峡库区耕地集约利用对比[J]. 农业工程学报,2010,26(4):291-296.
- [15] 郑新奇,邓红蒂,姚慧,等. 中国设区市土地集约利用类型划分研究[J]. 中国人口·资源与环境,2010,20(2):6-11.
- [16] 范辉,冯德显,余国忠. 河南城市土地集约利用水平差异时空特征研究[J]. 地域研究与开发,2009,28(5):113-118.
- [17] 雷广海,刘友兆,陆效平. 江苏省 13 城市土地利用集约度时空变异及驱动因素[J]. 长江流域资源与环境,2009,18(1):7-13.
- [18] 陈凤,张安明,邹小红. 基于主成分分析法的建设用地需求优先度研究:以重庆市渝东南和渝东北两翼为例[J]. 西南大学学报:自然科学版,2010,32(8):158-162.
- [19] 刘军,赵敏娟. 陕西省杨凌示范区建设用地变化驱动力分析[J]. 中国人口·资源与环境,2010,20(3):108-111.
- [20] 蔡文. 物元模型及其应用[M]. 北京:科学技术文献出版社,1994:79-84.

(上接第 164 页)