

# 海岸带土地持续利用景观生态评价

彭建<sup>1</sup>, 王仰麟<sup>1</sup>, 刘松<sup>2</sup>, 吴健生<sup>1</sup>, 李卫锋<sup>1</sup>

(1. 北京大学资源与环境地理学系, 北京 100871; 2. 国土资源部土地整理中心, 北京 100035)

**摘要:** 应用景观生态学理论研究土地持续利用问题, 从景观生产力、景观受胁度与景观稳定性 3 方面构建海岸带土地利用可持续性的景观生态评价指标体系, 并辅以山东省无棣县土地持续利用的个案分析, 将土地持续利用的多重目标与景观格局结合在一起进行土地持续利用时空尺度上的综合评价, 是土地持续利用评价研究的有益拓展。评价结果表明, 无棣县土地利用可持续性景观生态评价整体较低, 区域差异大。通过聚类分析, 将无棣县 11 个乡镇划分为土地利用的强可持续区、可持续区、弱可持续区、弱不可持续区与强不可持续区等 5 个梯度区, 并分析了自然资源禀赋、乡村现代化、人口规模与人口素质等区域差异成因。

**关键词:** 土地持续利用; 景观生态评价; 海岸带; 无棣县

**中图分类号:** X22; F301.24

## 1 引言

自 1990 年土地持续利用思想正式确认以来, 国内外专家、学者对土地持续利用的内涵与目标, 仍存在较大争议, 这使得人们在评判土地利用的状态及其可持续性程度时难以选择评价的依据与标准, 评价具有不确定性。因此, 它一直是土地持续利用研究的热点领域。新兴的景观生态学属于宏观尺度生态空间研究范畴, 其理论核心集中表现为空间异质性和生态整体性两方面<sup>[1]</sup>。土地作为地表自然综合体是一种特色鲜明的系统整体, 具有突出的空间异质性, 而生态整体性正是实现土地持续开发利用的有效途径之一。因此, 土地持续利用评价涉及景观生态学的理论核心, 而传统的土地持续利用社会、经济和生态评价, 在一定程度上都可以认为是时间尺度上的评价, 缺少土地利用空间格局评价的内容。目前, 国际上土地持续利用评价的景观生态研究还较少, 仅部分学者对土地持续利用评价的景观生态学原理及景观评价方法与指标做了初步探讨<sup>[2-9]</sup>, 是土地持续利用评价研究的一个新兴领域。

## 2 海岸带土地持续利用的景观生态评价

景观生态学与土地评价关系密切, 两者互相影响, 协同发展。土地评价在经历了 20 世纪 60 年代的土地分类和土地潜力评价, 70、80 年代的土地适宜性评价后, 进入了 90 年代的土地持续利用评价, 探讨土地利用的社会、经济和生态效益, 是现状土地适宜性

收稿日期: 2002-12-19; 修订日期: 2003-03-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(90102018; 49971073) [Foundation Item: National Natural Science Foundation of China, No.90102018; No.49971073]

作者简介: 彭建(1976-), 男, 四川成都人, 硕士。主要从事景观生态学、土地科学原理与应用、区域资源管理与开发研究。E-mail: jianpeng@hotmail.com

评价在时间尺度上的延伸<sup>[6,8]</sup>,但仍缺乏土地利用的空间过程与动态分析。而新兴的景观生态学正是着力于研究物质、能量和有机体在异质性景观中的循环、交换,注重土地利用如何影响物质流、能量流,注重结构和过程的相互关系分析<sup>[10,11]</sup>。景观生态学与土地持续利用结合,进行土地持续利用的景观生态评价,有助于实现时空尺度上土地利用持续性的综合评价。因此,土地持续利用的景观生态评价是将土地适宜性评价、潜力评价、社会—经济—生态功能性评价和景观格局与过程、景观异质性结合起来的时空尺度上的综合评价,是土地利用规划、景观管理与保护的基础。

## 2.1 海岸带土地利用

中国海岸带北起辽宁省的鸭绿江口,南达广西壮族自治区的北仑河口,长达 18000 km,土地资源丰富,总面积 248,632 km<sup>2</sup>。海岸带土地利用主要具有以下一般特征:(1)土地利用类型多样。海岸带集聚了气候、土地、生物与能源等多样自然资源,土地利用具有多宜性。据初步统计,中国海岸带目前主要有农作物种植、油田开发与工商业用地等 18 种土地利用方式,涉及 3 大产业的 12 个行业部门<sup>[12]</sup>,土地利用门类比较齐全;(2)土地开发规模优势明显。海岸带土地、土壤资源不仅数量大,而且集中连片,适宜大规模、连片开发和高科技、高标准集约经营,土地资源开发的规模优势明显;(3)土地利用变化显著。不仅海岸的淤长、蚀退会迅速改变海岸土地利用方式,社会经济与技术等因素也能导致海岸带土地利用的动态变化,正是后者导致了建国以来我国海岸带由农业种植、盐业生产、海水养殖到在滩涂工业项目的总体土地利用变化;(4)土地利用空间分异明显。海岸带按地貌部位可分为潮上带、潮间带和潮下带 3 部分,由于距海远近的差异,土地利用存在显著的空间异质性。潮上带以农业耕作、工矿城市用地为主,潮间带以海水养殖为主,潮下带则以浅海捕捞为主。又由于沿海各岸段所处纬度、海岸动态、滩面高度和宽度、土壤、气候等自然条件与当地社会经济条件的差异,潮上带、潮间带和潮下带 3 部分土地利用的组合方式在各岸段间也形成显著的空间差异。

## 2.2 评价指标选取原则

评价指标选取必须结合海岸带土地利用的一般特点,能够直接或间接地反映海岸带土地利用的持续性,具有景观生态学特征,同时指标本身还应具备有效性与合理性。概括地说,海岸带土地持续利用景观生态评价指标体系的构筑应遵循以下基本原则:

**2.2.1 系统全面性原则** 土地持续利用的景观生态评价是依据景观生态学原理,对土地利用系统进行的一种综合性评价,要符合土地持续利用目标的生产性、安全性、保护性、可行性与可接受性等内涵。因而,全面反映这一系统的运行状况,既要生态、经济、社会和景观格局等各方面进行可持续评价,又要将它们协调起来,进行综合评价。

**2.2.2 区域主导性原则** 影响土地利用的资源、环境、经济和社会因素很多,但这些因素对土地持续利用的影响力是不一样的,所以土地持续利用评价要在综合分析基础上找出影响可持续利用的主导因素。同时,由于不同区域的资源、环境、经济和社会等方面特征不同,土地利用目标也不尽相同,造成不同地区土地持续利用评价的侧重点不同,评价指标和方法的选择等也随之改变。因此,在进行评价时,要因地制宜选用对土地持续利用起主导作用的、具有区域代表性的评价指标,从而提高评价结果的准确性。

**2.2.3 动态性原则** 土地持续利用既是一个目标,更是一个过程,这就决定了土地持续利用评价应具有动态变化性,评价指标应具有时间概念,要能反映土地利用的现状和变化趋势,并且在不同的区域内其反应程度不同。同时,土地持续利用目标不同,对应目标的指标选择不同,意义也有所侧重,因此,评价指标的选取本身也应是一个更新与完善的过程。

**2.2.4 景观生态原则** 土地持续利用的景观生态评价是以景观为研究对象,从景观生态学角度来评判区域(景观)土地持续利用目标的实现能力。因此,选取的评价指标应具

有一定的景观生态学特征, 能表征土地持续利用目标的景观生态内涵。

**2.2.5 科学有效性原则** 土地持续利用评价指标体系的构筑应建立在客观科学的基础上, 注重指标的有效性, 即指标内涵明确, 能够反映土地利用持续性内涵, 测定方法标准, 统计计算规范。

**2.2.6 相对独立性原则** 土地持续利用评价指标体系中, 各个指标之间应具有一定的相对独立性, 不能重复作用。

**2.2.7 可操作性原则** 评价的关键在于评价方法是否可以操作, 理论研究是否现实可行, 指标能否量化, 资料是否可以获取。指标可操作性强, 便于选择统计方法和一定的数学分析方法进行定量评价。

### 2.3 评价指标体系

土地利用可持续性评价应该重点围绕土地数量和生产力及与之相关的重要因素构建评价指标体系<sup>[13]</sup>。土地利用系统空间镶嵌形成景观, 土地生产力的维持与景观的结构、功能是密切相关的<sup>[14]</sup>。景观结构、功能与变化等方面的指标是决定土地利用是否持续的重要因子, 可以直接作为土地持续利用的景观评价指标<sup>[7]</sup>。另一方面, 土地利用的持续性与人的需求密切相关, 人类对土地利用的需求压力是土地持续利用的重要限制因素。土地持续利用评价必须考虑生态效应, 强调适应自然, 突出人类影响<sup>[15]</sup>。因此, 应用景观生态学原理, 以景观为研究对象, 考虑土地利用持续性目标的动态性特征、海岸带土地利用的一般特点与人类活动特征, 以及土地持续利用的景观生态内涵, 可以构建海岸带土地利用可持续性的景观生态评价指标体系 (图 1), 反映区域土地利用现状距离持续性目标的远近, 以及实现目标的能力差异。

根据层次分析法, 该评价指标体系可分为 3 个层次: 第一层次为目标层, 即土地持续利用总目标; 第二层次为准则层, 包括景观生产力、景观受胁迫度和景观稳定性 3 大准则; 第三层次为指标层, 包括人口密度等 11 项具体指标。

**2.3.1 景观生产力 (B1)** 景观生产力反映景观生态系统的生产能力水平, 包括土地的生物生产力、土地利用的经济效益和土地生产潜力 3 方面。人类利用土地的根本目的就在于实现土地的生产功能, 满足人类需求。持续土地利用要求在人与自然和谐共生的过程中, 逐步提高土地生产力, 实现经济可行性, 为人类提供更丰富的物质产品, 适应人类不断增长的物质需求。因此, 景观生产力在一定程度上反映了持续土地利用的经济可行性与生产力目标, 可以通过对景观生产力的测度来评价土地利用的持续性。景观生产力越高, 土地为人类提供物质产品的能力越强, 土地利用的持续性越高。

考虑到海岸带地区农作物种植业与水产养殖业并重的特点, 选取农作物单产与水产

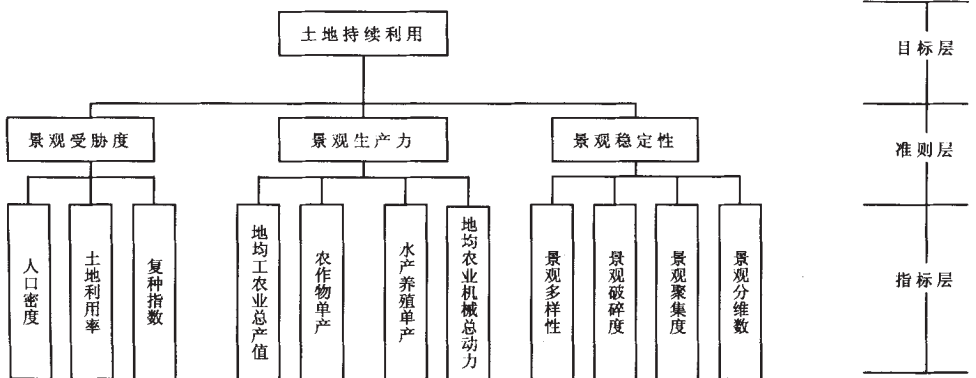


图 1 海岸带土地利用可持续性景观生态评价指标体系

养殖单产来共同测度土地的生物生产力。土地利用的经济效益用地均工农业总产值来衡量。而地均农业机械总动力在一定程度上代表了区域农业机械化、现代化程度,能有效促进农业生产力的提高,因此,土地的生产潜力可采用地均农业机械总动力来表示。

各评价指标的具体含义为:①地均工农业总产值(C1),指区域内单位面积的工农业总产值;②农作物单产(C2),指区域内主要粮食作物的单位面积产量;③水产养殖单产(C3),指区域内水产养殖的单位面积产量;④地均农业机械总动力(C4),指区域内单位面积的农业机械总动力。

**2.3.2 景观受胁迫度(B2)** 景观受胁迫度指景观受人类活动的胁迫程度,反映人类对土地利用的需求。一般认为,人类对土地利用的需求越大,土地利用承受的压力就越大,越不利于土地的持续利用。土地的持续利用包括两方面的内容,一方面是土地自身的生产功能,土地利用必须具备一定的产出,满足人类的物质需求,这一点在本指标体系中通过景观生产力与景观稳定性来反映;另一方面,土地利用源于人类需求,土地利用的持续性是相对于人类需求而言的,人类的物质需求构成土地利用的压力,人类需求越高,土地利用的持续性目标实现的可能性越低。因此,可以用景观受胁迫度衡量土地利用的持续性,人类对土地利用越频繁,土地利用压力越大,景观受胁迫程度越大,越不利于土地利用持续性目标的实现。

景观受胁迫度考虑人类土地利用需求对土地利用可持续性的影响,具有动态性特征,在一定程度上反映了土地持续利用的社会可接受性目标,可用人口密度、土地利用率和复种指数等指标来评价。这些指标值越大,景观受胁迫度越高,越不利于土地持续利用。

各评价指标的具体含义为:①人口密度(C5),指区域内单位面积的人口总数;②土地利用率(C6),指区域内已利用土地面积占土地总面积的比例;③复种指数(C7),指区域内农作物总播种面积与耕地面积的比值。

**2.3.3 景观稳定性(B3)** 景观稳定性指景观各种参数的长期变化呈现水平状态,或是在水平线上下摆动的幅度和周期性具有统计特征<sup>[6]</sup>,包括景观功能的稳定性与景观的空间结构稳定性。格局决定功能,要实现土地持续利用这一景观功能的稳定性,要求相应景观空间格局的维持与优化。景观稳定性越高,景观受外界干扰的抵抗能力越强,受干扰后的恢复能力也越强,越有利于维持景观格局,保障景观功能的稳定发挥。一般认为,在中度发展的农业景观中,异质性的提高有助于景观稳定性的维持。

景观稳定性以景观格局的空间异质性来维系景观功能的稳定性,在一定程度上反映了土地持续利用的保护性与安全性目标,可采用反映景观异质性的景观多样性、景观破碎度、景观聚集度和景观分维数等指标来衡量。上述指标中,景观多样性、景观破碎度和景观分维数的取值越大,景观异质性越大,景观越稳定,越有利于土地利用结构的维持,而景观聚集度则与景观异质性成反比关系,其值越大,景观稳定性越低。

①景观多样性(C8) 景观多样性指景观中斑块类型的丰富和复杂程度,主要考虑不同景观类型在景观中所占面积的比例和类型的多少。景观多样性反映景观斑块类型的面积异质性,多样性指数越高,各类型所占的面积比例越相当,景观异质性越高,景观越稳定。这里采用 Shannon-Weaver 多样性指数:

$$H = - \sum_{k=1}^n P_k \ln(P_k) \quad (1)$$

式中: $H$ 为景观多样性指数, $P_k$ 为各种斑块类型所占面积百分比, $n$ 为景观类型的数目。

②景观破碎度(C9) 景观破碎度指景观被分割的破碎程度<sup>[7]</sup>,反映景观斑块的面积异质性,斑块面积越小,景观破碎度越大,景观异质性越高。该指数的计算公式为:

$$FN_1 = (N_p - 1)/N_c \quad (2)$$

式中:  $FN_1$  表示景观整体破碎化程度,  $N_p$  是景观斑块总数,  $N_c$  表示景观面积。

③ 景观聚集度 (C10) 景观聚集度指景观中不同景观类型的非随机性或聚集程度, 反映一定数量的景观类型在景观中的相邻关系、相互分散性, 代表景观斑块的邻接异质性, 一般采用相对聚集度来表示:

$$RC = 1 - C/C_{\max} \quad (3)$$

式中:  $RC$  为相对聚集度指数,  $C$  为复杂性指数,  $C_{\max}$  是  $C$  的最大可能值。  $RC$  取值范围为 0—1。  $RC$  取值大, 表明景观以少数大斑块为主或同一类型斑块高度连接, 景观异质性程度低;  $RC$  取值小, 表明景观由分散交错的许多小斑块组成, 景观异质性程度高, 有利于景观的稳定性。

④ 景观分维数 (C11) 分维数描述景观镶嵌体的几何形状复杂性<sup>[8]</sup>, 反映景观的形状异质性。斑块形状越复杂, 分维数越大, 景观异质性越高。景观分维数通常采用线性回归方法求得:

$$FD = 2s \quad (4)$$

式中:  $FD$  为景观分维数,  $s$  是对景观中所有斑块的周长和面积的对数回归而产生的斜率。  $FD$  值一般介于 1~2 之间,  $FD$  越趋近于 1, 斑块的自相似性越强, 斑块形状越有规律。同时, 斑块的几何形状也越趋近简单, 景观异质性越低, 表明受干扰的程度越大, 景观稳定性越差。

**2.3.4 指标权重** 对图 1 所示的层次结构按层次分析法 (AHP) 用 1~9 标度构造了 4 个比较判断矩阵, 利用这些比较判断矩阵对各层元素进行单排序、总排序计算, 可得准则层与指标层各项指标相对于目标层的权重值 (表 1), 并通过了一致性检验。

**表 1 海岸带土地利用可持续性景观生态评价指标权重**

**Tab. 1 Weight of landscape ecological indicators for evaluating sustainable coastal land use**

指标 权重	B1					B2				B3				
	C1	C2	C3	C4		C5	C6	C7		C8	C9	C10	C11	
0.4	0.15	0.1	0.1	0.05	0.35	0.125	0.125	0.1	0.25	0.1	0.075	0.0375	0.0375	

## 3 山东省无棣县土地利用可持续性的景观生态评价

### 3.1 研究区域概况

山东省无棣县位于山东省最北部, 其东北部濒临渤海湾, 海岸线西起大口河口, 东至老沽化沟入海口, 曲长 102 km。无棣地处鲁北平原滨海地带, 为黄泛冲积平原, 地势平坦, 属温带大陆性季风气候, 四季分明, 光照充足, 雨热同期, 唯水资源不足。全县土地资源丰富, 土地利用类型多样。截至 2000 年底, 全县土地总面积 1998 km<sup>2</sup>, 人口 42.45 万, 含 13 个民族, 非农村人口占 10.2%, 下辖 6 镇 5 乡 593 个行政村。

### 3.2 数据采集

在海岸带土地利用可持续性景观生态评价指标体系中, 地均工农业总产值、农作物单产、水产养殖单产、地均农业机械总动力、人口密度和复种指数等指标值可在《2000 无棣统计年鉴》中求得。而土地利用现状图 (1988 年)、1:75 000 无棣县地图 (1990 年), 并结合野外实地调查, 应用 ERDAS 8.4 对遥感图像进行解译处理。结果研究区共分 214 407 个景观斑块 (影像总面积 198 173.97 hm<sup>2</sup>), 包括农田、盐田、养殖场、城建用地、水域、盐碱地、荒草地、滩涂、芦苇地等

9类土地利用类型(图2)。其中,水域、盐碱地、荒草地、滩涂与芦苇地等构成研究区未利用土地。在影像土地利用分类图的基础上,应用景观格局分析软件FRAGSTATS计算各项景观格局指标,最终获得土地利用率、景观多样性、景观破碎度、景观聚集度和景观分维数等指标值。

### 3.3 评价结果

对各项评价指标原始数值进行极差标准化处理,可得无棣县土地利用可持续性景观生态评价价值(表2)。无棣县土地利用可持续性景观生态评价价值整体较低,且区域差异较大,由高到低依次为马山子镇、埭口镇、信阳乡、全县、水湾镇、小泊头镇、大山镇、余家巷乡、西小王乡、柳堡乡、无棣镇与车镇乡;生产力指标则依信阳乡、大山镇、小泊头镇、余家巷乡、水湾镇、无棣镇、全县、马山子镇、车镇乡、埭口镇、西小王乡与柳堡乡递减;景观受胁迫度依信阳乡、无棣镇、小泊头镇、大山镇、余家巷乡、车镇乡、水湾镇、柳堡乡、全县、西小王乡、埭口镇与马山子镇递减;而景观稳定性依车镇乡、余家巷乡、大山镇、西小王乡、无棣镇、小泊头镇、水湾镇、信阳乡、柳堡乡、全县、埭口镇与马山子镇递增。

### 3.4 土地利用可持续性的区域差异

运用统计分析软件SPSS11.0 for windows对全县11个乡镇土地利用持续性的景观生态评价价值进行聚类分析。结果表明,采用群间聚类法,平方差距离取1.5,可将11个样本分为5类,即无棣镇、柳堡乡、西小王乡和余家巷乡构成一类,大山镇、小泊头镇和水湾镇组成又一类,马山子镇和车镇乡分别自成一类,埭口镇、信阳乡构成一类。

通过聚类分析,根据景观生态评价价值可将无棣县11个乡镇划分为5个土地利用可持续性梯度区(图3),由第一梯度区到第五梯度区,各梯度区实现土地持续利用的能力下降,与土地持续利用目标的距离增大。全县整体评价价值属第三梯度区,土地利用基本可持续,这与无棣县的实际情况比较相符。此外,无棣县土地利用的可持续性在东北滨海带较高,西南内陆区较低(图3)。

#### 3.4.1 第一梯度土地利用强可持续区

本区仅含马山子镇,土地利用持续性的景观生态评价价值为60.70,总人口29163人,面积52689.87 hm<sup>2</sup>,分别占全县的6.87%和26.58%。马山子镇位于无棣县东北滨海带,集中了全县所有的海岸线,是发展沿海渔盐业的最佳区域。全镇地广人稀,平均0.55人/hm<sup>2</sup>,滩涂、盐碱地、荒草地面积广阔,共18958.59 hm<sup>2</sup>,占全镇土地总面积的32.78%,后备土地资源丰富。该镇土地利用现状主要为海

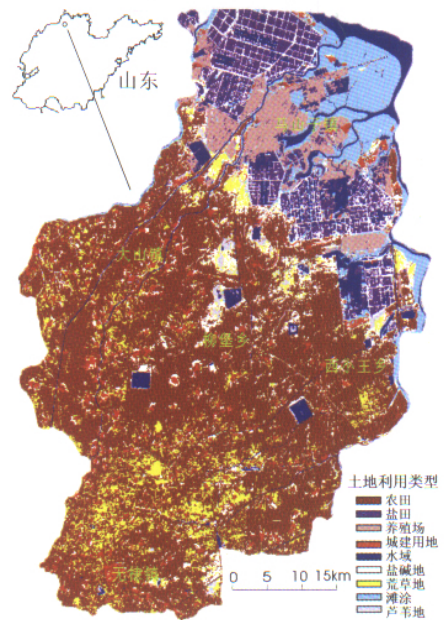


图2 2000年无棣县景观分类图

Fig. 2 Landscape classification of Wudi County in 2000

表2 无棣县土地利用可持续性景观生态评价价值

Tab. 2 Values of landscape ecological indicators for evaluating sustainable land use in Wudi County

区域	景观生态评价价值	各部分评价价值		
		生产力	受胁迫度	稳定性
全县	37.78	7.66	18.87	11.25
无棣镇	26.10	12.03	6.89	7.18
水湾镇	36.59	13.45	15.59	7.54
大山镇	32.72	19.78	8.14	4.80
小泊头镇	34.21	18.85	8.09	7.27
埭口镇	48.76	3.90	26.82	18.03
马山子镇	60.70	7.50	35.00	18.20
信阳乡	46.50	31.39	5.45	9.66
车镇乡	22.05	6.36	11.50	4.19
柳堡乡	27.18	0.16	16.37	10.65
西小王乡	29.52	3.79	20.73	5.00
余家巷乡	31.08	17.15	9.42	4.51

水制盐与盐化工业 (占全镇土地总面积的 16.15%, 下同), 以对虾与丰年虫卵养殖为主的海水养殖业 (14.57%), 以小麦、玉米为主的种植业 (15.52%), 且以旱地为主。马山子镇景观受胁度在全县最低、稳定性最好, 但景观生产力较低。

**3.4.2 第二梯度土地利用可持续区** 本区包括埭口镇与信阳乡, 土地利用持续性的景观生态评价价值为 40~50, 总人口 55 529 人, 面积 31 480.21  $\text{hm}^2$ , 分别占全县的 13.0 8% 和 15.88%。(1) 埭口镇位于县域东北部, 紧邻东北滨海带, 适于发展沿海渔盐业。全镇地广人稀, 平均 0.83 人/ $\text{hm}^2$ , 滩涂、盐碱地、荒草地面积广阔, 共 3 194.73  $\text{hm}^2$ , 占全镇土地总面积的 23.61%, 后备土地资源也很丰富。该镇现状土地利用主要为海水制盐与盐化工业 (8.66%), 以对虾与丰年虫卵养殖为主的海水养殖业 (17.15%), 以小麦、玉米和大豆为主的种植业 (34.81%), 水浇地占一定比例。埭口镇景观受胁度低、景观稳定性高, 但景观生产力也较低。

(2) 信阳乡位于县域西南部, 属引黄灌溉区, 水资源较丰富, 适于发展水浇地。全乡人口密集, 平均 6.54 人/ $\text{hm}^2$ , 后备土地资源贫乏, 仅有荒草地 1 328.85  $\text{hm}^2$ , 占全乡土地总面积的 26.64%。该乡现状土地利用主要为以小麦、玉米为主的农作物种植业, 占全乡土地总面积的 61.6%, 水浇地为主。信阳乡的景观生产力在全县最高, 景观受胁度也最高。

**3.4.3 第三梯度土地利用弱可持续区** 本区包括水湾镇、小泊头镇与大山镇, 土地利用持续性的景观生态评价价值在 32~40 之间, 总人口 118 400 人, 面积 32 174.6  $\text{hm}^2$ , 分别占全县的 27.89% 和 16.23%。(1) 水湾镇位于县域南部, 属引黄灌溉区, 人口密度高达 3.57 人/ $\text{hm}^2$ , 荒草地面积 3 195.09  $\text{hm}^2$  占全镇土地总面积的 23.36%, 后备土地资源较丰富。该镇土地利用主要为以小麦、玉米为主的农作物种植业, 占全乡土地总面积的 65.17%。水湾镇的景观生产力、稳定性与受胁度指标都较适中。(2) 小泊头镇位于县域西部, 属马颊河灌溉区。全镇人口密度高达 4.01 人/ $\text{hm}^2$ , 后备土地资源仅 1 793.43  $\text{hm}^2$ , 占 16.32%。该镇现状土地利用主要为以小麦、玉米为主的农作物种植业, 占全乡土地总面积的 73.18%。小泊头镇的景观生产力较高, 景观稳定性适中, 但景观受胁度较高。(3) 大山镇位于县域西部, 属马颊河灌溉区, 适于发展水浇地。全镇人口密度平均 3.4 人/ $\text{hm}^2$ , 但后备土地资源不足, 仅 1 119.15  $\text{hm}^2$ , 占 14.23%。该镇现状土地利用主要为以小麦、玉米为主的农作物种植业, 占全乡土地总面积的 73.18%。大山镇的景观生产力较高, 但景观稳定性低、景观受胁度也较高。

**3.4.4 第四梯度土地利用弱不可持续区** 本区包括佘家巷乡、西小王乡、柳堡乡与无棣镇, 土地利用持续性的景观生态评价价值介于 26~32, 总人口 172 286 人, 面积 67 291.9  $\text{hm}^2$ , 分别占全县的 40.59% 和 33.95%。(1) 佘家巷乡位于县域东南部, 水资源较缺乏, 适于发展农牧业。全乡人口密度较低, 平均 2.9 人/ $\text{hm}^2$ , 但后备土地资源不足, 仅 1 936.98  $\text{hm}^2$ , 占 14.97%。该乡现状土地利用主要为以小麦、玉米、棉花与大豆为主的农作物种植业, 占全乡土地总面积的 77.15%, 以旱地为主。佘家巷乡的景观生产力较高,

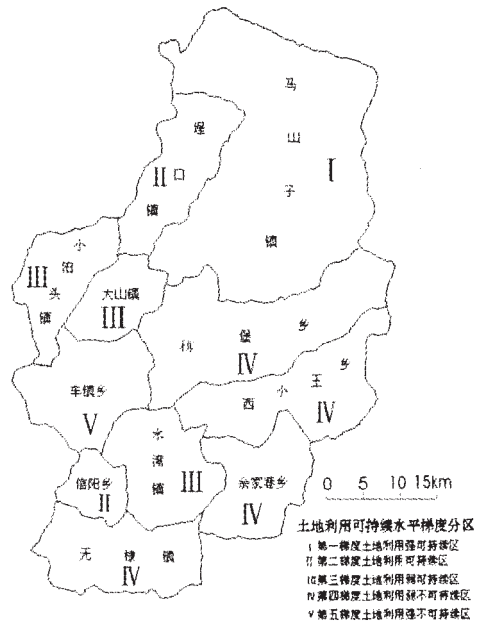


图 3 无棣县土地利用可持续水平梯度分区图  
Fig. 3 Regional difference of land use sustainability in Wudi

但景观稳定性低、景观受胁度也较高。(2) 西小王乡位于县域东南部, 水资源较缺乏。全乡人口密度低, 平均 1.31 人 /hm<sup>2</sup>, 但后备土地资源较丰富, 共 2 865.42 hm<sup>2</sup>, 占 15.52%。该乡土地利用主要以小麦、玉米、棉花为主, 兼有少量大豆、油菜籽、高粱的农作物种植业, 占全乡土地总面积的 74.32%, 以旱地为主。西小王乡的景观受胁度低, 但景观生产力与景观稳定性都较低。(3) 柳堡乡位于县域中部偏东, 水资源较缺乏。全乡人口密度仅 1.27 人 /hm<sup>2</sup>, 后备土地资源丰富, 共 5 726.52 hm<sup>2</sup>, 占 20.69%。该乡现状土地利用主要以小麦、玉米、大豆为主, 兼有少量油菜籽、高粱与棉花的农作物种植业, 占全乡土地总面积的 61.63%, 以旱地为主, 以及零星盐田 (4.78%) 与养殖场 (0.66%)。在所有 11 个乡镇中, 柳堡乡的景观生产力最低, 景观受胁度与景观稳定性适中。(4) 无棣镇位于县域南部, 是无棣县城所在地, 适于发展农业与城镇建设。全镇人口密度较高达 5.79 人 /hm<sup>2</sup>, 后备土地资源丰富, 共 3 080.88 hm<sup>2</sup>, 占 20.18%。该镇现状土地利用主要为以小麦、玉米为主的农作物种植业, 兼有少量蔬菜种植, 占全镇土地总面积的 70.69%。无棣镇的景观生产力适中, 景观受胁度高、景观稳定性低。

**3.4.5 第五梯度土地利用强不可持续区** 本区仅含车镇乡, 土地利用持续性的景观生态评价值仅为 22.05, 总人口 49 078 人, 面积 14 575.5 hm<sup>2</sup>, 分别占全县的 11.56% 和 7.35%。车镇乡位于县域西南部, 适于发展种植业。全乡人口密度为 3.37 人 /hm<sup>2</sup>, 后备土地资源不足, 共 1 863.36 hm<sup>2</sup>, 占 12.44%。该乡现状土地利用主要为以小麦、玉米、大豆为主的农作物种植业, 占全乡土地总面积的 77.33%。在全县 11 个乡镇中, 车镇乡的景观稳定性最低, 景观生产力低、景观受胁度高。

### 3.5 土地利用可持续性区域差异成因

**3.5.1 自然资源禀赋** 土地各要素自身空间分布的异质性决定了土地资源禀赋的空间异质性, 不同空间位置的土地, 自然资源禀赋不同。自然资源禀赋决定了土地生产力。一方面, 农业土地存在生产潜力的差异, 尽管人类在土地利用中通过施肥等田间管理措施提高土地生产力, 农作物单产仍存在较大差异, 如因水资源与土壤盐碱化的差异, 信阳乡农作物单产达到了埝口镇、柳堡乡的 2.54 倍。另一方面, 工业布局都要求邻近原材料、市场、交通枢纽, 尤其是资源采掘业及其相关企业就定位于资源所在地。

**3.5.2 乡村现代化** 乡村现代化包括乡村城镇化与乡村工业化。一方面, 乡村工业化以高产值提高景观生产力; 另一方面, 乡村城镇化结合旧村改造, 必然减少村镇建设用地, 提高土地利用效率。但城镇化同时又带来人口的增加, 以及人们对土地产出需求数量与层次的增加, 从而增大景观受胁度, 提升土地利用持续性的目标需求。此外, 乡村现代化带来的农业机械化还有可能加重农业耕作景观斑块边界的规则性, 增大平均斑块面积, 降低景观分维数与破碎度, 不利于景观的稳定性。

**3.5.3 人口规模与人口素质** 人口规模过大, 对土地的产出需求相应增大, 人均土地资源变小, 土地人口承载能力下降。因此, 人口密度越大, 景观受胁度越高, 土地利用的可持续性越低。人口素质决定人的认知能力, 人口素质越高, 越能掌握先进生产技术, 提高土地生产力。人口素质低下阻碍农业科技传播。车镇乡土地利用的可持续性位居全县最末, 与其属少数民族乡, 人口受教育程度较低不无关系。

### 参考文献 (References)

- [1] Wang Yanglin. The research on sustainable tourism development in the overall planning of scenic resort. *Resource Sciences*, 1999, 21(1): 37-43. [王仰麟. 风景名胜总体规划中的旅游持续发展研究. *资源科学*, 1999, 21(1): 37-43.]
- [2] Bastian O, Röder M. Assessment of landscape change by land evaluation of past and present situation. *Landscape and Urban Planning*, 1998, 41(3-4): 171-182.
- [3] Grabaum R. Multicriteria optimization of landscapes using GIS. *Landscape and Urban Planning*, 1998, 43(1-3): 21-34.
- [4] Rossi R. Nature and landscape production potentials of organic types of agriculture: a check of evaluation criteria and



- parameters in two Tuscan farm-landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2000, 77(1-2): 53-64.
- [5] Gulinck H, Mugica M. A framework for comparative landscape analysis and evaluation based on land cover data, with an application in the Madrid region (Spain). *Landscape and Urban Planning*, 2001, 55(4): 257-270.
- [6] Fu Bojie. The index system and method of land sustainable use evaluation. *Journal of Natural Resources*, 1997, 12(2): 112-118. [傅伯杰. 土地可持续利用评价的指标体系与方法. *自然资源学报*, 1997, 12(2): 112-118.]
- [7] Fu Bojie, Chen Liding, Ma Keming et al. *Landscape Ecology Theory and Application*. Beijing: Science Press, 2001. [傅伯杰, 陈利顶, 马克明 等. *景观生态学原理及应用*. 北京: 科学出版社, 2001.]
- [8] Qiu Yang, Fu Bojie. Land evaluation for sustainable use based on landscape ecologic theory. *Resources Science*, 2000, 22(6): 1-8. [邱扬, 傅伯杰. 土地持续利用评价的景观生态学基础. *资源科学*, 2000, 22(6): 1-8.]
- [9] Zhang Xiaoping. Method approach of land sustainable use evaluation in land patch scale. *Adv. in Envi. Sci.*, 1998, 7(5): 29-33. [张晓萍. 地块尺度土地可持续利用评价指标与方法探讨. *环境科学进展*, 1998, 7(5): 29-33.]
- [10] Turner M C. Landscape ecology. *Annual Review of Ecology Systematics*, 1989, 20: 171-179.
- [11] Fu Bojie. The spatial pattern analysis of agricultural landscape in the loess area. *Acta Ecologica Sinica*, 1995, 15(2): 112-120. [傅伯杰. 黄土区农业景观空间格局分析. *生态学报*, 1995, 15(2): 112-120.]
- [12] Peng Jian, Wang Yanglin. A study on shoaly land in China. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2000, 36(6): 832-839. [彭建, 王仰麟. 我国沿海滩涂的研究. *北京大学学报 (自然科学版)*, 2000, 36(6): 832-839.]
- [13] Yan Zhiqiang. Evaluation on the sustainability of county land utilization. *Journal of Guangxi Teachers College*, 1999, 16(2): 1-6. [严志强. 县域土地利用的可持续性评价. *广西师院学报 (自然科学版)*, 1999, 16(2): 1-6.]
- [14] Zhou Zaizhi. Land use and landscape dynamics in a rural area. *Forestry Research*, 1999, 12(6): 599-605. [周再知. 乡村土地利用与景观格局动态变化研究. *林业科学研究*, 1999, 12(6): 599-605.]
- [15] Jacob M. Sustainable development and deep ecology: analysis of competing traditions. *Environment Management*, 1984, 18(4): 477-488.
- [16] Forman R T T, Moore P N. Toward a theory of boundaries in landscape mosaics. In F di Castri and Hansen (ed.), *Landscape Boundaries: Consequences for Biotic Diversity and Ecological Flows*. New York: Springer-Verlag, 1990.
- [17] Chen Liding, Fu Bojie. Landscape structure in Yellow River Delta. *Acta Ecologica Sinica*, 1996, 16(4): 337-344. [陈利顶, 傅伯杰. 黄河三角洲地区人类活动对景观结构的影响分析. *生态学报*, 1996, 16(4): 337-344.]
- [18] O'Neill R V et al. Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology*, 1988, 1: 153-162.

## Landscape Ecological Evaluation for Sustainable Coastal Land Use

PENG Jian<sup>1</sup>, WANG Yanglin<sup>1</sup>, LIU Song<sup>2</sup>, WU Jiansheng<sup>1</sup>, LI Weifeng<sup>1</sup>

(1. *Department of Geography, Peking University, Beijing 100871, China;*

2. *Land Consolidation and Rehabilitation Center, Ministry of Land and Resources, Beijing 100035, China)*

**Abstract:** In this paper, applying landscape ecological theory, according to the principles of system comprehensiveness, regional dominance, dynamic variability, landscape ecology, scientific validity, relative independence, and manipulation, we construct landscape ecological indicators for evaluating sustainable coastal land use from the aspects of landscape productivity, landscape threatening, and landscape stability. On the aspect of landscape productivity, four indexes are chosen, that is, index of per unit area yield of crops, index of per unit area yield of aquatic product, index of per unit area total output value of industry and agriculture, and index of per unit area agricultural mechanical energy; on the aspect of landscape threatening, mostly choosing three indexes are chosen, that is, index of population density, index of land utilization ratio, and index of multiple cropping; on the aspect of landscape stability, four indexes are chosen, that is index of landscape diversity, index of landscape fragmentation, index of landscape contagion, and index of landscape fractal. The results of applying landscape ecological indicators for evaluating sustainable land use to case study in Wudi county, Shandong province, well agree with the fact.

**Key words:** land use; landscape ecological evaluation; coastal zone; Wudi County