

耕地数量生态位重心模型构建及其应用

——以焦作市为例

牛海鹏

(河南理工大学测绘与国土信息工程学院, 河南 焦作 454000)

摘要: 以生态位理论为基础, 提出了耕地生态元和耕地生态位的概念。在此基础上, 构建了用以量度耕地数量空间格局变化规律的耕地数量生态位重心模型, 并运用该模型对焦作市 1998~2004 年期间耕地数量变化规律进行了分析。分析结果表明, 该模型可以有效测度区域耕地数量整体变化特征及其年际变化程度大小, 并可依据其变化规律探求区域耕地数量变化的驱动因素和驱动力。

关键词: 生态位; 耕地生态元; 耕地数量生态位重心; 焦作市

中图分类号: X171; F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)01-0021-03

On Construction and Application of Mathematical Model of Cultivated Land Quantity Niche Barycenter

——A Case Study of Jiaozuo City

NIU Hai-peng

(School of Surveying and Land Information Engineering of HPU, Jiaozuo, Henan 454000, China)

Abstract: The concepts of cultivated land ecounit and cultivated land niche are proposed based on niche theory. The mathematical model of cultivated land quantity niche barycenter is constructed, which can measure the spacial change law in the quantity of cultivated land. Then the change features in the quantity of cultivated land in Jiaozuo City during 1998~2004 are analyzed by the mathematical model of cultivated land quantity niche barycenter. The results are as follows. The model of cultivated land quantity niche barycenter may better measure the whole special change features and yearly change degree, by which the driving factors and driving forces can be probed after.

Key words: niche theory; cultivated land ecounit; cultivated land quantity niche barycenter; Jiaozuo City

耕地数量变化研究是全球环境变化研究的核心领域——土地利用/土地覆被变化研究的主要内容, 同时也是区域耕地可持续利用研究的重要组成部分。由于耕地是“自然-经济-社会”复合生态系统, 呈现出动态的复杂性及显著的变异性等特点, 因此不能通过简单的方法去“解析”或“剖析”, 而需要应用生态学理论与方法对耕地数量变化作整体研究。生态位理论作为生态学的重要理论, 能够很好地测度耕地生态关系持续变动过程中的“定格”, 因而能够清晰地反映耕地生态系统的演替与发展^[1,2]。所以, 运用生态位理论, 从耕地生态系统自身的角度构建耕地数量变化的测度模型并应用于实践之中, 具有重要的理论意义和实用价值。

1 耕地生态位概念的提出

1.1 耕地生态元概念的提出

生态位的概念及其内涵经历了一个不断发展的过程。其中, 最著名的是 1917 年格林尼耳(J. Grinnell)提出的“空间生态位”或“生境生态位”, 1927 年埃尔顿(Elton)提出的“营养生态位”或“功能生态位”和 1957 年哈奇森(Hutchinson)提出的“超体积生态位”^[3-5]。另外, 我国学者刘建国于 1987 年提出了生态元的概念, 即自然-经济-社会复合生态系统中能够进行物质转化、能量转换、信息处理等生态过程的功能单元,

它既可以是各个生物组织层次(如基因、细胞、器官、景观、社会-经济-自然复合生态系统、生物圈乃至整个地球), 也可以是一些其它功能单元(如企业、农户、产业结构、耕作制度、种植方式等经济实体), 并在此基础上, 刘建国和马世骏提出了生态元的生态位概念, 从而为生态位理论在资源利用、评价和生态保护等方面的应用提供了理论基础^[6]。

耕地生态系统是人工培育下的土地生态系统, 耕地生态是介于自然生态系统(如草地和森林生态系统)和人工生态系统(如城市生态系统)之间的一种特殊生态形式。可见, 区域耕地生态系统其实质是一“自然-经济-社会”复合生态系统, 是一种能够进行物质能量转换、信息处理等生态过程的功能单元, 具有生态元的一般特征。因此, 耕地生态系统是一种特殊的生态元, 即耕地生态元。

1.2 耕地生态位概念

耕地是人类生产最基本、最主要的生产资料, 是生产粮食、棉花、蔬菜等农副产品的基地, 是土地中的精华。耕地数量的多少、质量的肥瘠直接影响国民经济的发展。同时, 耕地生态系统也有着重要的生态意义, 起着防止水土流失、改善区域气候的重要作用。

因此, 耕地生态位的概念可表述为: 耕地生态元在区域生态可持续发展过程中的地位、作用和功能以及与其它土地

* 收稿日期: 2006-02-09

基金项目: 河南省科技攻关项目(0624220091); 河南理工大学自然科学(青年)基金重点资助项目(Z050501)

作者简介: 牛海鹏(1974-), 男, 河南南阳市人, 硕士, 主要从事土地生态方面的教学与研究。

利用类型生态元的相对关系。该种地位、作用和功能是耕地的自然、经济和社会条件(因子)所共同显示出的一种综合性的外在表现。因此,耕地生态位,即耕地在区域可持续发展过程中的地位、作用和功能的存在是耕地的自然、经济和社会因子(条件)共同支撑的结果。所以,耕地生态位也可表述为允许或支撑耕地生态元存在的超体积,即 n 维因子中的超体积。总之,耕地生态位综合反映了区域耕地资源在区域中所占有的空间、所处的地位和所具有的功能以及与其它土地利用类型单元的相对关系^[7, 8]。

2 耕地数量生态位重心模型的构建

2.1 耕地生态位(宽度)模型构建

态和势的有机结合综合体现了耕地生态元在区域生态系统中的相对地位和作用,即耕地生态位的大小(宽度)。因此,在测定耕地生态元的生态位(宽度)时,不仅要测定其状态(态),而且也要测定其对环境的影响力或支配力(势)^[9]。

耕地生态位是多维的,但在研究耕地生态位时,不可能掌握耕地生态位所有维的具体特征和参数,故可以根据研究的需要,将耕地生态位维数减少为若干个有效维数或某一维数进行生态位的测算。因此,耕地生态位(宽度)可采用单个指标或多个指标的综合进行测定。

基于此,特定区域内耕地生态位(宽度)数学测度模型可用下列方程式表示:

$$C = \frac{S + AP}{\sum_{j=1}^n (S_j + A_j P_j)}$$

(1)

式中, C ——耕地生态位(宽度), $j = 1, 2, \dots, n$ ——不同土地利用类型生态元, S ——耕地生态元的态, P ——耕地生态元的势, S_j —— j 土地利用类型生态元的态, P_j —— j 土地利用类型生态元的势, A 和 A_j ——量纲转换系数。

式中的分子项,即耕地生态元的态+ 乘以耕地生态元的势可视为耕地生态元的绝对生态位(宽度),与各种土地利用类型单元(含耕地)绝对生态位之和的比值则是耕地生态元的相对生态位(宽度),即耕地生态元生态位。

当考虑特定区域内耕地数量生态位时,就要首先调查测定其面积,以确定其态,然后调查测定其面积变化量,以确定其势,经过量纲转换后,两者之和则可成为该区域内耕地生态元的绝对数量生态位,与该区域内所有土地利用类型生态元绝对数量生态位之和的比值是该区域内耕地生态元的数量生态位。

2.2 耕地数量生态位重心模型构建

人流、物流和能量的分布无不在空间上展开,各种物质和能量在空间上聚散和迁移,便产生了某一时刻的重心问题,重心的运动方向、速度和强度是表征某一物质在空间上变化的最好指标。同理,区域耕地数量在空间分布上的变化同样导致耕地分布重心的迁移。因此,耕地分布重心表征了区域耕地分布在空间上的集中性特征。通过研究区域耕地分布重心的变化,可以得到研究时期内耕地空间格局的变化规律,并依据其变化规律探求区域耕地变化的驱动因素和驱动力^[10]。

耕地分布重心的确定计算方法为:首先把研究区域分为若干个小区域,在大比例尺地图上确定每个小区的几何中心坐标或县城所在地的坐标,然后再乘以该小区耕地数量生态位,最后把乘积累加后除以各小区耕地生态位加和。

耕地分布重心以各小区耕地数量生态位而不以耕地面积作为计算的权重或依据,其原因是:首先数量生态位本身表征了各小区内耕地分布的优势度,其次耕地生态位对其数量变化的反应敏感程度优于绝对面积。因此以各小区耕地数量生态位作为权重确定耕地分布重心更能反映出研究区域耕地数量空间上的变化特征。

这种以耕地数量生态位作为基础测算出的耕地分布重心,称为耕地数量生态位重心,重心坐标用地图经纬度表示,其测算的数学模型为:

$$X_t = \frac{\sum_{i=1}^m (C_{it} \times X_i)}{\sum_{i=1}^m C_{it}}$$
$$Y_t = \frac{\sum_{i=1}^m (C_{it} \times Y_i)}{\sum_{i=1}^m C_{it}}$$

(2)

式中: X_t 、 Y_t ——第 t 年研究区域耕地数量生态位重心的经纬度坐标; C_{it} ——第 i 个小区域第 t 年耕地数量生态位; X_i 、 Y_i ——第 i 个小区的几何中心(或县城所在地)的经纬度坐标; m ——研究区内划分的小区域总个数。

在调查测算研究区内划分的各小区域耕地数量生态位和几何中心(或县城所在地)的经纬度坐标的基础上,运用该模型可测算出研究时段的起止时间点的耕地数量生态位重心坐标,并可解算出耕地数量生态位重心移动的距离和迁移的方向。

耕地数量生态位重心移动的距离和迁移的方向有以下重要意义:

其一,耕地数量生态位重心移动的距离表征了研究区域耕地数量在某一时段内空间变化的不均匀程度。耕地数量生态位重心移动距离越大,表明研究区域在某一时段内耕地数量空间变化不均匀程度越大;反之,则越小。

其二,耕地数量生态位重心迁移的方向表征了研究区域耕地数量空间变化驱动因素或驱动力的来源以及驱动方向。

3 研究区域生态概况

焦作市位于河南省西北部,北依太行山,与山西省接壤;南临黄河,与郑州、洛阳毗邻;东接新乡,西邻济源。地处东经 $112^{\circ}43'31'' \sim 113^{\circ}38'35''$,北纬 $34^{\circ}41'03'' \sim 35^{\circ}29'45''$ 之间,东西长约 102.05 km,南北宽 75.43 km,全区土地总面积 4 000.89 km²。焦作市处于太行山脉与豫北平原的交接地带,总的地势北高南低,西高东低。土壤以潮土、褐土为主,伴有石质土、粗骨土、新积土、砂浆黑土、盐土、水稻土和棕壤共 9 个土类,19 个亚类,36 个土属,75 个土种。焦作市辖四县、二市、五城区(市区),分别为沁阳市、孟州市、温县、修武、武陟和博爱县,解放、山阳、中站、马村及高新区。

依据研究区域的自然、经济和社会生态因子的分布及其各生态因子对耕地资源的开发、利用和耕地数量变化的影响,并结合研究目的和土地利用覆盖类型,可将焦作市划分为 4 个土地利用生态区,即山地丘陵区、城镇工贸区、平原农业区和沿黄(河)农林开发区,如图 1 所示。

4 焦作市耕地数量生态位重心迁移及其分析

根据耕地数量生态位重心数学模型公式(2),以各县(市、区)政府所在地的坐标为中心点坐标,测算出焦作市 1998~ 2004 年期间各年耕地数量生态位重心坐标、迁移距离,测算结果如表 1 所示。

同时,利用 MAPGIS 软件绘制出耕地数量生态位重心迁移轨迹,如图 2 和图 3 所示。由于重心迁移距离小,无法在整个研究区域中表示,因此,图 2 仅为耕地数量生态位重心迁移区域示意图,图 3 为一定比例尺下的重心迁移图。

表 1、图 2 和图 3 反映出焦作市耕地数量变化的空间特征:

(1) 1998~ 2004 年期间,耕地数量生态位重心从 1998 年的北纬 $35^{\circ}04'43.57''$ 东经 $112^{\circ}52'53.04''$ 迁移到 2004 年的北纬 $35^{\circ}04'34.28''$ 东经 $112^{\circ}53'01.42''$,整体上向东南方向移动,直线移动距离为 356.47 m,南北移动距离为 288.70 m,东西移动距离为 209.11 m,重心变化区域位于博爱县境内。耕地数量生态位重心的迁移表明焦作市北部和西部地区耕地资源数量减少速度更快,这与北部山区、西部丘陵地区生态退耕、呈

西南东北走向的城镇工贸区建设占用耕地,而同时期补充增加的耕地又主要分布在南部的沿黄农林开发区相一致^[11];

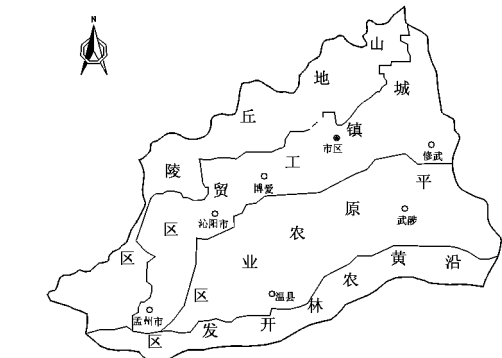


图 1 焦作市土地利用生态区略图

(2) 1998~2004 年期间, 各年的耕地数量生态位的迁移速

度不同,最大为 2004 年,直线迁移距离 146.28 m, 南北迁移距离为 71.40 m, 东西迁移距离为 127.67 m;最小为 2002 年,直线迁移距离仅为 20.61 m,南北迁移距离为 15.26 m, 东西迁移距离为 13.85 m。表明研究时段内,焦作市耕地年度数量空间变化不均匀程度差异较大,其中 2004 年北部山区、西部丘陵地区的生态退耕和城镇工贸区耕地建设占用的进一步扩大则是导致 2004 年耕地数量生态位重心变化较大的原因。

表 1 焦作市 1998~2004 年耕地数量生态位重心变化

年份	北纬	东经	前后年份移动距离/m 及移动方向			
			SN	EW	L	方向
1998	35°04'43.57"	112°52'53.04"				
1999	35°04'43.89"	112°52'57.03"	8.73	101.20	101.57	东略偏北
2000	35°04'42.70"	112°52'55.66"	36.29	35.12	50.50	西南
2001	35°04'40.22"	112°52'56.17"	76.58	12.06	77.52	南略偏东
2002	35°04'39.72"	112°52'55.63"	15.26	13.85	20.61	西南
2003	35°04'36.55"	112°52'56.35"	97.90	17.15	99.39	南略偏东
2004	35°04'34.28"	112°53'01.42"	71.40	127.67	146.28	东南

注:SN 代表南北方向移动的垂直距离,EW 代表东西方向移动的垂直距离,L 代表相邻两年重心的直线距离。

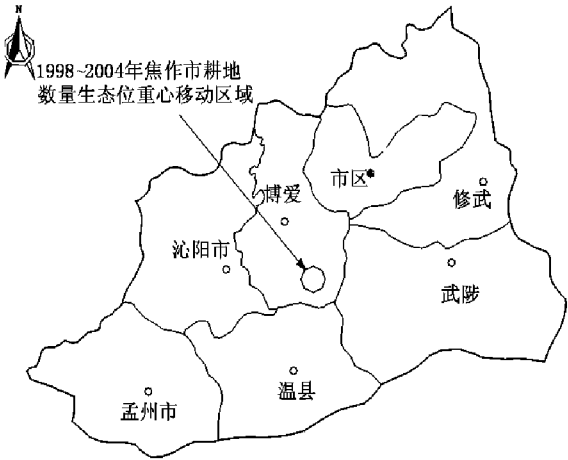


图 2 1998~2004 年焦作市耕地数量生态位重心移动区域示意图

(3) 1998~2004 年期间,耕地数量生态位重心纬向除 1999 年出现反弹现象,重心径向除 2000 年和 2002 年出现反弹现象外(即耕地数量生态位重心向北、向西移动),整体呈向南向东迁移趋势,且无论是径向反弹还是纬向反弹,其幅度均非常小,如 1999 年的纬向反弹仅为 0.32',2000 年的径向反弹为 1.37',2002 年的径向反弹为 0.54'。该特征反映出焦作市耕地资源数量变化驱动因子及驱动方向的稳定性,即 1998~2004 年期间,山地丘陵区的退耕还林、城镇工贸区建设占用是耕地减少的主要原因,而沿黄农林开发区耕地开发则是耕地补充的主要来源。

参考文献:

[1] 罗小龙,甄峰.生态位势理论在城乡结合部应用的初步研究[J].经济地理,2002,20:54-58.
[2] 胡春雷,肖玲.生态位理论与方法在城市研究中的应用[J].地域研究与开发,2004,23(2):13-15.
[3] Grinnel J. Geography and Evolution [J]. Ecology, 1924, 5: 225-229.
[4] 马世骏.现代生态学透视[M].北京:科学出版社,1990.72-89.
[5] 尚玉昌.现代生态学中的生态位理论[J].生态学报,1988,5(2):77-84.
[6] 刘建国.生态位理论的发展及其在农村生态工程建设中的应用[J].农业现代学研究,1987,(6):30-33.
[7] 张侠,葛向东,濮励杰,等.土地利用的经济生态位分析和耕地保护机制研究[J].自然资源学报,2002,17:(6)677-691.
[8] 朱春全.生态位势理论与扩充假说[J].生态学报,1997,17(3):325-327.
[9] 张光明,谢寿昌.哀牢山木果石栎群落优势种的生态位宽度与重叠[J].云南植物研究,2000,22(4):431-446.
[10] 邵晓梅,杨勤业,张洪业.山东省耕地变化趋势及驱动力研究[J].地理研究,2001,20(3):298-305.
[11] 李明秋,王宝山.中低产田改造与农业可持续发展[J].焦作工学院学报,2000,19(2):140-142.

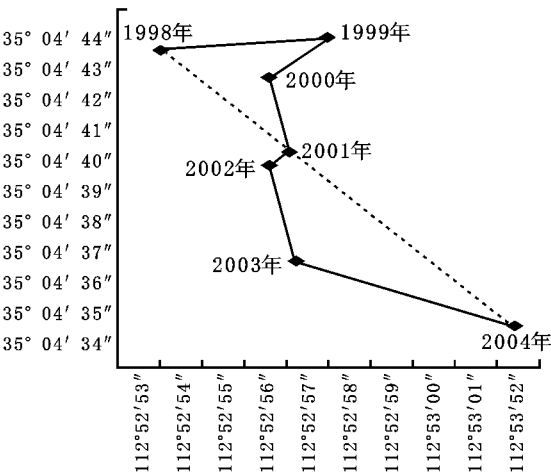


图 3 1998~2004 年间焦作市耕地数量生态位重心变化图

5 结 论

(1) 将生态位理论引入到区域耕地数量变化研究中,一方面使对耕地这一自然-经济-社会复合生态系统的研究从自然生态系统的演替入手,有了新的科学理论依据;另一方面也是对现有耕地数量变化研究方法的补充。
(2) 运用构建的耕地数量生态位重心模型,可以有效测度区域耕地数量整体变化特征及其年际变化程度大小,并可依据其变化规律探求区域耕地变化的驱动因素和驱动力。