

# 中国耕地利用的可持续性研究 ——基于耕地粮食生产率的分析

孙若梅

(中国社会科学院 农村发展研究所, 北京 100732)

**摘要:** 以界定耕地利用可持续性内涵为起点, 采用耕地粮食生产率可比系数和标准化分值方法衡量耕地的生产可持续性, 以单位耕地化肥使用过量程度作为生态因子对可比系数和标准化分值进行调整衡量耕地的生态可持续性。利用统计数据、以基期与报告期的时间尺度和分省份的空间尺度实现可持续性的测度。研究发现: (1) 以耕地粮食生产率测量的全国耕地生产可持续性呈现出递增趋势, 但以化肥使用过量程度作为生态因子调整后的耕地生态可持续性明显低于生产可持续性; (2) 耕地生产可持续性与生态可持续性的区域差异明显, 粮食主产区耕地资源利用可持续的稳定性和递增性高于全国平均水平, 即意味着差异性的耕地保护政策会更有助于稳定和提升耕地利用的可持续程度。

**关键词:** 耕地粮食生产率; 可比系数; 生产可持续性; 生态可持续性

中图分类号: F301.21 文献标识码: A 文章编号: 1671-4407(2016)12-110-05

## Research on the Sustainability of Cultivated Land Use in China: Based on Grain Productivity

SUN Ruomei

(Rural Development Institute, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732, China)

**Abstract:** This paper starts with definition of the sustainability of cultivated land use. We study on the evaluation of productive sustainability of cultivated land by the measure of comparable ratio of grain productivity and the standard score system, and also on the evaluation of ecological sustainability of cultivated land through adjusting the comparable ratios and standard score by using the excess fertilization of unit land as an ecological factor. We base our study on the data and achieve the measure of sustainability, with the time frame from base period and report period and the measure in space of provinces. We have two main findings. Firstly, country wide productive sustainability of cultivated land is increasing, as measured by the grain productivity of cultivated land, but after adjusting by using the excess fertilization of unit land as an ecological factor, the ecological sustainability is significantly lower than the productive sustainability. Secondly, there are substantial regional differences in ecological sustainability and productive sustainability, that is, the sustainability of cultivated land use is more stable and of higher growth for areas of major grain production than the average of the country, indicating that the diversity of cultivated land protection policy is helpful for the stability and improvement of sustainability of cultivated land use

**Key words:** grain productivity of cultivated land; comparable ratio; productive sustainability; ecological sustainability

### 1 研究的问题

#### 1.1 问题的提出

耕地资源管理承载着保障国家粮食安全和生态安全目标的双重重任。为此, 我国实行着严格的耕地数量的底线管控政策和质量的提升举措, 在“十三五”规划建议中提出了实施“藏粮于地、藏粮于技”的战略, 回答耕地资源利用的可持续性一直是重大现实问题。本文试图从耕地资源生产的可持续性和耕地资源生态的可持续性两个层面来分析, 具体讲: 将从粮食安全战略出发, 判断最近30年耕地粮食产出是否具有稳定性和递增性; 从生态安全战略出发, 判断耕地化肥使用对耕地资源利用可持续性的影响。试图基于统计数据和区域尺度度量化肥过量使用对耕地生

产率的影响是本研究的一个特点。

#### 1.2 研究进展

我国耕地资源保护与可持续利用的研究始终围绕着耕地保护与粮食安全展开, 已有研究进展可概括为: 耕地数量变化中非农化因素分析、耕地粮食生产力和压力研究、耕地利用可持续性评价研究等。第一, 耕地数量变化中非农化因素研究的进展为: 对农地非农化与粮食安全的理论分析和实证检验; 利用区域容许耕地转换量化模型确定可以允许转换的耕地的最优数量和借此来确定区域耕地保护的底线及调控指标; 利用面板数据和我国耕地、经济增长、城镇化、地方财政收入数据, 采用Granger因果关系检验和误差修正模型分析社会经济因素对耕地变化的影响<sup>[1-4]</sup>。第二, 耕地粮

基金项目: 中国社会科学院农村发展研究所“绿色农业”政策体系研究创新工程研究项目

作者简介: 孙若梅, 研究员, 博士生导师, 研究方向为生态经济学、资源与环境经济学。

食生产力和压力研究的进展为:利用统计资料分析我国国际耕地面积粮食生产力变化的结果显示,建国以来我国耕地变化的区域差异显示生产力较高的耕地在减少、生产力较低的耕地在增加;通过构建重心拟合模型和敏感度分析模型发现的结果是,粮食产量变化对耕地变化的敏感性呈增强趋势,化肥、农药等物质投入的报酬递减趋势日益明显,粮食增产对耕地资源的依赖也日益增强;进一步的研究为将粮食生产力分析拓展到考虑人口因素而提出耕地压力指数的分析,即最小人均耕地面积与实际人均耕地面积之比<sup>[5-8]</sup>。第三,耕地资源可持续性评价研究中,近几年利用能值分析和生态足迹方法的研究文献屡见不鲜<sup>[9-10]</sup>。

## 2 概念框架

### 2.1 耕地资源利用可持续性的内涵

本研究中,耕地资源利用的生产可持续性的内涵是:单位耕地面积的粮食产量的稳定性和递增性,以单位耕地粮食生产率的可比系数和耕地粮食生产率标准化分值进行度量。耕地资源利用的生态可持续性的内涵是:以化肥使用过量程度作为生态因子来定义耕地生态可持续性。基本逻辑是:耕地粮食生产率提高中,化肥既可提高粮食产量也对耕地产生生态冲击,耕地过量使用化肥会削弱耕地利用的可持续性。具体方法是:利用单位种粮耕地上化肥用量的过量程度对粮食耕地生产率的可比系数和标准化分值进行调整。

### 2.2 数据和分析方法

本文利用全国和分省份的统计数据,以耕地粮食生产率( $P$ )为基本指标,采用可比系数法、标准化分值法、化肥过量系数作为生态因子的调整法,度量耕地资源利用的可持续性水平。

#### 2.2.1 耕地粮食生产率的可比系数

耕地粮食生产率为单位耕地面积的粮食产量,即:耕地粮食生产率 = 粮食产量 / 种粮耕地面积。由于没有种粮耕地面积的统计数据,所以需要可用获得的数据:耕地面积( $S_{耕}$ )、粮食播种面积( $S_{粮播}$ )和农作物总播种面积( $S_{农播}$ )推算得到,为此做出以下假定。

假定1:种粮耕地面积 / 耕地面积 = 粮食播种面积 / 农作物总播种面积,即:种粮耕地面积 = 耕地面积 × (粮食播种面积 / 农作物总播种面积)。

可比系数( $R$ )的定义是,耕地粮食生产率的报告期值与基础期值之比数,即: $R = P_{报告期} / P_{基础期}$ 。本研究中以改革开放初期的1981年为基准年,由此可以度量出每个省份不同时间段耕地粮食生产率的环比变化。

#### 2.2.2 耕地粮食生产率标准化指数

本研究中,将耕地粮食生产率采用极值处理法进行无量纲化处理得到为标准化分值,即: $V = (v_i - v_{min}) / (v_{max} - v_{min})$ 。

以改革开放初期的1981年为基准年。计算标准化分值的目的是,通过标准化分值进行省份间和各年间的耕地粮食生产率的比较,揭示出最高耕地粮食生产率水平和实现跨省份跨年度的可比性,补充可比系数的不足。

### 2.2.3 化肥过量系数作为生态因子的调整

(1)单位耕地的化肥用量。利用中国统计年鉴中全国和分省份的年度农用化肥用量数据,可以计算出单位耕地面积的化肥用量。需要说明,单位耕地的化肥用量并非全部用到粮食作物上;为此做出以下假定。

假定2:耕地可以分为粮食耕地和蔬菜耕地两类,农业化肥用量全部用到种粮耕地和种菜耕地上。由此,耕地面积为种粮耕地面积与种菜耕地面积之和,总化肥用量即为种粮耕地化肥用量与蔬菜耕地化肥用量之和。如果种粮耕地面积与种粮化肥用量的估计中,均使用粮食播种面积占农作物总播种面积的比例,那么,单位面积种粮耕地的化肥与单位耕地种菜耕地的化肥用量是相等的。所以,单位耕地面积的化肥用量与单位种粮耕地化肥用量、单位种菜耕地化肥用量是相等的。

(2)可比系数( $R$ )和标准化分值( $V$ )的生态因子调整。

本研究中,以我国绿色农业中单位耕地面积年度化肥用量每公顷300公斤为标准,如果大于单位耕地化肥用量超过这个标准,则以化肥用量超过标准倍数作为过量系数对 $R$ 和 $V$ 进行调整,如果单位耕地面积的化肥用量小于(或)等于这个标准,则定义为没有负面影响,调整系数为1。具体如下:

调整系数为  $W = X / 300$  ;

调整后的可比系数为:  $R_{调整} = R / W$  ;

调整后的标准化指数为:  $V_{调整} = V / W$ 。

### 2.3 分析框架

本文的分析逻辑是:第一,计算出各个省份的耕地粮食生产率,以此作为分析可持续性的基础指标;第二,以改革开放初期的1981年为基线,计算每个省份各年度耕地粮食生产率的对比系数,分析每个省份的耕地生产可持续性水平;第三,以耕地粮食生产最中1981年的最小值和2013年的最大值进行极值化处理,得到每个省份各个年度的标准化分值,比较分析跨省份各年度的耕地生产可持续性水平;第四,按照一定的假设条件计算出每个省份各个年度单位耕地面积的化肥用量,由此得到各个省份化肥使用的过量系数;第五,利用化肥过量系数作为生态因子对对比系数和标准化分值进行调整,判断化肥过量使用对耕地资源利用可持续的影响程度。具体分析框架图见图1。

## 3 耕地粮食生产率和化肥使用量

1981 ~ 2013年,全国粮食总产由3.25亿吨增加到6.02

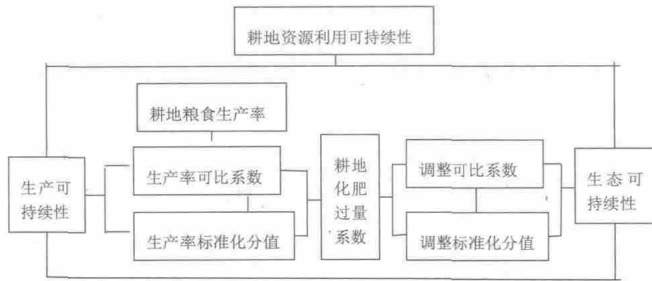


图1 基于耕地粮食生产率视角的耕地资源利用可持续性分析框架图

亿吨, 单位耕地面积的粮食产量由 4140 公斤 / 公顷增加到 7275 公斤 / 公顷, 年度粮食耕地生产率呈现出波动上升趋势; 同期, 全国粮食播种面积占农作物总播种面积的比例从 0.79 下降到 0.68 (图 2)。1981 ~ 2013 年, 我国单位耕地面积平均化肥用量从 135 公斤 / 公顷增加到 486 公斤 / 公顷; 1992 年, 全国单位耕地化肥用量平均水平达到 307 公斤 / 公顷, 开始出现全国水平超过 300 公斤 / 公顷。从分省份的数据可以看到: 第一, 1986 年上海、福建和广东最早出现单位耕地化肥用量超过 300 公斤 / 公顷; 第二, 1991 年是最集中出现的年份, 有 10 省份出现单位耕地的化肥过量使用; 第三, 到 2013 年山西、内蒙古、黑龙江、西藏、甘肃、青海这 6 个省份仍未出现单位耕地面积的化肥过量使用 (表 1)。

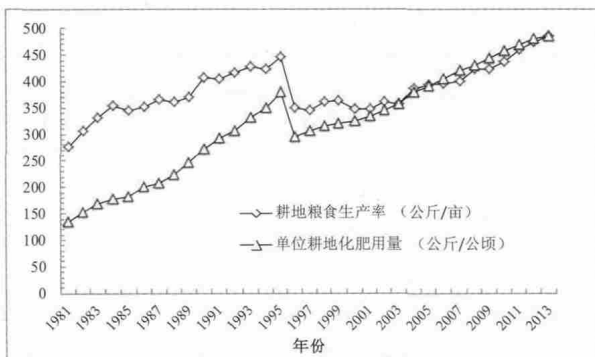


图2 1981~2013年全国耕地粮食生产率和单位耕地化肥用量

表1 各省份单位耕地面积化肥用量超过300公斤/公顷的起始年份

省份	起始年份	省份	起始年份	省份	起始年份
北京	1991年	安徽	1991年	四川	1991年
天津	1996年	福建	1986年	贵州	2000年
河北	1994年	江西	1991年	云南	2010年
山西	—	山东	1991年	西藏	—
内蒙古	—	河南	1991年	陕西	2003年
辽宁	2007年	湖北	1991年	甘肃	—
吉林	2009年	湖南	1991年	青海	—
黑龙江	—	广东	1986年	宁夏	2007年
上海	1986年	广西	1991年	新疆	2007年
江苏	1990年	海南	1991年		
浙江	1987年	重庆	2003年		

### 4 全国耕地资源可持续性分析

耕地粮食生产率的可比系数从 1.0 上升到 1.75, 即: 2013 年耕地粮食生产率是 1981 年的 1.75 倍; 以化肥过量

系数作为生态因子调整后, 2013 年耕地粮食生产率的可比系数为 1.08, 即耕地生产率受到化肥过量使用的影响, 耕地生态可持续性下降 (图 3)。

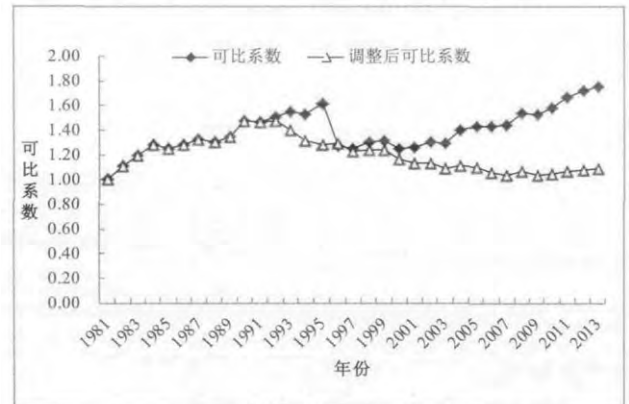


图3 1981~2013年全国耕地生产率可比系数与化肥调整后的可比系数

### 5 分省份耕地资源可持续性分析

分省份的耕地资源可持续性分析由基于可比系数的数据和标准化分值数据两部分构成, 既可进行各省份内的纵向比较亦可实现跨省份的横向比较。

#### 5.1 基于可比系数的分析

##### 5.1.1 耕地粮食生产率可比系数变化

以 1981 年为基线年计算得到各个省份各年度耕地粮食生产率的可比系数, 均呈现出上升趋势, 由此可以判断出耕地生产率的稳定性和递增性水平, 具体特征为: 第一, 1990 年的可比系数在 2 ~ 3 的是: 内蒙古、吉林、新疆三省份, 分别为 2.03、2.26 和 2.0, 其余的省份均为 1 ~ 1.99; 第二, 到 2000 年的可比系数为 2 ~ 3 的是: 新疆、内蒙古、黑龙江、山东、河南、广东五省份, 其余省份为 1 ~ 1.99; 第三, 到 2013 年的可比系数则有大幅度提高, 其中前两名为新疆 (6.65) 和内蒙古 (6.28), 其耕地粮食生产力水平分别由 1170 公斤 / 公顷和 795 公斤 / 公顷增加到 7785 公斤 / 公顷和 4980 公斤 / 公顷 (图 4)。

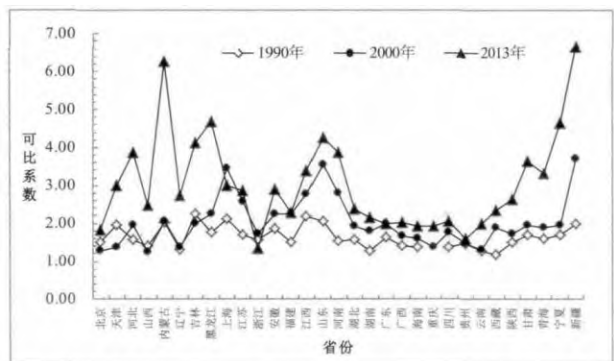


图4 1990年、2000年和2013年各省份耕地粮食生产率可比系数

##### 5.1.2 耕地粮食生产率生态因子调整后的可比系数变化

以化肥过量系数作为生态因子调整后, 1981 ~ 2013

年各个省份的耕地粮食生产率的调整可比系数仍呈现波动上升趋势,但与没有调整的可比系数比较有以下变化。第一,1990年,上海、江苏、安徽、福建、山东和广东6个省份的单位耕地化肥用量超过300公斤/公顷,这些省份的调整后可比系数下降;第二,2000年全国有20个省份单位耕地化肥用量超过300公斤/公顷,即整后可比系数下降;2013年是山西、内蒙古、黑龙江、西藏、甘肃、青海6个省份没有出现化肥过量,其他省份均呈现可比系数下降趋势;其中:可比系数增长第1位的新疆由6.65下降为4.91,而内蒙古保持为6.28(图5)。

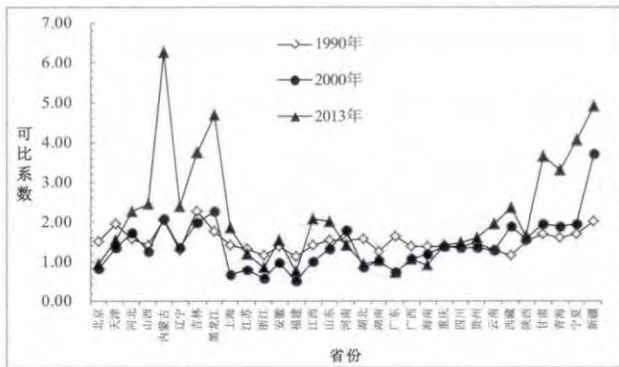


图5 三个时间点各省份耕地粮食生产率化肥调整后可比系数

### 5.2 基于标准化分值的分析

#### 5.2.1 各省份标准化分值的分布特征。

为了进行跨省份多时段的比较,进一步计算标准化分值(基础年仍是1981年),分值越高意味着耕地粮食生产率的绝对水平越高。结果显示,不同时间段的耕地粮食生产率标准化数值具有下三点特征:第一,1981最高值是浙江为1、最低值是内蒙古为0,上海、江苏、浙江、福建、湖北、湖南、广东、四川7个省份标准化分值介于0.5~0.999,其余省份为0~0.499;第二,1990年,最高值和最低值仍分别是浙江(1.164)和内蒙古(0.1284),但总体水平已有所提高;第三,2000年,最高值是上海为1.779、最低值仍是内蒙古为0.1325;第四,2013年最高值是湖南为2.002、最低值是甘肃为0.434,标准化分值整体水平已大幅度提高(图6)。

进一步将1981~2013年分省份标准化分值进行排序,可以看到:各个省份的变化可分为上升趋势、相对稳定和下降趋势三种类型。第一,呈现上升趋势。这样特征的省份为12个,分别是湖南、江西、江苏、湖北、河南、山东、内蒙古、新疆、吉林、河北、黑龙江和宁夏;特别值得注意的是,这12个省份中,11个为全国粮食主产区。第二,相对稳定。这样特征的省份为4个,分别是上海、安徽、广东和四川;其中:安徽和四川为全国粮食主产区。第三,呈现下降趋势。总体上看,全国13个粮食主产区的标准

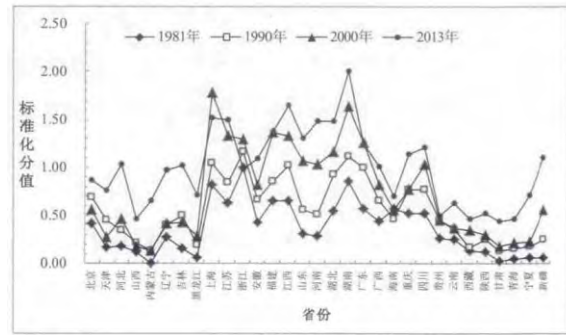


图6 四个时间点各省份的标准化分值分布

化分值具有上升和相对稳定的特征。

#### 5.2.2 生态因子调整后各省份标准化分值的分布调整

以化肥使用过量系数调整后的耕地生产率标准化分值发生了变化,具体如下:第一,1981年没有变化;第二,1990年上海、江苏、浙江、安徽、福建、广东6个省份化肥用量超过300公斤/公顷,导致分值下降,湖南成为标准化分值最高省份(1.1160);第三,2000年全国20个省份出现化肥过量使用,江西成为标准化分值最高省份(1.1079),第四,2013年标准化分值最高值仍是江西(0.99)、最低值是陕西(0.26)(图7)。

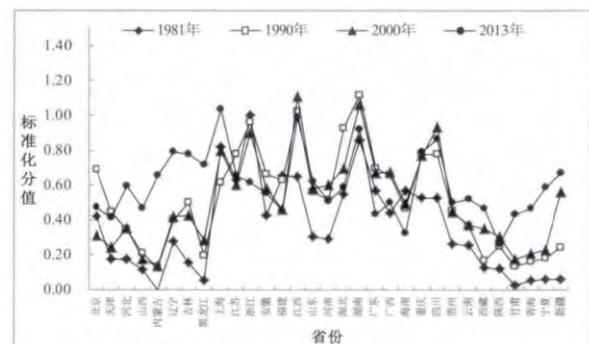


图7 四个时间点各省份的生态因子调整后的标准化分值分布

## 6 主要发现和政策含义

第一:通过分析耕地粮食生产率可比系数的主要发现是:(1)全国耕地生产可持续性总体上具有可递增性,而受到化肥过量使用影响导致耕地生态可持续性处于较低水平;(2)各个省份纵向的比较表现为差异性,近五年可比系数增长前三位的省份稳定为内蒙古、黑龙江和新疆,说明这些省份粮食生产增量对我国粮食总产量的贡献大,但由于基础年数据的差异而致使省份间不具备可比性。

第二:通过分析耕地粮食生产率标准化分值的主要发现是:(1)粮食主产区耕地粮食生产率提高的稳定性强于全国平均水平;(2)2013年生产可持续最高两省份是湖南和江西,而生态因子调整前两位则江西和湖南;原因是尽管耕地粮食生产率水平湖南(13530公斤/公顷)高于江西(11265公斤/公顷),但湖南和江西单位耕地面积化肥

用量分别为 655 公斤/公顷和 501 公斤/公顷,生态因子的调整系数湖南和江西分别为 2.18 和 1.67,由此出现了湖南是生产可持续性最高值、而江西是生态可持续性最高值的情形。

由此得到的政策含义是,(1)实施差别化和偏向于粮食主产区的耕地保护支持政策将会更有助于我国粮食安全目标;(2)现代农业发展中的利润最大化与土地产出最大化的两种价值取向,是影响耕地资源利用可持续程度的重要影响因素;(3)受制于耕地资源禀赋,我国的耕地资源利用中应注重稳定粮食播种面积和提升具有可持续性耕地产出率。目前面临的挑战是:需要诱导生态承载力递增的技术与制度安排。□

注:

可做出这样假定的理由是,1981年以来,粮食播种面积与蔬菜种植面积之和占农作物播种面积的比例一直稳定在80%左右,最高的81%(1998年),最低为77%(2003年)。农作物种植主要包括粮食作物、油料、棉花、糖料、烟叶、蔬菜。考虑到经济作物等与粮食作物的套种的情况,假定其余20%的播种面积全部是套种方式实现。

如果采用分省份数据进行加总,1981年和2013年单位耕地面积粮食产量分别为2760公斤/公顷和7275公斤/公顷,2013可比系数为2.63,即存在着分省份数据加总与全国数据不一致的情况。

参考文献:

- [1]陈江龙,曲福田.农地非农化与粮食安全:理论与实证分析[J].南京农业大学学报,2006(2):103~107.
- [2]许恒周,曲福田.转型期耕地数量动态变化及最佳非农转化量的实证研究——以江苏省为例[J].中国人口·资源与环境,2007(5):54~58.
- [3]黄忠华,吴次芳,杜雪君.我国耕地变化与社会经济因素的实证分析[J].自然资源学报,2009(2):192~199.
- [4]“经济增长中的耕地资源可持续利用研究”课题组.经济增长中的耕地资源可持续利用研究[M].北京:社会科学文献出版社,2013.
- [5]李茂,张洪业.中国耕地和粮食生产力变化的省际差异研究[J].资源科学,2003(3):49~56.
- [6]刘彦随,王介勇,郭丽英.中国粮食生产与耕地变化的时空动态[J].中国农业科学,2009(12):4269~4274.
- [7]蔡运龙,傅泽强,戴尔阜.区域最小人均耕地面积与耕地资源调控[J].地理学报,2002(2):127~134.
- [8]蔡运龙,汪涌,李玉平.中国耕地供需变化规律研究[J].中国土地科学,2009(3):11~18.
- [9]王国刚,杨德刚,苏芮,等.生态足迹模型及其改进模型在耕地评价中的应用[J].中国生态农业学报,2010(5):1081~1086.
- [10]倪广亚,刘学录.基于能值分析的甘肃省耕地可持续利用时空分异研究[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2015(2):149~158.

(责任编辑:冯胜军)

(上接76页)

参考文献:

- [1]黑川纪章.共生城市[J].建筑学报,2001(4):7~12.
- [2]李浩.城镇群落自然演化规律初探[D].重庆:重庆大学,2008.
- [3]马交国,杨永春.生态城市理论研究进展[J].地域研究与开发,2004(6):40~44.
- [4]陈绍愿,张虹鸥,林建平,等.城市群落学:城市群现象的生态学解读[J].经济地理,2005(6):810~813.
- [5]侯仁勇,冯义.基于生物群落原理的区域发展战略[J].武汉理工大学学报:信息与管理工程版,2006(10):59~62.
- [6]张建伟,王发曾,徐晓霞.以生物群落演化视角透视中原城市群整合[J].河北师范大学学报:自然科学版,2008(6):834~840.
- [7]段祖亮,张小雷,雷军.城市群的生态研究方向:城市群落学解析[J].新疆环境保护,2011(4):1~6.
- [8]周浩.企业集群的共生模型及稳定性分析[J].系统工程,2003(4):32~37.
- [9]程胜.基于Logistic模型产业集群演化稳定性研究[J].西北农林科技大学学报:社会科学版,2007(3):35~41.
- [10]何继善,戴卫明.产业集群的生态学模型及生态平衡分析[J].北京师范大学学报:社会科学版,2005(1):126~132.
- [11]郭坤,马或崧.基于种群生态学模型的产业集群演进规律研究——以时滞为参数的动态分析[J].东北师大学报:哲学社会科

学版,2011(1):53~57.

- [12]王帮俊,杨东涛,周敏.基于Logistic动力学模型的矿业城市经济增长机制与可持续发展分析[J].矿业研究与开发,2010(6):99~102.
- [13]杨云龙,周小成,吴波.基于时空Logistic回归模型的漳州城市扩展预测分析[J].地球信息科学学报,2011(3):374~382.
- [14]李全,李霖,姜文亮,等.基于LOGISTIC模型的城市扩展时空模拟——以深圳龙岗区为例[J].华中师范大学学报:自然科学版,2006(3):442~446.
- [15]周韬.基于Logistic模型的城市空间演化研究[J].生态经济,2015(8):155~158.
- [16]周文斌.北京卫星城与郊区城市化的关系研究[J].中国农村经济,2002(11):71~77.
- [17]侯景新.论区域规划中的中心城市与卫星城协调布局[J].中国软科学,2002(10):94~98.
- [18]丁成日.国际卫星城发展战略的评价[J].城市发展研究,2007(2):121~126.
- [19]马永俊,胡希军.城镇群的共生发展研究——以浙中金华城镇群为例[J].经济地理,2006(2):237~240.

(责任编辑:张海艳)