

姚鑫,张敏. 经济发展模式差异对耕地资源变化数学模型拟合效果的影响——以江苏省兴化市、靖江市为例[J]. 江苏农业科学,2015,43(4):326-328.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.04.117

经济发展模式差异对耕地资源变化数学模型拟合效果的影响

——以江苏省兴化市、靖江市为例

姚鑫,张敏

(南京信息工程大学遥感学院,江苏南京 210044)

摘要:数学模型常用于土地利用规划中耕地资源变化趋势的拟合,但是其拟合效果在不同研究区表现各异。以地理位置邻近而经济发展模式差别较大的兴化市、靖江市为研究对象,用对数模型、库兹尼茨模型、逻辑斯蒂模型及多元线性模型拟合 1980—2009 年的耕地资源变化过程,比较不同模型拟合效果的差异。结果表明,兴化市以逻辑斯蒂模型拟合效果最好,这与当地注重农业发展、强调保障耕地面积有一定关系;靖江市则以对数模型拟合效果为佳,深层原因是其发展模式以外延式工贸扩张为主,加之土地集约利用程度不断提高。总体看出,经济发展模式的不同是导致模型拟合效果差异的根本原因。

关键词:耕地资源变化;逻辑斯蒂模型;对数模型;库兹尼茨模型;经济发展模式

中图分类号: F301.24 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)04-0326-03

我国耕地资源相对匮乏,人均耕地面积只占世界平均水平的 1/3,随着经济的发展,有限的耕地面临着城乡建设、粮食生产的双重压力^[1]。耕地资源减少进而制约了经济的发展,正确认识经济发展与耕地资源保护之间的关系已成为当前研究热点之一^[2]。一些学者对耕地变化趋势建模时,发现

耕地面积随人均 GDP 的增长呈指数减少^[3-5]。部分学者认为耕地非农化过程可以用 Kuznets 曲线描述,即耕地资源流失量随经济增长而增加,当达到某一点后,随经济增长而减少^[6-8]。近年来,具有生态学意义的逻辑斯蒂(Logistic)曲线也在部分研究中得到了应用^[9]。Logistic 曲线“S”形的特征既能区分不同阶段耕地资源减少速度的差异,又能较为直观地体现耕地资源减少的上限。相对于上述模型而言,线性模型最为简单,但是其自变量的选择也经历了 1 个漫长的变化过程,从时间序列到社会经济指标,从一元线性回归到目前基于主成分分析的多元线性回归^[10-11]。除此以外,灰色模型

收稿日期:2014-05-04

基金项目:国家自然科学基金(编号:41301035)。

作者简介:姚鑫(1982—),男,江苏兴化人,博士,讲师,主要从事资源利用与环境保护研究。E-mail:yaixin@nuist.edu.cn。

低土壤含盐量同时增加土壤有机质含量。因此改良盐碱地,不能忽视耐盐植物不同生长发育时期对盐碱地土壤特性的影响,应在充分考虑树种不同生长期对土壤水分、养分需求特点的前提下,结合科学的栽培管理措施,加速土壤改良进程,巩固土壤改良成果。

参考文献:

- [1] 王秀丽,张凤荣,王跃朋,等. 农田水利工程治理天津市土壤盐渍化的效果[J]. 农业工程学报,2013,29(20):82-88.
- [2] 邵玉翠,任顺荣,廉晓娟,等. 盐渍化土壤施用有机物-脱硫石膏改良剂效果的研究[J]. 水土保持学报,2009,23(5):175-178,183.
- [3] 翟鹏辉,李素艳,孙向阳,等. 隔盐层对滨海地区盐分动态及国槐生长的影响[J]. 中国水土保持科学,2012,10(4):80-83.
- [4] 张金龙,张清,王振宇,等. 排水暗管间距对滨海盐土淋洗脱盐效果的影响[J]. 农业工程学报,2012,28(9):85-89.
- [5] 冯涛,于玮玮,李慧,等. 草间间作对滨海盐渍土盐分积累和酸碱度的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(9):339-341.

- [6] 马文梅,王静,曲东,等. 天津市塘沽区不同土地利用状况下土壤盐分变化特征[J]. 西北农业学报,2011,20(12):152-157.
- [7] 高彦花,张华新,杨秀艳,等. 耐盐碱植物对滨海盐碱地的改良效果[J]. 东北林业大学学报,2011,39(8):43-46.
- [8] 哈玲玲,马媛媛,杨静慧. 四种野生植物对天津盐碱地土壤改良效果的研究[J]. 北方园艺,2009(4):181-184.
- [9] 程文娟,潘洁,肖辉,等. 咸水结冰灌溉结合改良剂对滨海盐土的改良作用[J]. 中国生态农业学报,2011,19(4):778-782.
- [10] 熊济华. 观赏树木学[M]. 北京:中国农业出版社,1998:33-34.
- [11] 王艳,廉晓娟,张余良,等. 天津滨海盐渍土水盐运动规律研究[J]. 天津农业科学,2012,18(2):95-97,101.
- [12] 崔鹏,秦宇,刘霄,等. 滨海盐碱地刺槐林降水与土壤水盐运动规律相关性研究[J]. 西南林业大学学报,2013,33(4):1-4.
- [13] 陈有民. 园林树木学[M]. 北京:中国林业出版社,2007:164.
- [14] 江远清,莫江明,方运霆,等. 鼎湖山主要森林类型土壤交换性阳离子含量及其季节动态特征[J]. 广西植物,2007,27(1):106-113.

GM (1,1)也是耕地资源变化研究中常用模型之一,其优点在于不需要其他社会经济指标即可以生成数据序列,更适合数据较少或耕地资源变化趋势性不明朗的地区,但在一些对比研究中其表现并不优于上述趋势模型^[12-14]。对于小区域而言,因为耕地面积、经济增长相关指标变化更易受到区域规划、工农业发展政策等因素的影响,其耕地资源变化过程是否符合以上各种曲线特征、地区经济模式差异是否会导致变化特征的不同,这些都需要进一步验证^[15]。本研究以江苏省兴化市、靖江市为研究区域,对长时间序列数据进行分析,用多种数学模型模拟耕地减少量的变化,比较其耕地流失过程的差异,旨在为数学模型在不同地区耕地资源流失研究中的应用提供依据。

1 研究区与方法

1.1 研究区域

兴化市、靖江市同隶属于江苏省泰州市。泰州市地处江苏省中部,长江下游北岸,,全市总面积 5 797 km²,现辖靖江、泰兴、姜堰、兴化 4 个县级市以及海陵、高港 2 个区(图 1)。其中兴化市位于泰州市北部,市域面积 2 393.35 km²,下辖 28 个镇、6 个乡、1 个省级经济开发区。2010 年末,全市户籍总人口 155.94 万人,地区生产总值 380.24 亿元,耕地面积 12.8 万 hm²。靖江市位于泰州市南部,市域面积 665 km²,下辖 8 个镇、1 个街道办、2 个省级经济开发区。2010 年末,全市户籍总人口 66.82 万人,地区生产总值 436.03 亿元,耕地面积 2.9 万 hm²。兴化市、靖江市分别位于泰州市的两端,经济发展速度、政策导向上有一定差别。



图1 江苏省泰州市行政区划

1.2 研究方法

本研究选择兴化市、靖江市 1980—2009 年的耕地面积、GDP 等数据。根据前人研究进展,针对实际情况进行适当修改^[3,6,9,11],采用对数模型、库兹尼茨模型、逻辑斯蒂曲线模型及多元线性回归模型进行拟合。

模型 1,对数模型:

$$y = a_0 + a_1 \ln x. \quad (1)$$

模型 2,库兹尼茨模型:

$$z = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 I. \quad (2)$$

模型 3,逻辑斯蒂模型:

$$y = \frac{a_0}{1 + e^{a_1 + a_2 x}} + a_3. \quad (3)$$

模型 4,多元线性回归模型:

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 I + a_3 J. \quad (4)$$

式中: y 为耕地面积多年累计减少量; z 为耕地面积年减少量; x 为人均 GDP; I 为非农产业增加值占 GDP 比重; J 为 667 m² 粮食产量; a_0 、 a_1 、 a_2 、 a_3 为方程参数。方程(4)中自变量皆皆为对耕地面积变化有显著贡献的相关社会经济指标, x 、 I 、 J 分别表征社会经济发展水平、经济结构、农业现代化水平。由于灰色模型不能反映特有的耕地面积变化趋势及相关的驱动因素,本研究不将其作为讨论对象。

2 结果与分析

对兴化市、靖江市 1980—2009 年数据进行模拟的结果如表 1 所示,其中 R^2 为模型确定系数, r^2 为决定系数, s 为标准误差,模型整体及各系数皆有 $P < 0.05$ 。由于逻辑斯蒂模型、对数模型、多元线性模型因变量为耕地多年累积减少量,库兹尼茨模型的因变量为耕地面积年减少量,为了统一比较,此处实际计算库兹尼茨曲线拟合的耕地面积减少值多年累积量的标准差。

表 1 数学模型的确定系数/决定系数及标准误差

模型	兴化市		靖江市	
	R^2/r^2	s	R^2/r^2	s
M ₁	0.841	3.651	0.945	0.312
M ₂	0.410	3.457	0.547	0.615
M ₃	0.987	1.104	0.933	0.345
M ₄	0.885	3.097	0.911	0.401

注:M₁、M₂、M₃、M₄ 分别为模型 1、模型 2、模型 3、模型 4。

兴化市逻辑斯蒂曲线模型决定系数最高, $r^2 = 0.987$;其次是多元线性模型, $R^2 = 0.885$;再次为对数模型, $r^2 = 0.841$;库兹尼茨曲线模型的确定系数最低,为 0.410。从标准误差来看,逻辑斯蒂曲线的标准误差最低, $s = 1.104$;其次是多元线性模型, $s = 3.097$;库兹尼茨曲线的标准误差低于对数模型,两者分别为 3.457、3.651。靖江市的拟合效果有所不同,对数模型决定系数最高, $r^2 = 0.945$;其次是逻辑斯蒂模型, $r^2 = 0.933$;多元线性模型 $R^2 = 0.911$;库兹尼茨模型 $R^2 = 0.547$ 。对数模型标准误差最低, $s = 0.312$,逻辑斯蒂模型 $s = 0.345$,多元线性模型 $s = 0.401$,库兹尼茨模型 $s = 0.615$ 。较大的 R^2/r^2 与较小的 s 代表更优的拟合效果。值得一提的是,库兹尼茨曲线模型由于因变量采用耕地面积年减少量,即为逻辑斯蒂模型、对数模型因变量的年际差值,虽然其曲线拟合决定系数低,但据此进行耕地面积变化预测时,实际效果并不会差太多,在兴化市拟合中也发现了决定系数低于对数模型,同时标准误差低于(优于)对数模型的现象。

兴化市耕地面积变化的逻辑斯蒂曲线拟合情况如图 2 所示,兴化市耕地面积在人均 GDP 低于 1 000 元时一直处于持平状态,前期由于土地整理甚至有少许增加;当人均 GDP 高于 1 000 元时,耕地面积迅速减少,此阶段一直持续到人均 GDP 达 4 000 元左右,其后又进入新的波动平衡阶段,一直持续至今。根据逻辑斯蒂曲线理论,累积耕地面积减少量上限

为 $S_{\max} = 20.511 - 2.079 = 18\,432\text{ hm}^2$, 反映耕地的进一步减少面临较大压力。

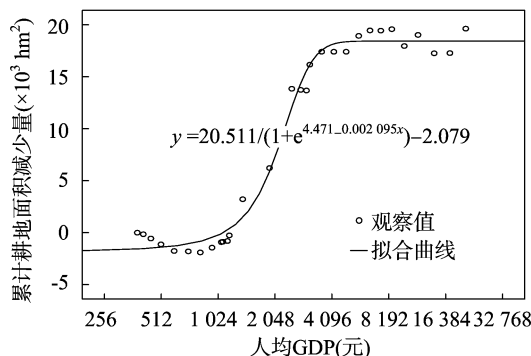


图2 兴化市耕地面积变化逻辑斯蒂曲线

靖江市耕地面积变化的对数曲线拟合情况如图3所示。整体而言,靖江市耕地面积一直处于持续减少的状态,当人均GDP低于10 000元时,减少速度较快,高于10 000元时减少速度相对缓慢。1980—1984年,耕地面积每减少1 hm^2 ,人均GDP增加0.84元;2005—2009年,耕地面积减少1 hm^2 ,人均GDP增加44.00元,表明不同时期经济增长方式存在差异,土地利用方式由粗放型向集约型转变。

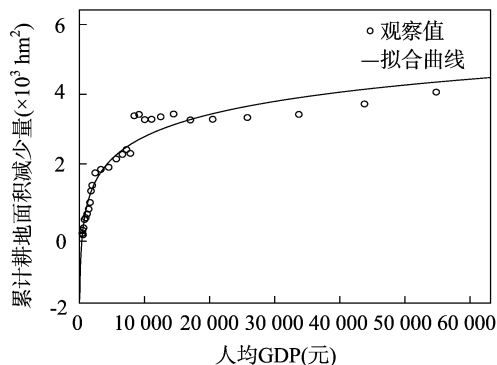


图3 靖江市耕地面积变化对数曲线

3 结论与讨论

兴化市是长江三角洲重要的商品粮生产基地,是全省水稻主产区、高产区,国家基本农田保护示范区。兴化市水土资源丰富,土地垦殖系数、复种指数较高,耕地质量好,河湖水域面积大,湖荡、荒滩、苇地资源丰富,村庄居民点相对集中。在促进城镇发展、加速城镇化过程中,兴化市城镇建设用地主要靠旧城改造、盘活存量、撤并自然村、建设中心村,全市城镇用地人均占地面积不超过100 m^2 ,进行土地开发、整理、复垦,挖掘土地潜力,严格控制非农建设占用耕地,耕地面积在实现耕地总量动态平衡的基础上略有增加。在基本农田保护规划中,兴化市以提高耕地产量为主要增产途径,组织中低产田改造,防止水土流失、污染,并加强基本农田生态环境建设,提高农田质量,实现土地利用“规划”“计划”的严格动态监测。这些措施保证了粮食产量的稳定增长,同时也使其耕地面积变化在宏观上较早达到了增长上限,呈现Logistic曲线变化特征。靖江市城市性质定位为“长三角北翼区域性的物流基地之一,以现代制造业为主导的新兴滨江工贸城市”,目前其工业发展模式仍以外延式扩张为主,所以将来的一段时期内仍会不断占用耕地面积。近年来,靖江市采取一系列措施提高

土地利用效率,2004年靖江市实行市镇联动开发战略,撤销镇级工业园区,推行“飞地开发”。各镇除重点骨干企业技术改造外,不再新增建设用地,所有新上项目全部进入市经济开发区,促进沿江地区项目集中投入、资源集约利用、产业集群发展。靖江市国土资源局通过引导企业向空中要地,建设双层或多层标准化厂房,以缓解日益紧张的土地供需矛盾,推进土地节约集约利用。这些措施都对耕地保护起到直接或间接的作用。外延式扩张的工业发展模式加上不断提高的土地集约利用程度使得靖江市的耕地面积变化整体呈现Logarithmic曲线特征。数学模型是当前土地利用规划中对耕地资源变化进行预测分析的常用方法。在前人针对不同地区的研究中,其表现优劣各有不同。笔者通过对兴化市、靖江市进行对比研究,认为注重农业发展的地区由于保障耕地面积较为重要,利用具有上限的Logistic曲线来拟合耕地面积减少过程较为合适,而外延式扩张的工业发展模式和不断提高的土地集约利用程度则更加对应Logarithmic曲线。库兹尼茨模型、多元线性模型在本研究区中的表现相对不佳,究其特性,库兹尼茨模型应该与逻辑斯蒂模型类似,更适用耕地面积减少呈现上限的地区,多元线性模型则情况复杂,具体效果取决于所选自变量的数目、性质。

参考文献:

- [1] 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,2002,57(2):127-134.
- [2] 鲁奇. 中国耕地资源开发、保护与粮食安全保障问题[J]. 资源科学,1999,21(6):5-8.
- [3] 杨桂山. 长江三角洲近50年耕地数量变化的过程与驱动机制研究[J]. 自然资源学报,2001,16(2):121-127.
- [4] 李宗尧,杨桂山. 安徽沿江地区耕地数量变化特征及其对粮食安全的影响[J]. 资源科学,2006,28(6):91-96.
- [5] 孙强,蔡运龙,王文博. 北京耕地流失的时空动态与调控途径研究[J]. 地理科学进展,2006,25(6):108-116,图版Ⅲ.
- [6] 曲福田,吴丽梅. 经济增长与耕地非农化的库兹涅茨曲线假说及验证[J]. 资源科学,2004,26(5):61-67.
- [7] 李永乐,吴群. 经济增长与耕地非农化的Kuznets曲线验证[J]. 资源科学,2008,30(5):667-672.
- [8] 曹银贵,王静,程烨,等. 三峡库区耕地变化研究[J]. 地理科学进展,2006,25(6):117-125.
- [9] 曾祥坤,李贵才,王仰麟,等. 基于logistic曲线的快速城市化地区耕地变化人文驱动力建模——以深圳市为例[J]. 资源科学,2009,31(4):604-611.
- [10] 吴先华. 耕地非农化研究综述[J]. 地理与地理信息科学,2006,22(1):51-56.
- [11] 吴业,杨桂山,万荣荣. 耕地变化与社会经济发展关系研究进展[J]. 地理科学进展,2008,27(1):90-98.
- [12] 徐艳,周勇,湛蓝. 基于灰色模型GM(1,1)的荆州市耕地动态变化分析[J]. 湖北农业科学,2007,46(5):713-715.
- [13] 杨斐,肖玲,张玲,等. 甘肃省耕地、粮食分析预测研究[J]. 干旱区资源与环境,2010,24(12):49-54.
- [14] 吴桂平,曾永年,杨松,等. 县(市)级土地利用总体规划中耕地需求量预测方法及其应用[J]. 经济地理,2007,27(6):995-998,1002.
- [15] 姚鑫,杨桂山,万荣荣. 谱系聚类法在小区域粮食安全预测中的应用[J]. 自然资源学报,2011,26(2):218-226.