

松嫩高平原黑土区耕地资源安全及其驱动力分析

——以黑龙江省巴彦县为例

宋戈, 李晓静, 向长玉, 薛睿, 张新乐

(东北农业大学 资源与环境学院, 黑龙江省 哈尔滨 150030)

摘要: 耕地资源安全是保护耕地和保障国家粮食安全的基础。选取我国重要的商品粮食基地——松嫩高平原黑土区巴彦县为研究区,从自然、经济、社会和生态共 4 个方面构建耕地资源安全评价指标体系,运用最优组合赋权法确定指标权重,利用综合指数法定量评价巴彦县 2000—2009 年间耕地资源安全状态,并采用 SPSS 软件对耕地资源安全驱动力进行主成分分析,引入 Cubic 曲线,通过非线性回归分析建立耕地资源安全变化模型,对研究区耕地资源安全值及其驱动力进行结果验证。研究结果表明,2000—2009 年,巴彦县耕地资源安全状态存在一定差异。2000 年研究区耕地资源安全处于较不安全等级;2001—2003 年处于极不安全等级;2004—2005 年处于较不安全等级;2006 年处于稍不安全等级;2007—2009 年处于相对安全等级。研究期间耕地资源安全级别转换呈先负向后正向发展。科技经济社会发展动力、自然干扰力和生态质量影响力是促使巴彦县耕地资源安全变化的驱动力。巴彦县耕地资源安全与 3 类驱动力表现出非常显著的 Cubic 曲线关系,说明构建的耕地资源安全变化模型符合研究区实际。

关键词: 巴彦县; 耕地资源安全; 驱动力; 非线性回归

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)04-0213-06

中图分类号: F323.2

Driving Forces and Security of Cultivated Land Resource in

Black Soil Zone of Songnen High Plains

—A Case of Bayan County, Heilongjiang Province

SONG Ge, LI Xiao-jing, XIANG Chang-yu, XUE Rui, ZHANG Xin-le

(College of Resources and Environment, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030, China)

Abstract: Security of cultivated land resources is the basis for cultivated land protection and national food security. Bayan County as an important base for marketable grain production in the black soil zone of Songnen High Plains was selected as research region. Natural, economic, social and ecological indices were incorporated to establish an evaluation index system in this study. The method of optimal combination was applied to establish index weights, and the method of synthetic index was used to quantitatively evaluate the operation status of the security of cultivated land resources in Bayan County from 2000 to 2009. In addition, principal component analysis was conducted to analyze the driving forces. Introducing Cubic curve, the model of security changes of cultivated land resources was established with nonlinear regression analysis to validate the secure values of cultivated land resources and the contribution of driving forces. The results show that the cultivated land security status of the study area differed over time; it is less secure in 2000, extremely unsecure from 2001 to 2003, less secure from 2004 to 2005, intermediately secure in 2006, and relatively secure from 2007 to 2009. According to the analysis, the development of technology, economy, and society, the natural disturbance forces, and the ecological influence were the main driving forces for the security changes. A significant cubic curve relationship was found between the cultivated land resource security and these three kinds of driving forces, reflecting high reasonability and applicability of the model established in this study.

Keywords: Bayan County; cultivated land resources security; driving force; nonlinear regression analysis

收稿日期: 2011-07-20

修回日期: 2011-11-07

资助项目: 国家自然科学基金项目“松嫩高平原黑土区耕地利用系统安全及其调控机制研究: 以巴彦县为例”(41071346); 教育部博士学科点基金项目“东北粮食主产区耕地资源变化驱动机制及其价值重构研究”(20112325110007)

作者简介: 宋戈(1969—), 女(汉族), 黑龙江省庆安人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事土地利用方面的研究和教学工作。Email: songgelaoshi@163.com。

耕地资源安全是保护耕地和保障国家粮食安全的基础^[1],也是耕地利用可持续性的重要体现^[2]。耕地资源安全与否,对于保障国家粮食安全、国民经济持续发展和社会稳定具有举足轻重的地位和作用^[3]。已有耕地资源安全方面的研究,在安全值测算方面,大多运用简单数学模型^[4-5],在驱动力分析方面,虽然主成分分析方法运用的较多^[6-7],但缺少科学的验证模型。因此,采取科学的方法,探讨区域耕地资源安全及其驱动力问题,找出影响耕地资源安全的敏感因素,可为今后合理利用和保护稀缺的耕地资源提供技术支撑和理论依据,为保障粮食安全提供科学依据,为改善生态环境起到积极作用。

近几年随着经济的快速发展,土地供求矛盾日益突出,在一定程度和范围内,耕地数量减少、质量下降等问题突出,尤其是耕地资源安全问题具有普遍性。松嫩高平原黑土区位于黑龙江省西部松嫩平原腹地,属于由小兴安岭余脉向松嫩平原过渡地带,是我国著名的玉米和大豆生产区^[8],该区域具有土壤肥沃,腐殖质深厚,有机质含量高,团粒结构好等得天独厚的自然特点,成为重要的农业土壤,年均粮食商品率高达 70% 以上。快速准确诊断该地区耕地资源安全状态,彻底摸清影响耕地资源安全的驱动力因素,对实现农业生产的可持续发展有重要意义。但是,多年来掠夺性耕种,严重破坏了黑土层,如土壤养分流失、土层变薄、土壤侵蚀、土壤盐渍化、土壤荒漠化等土壤退化问题较严重^[9-10],威胁着区域耕地安全和农业的可持续发展。本研究选取松嫩高平原黑土区典型地域——黑龙江省巴彦县为研究区,以自然、经济、社会和生态为准则层,构建耕地资源安全评价指标体系,运用最优组合赋权法确定指标权重,利用综合指数法计算巴彦县耕地资源安全值,并采用 SPSS 软件对研究区耕地资源安全驱动力进行主成分分析,引入 Cubic 曲线,建立耕地资源安全变化模型,通过非线性回归方法对模型进行修正,以弥补线性模型在描述变化阈值等方面的缺陷,以期从根本上摸清研究区耕地资源安全现状,并且测度和诊断影响耕地资源安全的真正原因,为提高巴彦县耕地资源安全性以及实现其耕地可持续利用提供重要参考。

1 研究区概况

巴彦县地处黑龙江省中部偏南,松嫩高平原黑土区中心地带。地理坐标为东经 126°45′53″—127°42′16″,北纬 45°54′28″—46°40′18″,东南西北分别与木兰县、宾县、哈尔滨市呼兰区、绥化北林区及庆安县为邻。全县辖 10 镇、8 乡、116 个行政村,总人口数为 70.6 万人,

其中农业人口 56.0 万人,土地总面积 3.13×10^5 hm^2 ,其中耕地 2.27×10^5 hm^2 ,是国家重点商品粮生产县。县境南北长 85.0 km,东西宽 72.7 km,地势由东北向西南逐渐降低,形成东高、西低、北岗、南平、中部多丘陵的趋势,海拔最高 564.3 m,最低 110.0 m。该区域属于温带大陆性季风气候,四季分明,温差较大,年平均气温 2.9 °C,累计平均降水量 582.2 mm,并以黑土和草甸土为主,是典型波状缓坡漫岗平原的耕地利用的地貌类型。巴彦县主要种植农作物有玉米、大豆、高粱、谷子、小麦等。截至 2009 年底,巴彦县地区生产总值 742 267.0 万元,第一产业产值 401 505.0 万元,第二产业产值 119 263.0 万元,第三产业产值 221 499.0 万元,农作物总播种面积为 227 004.0 hm^2 ,粮食总产量为 2.08×10^6 t,农民人均纯收入达 6 102.0 元。

2 研究方法

2.1 数据来源及处理

本研究的数据资料来源于《黑龙江省统计年鉴(2001—2010)》、《哈尔滨市统计年鉴(2001—2010)》、巴彦县统计部门的相关统计资料以及巴彦县遥感影像。采用极差标准化法对数据进行无量纲化处理,计算公式:

$$X_i = \begin{cases} (C_i - C_{\min}) / (C_{\max} - C_{\min}) & \text{(正向指标)} \\ (C_{\max} - C_i) / (C_{\max} - C_{\min}) & \text{(负向指标)} \end{cases} \quad (1)$$

式中: X_i ——标准化后的结果; C_i ——第 i 个指标值; C_{\max} ——第 i 个指标中的最大值; C_{\min} ——第 i 个指标中的最小值。

2.2 研究方法

2.2.1 指标权重的确定 采用最优组合赋权法确定指标权重,这种方法是将主观赋权法与客观赋权法相结合的综合评价方法^[11-12],该方法突破单一方法确定权重的局限,将主观赋权法^[12](本研究采用层次分析法)和客观赋权法(本研究采用熵值法)所得到的权重系数按照最优组合赋权法结合起来,客观地反映各指标层对目标层的影响程度。

(1) 层次分析法确定指标权重。采用 Satty 提出的 1~9 标度法构成判断矩阵,计算出指标层各要素对巴彦县耕地资源安全这一总体目标的重要性,确定的指标权重向量为 $W_1 = (W_1 W_2 \cdots W_i)^T$ 。

(2) 熵值法确定指标权重。分别计算出各指标的比重、熵值及差异性系数,在此基础上得出各指标的权重,确定的指标权重向量值为 $W_2 = (W_1^* W_2^* \cdots W_i^*)^T$ 。

(3) 最优组合赋权法确定指标权重。设最优组合权系数为 $W_c = (W_{c1} W_{c2} \cdots W_{c16})^T$, 令: $W_c = \theta_1 W_1 + \theta_2 W_2$, 其中 θ_1, θ_2 为组合权系数向量的线性表出系数, $\theta_1, \theta_2 \geq 0$, 且满足单位化约束条件: $\theta_1^2 + \theta_2^2 = 1$ 。

2.2.2 综合评价值的确定 采用综合指数法来计算巴彦县耕地资源安全程度, 以全面反映区域耕地资源的总体安全状况, 计算公式为:

$$D_i(W_c) = \sum_{j=1}^{16} b_{ij} \omega_{cj} \quad (2)$$

式中: D ——巴彦县耕地资源安全综合评价值; b_{ij} ——某年第 j 个指标的标准化值; ω_{cj} ——某年第 i 个指标的权重^[13-14]。

2.2.3 耕地安全等级的确定 采用平均值加减标准差的方法, 参考相关研究成果将巴彦县耕地资源安全级别分为相对安全 ($0.87 < f \leq 1.00$)、稍不安全 ($0.62 < f \leq 0.87$)、较不安全 ($0.37 < f \leq 0.62$)、极不安全 ($0 < f \leq 0.37$) 共 4 个等级^[13-14]。

2.2.4 主成分分析 采用 SPSS 软件, 运用主成分分析方法, 对影响研究区耕地资源安全的敏感因素进行分析, 找出其主要的驱动力, 该方法可以把相关性较强的自变量综合在同一主成分中, 各主成分彼此独立, 使相关自变量变为相互无关的主成分。主成分分析的具体步骤包括: (1) 对原始数据进行标准化处

理; (2) 计算相关系数矩阵; (3) 计算特征值和特征向量; (4) 计算贡献率和累积贡献率, 并确定主成分; (5) 计算主成分因子载荷矩阵^[15]。

3 巴彦县耕地资源安全性定量评价

3.1 巴彦县耕地资源安全评价指标体系构建

巴彦县作为我国重要的商品粮生产县, 耕地存在着水土流失严重, 土壤质量退化等问题。为客观、全面、科学地量化巴彦县耕地资源的安全性, 结合巴彦县的现状, 基于耕地数量安全、质量安全和生态安全角度, 选取 20 个能反映研究区耕地资源安全的指标, 其中人均耕地面积、人均粮食产量、商品粮比例等指标反映区域耕地资源数量安全, 坡耕地比例、土壤有机质含量等指标反映区域耕地资源质量安全, 水土流失比例、灾害指数等指标反映区域耕地资源生态安全, 各个指标之间存在一定的因果关系, 共同影响耕地资源安全。考虑耕地资源安全的整体性及其研究区耕地资源安全影响因素, 将 20 个指标划归为自然因素、经济因素、社会因素、生态因素 4 个方面, 构建巴彦县耕地资源安全评价指标体系^[16-17] (表 1)。

3.2 巴彦县耕地资源安全评价值的确定

根据公式 2, 最终计算出 2000—2009 年巴彦县耕地资源安全综合评价值 (表 2)。

表 1 巴彦县耕地资源安全评价指标体系

| 目标层 | 准则层 | 指标层 | 单位或计算公式 | 安全趋向 |
|---------|------|----------------------------|-----------------|------|
| 耕地资源安全性 | 自然因素 | 年平均气温 (X_1) | °C | 负 |
| | | 年平均降水量 (X_2) | mm | 正 |
| | | 年平均日照时数 (X_3) | h | 正 |
| | | 15°以上坡耕地面积 (X_4) | hm ² | 负 |
| | | 土壤有机质含量 (X_5) | g/kg | 正 |
| | 经济因素 | 人均粮食产量 (X_6) | 粮食产量/总人口 | 正 |
| | | 粮食商品率 (X_7) | 商品粮总量/粮食总产量 | 正 |
| | | 单位面积农业 GDP (X_8) | 农业总产值/耕地面积 | 正 |
| | | 农业机械化程度 (X_9) | 农业机械总动力/耕地面积 | 正 |
| | | 灌溉保证率 (X_{10}) | 有效灌溉面积/耕地面积 | 正 |
| | 社会因素 | 人均耕地面积 (X_{11}) | 耕地面积/总人口 | 正 |
| | | 基本农田保护率 (X_{12}) | 基本农田面积/耕地面积 | 正 |
| | | 土地政策完备度 (X_{13}) | — | 正 |
| | | 劳动力转移指数 (X_{14}) | 非农业人口/农业人口 | 负 |
| | | 农民人均纯收入 (X_{15}) | 元/人 | 正 |
| | 生态因素 | 复种指数 (X_{16}) | 农作物播种面积/耕地面积 | 正 |
| | | 单位面积化肥施用折纯量 (X_{17}) | 化肥施用折纯量/耕地面积 | 负 |
| | | 单位面积农用塑料薄膜使用量 (X_{18}) | 农用塑料薄膜使用量/耕地面积 | 负 |
| | | 灾害指数 (X_{19}) | 成灾面积/播种面积 | 负 |
| | | 水土流失比例 (X_{20}) | 水土流失面积/土地总面积 | 负 |

注: 各评价指标的安全趋向性具有正向和负向之分。指标安全正向性, 即指标的值越大, 区域耕地资源越安全; 反之, 安全负向性则表示指标值越小, 区域耕地资源越安全。

表 2 2000—2009 年巴彦县耕地资源安全评价值

| 项目 | 2000 年 | 2001 年 | 2002 年 | 2003 年 | 2004 年 | 2005 年 | 2006 年 | 2007 年 | 2008 年 | 2009 年 |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 安全值 | 0.49 | 0.33 | 0.34 | 0.36 | 0.57 | 0.56 | 0.81 | 0.95 | 0.89 | 0.93 |
| 安全等级 | 较不安全 | 极不安全 | 极不安全 | 极不安全 | 较不安全 | 较不安全 | 稍不安全 | 相对安全 | 相对安全 | 相对安全 |

3.3 结果分析

由表 2 可以看出,2000—2009 年巴彦县耕地资源安全评价值介于 0.33~0.95 之间,整体呈上升趋势,由 0.49 升至 0.93,年均增长 4.40%。耕地资源安全级别处于极不安全、较不安全、稍不安全与相对安全等级,级别转换呈先负向后正向发展。2000—2009 年研究区耕地资源安全变化情况可划分为 5 个时期:(1)2000 年巴彦县耕地资源安全处于较不安全等级;(2)2001—2003 年巴彦县耕地资源安全降为较不安全等级,3 a 间安全评价值呈平稳上升趋势;(3)2004—2005 年巴彦县的耕地资源安全等级回升为较不安全等级,相对于上一时期安全值升幅较大;(4)2006 年巴彦县耕地资源安全转入稍不安全等级;(5)2007—2009 年巴彦县耕地资源安全进入相对安全等级,3 a 年间安全评价值先降后增,变幅不大,于 2007 年达到 10 a 以来的最大值。

4 巴彦县耕地资源安全驱动力分析

4.1 主成分分析

以 2000—2009 年指标体系中(表 1)各指标序列资料作为基础数据,利用 SPSS 17.0 统计软件对样本进行计算,分析巴彦县耕地资源安全的驱动力。由特征值及主成分贡献率表(表 3)可知,第一、二、三主成分的累计贡献率达 85.286%(超过 85%),符合分析要求,所得的主成分结果能够解释大部分的变异,由此进一步得出主成分载荷矩阵(表 4)。主成分载荷是主成分与自变量之间的相关系数。由主成分载荷矩阵可知,第一主成分与 $X_6, X_7, X_8, X_9, X_{12}, X_{13}, X_{15}$ 有较高的正相关程度,可以概括为科技经济社会发展动力,第二主成分与 X_2, X_3, X_4 有较大的相关性,可概括为自然干扰力,第三主成分在 X_{19} 和 X_{20} 上有较大的载荷量,属于生态质量促进力。因此,巴彦县耕地资源安全的驱动因子可以归纳为科技经济社会发展动力、自然干扰力和生态质量影响力 3 大类。

4.2 结果分析

4.2.1 科技经济社会发展动力是影响研究区耕地资源安全的第一驱动力 人均粮食产量、粮食商品率、农业机械化程度在第一主成分中起主导作用,且呈正相关关系,它们可作为农业科技进步的指标。自 2000 年以来,巴彦县依靠科技进步,改善农业生产条

件,改良耕地,农业机械化程度不断提高,2000—2009 年人均粮食产量由 1.43t/人增加至 2.94 t/人,粮食商品率不断提升,这在一定程度上缓解了人口与耕地的矛盾。此外,巴彦县第一产业产值表现出稳步上升的态势,单位面积农业 GDP 从 2000 年的 8 086.6 t/人增加到 2009 年的 14 323.4 t/人,农民生活条件充分改善,农民人均纯收入至 2009 年已增加为 6 102.0 元,是 2000 年的 2.6 倍。与此同时,土地政策不断完善,耕地保护制度、税收和农业结构调整等政策均在一定程度上发挥了重要作用,有效地促进了研究区耕地资源的保护,基本农田面积逐渐增大。这些都从基本上体现了当今经济社会快速发展的宏观局势。

表 3 特征值及主成分贡献率

| 主成分 | 特征值 | 百分率/% | 累计百分率/% |
|-----|--------|--------|---------|
| 1 | 11.567 | 57.835 | 57.835 |
| 2 | 3.573 | 17.866 | 75.701 |
| 3 | 1.717 | 9.585 | 85.286 |
| 4 | 1.185 | 4.923 | 90.209 |
| 5 | 0.847 | 4.233 | 94.442 |
| 6 | 0.434 | 2.169 | 96.611 |
| 7 | 0.368 | 1.839 | 98.450 |
| 8 | 0.260 | 1.298 | 99.748 |
| 9 | 0.050 | 0.252 | 100.000 |

4.2.2 自然干扰力是影响研究区耕地资源安全的第二驱动力 降水量、日照时数、坡耕地比例作为第二主成分中的主导因子,体现了气候、地形等自然因素的影响力。2001 年巴彦县年平均降水量为 331 mm,2003—2004 年增加幅度较大,达 700 mm,2005—2009 年年平均降水量在 520 mm 上下浮动,处于比较稳定的态势;2002—2003 年巴彦县年平均日照时数相对偏小,介于 2 200~2 300 之间,其余年份均处于 2 600~2 700 之间。此外,15°以上坡耕地比例逐年减少,这些都从自然层面上促进了耕地资源的安全性的提升。

4.2.3 生态质量影响力是影响研究区耕地资源安全的第三驱动力 第三主成分与水土流失比例及灾害指数存在较高程度的相关,2000—2009 年巴彦县水土流失比例逐年增大,至 2009 年水土流失面积增长为 80 072.79 hm²,是土地总面积的 25.51%,其作为该县农业生产发展的主要障碍因素,一定程度上降低

了区域耕地资源的生态安全水平,伴随灾害的发生共同导致耕地质量下降。

表 4 主成分载荷矩阵

| 变量 | 第一主成分 | 第二主成分 | 第三主成分 |
|--------------------------|--------|--------|--------|
| 年平均气温(X_1) | 0.830 | -0.155 | -0.331 |
| 年平均降水量(X_2) | 0.149 | -0.795 | 0.244 |
| 年平均日照时数(X_3) | 0.285 | 0.805 | -0.298 |
| 15°以上坡耕地面积(X_4) | 0.040 | 0.867 | 0.089 |
| 土壤有机质含量(X_5) | -0.128 | 0.536 | 0.359 |
| 人均粮食产量(X_6) | 0.921 | 0.196 | -0.255 |
| 粮食商品率(X_7) | 0.952 | 0.165 | -0.156 |
| 单位面积农业 GDP(X_8) | 0.932 | 0.083 | -0.246 |
| 农业机械化程度(X_9) | 0.969 | 0.218 | -0.021 |
| 灌溉保证率(X_{10}) | -0.605 | -0.684 | -0.217 |
| 人均耕地面积(X_{11}) | 0.788 | 0.501 | 0.016 |
| 基本农田保护率(X_{12}) | 0.951 | -0.006 | 0.176 |
| 土地政策完备度(X_{13}) | 0.992 | 0.007 | 0.074 |
| 劳动力转移指数(X_{14}) | -0.027 | -0.550 | 0.429 |
| 农民人均纯收入(X_{15}) | 0.976 | 0.116 | -0.141 |
| 复种指数(X_{16}) | 0.560 | 0.676 | 0.162 |
| 单位面积化肥施用折纯量(X_{17}) | 0.764 | -0.246 | -0.312 |
| 单位面积农用塑料薄膜用量(X_{18}) | -0.931 | -0.277 | -0.153 |
| 灾害指数(X_{19}) | -0.146 | -0.092 | 0.913 |
| 水土流失比例(X_{20}) | -0.049 | 0.003 | 0.979 |

可见,科技经济社会发展、自然干扰及生态质量改变是影响巴彦县耕地资源安全变化的主要因素。农业科技投入的增加、经济的发展、政策的不断完备,均可在一定程度上缓解耕地压力,提高耕地资源的安全程度。巴彦县应在高效实施已有土地政策的基础上,进一步完善耕地资源安全保障体系,结合经济发展需要,通过分等定级,合理划定基本农田保护区。综合运用政策、法规、技术等手段切实做好耕地质量管理,实行严格的耕地用途管制。加强农业基础设施建设,加大农业投资力度,提高农民的科学文化素质和职业技能。不得忽视自然和生态对区域耕地资源安全的影响,严格遵守自然客观规律,加强生态建设,将提高经济效益与保护自然环境相结合,在全面规划及合理利用土地资源的前提下,因地制宜、因害设防、营造网、带、片相结合的水土保持林,形成完整的水土保持防护体系,确保耕地资源的可持续利用,从而在整体上提高区域耕地资源的安全性。

5 巴彦县耕地资源安全性及其驱动力结果的验证

5.1 验证模型的建立

利用 SPSS 软件的曲线估计模块,对求得的巴彦

县耕地资源安全评价在时间序列上进行曲线拟合,拟合结果显示其分布状态与三次方 Cubic 曲线拟合度很高,判定系数 $R^2 = 0.964$,由此可得出结论,2000—2009 年巴彦县耕地资源安全值(Y)在各驱动力的影响下近似呈 Cubic 曲线型变化,满足关系式:

$$Y = a_1 + b_1A + b_2B + b_3C + c_1A^2 + c_2B^2 + c_3C^2 + d_1A^3 + d_2B^3 + d_3C^3 \quad (3)$$

式中: Y ——巴彦县耕地资源安全评价价值; A, B, C ——影响巴彦县耕地资源安全值变化的 3 类驱动力,分别为科技经济社会发展动力、自然影响力、生态质量影响力; a_i, b_i, c_i, d_i ——模型参数。

5.2 验证模型参数初始值的判定

A, B, C 代表基于原始指标因子提取的三类驱动力,在进行主成分分析的过程中可通过获取主成分得分矩阵建立各主成分与各指标因子之间的关系表达式,代入 2000—2009 年经标准化处理的指标数据,得到各年 A, B, C 主成分值。由此, $A, B, C, A^2, B^2, C^2, A^3, B^3, C^3$ 均可求得,因此模型(3)的求解可转换为多元线性问题。利用 SPSS 17.0 进行多元线性回归分析,解得巴彦县耕地资源安全变化模型为:

$$Y = 0.601 + 0.514A - 0.034B - 0.044C - 0.031A^2 + 0.071B^2 + 0.061C^2 - 0.162A^3 + 0.038B^3 - 0.030C^3 \quad (4)$$

该模型拟合度 $R^2 = 1.000$,系数均通过 t 检验。式中 Y, A, B, C 意义同上。

5.3 研究区资源安全状态及其驱动力的验证

模型(4)是基于多元线性回归的结果,其显著性检验水平还不足以证明模型(3)拟合耕地资源安全变化情况。因此,将模型(4)中的自变量系数作为模型(3)中相应参数的初始值,利用 SPSS 17.0 的非线性回归分析功能来修正模型系数,经计算得到研究区资源安全变化模型:

$$Y = -17.319 + 129.617A - 3.195B - 17.916C - 269.431A^2 + 16.144B^2 + 38.708C^2 + 185.046A^3 + 64.793B^3 - 29.573C^3 \quad (5)$$

模型拟合度 $R^2 = 0.991$,可见,拟合效果十分显著。

6 结论

(1) 从宏观和中观层次上构建了研究区耕地资源安全评价指标体系。耕地资源安全包含耕地资源数量安全、质量安全和生态安全,本研究在此基础上分别从数量、质量、生态三个角度选取 20 个能反映研究区耕地资源安全的指标,并考虑到耕地资源安全的整体性及研究区耕地资源安全的影响因素,将 20 个

指标划归为自然因素、经济因素、社会因素、生态因素 4 个方面,构建巴彦县耕地资源安全评价指标体系。

(2) 运用综合指数法测算了研究区 2000—2009 年耕地资源安全值。结果表明,2000—2009 年研究区耕地资源安全整体呈上升趋势,安全值的年均增长率为 4.40%。2000—2009 年巴彦县耕地资源安全状态存在一定差异,安全级别分别呈:较不安全—极不安全—较不安全—稍不安全—相对安全趋势变化。

(3) 采用 SPSS 软件,运用主成分分析法,对影响研究区耕地资源安全的敏感因素进行分析。研究表明,科技经济社会发展动力、生态质量影响力、自然干扰力是影响研究区耕地资源安全的主要驱动力。

(4) 引入 Cubic 曲线,通过非线性回归分析建立耕地资源安全变化模型,对研究区耕地资源安全值及其驱动力进行结果验证。结果表明,2000—2009 年巴彦县耕地资源安全值(Y)在各驱动力的影响下,近似呈 Cubic 曲线型变化。用非线性回归分析法,修正模型系数,建立巴彦县耕地资源安全变化验证模型,模型具有很好的拟合效果。说明本研究选用的方法科学合理,结论可靠。

(5) 耕地资源安全问题是复杂而综合的问题,它包括组成耕地利用系统的地形、地貌、气候、水文、植被、生物和土壤等自然因素,以及对耕地利用资源安全产生重要影响的耕作方式、灌排基础设施、水土保持设施、投入、农业政策等人文因素,同时这里有诸多不确定因素,如气候、湿度、降水、土壤特性等因子,这些要素共同作用,使耕地利用系统持续不断地进行着复杂的物质循环和能量转换,作用的结果具有很大的变动性和不可预知性,同一结果可能由多种原因引起,同一原因也可导致几个结果,直接影响耕地资源的安全性。研究耕地资源安全相关因子的影响机理,探索各因子相互作用的时空序列、影响强度和作用的方向是今后研究的重点。

[参 考 文 献]

- [1] 宋戈,崔晓伟,雷国平,等. 松嫩平原北部典型地域耕地利用安全评价研究[J]. 水土保持研究, 2011, 18(5): 267-270.
- [2] 刘康. 土地利用可持续评价的系统概念性模型[J]. 中国土地科学, 2001, 15(6): 21-23.
- [3] 国家土地局保护耕地专题调研课题组. 近年来我国耕地变化情况及中期发展趋势[J]. 中国土地科学, 1998, 1(1): 1-11.
- [4] 董亿勤,李加林. 宁波市耕地资源安全评价[J]. 科技通报, 2008, 24(2): 289-294.
- [5] 陈志,张基伟. 郑州市耕地资源安全的时空特征分析[J]. 资源开发与市场, 2007, 23(12): 1088-1092.
- [6] 韩春光,塔西甫拉提·特依拜. 新疆于田县 25 年来耕地变化驱动因子定量分析及气候响应[J]. 水土保持研究, 2009, 16(2): 78-81.
- [7] 杨萍果,赵建林. 河北省耕地资源时空格局演变和驱动力[J]. 农业工程学报, 2008, 24(8): 95-99.
- [8] 雷国平,代路. 黑龙江省典型黑土区土壤生态环境质量评价[J]. 农业工程学报, 2009, 25(7): 243-248.
- [9] 张晓平. 东北黑土水土流失特点[J]. 地理科学, 2006, 26(6): 687-692.
- [10] 范昊明. 中国东北黑土区土壤侵蚀环境[J]. 水土保持学报, 2004, 18(2): 66-70.
- [11] 宋戈,张文雅. 森工城市转型期土地集约利用指标体系的构建与评价:以黑龙江省伊春市为例[J]. 中国土地科学, 2008, 22(10): 31-38.
- [12] 郭爱请,葛京凤. 河北省城市土地集约利用潜力评价方法探讨[J]. 资源科学, 2006, 28(4): 65-70.
- [13] 许月卿,崔丽. 小城镇土地生态安全评价研究[J]. 水土保持研究, 2007, 14(5): 345-348.
- [14] 高楠,宋戈. 黑龙江省耕地资源安全综合评价研究[J]. 水土保持研究, 2009, 16(4): 251-254.
- [15] 孙国军,刘普幸. 乌拉特前旗耕地变化的驱动力研究及预测[J]. 水土保持通报, 2011, 31(1): 207-210.
- [16] 文森,邱道持. 耕地资源安全评价指标体系研究[J]. 农业资源与环境, 2007, 23(8): 466-468.
- [17] 朱红波,张安录. 我国耕地资源数量安全的时空差异分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2006, 16(6): 113-116.