

基于农户尺度的纸坊沟流域商品型生态农业 发展模式的驱动力分析^{*}

牛艳利¹, 王继军^{1,2}, 冯生元³

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100;
3. 安塞县植保站, 陕西 安塞 717400)

摘 要: 基于 2008 年纸坊沟流域农户调查资料, 运用主成分分析的方法, 探讨纸坊沟流域商品型生态农业建设过程中的驱动力, 结果表明: 社会经济条件是其发展的主要驱动力, 自然生态环境是影响纸坊沟流域商品型生态农业建设的基础, 目前对其经济发展起支柱作用的是“果- 农、草- 牧”型发展模式。针对纸坊沟流域商品型生态农业发展的主要动力及其建设过程中所存在的问题, 今后应对农业生态经济系统进行一定程度的调控和干预, 使农、林、牧各子系统内部的循环链逐步完善。

关键词: 农户尺度; 纸坊沟流域; 商品型生态农业; 驱动力; 主成分分析

中图分类号: F062.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)02-0199-05

Study on Driving Forces of the Ecological Agriculture Model with Commodity Economy Based on Household Scale in Zhifanggou Watershed

NIU Yan-li¹, WANG Ji-jun^{1,2}, FENG Sheng-yuan³

(1. College of Forest, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Station of Plant Protection of Ansai, Ansai, Shaanxi 717400, China)

Abstract: This paper analyzed drive forces in the structure process of the ecological agriculture with commodity based on using principal component analysis on the investigation data about farmer in Zhifanggou watershed in 2008. Results show that: The socioeconomic conditions were the main driving force in the structure process of the ecological agriculture with commodity, affecting the ecological environment and the basis of the structure process of the ecological agriculture with commodity in Zhifanggou watershed. At present, the model of ‘fruit-farm, grass-animals’ is playing a significant role in the development of economy. According to the main driving force in the structure process of the ecological agriculture with commodity, to cope with the problems of structure process regulate and control agroecosystem and economic system were necessary to some extents. It will improve the circular chain which in the internal subsystem of forestry and animal husbandry.

Key words: field scale; Zhifanggou watershed; the ecological agriculture with commodity; drive force; principal component analysis

20 世纪 90 年代初, 有关学者提出了商品型生态农业模式, 即以商品输出为主要生产经营目的, 通过农业商品生产对环境的需求, 促使人们自觉的改善农业生态环境和经济社会环境, 达到农业生态经济

系统的良性循环, 形成农业产业化生产经营循环系统^[1-2]。商品型生态农业的模式类型主要有 3 种^[1]: “农- 副”型、“果- 农、草- 牧”型及“林、草- 牧- 农”型发展模式。纸坊沟流域经过多年的生态农业建

* 收稿日期: 2010-01-17

基金项目: 国家科技支撑课题(2006BAD09B10, 2006BAD09B07); 国家自然科学基金(40771082);

作者简介: 牛艳利(1982-), 女, 硕士研究生, 研究方向为流域生态。E-mail: nyl620@yahoo.com.cn

通信作者: 王继军(1964-), 男, 研究员, 研究方向: 生态经济。E-mail: jjwang@ms.isw.ac.cn

设,按照 3 个自然村的区位特征,已经形成了两种模式类型:纸坊沟村的“农-副”型发展模式、寺嵯岷和瓦树塌村的“果-农、草-牧”型发展模式。

驱动力的研究是研究模式的基础,目前许多学者对驱动力展开了一系列的研究,针对纸坊沟流域,郭满才、王继军等人把纸坊沟流域生态经济系统演变划分为 3 个阶段,并对每个阶段的驱动力进行了分析^[3],刘佳等人以反映黄土丘陵区纸坊沟流域近 70 a 农业生态经济系统演变过程的资料为依据,采用主成分分析方法,探讨了纸坊沟流域农业生态系统和经济系统的耦合过程中的驱动力^[4],李芬等人对纸坊沟流域近 70 a 农业生态经济系统演变过程分析的基础上,筛选可能影响该流域农业生态安全态势变化的 11 个因子,利用 1985-2006 年调查和监测资料,采用主成分分析和通径分析方法,探讨了农业生态安全态势变化原因及主要驱动因子^[5]。以上都是按照时间序列从纵向角度进行分析,其研究结果对纸坊沟流域生态经济的可持续发展具有重要的指导意义,但尚缺乏从横向角度对纸坊沟流域生态建设过程驱动力的分析,没有把农户及模式类型之间的差异反映出来。因此本文以 2009 年纸坊沟流域调查的 18 户农户的资料为依据,基于主成分分析方法,选择横向面对该流域建设商品型生态农业的驱动力进行研究,为黄土丘陵区农业生态经济问题的研究与实践提供参考。

1 研究区域概况与研究方法

1.1 研究区域概况

纸坊沟流域地处黄土丘陵沟壑区第二副区,是延河支流杏子河下游的一级支流,位于东经 109°19'23",北纬 36°51'30",隶属陕西省安塞县沿河湾镇^[6-8],属于暖温带半干旱气候区,集水面积 8.27 km²,流域内有 2 个行政村中的 3 个自然村:纸坊沟、寺嵯岷、瓦树塌^[5]。从国家“七五”计划开始,纸坊沟流域成为黄土高原综合治理试验示范区,经过 20 多年的综合治理,纸坊沟流域已经从水土保持型生态农业过渡到了商品型生态农业,2008 年人均耕地面积达到 0.1133 hm²,农林牧比例为 1:6.2:4.3,人均纯收入达到 5 154.35 元,其中农林牧收入为 1 924.03 元,成为黄土丘陵区的典型样板。

1.2 研究方法

1.2.1 主成分分析方法 主成分分析法^[9-11]是把多个变量划为少数几个综合指标的一种统计分析方法。

在多变量的研究中,由于变量的个数很多,并且彼此之间往往存在一定的相关关系,因此使观测数据反映的信息在一定程度上有所重迭。主成分分析则是通过一种降维的方法进行数据简化,用较少的综合指标分析存在于各变量中的各类信息,尽可能使综合指标之间不含重复信息。因此在实际问题的研究中,这种方法既减少了变量的数目,又抓住了主要矛盾^[3,12]。进行主成分分析的主要步骤如是^[13-14]:(1) 指标数据标准化;(2) 确定主成分个数;(3) 主成分命名;(4) 确定主成分与综合主成分评价分值。

确定各主成分得分公式如式(1)。

$$F_p = a_{1m}ZX_1 + a_{2m}ZX_2 + \dots + a_{pm}ZX_p \quad (1)$$

式中: F_p ——各主成分得分; p ——原始数据指标个数; ZX_p ——原始数据 X_p 经过标准化处理的值, $a_{1i}, a_{2i}, \dots, a_{pi} (i = 1, 2, \dots, m)$ —— X 的协方差矩阵的特征值所对应的特征向量。

确定综合主成分评价分值公式如式(2)。

$$F = (\lambda_1 F_1 + \lambda_2 F_2 + \dots + \lambda_m F_m) / \sum_{i=1}^m \lambda_i \quad (2)$$

式中: λ_i ——每个主成分所对应的特征值; F_m ——确定的各主成分得分。

1.2.2 指标选取与数据来源 在对纸坊沟流域农户调查所获数据分析的基础上,筛选了从农户尺度上可能影响纸坊沟流域商品型生态农业建设过程的 14 个因子做主成分分析:总人口(X_1)、人口密度(X_2)、劳动力人数(X_3)、耕地面积(X_4)、林地面积(X_5)、草地面积(X_6)、粮食单产(X_7)、人均粮食产量(X_8)、养殖业收入(X_9)、工副业收入(X_{10})、种植业收入(X_{11})、林果业收入(X_{12})、退耕补贴(X_{13})、人均纯收入(X_{14})。各个指标数据来源于 2008 年秋对纸坊沟流域近 20 户农户的走访调查。为了减小计算误差,事先对统计资料进行了标准化处理(应用 SPSS 13.0), (表 1)。

从所调查的 20 户农户中选取了 18 户有效农户(数据),这 18 户农户能够代表该流域的两种模式类型,所以就以这 18 户农户为对象,对纸坊沟流域商品型生态农业建设的驱动力进行分析。

2 数据计算与结果分析

2.1 相关系数计算

基于 18 户农户的原始数据,运用 SPSS 13.0 软件对纸坊沟流域商品型生态农业建设过程中的各影响因子进行相关性分析,找出相关影响因素。经分析得出:纸坊沟流域人均纯收入与种植业收入(X_{11})呈极显著相关,与人口密度(X_2)、耕地(X_4)、林地

(X_6)、粮食单产(X_7)、林果业收入(X_{10})、退耕补贴(X_{13})呈显著相关。因此为了使结果更为准确的说明问题,我们将根据相关系数矩阵选择呈显著相关和极显著相关的因子进行主成分分析(应用 DPS v 7.05)。选择因子如下:人口密度(X_1)、耕地(X_2)、林地(X_3)、粮食单产(X_4)、林果业收入(X_5)、种植业

收入(X_6)、退耕补贴(X_7)。

2.2 特征值与特征向量以及贡献率和累计贡献率

运用 DPS v7.05 软件对影响纸坊沟流域商品型生态农业建设过程的 7 个因子做主成分分析,得出特征值的贡献率和累计贡献率,并根据累计贡献率 $\geq 85\%$ 的原则取得主成分^[15](如表 2)。

表 1 纸坊沟流域 14 个影响因子数据标准化值

| 农户 | ZX ₁ | ZX ₂ | ZX ₃ | ZX ₄ | ZX ₅ | ZX ₆ | ZX ₇ |
|----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 0.6436 | 0.3734 | 0.1153 | - 0.7193 | - 0.5209 | - 0.2357 | 1.0547 |
| 2 | 0.6436 | 2.2049 | - 0.9227 | 0.5443 | - 0.7694 | - 0.2357 | 0.9216 |
| 3 | 0.6436 | 2.0580 | - 0.9227 | - 2.0026 | - 1.2212 | - 0.2357 | 1.2463 |
| 4 | - 0.1287 | 1.5397 | - 0.9227 | 0.4288 | - 1.5601 | - 0.2357 | 0.9978 |
| 5 | 0.6436 | 0.0797 | 1.1533 | 0.3275 | - 0.4305 | - 0.2357 | 1.5329 |
| 6 | 1.4159 | 0.1661 | 1.1533 | 1.5095 | - 0.4305 | - 0.2357 | 1.1161 |
| 7 | 0.6436 | 0.2697 | 0.1153 | 0.4288 | - 0.7694 | - 0.2357 | 0.9061 |
| 8 | - 0.1287 | - 0.2227 | - 0.9227 | - 0.5843 | - 0.2046 | - 0.2357 | 0.5700 |
| 9 | - 0.9010 | - 0.4992 | - 0.9227 | - 0.7531 | - 0.3175 | - 0.2357 | - 0.6220 |
| 10 | 1.4159 | - 0.0845 | 2.1914 | 0.0911 | 0.5861 | - 0.2357 | - 1.2955 |
| 11 | - 0.1287 | - 0.9743 | 1.1533 | 1.6108 | 2.3934 | 4.0069 | - 0.4355 |
| 12 | - 0.9010 | - 0.8534 | 0.1153 | - 0.0777 | 0.6991 | - 0.2357 | - 1.2011 |
| 13 | 0.6436 | - 0.4214 | 0.1153 | - 0.7531 | 1.1509 | - 0.2357 | - 0.5303 |
| 14 | 0.6436 | - 0.5251 | 1.1533 | 0.0911 | 1.2639 | - 0.2357 | - 1.0805 |
| 15 | - 1.6734 | - 0.4128 | - 0.9227 | - 1.9351 | - 0.9501 | - 0.2357 | - 0.6450 |
| 16 | - 1.6734 | - 1.0780 | - 0.9227 | 0.0911 | 0.4732 | - 0.2357 | - 1.0117 |
| 17 | - 0.1287 | - 0.4905 | 0.1153 | 1.1042 | - 0.0916 | - 0.2357 | - 0.7871 |
| 18 | - 1.6734 | - 1.1298 | - 0.9227 | 0.5977 | 0.6991 | - 0.2357 | - 0.7366 |

| 农户 | ZX ₈ | ZX ₉ | ZX ₁₀ | ZX ₁₁ | ZX ₁₂ | ZX ₁₃ | ZX ₁₄ |
|----|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 1 | - 0.1223 | 0.1852 | 0.9727 | - 0.2170 | - 0.7946 | - 0.5209 | - 0.4117 |
| 2 | - 0.1472 | - 0.1285 | - 1.1368 | 2.3580 | - 0.8833 | - 0.7694 | 2.2107 |
| 3 | - 0.8439 | - 0.3989 | 0.9952 | - 0.4237 | - 0.8833 | - 1.2212 | - 0.9367 |
| 4 | - 0.0508 | - 0.1993 | - 1.2490 | 1.2915 | - 0.8833 | - 1.5601 | 1.3885 |
| 5 | - 0.5951 | - 0.3989 | - 0.2795 | 1.3947 | - 0.8833 | - 0.4305 | 1.0966 |
| 6 | - 0.7506 | - 0.1826 | - 1.0336 | 1.9299 | - 0.8833 | - 0.4305 | 0.9966 |
| 7 | - 0.3836 | - 0.0917 | 0.9952 | 0.0181 | - 0.8833 | - 0.7694 | - 0.2073 |
| 8 | - 0.8983 | 0.2501 | 1.4440 | - 0.1747 | - 0.8833 | - 0.2046 | 0.3358 |
| 9 | - 0.0768 | - 0.1501 | 2.1173 | - 0.6576 | 0.2169 | - 0.3175 | 0.6673 |
| 10 | - 0.8381 | - 0.3340 | 0.7708 | - 0.5749 | 0.8291 | 0.5861 | - 1.0363 |
| 11 | 2.0873 | 3.9277 | - 0.4636 | - 0.4948 | - 0.8833 | 2.3934 | 0.6764 |
| 12 | - 0.0146 | - 0.3232 | 0.0975 | - 0.6291 | 0.9799 | 0.6991 | - 0.3388 |
| 13 | - 0.5951 | - 0.3989 | - 0.1269 | - 0.6633 | 0.6498 | 1.1509 | - 1.3246 |
| 14 | - 0.4085 | - 0.1610 | - 0.1269 | - 0.5945 | 0.8202 | 1.2639 | - 1.0968 |
| 15 | - 0.6728 | - 0.3989 | - 0.5758 | - 0.7034 | 0.6853 | - 0.9501 | - 0.5400 |
| 16 | 1.5042 | - 0.3989 | - 1.2490 | - 0.6365 | 2.3107 | 0.4732 | 0.0232 |
| 17 | 0.3690 | - 0.3989 | - 0.8002 | - 0.6057 | 1.2283 | - 0.0916 | - 1.1488 |
| 18 | 2.4371 | - 0.3989 | - 0.3513 | - 0.6170 | 0.1406 | 0.6991 | - 0.3540 |

表 2 特征值、贡献率和累计贡献率

| No | 特征值 | 百分率/ % | 累计百分率/ % |
|----|--------|---------|----------|
| 1 | 4.1844 | 59.7771 | 59.7771 |
| 2 | 1.6152 | 23.0748 | 82.8519 |
| 3 | 0.6387 | 9.1248 | 91.9767 |
| 4 | 0.3230 | 4.6144 | 96.5911 |
| 5 | 0.1559 | 2.2276 | 98.8187 |
| 6 | 0.0827 | 1.1813 | 100.0000 |

通过表 2 可知,提取 3 个主成分,即 $m=3$,同时计算特征值的贡献率和累积贡献率,并根据累积贡献率 $\geq 85\%$ 的原则取得主成分(表 2)。各主成分方差贡献率分别为 59.777 1%、23.074 8%、9.124 8%,累积贡献率达 91.976 7%,说明前 3 个主成分已提供了原始数据的足够信息^[9]。

表 3 特征向量和因子载荷

| 影响因子 | 特征向量 | | | 因子载荷 | | |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 第一主成分 | 第二主成分 | 第三主成分 | 第一主成分 | 第二主成分 | 第三主成分 |
| X1 | - 0.4278 | - 0.0434 | - 0.0436 | - 0.8751 | - 0.0551 | - 0.0348 |
| X2 | 0.0692 | 0.7087 | 0.4265 | 0.1416 | 0.9007 | 0.3408 |
| X3 | 0.4198 | 0.3182 | - 0.3275 | 0.8587 | 0.4045 | - 0.2617 |
| X4 | - 0.4442 | 0.1651 | - 0.2820 | - 0.9087 | 0.2098 | - 0.2254 |
| X5 | 0.3611 | - 0.3066 | 0.6326 | 0.7386 | - 0.3897 | 0.5056 |
| X6 | - 0.3635 | 0.4147 | 0.3493 | - 0.7435 | 0.5271 | 0.2791 |
| X7 | 0.4198 | 0.3182 | - 0.3275 | 0.8587 | 0.4045 | - 0.2617 |

从表 3 可知,人口密度、林地、粮食单产、林果业收入、种植业收入、退耕补贴在第一主成分上有较高载荷,说明第一主成分基本反映了这些指标的信息,|X₄|>|X₁|>X₃>|X₆|>X₅>X₂,从以上排序可知,第一主成分主要反映社会经济的影响,且是纸坊沟流域商品型生态农业建设的主要驱动力,第三主成分中 X₅(林果业)的因子载荷值明显高于其他几个指标,基本类似第一主成分。耕地面积在

第二主成分上有较高载荷,说明第二主成分基本反映了区域的自然因素影响,且是纸坊沟流域商品型生态农业建设的基础。

2.3 主成分得分及综合得分

在主成分分析的基础上,以各主成分的方差贡献率占它们总的累积方差贡献率的百分比作为各主成分的权重,乘以各自的得分,求和得出该流域 18 户农户的综合得分^[16-17]。利用公式(1)和(2)计算得到表 4。

表 4 主成分得分及综合得分表

| No | Y(i,3) | 排序 | Y(i,3) | 排序 | Y(i,3) | 排序 | 综合得分 | 排序 |
|----|----------|----|----------|----|----------|----|------------|----|
| 1 | - 1.3617 | 12 | - 0.5451 | 16 | - 0.8827 | 15 | - 102.0310 | 15 |
| 2 | - 3.2277 | 17 | 1.2363 | 3 | 0.6636 | 5 | - 158.3600 | 16 |
| 3 | - 2.8429 | 16 | - 2.0424 | 11 | - 1.2370 | 17 | - 228.3557 | 18 |
| 4 | - 3.2622 | 18 | 0.2216 | 7 | 0.7702 | 3 | - 182.8636 | 17 |
| 5 | - 1.9341 | 15 | 1.0876 | 4 | - 0.0883 | 11 | - 91.3245 | 14 |
| 6 | - 1.8976 | 14 | 2.1033 | 2 | 0.7398 | 4 | - 58.1493 | 12 |
| 7 | - 1.5019 | 13 | 0.2372 | 6 | - 0.1368 | 12 | - 85.5542 | 13 |
| 8 | - 0.6437 | 11 | - 0.2491 | 9 | - 0.9117 | 16 | - 52.5455 | 10 |
| 9 | 0.5026 | 9 | - 1.1896 | 10 | - 0.0088 | 9 | 2.5139 | 9 |
| 10 | 1.6653 | 7 | - 0.2729 | 13 | 0.3578 | 6 | 96.5145 | 6 |
| 11 | 2.6672 | 1 | 2.7793 | 1 | - 1.4889 | 18 | 209.9834 | 1 |
| 12 | 2.1224 | 4 | - 0.3424 | 14 | 0.2934 | 7 | 121.6473 | 4 |
| 13 | 1.8580 | 5 | - 0.3548 | 15 | - 0.7487 | 14 | 96.0472 | 7 |
| 14 | 2.3504 | 3 | 0.2216 | 7 | - 0.1544 | 13 | 144.2046 | 3 |
| 15 | 0.0356 | 10 | - 2.6410 | 12 | 0.1901 | 8 | - 57.0779 | 11 |
| 16 | 2.4488 | 2 | - 0.7482 | 18 | 1.3385 | 2 | 141.3311 | 2 |
| 17 | 1.2581 | 8 | - 0.0126 | 8 | 1.3786 | 1 | 87.4943 | 8 |
| 18 | 1.7635 | 6 | 0.5113 | 5 | - 0.0747 | 10 | 116.5334 | 5 |

从表 4 可知,第一主成分的排名与综合排名基本相同,基本可以认定经济因素在纸坊沟流域商品型生态农业建设过程中其决定作用,是其生态经济发展的主要驱动力。从表 4 中还可以看出:排在第 1 名、第 2 名、第 3 名、第 4 名、第 5 名、第 7 名等前几名的是寺峨岷和瓦树塔的以“果-农、草-牧”型发展模式为主的农户,排在末尾几名的是纸坊沟村的以“农-副”型发展模式为主的农户(大棚的收入算在了种植业里面了)。说明对整个纸坊沟流域来说,对其经济发展起支柱作用的应是“果-农、草-牧”

型发展模式,“农-副”型发展模式主要是(蔬菜)设施农业和为之服务的副业,虽然纸坊沟村的蔬菜(大棚)的效益也很可观,但蔬菜(大棚)只能在土地平整、水分条件较好的川地上进行的,不可能在全流域进行,所以其种植面积不大,在纸坊沟村只是个别少数的农户搞大棚,而寺峨岷和瓦树塔种植苹果的农户占绝大多数,并且苹果种植面积仍在不断地增加,苹果的收益占整个流域收益的比重比较大,分析结果与现实状况基本符合。

3 结论与建议

(1) 采用主成分分析方法研究纸坊沟流域商品型生态农业建设过程的驱动力, 结果表明: 自然因素是影响纸坊沟流域商品型生态农业建设过程的基础, 社会经济因素是纸坊沟流域商品型生态农业建设的主要驱动力^[4]。自然生态环境和经济发展是相辅相成、唇齿相依的关系, 如 1938– 1958 年间, 由于人类经济活动的影响, 导致生态环境遭到严重破坏, 伴随而来的是经济发展水平缓慢; 而从国家综合治理以来, 生态环境得到显著改善, 经济水平也随之提高, 经济提高了, 反过来又促进了生态环境的改善。这个结论与历史序列数据分析结果一致^[4+5]。

(2) 对纸坊沟流域来说, 对其经济发展贡献最大的是“果– 农、草– 牧”型模式类型。虽然高效设施农业的经济效益一般很大, 但纸坊沟村的人均耕地少(0.047 km²), 川地并未得到最大程度的利用, 加之修高速公路的占用, 大棚只是少数懂得技术的农户在发展, 而寺峨岷和瓦树塔由于地理位置的特殊性, 经过实践证明农果业是其最好的发展模式, 一是果树栽培的技术农户比较容易掌握, 二是一次性经济投资不用太多。因此“农– 副”型发展模式为主的农户收入低于“果– 农、草– 牧”型发展模式为主的农户, 分析结果与现实状况基本符合。

(3) 在商品型生态农业的建设过程中, 应对农业生态经济系统进行一定程度的调控和干预, 使农、林、牧各子系统内部的循环链逐步完善。

(4) 从方法论而言, 应该把历史资料和农户资料分析有机结合起来, 即反映历史发展过程, 又反映横向模式及个体的差异, 使结果更具可操作性。

参考文献:

[1] 王继军, 权松安, 谢永生, 等. 流域生态经济系统建设模式研究[J]. 生态经济, 2005(10): 136–140.
[2] 马红彬, 杨天平, 高继飞. 黄土高原典型草原农业系统

生产结构优化模式研究: 三类农户生产结构优化模式研究[J]. 宁夏农学院学报, 2002, 23(3): 20–23.

[3] 郭满才, 彭珂珊, 王继军, 等. 纸坊沟流域生态经济系统演变阶段及驱动力分析[J]. 水土保持研究, 2005, 12(4): 245–246.
[4] 刘佳. 黄土丘陵区纸坊沟流域农业生态经济系统耦合过程研究[D]. 陕西杨陵: 西北农林科技大学, 2009.
[5] 李芬. 黄土丘陵区纸坊沟流域农业生态安全评估[D]. 陕西杨陵: 西北农林科技大学, 2008.
[6] 卢宗凡, 梁一民, 刘国彬. 中国黄土高原生态农业[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1997.
[7] 李壁成. 纸坊沟流域土地资源评价及土地利用优化模式的试验研究[M]// 安塞试区. 黄土丘陵沟壑区水土保持型生态农业研究(上册). 西安: 天则出版社, 1990.
[8] 张秋菊. 黄土丘陵沟壑区多尺度土地利用变化特征及其演变驱动力研究[D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2004.
[9] 袁志发, 周静芋. 试验设计与分析[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 128–138.
[10] 林杰斌, 林川雄, 刘明德, 等. SPSS12.0 统计建模与应用实务[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2006: 383–423, 495–518.
[11] 林海明, 张文霖. 主成分分析与因子分析详细的异同和 SPSS 软件[J]. 统计研究, 2005(3): 65–69.
[12] 于秀林, 任雪松. 多元统计分析[M]. 北京: 中国统计出版, 1999.
[13] 陈平雁, 黄浙明. SPSS10.0 统计软件应用教程[M]. 北京: 人民军医出版社, 2002.
[14] 李朝旗, 李朝赞, 刘沛. 基于主成分分析的区域可持续发展能力评价: 以江苏省为例[J]. 开发研究, 2009(1): 64–67.
[15] 朱丽, 张仁陟. 甘肃省城市人居环境评价与分析[J]. 现代农业科技, 2008(6): 193–195.
[16] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
[17] 郭滨, 毕玉芬, 龙光强, 等. 不同植被恢复措施下退化灌草丛草地土壤理化性状的评价[J]. 云南农业大学学报, 2008, 23(2): 195–199.