

基于水土保持下的纸坊沟流域农业产业 - 资源系统耦合效应评价

夏自兰¹, 王继军^{1, 2}

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100;
2. 中国科学院、水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 农业产业 - 资源系统耦合不仅表现为两子系统之间耦合协调作用的程度, 而且表现为这种协调作用下系统的耦合效率。以黄土丘陵区典型流域纸坊沟流域为例, 采用耦合协调度模型与 DEA 方法, 揭示农业产业 - 资源系统耦合效应: 一系列水土保持政策和措施显著改善了区域农业资源环境条件、促进了农业产业的发展, 并提高了二者的耦合协调度, 然而在此协调趋势下, 资源环境条件向产业效益转化的效率却只在很小幅度的波动中变化, 水土保持在提高系统的耦合效率方面作用甚微。究其原因主要是由于在林草地资源大量闲置和利用不充分的状况下, 农业产业结构与资源结构尚存在较大偏差, 系统的这种结构性矛盾影响了其耦合效率, 系统演变过程中潜伏了较大危机。为此, 需要保证现有林草资源得以充分利用、林果业和畜牧业得以有序发展的经济、政策环境, 并在此基础上优化系统的资源与产业结构, 转变资源利用和产业发展方式。

关键词: 水土保持; 农业产业 - 资源系统; 耦合协调度; DEA; 纸坊沟流域

中图分类号: F062.1 文献标志码: A 文章编号: 1000-3037(2011)10-1647-11

纸坊沟流域地处陕北黄土丘陵区, 其脆弱的自然生态系统与人类长期的生产活动形成了该区域严重的水土流失。作为黄土丘陵区的典型流域和综合治理试验示范区, 该流域先后采取了一系列水土保持和生态保护措施, 取得了较大的生态经济效益, 以上世纪末实施的退耕还林工程所带来的生态效益最为显著。但其高生态效益和高瞄准效率的实现得益于中央政府存在较大成本节约空间的高额经济补偿^[1]。然而, 农业生态经济系统的可持续发展不可能长期建立在系统外部经济的输入上, 资源环境改善和生态效益绝不应该是水土保持实施的唯一目标, 更进一步的目标则在于资源环境改善、水土有效保持的基础上, 改变传统的资源利用模式和农业生产方式, 实现产业的有序发展。可见, 如果把水土保持和生态修复下的资源环境改善看作是一种资源环境投入的话, 那么资源合理利用下的产业有序发展则是这种投入的产出目标, 从这个意义上讲, 农业产业与农业资源的合理匹配和良性耦合成为实现这一“投入—产出”过程的重要路径。为此, 需要判定水土保持措施下, 农业产业-资源系统耦合程度及效率。

“系统耦合”系指两个或两个以上性质相近的生态系统具有互相亲合的趋势, 当条件成熟时, 它们可结合为一个新的高一级的结构 - 功能体, 这就是系统耦合^[2]。可见, 系统耦合

收稿日期: 2011-03-03; 修订日期: 2011-05-03。

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2011BAD31B05); 国家自然科学基金(40771082)。

第一作者简介: 夏自兰(1986-), 女, 河南信阳人, 硕士研究生, 研究方向为土地资源利用与管理。E-mail: chuanxia19860713@163.com

实际上包涵了两层含义,一是子系统之间的协调一致、结构合理,二是在此基础上达到系统功能的稳定而高效,即系统耦合效应包括了系统耦合协调性和系统耦合效率两个方面的内容。目前,对系统耦合效应的研究主要偏重于系统耦合协调性方面,其中使用比较多也较为成熟的方法是系统耦合(协调)度模型^[3-5]。其所得到的系统耦合度,即系统之间相互作用的一致性 or 协调程度,对于从整体上把握系统的耦合态势是有效的,但是并不能全面地反映耦合水平,因为它不能表征这种协调一致的“亲合趋势”下“结构-功能体”内部的耦合效率问题。为此,引入数据包络分析(Data Envelopment Analysis,简称 DEA)方法解决这一问题。

DEA 方法是 1978 年由 A. Charnes、W. W. Cooper 和 Rhodes 等三位著名运筹学家提出的一种新的系统分析评价方法,是用数学规划模型来评价相同类型的多投入和多产出决策单元效率的一种非参数统计方法^[6-9]。目前 DEA 方法在国内农业系统评价与管理方面的应用主要集中在农业政策效率评价^[10-11]、农业生产效率及资源配置效率^[12-14]、以及农业产业结构优化^[15]和经济社会发展评价^[16-19]等方面。本文尝试将 DEA 方法用于农业系统耦合效率分析中,通过评价农业产业-资源系统“投入-产出”过程的效率来揭示系统的耦合效率。

基于以上背景和思路,本文将耦合协调度模型和 DEA 方法相结合,探讨水土保持背景下,纸坊沟流域农业产业-资源系统耦合效应演变特征,以期为该区域农业资源合理利用和产业有序发展方案的制定提供科学依据。

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,延河一级支流杏子河的下游,隶属于陕西省安塞县沿河湾镇^[20],位于东经 109°19′23″,北纬 36°51′30″,海拔 1 068~1 309 m,属于暖温带半干旱气候区,流域面积 8.27 km²,梁峁地、沟坡地和沟谷地三种地形分别占流域总面积的 35%、61.5% 和 3.54%^[21],在陕北黄土丘陵沟壑区具有典型的代表性。该流域包含 2 个行政村中的纸坊沟、寺岷岷、瓦树塌 3 个完整的自然村,按照土地适宜性评价结果^[22],该区宜农、宜林和宜牧地分别为 204.9、237.5 和 298.8 hm²,2009 年该流域有 564 人,农林牧土地利用结构为 1:6.25:4.5,人均纯收入 5 103.74 元。

1.2 研究方法 with 指标选择

1.2.1 耦合协调度模型

目前在基于时序数据的分析中使用较为普遍且模拟功能较好的耦合模型方法有两种:一是在二维椭圆平面上,计算两个子系统综合指数演化速度的反正切函数(即耦合度)的数学几何处理方法;二是计算两个子系统综合指数之离差的函数(即耦合协调度)的数理统计处理方法。考虑到在反映系统耦合协调性方面,后者的结果更加直观,本文选择耦合协调度模型分析纸坊沟流域农业产业与资源系统耦合协调度,具体参考吴文恒等^[23]的耦合协调度计算方法。公式如下:

$$D(x, y) = \sqrt{C \times T}$$

$$C = \left\{ \frac{F(x) F(y)}{\left[\frac{F(x) + F(y)}{2} \right]^2} \right\}^k \quad (1)$$

$$T = aF(x) + bF(y)$$

式中: k 为协调系数, 参考已有相关研究^[23-24], 本文取 $k = 2$; $F(x)$ 和 $F(y)$ 为农业资源子系统和农业产业子系统的综合评价函数, 采用 SPSS 16.0 软件, 利用主成分分析方法来量化并构造; C 为二者的协调指数; T 为二者的综合发展指数; a 和 b 为待定系数, 考虑到两子系统的重要性程度大体一致, 本文取 $a = b = 0.5$; D 为二者的耦合协调度。选取的指标为: 资源子系统包括 x_1 人口密度、 x_2 川台梯比重(即川地、台地、梯田三种立地条件较好的农地占总农地的比重)、 x_3 耕地面积、 x_4 林草覆盖率、 x_5 牧草地面积、 x_6 林地面积; 产业子系统包括 y_1 粮食产量、 y_2 种植业收入、 y_3 林果业收入、 y_4 畜牧业收入、 y_5 人均纯收入、 y_6 经济作物比重(即经济作物面积占农作物面积的比重)、 y_7 农业收入比重(即农业收入占总收入的比重)。

1.2.2 数据包络分析(DEA)

DEA 方法最为常用的基础模型是 C^2R 和 BC^2 模型。后者是在前者的基础上, 将决策单元生产规模的可变性考虑到模型中。对于某个具体的决策单元 DMU_0 , 设其含有 m 个投入变量和 s 个产出变量, 判断其有效性的综合 DEA 模型为^[6]:

$$\min [\theta - \varepsilon(e^+ s^- + e s^+)] \quad (2)$$

$$\text{s. t.} \quad \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j + s^- = \theta X_0$$

$$\sum_{j=1}^n Y_j \lambda_j + s^+ = Y_0$$

$$\delta_1 \left[\sum_{j=1}^n \lambda_j + \delta_2 (-1)^{\delta_3} \lambda_{n+1} \right] = \delta_1$$

$$\lambda_j \geq 0, s^+ \geq 0, s^- \geq 0, \delta_1, \delta_2, \delta_3 \text{ 取值为 } 0 \text{ 或 } 1, \theta \text{ 无约束}$$

$$j = 1, 2, \dots, n+1$$

式中: $e^+ = (1, 1, \dots, 1)_{m \times 1}^T$, $e^- = (1, 1, \dots, 1)_{s \times 1}^T$; θ 表示决策单元的综合效率, ε 为非阿基米德无穷小量, s^+ 、 s^- 为松弛变量, λ_j 表示第 j 个决策单元的权重, X_j 、 Y_j 表示第 j 个决策单元的投入和产出向量。当上述综合 DEA 模型中参数 $\delta_1 = 0$ 时得到 C^2R 模型, 当参数 $\delta_1 = 1$, $\delta_2 = 0$ 时即得到 BC^2 模型。考虑到农业生产的规模可变性, 本文选择 BC^2 模型, 应用 DEAP 2.1 软件中 Input Oriented 的 VRS (即区分技术有效性和规模有效性) 方法通过评价不同决策单元(不同年份的农业资源利用与生产过程)的效率来反映农业产业 - 资源系统的耦合效率。以耦合协调度模型中确定的农业资源系统和农业产业系统的指标为基础, 结合 DEA 模型的指标选取原则^[9], 对其做适当的变换, 得到 DEA 模型的指标。输入指标包括: x_1' 林草面积率(一定程度上反映区域水土流失治理情况)、 x_2' 川台梯比重(反映优等农用地比重)、 x_3' 农林牧土地利用结构指数(考虑到传统的三者比值的形式不便于数据处理, 用林牧地面积与农地面积的比值来反映土地利用结构的变化情况); 输出指标包括: y_1' 粮食产量、 y_2' 人均纯收入、 y_3' 农业结构指数(即林果业收入与畜牧业收入之和与种植业收入的比重)、 y_4' 经济作物比重, 其中 y_1' 、 y_2' 反映产业产出效益, y_3' 、 y_4' 反映产业结构效益。

1.3 数据来源

模型及分析过程中所采用的数据来源于中国科学院水土保持研究所农业生态经济研究课题组 1985—2009 年逐年积累的动态监测和农户调查资料。

2 研究结果与分析

2.1 纸坊沟流域农业产业与资源系统耦合协调度

通过主成分分析,获得资源子系统的前两个主成分和产业子系统的前3个主成分(表1),并得到其得分系数矩阵(表2)。以各主成分的方差贡献率作为权重,以相应主成分得分与对应指标的极差标准化值之积的和作为变量分别构造农业资源与农业产业的综合评价函数 $F(x)$ 和 $F(y)$ 。

表1 子系统综合发展指数的主成分分析结果

Table 1 Principal analysis results of integrated development index of subsystems

		特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
资源主成分	1	5.30	75.77	75.77
	2	1.06	15.18	90.96
产业主成分	1	3.24	46.32	46.32
	2	1.48	21.15	67.47
	3	1.03	14.72	82.19

表2 主成分得分矩阵

Table 2 Principal component score coefficient matrix

X	成分1	成分2	Y	成分1	成分2	成分3
x_1	0.137 6	0.007 5	y_1	0.147 2	0.050 4	-0.454 0
x_2	0.183 9	-0.113 0	y_2	0.292 7	-0.096 3	0.122 8
x_3	-0.186 6	-0.111 8	y_3	0.197 9	0.270 9	0.553 2
x_4	0.186 4	0.125 5	y_4	0.277 3	-0.026 3	-0.186 3
x_5	0.013 8	0.937 0	y_5	0.268 1	-0.300 4	0.126 1
x_6	0.186 4	-0.120 9	y_6	-0.110 0	-0.315 9	0.602 7
			y_7	0.032 0	0.632 2	0.171 1

$$F(x) = 0.7577(M_1^1, M_1^2, \dots, M_1^6)(X_1, X_2, \dots, X_6)^T + 0.1518(M_2^1, M_2^2, \dots, M_2^6)(X_1, X_2, \dots, X_6)^T$$

$$F(y) = 0.4633(N_1^1, N_1^2, \dots, N_1^7)(Y_1, Y_2, \dots, Y_7)^T + 0.2115(N_2^1, N_2^2, \dots, N_2^7)(Y_1, Y_2, \dots, Y_7)^T + 0.1472(N_3^1, N_3^2, \dots, N_3^7)(Y_1, Y_2, \dots, Y_7)^T$$

式中: X, Y 分别为 $F(x)$ 和 $F(y)$ 的标准化指标矩阵; M, N 分别为 $F(x)$ 和 $F(y)$ 的主成分得分矩阵。计算出 $F(x)$ 和 $F(y)$ (图1), 并将其代入式(1) (前3年 $F(x)$ 与 $F(y)$ 二者综合指数 T 为负值时, 根据二者离差越大 D 越小的模型内涵对公式中的符号作了调整) 得出系统综合发展指数 T 和耦合协调度 D , 并对耦合协调度 D 进行了前推趋势预测, 决定系数 $R^2 = 0.9559$, 拟合效果良好(图2)。

由图1可以看出, 纸坊沟流域农业产业发展呈现上升(1985—1994年)、下降(1994—2001年, 除2000年离群点)、上升(2001—2009年)的过程, 从1985年的0.004增加到1994年的0.427, 之后在波动中减少到2001年的0.21, 最后再增加到2009年的0.431; 农业资源量呈现阶梯式发展过程, 从1985—1995年的上升阶段到1995—1999年的平稳发展阶段和之后一年内的急速增长后进入2000—2009年的平稳发展阶段(图1); 农业产业与农业资源的综合发展大体经历了1985—1995年的上升时期, 1995—1999年的下降时期和1999—2009年的上升时期(图2)。

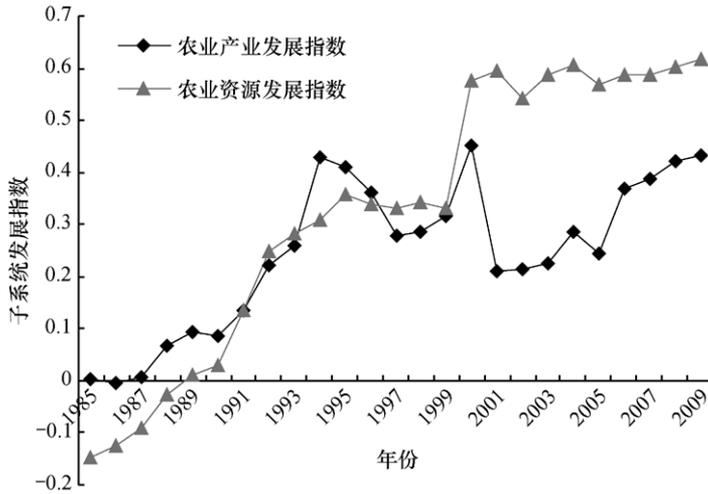


图1 农业产业与农业资源演变过程

Fig. 1 Evolution process of agricultural industry and resources

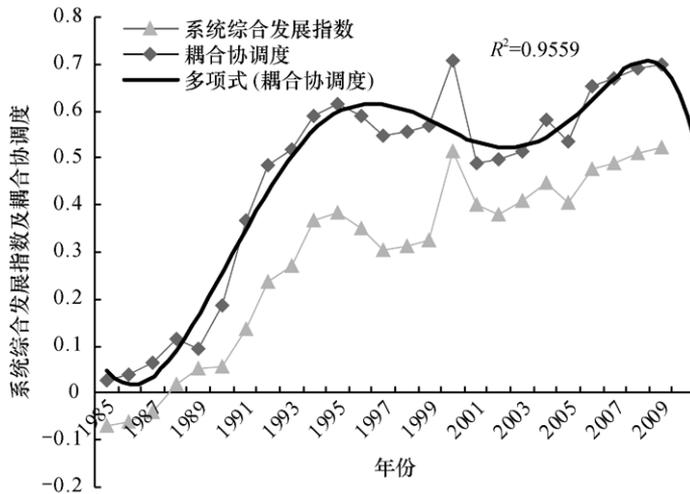


图2 系统综合发展及耦合协调关系

Fig. 2 Integrated development and coupling coordination relationship of the system

25 a 间,纸坊沟流域农业产业与农业资源的发展演化与流域农业资源利用和产业结构调整的实践是一致的:纸坊沟流域 20 世纪 80 年代进行农业资源的综合开发与治理,特别是在 1986 年开始列入黄土高原综合治理试验示范区。科技人员在山坡地上兴修梯田并在有条件的地方打储水坝;种植果树并修建集雨窖,配套滴灌设施;种树造林进行水土流失治理。1985—1995 年间,川台梯比重由 12% 增加到 44%,林草面积率也增加了 21 个百分点。一系列综合治理措施显著改善了区域的农业资源条件和农业生产环境;相应地,农业产业也由过去的单一粮食生产发展到种植业、林果业、畜牧业的综合生产,10 a 间,农业结构指数由 0.53 增加到 0.81。然而,到了 90 年代中后期,农业资源量虽然较稳定,但是由于当时果树大多数老化,而且人工牧草退化或遭到破坏,因此果业、畜牧业的发展均受到了不同程度的影响,另外,工副业的发展吸引了一部分劳动力,农业生产受到了一定程度的影响,农业收入

比重从1995年的86%降低到1999年的55%，因此这一阶段农业产业发展指数在波动中下降。1999年退耕还林工程的实施，以水土保持林草措施为主结合工程措施、耕作措施，显著改善了区域农业资源条件，在退耕后的短短两年间，川台梯比重由48%增加到77%，林草面积率也增加了10个百分点，农林牧土地利用结构指数由1999年的4.19迅速增加到2001年的10.11；由于退耕后的短期内大量耕地资源改为资源管制下的林草资源，农业产业短期内受到了影响，两年内粮食产量减少了46%，农业结构指数由0.51降低到0.25，但之后在产业结构调整下，重视设施大棚蔬菜和西瓜的种植，舍饲养殖下的畜牧业也有所发展，一系列调整措施带动了农业产业的发展。

从农业产业与农业资源演化轨迹的对比来看，以1999年实施退耕还林为分界点，退耕前，区域农业产业与农业资源的发展趋势大体上是一致的，而在退耕后，农业产业发展指数的增长显著低于农业资源指数增长，二者之间的差距明显高于退耕前（图1）。这说明虽然退耕还林的实施同时改善了区域农业资源条件和农业产业结构，但也造成了区域农业资源的大量闲置和利用不充分。从实际情况来看，主要表现在林草地用途管制下林草资源的低利用率以及果园老化导致的果园地低产出率。

从农业产业与农业资源的耦合协调关系来看，25 a间，农业产业-资源系统耦合调度 D 经历了持续上升、小幅下降、最后再缓慢上升的过程（图2），根据拟合曲线并进行适度的前推趋势预测，耦合协调度 D 变化的两个峰值分别出现在1995年（ $D=0.616$ ）和2009年（ $D=0.701$ ）。虽然目前系统的耦合协调状况在研究期内达到最高，但系统耦合潜伏了较大危机。根据耦合演化态势，未来几年，区域农业产业与农业资源耦合协调度极有可能再次下降。这与目前农业生产中农业资源闲置和利用不充分的实际情况是相符合的。

2.2 纸坊沟流域农业产业与资源系统耦合效率

应用DEAP 2.1软件计算得出各个年份决策单元的效率（表3），其中综合效率是技术效率（纯技术效率）和规模效率的乘积；对相对无效的单元进行DEA投影分析得表4。

表3 1985—2009年纸坊沟流域农业产业与资源系统耦合相对效率

Table 3 Agricultural industry - resources system coupling relative efficiency of Zhifangou Watershed from 1985 to 2009

年份	综合效率	技术效率	规模效率	规模效益	结果	年份	综合效率	技术效率	规模效率	规模效益	结果
1985	1.000	1.000	1.000	不变	有效	1998	0.931	0.969	0.960	递增	无效
1986	0.962	0.988	0.973	递增	无效	1999	1.000	1.000	1.000	不变	有效
1987	0.878	0.978	0.898	递增	无效	2000	1.000	1.000	1.000	不变	有效
1988	1.000	1.000	1.000	不变	有效	2001	0.829	0.860	0.964	递增	无效
1989	1.000	1.000	1.000	不变	有效	2002	0.906	0.907	1.000	不变	有效
1990	1.000	1.000	1.000	不变	有效	2003	0.725	0.820	0.885	递增	无效
1991	0.839	0.920	0.912	递增	无效	2004	0.778	0.843	0.922	递增	无效
1992	0.776	0.880	0.883	递增	无效	2005	1.000	1.000	1.000	不变	有效
1993	0.782	0.883	0.885	递增	无效	2006	0.950	0.960	0.990	递增	无效
1994	1.000	1.000	1.000	不变	有效	2007	0.864	0.960	0.900	递增	无效
1995	0.962	0.967	0.994	递增	无效	2008	1.000	1.000	1.000	不变	有效
1996	0.852	0.936	0.910	递增	无效	2009	1.000	1.000	1.000	不变	有效
1997	0.895	0.903	0.991	递增	无效	均值	0.917	0.951	0.963	-	-

(1) DEA 相对有效性分析

从表 3 可以看出 25 a 间纸坊沟流域农业产业 - 资源系统耦合过程中, 技术有效性和规模有效性保持一致, 技术效率和规模效率共同决定综合效率, 两者对综合效率的贡献度差异不大。系统耦合的相对有效性值一直处于一个较高的状态, 变化区间为 [0.725, 1.000], 均值为 0.917。但是需要指出的是 DEA 有效性评价结果是相对的而非绝对的, 它所得的有效与无效及其具体值的判断是基于现有样本值中的前沿面得出的, 虽然有效性值相对较高, 但是不排除现有样本的有效性均处于效率绝对较低(且水平差异不大)的区间可能性。结合耦合协调度模型计算结果, 这种假设得到了证实: 25 a 间, 区域农业资源综合指数显著增加, 尤其是退耕还林工程的实施对资源环境的改善作用巨大(图 1), 然而资源环境的改善向产业效益转化的效率却只在微小幅度的波动中变化, 并没有呈现明显的增长过程或者趋势, 这说明一系列水土保持政策及措施的实施虽然促进了资源环境的显著改善和产业的发展, 也促进了二者的耦合协调, 但是对其耦合效率却没有明显的促进作用。根据农业系统耦合的定义, 可以认为, 区域农业资源和农业产业两个子系统在各自的发展演化中, 呈现了“相互亲合的趋势”, 但是在提高其整个“结构 - 功能体”的效率上还存在不足, 或者说还没有达到“条件成熟”。而这种条件必然是农业系统外部的经济环境条件和政策环境条件等, 因为, 在这种“条件不成熟”的状况下, 25 a 间农业系统在发展演化过程中其耦合效率并没有大幅度降低, 这说明其生产决策的主体即农户符合理性经济人的假设, 他们总是在环境允许的范围内, 尽可能地“充分”地利用农业资源, 增加农业产业效益的产出, 实现系统耦合的相对有效(尽管这种效率在环境影响下从绝对值上来看是不足的)。

表 4 相对无效年份的产出不足与投入冗余

Table 4 Output deficiency and input redundancy in relatively ineffective year

无效年份	产出不足值				投入冗余值		
	粮食产量 /kg	农业总收入 /元	农业结构指数	经济作物比重	林草覆盖率	川台梯比重	农林牧土地 利用结构指数
1986	11 861	0	0	0	0	0.004	0.025
1987	21 671	1 030	0	0	0	0.030	0.090
1991	0	0	0	0.006	0	0.071	0.270
1992	8 287	0	0	0	0	0.118	0.428
1993	1 793	0	0.110	0.015	0	0.067	0.501
1995	6 324	0	0	0	0	0.009	0.347
1996	6 488	0	0	0	0	0.051	0.405
1997	5 830	0	0	0	0	0.079	0.736
1998	5 187	0	0.299	0	0	0.011	0.231
2001	4 109	0	0.408	0	0	0.08	2.596
2002	0	0	0.163	0	0	0.025	2.704
2003	0	0	0.036	0	0	0.173	4.746
2004	0	0	0.084	0	0	0.201	4.642
2006	0	0	0.120	0	0	0.086	1.140
2007	0	0	0.162	0	0	0.063	1.204
调整均值	7 950	1 030	0.173	0.011	0	0.071	1.435
原值均值	199 360	121 941	0.520	0.040	-	0.610	6.640
调整幅度	0.040	0.008	0.331	0.289	0	0.117	0.216

注: 调整幅度 = 调整均值 / 原始均值。

(2) DEA 无效单元的投影分析(投入冗余与产出不足分析)

根据决策单元的投入冗余和产出不足结果(表4)在相对无效的年份,投入冗余率和产出不足率较高的因子有农林牧土地利用结构、川台梯比重、农业结构指数和经济作物比重,这四者的冗余或者不足在导致决策单元相对无效结果上承担了87.6%的“贡献”率,可见导致相对无效的因素主要是结构性因素。即投入冗余主要表现为资源结构的改善没有有效地促进产业效益的提高,产出不足主要表现为产业结构合理性有待提高。从调整幅度较大的几个指标来看:在产出要素上应适当增加林果业和畜牧业比重以及种植业中经济作物的比重,在DEA相对无效年份,农业结构指数和经济作物比重可在原有基础上平均分别增加33.1%和28.9%;在投入要素上,农林牧土地利用结构和川台梯比重出现冗余,从理论来讲,应该对其加以控制,但是从实际情况来看,水土保持旨在通过调整土地结构促进产业结构优化,因此,作者认为目前要以现有土地结构为基础,调整产业结构以适应土地结构而非相反。另外,从规模效率来看,无效年份均处于规模递增的状态,这说明区域农户农业经营规模小、分布零散制约了农业产业规模效率。

3 结论与讨论

农业产业-资源系统耦合不仅表现为两子系统之间耦合协调作用的程度,而且表现为这种协调作用下形成的整个“结构-功能体”的耦合效率。以黄土丘陵区典型流域纸坊沟流域为例,采用耦合协调度模型与DEA方法,很好地揭示了农业生态经济系统耦合效应。

在水土保持外部措施干预下,25 a来纸坊沟流域农业产业、农业资源综合指数以及二者的耦合协调度整体上都在波动中增长,研究期内分别增长了0.427、0.764和0.672;但是在退耕还林工程实施后的10 a间,由于资源的闲置和利用不充分,农业产业的发展一直明显低于农业资源量的增加,导致系统耦合协调度出现波动,并且在研究期末出现了再次下降的可能,系统的耦合协调潜伏了危机。另外,相比较于资源环境的显著而持续的改善,资源环境向产业效益转化的效率却没有随之增长,水土保持政策及措施的干预在提高二者的耦合效率方面作用甚微。根据DEA投影分析结果,影响耦合效率的原因主要表现为结构性因子而非总体性因子,产业结构与资源结构存在较大偏差,出现资源的结构性剩余。而实际上,目前农业资源-产业系统整体耦合协调中的潜在危机也主要是结构性矛盾所致。

针对以上结果所反映的现实问题,今后区域发展应充分利用现有资源环境条件,提高资源利用率,促进产业结构调整。为此,需要保证现有林草资源得以充分利用、林果业和畜牧业得以有序发展的环境条件,包括经济环境、政策环境等。在此基础上,依据区域发展的生态需求和市场经济需求,优化系统的资源与产业结构,转变资源利用和产业发展方式。

参考文献(References):

- [1] 徐晋涛,陶然,徐志刚.退耕还林:成本有效性、结构调整效应与经济可持续性——基于西部三省农户调查的实证分析[J].经济学:季刊,2004,4(1):139-162. [XU Jin-tao, TAO Ran, XU Zhi-gang. Sloping land conversion program: Cost-effectiveness, structural effect and economic sustainability. *China Economic Quarterly* 2004, 4(1): 139-162.]
- [2] 任继周.系统耦合在大农业中的战略意义[J].科学:上海,1999,51(6):12-14. [REN Ji-zhou. Strategic significance of system's coupling for macro-sensed agriculture. *Science: Shanghai*, 1999, 51(6): 12-14.]

- [3] 梁红梅, 刘卫东, 林育欣, 等. 土地利用效益的耦合模型及其应用[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2008, 34(2): 230-236. [LIANG Hong-mei, LIU Wei-dong, LIN Yu-xin, et al. Coupling model of land use benefits and its application. *Journal of Zhejiang University: Agric. & Life Sci.* 2008, 34(2): 230-236.]
- [4] 乔标, 方创琳. 城市化与生态环境协调发展的动态耦合模型及其在干旱区的应用[J]. 生态学报, 2005, 25(11): 3003-3009. [QIAO Biao, FANG Chang-lin. The dynamic coupling model of the harmonious development between urbanization and eco-environment and its application in arid area. *Acta Ecologica Sinica* 2005, 25(11): 3003-3009.]
- [5] 王继军, 姜志德, 连坡, 等. 70年来陕西省纸坊沟流域农业生态经济系统耦合态势[J]. 生态学报, 2009(9): 5130-5137. [WANG Ji-jun, JIANG Zhi-de, LIAN Po, et al. Coupling analysis of the agricultural ecological economic system over 70 years in the Zhifanggou Watershed, Shaanxi Province. *Acta Ecologica Sinica* 2009(9): 5130-5137.]
- [6] 魏权龄. 数据包络分析[M]. 北京: 科学出版社, 2004. [WEI Quan-ling. *Data Envelopment Analysis*. Beijing: Science Press 2004.]
- [7] Charnes A, Cooper W W, Rhodes E I. Measuring the efficiency of DMU [J]. *European Journal of Operational Research*, 1978(2): 429-444.
- [8] Kim S H. An application of data envelopment analysis in telephone offices evaluation with partial data [J]. *Computers & Operations Research*, 1999(26): 59-72.
- [9] 盛昭翰, 朱乔, 吴广谋. DEA 理论、方法及应用[M]. 北京: 社会科学出版社, 1996. [SHEN Zhao-han, ZHU Qiao, WU Guang-mou. *Theory, Method and Application of Data Envelopment Analysis*. Beijing: Science Press, 1996.]
- [10] 翟文侠, 黄贤金. 应用 DEA 分析农户对退耕还林政策实施的响应[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14: 198-203. [ZHAI Wen-xia, HUANG Xian-jin. Application of data envelopment analysis in evaluating farmers responses to the conversion of household cultivated land to forest or grassland. *Resources and Environment in the Yangtze Basin* 2005, 14: 198-203.]
- [11] 谭木魁, 张红霞. 基于数量视角的耕地保护政策绩效评价[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20: 153-158. [TAN Shu-kui, ZHANG Hong-xia. Performance evaluation on the policies of cultivated land protection in China from the perspective of quantity protection. *China Population, Resources and Environment* 2010(20): 153-158.]
- [12] 梁流涛, 曲福田, 王春华. 基于 DEA 方法的耕地利用效率分析[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(2): 242-246. [LIANG Liu-tao, QU Fu-tian, WANG Chun-hua. Analysis on cultivated land use efficiency based on DEA. *Resource and Environment in the Yangtze Basin* 2008, 17(2): 242-246.]
- [13] 刘志伟. 湖北省远安县农业生产率分析与实证研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2008. [LIU Zhi-wei. *Analysis and Empirical Study on Agricultural Productivity of Yuan'an County, Hubei Province*. Wuhan: Huazhong Agricultural University 2008.]
- [14] 李建亮. 基于 DEA 新疆农业资源配置效率的实证分析[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2008. [LI Jian-liang. *An Empirical Analysis on Allocative Efficiency of Agricultural Resources in Xinjiang Based on DEA*. Urumqi: Xinjiang University, 2008.]
- [15] 张孟林. 黑龙江省农业产业结构优化研究[D]. 大连: 东北财经大学, 2006. [ZHANG Meng-lin. *Research on Optimization of Agriculture Industry Structure in Heilongjiang Province*. Dalian: Northeast Finance University 2006.]
- [16] 武玉英, 何喜军. 基于 DEA 方法的北京可持续发展能力评价[J]. 系统工程理论与实践, 2006(3): 117-123. [WU Yu-ying, HE Xi-jun. The evaluation of Beijing sustainable development based on DEA model. *Systems Engineering—Theory & Practice* 2006(3): 117-123.]
- [17] 张兵, 金凤君. 1990 年代以来长江三角洲城市土地利用效率研究[J]. 重庆建筑大学学报, 2007(5): 38-43. [ZHANG Bin, JIN Feng-jun. The study of efficiency of the urban land utilization in the Yangtze River Delta since the 1990s. *Journal of Chongqing Jianzhu University* 2007(5): 38-43.]
- [18] 冉杰, 王新宇. 基于 DEA 的西部农业经济效率与技术进步率评价[J]. 统计与决策, 2007(2): 102-103. [RAN Jie, WANG Xin-yu. The evaluation of western agricultural economic efficiency and technical progress rate based on DEA. *Statistics and Decision* 2007(2): 102-103.]
- [19] 秦钟, 王健武, 章家恩, 等. 广东省农业循环经济经济发展的 DEA 分析与有效性评价[J]. 自然资源学报, 2010, 25(6): 904-913. [QIN Zhong, WANG Jian-wu, ZHANG Jia-en, et al. Data envelopment analysis and efficiency evaluation on development of agricultural circular economy in Guangdong. *Journal of Natural Resources* 2010, 25(6): 904-913.]

- [20] 中国科学院安塞水土保持综合试验站. 黄土丘陵沟壑区水土保持型生态农业研究: 上册 [M]. 杨凌: 天则出版社, 1990. [An sai Comprehensive Research Station of Soil and Water, CAS. Studies on Ecological Agriculture with Soil and Water Conservation in Loess Hilly Gully Region. Yangling: Tianze Press, 1990.]
- [21] 李芬. 黄土丘陵区纸坊沟流域农业生态安全评估 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2008. [LI Fen. Evaluation of Agricultural Ecological Safety in Zhifangou Watershed in the Loess Hilly and Gully Region. Yangling: Northwest A & F University, 2008.]
- [22] 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. [LU Zong-fan, LIANG Yi-min, LIU Guo-bin. Studies on Ecological Agriculture in Loess Hilly Gully Region. Xi'an: Shaanxi Science and Technology Press, 1997.]
- [23] 吴文恒, 牛叔文, 郭晓东, 等. 中国人口与资源环境耦合的演进分析 [J]. 自然资源学报, 2006, 21(6): 853-861. [WU Wen-heng, NIU Shu-wen, GUO Xiao-dong, et al. Evolutional analysis of coupling between population and resource-environment in China. *Journal of Natural Resources* 2006, 21(6): 853-861.]
- [24] 廖重斌. 环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系——以珠江三角洲城市群为例 [J]. 热带地理, 1999, 19: 171-177. [LIAO Chong-bin. Quantitative judgment and classification system for coordinated development of environment and economy—A case study of the city group in the Pearl River Delta. *Tropical Geography*, 1999, 19: 171-177.]

Evaluation of the Agricultural Industry – Resources System Coupling Effect in Zhifangou Watershed Based on Water and Soil Conservation

XIA Zi-lan¹, WANG Ji-jun^{1 2}

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling 712100, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, CAS & Ministry of Water Resources, Yangling 712100, China)

Abstract: The coupling of agricultural industry – resources system is characterized by not only the degree of two subsystems coupling coordination function, but also the coupling efficiency. Coupling coordination degree model and DEA method was used to evaluate the agricultural industry – resources system coupled effect in Zhifangou Watershed. The results showed that: soil and water conservation improved regional agricultural resources conditions, promoted the agricultural industry development, and improved their coupling coordination degree, during the 25 years in the study area, agricultural industry comprehensive value and agricultural resources comprehensive value increased by 0.427 and 0.764 respectively, the combination of coupling coordination degree increased 0.672. However, during the 10 years after the implementation of cropland conversion, since little or inadequate utilization of resources, the development of agricultural industry has been obviously lower than the increase of agricultural resources, caused the coordination degree of system coupling fluctuated and appeared to fall again in the final, and a crisis in system coupling coordination was made. In addition, compared to the significant and continuous improvement of resources and environments, the conversion efficiency from resources conditions to industrial benefit only changed in a small fluctuation amplitude, water and soil conservation worked little in improving the system coupling efficiency. According to the results of DEA projection analysis, the reasons were as follows: under the circumstances of little or inadequate utilization of

woodland and grassland resources ,the agricultural structure and resources structure differed greatly ,and the system structural contradiction affected its coupling efficiency ,and system evolution process lurked in a large crisis. Therefore ,we need to ensure relevant economy and policy environment which will benefit to making full use of woodland and grassland resources and to development of animal husbandry ,forestry and fruit industry. Then ,the system resources and industrial structure need to be optimized ,and the way of the resource utilization and industrial development need to be changed.

Key words: conservation of water and soil; agricultural industry-resources system; coupling coordination degree; DEA; Zhifanggou Watershed