

国家尺度区域农业系统协调度评价

杨世琦¹, 杨正礼^{1,*}, 高旺盛²

(1. 中国农业科学院受精环境与可持续发展研究所农业部农业环境与气候变化重点开放实验室, 北京 100081;

2. 中国农业大学区域农业发展中心, 北京 100094)

摘要:区域农业系统协调是农业持续高效发展的重要前提,也是构建和谐社会的主旋律。以数理统计学上的方差、平均数和变异系数原理为基础,构建了区域农业系统协调度评价的理论体系,其突出优点是既考虑指标间集中性,同时又考虑了离散性,评价结果更加客观科学。区域农业系统协调理论包括协调度概念、功效函数、功效系数、协调函数、协调度、协调度变化区间和协调等级等,核心是协调度与协调等级。区域农业系统评价指标体系的构建采用改进专家调查法,从生态、经济和社会子系统共筛选出 29 个评价指标。选取 1990~2003 年资料,对国家尺度区域农业系统协调度进行评价研究。研究表明:国家区域农业系统协调度呈现上升发展趋势,1997 年从失调转向协调,2000 年从弱度协调转向低度协调,总体呈现好转状态。经济子系统的协调等级从 1990 年的极度失调 1 级逐渐上升到 2003 年的高度协调 9 级。社会子系统的协调度在 1990~2000 年,从 1 级上升至 8 级协调等级,2001 年下降 6 级,2002 和 2003 两年上升至 7 级。生态子系统的协调等级由 1990 年的中度失调 3 级,上升到 2003 年低度协调 7 级。1990~1992 年,系统失调是由于生态、经济和社会子系统均处于失调状态;1993~1996 年,系统失调是由于经济和社会子系统处于失调状态,生态子系统是弱度协调;1997~2003 生态、经济和社会子系统的协调发展,系统转入协调状态,其中经济子系统贡献最大,成为决定系统协调度高低的主要原因,此时生态和社会子系统对区域农业系统协调发展有一定的制约作用。因此,发展农村经济,重视生态环境建设,构建和谐社会,是推动国家尺度区域农业系统协调发展的重要途径。

关键词:国家尺度;区域农业系统;协调度;功效系数;协调等级;改良专家调查法

文章编号:1000-0933(2008)08-4047-10 中图分类号:Q143 文献标识码:A

Appraising on harmony of regional agriculture system in national scale

YANG Shi-Qi¹, YANG Zheng-Li^{1,*}, GAO Wang-Sheng²

1 Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences Key Laboratory of Agro-Environment and Climate Change, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China

2 Research Center of Regional Agricultural Development, China Agricultural University, Beijing 100094, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(8): 4047~4056.

Abstract: Harmony of regional agricultural system is the precondition important of the agriculture sustainable and high efficiency development, and the same time is the main rhythm of constructing harmonious society. The theory of harmony coefficient of regional agricultural system is conceived by variance, mean value and variance coefficient, and the dominating merit is that this harmony theory takes into account index both concentricity and decentralization, therefore the appraising result is more external and scientific. The harmony theory of regional agricultural system consists of harmony conception,

基金项目:中央级公益性科研资助项目和“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD09B04)

收稿日期:2006-11-01; 修订日期:2008-05-02

作者简介:杨世琦(1970~),男,陕西人,副研究员,主要从事区域农业和生态农业研究. E-mail: shiqiyang@126.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yangzl@cjac.org.cn

Foundation item: The project was financially supported by national commonweal scientific research project of China (Study on agricultural environment evolvement and its restoring), and the 11th Five National Sci-Tech supporting program of China (No. 2006BAD09B04)

Received date: 2006-11-01; **Accepted date:** 2008-05-02

Biography: YANG Shi-Qi, Ph. D., Associate professor, mainly engaged in ecological agriculture and regional agriculture. E-mail: shiqiyang@126.com

efficacy function, efficacy coefficient, Function of harmony coefficient, harmony coefficient (HC), range of harmony coefficient, rank of harmony coefficient (RHC), and the core of harmony theory is HC and RHC. The appraising index system of regional agriculture is established by improving expert inquiry method, which includes 29 indexes and is filtrated from ecological subsystem, economic subsystem and social subsystem. From 1990 to 2003, HC of regional agricultural system in national scale is appraised. The results are: HC of regional agricultural system in national scale takes on ascending trend as a whole, and from maladjustment to harmony in 1997, and from feeble harmony to low harmony in 2000. RHC of economic subsystem ascends from top maladjustment (RHC 1) in 1990 to high harmony (RHC 9) in 2003. RHC of social subsystem ascends from top maladjustment (RHC 1) in 1990 to mid harmony (RHC 8) in 2000, after descending feeble harmony (RHC 6) in 2001, and ascending low harmony (RHC 7) in 2002 and 2003. RHC of ecological subsystem ascends from mid maladjustment (RHC 3) in 1990 to low harmony (RHC 7) in 2003. Regional agricultural system in national scale is maladjusted because of the maladjustment of ecological, economic and social subsystem from 1990 to 1992; and regional agricultural system in national scale is maladjusted on account of the maladjustment of economic and social subsystem as well as feeble harmony of ecological subsystem from 1993 to 1996; and regional agricultural system in national scale is harmony because of the harmony of ecological, economic and social subsystem from 1997 to 2003. Economic subsystem is the most important contribution to harmony of regional agricultural system in national scale, which decides the value of HC, but ecological and social subsystem produce negative function to harmony of regional agricultural system. Hence, the key approach of regional agricultural system in national scale is developing rural economy, regarding environment construction and constructing harmonious society.

Key Words: national scale; regional agriculture system (RAS); harmony coefficient (HC); efficacy coefficient; rank of harmony coefficient (RHC); improving expert inquiry method

1 协调理论模型的构建

协调是指系统之间或系统组成要素之间在发展过程中相互和谐一致、相互影响的平衡状态。在结构层次上,协调包括系统之间和系统内部要素之间的协调;在空间层次上,协调包括了区域内部之间和区域之间的协调;对于不同部门来讲,协调是同一部门或不同部门相关要素之间的匹配关系。本文研究结构层次上的系统协调关系。区域农业系统协调发展的本质是应该是经济发展和社会需求不是基于牺牲生态价值和破坏生态环境,而是经济发展、社会需求与生态保护和谐有机的共同状态。当生态、经济和社会子系统处于良性匹配,能量流动、价值流动和物质循环表现相互促进发展,表现为生态环境良好、经济增长和社会进步。

1.1 功效函数(efficacy function)

区域农业系统的协调发展也是由其序参量的状态决定。依据序参量发展变化的特征可以把它分为两类:第一类序参量目标追求极值(极大值或极小值),越是接近极大值或极小值时对系统的有序性越好,例如人均粮食占有量要高,水体污染物的含量要低;第二类序参量目标追求稳定值,要求不能太大也不能太小,只有在接近的情况下对系统的有序性越好,例如人口出生率不能太高也不能太低^[1,2]。序参量对系统有序性的贡献用功效系数 EC (efficacy coefficient) 表示,要求 EC 介于 0 和 1 之间,当目标最满意时取 $EC = 1$,当目标最差时取 $EC = 0$,描述 EC 的关系式称为功效函数(efficacy function),如果序参量用 E_{ji} 表示,则 $EC(V_{ji}) = F(V_{ji})$,其中 F 代表关系式, j 是子系统的下标($j \in [1, m]$), i 是子系统序参量的下标($i \in [1, n]$)。

序参量 V_{ji} 在系统实际表现值为 X_{ji} ($j = 1, 2, \dots, m; i = 1, 2, 3, \dots, n$), α_{ji} 、 β_{ji} 为系统稳定时指标变量 V_{ji} 的临界点上、下限,即 $\beta_{ji} \leq X_{ji} \leq \alpha_{ji}$,因此功效函数可以表示如下:

$$EC(V_{ji}) = \frac{X_{ji} - \beta_{ji}}{\alpha_{ji} - \beta_{ji}}, \beta_{ji} \leq X_{ji} \leq \alpha_{ji}, EC(V_{ji}) \text{ 具有正功效}$$

$$EC(V_{ji}) = \frac{\alpha_{ji} - X_{ji}}{\alpha_{ji} - \beta_{ji}}, \beta_{ji} \leq X_{ji} \leq \alpha_{ji}, EC(V_{ji}) \text{ 具有负功效}$$

式中, $EC(V_{ji})$ 为指标 V_i 对系统的有序的功效系数。

1.2 协调函数(function of harmony coefficient)

单一功效系数还不足以说明系统的协调发展状态,因此有必要建立一个以全部序参量为自变量的数学模型,称之为协调度函数(function of harmony coefficient, FHC),函数值称之为协调度(harmony coefficient, 缩写为 HC)。本文构建的协调函数是借用数理统计中的变异系数原理,同时考虑功效系数之间的集中性与离散性,用综合值来判定系统评价指标之间的统计特征,并用之衡量系统的发展状态。该协调函数的主要优点是既考虑了统计数字的集中性程度,还考虑其离散性程度,与以往评价函数相比更全面,对系统的评价更客观,结果更可靠。协调度函数模型如下:

$$HC = 1 - \frac{S}{EC(\bar{V})}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^m (EC(V_{ji}) - EC(\bar{V}))^2}{n-1}}$$

其中,

式中, $EC(V_{ji})$ 代表功效系数, $EC(\bar{V})$ 代表功效系数的平均值, n 代表功效系数的个数, k 为子系统的个数, m 为子系统中功效系数的个数。该协调函数对评价指标的功效系数值较低但比较接近时,也会取得较大的协调度,导致评价结果失真,但这种情况发生的机率很小,遇到此类情况时候,利用改进模型,就是在协调函数前乘上功效系数的平均值,作为系统的协调度。

1.3 协调度区间

协调度的取值应该限于某个区间内,有利于对系统的状态的把握,它是说明计算结果和判断系统协调性的重要依据。通过分析功效函数,其取值的范围是 $[1 - \sqrt{n}, 1]$, 其中 n 表示指标的个数, $\sqrt{n}$ 实际上表示变异系数,可以看出下限的范围是不确定的,随着考察指标个数的增加,协调度下限取值趋于减小,而上限取值稳定在 1。因此依据统计学原理,当变异系数超过 1 时(此时的协调度已经小于 0)表示数据的离散程度已经超过集中程度的 1 倍以上,数据的差异性明显大于相似性,表现在协调度上则已经小于 0,表明协调特征基本丧失。协调度的范围确定为 $[0, 1]$, 越大表示系统的协调性越大,越小表示协调性越差。

1.4 协调等级理论的构建

协调理论中协调度是用量化概念反映了系统的协调程度,但缺乏定性化的信息,因为在 $[0, 1]$ 区间内有无数个值代表无数个协调度,信息量太大和过于复杂。借用模糊数学思想,把一定区间的协调度隶属为同一类型,为此提出协调等级概念。协调等级指把协调度的范围划分成若干连续区间,每一区间代表一个协调等级,在此区间内的协调度属于同一协调等级,形成了连续的协调等级阶梯。协调等级与协调度相当于配置两个旋钮,一个是粗调按钮,一个是微调按钮,协调等级是粗调按钮,协调度是微调按钮。协调度与协调等级以及表示的含义详细见表 1。

表 1 协调等级(RHC)及含义
Table 1 Rank of harmony coefficient and its signification

协调度 HC	0.0000 ~ 0.1000	0.1001 ~ 0.2000	0.2001 ~ 0.3000	0.3001 ~ 0.4000	0.4001 ~ 0.5000	0.5001 ~ 0.6000	0.6001 ~ 0.7000	0.7001 ~ 0.8000	0.8001 ~ 0.9000	0.9001 ~ 1.0000
RHC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
含义 Signification	极度失调 TM	高度失调 HM	中度失调 MM	低度失调 LM	弱度失调 FM	弱度协调 FH	低度协调 LH	中度协调 MH	高度协调 HH	极度协调 TH

TM: top maladjustment; HM: high maladjustment; MM: mid maladjustment; LM: low maladjustment; FM: feeble maladjustment; FH: feeble harmony; LH: low harmony; MH: mid harmony; HH: high harmony; TH: top harmony

1.5 评价指标体系

评价指标体系是区域农业系统协调度评价理论的重要内容之一。区域农业具有自然特征,经济特点和社会属性,由此把区域农业系统分成自然、经济和社会 3 个子系统,在子系统中选取指标,研究子系统和子系统

所辖要素之间的协调关系,其实质是一个生态-经济-社会的复合系统(ecology-economy-society system,缩写为EES系统),它的发展状态可以从生态效益、经济效益和社会效益3个方面反映。本文采用改进专家调查法,在若干专家的著作与文章中,统计专家在同一研究领域内对同一评价指标关注的程度,并以出现频次为选择和排序依据,确定区域农业协调度评价指标体系。具体方法是:在“中国期刊全文数据库”中,首次检索词“评价指标”,检索形式选择“关键词、摘要和篇名”,检索学科范围包括农业、社会与经济学科或领域,检索时间范围设定为1994~2005年,检索结果是文献数量为17108篇,二次检索在“全文”中检索具体指标,得到评价指标在总文献中出现的次数,根据次数大小排序。检索时间在2005-08-20。指标体系见本文标题2中。

2 国家尺度区域农业系统协调度评价

国家尺度区域农业系统是在国家层面上,把整个国家看作成一个完整的农业系统,研究其结构特征与功能状态,以便进行综合评判。国家区域农业协调度评价指标体系是从生态、经济和社会3个子系统中选取29个评价指标,体现区域农业系统及子系统的主要结构与功能,总体反映区域农业系统发展的一般特征,能够揭示区域农业系统发展中存在的主要问题,在区域农业系统评价及其宏观发展战略上具有重要的指导作用。

2.1 数据分析

评价原始数据见表2,评价指标的功效系数见表2,区域农业系统与子系统的协调度见表3。主要数据来自国家统计局部门公开出版的统计资料^[3~7]。

表2 国家尺度区域农业系统评价指标原始数据^[3~7]

Table 2 The original data of regional agricultural system in national scale^[3~7]

指标 Index	年份 Year							
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
生态子系统	播种面积(hm ² /人)	0.130	0.129	0.127	0.125	0.124	0.125	0.125
	灌溉比例(%)	31.95	31.97	32.61	32.98	32.89	32.88	33.28
	灌溉地用水量(m ³ /hm ²)	—	—	—	7514.2	—	—	7649.9
	森林覆盖率(%)	12.98	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.92
	农药用量(kg/hm ²)	7.3	8.0	8.4	8.9	10.3	11.4	9.2
	化肥用量(kg/hm ²)	270.7	293.3	307.1	331.4	349.6	378.4	306.4
	成灾面积/受灾面积(%)	46.3	50.1	50.4	47.4	57	48.6	45.2
	粮食单产(kg/hm ²)	3933	4206	4342	4557	4500	4659	4823
	单位灌溉耕地废水量(t/hm ²)	—	—	—	—	—	756.9	408.9
	443.0							
经济子系统	人均GDP(元)	1634	1879	2287	2939	3923	4854	5576
	农民人均纯收入(元)	686.3	708.6	784	921	1221	1577.7	1926.1
	农村恩格尔系数(%)	58.8	57.6	57.6	58.1	58.9	58.6	56.3
	非农收入比例(%)	14.8	15.2	17.5	21.2	20.4	20.7	22.1
	人均支出/人均收入(%)	91.2	93.7	91.4	90.8	91.4	91.4	90.3
	GDP能耗(t/万元)	5.3	4.8	4.1	3.4	2.6	2.3	2.1
	百人电话量(部/百人)	0.6	0.7	1.0	1.5	2.4	3.7	5.0
	农机动力(kW/hm ²)	6.1	6.1	6.2	6.5	6.9	7.3	7.7
	农业财政支出(元/人)	19.4	21.0	23.0	27.3	33.4	35.5	41.7
	45.4							
社会子系统	人均粮食(kg)	390	376	378	386	371	385	412
	人均肉(kg)	25.0	27.1	29.3	32.4	37.5	43.4	37.5
	人均棉花(kg)	3.9	4.9	3.8	3.2	3.6	3.9	3.4
	人口自然增长率(‰)	14.39	12.98	11.6	11.45	11.21	10.55	10.42
	交通密度(km/km ²)	0.11	0.11	0.12	0.12	0.12	0.13	0.13
	病床数(张/千人)	2.3	2.32	2.34	2.36	2.36	2.34	2.34
	人均住房面积(m ²)	17.83	18.5	18.9	20.7	20.2	21.01	21.69
	升学率(%)	40.6	42.9	43.4	44.1	46.4	48.3	48.8
	农业技术人员(人/万人)	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.7
	二、三产业就业率(%)	20.6	20.7	22.3	24.9	26.8	28.2	28.8
	农村耗电量(kWh/人)	73.9	83.2	94.5	105.0	123.0	136.7	148.1
	160.2							

续表

指标 Index	年份 Year						上限	下限
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Upper limit	Lower limit
生态子系统	播种面积(hm ² /人)	0.125	0.124	0.123	0.122	0.120	0.118	0.100
	灌溉比例(%)	33.59	33.99	34.43	34.84	35.15	35.44	30.63
	灌溉地用水量(m ³ /hm ²)	7201.9	7279.3	7029.9	7052.1	6873.7	6355.4	4500.0
	森林覆盖率(%)	13.92	16.55	16.55	16.55	16.55	16.55	12
	农药用量(kg/hm ²)	9.5	10.2	10.0	10.0	10.4	10.7	7.0
	化肥用量(kg/hm ²)	315.0	319.2	323.3	333.3	344.6	357.5	223.7
	成灾面积/受灾面积(%)	50.2	53.5	62.9	60.9	58	59.8	33.0
	粮食单产(kg/hm ²)	4953	4945	4752.6	4800.3	4885.3	4872.9	3579.0
	单位灌溉耕地废水量(t/hm ²)	382.4	754.4	771.1	798.2	807.7	849.8	1000.0
经济子系统	人均 GDP(元)	6308	6551	7086	7651	8214	9101	1355.0
	农民人均纯收入(元)	2162	2210.3	2253.4	2366.4	2475.6	2622.2	545.0
	农村恩格尔系数(%)	53.4	52.6	49.1	47.7	46.2	45.6	60
	非农收入比例(%)	26.8	30.1	31.9	32.3	34.8	38.7	12.3
	人均支出/人均收入(%)	82.0	80.0	84.3	84.1	85.2	84.5	100.0
	GDP 能耗(t/万元)	1.7	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.0
	百人电话量(部/百人)	8.9	12.1	18.1	25.5	31.3	41.2	0.3
	农机动力(kW/hm ²)	8.6	9.2	9.8	10.2	10.7	11.2	2.8
	农业财政支出(元/人)	50.2	53.9	60.5	71.9	85.8	87.8	19.3
社会子系统	人均粮食(kg)	411	404	365	355	356	363	350
	人均肉(kg)	45.9	47.3	48.3	49.6	51.3	53.6	10.7
	人均棉花(kg)	3.6	3.0	3.5	4.2	3.8	3.8	2.8
	人口自然增长率(‰)	9.14	8.18	7.58	6.95	6.45	6.01	15.7
	交通密度(km/km ²)	0.14	0.15	0.15	0.18	0.19	0.20	0.1
	病床数(张/千人)	2.33	2.39	2.38	2.39	2.32	2.34	2.25
	人均住房面积(m ²)	23.71	24.23	24.82		26.53	27.42	16.7
	升学率(%)	50.7	50	51.1	52.9	58.3	60.2	38.1
	农业技术人员(人/万人)	5.1	5.2	5.3	5.3	5.2	5.3	3.8
	二、三产业就业率(%)	29.7	29.8	31.6	32.7	34.1	36.2	13.4
	农村耗电量(kWh/人)	163.7	172.8	191.0	204.6	233.0	265.7	64.0
								365.0

指标备注:涉及单位面积的指标均指单位耕地面积,化肥用量指折纯量,电话用量包括移动电话和固定电话,升学率指初中升学率,农村耗电量包括农村生活用电和生产用电;

资料来源备注:耕地面积来源 2004 中国农业发展报告;废水排放量 99 年以前来自《环境统计公告》,99 年以后来自《中国统计年鉴》,肉类产量、粮食产量、农业财政投资和棉花产量等来自《中国农业发展报告》,未作说明的数据全部来自《中国统计年鉴》1991~2005;

指标取值上、下限备注:

①播种面积人均下限 0.1hm²/人,鉴于我国受灾面积多年平均在 30% 左右,所以上限是在下限的基础上增加 30% 比较安全,也比较现实;

②灌溉比例的下限为 1998 年(是历史上少见的水灾年)的数据,上限是根据我国灌溉水资源与可灌溉耕地面积的计算的最高灌溉比例 52% 的 75% 来确定(1995 年的数据);

③灌溉地用水量下限 4500m³/hm²,上限 9000m³/hm²(一般灌水低限水量是 300m³/666.7m²,高水灌溉量的下限 600m³/666.7m², from: http://www.ep.net.cn/cgi-bin/ut/threaded_show.cgi?tid=10722&h=1&bpg=27&age=0);

④森林覆盖率的下限选为 12%,接近于 20 世纪 90 年代初的水平,上限为 23%,选用国家小康社会建设的目标,(来自:中国农村全面小康检测报告,国家统计局农村社会经济调查总队,北京:中国统计出版社,2004,11);

⑤农药用量的下限为 7kg/hm²,考虑到未来我国实际情况,农药用量还需增加上限定为 12 kg/hm²;

⑥化肥用量的下限为 1998 年的数据,上限选择 2003 年粮食单产最高的省——浙江省粮食单产 6166kg/hm²(施肥水平是 473kg/hm²)的施肥水平的 90% 计算(上海市是全国粮食单产最高的地区,选择省为标准);

⑦成灾面积/受灾面积的下限选择 1970 年的数据(是中国历史上自 1952 年以来该数据最小的年份),上限选择 1994 年的数据 65%(1952 年以来中国历史上的最大值);

- ⑧粮食单产下限是 1988 年的粮食平均产量,上限是上海市粮食历史上最到平均产量的 75% 计算(2003 年粮食平均产量是 6895Kg/hm²);
- ⑨单位灌溉耕地废水量依据正常灌水量的 10% 计算,依据《农业灌水水质标准》(<http://www.chinaep.net/hjbiao/hjbz/hjbz015.htm>),上限为国外污水灌溉大约为正常灌水的 2% ~ 5%,根据我国实际情况,取 5%;
- ⑩人均 GDP 的下限是 1988 年的数据,上限在 2003 年基础上大约增加 900 元左右(大约是年最大增长值);
- ⑪农民人均纯收入的下限为 1988 年的数据,上限为全国农村小康目标值的一半 3000 元/人(现在处于小康全面建设的初级阶段);
- ⑫农村恩格尔系数的下限选择联合国规定小于 0.6 温饱水平,上限选择农村全面小康值 0.4(联合国规定小于 0.4 为小康,中国农村全面小康检测报告(国家统计局农村社会经济调查总队,北京:中国统计出版社,2004,11));
- ⑬农村非农收入比例的下限是 1988 年的数据,农业与非农收入比例 1:1 为上限;
- ⑭人均支出/人均收入的上限是全部收入当年全部用于支出即 100%、下限是收入的 70% 用于当年支出,其余 30% 储存备用;
- ⑮GDP 耗能的下限中国 GDP 耗能是世界发达国家的 3 倍,根据当前发展现状,上限定为 1,下限是 1988 年的数据;
- ⑯百人电话量的下限是 1988 年的数据,上限 50% 是近年实现目标;
- ⑰农机动力下限是 1998 年得资料,上限为 15kW/hm²,考虑到我国人多地少,同时还有大量的坡耕地,所以上限目标是发达国家平均水平的 20% 左右,;
- ⑱农业财政支出的下限是 1988 年的数据,上限按年增长 10 ~ 15 元,确定为 100 元;
- ⑲人均粮食的下限是 1988 年的数据,上限是小康目标值得 90%,按 400kg 计算相对合理;
- ⑳人均肉的下限是 1988 年的数据,上限是依据人均每日按 0.2kg 计算得出的值,大约是发达国家平均水平的 60%;
- ㉑人均棉花的下限是小康值的一半,上限是小康值的 90%;
- ㉒人口自然增长率的下限是 1988 年的数据,上限依据人口世界人口增长率一般是 2‰ ~ 4‰,鉴于目前人口基数太大,选择 4‰;
- ㉓交通密度的下限是 1988 年的数据,上限按年增长 0.01 计算,是未来 4 ~ 5 的目标值;
- ㉔病床数的下限是 1988 年的数据,上限是依据欧美发达国家的水平是 3.7 ~ 5.3,选择为 2.7;
- ㉕人均住房面积的下限是 1988 年的数据,上限是 2005 年的小康水平的目标值;
- ㉖升学率的下限是 1988 年数据,上限是依据发达国际的水平,低于发达国家的 10 个百分点来确定的;
- ㉗农业技术人员下限是 1988 年的数据,上限是依据中等收入国家的水平为 10 人的 70%;
- ㉘二、三产业就业率的下限是 1989 年数据,上限是小康水平目标值的 75%;
- ㉙农村耗电量的下限是 1988 年数据,上限是每天 kWh/人电来计算的。

表 3 国家尺度区域农业评价指标的功效系数^[3~7]Table 3 Efficacy coefficient of index regional agricultural system in national scale^[3~7]

指标 Index		年份 Year						
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
生态子系统	播种面积	0.8504	0.8329	0.7763	0.7045	0.6768	0.6784	0.7002
	灌溉比例	0.1578	0.1601	0.2364	0.2810	0.2702	0.2689	0.2907
	灌溉地用水量	—	—	—	0.3302	—	—	—
	森林覆盖率	0.0891	0.1273	0.1273	0.1273	0.1273	0.1273	0.1273
	农药用量	0.9565	0.8753	0.8284	0.7643	0.5856	0.4443	0.7782
	化肥用量	0.7674	0.6562	0.5879	0.4675	0.3777	0.2354	0.6507
	成灾面积/受灾面积	0.4156	0.5344	0.5438	0.4500	0.7500	0.4875	0.3813
	粮食单产	0.2224	0.3938	0.4793	0.6143	0.5785	0.6784	0.8260
	单位灌溉耕地废水量	—	—	—	—	—	0.3473	0.8445
经济子系统	人均 GDP	0.0323	0.0606	0.1078	0.1832	0.2971	0.4047	0.4883
	农民人均纯收入	0.0576	0.0666	0.0974	0.1532	0.2754	0.4207	0.5626
	农村恩格尔系数	0.0600	0.1200	0.1200	0.0950	0.0550	0.0700	0.1850
	非农收入比例	0.0676	0.0769	0.1376	0.2365	0.2149	0.2217	0.2596
	人均支出/人均收入	0.2929	0.2103	0.2857	0.3073	0.2851	0.2851	0.3230
	GDP 能耗	0.0429	0.1576	0.3120	0.4764	0.6378	0.7152	0.7603
	百人电话量	0.0061	0.0087	0.0140	0.0245	0.0424	0.0676	0.0956
	农机动力	0.2669	0.2742	0.2818	0.3057	0.3387	0.3712	0.3976
	农业财政支出	0.0012	0.0214	0.0454	0.0990	0.1741	0.2010	0.2773
社会子系统	人均粮食	0.8060	0.5165	0.5558	0.7110	0.4276	0.7054	1.0000

续表

指标 Index		年份 Year						
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
	人均肉	0.2222	0.2558	0.2890	0.3377	0.4174	0.5090	0.4161
	人均棉花	0.6733	1.0000	0.6171	0.2092	0.4831	0.6695	0.3716
	人口自然增长率	0.0956	0.1985	0.2993	0.3102	0.3277	0.3759	0.3854
	交通密度	0.0876	0.0965	0.1075	0.1265	0.1506	0.1783	0.2019
	病床数	0.1111	0.1556	0.2000	0.2444	0.2444	0.2000	0.2000
	人均住房面积	0.0693	0.1104	0.1350	0.2454	0.2147	0.2644	0.3061
	升学率	0.0597	0.1146	0.1265	0.1432	0.1981	0.2434	0.2554
	农业技术人员	0.0452	0.0617	0.0847	0.1203	0.1684	0.1954	0.2909
	二、三产业就业率	0.2047	0.2053	0.2512	0.3234	0.3783	0.4184	0.4341
	农村耗电量	0.0328	0.0637	0.1012	0.1363	0.1959	0.2415	0.2794
指标 Index		年份 Year						
		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
生态子系统	播种面积	0.7013	0.7087	0.6948	0.6663	0.6286	0.5824	0.5127
	灌溉比例	0.3164	0.3532	0.4016	0.4545	0.5030	0.5400	0.5745
	灌溉地用水量	0.3000	0.3996	0.3824	0.4378	0.4329	0.4725	0.5877
	森林覆盖率	0.1745	0.1745	0.4136	0.4136	0.4136	0.4136	0.4136
	农药用量	0.7251	0.6871	0.5960	0.6274	0.6261	0.5727	0.5327
	化肥用量	0.5910	0.5487	0.5279	0.5075	0.4581	0.4024	0.3385
	成灾面积/受灾面积	0.7406	0.5375	0.6406	0.9344	0.8719	0.7813	0.8375
	粮食单产	0.7814	0.8631	0.8580	0.7372	0.7671	0.8205	0.8127
	单位灌溉耕地废水量	0.7957	0.8822	0.3508	0.3270	0.2883	0.2748	0.2146
经济子系统	人均 GDP	0.5436	0.5729	0.6010	0.6629	0.7283	0.7934	0.8960
	农民人均纯收入	0.6294	0.6587	0.6783	0.6959	0.7419	0.7864	0.8461
	农村恩格尔系数	0.2450	0.3300	0.3700	0.5450	0.6150	0.6900	0.7200
	非农收入比例	0.3106	0.3838	0.4712	0.5203	0.5296	0.5973	0.7003
	人均支出/人均收入	0.5135	0.5997	0.6662	0.5234	0.5312	0.4934	0.5183
	GDP 能耗	0.8036	0.8405	0.8634	0.8941	0.9090	0.9053	0.9024
	百人电话量	0.1299	0.1734	0.2371	0.3581	0.5073	0.6240	0.8234
	农机动力	0.4426	0.4791	0.5260	0.5712	0.6041	0.6441	0.6869
	农业财政支出	0.3229	0.3826	0.4282	0.5106	0.6521	0.8246	0.8491
社会子系统	人均粮食	0.9946	1.0000	1.0000	0.2932	0.0932	0.1164	0.2658
	人均肉	0.4964	0.5471	0.5691	0.5852	0.6054	0.6311	0.6680
	人均棉花	0.5417	0.4746	0.1440	0.4043	0.8049	0.6060	0.5652
	人口自然增长率	0.4117	0.4788	0.5489	0.5927	0.6387	0.6752	0.7073
	交通密度	0.2308	0.2673	0.3188	0.3551	0.5612	0.6091	0.6408
	病床数	0.2222	0.1778	0.3111	0.2889	0.3111	0.1556	0.2000
	人均住房面积	0.3528	0.4301	0.4620	0.4982	—	0.6031	0.6577
	升学率	0.3198	0.3007	0.2840	0.3103	0.3532	0.4821	0.5274
	农业技术人员	0.3570	0.4055	0.4373	0.4645	0.4653	0.4352	0.4641
	二、三产业就业率	0.4529	0.4614	0.4639	0.5146	0.5456	0.5841	0.6431
	农村耗电量	0.3195	0.3312	0.3614	0.4221	0.4670	0.5616	0.6699

表 4 国家尺度区域农业系统与子系统协调度及协调等级

Table 4 HC and RHC of regional agricultural system and its subsystem in national scale

指标 Index	年份 Year						
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
生态子系统 ecological subsystem							
协调度(HC)	0.2739	0.4123	0.4940	0.5316	0.5263	0.5055	0.5272
协调等级(RHC)	3	5	5	6	6	6	6
经济子系统 economic subsystem							
协调度(HC)	0.0000	0.1991	0.2937	0.3356	0.3145	0.3414	0.4487
协调等级(RHC)	1	2	3	4	4	4	5
社会子系统 social subsystem							
协调度(HC)	0.0000	0.0000	0.2747	0.3613	0.4927	0.4760	0.4109
协调等级(RHC)	1	1	3	4	5	5	5
区域农业系统(RAS)							
协调度(HC)	0.0000	0.0000	0.2052	0.3412	0.4274	0.4574	0.4406
协调等级(RHC)	1	1	3	4	5	5	5
指标 Index	年份 Year						
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
生态子系统 ecological subsystem							
协调度(HC)	0.5790	0.5858	0.6835	0.6636	0.6662	0.6729	0.6214
协调等级(RHC)	6	6	7	7	7	7	7
经济子系统 economic subsystem							
协调度(HC)	0.5232	0.5935	0.6514	0.7439	0.7999	0.8156	0.8374
协调等级(RHC)	6	6	7	8	8	9	9
社会子系统 social subsystem							
协调度(HC)	0.5007	0.4130	0.4634	0.7422	0.5920	0.6163	0.6868
协调等级(RHC)	6	5	5	8	6	7	7
区域农业系统(RAS)							
协调度(HC)	0.5320	0.5318	0.5987	0.6872	0.6763	0.6742	0.6802
协调等级(RHC)	6	6	6	7	7	7	7

3 分析与讨论

3.1 区域农业系统及其子系统的协调状态总体变化趋势

1990~2003年,国家尺度区域农业系统有7a失调和7a协调,呈现前期失调和后期协调发展态势;生态子系统是3年失调和11年协调,呈现前期失调和中后期协调;经济子系统是7a失调和7a协调,呈现前期失调和后期协调;社会子系统9a失调和5a协调,呈现前中期失调和后期协调。1990~2003年,区域农业系统的协调度呈现上升发展趋势,从1997年是失调向协调变化的转折点,2000年协调升级,从弱度协调升级到低度协调。1994年以后,生态子系统与区域农业系统的协调度比较接近,1997年以后这种接近特点更为明显,在协调等级上甚至完全相同。经济子系统的协调度呈现持续上升的态势,协调等级从1级逐渐上升到9级,1990年的极度失调,2003年高度协调。社会子系统的协调度在1990~1994年从1级上升至5级协调等级,1994年以后协调度处于缓慢波动状态,2000年协调等级最高至8级,2001年下降为6级,2002和2003年又上升至7级。

3.2 生态子系统的协调度变化分析

1990~2003年,生态子系统的协调度等级处于上升趋势,1990年的协调等级为3级,为中度失调,1991年协调等级上升为5级,为弱度失调。协调度提高的主要原因是灌溉面积、森林覆盖率、成灾面积/受灾面积以及单产水平等指标的能效系数提高,但播种面积、农药用量和化肥用量的能效系数下降,总体上升指标多于

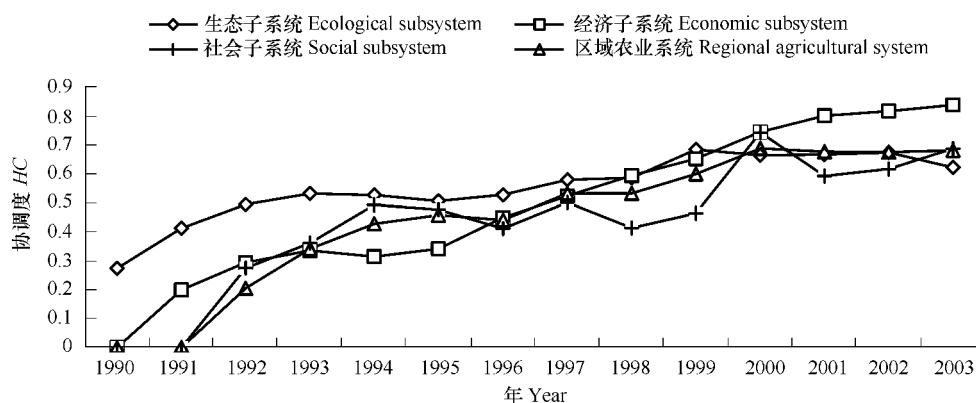


图1 国家尺度区域农业协调度变化趋势

Fig. 1 The trend of HC of regional agricultural system in national scale

下降指标。1992年协调度与1991年基本相同,虽是同一个协调等级但协调度是增加的。1993~1998年生态子系统为6级协调等级,由弱度失调转变为弱度协调,系统协调发生了质的变化,主要由于单位灌溉耕地废水量、粮食单产、化肥用量和农药用量等指标的能效系数明显增加,灌溉比例能效系数略有增加,森林覆盖率没有变化,成灾面积/受灾面积的能效系数有所降低。1997~2003年生态子系统的协调等级上升至7级,表现为低度协调,灌溉比例、灌溉地用水量、森林覆盖率和成灾面积/受灾面积的能效系数有较大的增加,灌溉面积、农药用量和粮食单产的指标的能效系数略有下降。

3.3 经济子系统的协调度变化分析

1990~2003年,经济子系统的协调等级由1级提升至9级,由极度失调发展到高度协调,反映了农村经济基本实现了预期的发展目标。1990年指标之间的协调性最差,协调度为0,指标的能效系数除了人均支出/人均收入和农机动力稍高以外,其它指标的能效系数小于0.1000,在绝对值和相对值上均是较低的水平,到1993年也没有发生实质性的改变。1996年能效系数才有较大幅度的增长,特别是人均GDP、农民人均纯收入、GDP耗能和农机动力等指标增长较大,其它指标增幅较低。1997~2003年,经济子系统由失调转入协调,协调等级上升,协调度增加,人均GDP、农民人均纯收入、GDP耗能、百人电话拥有量和农业财政收入等指标有较快的增长,能效系数超过0.8000;农村恩格尔系数、非农收入比例和农机动力等指标增长仅弱于前大于0.7000;只有人均支出/人均收入指标处于较低水平,有增长但比较缓慢。总体看来,国家尺度区域农业系统的经济子系统的发展形势良好。

3.4 社会子系统的协调度变化分析

1990~2003年,社会子系统的协调度变化呈现上升趋势,但年际之间的波动与生态和社会子系统相比要复杂一些。1990~1997年协调等级增加,1998年下降,2000年达到最大值,之后有所降低,但降幅度不大,2001年下降了2个等级,其它年份下降1个等级。1997年是社会子系统失调与协调的转折点。从能效系数变化可以看出,1990年,人口自然增长率、交通密度、人均住房面积、升学率、农业技术人员和农村耗电量能效系数很低(均小于0.1000);人均肉、病床数和二、三产业的就业率的能效系数较低;人均粮食和人均棉花的能效系数较高。社会子系统的主要特征:一是“丰衣足食”,“足食”年多于“丰衣”年;二是人均肉和二、三产业的就业率稳定增加,表明生活质量提高和农村就业状况改善,但总体水平不高;三是升学率的能效系数低且有较大的波动性,反映了农村教育水平不高。另外病床数的能效系数低反映了国家医疗服务体系整体水平不高;农业技术人员在1997年开始有明显的增加,但仍处于中等偏下水平;农村住房面积在2001年有较大的改善,交通密度具有稳定的增长趋势,反映农村物流条件已逐步得到改善;人口自然增长率在1999年以后有较大的降低;农村耗电量总体较低,从一定程度上反映农村生活、城乡差别、农村文化生活、信息与科技传播等社会问题有待进一步改善。

3.5 区域农业系统协调度变化分析

区域农业系统协调呈现上升状态,从1级上升到7级。从1995~1996年、1997~1998年和2000~2002年3个区段比较看,协调度有微小波动,其中1997~1998年波动小,其余两次相对较大。主要原因是由于社会子系统协调度的降低,尽管经济和生态子系统的协调度有所升高,但是降低幅度大于升高幅度。1990~1997年,生态系统子系统的协调度高于经济和社会子系统,对区域农业系统有“正”的拉动作用,而经济与社会子系统则是“正、负”交替,1998~2003年经济子系统的“正”的拉动作用强一些,生态与社会子系统虽然是“正、负”交替,但以“负”的作用为主。

4 讨论

(1)把研究区段分为前期(1990~1992年)、中期(1993~1996年)、后期(1997~2003年)3个发展阶段。前期失调是由于生态、经济和社会子系统均处于失调状态,中期失调是由于经济和社会子系统处于失调状态,尽管生态子系统协调,但只是弱度协调,所以系统仍然呈现失调状态。从1997年开始,由于生态、经济和社会子系统的协调发展,国家区域农业系统转入协调状态,其中经济子系统贡献最大,是决定系统协调度高低的主要原因,生态和社会子系统对区域农业系统协调发展有一定的制约作用。因此促进国家区域农业系统协调发展还应该重视农村生态环境建设,促进农村社会的健康有序发展。

(2)影响系统协调度大小有三方面原因:一是功效系数的大小,一般功效系数大,协调度就大;二是不同功效系的相对差异,差异大,协调度小;三是当功效系数差异小,在功效系数多为大值(趋向协调度区间的上限)的情况下,协调度大,在功效系数多为小值(趋向协调度区间的下限)的情况下,导致协调度可能大,但这种情况发生的几率非常小。国家尺度区域农业系统前期由于功效系数值小,同时以小值功效系数居多,因此系统的协调度就很低;后期功效系数值大,同时以大值功效系数居多,因此系统的协调度就高。生态、经济和社会子系统的协调度变化与区域农业系统协调度的变化相似。

(3)区域农业系统协调度的变化受指标功效系数的影响很大,个别或少数指标的系数并不能说明系统总体的协调状态,只有考察系统指标功效系数的合力,才能比较客观的反映系统的协调状态,通过对国家区域农业系统协调度的评价研究充分说明了这一点。

References:

- [1] Zhou F G. Valuation on coordinative development of the eco-economic system in Karst region, Guizhou province, *Carsologica Sinica*, 2004, 23(1): 14-19.
- [2] Yang S Q, Gao W S. Harmony coefficient theory and case study on agricultural ecosystem, *Journal of China Agricultural University*, 2006, 11(2): 7-12.
- [3] Dec. 30, 2003, The project team of well-off of national statistics of China, China net, <http://www.China.com.cn>
- [4] National Bureau of Statistics of China, and China Rural Survey Organization of society and economics. Study Report of China Rural Economics on 2003. Beijing: China Statistics Press, 2004.
- [5] National Bureau of Statistics of China. Chinese Cities & Counties Society and Economic Statistical Yearbook 2003, Beijing: China Statistical Press, 2003.
- [6] National Bureau of Statistics of China. China Statistical Yearbook 1991-2005. Beijing: China Statistical Press, 1991-2005.
- [7] The Editor Committee of China Agricultural Statistical Yearbook. China Agricultural Statistical Yearbook 1995-2003. Beijing: China Statistical Press, 1995-2005.

参考文献:

- [1] 周国富. 贵州喀斯特地区生态经济系统协调发展评价. 中国岩溶, 2004, 23(1): 14-19
- [2] 杨世琦, 高旺盛. 农业生态系统协调度测度理论与实证研究. 中国农业大学学报, 2006, 11(2): 7-12
- [3] Dec. 30. 2003 国家统计局小康研究课题组. 中国网 2000 年 12 月 30 日, <http://www.China.com.cn>.
- [4] 国家统计局. 农村社会经济调查总队. 中国农村经济调研报告 2003. 北京: 中国统计出版社, 2003.
- [5] 国家统计局. 中国县(市)社会经济统计年鉴 2003. 北京: 中国统计出版社, 2003.
- [6] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴 1991~2005. 北京: 中国统计出版社, 1991~2005.
- [7] 中国农业年鉴编辑委员会, 中国农业年鉴 1991~2005. 北京: 中国农业出版社, 1991~2005