

系统协调度模型的稳健性研究

刘 春,王 谦^①,管河山^②

(南华大学 经济管理学院,湖南 衡阳 421001)

[摘 要] 文章从指标选取角度来探究系统协调度模型的稳健性能,采用 Euclid 距离函数建立协调度模型稳健性能的客观评价方法。选取四种协调度模型并采集全国经济—能源—环境系统的相关数据进行实证,每个子系统各采集 10 个指标的数据;通过随机选取指标的子集反复测试,对比分析不同指标选取时协调度模型实证结果的波动性。实证表明:无论是协调度走势图形的直观分析,还是稳健性的客观量化评价结果,都表明了不同协调度模型的稳健性能存在较大的差异。

[关键词] 协调发展; 模型; 稳健性; 指标选取

[中图分类号] F224 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-0755(2014)05-0066-05

系统协调发展的理想状态刻画、协调度评价指标选择(数据采集)和协调度模型是系统协调发展的三大难题。现有的研究者在系统理想状态刻画和协调度建模方面大多进行了深入探讨,然而,对协调度评价指标选择方面仍停留在对实际问题分析的经验层面。当然,对具体的某个系统进行协调度建模和分析,理应根据系统实际情况来构建协调度评价指标,并采集相应的数据进行分析。然而不可否认的是,评价指标选取跟研究者个体对问题的认识和经验有直接关联,因此,研究者个体差异将给指标体系选取带来不一致性,进而影响到系统协调度实证结论的一致性。现有的系统协调发展研究文献对协调度的定义^[1-5]都强调了要素(指标)或子系统的搭配合理性对系统乃至整个体系的关键作用,却淡化了评价指标选取方面的理论分析和对比,取而代之的是强化模型实证的探讨。因此,对同一系统协调发展问题出现了多种协调度模型也就不足为奇了。比如,就能源—经济—环境系统协调发展方面,至今为止,学术界尚未形成一种公认的能被广泛接受的协调度模型。

本文所提出的协调度模型的稳健性是指在协调度模型在采用不同的评价指标测试时,其实证结果所呈现出来的相似性。一般认为,强稳健性的协调度模型一定程度上可以消减假设、数据与实际情况偏离而造成的实证偏差,使结果值更加合理、可靠,

因此模型具有更好的普适性。我们认为:一个可靠的协调度模型不仅能在协调分析实证中得到合理的结果,而且理论上对指标选取具有强稳健性,即系统协调度是对模型本质属性的定性且定量研究,因此作为系统是否协调的结论不应随着主观评价指标和具体评价模型的改变而发生改变。然而,我们可以看到在参考文献[2]、[3]、[4]、[8]、[9]、[10]中所示,系统协调与否、其发展是否合理的结论因作者主观选取的研究指标、口径以及度量模型的不一致而得出完全不同的结论。如果一个协调度模型把“合理性”过多的寄托在对评价指标选取(数据采集)的经验上,这势必影响到该模型的普适性。本文认为一个具有强稳健性的协调度模型更有利于避免数据采集(评价指标)差异造成的实证差异,这样才能确保模型具有较好的实用价值。本文从评价指标选取角度对系统协调度模型的稳健性能进行定性和定量分析,旨在为系统协调度建模提供模型性能分析的理论标准,这正是本文研究的出发点。

一 系统协调度模型概述

协调度模型是评价系统是否协调发展的主要方法,已有许多学者对此做了研究。比如,曾浩采用层次分析法^[6]、葛成军采用模糊函数理论^[7]、汤玲提出基于欧式距离的协调模型^[8]、廖重斌等通过引入离差系数^[9]、管河山采取夹角余弦值^[10]、王金南采取经济学洛伦兹曲线和基尼系数^[11]、胡绍雨运用主

[收稿日期] 2014-08-12

[基金项目] 湖南省科研创新立项课题“大数据时代金融时间序列长记忆性检验方法研究”资助(编号: CX2014B397)

[作者简介] 刘春(1964-),男,湖南衡阳人,南华大学经济管理学院副教授。

①南华大学经济管理学院硕士研究生。②南华大学经济管理学院副教授,博士后。

成分分析法和因子分析法^[12]、赵涛引入系统的增速和复合指数方程^[13]等分别推导和构建了系统协调度模型。尽管现有的协调度模型较多,但研究者们在实证过程中对评价指标选取(数据采集)的主观性未进行系统分析。大多数研究者都是根据自身对问题的认识和经验来建立评价指标体系,在此基础上采集数据开展实证分析,并没有系统地分析协调度模型本身的稳健性,而强调实证结果的“合理性”。

由于研究者个体认识和经验的差别,其对系统协调发展的指标体系选取很难处于相同的水平。我们知道,评价指标(数据采集)差异会对协调度分析结果造成直接的影响,过多地把“合理性”寄托在对

评价指标选取的经验上,这势必会影响该模型的普适性。因此,在系统协调发展方面,至今为止也未能形成一个被广泛认可和接受的建模思想,这不仅是因为系统协调发展研究的问题差异,一定程度上也是受制于协调度模型的指标选取经验化的影响。

本文将选取四种典型的系统协调度模型进行实证研究,主要包括:基于欧式距离构建的距离协调度模型、离差系数最小化的协调度模型、基于多元时间序列收敛状态分析的系统协调模型和能源-经济-环境 3E 系统协调模型进行对比分析,重点评估现有协调度模型在评价指标(数据采集)选取方面呈现出来的稳健性。四种系统协调度模型如表 1。

表 1 协调度模型

方法	模型	参考文献	备注
基于欧式距离构建的距离协调度模型	$C_s = \sqrt[3]{\prod_{i=1}^3 C_i}$	[8]	取值越大系统协调度越好
离差系数最小化的协调度模型	$Ct' = \left\{ f(x) \cdot g(y) / \left[\frac{f(x) + g(y)}{2} \right]^2 \right\}^k$	[9]	取值越大系统协调度越好
多元时间序列相似性度量的协调度模型	$S = \frac{1}{m * n} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \cos^2 \theta_{ij}$	[10]	取值越大系统协调度越好
能源-经济-环境 3E 系统协调模型	$C_s = \sqrt[3]{\prod_{i=1}^3 C_i}$	[13]	取值越大系统协调度越好

二 基于 Euclid 距离函数的稳健性评价方法

对于系统协调发展的某个时刻点,采用不同协调度模型计算得到的系统协调度的绝对取值通常是不同的,这是无可厚非的。然而,对于历史时间段内某个系统协调发展问题,该系统协调发展的历史趋势(递增或递减)应该存在唯一性。所以我们评价某个协调度模型的性能,仅分析协调度的绝对取值是不够的,而应更多地探讨历史时段内系统协调度的趋势。我们认为:一个强稳健的系统协调度模型不会过多地依赖于评价指标选取,即系统协调度历史趋势受评价指标选取变动的影响较少。

针对某个系统协调发展的问題,按某种评价指标体系 i 采集相应的数据,采用某个协调度模型计算得到各个历史时刻的协调度,将其结果记为 $C^{(i)} = \{C_1^{(i)}, C_2^{(i)}, \dots, C_T^{(i)}\}$,其中 T 表示数据采集的时间长度。考虑到系统协调度的评价指标选取(数据采集)的主观性,假定 n 种评价指标体系选取方法,分别计算得到的实证结果记为 $C = \{C^{(1)}, C^{(2)}, \dots, C^{(n)}\}$ 。为了评价协调度模型对评价指标体系选取变动的稳健性,本文将采用 Euclid 距离函数开展模型稳健性的评价。

给定两种评价指标选取方式,计算得到的协调度结果记为 $C^{(i_1)}$ 和 $C^{(i_2)}$ 。在此,我们不仅要考虑到

协调度的历史涨跌趋势,而且要准确度量其涨跌的幅度,因此,本文将计算协调度的历史递增(或递减)比率,得到序列 $D^{(i_1)}$ 和 $D^{(i_2)}$ 。进一步,采用 Euclid 距离函数计算两种协调度结果之间的空间距离 $S^{(i_1, i_2)}$,如果指标选取方式对协调度实证结果的影响较小,则序列 $D^{(i_1)}$ 和 $D^{(i_2)}$ 空间距离将趋向于零。计算公式如下:

$$S^{(i_1, i_2)} = \sum_{t=2}^T (D_t^{(i_1)} - D_t^{(i_2)})^2 \tag{1}$$

其中 $D_t^{(i)} = (C_t^{(i)} - C_{t-1}^{(i)})/C_{t-1}^{(i)}$ 其中 $t = 2, 3, \dots, T; i = i_1, i_2$

值得指出的是:根据上述公式计算得到的两个符号序列 $D^{(i_1)}$ 和 $D^{(i_2)}$,其第一个元素都为空。因为要进行趋势判定,所以协调度的第一个取值将被“丢弃”。 $S^{(i_1, i_2)}$ 取值越小表示协调度模型对这两种数据选取方式的差异具有较好的稳健性,这表明研究者在采用这两种评价指标体系时得到的实证结果具有高度相似性。这在一定程度上可以减弱指标选取主观性对协调度分析结果的影响。对于 n 种指标体系选取方案,分别计算其相应的协调度,并计算两两之间的空间距离 $S^{(i_1, i_2)}$,可以得到 $C_n^2 = n * (n - 1) / 2$ 个空间距离的取值,对其进行累加求和,计算其平均值,得到协调度模型的稳健性评价方法,

如下:

$$S = \sum_{i_1=1, i_2=i_1+1}^{n-1} S^{(i_1, i_2)} / [n^* (n-1) / 2] \tag{2}$$

S 取值越小表示协调度模型对数据选取变异具有强稳健性,这表明研究者在使用不同的评价指标选取(数据采集)方案时得到的实证结果具有高度相似性;反之,表示协调度模型对数据选取变异具有较差的稳健性。

三 协调模型实证分析

本文采集中国统计年鉴上的经济—能源—环境三大系统的 30 个指标(每个子系统各 10 个)的历史数据,采集时间段为 1990—2012 年。采用表 1 中的四种协调度模型进行实证,借助 Matlab 软件进行分析。实证过程中,为了考虑指标选取差异对协调

度分析结果的影响,我们随机选取各子系统的不同指标个数进行实验,分别记为:十指标、九指标、八指标、七指标、六指标、五指标,分析不同的评价指标选取方案下的协调度取值情况。

其中,基于欧式距离构建的距离协调度模型、离差系数最小化的协调度模型和多元时间序列相似性度量的协调度模型只考虑两大系统之间的协调度问题,因此对经济—能源—环境三大系统的协调度分析,本文分别采取两个子系统进行分析,分别求得经济—能源、经济—环境和能源—环境系统之间的协调度。而能源—经济—环境 3E 系统协调模型该方法只考虑三大系统之间的协调度。分别计算不同指标选取方案下的系统协调度,绘制系统协调发展的历史走势图形,如图 1 所示。

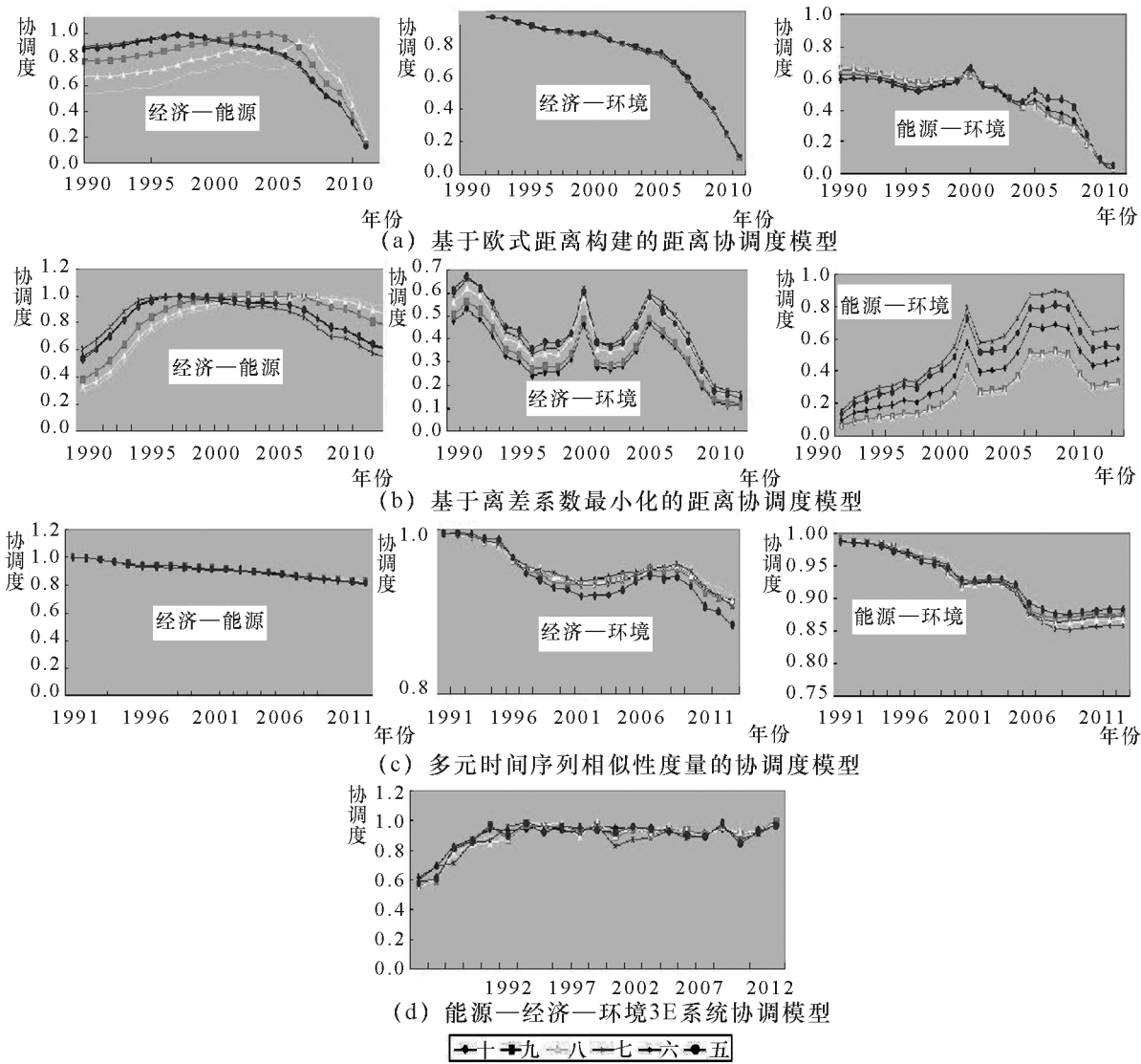


图 1 能源—经济—环境 3E 系统协调模型的计算结果

注:图中“十、九…”等表示子系统的指标选取个数

从图形来看:图 1(a)中经济—能源系统的协调度计算结果在不同指标体系选取时出现明显的波动,而经济—环境系统和能源—环境系统的协调度计算结果的差异较小;图 1(b)中经济—能源系统、经济—环境系统、能源—环境系统的协调度计算结果在不同指标体系选取时都出现了明显的波动;图 1(c)和图 1(d)中系统的协调度计算结果在不同指标体系选取时没有出现明显的波动。上述分析表明:基于欧式距离构建的距离协调度模型、离差系数

最小化的协调度模型的实证结果不具备强稳健性,而多元时间序列相似性度量的协调度模型、能源—经济—环境 3E 系统协调模型具备强稳健性。
进一步,我们采用稳健性量化评价方法(式 2)进行定量分析。针对四种协调度模型,分别计算不同指标选取方案时的系统协调度,然后采用稳健性评价模型计算出四种协调度模型的稳健性均值,如表 2 所示,其中能源—经济—环境 3E 系统协调模型只是计算了三个系统的协调度均值。

表 2 四种协调度模型的稳健性分析

协调度模型	基于欧式距离构建的距离协调度模型	离差系数最小化的协调度模型	多元时间序列相似性度量的协调度模型	能源—经济—环境 3E 系统协调模型
S(经济—能源)	0.580	0.676	0.021	
S(经济—环境)	0.065	0.433	0.057	0.927
S(能源—环境)	0.688	0.777	0.057	

从表 2 可以看出:四种协调度模型的取值呈现出较大的差异,其中,能源—经济—环境 3E 系统协调模型的稳健性取值达到 0.927,这表明,该方法对指标选取变动具有较差的稳健性,而多元时间序列相似性度量的协调度模型的稳健性取值都较小,这表明,该方法对指标选取变动具有较强稳健性,这表明该模型在采用不同的评价指标测试时,其实证结果所呈现出高度的相似性,因此该模型相对其他三个模型而言具有较好的普适性。

随着中国经济的快速发展,能源供需缺口增大、环境恶化都已经成为不争的事实,因此,系统协调度应该是呈现出下降的走势。从系统协调发展的历史走势的图形来看,基于欧式距离构建的距离协调度模型和多元时间序列相似性度量的协调度模型都能够较好地反映出这一现象。所以,无论从系统协调发展的实际状况来看,还是从模型稳健性能来看,多元时间序列相似性度量的协调度模型呈现出一定的

优势。

四 结 论

本文的稳健性主要是指协调度模型在面临不同的指标选取(数据采集)方案时,分析结果所呈现出的相似性(或一致性)。本文从指标体系选取角度探究系统协调度模型的稳健性能,采用 Euclid 距离函数建立协调度模型稳健性能的客观评价依据。实证表明,无论是协调度走势图形的主观分析,还是稳健性量化评价,都表明了现有的协调模型的稳健性能差异较大。与传统系统协调度研究所不同是,我们对协调度建模的分析,不仅要求模型在实证中能得到合理的结果,而且理论上对指标选取变动具有较好的稳健性,这样才能确保模型具有较好的普适性。本文所提出的模型稳健性能分析对开展系统协调发展建模具有一定的指导价值,这也是寻找系统协调度模型普适性的出发点。

附表:

三大系统指标选取列表

经济系统	国民总收入	国内生产总值	第一产业	第二产业	第三产业	人均国内生产总值	总税收	关税	财政收入	财政支出
能源系统	能源生产总量	原煤占比	原油占比	天然气占比	水电、核电、风电占比	能源消费总量	煤炭	石油占比	天然气占比	水电、核电、风电占比
环境系统	环境污染治理投资;工业污染源治理	工业污染治理完成投资	工业污染治理完成投资;废水	工业污染治理完成投资;废气	工业污染治理完成投资;固体废物	工业固体废物产生	工业固体废物综合利用	环境污染治理投资;工业资金来源	工业污染治理完成投资;噪声	工业污染治理完成投资;其他

注:九指标、八指标、七指标、六指标以及五指标都是本文在随机情况下分别依次去除第二个指标、第五个指标、第八个指标、第九个指标和第六个指标的情形。

[参考文献]

京:社会科学文献出版社,2009:81-86.

[1] 熊德平.农村金融与农村经济协调发展研究[M].北京:安贵鑫,张在旭,吕威.基于 SD 的我国能源环境—社

- 会经济系统协调发展研究[J]. 管理现代化, 2010(4): 51-52.
- [3] 张晓红. 我国电力产业与国民经济协调发展的理论与对策研究[D]. 上海: 东华大学, 2008.
- [4] 王 GZ, 刘 J. 基于 AHP-GRAM 模型的区域能源—经济—环境系统协调度评价研究[M]//关于机械学习和控制论的第九次国际会议. 北京: 北京出版社, 2010: 13-17.
- [5] 王 湃. 区域科技与经济协调发展评价理论与方法研究[D]. 长春: 吉林大学, 2008.
- [6] 陈长杰, 马晓微, 魏一鸣, 等. 基于可持续发展的中国经济——资源系统协调性分析[J]. 系统工程, 2004, 22(3): 34-39.
- [7] 柯 健, 李 超. 基于 DEA 聚类分析的中国各地区资源、环境与经济协调发展研究[J]. 中国软科学, 2005(2): 144-148.
- [8] 汤 玲, 李建平, 余乐安, 覃东海. 基于距离协调度模型的系统协调发展定量评价方法[J]. 系统工程理论与实践, 2010, 30(4): 594-602.
- [9] 廖重斌. 环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系[J]. 热带地理, 1999, 19(2): 171-177.
- [10] 管河山, 刘玘玘. 基于多元时间序列相似性度量的协调发展模型研究[J]. 南华大学学报: 社会科学版, 2012(6): 44-46.
- [11] 王金南, 逮元堂, 周劲松, 等. 基于 GDP 的中国资源环境基尼系数分析[J]. 中国环境科学, 2006, 26(1): 111-115.
- [12] 胡绍雨. 我国能源、经济与环境协调发展分析[J]. 技术经济与管理研究, 2013(4): 78-82.
- [13] 赵 涛, 李晷煜. 能源—经济—环境(3E)系统协调度评价模型研究[J]. 北京理工大学学报: 社科版, 2008. 10(2): 11-16.
- [14] 张尧庭. 广义相关系数及其应用[J]. 应用数学学报, 1978, 1(4): 312-320.
- [15] 李秀敏, 江卫华. 相关系数与相关性度量[J]. 数学的实践与认识, 2006, 36(12): 188-192.
- [16] 张世强, 吕杰能, 蒋 峥, 等. 关于相关系数的探讨[J]. 数学的实践与认识, 2009, 39(19): 102-107.

Research on the Robustness of System Coordination Model

LIU Chun, WANG Qian, GUAN He-shan

(University of South China, Hengyang 421001, China)

Abstract: From the perspective of indicator number, this paper puts especial attention to the robustness of system coordination model, and then takes advantage of Euclid distance function to build an objective evaluation method. Firstly, it collects national Economy-Environment-Energy systems data during 1990-2012, exactly, 10 indicators are selected by each subsystem. Secondly, it takes four classic models to repeatedly make some empirical research, through selecting the subset from universal set randomly. Finally makes a comparison of the four models from the aspect of model robustness. Practices find that robustness performance indicates the existing coordination models are different in both subjective analysis of coordination trends and objective evaluation.

Key words: coordinative development; model; robustness; indicator selection