

两化深度融合的测算及其对区域产业结构升级的影响

——基于三元复合协同模型

陈伟 陶长琪

(江西财经大学 统计学院 江西 南昌 330013)

摘要:新时期我国国民经济持续快速的发展越来越依赖于工业结构的转型。推动两化深度融合,促进产业创新与结构优化升级,成为今后我国强国富民的必由之路。根据两化深度融合特征,创新性地将其划分为三个阶段,运用协同理论建立包含工业化、信息化以及辅助因素的两化融合“三元”复合协同模型,并利用全国31个省市1991—2013年数据进行两化融合状况的再测算。同时,基于C-D生产函数形式,通过面板回归模型,依据两化融合推进阶段分段分析两化融合与产业结构优化升级之间的关系。结果表明,我国两化融合整体趋势向上,单一子系统的不均衡发展,将影响两化融合整体系统。两化融合水平可以促进产业结构优化升级,且随着融合的进一步推进,这种关系将更为明显。在融合早期,两化融合对产业结构的合理化作用强于高级化,而在中高级阶段,对高级化的促进作用更强。

关键词:两化融合;再测算;产业结构优化升级;三元复合协同模型

中图分类号:F490 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-6049(2017)06-0017-13

一、引言

近年来,随着中国经济发展进入新阶段,呈现出一系列新的特征。以往单纯依靠劳动、资本等简单生产要素投入而获取数量优势的发展模式已成为过去。发达国家的高新技术革命,也倒逼我国探索新的生产模式以适应时代的不断发展。实践表明,合理利用先进信息技术与传统工业生产技术结合,不仅可以促进产业生产效率,降低资源消耗,减少环境污染,增强产业经济效益,也可以提升基础产业的技术含量,优化我国当前的产业结构布局。因此,不断深入推进两化在各领域的深度融合,对我国优化和完善产业布局进而探索一条高速、高质、可持续的发展道路具有重要意义。

国外对两化研究始于对信息技术特点的归纳,一般认为信息技术的高科技性、高渗透性可以为不同行业间技术交互融合提供便利^[1-2]。通过信息技术与传统产业技术融合,一方面使得当代生产技术产生质的变化,进而推动生产效率与经济效益的提升;另一方面可以通过产业内在生产方式的转变,促进产业创新^[3]。因此,信息技术的快速发展不仅对其产业本身起到推动作用^[4],同时也可以推进产业转型,促进区域经济发展^[5]。有别于国外先工业革命再科技革命的递进顺序,新中国成立以来,为快速实现四个现代化,我国决定实行两化同步走的战略目标。因此,两化融合的研究,实际上是带有中国特色的研究。我国学者起初通过对工业社会演变规律的分析,认为信息化是后工业时代发展的

收稿日期:2017-09-22

基金项目:国家自然科学基金项目(71273122,71473109,41461025,71773041);江西省研究生创新专项(YC2017-B064)

作者简介:陈伟(1986—),男,江西上饶人,江西财经大学博士研究生,研究方向为数量经济学;陶长琪(1967—),男,江西临川人,江西财经大学教授,博士生导师,研究方向为数量经济学。

主要特征,两化融合势在必行^[6-7]。后续又通过对两化融合影响因素、内在推进模式与运行机理等的分析勾勒了两化融合的理论脉络^[8-9]。在此基础之上,通过构建两化融合指标^[10-11],利用各种定量方法明晰两化融合状况^[12-15]。一般而言,信息技术通过对传统产业生产技术改造,推动产业创新进而推动经济转型发展是得到认可的^[3]。在产业结构优化理论的发展中,其对影响因素的探究也逐步开始从原始的要素中解放出来,转而加入一些技术进步的因素^[16-17]。毫无疑问,信息作为技术创新的代表,也必然会参与到产业转型与产业发展当中,而信息的发展,又通过互动、嫁接、衍生等方式与产业技术相结合。因此,与其说信息参与产业创新,不如说是这种互动关系参与到产业创新的过程中。所以,明晰两化融合对产业结构优化升级所产生的作用,具有一定的理论意义。

与既有文献相比,本文的贡献之处在于:(1)根据我国对两化融合内涵认识的不同程度、推进的程度以及不同时期两化融合所呈现的不同特点,将我国两化融合划分为3个不同阶段。根据不同特征,分别设置3个阶段的指标体系,强化了对不同阶段设置不同标准的动态评价思想。(2)在两化融合互动的过程中,考虑了政策、市场、基础环境等两化融合辅助因素所起的作用,将辅助因素视作两化融合的催化剂参与到两化融合的互动模型中,设定了三元复合协同模型。(3)将两化融合状况作为影响产业结构优化升级的因素,运用面板回归模型,按照两化融合推进的程度,分阶段研究了两化融合状况与产业结构合理化与高级化之间的定量关系。

二、两化融合的测度模型

(一) 两化融合的阶段划分

工业化与信息化融合是一个极其复杂的过程,它是信息技术与工业技术全方位、多领域的一体化进程,是包括企业、产业、社会、区域等多个层次从微观向宏观的不断推进。因此,在不同社会发展阶段,也会呈现出不同特征。在融合早期阶段,我国工业基础薄弱,工业化与信息化的技术层次较低端。工业发展模式主要还是以依靠劳动密集型企业带动为主的粗放发展模式,相应的信息技术也属于起步的早期阶段,对工业化的渗透作用,也多处于企业的微观应用层面。随着融合的不断推进,两化融合进入中级阶段。此时,一方面,工业化的定义发生了实质性的改变,将科技和环境因素纳入考量,形成更具可持续发展动力的新型工业化,使得两化融合的内涵更为科学化、合理化;另一方面,随着信息技术的不断发展,其渗透作用日益加强,融合不仅仅局限在技术层面,更多开始向产品、业务渗透融合,使得信息化对工业化的渗透呈现出“以点带面”的新格局。到了两化融合的中高级阶段,工业化与信息化又有了新的变化,特别是信息化日新月异的技术发展,使其突破了原有两化融合对产品和产业本身的改进模式,逐渐转变为创新和衍生的模式。通过衍生和创新,使得两化融合对整个产业结构的优化升级产生了巨大的推动作用。因此,本文认为,根据两化融合不同阶段所呈现出的不同发展特点,可以将两化融合具体划分为3个阶段(表1)。

表1 我国两化融合发展阶段及其描述

阶段	融合基础	融合模式	融合特点
第一阶段(初级阶段) (1992—2002年)	薄弱	技术融合	粗放型工业模式为主,信息技术起步
第二阶段(中级阶段) (2003—2012年)	较薄弱	技术融合、产品业务融合	工业化转变为新型工业化,信息技术快速发展
第三阶段(中高级阶段) (2013年之后)	较好	技术融合、产品业务融合、产业创新与衍生	新型工业化,信息化高速发展,开始转向智能化

注:发展阶段的分界点分别以最早研究两化融合的时间、十六大提出新型工业化概念的时间、“两化深度融合”概念提出的时间为准。

(二) 基于多阶段下的两化融合“三元”复合协同理论模型

通常认为,两化融合的互动仅指信息化与工业化的两元互动,不包括其他元。或者即便有其他元

参与,也被认为仅仅影响两化的各个单一评价指标。但是我国经济社会的发展,很多都离不开中央的统筹规划,特别是在当前资源有限的情况下,合理优先安排符合国民生计利益的项目,是一种必然。正因如此,传统的两化融合二元模型中应加入辅助因素,合理、科学的两化融合过程应当是信息化、工业化与辅助因素三方面共同演进的发展过程。

在两化融合的辅助因素中,本文认为至少应该包含三个方面:一是以国家安排为主的政策因素,如国家专项资金、国家专项计划等;二是市场化程度,开放的市场可以促进要素的自由流动,其中就包括有利于两化融合的要素流动;三是基础设施,包括配套的设备、场地和科研机构的设立等。

由上述分析可知,两化融合实际上主要是信息化、工业化在辅助因素的参与下,通过正向与逆向作用使得它们渐进融合、共同发展。一方面,信息产业的高度发展,由其催生的新兴技术通过技术融合、产品融合、业务融合渗透到传统产业的生产、管理、销售等领域,促进传统产业发展;另一方面,传统产业作为信息化的应用对象,其对信息技术的发展具有反馈作用,影响信息技术的发展方向,同时各种辅助因素对于两化关系的互动产生催化剂功效。

鉴于此,本文利用德国物理学家哈肯提出的协同理论,研究信息化与工业化子系统构成的复杂系统的演化过程。在陶长琪^[15]构筑的新型工业化与信息化两化互动复合系统的基础上,加入辅助要素子系统,即整个三元复合系统应当由工业化子系统、信息化子系统和辅助因素子系统构成(图1)。

(三) 基于多阶段下的两化融合“三元”复合协同数理模型

1. 子系统有序度模型。设融合过程中的序参量为 $q = (q_{11}, q_{12}, \dots, q_{1n})$, 其中 $n \geq 1, \beta_{1i} \leq q_{1i} \leq \alpha_{1i}, i \in [1, n]$ 。在本文中,“两化融合”的序参量可以看成是各评价指标。假定 $q_{11}, q_{12}, \dots, q_{1j}$ 为慢弛豫参量,其取值与整个系统有序度成正比; $q_{1j+1}, q_{1j+2}, \dots, q_{1n}$ 为快弛豫参量,其取值与整个系统有序度成反比。因此对系统有序度定义如下:

定义 1: $u_1(q_1)$ 为子系统 1 的序参量 q_1 的有序度,计为:

$$u_1(q_1) = \begin{cases} \frac{q_{1i} - \beta_{1i}}{\alpha_{1i} - \beta_{1i}} & i \in [1, j] \\ \frac{\alpha_{1i} - q_{1i}}{\alpha_{1i} - \beta_{1i}} & i \in [j+1, n] \end{cases} \quad (1)$$

由如上定义可知 $u_1(q_1) \in [0, 1]$, 其值越大,序参量 q_1 对子系统有序度的贡献就越大。从整体看,序参量变量对整个产业融合有序度的贡献可利用几何平均或者线性加权求和求得,本文拟采用线性加权法得出,即:

$$U_1(q_1) = \sum_{j=1}^n \omega_j u_1(q_1) \quad \left(\omega_j \geq 0, \sum_{j=1}^n \omega_j = 1 \right) \quad (2)$$

定义 2: 式(2)定义的 $u_1(q_1)$ 为序参量 q_1 的系统有序度。

由上述定义可知,子系统 1 中的序参量有序度越大,则对整个复合系统的有序度贡献也越大。同理可以得到子系统 2 和子系统 3 的序参量 q_2 和 q_3 以及子系统 2 和子系统 3 的有序度 $U_2(q_2)$ 和 $U_3(q_3)$ 。

2. “三元”复合系统协同度模型。定义 3: 假设初始阶段 t_0 , 工业化系统有序度为 $U_1^0(q_1)$, 信息化系统有序度为 $U_2^0(q_2)$, 辅助系统有序度为 $U_3^0(q_3)$; 融合到时间 t_1 阶段后, 工业化系统有序度为 $U_1^1(q_1)$, 信息化系统有序度为 $U_2^1(q_2)$, 辅助系统有序度为 $U_3^1(q_3)$, 则两化融合复合系统的协同度定义如下:

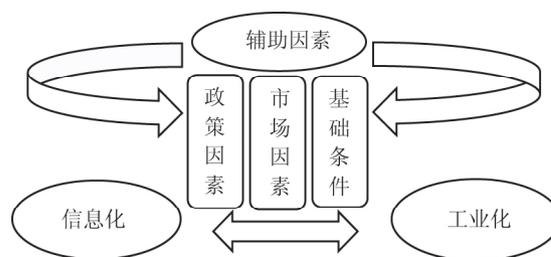


图 1 两化融合三元复合协同模型

$$XTD = \eta \sqrt[3]{|u_1^1(q_1) - u_1^0(q_1)| \times |u_2^1(q_2) - u_2^0(q_2)| \times |u_3^1(q_3) - u_3^0(q_3)|}$$

$$\text{其中 } \eta = \frac{\min_i [U_i^1(e_m) - U_i^0(e_m) \neq 0]}{|\min_i [U_i^1(e_m) - U_i^0(e_m) \neq 0]|} \quad (m = 1, 2, 3) \quad (3)$$

上式定义中参数 φ 的作用在于当且仅当所有的 $U_i^1(e_m) - U_i^0(e_m) > 0$ 时,系统才有正的协同度,只要出现负值就表明子系统间呈反方向变动,即不具备正的协调性。

三、两化深度融合的测算

表2 第一阶段信息化与工业化复合协同系统指标体系

系统	子系统	一级指标	二级指标
信息化与工业化复合协同系统	信息化子系统	信息化基础	长途电话交换机容量
			局用电话交换机容量
		信息化应用	广播人口覆盖率
			电视人口覆盖率
			信息化发展
	信息化人才	邮政电信业产业投入	
		电信和其他通信业从业人数	
	工业化子系统	工业化状况	国内生产总值
			数控设备总产值
		工业化效益	工业增加值
			工业企业利润总数
			企业成本费用利用率
	辅助因素子系统	人力资源利用	第二产业年末就业人数
			工业企业就业人数
		能源利用	全年能源消耗总量
政策因素			国家自然基金数
市场因素			国家产业计划项目数
基础因素	市场化指数		
	固定资产投入数		
		科学研究与开发机构数	

国内关于两化评价指标体系的研究较多,提出的评价标准也不尽相同。如龚炳铮^[10]从宏观、中观、微观3个层次对两化融合提出了评判标准。戴俊和黄秀清^[18]等分别从信息化环境、应用创新、影响效益3个方面提出构建两化融合指数。总体而言,当前文献缺乏对应不同阶段特征的动态评价指标,所以有必要分段构建能体现不同阶段特征的两化融合评价指标体系。本文在参考国内学者陶长琪^[15]、王瑜炜和秦辉^[19]、谢康等^[20]对于两化测度标准的基础上,结合十六大、十七大报告中对新时期工业化和信息化的解释,构建了信息化与工业化3个不同阶段的评价指标体系(表2~表4)。对于辅助环境因素,则按照前文分析,构建了包括3个方面的指标体系,即政策因素、市场因素、基础环境因素。

(二) 数据来源

本文对全国以及31个省市自治区从1992—2013年数据进行收集整理,所需数据来源于《中国统计年鉴》《中经数据库》《中国科技统计年鉴》《中国教育统计年鉴》《中国高技术产业统计年鉴》以及Wind金融资讯终端、各省国民经济和社会发展统计公报和樊纲的《中国市场化指数报告》^①。

(三) 序参量指标的赋权与相关计算

模型中各个指标权重表示其对整个系统的影响程度,目前赋权方法有很多种,如基于经验值赋权、基于相关矩阵的赋权、利用模糊数学的隶属度函数赋权等,本文采用信息熵赋权法进行运算。熵权法是一种较为客观的赋值方法,其原理是根据各个评价指标数值的变异程度所反映的信息量大小来确定权数,计算公式为:

$$H(M) = -k \sum_{i=1}^n P(M_i) \times \ln P(M_i) \quad (4)$$

①文中所涉及数据,有些省份缺失,本文根据该省其他年份数据线性补齐。

当综合评价指标中指标值变异程度越大,其所蕴含的信息熵就越小,则其提供的信息量就越大,所以认为权重也越大;反之,该指标的权重就越小。所以,我们根据各个指标的变异程度获取各个指标的权重即熵权,其基本计算步骤如下:

构建判断矩阵:

$$A = (a_{ij})_{m \times n} \quad (5)$$

对判断矩阵进行归一化处理,得到归一化矩阵:

$$B = (b_{ij})_{m \times n} \quad (6)$$

根据熵的定义,确定评价指标熵(H_i)。首先求出评价指标熵权(W):

$$W = (w_i)_{1 \times n} \quad (7)$$

其中 $w_i = (1 - H_i) / \left[\sum_{i=1}^n (1 - H_i) \right]$ 。

最后求出各指标权重集:

$$R = (r_{ij})_{m \times n}$$

$$R = B \times W \quad (8)$$

(四) “两化融合”复合系统协同度计算

分别对全国 31 个省市自治区的工业化、信息化以及辅助因素的各项指标进行计算,得出第一阶段和第二阶段分别以 1991 年和 2002 年为基期的两化融合协同度(表 5、表 6)。由于第三阶段划分从 2013 年开始,后续年份各省统计数据不同,同时整体数据量较少,故本文计算以前两阶段为主。若后续年份数据齐整,也可按照前述方法计算。

(五) “两化融合”复合系统分阶段实证结果描述与分析

由上述结果可以看出,在第一阶段(1992—2002 年),全国 31 个省市自治区的两化融合水平基本趋势是向上的,但可以发现在期初

的增长速率比较大,后续增长速率逐渐变缓,到 1998 年附近,两化增长速率又再次变大;第二阶段(2003—2012 年),全国各省市的两化融合增长基本趋势也是向上,增长速率在 2009 年附近发生较明显回撤,发达省份回撤幅度相对平缓,而欠发达地区的回撤较为明显,回撤后趋势又逐步恢复向上。

在现实中,形成上述结果的原因较为复杂。在第一阶段初期,工业化与信息化的基础都较为薄弱,各项指标的基数都较低,一旦先进的信息技术在传统产业中应用,就能迅速提升传统产业的劳动生产率,使得两化融合的边际效应递增。两化的技术融合相对较为简单,等中期后逐步进入产品和业务融合,期间需要一个转化的过程,这就使得两化融合后续的增长速率相对放缓。1998 年是全球信息

表3 第二阶段信息化与工业化复合协同系统指标体系

系统	子系统	一级指标	二级指标
信息化与工业化复合协同系统	信息化子系统	信息资源利用状况	移动电话交换机容量 局用电话交换机容量 长途电话交换机容量 广播人口覆盖率
		信息网络建设状况	电视人口覆盖率 长途光缆线路长度 本地电话用户数量
		信息技术应用状况	互联网上网人数
		信息产业发展状况	邮电业务量 邮电通信业固定资产投资额 信息、计算机、软件业投资额
		信息人才建设状况	计算机及电子行业从业人数 电信和其他通信业从业人数
	工业化子系统	工业化运行状况	国内生产总值 人均国内生产总值 工业增加值
		工业化科技含量	全年 R&D 经费支出 专利授权数
		工业化经济效益	工业企业利润总额 工业企业总资产贡献率 企业成本费用利用率
		人力资源利用	第二产业年末就业人数 工业企业全部就业人数
		资源环境状况	工业废水排放量 工业二氧化硫排放量 全年能源消耗总量
辅助因素子系统	政策因素	国家自然基金数 国家产业计划数	
	市场因素	市场化指数	
	基础因素	固定资产投资数 科学研究与开发机构数	

产业的一个高潮,互联网技术的快速推动,促使信息技术以几何级的速度发展,于是融合的速率再次提升。而在两化融合的中级阶段,也就是第二阶段,各要素基本能协调发展,使得趋势平缓向上。但是在2009年,出现了一定回撤,主要原因可能是2008年我国为应对全球金融危机,推出了4万亿的经济刺激计划。而这4万亿的经济刺激计划大部分是以固定资产投资为主,从而导致信息化与工业化发展出现暂时的失衡。同时我们发现,发达地区相对回撤较小,主要有两方面原因:一是由于发达地区原本的基础设施相对完善,国家的大规模经济刺激计划主要还是针对欠发达地区的基础设施建设;二是由于发达地区原有的科技、文化等软实力较为突出,即便增加一点基础设施的投入,科技进步和技术发展也可以跟上固定资产投资刺激的步伐。

四、两化融合对产业结构优化升级的影响

自库兹涅茨总结了比较完备的产业结构发展变化趋势以来,产业结构理论的研究一直是国外经济学研究的热点。自1986年产业结构理论被引入我国后,众多学者结合我国社会主义发展特点,做了许多理论和实证研究。实际上,劳动力、资本、技术进步、外商投资、贸易水平等都对产业结构的优化与升级产生作用^[21-22]。随着信息技术的迅速发展,近期也有学者开始对信息产业与区域产业结构优化升级之间的关系进行分析,认为信息产业与传统制造业的耦合确实可以促进区域产业结构优化升级^[23-24]。但是,随着经济社会的不断发展,信息已经不能作为一个单一要素参与产业结构优化升级的运行过程,更多的时候应当为两化融合整体。

(一) 两化融合与产业结构优化升级关系的理论分析

1. 区域产业结构升级测度维度。区域产业结构是区域竞争力的宏观基础,合理的产业结构可以有效促进区域经济的健康持续发展。因此,产业结构优化与升级对区域经济乃至国家经济都具有重要意义。一般来说,产业结构优化升级可以从产业结构的合理化和高级化两个层面考虑^[25]。所谓产业结构合理是指为提高经济效益,要求在一定的经济发展阶段上根据科学技术水平、消费需求结构、人口基本素质和资源条件,对不合理的产业结构进行调整,实现生产要素的合

表4 第三阶段工业化与信息化复合协同系统指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	
信息 化子 系 统	信息化基础环境	移动电话交换机容量	
		长途光缆总长度 光纤终端数	
	信息化应用状况	嵌入式软件市场规模 自动化行业市场规模 智能装备市场规模	
		电子信息产业年产值 电子商务交易规模	
	信息化发展状况	信息传输、软件和信息服务业 固定资产投资额度	
		电子通信业从业人数(软件服 务业、信息技术服务)	
	信息化人才建设状况	文化传媒业从业人数 信息技术咨询服务收入	
		信息化应用经济效益	数据处理与存储业务收入
	工 业 化 子 系 统	新型工业化运行状况	国内生产总值 国内人均生产总值 工业增加值 全年研发资金投入数 专利授权数
			新型工业化科技含量
新型工业化经济效益		高端制造业(电子、通信、电 器)总资产贡献率 工业固体废物产生量 空气中氮氧化物排放量 工业二氧化硫排放量	
		新型工业化环境 利用效率	科学研究与技术服务人数 高新产业(信息、软件、智能制 造业、生物工程)就业人数
辅 助 因 素 子 系 统		政策因素	国家自然科学基金数 国家产业计划数
		市场因素	市场化指数
	基础因素	固定资产投资数 科研开发机构数	

理配置,使各产业协调发展。而产业结构的高级化则是指一国经济发展重点或产业结构重心由第一产业向第二产业和第三产业逐次转移的过程,标志着一国经济发展水平的高低和发展方向。

2. 两化融合与区域产业结构升级的关系。众所周知,两化融合实质上是指利用信息技术的高科技、高渗透作用,改造传统工业生产模式,提升生产技术、提高生产效率、优化资源配置状况的过程。而先进的生产技术、合理的生产资源配置状况势必对区域产业结构造成正面、积极的影响。

(1) 两化融合与产业结构升级合理化。产业结构的合理化在学术上有多种定义,包括结构协调理论、结构动态均衡理论、资源配置理论等。而两化融合则是通过先进的电子信息技术渗透融合于传统生产技术,提升传统生产技术水平与优化现有资源配置的过程。所以从某种意义上说,两化融合的深入推进对产业结构合理化进程有一定影响。首先,两化融合模式中的技术融合,可以促进产业技术革新,提高生产效率。其次,随着两化融合的深入推进,生产与管理技术的融合在产业间的融合升级,逐步发展为产业融合,具有高技术、高效益和高效率等特点的新兴产业与传统工业产业的技术差距逐步缩小。再次,两化融合可以提高产业生产的要素配置效率,降低传统工业产业对自然资源依赖程度,减少工业发展所带来的环境污染,提升产业的可持续发展水平。最后,两化融合的深入推进使得产业技术得以革新与进步。而产业技术进步可以提高区域产业竞争优势,促进产业结构走向合理^[23]。

表5 第一阶段我国两化融合状况

年份	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
北京	0.097	0.262	0.395	0.481	0.527	0.582	0.621	0.695	0.771	0.856	0.938
天津	0.075	0.238	0.355	0.431	0.487	0.545	0.551	0.625	0.716	0.821	0.913
河北	0.061	0.198	0.307	0.415	0.482	0.518	0.546	0.611	0.718	0.795	0.899
山西	0.04	0.182	0.275	0.358	0.412	0.469	0.471	0.538	0.601	0.674	0.751
内蒙古	0.049	0.188	0.309	0.385	0.425	0.502	0.547	0.591	0.683	0.778	0.892
辽宁	0.047	0.205	0.331	0.409	0.472	0.531	0.558	0.617	0.692	0.796	0.898
吉林	0.041	0.179	0.271	0.352	0.409	0.461	0.489	0.533	0.591	0.681	0.767
黑龙江	0.044	0.166	0.279	0.361	0.411	0.457	0.502	0.511	0.579	0.665	0.758
上海	0.122	0.288	0.424	0.531	0.577	0.632	0.718	0.789	0.862	0.909	0.955
江苏	0.081	0.261	0.407	0.498	0.539	0.611	0.639	0.682	0.799	0.872	0.933
浙江	0.077	0.254	0.368	0.437	0.496	0.582	0.575	0.638	0.744	0.841	0.927
安徽	0.041	0.179	0.305	0.41	0.472	0.521	0.553	0.612	0.727	0.784	0.891
福建	0.058	0.217	0.344	0.452	0.471	0.535	0.551	0.626	0.713	0.834	0.909
江西	0.041	0.192	0.311	0.409	0.454	0.499	0.517	0.585	0.689	0.782	0.892
山东	0.071	0.238	0.377	0.419	0.487	0.575	0.602	0.639	0.738	0.822	0.915
河南	0.043	0.188	0.305	0.411	0.442	0.487	0.519	0.602	0.712	0.788	0.883
湖北	0.06	0.217	0.228	0.424	0.471	0.532	0.551	0.611	0.735	0.781	0.903
湖南	0.053	0.189	0.308	0.417	0.462	0.519	0.544	0.598	0.693	0.789	0.889
广东	0.091	0.271	0.407	0.474	0.529	0.601	0.616	0.688	0.781	0.869	0.942
广西	0.039	0.179	0.277	0.366	0.415	0.462	0.462	0.519	0.598	0.701	0.774
海南	0.04	0.181	0.268	0.371	0.419	0.457	0.471	0.525	0.617	0.699	0.775
重庆	0.072	0.247	0.371	0.442	0.478	0.557	0.601	0.641	0.739	0.828	0.909
四川	0.065	0.242	0.365	0.427	0.473	0.547	0.599	0.626	0.738	0.801	0.901
贵州	0.038	0.182	0.265	0.374	0.428	0.466	0.458	0.508	0.602	0.688	0.769
云南	0.04	0.189	0.307	0.396	0.442	0.468	0.502	0.576	0.654	0.755	0.878
西藏	0.028	0.151	0.247	0.311	0.389	0.421	0.442	0.498	0.557	0.633	0.709
陕西	0.058	0.199	0.315	0.435	0.488	0.551	0.572	0.596	0.733	0.779	0.902
甘肃	0.039	0.193	0.255	0.371	0.397	0.448	0.466	0.515	0.609	0.686	0.763
青海	0.032	0.184	0.258	0.355	0.364	0.437	0.429	0.503	0.588	0.672	0.759
宁夏	0.033	0.197	0.282	0.374	0.439	0.455	0.501	0.559	0.596	0.738	0.799
新疆	0.03	0.193	0.261	0.353	0.371	0.42	0.448	0.502	0.589	0.664	0.727

表6 第二阶段我国两化融合状况

年份	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
北京	0.125	0.208	0.327	0.445	0.572	0.684	0.673	0.741	0.829	0.938
天津	0.119	0.174	0.338	0.401	0.568	0.652	0.651	0.729	0.808	0.914
河北	0.092	0.171	0.268	0.429	0.539	0.608	0.576	0.652	0.781	0.901
山西	0.065	0.142	0.243	0.355	0.462	0.557	0.51	0.596	0.674	0.781
内蒙古	0.074	0.155	0.267	0.401	0.498	0.612	0.555	0.658	0.772	0.881
辽宁	0.082	0.181	0.257	0.378	0.472	0.589	0.609	0.664	0.765	0.899
吉林	0.074	0.145	0.241	0.382	0.445	0.567	0.529	0.598	0.661	0.759
黑龙江	0.069	0.137	0.231	0.349	0.452	0.551	0.493	0.579	0.664	0.755
上海	0.154	0.221	0.333	0.478	0.599	0.695	0.711	0.782	0.869	0.945
江苏	0.151	0.252	0.337	0.458	0.579	0.695	0.675	0.764	0.852	0.949
浙江	0.14	0.221	0.308	0.449	0.561	0.688	0.659	0.74	0.841	0.938
安徽	0.086	0.179	0.274	0.419	0.527	0.637	0.559	0.656	0.771	0.896
福建	0.093	0.182	0.306	0.418	0.556	0.652	0.626	0.737	0.812	0.905
江西	0.081	0.178	0.276	0.407	0.524	0.638	0.559	0.672	0.784	0.901
山东	0.121	0.192	0.314	0.426	0.568	0.677	0.659	0.709	0.785	0.91
河南	0.083	0.174	0.268	0.412	0.502	0.612	0.571	0.669	0.784	0.889
湖北	0.095	0.182	0.309	0.424	0.559	0.681	0.652	0.697	0.798	0.909
湖南	0.084	0.177	0.261	0.417	0.535	0.629	0.593	0.695	0.798	0.899
广东	0.148	0.198	0.287	0.438	0.559	0.69	0.662	0.741	0.836	0.931
广西	0.076	0.138	0.251	0.348	0.455	0.563	0.511	0.587	0.684	0.778
海南	0.073	0.141	0.249	0.332	0.461	0.558	0.505	0.576	0.702	0.782
重庆	0.122	0.201	0.313	0.441	0.549	0.668	0.659	0.711	0.814	0.915
四川	0.101	0.194	0.317	0.401	0.565	0.667	0.609	0.752	0.798	0.905
贵州	0.059	0.131	0.251	0.367	0.455	0.549	0.512	0.588	0.684	0.769
云南	0.063	0.151	0.286	0.392	0.487	0.555	0.56	0.609	0.727	0.817
西藏	0.048	0.122	0.241	0.335	0.441	0.501	0.538	0.601	0.684	0.729
陕西	0.081	0.186	0.258	0.427	0.55	0.662	0.629	0.687	0.785	0.874
甘肃	0.072	0.16	0.238	0.401	0.506	0.617	0.642	0.699	0.761	0.869
青海	0.056	0.154	0.232	0.389	0.492	0.601	0.63	0.676	0.724	0.771
宁夏	0.059	0.151	0.219	0.412	0.501	0.588	0.545	0.609	0.731	0.784
新疆	0.061	0.167	0.224	0.381	0.459	0.547	0.556	0.591	0.677	0.749

(2) 两化融合与产业结构升级高级化。区域产业结构高级化应当具备3个特点:高技术化、高集约化、高加工化。两化融合的推进,必然会推动产业生产管理技术的革新与发展,各种自动化、智能化技术在生产、管理、流通过程中的应用,势必改变原来第一、二产业中粗放与低效的生产管理模式,促进产业集约化生产,提升经济效益。同时,两化融合中的技术融合可以促进产品深度加工和二次加工,并通过产业衍生的模式,扩展产业生产的链条,推动产品从低端化向高端化发展。

通过以上分析,本文认为两化融合对产业结构优化升级具有重要影响(图2)。

(二) 产业结构优化升级的计算

1. 产业结构合理化的计算。本文结合结构偏离度指标与 Hamming 贴近度方法来测度产业结构的合理化,将一般的 Hamming 贴近度模型中国际标准模式三次产业的产出结构替换成当期产业间就业结构,如此既能兼顾产出结构与就业结构,又能体现产业间的差异性。具体公式为:

$$RIS = 1 - \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 |S_i^y - S_i^l| \quad (9)$$

其中, $S_i^y = Y_i/Y$ 和 $S_i^l = L_i/L$ 分别代表区域产业

结构中各产业的产值比重与就业比重。 RIS 越大,表明现有产业产出结构与就业结构越贴近,经济体结构模式越合理。数据处理时应剔除通货膨胀因素,而汇率则采用年均汇率,由此测算出我国31个省市自治区产业结构合理化的结果。

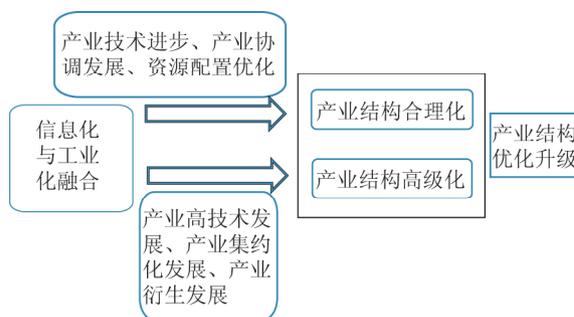


图2 两化融合与产业结构优化升级的关系

2. 产业结构高级化的计算。通过比较现有产业结构高级化度量指标的相关文献,本文采用付凌晖对产业结构高级化的测算方法(夹角余弦法)。定义产业结构高级化指标(AIS)如下:首先根据三次产业划分将GDP分成3个部分,每一个部分的增加值占GDP的比重作为空间向量中的一个分量,从而构成一组三维向量 $X_0 = (x_{10}, x_{20}, x_{30})$;然后分别计算与产业由低层次到高层次排列的向量 $X_1 = (1, 0, 0)$, $X_2 = (0, 1, 0)$, $X_3 = (0, 0, 1)$ 的夹角 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$:

$$\theta_j = \arccos \frac{\sum_{i=1}^3 (x_{ij} \times x_{i0})}{\sum_{i=1}^3 (x_{ij}^2)^{1/2} \sum_{i=1}^3 (x_{i0}^2)^{1/2}} \quad (j = 1, 2, 3) \quad (10)$$

定义产业结构高级化指标的计算公式如下:

$$AIS = \sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^k \theta_j \quad (11)$$

产业结构高级化指标(AIS)越大,表明产业结构高级化水平越高。根据三次产业增加值占GDP比重的数据,测算得到我国31个省市自治区产业结构高级化的结果。

(三) 基于C-D生产函数的两化融合程度与产业结构优化升级关系的实证

1. 基于C-D生产函数的两化融合程度与产业结构优化升级关系的模型设定。根据前文分析,将信息化与工业化融合程度视作一个要素,参与到产业结构优化进程当中。在罗默新经济理论的指导下,利用C-D生产函数形式,将两化融合程度内生化的,得到产业结构升级的内生增长模型: $IS = EA^\alpha B^\beta$,其中IS表示产业结构升级水平;E为影响产业结构升级的外生因素;A表示两化融合度;B代表影响产业结构升级的其他内生因素; α, β 分别为其弹性系数。

参考杜传忠和郭树龙^[17]、付宏等^[26]、齐亚伟和刘丹^[23]、高远东等^[27]关于产业结构优化升级影响因素的研究,本文将影响产业结构升级的因素归纳为以下几个方面:

(1) 两化融合状况(iofd):本文采用前文测算的两化融合度来代表两化融合状况。两化融合度反映了工业化与信息化融合发展的真实情况,两化融合越深入,信息化与工业化对产业升级的推动作用就越大,因此两化融合状况是产业结构升级的重要影响因素。

(2) 技术创新(te):李富强等^[28]用人均R&D经费支出来代表地区技术创新水平,考虑到数据的可操作性^①,本文采用专利申请授权数来表示技术创新。技术创新是产业发展的根本动力,是产业结构升级的关键影响因素。

(3) 消费需求(cd):本文采用居民消费水平来表示地区的消费需求。消费者对产品的需求是企业生产的直接影响因素,需求的变动会带来产业的变革,进而导致产业结构升级水平的变动。

(4) 政府支出(gc):本文用地方公共财政支出来表示政府消费支出力度。在一定程度上,政府能够通过加大消费支出力度来实现对产业发展的导向作用,借助市场规律实现产业调控,因此政府消费也是影响产业结构升级的重要因素。

(5) 国内投资(ins):本文用固定资产投资总额来表示国内投资。国内固定资产投资的产业倾向对产业结构升级有重要影响。

(6) 外商直接投资(fdi):在实证前,需要将外商直接投资数据用当年汇率折算成人民币。区别于国内投资,外商直接投资除了提供资本供给,还能带来技术外溢,这对于产业结构具有显著影响^[29-30]。

(7) 市场环境(me):本文采用市场化指数来反映地区的市场环境。市场环境通过改变资源配置方式、调整产业发展方向等来影响产业结构升级。

由此,可得到产业结构合理化、产业结构高级化的对数线性模型:

$$\ln RIS = \alpha + \beta_1 \ln iofd + \beta_2 \ln te + \beta_3 \ln cd + \beta_4 \ln gc + \beta_5 \ln ins + \beta_6 \ln fdi + \beta_7 \ln me \quad (12)$$

^①R&D内部经费支出数据的统计年限不能满足实证的需要。

$$\ln AIS = \alpha + \beta_1 \ln iofd + \beta_2 \ln te + \beta_3 \ln cd + \beta_4 \ln gc + \beta_5 \ln ins + \beta_6 \ln fdi + \beta_7 \ln me \quad (13)$$

在实际的产业发展过程中,技术创新不仅对产业结构升级具有直接影响,它还能够推动信息化与工业化的深度融合,即技术创新对两化融合有积极影响,而两化融合又对产业结构升级有重要影响。同时技术创新对产业结构升级还具有间接影响,为更准确分析产业结构升级的影响因素,将上述线性模型修正为:

$$\ln RIS = \alpha + \beta_1 \ln iofd + \beta_2 \ln te + \beta_3 \ln cd + \beta_4 \ln gc + \beta_5 \ln ins + \beta_6 \ln fdi + \beta_7 \ln me + \beta_8 \ln iofd \times \ln te \quad (14)$$

$$\ln AIS = \alpha + \beta_1 \ln iofd + \beta_2 \ln te + \beta_3 \ln cd + \beta_4 \ln gc + \beta_5 \ln ins + \beta_6 \ln fdi + \beta_7 \ln me + \beta_8 \ln iofd \times \ln te \quad (15)$$

2. 基于 C-D 生产函数的两化融合程度与产业结构优化升级关系的实证。(1) 产业结构升级影响因素的实证分析。分别将两阶段数据代入(由于部分因素的统计数据从 1996 年开始,故第一阶段以 1996—2002 年计算;第三阶段到目前为止时间较短,指标数据不全,暂不做数据实证分析,只做描述性说明)利用面板回归模型计算两阶段结果。面板回归模型的选择,一般主要根据

表 7 霍斯曼检验结果

		卡方值	P 值
第一阶段	高级化	38.43	0
	合理化	13.84	0.0078
第二阶段	高级化	73.44	0
	合理化	24.72	0.0001

曼检验结果判断。将两阶段数据进行霍斯曼检验后(表 7),确定本文采用面板回归的固定效应模型。

由表 8 可以看到,两化融合程度对两个阶段的合理化与高级化都具有正向作用。在第二阶段,两化融合对产业结构优化升级中的合理化促进作用

表 8 带交叉项的面板回归模型估计结果

	第一阶段		第二阶段	
	高级化	合理化	高级化	合理化
$\ln iofd$	0.243 ^{***} (3.15)	0.271 ^{**} (2.18)	0.384 ^{***} (3.03)	0.358 ^{**} (2.26)
$\ln te$	0.0157 (0.21)	0.244 ^{**} (2.02)	0.0179 (0.55)	0.282 ^{***} (3.83)
$\ln cd$	0.119 ^{***} (19.26)	0.140 ^{***} (14.07)	0.125 ^{***} (24.54)	0.117 ^{***} (12.43)
$\ln gc$	0.0208 ^{***} (3.55)	0.0664 ^{***} (7.02)	0.0251 ^{***} (3.69)	0.0510 ^{***} (4.04)
$\ln ins$	-0.00692 (-0.56)	0.0146 (0.72)	0.0278 ^{***} (4.92)	0.0276 (0.26)
$\ln fdi$	0.366 ^{***} (2.62)	-0.000256 (-0.00)	-0.00283 (-1.45)	0.0192 ^{***} (5.32)
$\ln me$	0.0284 ^{**} (2.05)	0.0647 ^{**} (2.90)	0.0168 ^{**} (2.48)	0.0209 (1.66)
$\ln iofd \times \ln te$	0.126 (1.93)	0.256 ^{**} (2.44)	0.235 ^{***} (2.80)	0.123 (1.82)
Adj-R ²	0.770	0.701	0.838	0.733

注:括号内为 t 值;*、**、*** 分别表示在 10%、5% 及 1% 水平下显著。

更为明显;而在第二阶段,其对高级化促进作用更为明显。随着两化融合进程由第一阶段发展到第二阶段,两化融合度对产业结构升级的合理化和高级化促进作用都得到相应加强。技术创新水平对两阶段产业结构高级化都有为正当不显著的影响,而对产业结构合理化具有显著正向影响。居民消费、政府消费支出及市场化指数对产业结构合理化与高级化都具有显著正向影响,这表明消费及市场环境是引导产业结构升级的重要因素。在信息化与工业化融合的第一阶段,国内投资对产业结构升级作用不明显,外商直接投资能显著促进产业结构高级化,而技术创新通过两化融合发挥的间接效应,主要作用于产业结构合理化;当两化融合深入到第二阶段时,外商直接投资主要作用于产业结构合理化,国内投资主要作用于产业结构高级化,而技术创新的间接效应也对产业结构高级化有显著正向影响。

虽然由于年份间隔短而没有测度两化融合的第三阶段,但根据已掌握的指标体系中多数评价指标数据分析,两化融合在第三阶段还是呈现总体上升的趋势。因为从已经测算获得的产业结构合理化与高级化 2013—2015 年结果来看,其上升趋势是显而易见的,由此可以判断两者具备一定的正相关性(具体定量关系,需要在统计数据健全以后获得)。

形成上述结果的原因较为复杂,但在两个阶段中我国经济发展的侧重和发展特征是造成上述结果的主要原因。(1) 随着两化融合推进,两化融合状况对产业结构优化升级合理化与高级化影响系数

逐渐变大。这是因为随着经济发展,一方面两化融合可以促进原有传统产业中应用技术更为数字化、智能化,从而导致产业经济效益和生产效率提升,优化产业发展;另一方面两化进一步融合可以衍生出一些更具有高科技特性的新产业,从而使得整个社会的产业发展更为有效合理。(2)在第一阶段,经济社会发展基本以粗放型发展为主,其主要表现为劳动密集型企业的增加和大量资本的投入,并且在此期间资产类的投入大部分是发展基础设施以及低端产品的重复建设,此部分失衡投入对资源有效分配是起阻碍作用的。到了第二阶段,我国经济发展开始逐步合理布局,资本投入开始由部分有序进入到由信息技术和传统产业技术所衍生的高新产业。因此,这种失衡现象开始缓解,资本对产业结构升级的阻碍作用开始减小。(3)在第一阶段,我国工业化与信息化都刚刚起步,产业的发展主要集中在合理化的维度,而外商直接投资涉及的行业相对当时的产业体系而言,都是较为高级的,因此外资能促进高级化发展;当融合进入到第二阶段,我国工业化发展已经相对成熟,国内投资及两化融合开始转变为提升我国产业结构的高级化程度,此时外资所涉企业已逐渐变为代工企业,其生产技术不再高级,但是产品结构相比内资企业更为合理,所以此时外资能显著促进产业结构合理化发展。

(2) 内生性检验。在上述模型的估计过程中,双向或逆向因果关系的存在会导致模型产生内生性问题,因此需要进行内生性检验。系统 GMM 估计法是内生性检验常用的方法,它将内生解释变量的差分滞后项设为工具变量,能够较好地解决模型估计的有偏及不一致问题,且能够克服一阶差分 GMM 的弱变量问题^[31-32]。因此本文采用系统 GMM 估计法进行模型内生性检验(表 9),结果表明,各个模型的工具变量均通过了 Sargan 检验,说明工具变量是有效的。此外,系统 GMM 估计得到的系数方向与表 8 各变量系数方向一致,进一步验证了区域两化融合度是影响产业结构合理化、高级化发展的关键因素,技术创新是两化融合带动产业发展的关键驱动力。

(3) 稳健性检验。采用在原有模型的基础上剔除控制变量的方法来检验上述模型的稳健性,剔除的控制变量为国内投资,检验结果见表 10。对照表 8 与表 10 可知,在分别以产业结构合理化和高级化作为被解释变量时,各个解释变量、控制变量以及两化融合与技术创新的交互项估计系数的方向与显著性几乎没有改变,两化融合度

表 9 模型的内生性检验

变量	第一阶段		第二阶段	
	高级化	合理化	高级化	合理化
两化融合	0.168*** (3.38)	0.167** (2.07)	0.222*** (3.59)	0.231*** (3.23)
技术创新	0.00647 (0.10)	0.0291*** (2.84)	0.00282 (0.83)	0.0232*** (3.86)
居民消费	0.120*** (19.71)	0.139*** (14.18)	0.136*** (27.44)	0.116*** (13.19)
政府支出	0.0212*** (3.65)	0.0656*** (6.99)	0.00223 (0.51)	0.0487*** (6.21)
国内投资	-0.00786 (-0.99)	0.0097 (0.58)	0.0276*** (2.83)	0.0137 (0.21)
外商投资	0.256*** (3.34)	0.00113 (0.27)	-0.00869 (-0.23)	0.0198** (2.09)
市场环境	0.0288* (2.09)	0.0638** (2.87)	0.0207** (2.95)	0.0206 (1.65)
交叉项	0.134** (2.11)	0.094** (2.34)	0.221** (2.57)	0.0503 (1.64)
Adj-R ²	0.698	0.602	0.837	0.732
Sargan	0.537	0.362	0.316	0.278

注:括号内为 t 值;*、**、*** 分别表示在 10%、5% 及 1% 水平下显著。

表 10 模型的稳健性检验结果

变量	第一阶段		第二阶段	
	高级化	合理化	高级化	合理化
lniofd	0.253*** (3.38)	0.250** (2.07)	0.284*** (3.59)	0.312*** (3.23)
lnite	-0.065 (-0.10)	0.291*** (2.84)	-0.0282 (-0.83)	0.232*** (3.86)
lncd	0.120*** (19.71)	0.139*** (14.18)	0.136*** (27.44)	0.116*** (13.19)
lngc	0.0212*** (3.65)	0.0656*** (6.99)	0.0223 (0.51)	0.0487*** (6.21)
lnfdi	0.393*** (2.99)	-0.0563 (-0.27)	-0.00869*** (-5.23)	0.0198*** (6.69)
lnme	0.0288* (2.09)	0.0638*** (2.87)	0.0207** (2.95)	0.0206 (1.65)
lniofd × lnite	0.134** (2.11)	0.240** (2.34)	0.00442** (2.57)	0.00503 (1.64)
Adj-R ²	0.771	0.702	0.825	0.734

注:括号内为 t 值;*、**、*** 分别表示在 10%、5% 及 1% 水平下显著。

对产业结构“两化”的正向促进作用显著且稳定,由此可知本文的实证结果是稳健的。

五、结论与政策建议

大力推进信息化与工业化融合,提升两化融合程度,对加快经济结构转型具有重要意义。本文通过分析得出的结论有:(1)随着信息化与工业化融合不断深化,我国两化融合整体发展趋势向上。(2)在不同阶段,两化融合趋势短期内会有反复,主要原因在于外力因素导致复合系统中子系统的发展暂时性失衡。(3)两化融合对区域产业结构升级具有正向促进作用,且随着融合阶段的推进,作用越加明显。同时在初级阶段,两化融合对产业结构的合理化作用强于高级化,当进入中级阶段后,对高级化的作用强于对合理化的作用。(4)技术创新作为两化融合与产业结构升级的媒介,是两化融合带动区域产业结构优化升级的关键。

通过上述结论,本文认为要更好地推进两化融合并利用两化融合推进区域产业结构合理布局。首先,应当合理协调发展工业经济,减少大规模外力推动或者阻碍经济系统内在运行规律,避免复合系统中单一子系统的失衡发展。其次,根据两化融合不同阶段发展的特点,合理规划,开放市场,推动辅助因素更好、更合理地作用于信息化与工业化。再次,当前我国进入两化融合的中高级阶段,两化融合对产业结构升级的高级化具有更强的带动作用,应大力两发展化融合衍生的新领域,推进第三产业发展,合理布局产业结构。最后,大力推动全民创新,强化技术创新作为两化融合带动产业升级的重要动力的作用。

参考文献:

- [1] DEWAN S, KRAELNER K L. Information technology and productivity: evidence from country level data [J]. *Management science* 2000, 46(4): 123-131.
- [2] BALLY N. Deriving managerial implications from technological convergence along the innovation process: a case study on the telecommunications industry [C]. *Swiss federal institute of technology* 2005, 21(2): 232-241.
- [3] GUST C, MARQUEZ J. International comparisons of productivity growth: the role of information technology and regulatory practices [J]. *Labour economics* 2004, 11(1): 45-60.
- [4] GAMBARDELLA A, TORRISI S. Does technological convergence imply convergence in markets? Evidence from the electronics industry [J]. *Research policy*, 1998, 27(5): 445-463.
- [5] JORGENSON D W. Information technology and the U. S. economy [J]. *American economic review* 2001, 91(1): 233-252.
- [6] 乌家培. 正确处理信息化与工业化的关系 [J]. *经济研究*, 1993(12): 70-71.
- [7] 周叔莲. 重视信息化大力推进信息化与工业化融合 [J]. *中国井冈山干部学院学报* 2008(3): 42-48.
- [8] 王晰巍, 安超, 初毅. 信息化与工业化融合的评价指标及评价方法研究 [J]. *图书情报工作* 2011(6): 16-22.
- [9] 易明, 李奎. 信息化与工业化融合的模式选择及政策建议 [J]. *宏观经济研究* 2011(9): 21-33.
- [10] 龚炳铮. 信息化与工业化融合的评价和方法探讨 [J]. *中国信息界* 2008(8): 21-24.
- [11] 茶洪旺, 唐勇. 我国工业化与信息化相互促进的实证分析 [J]. *经济研究参考* 2014(10): 47-59.
- [12] 黄体鸿, 侯仁勇, 陈天笑. 我国两化融合水平区域差异分析 [J]. *武汉理工大学学报: 信息与管理工程版* 2010(5): 32-47.
- [13] 李光勤. 工业化带动信息化还是信息化带动工业化——基于修正的菲德模型实证分析 [J]. *统计与信息论坛*, 2014, 29(5): 12-24.
- [14] 谢康, 肖静华, 周先波, 等. 中国工业化与信息化融合质量: 理论与实证 [J]. *经济研究* 2012, 47(1): 4-6.
- [15] 陈伟, 陶长琪. 基于复合协同模型的江西省与全国“两化融合”水平对比分析 [J]. *信息系统学报* 2012(2): 33-48.
- [16] 张若雪. 人力资本、技术采用与产业结构升级 [J]. *财经科学* 2010(2): 66-74.
- [17] 杜传忠, 郭树龙. 中国产业结构升级的影响因素分析——兼论后金融危机时代中国产业结构升级的思路 [J]. *广东社会科学* 2011(4): 16-29.

- [18]戴俊 黄秀清. 信息化与工业化融合水平评估体系探索[C]. 两化融合与物联网发展学术研讨会论文集 2010:35-44.
- [19]王瑜炜 秦辉. 中国信息化与新型工业化耦合格局及其变化机制分析[J]. 经济地理 2014(2):29-42.
- [20]谢康 肖静华 乌家培 等. 协调成本与经济增长: 工业化与经济化融合的视角[J]. 创新 2016(5):15-25.
- [21]王美今 沈绿珠. 外商直接投资与区域产业结构变动的关联效应[J]. 统计研究 2001(2):36-48.
- [22]吴进红. 对外贸易与江苏产业升级[J]. 南京社会科学 2006(3):5-17.
- [23]齐亚伟 刘丹. 信息产业发展促进区域产业结构合理化的灰色关联分析[J]. 经济经纬 2014(7):28-37.
- [24]陶长琪 周璇. 产业融合下的产业结构优化升级效应分析——基于信息产业与制造业耦联的实证研究. [J]. 产业经济研究 2015(3):21-31+110.
- [25]李博 胡进. 中国产业结构优化升级的测度和比较分析[J]. 管理科学 2008(4):13-25.
- [26]付宏 毛蕴诗 宋来胜. 创新对产业结构高级化影响的实证研究——基于2000—2011年的省际面板数据[J]. 中国工业经济 2013(9):56-68.
- [27]高远东 张卫国 阳琴. 中国产业结构高级化的影响因素研究[J]. 经济地理 2015(6):96-101.
- [28]李富强 董直庆 王林辉. 制度主导、要素贡献和我国经济增长动力的分类检验[J]. 经济研究 2008(4):53-65.
- [29]郭克莎. 外商直接投资对我国产业结构的影响研究[J]. 管理世界 2000(2):34-45+63.
- [30]宋泓 柴瑜. 三资企业对我国工业结构效益影响的实证研究[J]. 经济研究 1998(1):32-38.
- [31]ARELLANO M ,BOVER O. Another look at the instrumental variable estimation of error-components models [J]. Journal of econometrics ,1995 68(1):29-51.
- [32]BLUNDELL R ,BOND S. Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models [J]. Journal of econometrics ,1998 87(1):115-143.

(责任编辑:康兰媛;英文校对:王 慧)

The measurement of deep integration of informatization and industrialization and the analysis of its impact on regional industrial structure optimization and upgrading: based on the ternary composite synergy model

CHEN Wei ,TAO Changqi

(School of Statistics , Jiangxi University of Finance and Economics , Nanchang 330013 , China)

Abstract: The continuous and rapid development of our country more and more depend on the transformation of industrial structure in the new period. In order to make our country more and more rich ,strong and prosperous ,the integration of informatization and industrialization or industrial structural optimization and upgrading is the inevitable course . In order to depict reasonable promotion of deep integration status ,the context divide into three sections according to the characteristics of integration. We establish a ternary composite synergy model including industrialization ,informatization and some other assistant factors basing on synergy theory. We also calculate the status of the integration by the panel data of 31 provinces in China during the period of 1991 to 2013. Meanwhile ,we analyze the relationship between the industrial structure optimization and the integration of informatization and industrialization by panel regression model and C-D function. The results show that the trend of the integration of informatization and industrialization in China is upward. Unbalanced development of the single subsystem will affect the whole synergy system. The level of the integration of informatization and industrialization can promote the optimization and upgrading of industrial structure. The relationship will be more obvious with further integration. In the early period ,the integration of informatization and industrialization will affect rationalization of industrial structure more than advancement of industrial structure; in the senior stage ,the affection is opposite.

Key words: two oriented integration; recalculate; upgrading of an industrial structure; the ternary compound synergy model