

长三角工业企业全要素生产率的测算与比较

薛红芳, 谢守红

(江南大学 商学院, 江苏 无锡 214122)

摘要:采用 DEA-Malmquist 法, 对 1998—2011 年长三角地区工业企业的全要素生产率进行了测算和分解, 并把长三角地区的工业行业分为三类。研究表明, 1998—2011 年长三角地区工业企业的全要素生产率呈现稳步上升的趋势, 平均增长率为 9.3%, 且主要由技术进步拉动。不同类别工业行业间的全要素生产率有较大差别, 技术效率变化是造成差异的主要原因。低生产率工业行业的生产总值占工业总产值的比重较高, 阻碍了工业生产率的提高, 也是今后转型升级的重点所在。

关键词:全要素生产率; 工业企业; 长三角; Malmquist 指数

中图分类号:F427 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2014)10-0116-05

长三角地区是我国经济社会发展最具活力的地区之一, 资金、技术、人才高度密集。作为工业最发达、工业化进程最快的区域, 长三角地区的工业发展备受瞩目。长期以来, 传统的工业增长方式给能源节约和环境保护带来了巨大的压力, 已经不适应区域经济可持续发展的要求。因此, 在经济转型背景下, 必须依靠科技进步推动工业企业生产效率的提高。通过对全要素生产率的研究有助于对经济增长的源泉进行分析, 分析要素投入、科技进步对经济增长的贡献, 制定经济可持续发展的政策。

1957 年 R·Solow 综合学者们的研究发表了《技术进步与总量生产函数》一文, 将技术进步引入到经济增长模型中, 建立了索洛模型, 将产出增长率扣除劳动和资本贡献之外未被解释的部分归为技术进步, 称其为技术进步率即全要素增长率^[1]。Nishinizu 首次提出将全要素生产率增长分解成前沿技术变化和相对前沿技术效率的变化^[2]。Fare 首次用非参数的 Malmquist 指数方法分解了全要素生产率的增长, 分析不同时间不同地区的全要素生产率变化^[3]。郭庆旺、贾俊雪利用三种方法计算出我国 1979—2004 年间的全要素生产率增长率, 并对我国全要素生产率增长和经济增长源泉做了分析^[4]。刘秉镰、李清彬利用基于 DEA 模型的 Malmquist 指数方法, 分析了 1990—2006 年中国 196 个城市全要素生产率的动态变化, 发现这期间城市全要素生产率增加了 2.8%, 其

主要来源是技术改进, 技术效率变化起着拖累作用^[5]。韩先锋、师萍、宋文飞运用 Malmquist 指数方法实证分析了我国工业行业全要素生产率的增长状况, 得出了技术进步是推动我国工业行业全要素生产率增长的最显著因素的结论^[6]。

本文采用 DEA-Malmquist 法对 1998—2011 年长三角地区工业企业的全要素生产率进行度量与分解, 并从整体和分行业两个方面进行了分析。

1 测算方法

全要素生产率 (Total Factor Productivity, TFP) 指全部生产要素 (包括资本和劳动) 的投入量都不变时生产量增加的部分。Malmquist 指数最初由瑞典经济学和统计学家 Sten Malmquist 于 1953 年提出, 用于分析不同时期的消费变化。Fare 首次用非参数的 Malmquist 指数方法把全要素生产率的变动分解为技术效率变化和技术变动。借鉴 Fare 等人对 Malmquist 生产指数的分解, 可以把 Malmquist 生产指数分解为技术效率变化 (EFFCH) 和技术变动 (TECH), 把技术效率变化进一步分解为纯效率变化 (PECH) 和规模效率变化 (SECH)。技术效率变化反映了 t 时期到 $t+1$ 时期, 观察对象对最佳实践边界的追赶程度。而技术变动指数则考察了 t 时期到 $t+1$ 时期, 前沿面所发生的移动程度的大小^[7]。技术效率的变化表明对新技术、新知识的消化吸收程度, 如管理效率、生产经验、产业政策、工业化程度、企

收稿日期: 2014-07-03

作者简介:薛红芳 (1990—), 女, 山东临沂人, 江南大学商学院, 硕士研究生, 研究方向: 企业管理; 谢守红 (1966—), 男, 湖南邵阳人, 江南大学商学院, 教授, 博士后, 硕士研究生导师, 研究方向: 企业管理和区域经济。

业规模等。技术变动反映了对新技术的模仿与创新^[8],开发新产品和采用新技术。

1978 年 A. Charnes, W. W. Cooper 和 E. Rhodes 给出了评价决策单元相对有效性的数据包络分析法 (data envelopment analysis), 即 DEA。自第一个 DEA 模型 C²R 出现, 至今已形成关于效率、生产可能集、生产前沿面等概念的完整的理论、方法和模型的 DEA 研究领域^[9]。1982 年 Caves, Christensen、Diewert 在 C²R 模型基础上提出用 DEA 和 Malmquist 指数法相结合来测算全要素生产率^[10]。

我们把以产出为指标的 Malmquist 指数规定为两个 Malmquist 指数的几何平均值, 其数学表达式为式(1)。 x^t, x^{t+1} 分别表示某行业在时期 t 和时期 $t+1$ 的投入量, y^t, y^{t+1} 分别表示某行业在时期 t 和时期 $t+1$ 的产出量。 $D^t(x^t, y^t)$ 表示以 t 期的技术为参照的当期的距离函数; $D^t(x^{t+1}, y^{t+1})$ 表示以 t 期的技术为参照的 $t+1$ 期的距离函数。

$$\begin{aligned} M(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = & \left[\frac{D^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^t(x^t, y^t)} \cdot \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} = \\ & \frac{D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_c^t(x^t, y^t)} \cdot \\ & \left[\left(\frac{D_c^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \cdot \left(\frac{D_c^t(x^t, y^t)}{D_c^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{1/2} = \\ & \frac{D_v^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_v^t(x^t, y^t)} \cdot \left(\frac{D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_v^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \Big/ \frac{D_c^t(x^t, y^t)}{D_v^t(x^t, y^t)} \right) \cdot \\ & \left[\left(\frac{D_c^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right) \cdot \left(\frac{D_c^t(x^t, y^t)}{D_c^{t+1}(x^t, y^t)} \right) \right]^{1/2} = \\ & PECH \cdot SECH \cdot TECH \end{aligned} \quad (1)$$

通过 DEA 我们可以计算出 Malmquist TFP 指数, 我们可以用六个线性规划方程求解式(1)中的各距离函数, 由此得出全要素生产率增长、技术变动和技术效率变化。

2 数据来源与指标选取

2.1 数据来源

本文所指长三角地区包括江苏省、上海市和浙江省两省一市, 研究对象为两省一市的规模以上工业企业, 数据来源于 2001—2012 年的《中国工业经济统计年鉴》和 1999—2012 年的《上海市统计年鉴》、《浙江省统计年鉴》和《江苏省统计年鉴》。由于统计口径不同, 两省一市的工业行业有不同的分类标准, 为便于计算分类, 本文根据《中国工业经济统计年鉴》, 把工业划分为 25 个行业, 将这 25 个行业作为决策单元,

对全要素生产率进行研究。

2.2 指标选择

1) 产出指标: 本文的产出指标采用工业总产值 (单位: 亿元), 并使用工业品出厂价格指数将工业总产值平减为 1998 年的不变价格。平减公式为式(2), 其中, G_i 为以 1998 年为基期的当年工业总产值, G_t 为平减前的当年工业总产值, t_0 为 1998 年, PPI_i 为当年的工业品出厂价格指数。

$$G_i = \frac{G_t}{\prod_{t_0+1}^i PPI_i} \quad (2)$$

2) 劳动力投入指标: 比较准确的劳动力投入指标应该是劳动小时数, 但是由于统计上的难度和不同劳动力每小时创造的价值也是不同的, 这个指标比较难获得。在综合考虑各种因素的条件下, 本文采用工业企业全部从业人员年平均人数 (单位: 万人) 作为劳动力投入指标。

3) 资本投入指标: 目前关于资本投入多采用永续盘存法计算固定资本存量, 但是关于分行业的相关统计数据如固定资本形成总额难以获得, 本文借鉴朱钟棣、李小平关于资本投入的计算方法, 选用工业企业固定资产净值年平均余额 (单位: 亿元) 作为投入指标并进行如下的折算:

$$k_t = k_{t_0} + \sum_{t_0+1}^t \frac{\Delta k_t}{P_{it}} \quad (3)$$

其中, k_{t_0} 为 1998 年的固定资产净值年平均余额; Δk_t 为 t 年固定资产净值年平均余额增加量, 以相邻两年原值的差表示; P_{it} 为 i 省市 (或产业) t 年固定资产投资价格指数。

3 测算结果及分析

采用投入导向 (input-orientated) 的方法, 把投入与和产出数据带入 Deap2.1 软件, 测算得出 1998—2011 年长三角地区工业行业的 Malmquist 指数 (TFPCH)、技术效率变化指数 (EFFCH)、技术变动指数 (TECH)、纯效率变化指数 (PECH) 和规模效率变化指数 (SECH)。

3.1 全要素生产率的分解

文章对各年工业企业全要素生产率进行了测算和分解 (表 1), 探究长三角地区工业企业全要素生产率增长随时间的变动, 以及技术效率和技术变动在全要素生产率增长中所起的作用 (表 1)。

表 1 长三角地区 1998—2011 年工业企业全要素生产率及其分解

年份	技术效率变化指数 (EFFCH)	技术变动指数 (TECH)	纯效率变化指数 (PECH)	规模效率变化指数 (SECH)	全要素生产率 (TFPCH)
1998—1999	0.986	1.019	0.967	1.02	1.005
1999—2000	0.972	1.162	0.974	0.999	1.13
2000—2001	1.018	1.123	1.039	0.98	1.144
2001—2002	0.922	1.204	0.933	0.988	1.111
2002—2003	0.909	1.314	0.914	0.996	1.195
2003—2004	0.956	1.261	1.008	0.948	1.206
2004—2005	1.071	1.026	1.01	1.06	1.098
2005—2006	0.856	1.249	0.938	0.914	1.07
2006—2007	0.994	1.116	1.009	0.985	1.109
2007—2008	1.246	0.863	1.124	1.109	1.075
2008—2009	0.945	0.992	0.975	0.969	0.938
2009—2010	0.81	1.32	0.969	0.835	1.069
2010—2011	1.009	1.084	1.008	1.001	1.094
平均值	0.972	1.125	0.989	0.983	1.093

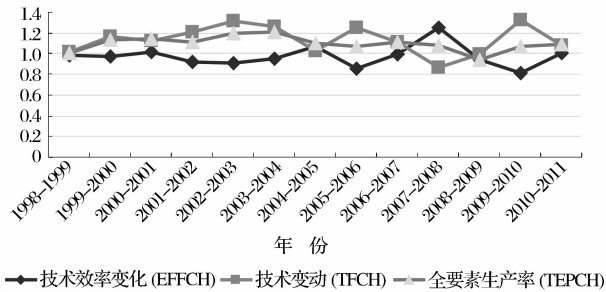


图 1 长三角地区工业企业全要素生产率变动(1998—2011)

1)全要素生产率指数。1998—2011 年间除 2008—2009 年外长三角地区的全要素生产率指数均大于 1,年均增长率为 7%,表明长三角地区的全要素生产率呈增长趋势,长三角地区的工业企业不是仅通过要素投入来获得经济效益的,生产效率的提高也发挥了一定的作用。从增速来看,2004 年之前的全要素生产率增长速度较快,从 2004 年之后的全要素生产率增长势头已经开始缓慢下降,增长率降低,特别是 2008—2009 年的全要素生产率指数跌破 1。而 2009—2010 年、2010—2011 年的全要素生产率呈现回升势头,预测未来几年也会呈现增长趋势。

2)技术效率变化指数。技术效率呈现负增长,其平均增长率为-3%。除 2000—2001 年、2004—2005 年、2007—2008 年、2010—2011 年的技术效率为正增长外,其他年份均为负增长,对全要素生产率的提高起拖累作用。2000—2001 年、2004—2005 年和 2010—2011 年的全要素生产率的增长来自于技术变动和技术效率的协调增长。2007—2008 年技术变动指数

呈现下降趋势,但由于技术效率变化提升较多,所以全要素生产率仍然为正增长。

纯效率变化指数的平均增长率为-1.2%,规模效率变化指数的平均增长率为-1.8%,二者均为负增长,他们的负增长导致技术效率变化的负增长。纯效率变化指数和规模效率变化指数也呈波动趋势,其中规模效率变化幅度较大,纯效率变化指数随时间分布比较平缓。2005 年以后,规模效率变化指数一直小于纯效率变化指数,2007—2009 年间,这两项指数经历了最大幅度的下降。

3)技术变动指数。技术变动的增长较为强劲,平均增长率达到了 10.4%,除 2007—2008 年度外,全部实现了增长。全要素生产率的增长主要靠技术进步拉动,技术进步在长三角的经济增长中发挥了至关重要的作用。从 2008—2009 年度和 2009—2010 年度的数据看,全球性的金融危机给长三角地区的全要素生产率、技术效率、技术变动均造成了巨大的影响,金融危机对于先进生产技术的引进和生产效率的提高产生了消极作用,工业各行业易受宏观经济环境的影响,当宏观经济不利于其发展时,动荡较明显。

3.2 全要素生产率分行业比较

为了更加详细地研究长三角各行业的全要素生产率情况,文章可以得出工业各行业的全要素生产率及其分解(1998—2011 年)(表 2)。

从工业行业总体来看,1998—2011 年间工业企业各行业全要素生产率指数均大于 1,全要素生产率均呈增长趋势,平均增长率为 7%。全要素生产率指数大于 1 说明生产效率的提高对长三角地区工业经

济的发展产生了积极作用。

表 2 长三角地区工业各行业的全要素生产率及其分解(1998—2011 年)

工业行业	技术效率 变化指数 (EFFCH)	技术变动指数 (TECH)	纯效率变化指数 (PECH)	规模效率 变化指数 (SECH)	全要素生产率 (TFPCH)
煤炭开采和洗选业	0.933	1.115	0.938	0.995	1.040
石油和天然气开采业	0.917	1.134	0.913	1.005	1.040
黑色金属矿采选业	1.037	1.114	0.985	1.052	1.156
有色金属矿采选业	1.029	1.115	1.060	0.971	1.147
农副食品加工业	0.962	1.115	0.976	0.986	1.073
食品制造业	0.970	1.116	0.982	0.988	1.083
酒、饮料和精制茶制造业	0.952	1.122	0.964	0.987	1.068
烟草制品业	1.000	1.157	1.000	1.000	1.157
纺织业	0.964	1.114	0.971	0.993	1.074
造纸和纸制品业	0.947	1.132	0.985	0.961	1.072
石油加工、炼焦和核燃料加工业	1.029	1.152	1.000	1.029	1.185
化学原料和化学制品制造业	0.952	1.138	1.000	0.952	1.083
医药制造业	0.950	1.121	0.971	0.978	1.065
化学纤维制造业	1.007	1.119	0.996	1.010	1.126
非金属矿物制品业	0.975	1.128	1.014	0.962	1.100
黑色金属冶炼和压延加工业	0.974	1.131	1.004	0.969	1.101
有色金属冶炼和压延加工业	0.988	1.119	1.002	0.986	1.106
金属制品业	0.958	1.114	0.992	0.966	1.067
通用设备制造业	0.962	1.114	0.997	0.965	1.072
专用设备制造业	0.958	1.114	0.993	0.965	1.068
交通运输设备制造业	0.953	1.124	1.000	0.954	1.071
电气机械和器材制造业	0.959	1.114	1.000	0.959	1.069
计算机、通信和其他 电子设备制造业	0.947	1.119	1.000	0.947	1.060
仪器仪表制造业	0.956	1.114	0.973	0.983	1.066
电力、热力的生产和供应业	1.020	1.186	1.006	1.014	1.210
行业平均	0.972	1.125	0.989	0.983	1.093

技术变动的平均增长率达到了 10.4%，全要素增长率的增长主要得益于技术变动的增长。长三角地区工业企业注重科学技术水平的提高,在开发和引用新技术方面成效明显。

技术效率平均增长率为－3%，对全要素生产率的增长起到拖累作用,现有的技术水平没有得到很好的发挥,技术应用低效率。在这 25 个行业中,只有黑色金属矿采选业、有色金属矿采选业、石油加工炼焦和核燃料加工业、化学纤维制造业、电力热力的生产和供应业这五个行业的技术效率为正增长,烟草制造业为零增长,大部分行业的技术效率呈负增长。纯效率变化和规模效率的平均增长率均为负增长,分别为－1.2%和－1.8%，使得技术效率负增长,不利于生产率的提高。

从表中我们可以看到,不同行业的全要素生产率差异较大,为了更具体的分析这种差异,我们可以把工业各行业分为三类(表 3)。

1)第一类:高生产率行业有包括石油加工炼焦和核燃料加工业、电力热力的生产和供应业两个行业。这两个行业的全要素生产率增长率在 18%以上,甚至电力热力的生产和供应业的增长率达到了 21%。这一方面得益于它们较高的技术变动增长率,另一方面我们可以发现它们的技术效率均为正增长。这说明,虽然现在长三角的全要素生产率增长主要得益于技术变动的增长,但是要使全要素生产率进一步增长,需要技术效率和技术变动的双重提高。

2)第二类:中生产率行业有 4 个,这四个行业的全要素增长率在 10%与 15%之间。中生产率行业的

技术变动与第三类行业相比并没有太大的优势，它们之所以全要素生产率增长率较高，主要得益于它们的

技术效率变化指数大于第三类行业。

表 3 长三角地区工业行业全要素生产率分类

分类	行业
第一类(低生产率行业)	煤炭开采和洗选业、石油和天然气开采业、农副食品加工业、食品制造业、酒饮料和精制茶制造业、纺织业、造纸和纸制品业、化学原料和化学制品制造业、医药制造业、金属制品业、通用设备制造业、专用设备制造业、交通运输设备制造业、电气机械和器材制造业、计算机通信和其他电子设备制造业、仪器仪表制造业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼和压延加工业、有色金属冶炼和压延加工业
第二类(中生产率行业)	黑色金属矿采选业、有色金属矿采选业、烟草制品业、化学纤维制造业
第三类(高生产率行业)	石油加工炼焦和核燃料加工业、电力热力的生产和供应业

3)第三类:低生产率行业有 19 个,它们的全要素生产率增长在 0%到 10%之间。第三类行业的技术变动增长率也在 8%以上,其全要素生产率增长率低的原因主要是技术效率水平较低。第三类行业的产值占工业总产值的 88%左右(2011 年),占工业经济的比重较高,提高第三类行业的全要素生产率对于长三角地区经济的转型和可持续发展具有重要作用。

高生产率行业和中生产率行业比较少,低生产率行业占据了工业行业的绝大部分,说明工业行业的生产率普遍不是很高。从这三类行业我们可以看出,技术水平含量较高的行业全要素生产率较高;技术含量低,劳动密集型的行业全要素生产率较低。高生产率行业和中生产率行业主要为技术密集型和资本密集型产业,低生产率行业多为劳动密集型产业。以全要素生产率增长率大于 6%为分界线,我们可以发现黑色金属矿采选业、有色金属矿采选业、烟草制品业、石油加工炼焦和核燃料加工业、化学原料和化学制品制造业、化学纤维制造业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼和压延加工业、有色金属冶炼和压延加工业、电力热力的生产和供应业这 10 个行业的全要素生产率增长率大于 6%,这 10 个行业中只有两个为轻工业,其他 8 个均为重工业。在长三角地区的工业体系中,重工业大的全要素生产率大于轻工业。

4 结论

本文运用基于 DEA-Malmquist 指数法对 1998—2011 年的长三角地区工业企业的全要素生产率进行了测算和分解,并把工业行业分为三类,从整体和分行业两方面进行了分析,得出以下结论:

第一,1998—2011 年长三角地区工业企业的全要素生产率呈增长趋势,技术变动的增长较为强劲,技术效率呈现负增长,全要素生产率的增长主要靠技术进步拉动。

第二,1998—2011 年长三角地区工业各细分行业的全要素生产率也均为正增长,其中高生产率行业的全要素生产率靠技术效率和技术变动的协调拉动。不同类别工业行业间的全要素生产率有较大差别,技术效率变动是造成差异的主要原因。

第三,1998—2011 年长三角地区工业企业的全要素生产率呈波动趋势,作为我国经济较为开放的地区,长三角受全球性金融危机的影响也较为强烈,这也通过全要素生产率表现了出来。随着近两年的经济复苏和发展,长三角的全要素生产率也稳步回升。

通过这些结论,我们可以得到以下启示:长三角地区的经济发展正处于转型阶段,经济的增长不仅仅是依赖要素的投入,科技进步在其中发挥了重要作用。低生产率工业行业的生产总值占工业总产值的比重较高,阻碍了整个工业行业生产率的提高,也是今后工业转型升级的重点所在。经济的增长不能只依靠技术进步,还应该提升管理效率、优化生产规模和加强企业文化建设。技术进步和技术效率协调发展对于全要素生产率的进一步提高,对长三角地区工业的持续健康发展有重要意义。

参考文献

[1] SOLOW ROBERT. A Contribution to the Theory of Economic Growth[J]. The Quarterly Journal of Economics,1956,70 (1):65—94.

[2] NISHIMIZU M, J M PAGE. Total Factor Productivity Growth, Technical Progress and Technical Efficiency Change: Dimensions of Productivity Change in Yugoslavia, 1965—78[J]. The Economic Journal,1982,92:929—936.

[3] FARE R, S GROSSKOPF, NORRIS, ZHANG. Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Changes in Industrialized Countries[J]. American Economic Review, 1994, 84:66—83.

(下转第 161 页)

4 结论

锅炉主蒸汽压力控制是锅炉控制的重要环节,关系到蒸汽质量,生产安全的重中之重。影响锅炉蒸汽压力参数的变量如:炉温、水温、液位等则属于热惯性大、反应迟缓的慢对象,这大大增加了控制的难度。根据蒸汽压力控制难等特点,通过关联规则模型,找出这些报警参数的关联关系及预警时间,可以提前对参数做出调整,使得锅炉始终在最佳状态下运行,从而达到最大的经济效益和使用效益。

参考文献

[1] ISAM ELAYYADI, SALIMA BENBERNOU, MOURAD OUZIRI, MUHAMMAD YOUNAS. A tensor-based distributed discovery of missing association rules on the cloud[J]. Future Generation Computer Systems, 2013, 3: 49—56.
[2] PANNAPA CHANGPETCH, DENNIS K J LIN. Selection of

multinomial logit models via association rules analysis[J]. WIREs Comp Stat, 2012, 51: 68—77.
[3] 毛国君, 殷立娟, 王石. 数据挖掘原理与算法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2007: 91—125.
[4] 张小刚. 关联规则挖掘及其在复杂工业过程控制中的应用研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2002.
[5] 马盈仓. 挖掘关联规则中 Apriori 算法的改进[J]. 计算机应用与软件, 2004, 21(11): 82—83.
[6] 郑元兵, 孙才新, 李剑, 等. 变压器故障特征量可信度的关联规则分析[J]. 高压电技术, 2012, 38(1): 82—87.
[7] 郭崇慧, 张震. 基于组合评价方法的关联规则兴趣度评价[J]. 情报学报, 2011, 30(4): 353—360.
[8] 刘红, 吴四. 多维关联规则数据挖掘在船舶价格影响因素分析中的应用[J]. 上海海事大学学报, 2013(4): 31—37.
[9] 苏立, 南海鹏, 等. 关联规则分类的数据流挖掘方法在水电机组故障诊断的应用[J]. 西安理工大学学报, 2012(1): 106—110.
[10] 吕杰林, 陈是维. 基于相关性度量的关联规则挖掘[J]. 浙江大学学报: 理学版, 2012(3): 892—896.

The Impact Analysis of Process Industry's Alarm Parameters Based on Association Rules

SHANG Yong-tao, DU Chang-he, YANG Bin, YU Hao, LI Xiu-fu

(Qingdao Gaoxiao Information Industry Co., Ltd, Qingdao Shandong 266071, China)

Abstract: The informatization system of process industry will be set many alarm parameters in order to ensure the safety in production, so that the database of information system save a lot of alarm record. This article from the perspective of data mining, to the alarm record using the association rules mining algorithm model, find out the association rules that alarm simultaneously, and according to the order of alarm parameters, the alarm rules as a guide for the analysis of the causes of the key parameters of the alarm and warning conditions, make the parameter alarm operators have a more in-depth understanding, guiding the safe running of the systems and equipment.

Key words: process industry; parameters of the alarm; association rules

(上接第 120 页)

[4] 郭庆旺, 贾俊雪. 中国全要素生产率的估算: 1979—2004[J]. 经济研究, 2005(6): 51—60.
[5] 刘秉镰, 李清彬. 中国城市全要素生产率的动态实证分析: 1990—2006[J]. 南开经济研究, 2009(3): 139—152.
[6] 韩先锋, 师萍, 宋文飞. 中国工业行业全要素生产率增长的实证分析[J]. 西安电子科技大学学报: 社会科学版, 2010, 20(1): 23—27.
[7] 张晓霞. 基于 DEA 的中国银行业全要素生产率测度[D]. 长

春: 东北师范大学, 2012.
[8] 戴平生, 陈建宝. 我国省域工业的全要素生产率变动及其影响因素实证分析[J]. 中国经济问题, 2009(3): 54—59.
[9] 魏科龄. 数据包络分析[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 1.
[10] CAVES L R, CHRISTENSEN W E, DIEWERT. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity[J]. Journal of Econometrics, 1982, 50: 1393—1414.

Estimation and Comparison of Total Factor Productivity in the Yangtze River Delta Region's Industry

XUE Hong-fang, XIE Shou-hong

(School of Business, Jiangnan University, Wuxi Jiangsu 214122, China)

Abstract: This paper calculates the total factor productivity of the Yangtze River Delta Region's Industry from 1998 to 2011 by DEA-Malmquist, divides the 25 industries into high-tfp industries, middle-tfp industries and low-tfp industries. Studies have shown that, the average growth rate of Total Factor Productivity in Yangtze River Delta Region's Industry, during the years between 1998 and 20011 is 9.3% and the main source of Total Factor Productivity growth is technological progress. Technical efficiency is the most eminent factor to separate the 3 sorts of industries. Low-tfp industries accounted for a heavy proportion of Industrial output, is the focus of future work.

Key words: total factor productivity; industry; The Yangtze River Delta Region; Malmquist index