

基于 DEA-Malmquist 指数的物联网企业 生产效率变动及影响因素研究

宋佳¹, 于娱²

(1. 南京邮电大学 管理学院, 江苏 南京 210023)
(2. 河海大学 商学院, 江苏 南京 211100)

摘要: 针对物联网技术和产业发展的热潮, 以我国 28 家物联网概念上市公司为研究对象, 首先从静态角度, 运用 CCR 和 BCC 模型分析 2008—2012 年我国物联网企业的运营效率与规模效应。其次运用 DEA-Malmquist 生产效率指数方法对物联网企业的全要素生产率变化以及各企业生产效率变动来源进行分析。研究发现, 28 家上市公司中多数企业运营效率不足。整体而言, 2008—2012 年间, 技术效率年均增长 1.25%, 技术进步年均负增长 44.23%。目前我国日益推进的物联网产业的发展仍是粗放型的, 高增长的代价是高投入; 部分上市公司逐渐进入规模效益递减阶段, 出现产能过剩的现象; 总体技术效率呈缓慢增长, 技术进步逐渐降低, 物联网产业发展的“追赶效应”大于“增长效应”。

关键词: 物联网; DEA-Malmquist 指数; 技术效率; 技术进步

中图分类号: F272.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-5420(2014)01-0061-10

一、引言

物联网(The Internet of things)被称为继计算机、互联网之后世界信息产业的第三次浪潮。2009 年 1 月, IBM 提出“智慧地球”构想, 物联网是其中不可或缺的一部分, 而奥巴马积极回应了“智慧地球”构想, 将其提升为国家级发展战略, 从而引起全球广泛关注。2009 年 8 月, 时任国家总理温家宝视察无锡新区时提出“感知中国”中心战略, 我国也正式将物联网建设升级为国家级战略, 视其为振兴经济的重点技术领域。2010 年 10 月, 《国务院关于加快培育和发

展战略性新兴产业的决定》(国发〔2010〕32 号) 出台, 物联网作为新一代信息技术里的一项重要被列为其中, 成为国家首批加快培育的七个战略性新兴产业, 对加快转变经济发展方式具有重要推动作用^[1]。

此背景下, 北京、上海、江苏、广东、浙江、四川等地区纷纷推出了地方性规划和政策来推进当地物联网产业的发展, 各知名高校、科研机构也纷纷加大了对传感器和云计算等相关技术的研发投入。无论是物联网产业政策环境还是产业技术积累都展现一种突变。本文重点关注自 2009 年起在世界范围内的物联网研发和应用热

收稿日期: 2013-11-01

作者简介: 宋佳, 硕士研究生, 研究方向为知识管理、绩效优化。

于娱博士研究生, 研究方向为知识管理、区域创新。

基金项目: 国家自然科学基金项目“不确定信息环境下的网络 DEA 模型分析方法及应用研究”(71301080);

国家自然科学基金项目“‘政产学研’协同创新下知识流动力学模型及制度设计”(71271119);

江苏省哲学社会科学基金项目“长三角地区协同发展物联网产业的路径与模式研究”(10CSJ002)

潮影响下我国物联网概念企业的生产率变化,并讨论生产效率变化的原因,同时对当前的合理生产规模进行分析。文章采用结合 DEA 效率分析的 Malmquist 指数分析方法,分析数据来自 2008—2012 年我国物联网概念股份制上市公司的公开财务数据。

二、基于 DEA 的 Malmquist 指数概述

1. Malmquist 指数

Malmquist 生产效率指数方法是研究生产力增长测算和效率分解的重要工具。1953 年,瑞典经济学家和统计学家 Sten Malmquist 最早提出了 Malmquist 指数方法用于分析消费的定量指数^[2]。Caves 等人将其中参考集的思想应用于分析生产力增长并构建了 CCD 模型,使之成为生产力增长测算的一个主要工具^[3-4]。其后,众多经济学家致力于对 Malmquist 生产力指数及其分解的研究,Färe 等人将 CCD 模型与非参数的线性规划模型结合起来,提出了规模效益不变条件下基于径向距离函数的 Malmquist 指数,从而拓展了 Malmquist 指数的应用方法^[5]。在此基础上,Grifell 和 Lovell 等人对规模效益不变条件进行了分析,认为随着规模经济性的变化,Malmquist 指数的计算中存在系统性的偏差^[6]。Färe 等人结合规模效益不变条件下的 Malmquist 指数的对比应用,又提出了规模效益可变条件下的基于 DEA 的 Malmquist 指数模型,也称为 FGNZ&FLGR 模型^[7]。DEA-Malmquist 指数方法在物联网及其相关企业中的应用还不是特别丰富,国内外学者主要将其应用到通信运营服务业、银行保险业、高新技术产业的生产效率测算中,比如 Ariff、Cabanda 和 Sathye 使用 DEA-Malmquist 模型以通信行业为例研究国有企业的效率评估和改进问题^[8]。王海燕等主要将 DEA 评价方法应用于通信设备制造业^[9]。综上所述,本文将 DEA-Malmquist 指数模型应用于物联网相关企业的效率评价,为其资源配置和优化选择提供研究基础。

2. 基于 DEA 的径向距离函数设计

DEA(数据包络分析)是由美国著名的运筹学家 Charnes 和 Cooper 等人 1978 年提出的一种

基于生产理论的非参数线性规划方法^[10]。

基于 DEA 的 Malmquist 生产率指数是基于径向距离函数用线性优化方法来估算各决策单元的效率变化和技术进步。由 Caves 等提出的基于产出的 Malmquist 生产率指数 CCD 模型为:

$$M_{\text{CCD}}^t = \frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \quad (1)$$

式(1)即测度了在 t 时期技术条件下,从 t 到 $t+1$ 时期产生的生产率变化,也称为全要素生产率(TFP)变化,其中 D_o^t 表示基于产出的距离函数 x 和 y 分别代表输入和输出。同理,也可以定义在 $t+1$ 时期的技术条件下,从 t 到 $t+1$ 时期的全要素生产率变化 M_{CCD}^{t+1} 。

Färe 等人用上述两时期 Malmquist 生产率指数的几何平均值建立了基于 DEA 的 Malmquist 生产率指数,以避免随机选择带来的差异性^[7]。Lovell 将上式分解为 TEC(技术效率)的变化和 FS(技术进步)两部分^[11]。

$$M_o = \left[\frac{D_o^t(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})}{D_o^t(x_o^t, y_o^t)} \frac{D_o^{t+1}(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})}{D_o^{t+1}(x_o^t, y_o^t)} \right]^{\frac{1}{2}} = \frac{D_o^{t+1}(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})}{D_o^t(x_o^t, y_o^t)} \left[\frac{D_o^t(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})}{D_o^{t+1}(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})} \frac{D_o^t(x_o^t, y_o^t)}{D_o^{t+1}(x_o^t, y_o^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$TEC_o = \frac{D_o^{t+1}(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})}{D_o^t(x_o^t, y_o^t)} \quad (3)$$

$$FS_o = \left[\frac{D_o^t(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})}{D_o^{t+1}(x_o^{t+1}, y_o^{t+1})} \frac{D_o^t(x_o^t, y_o^t)}{D_o^{t+1}(x_o^t, y_o^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

式(2)是基于 DEA 的 Malmquist 生产率指数,测量从 t 到 $t+1$ 时期各决策单元的生产率变化。距离函数 D_o^t 和 D_o^{t+1} 分别表示以 t 和 $t+1$ 时期的技术 T 为参照的距离函数。

根据 Färe 等人的定义,当 $M_o > 1$ 时, t 到 $t+1$ 时期的全要素生产率增长;当 $M_o = 1$ 时, t 到 $t+1$ 时期的全要素生产率不变;当 $M_o < 1$ 时, t 到 $t+1$ 时期的全要素生产率降低。技术效率(TEC_o)与技术进步(FS_o)的测算分析同理推测。

三、样本与变量选择

1. 样本选取

自 2009 年以来,全球范围内掀起对物联网

应用的关注,我国将以物联网为代表的新一代信息技术产业作为战略性新兴产业,众多地方政府纷纷发布地方产业发展规划,通过建立产业园区和引导示范工程等方式在产业培养方面投入了更多资源。面板数据选择的是我国具有代表性的 36 家物联网概念上市公司,为保证数据的完整性,本文使用具有完整公开的 2008—2012 年财务数据的 28 家上市企业作为分析的主要依据,具体信息参见 <http://www.szse.cn> 以及 <http://www.sse.com.cn>。

2. 指标选取

在上市公司效率的研究中,相关文献一般选取流动资本、主营业务成本、销售成本、各项管理财务费用等作为投入变量^[12],选取营业收入、净利润等作为输出变量^[13]。在参考相关论文后^[14-17]选取如下投入指标:流动资本(x_1)、投资(x_2)、劳动力(x_3)、销售成本(x_4)、营业成本(x_5)、管理和财务费用(x_6)。输出指标为:营业

收入(y_1)、利润和税金(y_2)、净利润(y_3)。

在进行数据预处理的过程中发现,存在部分企业年度净利润(y_3)为负的情况。传统的两阶段模型,对于负数输出数据的处理存在困难,根据文献^[18-19],本文的 DEA 模型主要采用基于包络模型的效率评估方法,由于包络模型具有转换不变性,当决策单元的输入输出数据中存在负数的情况下不影响系统效率值的计算。

表 1 为 2008—2012 年 28 家上市公司按照年份排列的输入输出数据的描述性统计。输入和输出指标值自 2008 年至 2011 年各自呈增长趋势,其中投资总额增长近 3 倍,公司职员数量增加 32.3%,净利润将近翻一番,但以下企业仍有利润负增长的情况:航天科技(2008 年),上海贝岭(2009 年),中国软件(2009 年),航天长峰(2008 年和 2010 年),智光电气(2012 年)。除了输入指标劳动力(x_3),其他输入输出指标的方差都偏大,说明公司规模存在显著区别。

表 1 2008—2012 年物联网概念股份制上市公司相关统计数据

年份	变量	最大值	最小值	均值	方差
2008	y_1	13 928.03	168.96	2 063.75	8 414 010.52
	y_2	814.99	-50.26	131.24	37 221.90
	y_3	723.81	-50.20	111.90	29 370.59
	x_1	12 340.43	231.07	1 603.86	5 669 420.47
	x_2	1 856.46	5.55	212.56	124 418.69
	x_3	13.88	0.264	2.35	9.08
	x_4	842.98	8.18	101.52	26 261.87
	x_5	11 257.49	72.33	1 656.73	5 841 361.78
2009	x_6	1 219.51	17.56	174.54	62 718.73
	y_1	15 387.74	239.89	2 267.18	11 219 688.20
	y_2	1 126.49	-187.13	174.91	89 504.71
	y_3	982.26	-178.74	149.46	68 496.99
	x_1	14 474.98	256.08	2 052.24	8 864 312.11
	x_2	2 170.99	10.01	179.58	161 919.95
	x_3	15.76	0.353	2.70	12.63
	x_4	889.76	7.58	113.34	29 360.15
2010	x_5	12 921.07	113.79	1 827.17	8 284 733.34
	x_6	1 182.67	26.23	189.56	61 756.51
	y_1	15 387.74	239.89	2 267.18	11 219 688.20
	y_2	1 126.49	-187.13	174.91	89 504.71
2011	y_3	982.26	-178.74	149.46	68 496.99
	x_1	14 474.98	256.08	2 052.24	8 864 312.11
	x_2	2 170.99	10.01	179.58	161 919.95
	x_3	15.76	0.353	2.70	12.63
2012	x_4	889.76	7.58	113.34	29 360.15
	x_5	12 921.07	113.79	1 827.17	8 284 733.34
	x_6	1 182.67	26.23	189.56	61 756.51
	y_1	15 387.74	239.89	2 267.18	11 219 688.20
	y_2	1 126.49	-187.13	174.91	89 504.71
	y_3	982.26	-178.74	149.46	68 496.99
	x_1	14 474.98	256.08	2 052.24	8 864 312.11
	x_2	2 170.99	10.01	179.58	161 919.95
	x_3	15.76	0.353	2.70	12.63
	x_4	889.76	7.58	113.34	29 360.15
	x_5	12 921.07	113.79	1 827.17	8 284 733.34
	x_6	1 182.67	26.23	189.56	61 756.51

续表 1

年份	变量	最大值	最小值	均值	方差
2010	y_1	18 257.51	299.92	2 982.26	16 517 342.92
	y_2	1 390.96	1.08	236.23	93 134.06
	y_3	1 160.15	-3.00	197.20	64 766.76
	x_1	16 405.69	362.39	2 659.31	12 544 350.27
	x_2	2 924.07	15.69	323.92	342 850.73
	x_3	17.54	0.45	2.83	12.99
	x_4	1 080.90	10.04	137.08	42 968.32
	x_5	15 412.11	121.29	2 443.14	12 571 586.04
	x_6	1 385.73	40.48	231.28	86 334.22
2011	y_1	20 962.05	320.68	3 657.02	24 039 152.20
	y_2	1 495.44	23.09	250.48	123 856.27
	y_3	1 281.70	17.99	210.24	88 133.15
	x_1	17 866.38	573.40	3 153.93	14 178 269.82
	x_2	6 114.62	5.33	591.07	1 513 614.26
	x_3	20.12	0.51	3.11	16.83
	x_4	1 209.02	4.68	158.94	54 688.98
	x_5	17 704.88	130.88	3 059.82	18 832 965.86
	x_6	1 613.81	59.97	284.19	114 254.01
2012	y_1	22 342.68	395.54	4 490.77	34 943 275.40
	y_2	1 600.21	-52.96	224.29	114 711.40
	y_3	1 364.46	-46.65	184.26	81 431.10
	x_1	17 832.73	704.98	3 450.12	14 028 010.88
	x_2	2 316.29	3.30	463.50	298 517.48
	x_3	22.40	0.39	3.84	25.29
	x_4	1 269.19	6.02	184.66	66 901.55
	x_5	18 731.41	241.47	3 789.89	28 508 731.67
	x_6	2 032.26	74.23	377.79	196 607.14

四、我国物联网企业生产效率变动实证结果及分析

1. 运营效率值的静态计算

运用 LINGO 软件编程对收集和整理的数据进行 CCR 和 BCC 计算分析。其中,珍珠港、厦门信达、恒宝股份、沃尔核材、远望谷、飞马国际、航天信息以及东软集团 8 家上市公司在 2008 年至 2012 年的效率值都为 1,为 DEA 有效,具体各企业的计算结果详见表 2。我国物联网概念相关企业在物联网技术发展方面拥有一

定基础,但多数公司的生产效率值不稳定,各公司发展处于不均衡状态,难以形成统一的产品市场。可见,物联网产业的发展仅靠国家对产业政策的扶持是不够的,各企业之间应该加强协作,建立起一个多方共赢的协同发展的物联网产业链,推动物联网产业的发展。

2. 规模效应分析

郭京福、吴文江等人通过 $\sum_{j=1}^n \lambda_j^*$ 来判断规模收益情况^[20-21]。本小节进一步对 28 家物联网相关概念上市公司进行规模效率的分析。

表 2 基于产出的效率评价

	2008 年		2009 年		2010 年		2011 年		2012 年	
	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC	CCR	BCC
珍珠港	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
东方电子	0.976	0.979	0.993	1	1	1	0.919	0.929	0.961	0.969
厦门信达	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
高鸿股份	0.893	0.911	0.957	0.960	0.956	0.958	0.985	1	1	1
航天科技	0.888	1	0.864	1	1	1	0.924	1	0.925	1
华工科技	0.881	0.891	0.872	0.902	0.899	0.930	0.912	0.958	0.928	0.929
新大陆	0.926	0.929	0.919	0.935	0.801	0.908	1	1	0.977	0.980
东信和平	1	1	0.894	0.895	0.910	0.923	0.910	0.913	0.945	1
思源电气	1	1	1	1	1	1	0.927	1	1	1
苏州固锔	0.988	1	1	1	1	1	0.986	1	0.944	1
恒宝股份	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
科陆电子	0.933	0.941	0.961	0.969	1	1	0.906	0.925	0.924	0.924
沃尔核材	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
北斗星通	1	1	1	1	0.911	1	0.913	1	0.908	1
远望谷	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
智光电气	0.874	0.881	0.913	0.937	0.968	1	0.906	1	0.803	1
怡亚通	1	1	1	1	1	1	0.967	0.977	1	1
飞马国际	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
同方股份	1	1	1	1	1	1	1	1	0.975	1
上海贝岭	0.908	0.957	0.800	0.958	0.876	0.900	0.910	1	0.943	1
大唐电信	0.993	0.995	0.973	0.976	1	1	0.964	0.999	0.961	0.990
航天信息	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
长园集团	0.958	0.964	1	1	0.942	1	1	1	1	1
中国软件	1	1	0.999	1	1	1	1	1	1	1
东软集团	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
综艺股份	0.947	0.982	1	1	1	1	1	1	1	1
航天长峰	0.979	1	0.862	1	0.903	1	1	1	1	1
宝胜股份	1	1	1	1	1	1	1	1	0.994	0.998

8 家物联网相关概念上市公司在 2008 至 2012 年都处于规模效益不变阶段,对应表 1 对各公司生产效率的测算结果。此外,东方电子、东信和平、思源电气、科陆电子、怡亚通、大唐电信这 6 家上市公司在 2009—2011 年逐渐步入规模

效益递减阶段,而华工科技在 2008—2011 年间一直处于规模效益递减的阶段,在 2012 年开始呈现规模收益递增。智光电气以及上海贝岭在 2008—2012 年始终处于规模收益递增状态,详见表 3:

表3 基于CCR包络模型的规模效应分析

	2008 年	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年
珍珠港	1	1	1	1	1
东方电子	0.765	0.285	1	1.200	0.758
厦门信达	1	1	1	1	1
高鸿股份	0.391	1.54	1.357	0.752	1
航天科技	0.201	0.471	1	0.382	0.316
华工科技	2.296	2.912	2.881	2.604	0.819
新大陆	0.839	2.379	2.318	1	0.642
东信和平	1	1.279	0.769	1.048	0.500
思源电气	1	1	1	3.666	1
苏州固锔	0.217	1	1	0.193	0.205
恒宝股份	1	1	1	1	1
科陆电子	0.551	0.663	1	1.558	0.998
沃尔核材	1	1	1	1	1
北斗星通	1	1	0.754	0.794	0.547
远望谷	1	1	1	1	1
智光电气	0.821	0.566	0.469	0.680	0.378
怡亚通	1	1	1	1.426	1
飞马国际	1	1	1	1	1
同方股份	1	1	1	1	12.497
上海贝岭	0.612	0.362	0.815	0.520	0.616
大唐电信	1.057	2.175	1	3.356	3.709
航天信息	1	1	1	1	1
长园集团	0.559	1	3.668	1	1
中国软件	1	2.993	1	1	1
东软集团	1	1	1	1	1
综艺股份	0.867	1	1	1	1
航天长峰	0.431	0.119	0.258	1	1
宝胜股份	1	1	1	1	1.602

注: CRS(规模收益不变): $\sum_{j=1}^n \lambda_j^* = 1$; IRS(规模收益递增): $\sum_{j=1}^n \lambda_j^* < 1$; DRS(规模收益递减): $\sum_{j=1}^n \lambda_j^* > 1$

3. 基于 Malmquist 指数的效率计算

对各上市公司进行年度的静态生产效率研究所得的数据是以当年的企业运营数据为参考,缺少对全要素生产效率变化的分析以及各企业生产效率变动来源的细分分析。本节基于 Färe 的 Malmquist 生产效率指数计算和分解,对 28 个上市企业在 2008—2012 年间的生产效率数据进行进一步分析。

2008—2012 年,珍珠港、厦门信达、恒宝股份、

沃尔核材、远望谷、飞马国际、航天信息以及东软集团 8 家公司的技术效率(TEC)不变,其余 20 家公司的技术效率均不稳定浮动。四个阶段的技术效率变化均值分别为 0.995(2008—2009 年),1.007(2009—2010 年),1.001(2010—2011 年),1.002(2011—2012 年),总体变动幅度不显著。

2008—2009 年,思源电气、航天信息的技术进步(FS)呈增长趋势。2009—2010 年,珍珠港和综艺股份的技术进步呈增长趋势。2010—

2011 年,航天信息和航天长峰的技术进步大于 1。而 2011—2012 年,所选 28 家公司的技术进步均小于 1。四个阶段的的前沿面移动即技术进步均

值 分 别 为: 0. 634 (2008—2009 年) , 0. 581 (2009—2010 年) , 0. 591 (2010—2011 年) , 0. 425 (2011—2012 年) , 详见表 4:

表 4 基于 DEA-Malmquist 指数的效率分解情况

	2008—2009 年			2009—2010 年			2010—2011 年			2011—2012 年		
	TEC	FS	TFP	TEC	FS	TFP	TEC	FS	TFP	TEC	FS	TFP
珍珠港	1	0. 746	0. 746	1	1. 194	1. 194	1	0. 549	0. 549	1	0. 158	0. 158
东方电子	1. 017	0. 587	0. 597	1. 007	0. 549	0. 553	0. 919	0. 454	0. 417	1. 046	0. 496	0. 518
厦门信达	1	0. 777	0. 777	1	0. 251	0. 251	1	0. 979	0. 979	1	0. 321	0. 321
高鸿股份	1. 071	0. 495	0. 531	0. 999	0. 486	0. 486	1. 030	0. 525	0. 541	1. 015	0. 492	0. 500
航天科技	0. 973	0. 596	0. 580	1. 157	0. 479	0. 555	0. 924	0. 502	0. 463	1. 001	0. 468	0. 468
华工科技	0. 990	0. 527	0. 522	1. 030	0. 512	0. 527	1. 015	0. 479	0. 486	1. 018	0. 436	0. 444
新大陆	0. 993	0. 516	0. 513	0. 871	0. 541	0. 471	1. 248	0. 442	0. 552	0. 977	0. 407	0. 398
东信和平	0. 894	0. 510	0. 455	1. 018	0. 484	0. 493	1. 000 07	0. 490	0. 490	1. 038	0. 476	0. 495
思源电气	1	2. 200	2. 200	1	0. 123	0. 123	0. 927	0. 406	0. 377	1. 079	0. 481	0. 519
苏州固锔	1. 012	0. 521	0. 527	1	0. 589	0. 589	0. 986	0. 428	0. 422	0. 957	0. 516	0. 494
恒宝股份	1	0. 894	0. 894	1	0. 328	0. 328	1	0. 486	0. 486	1	0. 341	0. 341
科陆电子	1. 029	0. 540	0. 556	1. 040	0. 474	0. 493	0. 906	0. 426	0. 386	1. 020	0. 461	0. 470
沃尔核材	1	0. 527	0. 527	1	0. 495	0. 495	1	0. 455	0. 455	1	0. 468	0. 468
北斗星通	1	0. 471	0. 471	0. 911	0. 484	0. 441	1. 003	0. 435	0. 436	0. 995	0. 476	0. 473
远望谷	1	0. 546	0. 546	1	0. 584	0. 584	1	0. 324	0. 324	1	0. 329	0. 329
智光电气	1. 044	0. 556	0. 581	1. 060	0. 433	0. 459	0. 936	0. 459	0. 430	0. 886	0. 475	0. 421
怡亚通	1	0. 167	0. 167	1	0. 474	0. 474	0. 967	0. 498	0. 482	1. 034	0. 524	0. 542
飞马国际	1	0. 570	0. 570	1	0. 412	0. 412	1	0. 899	0. 899	1	0. 780	0. 780
同方股份	1	0. 657	0. 657	1	0. 739	0. 739	1	0. 669	0. 669	0. 975	0. 210	0. 205
上海贝岭	0. 881	0. 555	0. 489	1. 094	0. 508	0. 555	1. 039	0. 428	0. 445	1. 036	0. 501	0. 519
大唐电信	0. 980	0. 558	0. 547	1. 028	0. 468	0. 481	0. 964	0. 510	0. 492	0. 998	0. 472	0. 471
航天信息	1	1. 207	1. 207	1	0. 345	0. 345	1	1. 233	1. 233	1	0. 323	0. 323
长园集团	1. 043	0. 491	0. 513	0. 942	0. 523	0. 492	1. 061	0. 665	0. 706	1	0. 237	0. 237
中国软件	0. 999	0. 519	0. 518	1. 001	0. 545	0. 546	1	0. 475	0. 475	1	0. 529	0. 529
东软集团	1	0. 509	0. 509	1	0. 466	0. 466	1	0. 473	0. 473	1	0. 500	0. 500
综艺股份	1. 056	0. 642	0. 678	1	2. 990	2. 990	1	0. 583	0. 583	1	0. 135	0. 135
航天长峰	0. 881	0. 613	0. 540	1. 047	0. 465	0. 486	1. 108	1. 461	1. 618	1	0. 577	0. 577
宝胜股份	1	0. 251	0. 251	1	0. 336	0. 336	1	0. 810	0. 810	0. 994	0. 317	0. 315
平均值	0. 995	0. 634	0. 631	1. 007	0. 581	0. 584	1. 001	0. 591	0. 596	1. 002	0. 425	0. 427

在分析期内,技术效率年均增长 1. 25% ,技术进步年均负增长 44. 23% ,整体而言,我国物联网产业相关上市公司的生产率下降主要由技术

进步的降低引起。就三个分析期来看,技术效率处于忽高忽低的状态。在 2008—2010 年,我国物联网产业发展模式中“追赶效应”相较于“增

长效效应”显著,在这种模式下注重了技术效率的增长而忽略了技术进步。自1999年提出物联网的概念,国家“十二五”规划推动物联网的研发应用,我国出台很多配套扶持政策,大量研发人员和研发投入为物联网产业的发展奠定了一定基础,进入物联网的区域性大规模应用和产业的规模化发展阶段。但当前我国缺乏系统明确的物联网发展战略,国家的政策支持在促进物联网市场需求的同时,也可能在这“热潮”中引起产能过剩,如上述分析中出现部分公司逐渐步入规模效益递减阶段。因此,国家根据我国产业结构调整方向来转变物联网的发展方式,从主要依靠物质资源的投入逐渐转变为以技术创新为主体的产业发展模式,在政府的主导下,创造协同发展的产业链,因此在2010—2011年期间加快了技术进步,物联网企业生产效率下降速度放缓。虽然这种向市场驱动改进的产业化发展方向是正确的,但实际中技术效率和技术进步同样重要,物

联网产业发展模式的转变应当同时注重这两点。同时,物联网企业区域性发展应兼备横向和纵向的平衡。虽然物联网市场需求巨大,但仅靠政府的政策鼓励和市场的自发调节远不足以形成协同发展的系统化机制。

五、效率变化的影响因素分析

上述分析表明引起物联网相关上市公司生产效率变化趋势的主要原因是技术进步的变化。自2009年开始物联网热潮后,所选28家我国物联网概念上市公司的各输出指标和输入指标总体迅速增加,但生产效率却有所降低。为了进一步分析输入变化和输出变化对生产率变化的影响,将2008—2009年定义为第一阶段,2009—2010年为第二阶段,2010—2011年为第三阶段,并对各阶段的技术效率、技术进步和全要素生产率进行配对样本T检验,具体详见表5:

表5 配对样本T检验

	2008—2009年 VS 2009—2010年	2009—2010年 VS 2010—2011年	2008—2009年 VS 2010—2011年
TEC	-.832(.413)	.324(.748)	-.367(.717)
FS	.426(.673)	-.088(.931)	.536(.597)
TFP	.380(.707)	-.101(.921)	.415(.681)

注:括号中值为显著度水平

结果显示效率值变化差异均不显著,因此排除了Malmquist生产率变化的时间序列特征。对DEA-Malmquist指数方法所得效率值进行进一步的多元线性回归分析,建立模型如下:

$$\text{模型 1: 变化测量} = \alpha_{x0} + \alpha_1 \Delta x_1 + \alpha_2 \Delta x_2 + \alpha_3 \Delta x_3 + \alpha_4 \Delta x_4 + \alpha_5 \Delta x_5 + \alpha_6 \Delta x_6 + \varepsilon_1$$

$$\text{模型 2: 变化测量} = \alpha_{y0} + \alpha_7 \Delta y_1 + \alpha_8 \Delta y_2 + \alpha_9 \Delta y_3 + \varepsilon_1$$

上述两式分别以生产率变化、技术效率变化以及技术进步变化三个方面作为因变量进行回归分析,其中模型1以所有输入指标变化值作为自变量,模型2以所有输出指标变化值作为自变

量。由于2009年是物联网产业发展热潮的起始年,这里以2008年和2010年的输入输出指标进行Malmquist生产率指数的测算,分别表示热潮前后(2008年与2010年)的输入和输出指标的变化值。

2008—2010年期间造成生产率下降的主要因素是流动资本(x_1)、劳动力(x_3)、销售成本(x_4)以及营业成本(x_5),具体计算结果详见表6。在各地方政府的推动下,物联网产业得到一定程度的发展,但没有在全国范围内形成统筹规划,产业顶层缺乏专业设计、标准规范、核心关键技术、核心创作人才,因此没有形成完善的物联网产业链结构,造成发展的不平衡,也出现了资源利用率不高和研究成本过高的问题。

表 6 生产率变化、技术效率、技术进步的多元线性回归分析结果

	系数值	生产率变化	技术效率变化	技术进步变化
模型 1	α_{s0}	0.532 ** (2.722)	0.980 *** (66.216)	0.550 *** (2.983)
	α_1	0.417 ** (2.539)	0.015(1.172)	0.385 ** (2.486)
	α_2	0.078(1.010)	-0.003(-0.495)	0.076(1.041)
	α_3	-0.916 ** (-2.504)	-0.031(-1.130)	-0.859 ** (-2.489)
	α_4	-0.521 ** (-2.547)	-0.004(-0.240)	-0.491 ** (-2.547)
	α_5	0.270(1.428)	0.040 ** (2.801)	0.234(1.311)
	α_6	0.240(1.571)	-0.002(-0.191)	0.227(1.572)
	调整 R 方	0.241	0.249	0.239
模型 2	α_{s0}	0.383 ** (2.708)	0.969 *** (79.703)	0.412 *** (3.070)
	α_7	0.116(1.113)	0.037 *** (4.073)	0.086(0.869)
	α_8	0.543 *** (5.116)	0.013(1.467)	0.509 *** (5.048)
	α_9	-0.223 *** (-3.711)	-0.004(-0.769)	-0.211 ** (-3.695)
	调整 R 方	0.487	0.344	0.478

注: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$

六、结论

本文运用 DEA-Malmquist 指数方法,以 2009—2010 年的全球性热潮为研究分界,对我国物联网企业的生产效率变革以及影响因素进行评价与分析,得出以下结论:

自 2009 年全球性物联网热潮之后,我国也日益促进物联网产业的区域发展,例如传感网标准体系的建设等^[22],物联网相关企业的投资与利润额都快速提高,但我国物联网产业的发展仍是粗放型的,高增长的代价是高投入。

我国物联网概念上市公司仍处于探索发展阶段,技术创新和技术转化能力不足,没有完善的物联网技术创新体系,规模效益增加不明显,技术效率增长缓慢,技术进步呈现降低趋势,总体全要素生产效率降低。

在推进物联网技术和产业发展的过程中,我国应该更加注重产业结构的调整以及产业链的形成,对现有的发展战略以及技术制度进行创新,形成一个多方协调发展的产业链,避免重复建设和产能过剩。

本研究尚存在一定的不足,研究范围仅包括国内具有完整公开数据的上市物联网概念公司,无法获得其余非上市公司相关数据进行分析,因而参考集数量有限。另外,外部宏观数据的影响

系数难以界定,从而使得全面分析全球物联网热潮对物联网产业生产效率变革的影响成为难题,这为今后的研究提供了方向。

参考文献:

[1] 叶美兰,朱卫未. 新时代下物联网产业的发展困境与推进原则——工信部《物联网“十二五”发展规划》解读[J]. 南京邮电大学学报(社会科学版),2012(1): 44-48.

[2] MALMQUIST S. Index numbers and indifference surfaces[J]. Trabajos de Estadística,1953(2): 209-242.

[3] CAVES D W,CHRISTENSEN L R,DIEWERT W E. Multilateral comparisons of output, input, and productivity using superlative index numbers[J]. The Economic Journal,1982(365): 73-86.

[4] CAVES D W,CHRISTENSEN L R,DIEWERT W E. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity[J]. Journal of the Econometric Society,1982(6): 1393-1414.

[5] Färe R,GROSSKOPF S,LINDGREN B,et al. Productivity changes in Swedish pharmacies 1980—1989: A non-parametric Malmquist approach[J]. Journal of Productivity Analysis,1992(1): 85-101.

[6] Grifell-Tatjé E,LOVELL C A K. A note on the Malmquist productivity index[J]. Economics letters,1995(2): 169-175.

[7] Färe R,GROSSKOPF S,NORRIS M,et al. Productivity

- growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries [J]. The American Economic Review, 1994(1): 66–83.
- [8] ARIFF M, CABANDA E, SATHY M. Privatization and performance: Evidence from telecommunications sector [J]. Journal of the Operational Research Society, 2008(10): 1315–1321.
- [9] 王海燕, 罗亚非, 孙守霞, 等. 通信设备、计算机及其他电子设备制造业 R&D 绩效分析 [J]. 科研管理, 2008(4): 158–162.
- [10] CHARNES A, COOPER W W, RHODES E. Measuring the efficiency of decision making units [J]. European Journal of Operational Research, 1978(6): 429–444.
- [11] LOVELL C A. The decomposition of Malmquist productivity indexes [J]. Journal of Productivity Analysis, 2003(20): 437–458.
- [12] 郭岚, 张勇, 李志娟. 基于因子分析与 DEA 方法的旅游上市公司效率评价 [J]. 管理学报, 2008(2): 258–262.
- [13] 仇冬芳, 刘益平, 沈丽, 等. 基于 CCR 模型的控制权转移、股东制衡与公司效率研究——来自上市公司大宗股权转让的经验数据 [J]. 软科学, 2012(12): 108–111.
- [14] ZHU J. DEA/AR analysis of the 1988–1989 performance of the Nanjing textiles corporation [J]. Annals of Operations Research, 1996(5): 311–335.
- [15] LIU F H F, WANG P H. DEA Malmquist productivity measure: Taiwanese semiconductor companies [J]. International Journal of Production Economics, 2008(1): 367–379.
- [16] 汪旭晖, 徐健. 基于超效率 CCR-DEA 模型的我国物流上市公司效率评价 [J]. 财贸研究, 2009(6): 117–124.
- [17] 杨家兵, 吴利华. 基于 DEA 的钢铁行业上市公司效率评价 [J]. 工业技术经济, 2006(2): 90–93.
- [18] PASTOR Jesús T, RUIZ José L. Variables with negative values in DEA [G]//ZHO J, COOK W D. Modeling Data Irregularities and Structural Complexities in Data Envelopment Analysis. Boston: Springer, 2007: 63–84.
- [19] 魏权龄, 岳明. DEA 概论与 C^2R 模型——数据包络分析 (一) [J]. 系统工程理论与实践, 1989(1): 58–69.
- [20] 郭京福, 杨德礼, 胡祥培. 规模收益分析的 DEA 方法 [J]. 运筹与管理, 1998(3): 74–79.
- [21] 吴文江. 用数据包络分析研究规模收益分析 [J]. 系统工程理论与实践, 2001(9): 85–89.
- [22] 王亚唯. 物联网发展综述 [J]. 科技信息, 2010(37): 7.

Production efficiency and influencing factors of the Internet of Things corporations based on DEA-Malmquist index

SONG Jia¹, YU Yu²

(1. School of Management, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210023, China)
(2. Business School, Hohai University, Nanjing 211100, China)

Abstract: Based on the boom of developing the Internet of Things technology and industry surging at home and abroad in 2009, we first used the CCR and BCC model from DEA to analyze the operation efficiency and scale effect of 28 listed Internet of Things conceptual companies from 2008 to 2012 as research subject. Then we applied DEA-Malmquist Index to analyze the total factor efficiency changes and the sources of production efficiency changes of those Internet of Things companies. We found that most of the 28 companies showed DEA-inefficient. As a whole, the technical efficiency grew annually at an average of 1.25%, while the technology shift reduced annually at an average of 44.23%, from 2008 to 2012. As a result, the increasingly promoted development of Internet of Things industry in China is still extensive with high input to achieve high growth. Additionally, part of the 28 companies were sliding into the stage of decreasing return to scale, which indicates the emergence of the phenomena of excess capacity. Generally, there is a slowing growth in technical efficiency and a gradual reduction in technology shift; the “catch-up” effect of Internet of Things industry is greater than growth effect.

Key words: Internet of Things; DEA-Malmquist Index; technical efficiency; technology shift

(责任编辑: 范艳芹)