

高新技术产业 R&D 效率测度

杨惠瑛,王新红

(西安科技大学 管理学院,陕西 西安 710054)

摘要:高新技术产业对经济的发展起着重要的引领作用,而研发效率的高低更是体现企业核心竞争力强弱的关键因素之一。基于研发效率的视角,从综合效率、技术效率和规模效率3个方面对我国高新技术产业的研发状况进行分析,探讨在现有资源下实现 DEA 有效的途径。研究得出:高新技术产业研发效率发展趋势乐观;技术效率相对较高;规模效率呈现高低不等的状况,且绝大多数处于规模收益递增区间。

关键词:高新技术产业;DEA;R&D 效率

DOI:10.3969/j.issn.1001-7348.2012.02.026

中图分类号:F276.44

文献标识码:A

文章编号:1001-7348(2012)02-0113-04

0 引言

科学技术是推动现代经济发展的动力和加速器,而当今国家间的竞争优势更体现在高科技领域,因此,每个国家都在提高本国高新技术产业上不遗余力。我国高新技术产业的工业总产值在 2004—2008 年间,由 27 769 亿元猛增到 57 087 亿元^[1],年均增长率达到 22.87%,高于同期国民经济增长速度。由于其自身具有高效益性、高渗透性和可持续性,在国民经济中的地位日益凸显。到 2008 年,高新技术产业总产值占 GDP 的比例达到 18.99%,对我国经济的发展产生了巨大的推动作用。

研究与开发(Research and Development, R&D)是企业发展的源泉,尤其是高新技术产业取得长期竞争力的保证。近年来,随着高新技术产业 R&D 状况一再受到政府及社会各界的高度重视,研发投入得到不断提高,R&D 经费支出由 2004 年的 292.1 亿元,增加到 2008 年的 655.2 亿元,年均增长 24.20%。但与发达国家相比,我国的 R&D 投入强度处于较低水平。2006 年 OECD 大部分成员国 R&D 投入强度都在 21% 以上,像美国、日本、法国等国都超过了 28%^[2],而我国 2008 年的 R&D 投入强度仅为 9.8%(R&D 强度按 R&D 经费占工业增加值的百分比计算)。在研发经费、人力资源既定的情况下,要提高高新技术产业竞争能力,不仅需要合理增加 R&D 投入,更要关注 R&D 产出效率的提高。因此,本文借助数据包络分析方法,对我国高新技术产业 R&D 活动的效率状况进行评价,

有助于正确认识高新技术产业 R&D 活动效率情况,解析提高高新技术产业 R&D 效率的方法。

1 评价方法

数据包络分析(DEA, Data Envelopment Analysis)是以相对效率概念为基础对同类多指标投入、多指标产出经济系统的相对有效性进行评价的一种方法。该方法不必确定输入、输出之间关系的显性表达式,排除了很多主观因素的影响,从而具有很强的客观性。DEA 方法特别适用于评价具有多个输入与输出的复杂系统^[3],并具有对多指标投入与产出的经济系统进行综合评价的独特优势,使得该方法非常适合于 R&D 效率评价。因此,近两年有研究者将 DEA 分析法引入到对 R&D 效率的评价中^[4-5]。

基于此,本文采用 DEA 方法 BCC 模型对高新技术产业 R&D 效率进行测度。设有 n 个决策单元(Decision Making Units, DMU),每个决策单元有输入向量 $X = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T$,输出向量 $Y = (y_1, y_2, \dots, y_s)^T$,对于任意决策单元 DMU_j ,基于凸性、锥性、无效性和最小性的公理假设,有生产可能集:

$$T = \{ (X, Y) \mid \sum_{j=1}^n x_j \lambda_j \leq X, \sum_{j=1}^n y_j \lambda_j \geq Y, \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \}$$

可得到如下 DEA 模型(C²R):

$$\min [\theta - \epsilon (\sum_{i=1}^m S_i^- + \sum_{r=1}^s S_r^+)]$$

收稿日期:2010-12-27

作者简介:杨惠瑛(1986—),女,新疆吐鲁番人,西安科技大学硕士研究生,研究方向资本运营与公司理财;王新红(1968—),女,陕西西安人,博士,西安科技大学管理学院教授、硕士生导师,研究方向公司治理。

$$s. t. \begin{cases} \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + S_i^- = \theta x_{i0}, i \in (1, 2, \dots, m) \\ \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - S_r^+ = y_{r0}, r \in (1, 2, \dots, m) \\ \theta, \lambda_j, S_i^-, S_r^+ \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

其中, θ 为被评价决策单元 DMU₀ 的有效值(指投入相对于产出的有效利用程度), x_{i0} 和 y_{r0} 表示第 j_0 个 DMU 的第 i 项输入和第 r 项输出, S_r^+ 和 S_i^- 分别为松弛变量, ϵ 是阿基米德无穷小量。

2 指标体系与数据处理

DEA 方法测算的是相对效率而非绝对相率, 若如实反映高技术产业中不同行业的效率情况, 应尽可能将所有的高技术行业都包括其中。考虑数据统计上的可行性以及研究的有效性, 本文以 2004—2009 年的《中国高技术产业统计年鉴》中, 高技术产业的科技活动数据为基础进行研究。根据《中国高技术产业统计年鉴》的分类, 本文从医药制造业、航空航天器制造业、电子及通信设备制造业、电子计算机及办公设备制造业、医疗设备及仪器仪表制造业 5 个行业为样本, 运用 Deap2.1 软件对其 R&D 效率进行研究。

2.1 指标体系

在 R&D 效率的指标体系中, 对研发活动投入指标的选取主要集中在 R&D 经费和 R&D 人员上, 对产出指标的选取主要体现与 R&D 投入有直接相关性的指标。在人力投入上, 为了反映整体技术人力的强弱, 以及高层技术人才的投入情况, 选取了 R&D 活动人员折合全时当量、R&D 活动人员/科技活动人员、科学家和工程师占科技活动人员比例。在资金投入上, 为了既反映企业研发资金投入的规模, 同时又反映研发投入的强度, 选取了 R&D 经费内部支出、新产品开发经费、R&D 经费投入强度(R&D 经费内部支出/销售收入)。考虑到 R&D 成果所实现的市场价值和其在企业总收入中的地位, 以及企业新技术和新产品成果开发的数量^[6], 产出指标选择了新产品销售收入、出口创汇率、新产品销售收入/销售收入、拥有发明专利数。

2.2 数据处理

本文分析样本选用 1999—2008 年我国高技术产业细分的五大类产业经验数据, 全部样本包括 45 个面板数据, 所用原始数据除特别说明外皆来源于国家统计局等编写的《中国高技术产业统计年鉴》。

为了消除物价变动对本文的影响, 对所用到的数据都作了消除物价影响的剔除。就目前研究来看, Frantzen^[7] 将 R&D 价格指数构建为 $Rdpi = 0.5 * p + 0.5 * w$, p 为商业部门产出缩减指数, w 是商业部门平均工资指数。这种界定意味着 R&D 支出中的 50% 是设备成本, 另 50% 为劳动力成本。朱平芳、许伟民^[8] 将 R&D 价格指数构建为 $PI = 0.55PI_c + 0.45PI_i$, 其中 PI

由消费物价指数(PI_c)和固定资产投资价格指数(PI_i)加权而成。张倩肖、冯根福^[9] 以 2000—2005 年大中型高技术产业科技活动内部经费中, 劳务费、原材料和固定资产三者所占比例为权数, 构建了 R&D 价格指数, 其公式为 $PI_{R\&D} = 0.35 * CPI + 0.31 * PPI + 0.34 * FAPI$, 其中 CPI 为居民消费价格指数, PPI 为原材料、动力、燃料购进价格指数, $FAPI$ 为固定资产投资价格指数。

鉴于此, 本文用固定资产投资价格指数、原材料购进价格指数和消费物价指数的加权平均值, 来构建我国高新技术产业 R&D 价格指数, 于是得到:

$$PI_{R\&D} = a * CPI + b * PPI + c * FAPI \quad (1)$$

在式(1)中, CPI 为居民消费价格指数, PPI 为原材料、动力、燃料购进价格指数, $FAPI$ 为固定资产投资价格指数; a 代表居民消费支出权重, b 代表原材料购进费支出权重, c 代表固定资产购建费支出权重。其中, a 、 b 、 c 是按照 2000—2008 年高技术企业科技活动内部经费构成中, 劳务费、原材料和固定资产三者所占比例为权数, 且以 1998 年价格为基准构建的。R&D 价格指数为 $PI_{R\&D} = 0.27 * CPI + 0.5 * PPI + 0.23 * FAPI$ 。通过 R&D 价格指数 $PI_{R\&D}$ 缩减名义 R&D 支出, 从而获得实际 R&D 支出。

3 实证分析

为探讨 2000—2008 年间我国高新技术产业研发效率的特点并寻求达到有效值的根源, 本文基于投入导向数据包络分析方法的 BCC 模型度量了各行业的研发效率、技术效率和规模效率。考虑到研发活动 R&D 投入并不能在投入的当年见效, 具有明显的滞后性, 并根据何玮(2003)^[10] 和梁莱歆、张焕凤(2005)^[11] 的研究, R&D 投入一般约有 1~2 的滞后期, 本文采用所有产出指标具有平均 1 年的滞后期。

3.1 综合有效性分析

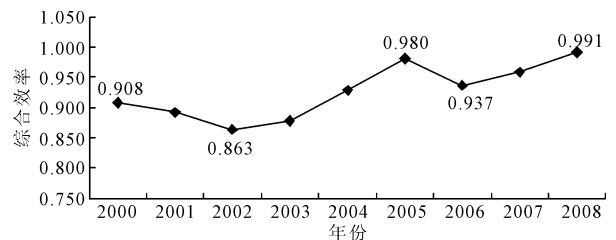


图 1 高新技术产业平均综合效率动态变化

从整个产业的均值来看, 2000—2008 年间的平均综合效率为 0.926。在样本期间内, 其增长呈现 W 曲线走势, 3 个峰值分别出现在 2000 年 0.908, 2005 年的 0.980 和 2008 年的 0.991, 并呈显稳步增长趋势。2000—2008 年, 各个行业的效率都在逐步提高, 由 2000 年仅有电子及通信设备制造业和电子计算机及办公设备制造业达到 DEA 有效, 到 2008 年, 除航空航天器制造业外, 其它产业均实现了 DEA 有效。这充分说明了企业已经意识到 R&D 在企业核心竞争力、可持续发展

中的重要地位,并注重研发的产出效率和创新能力提高。

表 1 高新技术产业各行业综合效率值

年份	医药制造业	航空航天器制造业	电子及通信设备制造业	电子计算机及办公设备制造业	医疗设备及仪器仪表制造业
2000	0.805	0.830	1.000	1.000	0.907
2001	0.607	0.861	0.991	1.000	1.000
2002	0.738	1.000	0.874	1.000	0.704
2003	0.617	0.939	0.961	0.869	1.000
2004	0.872	1.000	1.000	0.921	0.845
2005	1.000	1.000	0.999	0.901	1.000
2006	1.000	0.923	0.761	1.000	1.000
2007	1.000	0.868	1.000	1.000	0.926
2008	1.000	0.957	1.000	1.000	1.000
平均效率	0.849	0.931	0.954	0.966	0.931

从行业的平均效率角度分析,电子及通信设备制造业和电子计算机及办公设备制造业的平均效率在大于 0.95 的水平;航空航天器制造业和医疗机械及仪器仪表制造业处于 0.90~0.95 的水平;医药制造业平均效率相对较低,处在小于 0.9 的水平。研发活动最为密集、研发投入比重最高的行业,几乎都是研发效率水平较高或是表现效率好的行业。电子及通信设备制造业占据了高技术产业的半壁江山(2008 年该产业总产值为 28 151.4 亿元,占高技术产业总产值的 49.3%),它的高产出与其高投入有着密切的关系。2000—2008 年,R&D 经费内部支出和新产品开发经费占行业比例均保持在 50% 以上,R&D 经费内部支出比重从 52.54% 上升到 59.51%,新产品开发经费比重从 54.41% 上升至 60.25%。我国高技术领域偏重电子信息制造业的行业格局,既与我国原有的产业基础和国家政策有关,也与跨国公司向我国大规模转移电子信息产品制造能力有关。医药制造业在近几年(2005—2008 年)高速发展,但平均综合效率偏后,这主要是受 2000—2004 年综合效率较低的影响。在此期间,一方面医药制造业 R&D 投入相比较而言处于较低水平,医药制造业 R&D 人员折合全时当量占行业比例为 13.19%,而 R&D 经费内部支出和新产品开发经费占行业比例均值仅为 11.66% 和 11.01%;另一方面,我国在加入 WTO 之后,由于很多企业缺乏核心技术和较强的新药开发能力,造成产品创新效率水平不高。经过调整,自 2005 年之后医药制造业一直处于生产函数的前沿面上。

3.2 技术有效性分析

我国高新技术产业在 2000—2008 年的平均技术效率为 0.979,略高于综合效率的均值。在 2000—2008 年呈现 W 型波动,同综合效率波峰出现年度相同,技术效率的波峰出现在 2000 年 DEA 有效、2005 年 DEA 有效、2008 年为 0.991,但技术效率的走势并没有如同综合效率一样,呈现上升趋势,而是出现上下波动的

状况。

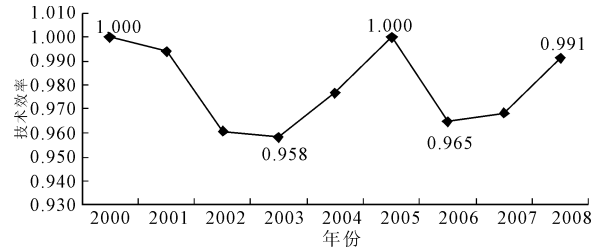


图 2 高新技术产业平均技术效率动态变化

表 2 高新技术产业各行业技术效率值

年份	医药制造业	航空航天器制造业	电子及通信设备制造业	电子计算机及办公设备制造业	医疗设备及仪器仪表制造业
2000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2001	0.969	1.000	1.000	1.000	1.000
2002	0.913	1.000	0.89	1.000	1.000
2003	0.901	0.968	0.993	0.929	1.000
2004	0.910	1.000	1.000	1.000	0.974
2005	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2006	1.000	0.947	0.878	1.000	1.000
2007	1.000	0.895	1.000	1.000	0.946
2008	1.000	0.957	1.000	1.000	1.000
平均值	0.966	0.974	0.973	0.992	0.991

从行业的平均效率进行分析,高新技术产业的技术效率总体水平较高,虽然实现 DEA 有效,但均高于 0.95 的水平。其中,电子计算机及办公设备制造业和医疗设备及仪器仪表制造业的技术效率最高(两者仅差 0.001);排名第 2 的是航空航天器制造业和电子及通信设备制造业(两者仅差 0.001);位居最后的是医药制造业,为 0.966。技术效率是衡量在给定投入资源下,提供相应产出的能力。技术效率较高说明企业较为有效地利用了 R&D 投入,投入要素组合较为合理,取得了较高的产出效果。由表 2 可以看出,在 2006 年航空航天器制造业的技术效率出现了较大波动,并且在接下来的两年均未达到技术效率有效。分析其 2006 年数据可以发现,相比较 2005 年航空航天器制造业在人力和资金投入相对值上,均有一定幅度的增长(R&D 活动人员折合全时当量,由 2005 年的 24 025 人上升到 2006 年 29 870 人,R&D 经费内部支出由 2005 年的 2 582.16 万元上升 2006 年的 3 135.39 万元)。但在研发强度(R&D 经费支出/销售收入)上却呈现出了下滑,从 2005 年的 5.07% 下降到 2006 年的 3.56%。截至 2008 年,研发强度也仅为 4.23%,并未达到 2005 年的水平。2006—2008 年,航空航天器制造业在资源配置上未达到最优,故应通过改善投入要素组合、加强管理等手段来提高技术效率。

3.3 规模有效性和规模收益分析

我国高新技术产业平均规模效率为 0.945,与技术有效性相比,规模效率的表现略差一些。2000—2008 年规模效率呈现直线上升趋势,由 0.896 上升至生产函数前沿面,虽中间略微出现一些波折,但并没有影响

其上升的趋势。在 2008 年各行业均实现了规模效率有效。

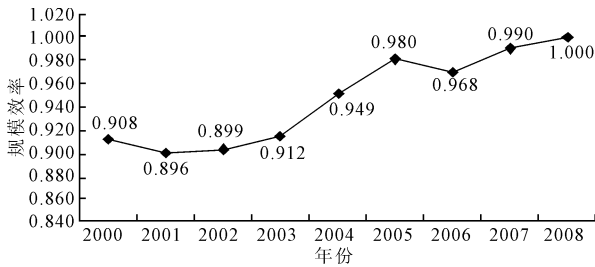


图 3 高新技术产业平均规模效率动态变化

表 3 高新技术产业各行业规模效率和规模收益值

年份	医药制造业	航空航天器制造业	电子及通信设备制造业	电子计算机及办公设备制造业	医疗设备及仪器仪表制造业
2000	0.805 irs	0.830 irs	1.000 -	1.000 -	0.907 irs
2001	0.626 irs	0.861 irs	0.991 drs	1.000 -	1.000 -
2002	0.809 irs	1.000 -	0.982 drs	1.000 -	0.704 irs
2003	0.685 irs	0.97 irs	0.968 drs	0.936 irs	1.000 -
2004	0.958 irs	1.000 -	1.000 -	0.921 irs	0.867 irs
2005	1.000 -	1.000 -	0.999 irs	0.901 irs	1.000 -
2006	1.000 -	0.975 irs	0.867 irs	1.000 -	1.000 -
2007	1.000 -	0.97 irs	1.000 -	1.000 -	0.979 irs
2008	1.000 -	1.000 -	1.000 -	1.000 -	1.000 -
平均值	0.876	0.956	0.979	0.973	0.94

从行业的平均规模效率进行分析,电子及通信设备制造业和电子计算机及办公设备制造业的平均规模效率处于较高水平,其次是航空航天制造业和医疗设备及仪器仪表制造业,排名最后的是医药制造业。规模效率是用来衡量投入的规模是否合适,规模收益递增(irs)是指当投入增加时,产出增长的倍数高于投入的倍数;规模收益递减(drs)是指当投入增加时,产出增长的倍数低于投入的倍数。由表 2 和表 3 可以看出,5 个行业分别在不同年度出现技术有效而规模非有效(医药制造业 2000 年,航空航天器制造业 2000、2001 年,电子及通信设备制造业 2001、2005 年,电子计算机及办公设备制造业 2004、2005 年,医疗设备及仪器仪表制造业 2000、2002 年),且绝大多数的规模收益呈现递增(irs),表明这些公司在加强研发管理的同时,若加大 R&D 投入会带来更大比例的产出。由表 3 可以看出,样本期间电子计算机及办公设备制造业的总体情况最好,有 6 年均处于规模收益不变的阶段,并处于生产函数的前沿面上。如果保持原来的生产方式不变的话,应该会继续维持这样的投入规模。

4 结论

(1)高新技术产业研发效率发展趋势乐观。从整个高新技术产业的均值来看,2000—2008 年间研发效率呈现稳步增长的势头,呈现稳定的 W 型变换(见图 1)。2002 年处于样本期间的低谷,研发效率值只有 0.863。虽然 2006 年的研发效率值也有点回落,为

0.937,但相比 2002 年已有大幅度的提高。就行业而言,样本期间行业的研发效率呈现稳步增长的趋势(见表 2),仅在 2006、2007 年部分行业 DEA 效率值呈现波动,如航空航天器制造业、医疗器械及仪器仪表制造业。总的来说,各高新技术产业研发效率 2008 年均比 2000 年有了较大改观,呈现出较好的趋向和走势。针对研发效率的波动性变化,采用重点突破式提升途径,以效率相对较低的阶段作为突破口,加强低谷时期的管理,以提升技术创新的整体效率。

(2)高新技术产业 R&D 的技术效率相对较高。高新技术产业的技术效率均值为 0.979,略高于规模效率的均值 0.945。从 45 个样本的结果来看,电子计算机及办公设备制造业有 8 年,医疗设备及仪器仪表制造业有 7 年,电子及通信设备制造业有 6 年,医药制造业和航空航天器制造业有 5 年呈现技术效率有效。在技术效率无效的 14 个样本中,有 11 个样本的技术效率值在 0.9 以上,3 个在 0.85~0.9。技术效率处于较高水平说明大多数企业的投入要素组合合理,从技术角度来看,6 种投入要素同时得到了有效利用。针对技术效率相对较高的状况,选用扬优补劣渐进式提升途径,先将优势发挥到最大,同时着力弥补劣势。在优化研发投入结构、科学配置 R&D 资源的基础上,提高企业的规模效率。

(3)高新技术产业的 R&D 规模效率呈现高低不等的状况,而且规模无效的企业大部分处于规模递增区间。从以上 45 个样本值可以看出,规模效率值最低的为 0.626(医药行业 2001 年),最高为 1。此外,规模收益递增表明研发效率的规模经济性,有助于 R&D 效率的提高和科技资源的合理配置。通过构建高效的产业技术创新体系,可以达到提高行业竞争力的目标。针对规模效率高高低不同,且大多处于收益递增区间,应采用跳跃式提升途径,加强市场化环境建设,增强企业市场开拓力;鼓励企业壮大规模,加强纵向和横向合并,提升企业在重大技术上的联合攻关能力。此外,继续鼓励企业加强自主创新能力建设,加大政府政策和资金的支持力度,加强对研发人员的激励和管理等。

参考文献:

- [1] 国家统计局. 2009 年中国高技术产业统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2009: 3-92.
- [2] 科技统计信息中心. 中国科技统计网[EB/OL]. <http://www.sts.org.cn>, 2006.
- [3] 魏权龄. 评价相对效率的有效方法[M]. 北京: 人民出版社, 1998: 6-131.
- [4] 时鹏将, 许晓雯, 蔡虹. R&D 投入产出效率的 DEA 分析[J]. 科学学与科学技术管理, 2004 (25): 28-30.
- [5] 池仁勇, 唐根年. 基于投入与绩效评价的区域技术创新效率研究[J]. 科研管理, 2004, 25(4): 23-27.
- [6] 梁莱歆, 刘建秋. 高新技术企业 R&D 绩效评价方法探索[J]. 科学学与科学技术管理, 2004, 25(11): 29-32.