

国家 R&D 投入产出效率评价的 实证分析 ——DEA 方法

钟 华¹, 安新颖¹, 汪凌勇²

(1. 中国医学科学院 医学信息研究所, 北京 100020; 2. 中国科学院 文献情报中心, 北京 100190)

摘要:文章采用文献分析和实证分析的方法,通过对国内外应用 DEA(数据包络分析)方法对各行业和机构进行效率评估等相关研究进行分析和提炼,结合 R&D 活动的特点和 DEA 方法应用的发展趋势,以各主要国家科技创新活动为主要研究对象,以各国 R&D 的投入产出指标为切入点,运用数据包络分析方法来研究国家 R&D 投入产出效率的问题,构建了国家层面 R&D 投入产出效率的 DEA 评估基本模型。

关键词:DEA; R&D 绩效; 绩效评估

中图分类号:F012 **文献标志码:**A **文章编号:**1008-5831(2011)01-0072-08

科技已经成为各国赢得竞争优势的重要因素,政府对科研活动的战略导向日益重视,R&D 的管理和评估已经不仅仅是学术研究机构或者科学家个人的活动了,R&D 绩效评估成为一个重要的协调和管理手段,各种 R&D 绩效评估的方法也不断出现并发展起来。数据包络分析法(DEA)这种非参数统计分析方法已成为对 R&D 效率测度的主要研究方法,该方法与其他评估方法相比较,具有结构简单、不需要事先确定各指标间的可比性和权重,并可以提供信息来找出低效率环节等优点,能够较好地运用于国家 R&D 投入和产出相对效率的评估,

一、理论背景

(一)R&D 效率

关于 R&D 效率的界定,国内较早关注这方面问题的学者吴俊卿认为绩效是实践活动的实际结果对期望值所达到的程度。闫宏认为,R&D 绩效评估是在 R&D 活动完成后,对照预先设定的目标,对 R&D 活动的完成情况、实施过程、实施效果及其影响所进行的系统、客观、公正的分析,并为今后的投资或决策提供意见或建议。总的来说,R&D 效率可以视为科技研发活动投入和产出的比较。

(二)DEA 方法

数据包络分析是一种非参数的客观评价方法,它是由美国运筹学家 A. Charnes 和 W. W. Cooper 等学者于 1978 年在“相对效率评价”基础上发展起来的一种新的系统分析方法。DEA 方法属于运筹学研究的领域,它主要采用数学

收稿日期:2010-09-13

作者简介:钟华(1983-)女,广西柳州人,主要从事医学信息分析研究;安新颖(1978),女,中国医学科学院医学信息研究所博士,主要从事医学信息分析和社科评价研究;汪凌勇(1967-),男,中国科学院文献情报中心副研究员,主要从事科技政策与情报管理研究。

规划方法,利用观察到的样本数据,对具有相同类型的多投入、多产出的决策单元(Decision Making Units, 简称 DMU)进行生产有效性评价或处理其他多目标决策问题。它通过保持决策单元的输入或输出不变,借助于数学规划将 DMU 投影到 DEA 前沿面上,并通过比较决策单元偏离 DEA 前沿面的程度评价它们的相对有效性。

二、研究方法

(一) 研究框架

在研究架构的设计上,笔者遵循由基础到理论再到应用这一整体思路,将通过资料搜集整理,在定性研究的基础上,提出并分析可改进的理论模型,然后探讨实证研究方法,选取决策单元、投入和产出指标,建立数学模型,然后利用 DEA 方法量化分析各国 R&D 投入产出效率的相对有效性,针对以往研究的不足,将聚类分析、Tobit 模型与 DEA 方法结合运用,对 1999 - 2001 年,2000 - 2002 年,2001 - 2003 年这三个时间段的各个国家 R&D 效率值进行综合测度,并进行测度结果的对比分析,通过实证研究得出相关结论。

(二) 指标说明

笔者将每个国家的 R&D 知识生产活动作为生产过程。Pakes 和 Griliches^[1] 以及 Griliches^[2] 在其研究中以 R&D 知识生产框架的方式对这个过程进行了描述,一些可测度的资源,如 R&D 支出或者是研

究人员数量,可作为创新活动的投入项。这些活动都是直接面向生产有价值的知识(K, economically valuable knowledge),但是,知识是不可测度的,因此可以考虑将知识的具体表现形式,如专利数、论文数等定量指标等作为产出指标。同时,在效率评估指标中,除了考虑不可测度的知识外,还受到其他变量和政策等环境因素的影响。

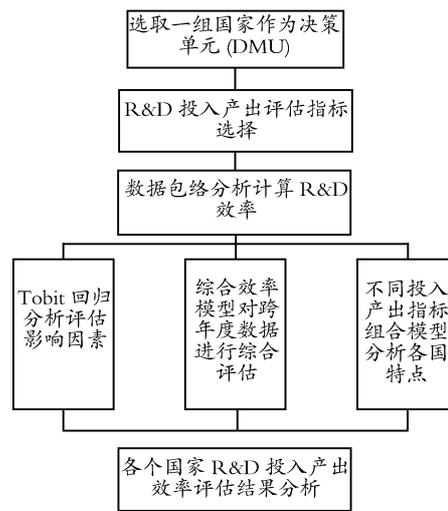


图 1 研究框架

笔者探讨国家 R&D 投入产出效率时,选择了 2 个投入指标、3 个产出指标和 4 个外部变量来构建评估的指标体系,指标体系在表 1 中给出了详细描述。

表 1 指标体系描述说明

类型	变量简称	全称及相关描述
投入指标	GERD	Gross expenditure on R&D, 研发经费总投入
	RESEARCHERS	Researchers, 各个国家研究人员数量
产出指标	ARTICLES	S&T Article, 科技论文数量, 包含了 SCI 和 SSCI 所收录的论文数
	PATENTS	Triadic patent families, 同族专利数量
	TBR	Technology Balance of Receipts, 技术贸易额
外部变量	HIGHEDU	School Enrollment of Tertiary, 各国高等教育入学率
	PSDENS	Personal computers (per 1,000 people), 每千人中拥有个人电脑者的比例
	INTELUS	Internet Users (per,1,000 people), 每千人中互联网用户比例
	ENGFPRO	The English proficiency(TOEFL), 国民英语熟练程度

(三) 数据

关于笔者研究对象的选取,考虑到数据获取途径和相关数据库及报告中统计数据的完整性等因素,在研究中主要选择的是在 OECD 数据库中有较全面统计数据的国家作为研究对象,共计 30 个国家,其中 25 个国家是 OECD 成员国,5 个国家是非 OECD 成员国。笔者选取了这 30 个国家在 1999 -

2001 年,2000 - 2002 年,2001 - 2003 年三个时间段内的 R&D 投入产出相关指标作为统计样本。这些国家大多是综合国力和科技创新能力相对较强的国家,它们的 R&D 投入水平和专利论文的产出量处于世界平均水平或平均水平之上,同时也选取了墨西哥、南非等发展中国家和韩国、日本等亚洲国家,以方便将它们的情况与中国做比较,从而能够基本判

断出中国在世界上的相对位置。在指标选取上还遵循通常参考集元素的个数不少于输入、输出指标总数的两倍为最佳的标准。

三、研究路径

本研究的整个过程分为四个阶段,首先用 DEA 方法的对 30 个国家在 1999 - 2001 年,2000 - 2002 年,2001 - 2003 年这三个时间段内的 R&D 投入产出效率进行分析,得到各个国家在这三个时间段内的 R&D 相对效率状况;第二阶段通过构建综合效率模型对其 R&D 综合效率进行评估,进而探讨不同组合的投入产出指标模型,通过研究对有偏重的不同投入产出组合模型的 R&D 效率值的变化情况分析各国在 R&D 活动中的优势和劣势;第三阶段在第二阶段所计算出的效率值基础上,用聚类分析方法划分 R&D 效率特征群,从而分析各国 R&D 活动的特点和优劣势,并利用 Tobit 回归分析外部因素影响。

四、研究结果

(一) 第一阶段:DEA 测度 R&D 效率

1. R&D 投入产出数据统计及相关分析

表 2 投入产出项相关系数表

	研发投入量	研究人员数量	论文数量	专利数量	技术贸易额
研发投入量	1.000 0	0.742 5	0.966 4	0.983 4	0.672 3
研究人员数量	0.742 5	1.000 0	0.820 8	0.814 1	0.705 9
论文数量	0.966 4	0.820 8	1.000 0	0.984 2	0.857 7
专利数量	0.983 4	0.814 1	0.984 2	1.000 0	0.712 3
技术贸易额	0.672 3	0.705 9	0.857 7	0.712 3	1.000 0

相关系数是变量之间相关程度的指标。相关系数用希腊字母 γ 表示, γ 值的范围在 -1 和 $+1$ 之间。 $\gamma > 0$ 为正相关, $\gamma < 0$ 为负相关。 $\gamma = 0$ 表示不相关; γ 的绝对值越大,相关程度越高。通过表 2 的相关系数分析可知,各投入产出项为正相关关系,符合研究要求条件。

2. R&D 投入产出效率测度结果

通过相关性分析验证后,接着用 DEA 方法的 BCC 模型对上述整理好的 R&D 投入产出数据进行处理。在表 3 中可以看到利用 DEA 计算出的这 30 个国家的 R&D 投入产出效率值。

通过对所构建模型进行评估结果进行分析,从表 3 中可以发现,各国在这三个时间段内 R&D 效率变化不大,基本在 0.05% 上下幅度内波动。很明显可以看出,在这 30 个进行评估的国家中,三个时间段中 DEA 有效的国家都是一样的,澳大利亚、冰岛、日本、韩国、新西兰、英国、美国和俄罗斯这 8 个国家,它们几乎都是同时技术有效和规模有效的,因此这几个国家构成了国家 R&D 投入产出效率评估的前沿面,也就是说,除非部分或

在第一阶段中,将用 DEA 方法对所确定作为研究对象的 30 个国家的 R&D 效率进行测度。DEA 方法采用 BCC 基本模型,这是 DEA 效率测度的基本方法。考虑 R&D 活动特点,笔者将 R&D 活动投入和产出的时间差定为两年。投入数据集年份是 1999 年,2000 年和 2001 年,与此对应的产出数据集的年份应为 2001 年,2002 年,2003 年。首先,对所选取的 30 个国家的 R&D 投入产出指标数据进行初步的统计分析,包括平均值、标准差、最大值和最小值。由统计中可看出,由于各国综合国力及科技发展的状况不一样,因此在专利和论文产出方面各国间的差异也较大。

在对各国的 R&D 投入产出指标数据进行初步的统计后,接着对投入产出项做相关性分析,以确定投入的增加会使产出增加。本研究以 1999 - 2001 年的 R&D 投入指标数据的平均值和 2001 - 2003 年的 R&D 产出指标数据的平均值,用 Excel 数据分析功能中的相关系数做测定,结果如表 2 所示。

全部增加投入量,或者减少某种产出量,否则在现有技术水平下无法再增加其产出量。另外,其他的国家的 R&D 效率评估值小于 100%,在模型评估中被认为是 DEA 无效的,但其效率值越趋近于 1,则说明其 R&D 效率越高,反之则越低。从表 3 中可看出,加拿大、德国、希腊、匈牙利、荷兰、瑞士等西欧国家的效率值也都在 0.8 以上,它们也都是世界公认的 R&D 活动卓有成效的发达国家,而捷克、墨西哥、中国等发展中国家评估的相对效率值较低。我国在此模型的效率评估均值为 0.3 左右,偏低作为参照标准的其他国家的相对平均水平。

以下分别是 1999 - 2001 年,2000 - 2002 年,2001 - 2003 年这三个时间段内这 30 个国家的 R&D 效率值对比情况,以雷达图表示各国 R&D 投入产出效率值的分布情况,可很清楚地看到各个国家所处的效率范围,效率值达到最外圈边缘的国家则为相对效率有效的国家,其中可看到 R&D 效率为 100% 的国家如俄罗斯、英国、美国等构成了整个模型的效率前沿。

表 3 各个国家 R&D 投入产出效率 DEA 评估结果表

序号	国家	1999-2001					2000-2002					2001-2003				
		技术效率	纯技术效率	规模效率	规模收益	排名	技术效率	纯技术效率	规模效率	规模收益	排名	技术效率	纯技术效率	规模效率	规模收益	排名
1	奥地利	0.324	0.326	0.994	drs	28	0.404	0.405	0.997	irs	28	0.434	0.434	1	-	28
2	澳大利亚	1	1	1	-	1	1	1	1	-	1	1	1	1	-	1
3	比利时	0.562	0.568	0.99	irs	25	0.56	0.57	0.982	irs	25	0.515	0.53	0.97	irs	26
4	加拿大	0.835	0.898	0.93	drs	11	0.787	0.851	0.924	drs	12	0.75	0.806	0.93	drs	14
5	捷克	0.441	0.481	0.917	irs	26	0.452	0.5	0.904	irs	26	0.463	0.525	0.883	irs	27
6	丹麦	0.663	0.679	0.977	irs	20	0.627	0.654	0.959	irs	20	0.665	0.699	0.952	irs	19
7	芬兰	0.618	0.636	0.972	drs	23	0.631	0.639	0.987	drs	21	0.687	0.689	0.996	drs	20
8	法国	0.543	0.607	0.894	drs	24	0.497	0.596	0.835	drs	24	0.503	0.583	0.863	drs	24
9	德国	0.693	0.747	0.928	drs	16	0.706	0.755	0.935	drs	15	0.714	0.761	0.938	drs	16
10	希腊	0.781	0.786	0.993	drs	14	0.864	0.871	0.992	irs	11	0.93	0.963	0.966	irs	11
11	匈牙利	0.831	0.857	0.969	irs	13	0.707	0.748	0.944	irs	16	0.608	0.665	0.914	irs	22
12	冰岛	0.395	1	0.395	irs	1	0.318	1	0.318	irs	1	0.306	1	0.306	irs	1
13	爱尔兰	0.576	0.663	0.87	irs	21	0.527	0.632	0.834	irs	22	0.605	0.715	0.845	irs	18
14	日本	1	1	1	-	1	1	1	1	-	1	1	1	1	-	1
15	韩国	1	1	1	-	1	1	1	1	-	1	1	1	1	-	1
16	墨西哥	0.248	0.274	0.907	irs	30	0.296	0.317	0.932	irs	29	0.313	0.343	0.913	irs	30
17	荷兰	0.719	0.728	0.988	irs	17	0.778	0.779	0.998	irs	14	0.739	0.741	0.997	irs	17
18	新西兰	1	1	1	-	1	1	1	1	-	1	1	1	1	-	1
19	波兰	0.634	0.647	0.98	drs	22	0.713	0.732	0.974	drs	17	0.786	0.79	0.995	irs	15
20	葡萄牙	0.447	0.477	0.938	irs	27	0.457	0.493	0.928	irs	27	0.502	0.56	0.897	irs	25
21	西班牙	0.657	0.702	0.935	drs	18	0.617	0.688	0.897	drs	19	0.62	0.689	0.899	drs	21
22	瑞典	0.761	0.774	0.984	irs	15	0.695	0.711	0.977	irs	18	0.636	0.654	0.973	irs	23
23	瑞士	0.939	0.963	0.975	irs	9	0.935	0.964	0.97	irs	9	0.92	0.95	0.968	irs	12
24	英国	1	1	1	-	1	1	1	1	-	1	1	1	1	-	1
25	美国	1	1	1	-	1	1	1	1	-	1	1	1	1	-	1
26	中国	0.223	0.29	0.769	drs	29	0.193	0.289	0.668	drs	30	0.246	0.361	0.681	drs	29
27	俄罗斯	1	1	1	-	1	1	1	1	-	1	1	1	1	-	1
28	新加坡	0.668	0.694	0.962	irs	19	0.793	0.817	0.971	irs	13	0.844	0.868	0.972	irs	13
29	斯洛文尼亚	0.656	0.891	0.735	irs	12	0.662	0.938	0.706	irs	10	0.659	0.97	0.68	irs	10
30	南非	0.83	0.912	0.91	irs	10	0.576	0.614	0.938	irs	23	0.891	0.987	0.903	irs	9

注:利用软件 DEAP 2.1 和 DEA-Solver 计算得出。技术效率即 crste,是指不考虑规模收益是的技术效率(综合效率);纯技术效率即 vrste,是指考虑规模收益时的技术效率(纯技术效率);规模收益即 scale,是指考虑规模收益时的规模效率(规模效率),纯技术效率和规模效率是对综合效率的细分。规模效率中,irs 表示规模收益递增;drs 表示规模收益递减;-表示规模收益不变。

表 4 DEA 的 BCC 模型计算国家 R&D 效率值统计表

	1999-2001	2000-2002	2001-2003
技术效率			
中值	0.753	0.752	0.776
标准差	0.227	0.218	0.211
最小值	0.274	0.289	0.343
最大值	1.000	1.000	1.000
频率			
1	8	8	8
0.800-0.999	5	5	6
0.600-0.799	11	10	9
0.400-0.599	3	5	5
0.399 以下	3	2	2
规模效率			
中值	0.931	0.919	0.912
标准差	0.120	0.140	0.1422
最小值	0.395	0.318	0.306
最大值	1	1	1
频率			
Irs(规模收益递增)	14	16	16
Crs(规模收益不变)	7	7	8
Drs(规模收益递减)	9	7	6

在第一阶段的 DEA 测度国家 R&D 效率模型中包括 2 个投入项和 3 个产出项。所有国家相对于最佳前沿的效率值是根据基于 VRS 假设的 BCC 模型方程。表 4 中是整理出的国家 R&D 相对效率统计值。最初的 DEA 结果显示,各国技术效率的均值在 0.75 左右,最小的效率值低于 0.3。规模效率值(The Scale Efficiency)在这三个时期的平均值是 0.92 左右,最小值是约为 0.31。从表 4 中可以看出大部分国家处于收益规模递增的阶段,这意味着在这些国家中产出增加的百分比大于投入增加的百分比。

(二) 第二阶段:综合效率分析

在第一阶段的相对效率评估中得到的是各个国家在各独立时间点的相对效率评估结果,从中获得各时间点的信息可以为决策和研究发展提供基于实际分析的参考和借鉴。考虑 R&D 活动的特点,在对国家 R&D 效率状况进行全面完整评估时,不仅需要考察某一时点的相对情况,还需要把握在较长的时间的发展趋势和综合情况以进行全面评估。

上一阶段分析中,可以发现在本研究中每个时间段的效率值为1的国家都是一致的,为澳大利亚、冰岛、日本、韩国、新西兰、英国、美国和俄罗斯这7个国家。因此在进行综合效率分析时,笔者将这7个国家在三个时间段内的R&D投入产出指标选出来再单独进行效率评估,取每年度评估值的平均数作为权重,可计算出1999-2001年的权重为0.992,2000-2002年时间段的权重为0.970,2001-2003年的权重为0.968,计算过程如表5所示。

表5 各国R&D综合效率权重值

时间	国家	再评估效率值	最终权重
1999-2001年	澳大利亚	1	0.992
	冰岛	1	
	日本	1	
	韩国	0.936	
	新西兰	1	
	英国	1	
	美国	1	
	俄罗斯	1	
2000-2002年	澳大利亚	0.986	0.970
	冰岛	0.928	
	日本	1	
	韩国	1	
	新西兰	0.952	
	英国	1	
	美国	0.964	
	俄罗斯	0.934	
2001-2003年	澳大利亚	0.989	0.968
	冰岛	0.868	
	日本	1	
	韩国	0.937	
	新西兰	0.970	
	英国	0.983	
	美国	0.986	
	俄罗斯	1	

表6 各国R&D投入产出综合效率值

序号	国家	综合效率值	序号	国家	综合效率值
1	奥地利	0.382	16	墨西哥	0.282
2	澳大利亚	0.988	17	荷兰	0.736
3	比利时	0.539	18	新西兰	0.988
4	加拿大	0.781	19	波兰	0.702
5	捷克	0.446	20	葡萄牙	0.463
6	丹麦	0.644	21	西班牙	0.624
7	芬兰	0.637	22	瑞典	0.688
8	法国	0.508	23	瑞士	0.920
9	德国	0.696	24	英国	0.988
10	希腊	0.848	25	美国	0.988
11	匈牙利	0.706	26	中国	0.218
12	冰岛	0.988	27	俄罗斯	0.988
13	爱尔兰	0.563	28	新加坡	0.759
14	日本	0.988	29	斯洛文尼亚	0.651
15	韩国	0.988	30	南非	0.758

获得每年的权重系数后,将每年度的权重系数与各时间段的相对效率值相乘再取平均值,就可得到这30个国家在1999-2001年,2000-2002年,2001-2003年这三个时区内的R&D投入产出综合效率值,结果详见表6。

(三) 第三阶段:外部影响因素分析

1. 进行外部影响因素分析的原因

通过DEA计算出的各个投入产出指标的松弛变量代表着R&D效率不充分的水平,外部环境因素引起的无效是构成R&D效率不充分的原因之一。投入松弛变量值代表了R&D无效的水平,它包含了两部分,净技术无效和由外部环境因素产生的无效。在多国的R&D投入产出效率研究中,最初的利用基本DEA模型运算的结果并不能提供一个足够精确的技术效率的测度。各国面临着不同的社会经济环境,评估效率值表现好的国家可能处于一个相对有利的外部环境中,而效率评估表现较差的国家可能处于一个相对不利的外部环境中。不利的外部环境会减少好的绩效,有利的环境会减少坏的绩效^[5]。

通过图2可以分析R&D投入强度(研发投入占国民生产总值的比例(GERD/GDP))与R&D效率间的关系,R&D的投入强度和国家经济的发展是相互依赖、互为影响的,即国家经济的增长,保证了R&D投入经费与强度的加大;而R&D投入经费与强度的加大,又促进了国家经济的增长。当R&D投入强度在0.5%~0.7%以下时,R&D/GDP的投入处于幼稚期,国家经济发展速度较慢,多以保护已有产业、引进设备为主,重视“硬件”引进;当R&D投入强度在0.5%~0.7%以上至1.5%~2.0%时,R&D/GDP的投入进入成长期,此时国家经济处于发展的初级阶段,对“软”技术开发的引进成为重点技术发展工作;当R&D投入强度在2.0%~3.0%之间波动时,R&D/GDP的投入处于成熟期,该阶段国家经济处于飞速发展时期,一些新技术、新产业得到发展^[6]。

从图2的2003年R&D投入强度与R&D效率间的比较中,可以看到日本、美国、英国、俄罗斯等几个国家都处于效率前沿,但是从R&D投入强度情况看,几个国家的差别很大,GERD/GDP比例最高的日本为3.15%,比例最低的俄罗斯为1.28%。那么造成这一结果差异的原因是什么,各国某些指标值过低的影响因素是什么,就需要分析各国效率差异的原因以及需要进行怎样的改进。在这一阶段中,笔者利用Tobit回归模型对国家R&D效率进行进一步分析,目的就是分析外部环境因素对R&D效率的影响。

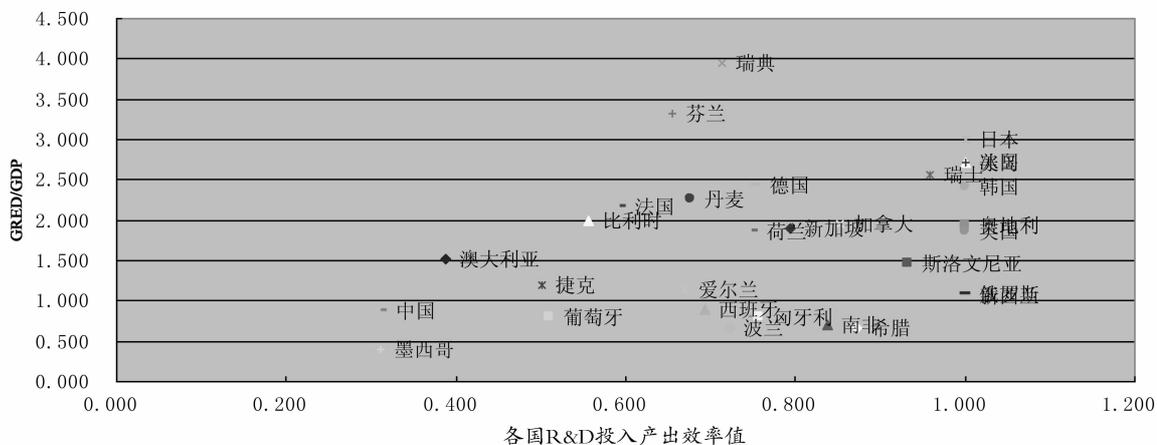


图 2 30 个国家 R&D 投入产出效率与 R&D 投入强度散点图 2. 方法和过程

笔者所利用的 Tobit 模型是一种特殊的回归模型,用来处理当变量的回归值不能超过一个特定的范围时的受限决策变量问题。因为 DEA 法得出的效率值介于 0 和 1 之间,所以回归方程的因变量就被限制在这个区间。Griliches 指出^[6],这种情况下如果直接采用最小二乘法做估计,会给参数估计带来严重偏向于 0 的倾向 (asymptotically biased toward to zero),产生与实际不一致的现象,为了进一步分析影响系统效率的因素及其影响程度,需要利用截断回归来分析影响因素。

我们所研究的外部因素包括 4 个方面,国民接受高等教育的状况、信息化状况、互联网使用状况和国民的英语水平。国民教育状况以各国高等教育入学率为指标,信息化状况以每千人中个人电脑拥有者的数量为指标,互联网使用状况以每千人中网络用户比例为指标,国民英语水平则以各国参加 TOEFL 考试的平均成绩水平为指标。前三个指标数据来源于世界银行的 WDI 数据库,TOEFL 成绩数据来源于美国教育测试中心每年发布的 TOEFL 成绩报告^[7]。

在的第二阶段的实证分析研究中,已经通过 DEA 分析出各国的 R&D 综合效率值,在本阶段中则以上第二阶段中得计算出的各国的 R&D 综合效率值作为因变量,以高等教育入学率、个人电脑拥有者密度、互联网用户密度、学术英语的熟练程度等影响因素等作为自变量建立 Tobit 回归模型,评估各国 R&D 边际效果 (Marginal effect)。所采用的 Tobit 模型如下:

$$\theta(i_0^*) = z_i\beta + \varepsilon_i$$

$$\theta(i_0^*) = \theta(i_0^*) \quad \text{if } \theta(i_0^*) > 0$$

$$\theta(i_0^*)_i = 0 \quad \text{if } \theta(i_0^*) \leq 0$$

其中 $\theta(i_0^*)$ 为潜变量 (latent dependent variable),在此表示为第一阶段中利用 DEA 模型分析得

到的各国 R&D 产出的效率值,是应变量, z_i 为自变量向量,分别代表高等教育入学率、个人电脑拥有者密度、互联网用户密度和国民英语使用熟练程度, β 为相关系数向量, ε_i 为独立的且 $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma)$ (因此 $Y_i^* \sim N(\beta, \sigma)$)。

从模型的计算结果得到的回归系数可以分析出各因素对 R&D 投入产出效率的影响大小,如果呈正相关关系,则说明高等教育入学率、个人电脑拥有者密度等因素能够有利于提高一国的 R&D 投入产出效率;反之,如果回归系数为负数,则说明该因素对 R&D 投入产出效率的提升没有帮助。

2. 结果分析

在本研究中,用基于 DEA 的方法来分析影响各国 R&D 差异的原因,方法是将第一阶段所得出的各国 R&D 综合效率值作为应变量,利用 Tobit 回归分析模型衡量边际效果 (Marginal Effect)。笔者主要选取了各国高等教育入学率、各国互联网用户比例、每千人中拥有个人电脑者比例和国民英语熟练程度这四个指标作为应变量,数据分别来源于世界银行全球发展指标数据库 (World Development Indicators online Database, World Bank)、托福考试总结报告 (TOEFL Test and Score Data Summary, Educational Testing Service, USA) 以及联合国教育统计报告 (Education Statistical Table, UNESCO, Institute for Statistic)。Tobit 回归分析的计算结果见表 7。

由表 7 中 Tobit 回归分析得到的数据值可以对影响国家 R&D 投入产出效率的外部环境因素做进一步分析:

之一,高等教育入学率对 R&D 效率值有相对较大的正影响作用,这说明高等教育入学率的提高有助于改进 R&D 的效率。

之二,个人电脑拥有者比例对 R&D 效率的影响不太显著,回归结果说明一国的电脑数量不会对一

国 R&D 效率有太多影响。

之三,互联网用户比重对 R&D 效率值的影响比高等教育入学率的影响稍弱,说明互联网用户的总体数量和比例对科研人员的网络使用水平的关系不大。

之四,国民英语水平显示出对 R&D 效率有着相

对较为显著的正向影响,这可以印证 Krugman 的研究,他的研究认为一个国家 R&D 人员的英语技能越好,那么这一个国家可以达到的 R&D 绩效就越高。良好的英语技能在 R&D 活动中有很多优势,如可以进行便利信息查询和理解,并且更容易在 SCI 和 EI 收录期刊上发表文章等。

表 7 各国 R&D 综合效率回归分析表

	Coefficient	Std. Error	z - Statistic	Prob.
C	0.488 65	0.113 91	4.289 531	0.000 0
HIGHEDU	0.097 75	0.024 37	1.138 611	0.254 9
PSDENS	0.033 15	0.033 68	0.112 875	0.910 1
INTELUS	0.002 70	0.124 71	0.572 270	0.567 1
ENGFPRO	0.137 51	0.056 87	0.894 561	0.185 7
R - squared	0.392 549	Mean dependent var	0.751 108	
Adjusted R - squared	0.433 546	S. D. dependent var	0.211 438	
S. E. of regression	0.204 630	Akaike info criterion	-0.181 131	
Sum squared resid	1.046 839	Schwarz criterion	0.052 401	
Log likelihood	7.716 972	Avg. log likelihood	0.257 232	
Total obs	30	Right censored obs	8	

注:HIGHEDU 表示高等教育入学率;PSDENS 表示每千人中个人电脑拥有者密度;INTELUS 每千人中互联网用户的比例;ENGFPRO 表示国民英语水平。

通过对上述 4 个外部因素对 R&D 效率值的回归分析,可看到,将这 4 个因素相比较而言,高等教育普及化的程度和国民的英语水平这两个外部环境因素对 R&D 效率值都有着相对较大的影响作用,而代表一国信息化程度的个人电脑拥有者比例在本研究的评估中对 R&D 效率的影响相对较弱,而互联网用户比重对 R&D 效率值影响较小。

(四) 总体测度结果分析

根据上述测度数据,对被测评的主要国家进行对比分析。

美国:美国是科技评估制度化规范化最早的国家之一,在二战结束之后,美国降低了 R&D 投入在国防方面的比例。虽然美国政府仍然是重要的 R&D 活动资金提供者,但政府投入在整个国家 R&D 投入中的整个份额也渐渐有所降低,以鼓励并增强企业在 R&D 发展中的地位和作用。在本研究中,美国的 R&D 效率值为 DEA 有效,处于所选国家的效率前沿,说明美国的 R&D 投入能够带来高效的产出。

日本:日本是典型的学习型国家,其 R&D 投入主要用于模仿创新和集成创新。相对于美国而言,日本的基础研究稍显不足,在某些方面阻碍了它的技术综合竞争能力。日本 R&D 投入在模仿研究中虽然使其基础创新能力相对较弱,但二次创新能力

却有着较大发展。这一特点使日本成为了国际技术的先导,但却不能够成为全球范围中基础科学研究的领导者。在本研究中,日本 R&D 效率值为 DEA 有效,处于所选国家的效率前沿,但是日本应当适当调整国家 R&D 资源配置策略,让基础研究和原始创新活动成为国家发展的主要推动力。

韩国:韩国与日本的发展历程有一定相似性,多以模仿和引进为主。韩国第一个促进 R&D 的政策出现在 1972 年实行的《技术发展促进法》。政府在促进 R&D 中扮演的角色仅限于成立国家研究机构以支持产业技术学习,以及资助大学 R&D。本研究模型测度结果中韩国的 R&D 相对效率为 DEA 有效,处于所选国家的效率前沿,但是韩国应更好发挥其国家宏观政策的影响并协调好各市场 R&D 活动的主体的均衡发展关系。

中国:从本研究和其他对比研究结果中可以看出,中国作为发展中国家,科技发展水平和 R&D 效率状况与发达国家相比还有较大差距,中国的经济实力和科技资源也相对有限。中国科技成果应用和商业化的能力较低,从而使技术优势不能得到很好的扩散,科技发展速度和经济效率增量的提高也相对有限。中国的 R&D 综合效率值为 0.22,因此应不断完善相应的政策环境,鼓励自主创新和高科技产

业集群的发展,并充分借鉴其他国家的成功经验。

从以上分析可看出,本研究所提出的基于 DEA 的国家 R&D 投入产出效率评估模型,能够对所选的一组国家的 R&D 投入产出活动的效率进行评价,评估结果也比较合理,能根据不同国家的实际情况得以验证和解释,具有一定的实用性。同时,对 R&D 投入产出效率值的比较,也能被决策所利用。

五、总结

在基本 DEA 模型的基础上,提出对多时段数据进行综合考察的国家 R&D 综合效率测度模型,以把握较长时间的 R&D 效率综合趋势;提出单一投入多产出或者多投入单一产出的 R&D 效率测度专门模式,以此来更好了解各个国家的相对优势和劣势;利用 Tobit 回归估计外部环境对 R&D 效率的影响情况,以分析 R&D 活动的的环境影响因素。总之,以上分析构建了一个对 R&D 投入产出效率的基本评估体系,并期望用此方法的研究结果可以从相对效率的角度分析中国 R&D 效率与其他国家相比较的差异,对中国科技投入产出绩效水平及其变化趋势进行较为客观的分析,能够对 R&D 资源的配置和管理提供有益的参考,为 R&D 政策的改进提出方向,进而提出相关建议来改善科技发展政策的实施效果,为进一步改善中国科技活动的绩效水平提供依据。

参考文献:

[1] 吴俊卿. 绩效评价的理论和方法[M]. 北京: 科学技术文

献出版社,1992:85-154.

- [2] 闫宏,朱启超,匡兴华. 我国 R&D 绩效评估研究现状述评[J]. 科技管理研究,2004(1):109-112.
- [3] PAKES A, GRILICHES Z. Patents and R&D at the firm level: a first look [M]//GRILICHES, Z. R&D Patents and Productivity. Chicago: University of Chicago Press, 1984.
- [4] GRILICHES, Z. Patent statistics as economic indicators[J]. A survey Journal of Economic Literature, 1990, 28 (4): 1661-1707.
- [5] JACKSON P M, FETH IM. Evaluating Technical Efficiency of Turkish Commercial Banks: An Application of DEA and Tobit Analysis[R]. Working Paper for the International DEA Symposium in University of Queensland, 2000.
- [6] 成军. 我国 R&D 经费的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 1998.
- [7] GRILICHES Z. Productivity, R&D and basic research at the firm level in the 1970's [J]. American Economic Review, 1986, (76): 141-154.
- [8] World Bank. World Development Indicators [EB/OL]. [2007-11-12]. <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/DATASTATISTICS/0,contentMDK:20398986~menuPK:64133163~pagePK:64133150~piPK:64133175~theSitePK:239419,00.html>.
- [9] Educational Testing Service, USA. TOEFL Test and Score Data Summary[R]. Testing Service, USA. 2003.
- [10] KRUGMAN P. Want growth, Speak English [J]. Fortune 139, 1999, 8(5): 500-505.

Applications of DEA Method into the Evaluation of R&D Performance

ZHONG Hua¹, AN Xin-ying¹, WANG Ling-yong²

(1. Institute of Medical Information, Academy of Medical Sciences, Beijing 10020, P. R. China;

2. Center of Information and Lueracure, CHinese Academy of Sciences, Beijing 100190, P. R. China)

Abstract: The paper combines the methods of literature analysis and case study. It introduces and refines finding of research that apply DEA method to efficiency evaluations in different industries and organizations. Combined with the features of R&D activity and the development of DEA theory, DEA method are used in this paper to construct model for measure relative R&D input and output efficiency of countries. The method is explained and illustrated using countries as objects of study, and based on inputs and outputs index of R&D activity to assess the efficiency of countries.

Key words: data envelopment analysis; R&D efficiency; performance evaluation