

On the Efficiency of Regional Innovation System with Effect of Technology Transfer Taken into Consideration*

—Evidence from Data of 29 Provinces of China

Leiyong Zhang^{1#}, Feng Feng¹, Xiangze Xiao¹, Miao Fu²

¹School of Public Affairs, University of Science and Technology of China, Hefei

²Management School, University of Science and Technology of China, Hefei
Email: #suzly@mail.ustc.edu.cn

Received: Sep. 24th, 2012; revised: Sep. 30th, 2012; accepted: Oct. 15th, 2012

Abstract: This paper proposes that the studies of Industry-University-Institute cooperation are defective, and the author fully considers the cooperation process and constructs Measurement model of innovation efficiency of Industry-University-Institute System. Then this paper studies the data from 29 provinces and proposes that the efficiency is different of the provinces and the areas. This paper divides the provinces into four categories and proposes that enhancement of the participation of the subsystem and enhance the coupling of the subsystems can increase the innovation efficiency of the Industry-University-Institute System.

Keywords: Technology Transfer; Innovation System; Efficiency; Empirical; Network DEA

考虑技术转移过程作用的区域创新系统效率评价研究*

——来自我国 29 个省市数据的实证

张雷勇^{1#}, 冯 锋¹, 肖相泽¹, 付 苗²

¹中国科学技术大学公共事务学院, 合肥

²中国科学技术大学管理学院, 合肥
Email: #suzly@mail.ustc.edu.cn

收稿日期: 2012 年 9 月 24 日; 修回日期: 2012 年 9 月 30 日; 录用日期: 2012 年 10 月 15 日

摘 要: 指出已有以投入产出过程导向的区域创新系统效率研究的不足, “打开”区域创新主体合作的“黑箱”, 考虑合作中技术转移过程的作用, 构建了区域创新系统效率评价模型, 以此为基础采用网络 DEA 的方法对 29 个省市的产学研合作数据进行了研究, 指出创新系统效率在省区和区域都存在差异, 并采用聚类方法, 按照效率特点将各省市分为“企业低参与省”等四类, 提出技术转移过程优劣会影响区域创新系统的效率, 提升合作参与程度、提升技术供需耦合度等可以提升区域创新系统效率的政策性结论。

关键词: 技术转移; 创新系统; 效率; 实证; 网络 DEA

1. 引言

随着经济全球化和知识经济时代的到来, 当今国

际经济竞争的核心是知识创新、技术创新和高技术产业化, 技术创新对一国的经济发展起着举足轻重的作用, 既是国家竞争优势的关键, 又是区域发展的核心^[1]。由于创新的重要性, 各个区域也都不断加大自身

*基金项目: 国家自然科学基金项目(71073151)资助课题。

#通讯作者。

的科技资源的投入,进行“科技竞备”。但科学技术对区域发展的作用,不仅取决于科技投入的多寡,更取决于科技投入产出的效率^[2]。科技投入的增加并不就意味着创新能力和生产力的提升,如果创新资源不能有效的转化为创新成果和产业产出,那么区域的创新和发展的持续性也将难以为继^[3],并导致创新“效率悖论”^[4]。如何优化区域创新系统,提升区域创新系统的效率也就成为一个十分现实的问题。而提升区域创新系统效率的前提在于对其效率进行准确的评价。

区域创新系统的创新过程实质上就是一个投入产出的过程^[5]。系统中的主体主要为大学、企业和科研机构。因此研究区域创新系统的效率实际上就是对区域的科技投入产出的效率进行研究。在已有文献中,有较多关注创新效率或产学研效率的评价。郭磊等(2011)将区域创新过程视作黑箱,运用交叉效率DEA方法对我国区域技术创新效率进行了评价研究^[1];李燕萍等(2011)采用DEA的方法对不同省域的科技投入产出效率进行了评价,指出了不同投入对效率的影响机理^[6];樊霞等(2012)运用问卷数据,采用包络分析和回归分析相结合的方法,研究了我国企业产学研创新效率并得出其影响因素^[7];赵世彦(2010)就如何构建和评价产学研合作效率做出了详尽的阐述并做了演示^[8];刘民婷等(2011)采用DEA的评价方法对陕西省制造业产学研合作效率进行了评价和分析^[9];史修松等(2009)等运用SFA方法对中国区域创新效率及空间差异^[10];刘思明等(2011)运用随机前沿分析方法对我国区域创新体系的效率进行了分析,并重点考察了创新效率与创新体系之间的关系^[3]。相似的研究^[11-14]还有王家庭等(2010)、师萍等(2011)、樊华(2010)、冯锋等(2011)。但在梳理这些文献的过程中,我们发现他们存在的一个共性问题是将产学研合作或区域创新系统看作黑箱,根据外部投入和产出来评价合作的效果,而缺乏对创新主体之间合作关系或技术转移过程的关注。而区域创新过程不仅是一种投入产出的过程,更是创新主体之间互动、结网和协同的社会过程^[5]。创新主体之间的合作关系以及资源、技术流动的机制,也是影响产学研合作效率的重要因素。因此本文在评价产学研合作效率的时候,将考虑创新系统中创新主体间的合作关系和技术等资源转移机理,并在模型构建中予以充分体现。

技术转移是连接区域创新系统之间关系的重要纽带^[13]。技术在研发部门(例如大学、科研机构)被创造出来之后,通过技术转移活动被应用到生产部门(例如企业)的生产活动中,从而产生经济效率和产业价值^[14]。很显然,考虑技术转移过程作用的效率评价模型是一个更为准确和合理的模型,有着较强的理论意义。而准确的效率测度将给决策者提供一个对区域创新系统的创新效果的清晰认识,也是区域决策主体制定相关政策的必要前提,具有较大的实践价值。

2. 区域创新系统效率评价模型的构建

在区域创新系统中,由于大学和研发机构在其各自体系内活动表现出相当的一致性,因此本文将参与产学研合作的所有的大学、研究与发展机构视作同类单元,并统称为研究机构。产学研合作系统中所有的研究机构就构成了研究机构系统。同样的,我们将参与产学研合作的所有企业视作企业系统。这样,区域创新系统的创新过程就可以简化为研究机构系统与企业系统之间的合作创新过程。在实际的区域创新合作中,研究机构是科学技术的生产者,从外部或企业中获取科研经费,并不断进行技术研发活动提供给企业;而企业则一方面从研究机构中获取技术,并通过改进产品和开发新产品,从而扩大市场和获取更多利润,另一方面,企业也会不断给研究机构提供研究经费,供研究机构持续开展技术创新。企业从研究机构中获取技术和人才(人才实际也是技术的一种形式),并向研究机构提供资金的过程就是一个技术转移的过程。据此我们可以构建区域创新系统效率评价模型。

如图1所示,研究机构系统和企业系统之间存在着合作关系。 X_1 是研究机构系统从外部所获得的资金、人才等投入, Y_1 则是其对外部的产出; X_2 是企业系统的人才、资金等外部投入, Y_2 是企业的外部产出。研究机构系统和企业系统通过各种方式进行产学研合作,其内部也存在着投入和产出的活动,其中 Z_1 代表着企业投入研究机构的资金等要素, Z_2 则代表着研究机构向企业输出的人才、技术等要素。浅灰色的虚框内的过程即为技术转移的过程。

根据模型,并借鉴已有文献对于产学研合作的投入产出指标^[15-22],我们构建了区域创新系统效率评

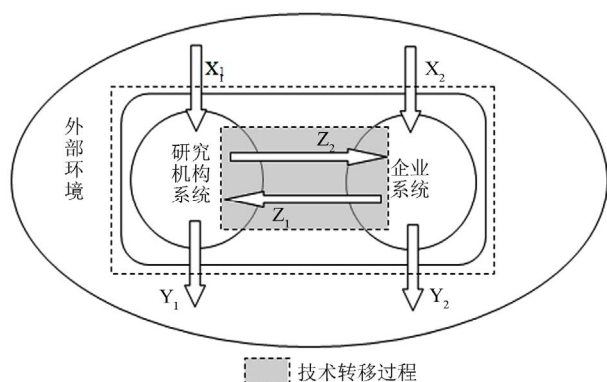


Figure 1. Efficiency evaluation model of regional innovation system

图 1. 区域创新系统效率评价模型

价指标体系。合作子系统不仅会从外部获取投入并产出，两个子系统之间也会有合作过程的投入和产出，即技术转移过程。研究机构系统的创新产出(同时也是企业系统的合作投入)包括技术和人才，分别用技术市场成交金额和企业新增 R&D 人员数来衡量；企业系统的合作产出(同时也是研究机构的合作)主要为科研经费，我们用研究机构系统科技经费内部支出总额中来自企业的部分来衡量。合作过程和与外部投入产出的相关指标和指标间的关系如表 1 所示。

3. 研究方法

数据包络分析(DEA)是一种被广泛应用于评价一组同质的决策单元(Decision Making Unit, DMU)之间相对效率的数学规划方法^[23,24]。该方法从 1978 年由

A. Charnes 等学者提出以后，很快成为管理科学领域的重要分析工具，并经过不断的改进，广泛地应用于经济管理学科各个方面^[25]。本文研究的是区域创新系统的效率，因此采用网络 DEA 的方法对评价模型进行建模。网络 DEA 的方法能够将传统 DEA 的黑箱操作模式打开，探究内部每一个环节对于效率产生的影响^[26,27]。本文在对区域创新系统效率进行评价时，会将研究机构与企业合作过程中的人才和资金流动考虑在内。我们首先对研究机构系统和企业系统作为独立的子系统单独进行评价，在此基础上，综合考虑二者的合作过程对整个区域创新系统进行效率评价。

现在我们假设有 n 个决策单元，每个决策单元有 m 个投入， s 个最终产出， d 个合作过程产出。 x_{ij}^j, x_{2i}^j 表示 DMU $_j$ 的第 i 种投入的投入量； y_{1r}^j, y_{2r}^j 表示 DMU $_j$ 对于第 r 种输出的产出量； z_{1f}^j, z_{2f}^j 分别表示 DMU $_j$ 中企业系统和研究机构系统的第 f 种输出的产出量。 v_{1i}, v_{2i} 表示对第 i 种输入的权重， u_{1r}, u_{2r} 表示对第 r 种输出的权重， w_{1f}, w_{2f} 则表示对第 f 种合作过程输出的权重，其中 $j=1, \dots, n$ ； $i=1, \dots, m$ ； $r=1, \dots, s$ ； $f=1, \dots, d$ 。若以 $X_1, Y_1, X_2, Y_2, Z_1, Z_2$ 分别代表图 1 模型中所示的各项投入产出指标的向量表示形式，则 $V_1, V_2, U_1, U_2, W_1, W_2$ 分别为对应于以上各指标的权重。

那么对于研究机构系统和企业系统，我们可以根据图 1 中的模型，分别列出其分式规划并通过 Charnes-Cooper 变换得到其线性规划，分别如式(1)和式(2)所示。

Table 1. Relevant indicators of efficiency evaluation model of regional innovation system

表 1. 区域创新系统效率评价模型的相关指标

活动	指标	细化指标	指标衡量数据
研究机构系统与外部的投入和产出	研究机构系统外部投入 X_1	科研经费	研发机构和高校科技经费筹集总额中非来自企业部分(万元)
		人员	研发机构和高校 R&D 人员(人) 研发机构和高校 R&D 人员全时当量(人年)
研究机构系统外部产出 Y_1		科技论文	研发机构和高校科技论文数(篇)
		专利	研发机构和高校专利授权数(个)
企业系统与外部的投入和产出	企业系统外部投入 X_2	人员	企业全部从业人员数年平均数(万人)
		资产	企业固定资产净值年平均余额(亿元)
企业系统外部产出 Y_2		资金	企业当年主营业务成本(亿元)
		新产品	企业新产品产值(万元)
技术转移过程	企业系统向研究机构系统输出 Z_1	利润	企业年度利润总额(亿元)
	研究机构系统向企业系统输出 Z_2	科研经费	研发机构和高校科技经费内部支出总额中来自企业部分(万元)
		技术	技术市场成交合同金额(万元)
		科技人才	企业新增 R&D 人员(人)(实际上也是技术的一种形式)

$$\begin{aligned}
 \max E_1 &= U_1^T Y_1^0 + W_2^T Z_2^0 \\
 \text{s.t. } &V_1^T X_1^0 + W_1^T Z_1^0 = 1 \\
 &(U_1^T Y_1^j + W_2^T Z_2^j) - (V_1^T X_1^j + W_1^T Z_1^j) \leq 0, j = 1, \dots, n \\
 &U_1 \geq 0, V_1 \geq 0, W_1 \geq 0, W_2 \geq 0
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned}
 \max E_2 &= U_2^T Y_2^0 + W_1^T Z_1^0 \\
 \text{s.t. } &V_2^T X_2^0 + W_2^T Z_2^0 = 1 \\
 &(U_2^T Y_2^j + W_1^T Z_1^j) - (V_2^T X_2^j + W_2^T Z_2^j) \leq 0, j = 1, \dots, n \\
 &U_2 \geq 0, V_2 \geq 0, W_1 \geq 0, W_2 \geq 0
 \end{aligned} \tag{2}$$

根据图 1，并在(1)式和(2)式的基础上，我们可以得到区域创新系统效率评价模型，参见式(3)。

$$\begin{aligned}
 \max E_3 &= U_1^T Y_1^0 + U_2^T Y_2^0 \\
 \text{s.t. } &V_1^T X_1^0 + V_2^T X_2^0 = 1 \\
 &(U_1^T Y_1^j + U_2^T Y_2^j) - (V_1^T X_1^j + V_2^T X_2^j) \leq 0, j = 1, \dots, n \\
 &(U_1^T Y_1^j + W_2^T Z_2^j) - (V_1^T X_1^j + W_1^T Z_1^j) \leq 0, j = 1, \dots, n \\
 &(U_2^T Y_2^j + W_1^T Z_1^j) - (V_2^T X_2^j + W_2^T Z_2^j) \leq 0, j = 1, \dots, n \\
 &U_1 \geq 0, U_2 \geq 0 \\
 &V_1 \geq 0, V_2 \geq 0 \\
 &W_1 \geq 0, W_2 \geq 0
 \end{aligned} \tag{3}$$

4. 省域创新系统效率研究

4.1. 数据来源及说明

本文选取 2008 年和 2009 年各地区相关数据进行实证分析。由于在创新合作过程中，投入产出具有一定的时滞性，因此本文的投入、产出分别选择第 t 年、第 $t+1$ 年的相关数据^[2,28,29]。具体而言，外部投入指标采用 2008 年的数据，外部产出数据则采用 2009 年的数据，合作过程的投入和产出指标采用 2008 年的数据。本文选取全国 29 个省(自治区)、直辖市作为研究对象(新疆和西藏由于数据不全，没有包含在讨论之内)，数据主要来自《中国统计年鉴 2009》、《中国统计年鉴 2010》、《中国科技统计年鉴 2009》、《中国科技统计年鉴 2010》和《2010 年高等学校科技统计资料汇编》。研究机构的所有指标数据，都是由研究与发展机构和高校相对应指标数据加和形成。企业系统的相关指标采用大中型工业企业的对应数据来

衡量。

4.2. 数据计算结果

我们根据式(3)中的模型，采用 Matlab 编程计算各省区区域创新系统的效率。为了更清晰的看出考虑技术转移过程和传统“黑箱系统”效率的差别，我们又分别利用 CCR 模型计算出了两个子系统的效率和传统 DEA 效率。所得结果如表 2 所示。

为了更清楚的看出各省区创新系统创新效率和各子系统效率，我们将效率值绘制在折线图中。如图 2 所示。

从表中和图中数据我们可以得到，本文区域创新系统的创新效率要小于或等于传统 DEA 方法所计算的区域创新效率，这说明本文的效率评价模型考虑了研究机构系统和企业系统之间的技术转移过程，从而部分降低了效率值。北京、天津、上海、江苏、浙江、福建、广东、海南、重庆和宁夏等 10 省市的区域创新系统效率为 1，是相对有效的；而以江西、四川、青海、山西为代表的省份区域创新系统效率相对较低。而从子系统效率来看，以北京、上海、广东、浙江等省市为代表的省份的企业系统的投入产出相对有效，而云南、贵州则相对效率较低；以北京、上海、广东、浙江等省市为代表的省份，研究机构系统的投入产出相对有效，而以河南、青海和山西为代表的省市研究机构系统的投入产出效率较低。

4.3. 区域创新系统效率的差异分析

当前关于区域差异研究主要基于中东西部三大经济带的研究框架，但随着我国区域经济资源的再组合和优化，中东西部三大区域的划分已经不合时宜。而国务院发展中心根据地理位置、要素禀赋、经济发展水平和经济发展联系的紧密程度等方面的因素，提出的四大版块、八大区域的分析框架逐渐被学术界认同，成为新的分析研究框架^[2]。

本文基于八大区域的基本框架对区域创新系统效率进行研究。八大区域分别为北部沿海经济区，包括北京、天津、河北、山东等 4 个省市；东部沿海经济区，包括浙江、上海、江苏等 3 个省市；南部沿海经济区，包括海南、广东、福建等 3 个省份；黄河中游经济区，包括陕西、山西、河南、内蒙古等 4 个

Table 2. The efficiency of regional innovation system and subsystem
表 2. 区域创新系统效率和各子系统效率

地区	全系统效率	CCR 整体效率	企业系统效率	研究机构系统效率	地区	全系统效率	CCR 整体效率	企业系统效率	研究机构系统效率
北京	1	1	1	1	黑龙江	0.8724	1	0.8999	0.9878
天津	1	1	1	1	辽宁	0.8693	0.9166	1	0.6429
上海	1	1	1	1	湖南	0.8635	0.8973	1	0.9544
江苏	1	1	1	1	河南	0.8213	0.8826	0.6732	1
浙江	1	1	1	0.9213	吉林	0.7918	0.8918	0.7664	0.7907
福建	1	1	0.7971	1	广西	0.7799	1	1	0.6568
广东	1	1	1	1	贵州	0.7795	0.9129	1	0.6168
海南	1	1	1	1	内蒙古	0.7685	0.8067	0.7877	1
重庆	1	1	0.9664	1	安徽	0.7631	0.84	0.7722	0.9167
宁夏	1	1	1	1	河北	0.7588	0.8147	0.9086	0.6801
云南	0.9064	1	1	0.6164	江西	0.6997	0.8878	1	0.7807
陕西	0.8992	1	1	0.8494	四川	0.6964	0.9968	1	0.7972
山东	0.8969	1	0.7704	1	青海	0.6380	0.7073	0.6965	1
湖北	0.8917	1	0.8602	1	山西	0.4235	0.4848	0.7066	0.6909
甘肃	0.8745	0.9754	0.9613	0.7104	-	-	-	-	-

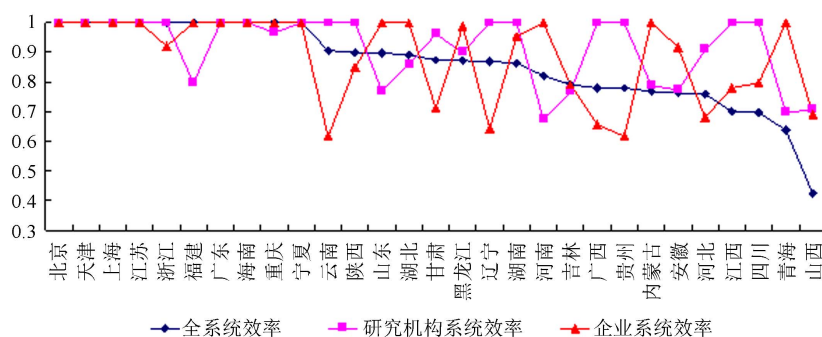


Figure 2. Line graph of the efficiency of regional innovation system
图 2. 区域创新系统效率折线图

省份；长江中游经济区，包括湖北、湖南、江西、安徽等 4 个省份；大西南经济区，包括云南、贵州、四川、重庆、广西等 5 个省区市；大西北综合经济区，包括甘肃、青海、宁夏、西藏、新疆等 5 个省区；东北综合经济区，包括辽宁、吉林、黑龙江等 3 个省份^[2]。

我们计算出八大区域内省份的区域创新系统效率均值和标准差，如表 3 所示。为了更清晰的看出区域创新系统效率的分布，我们将系统创新效率值绘制如图 3 所示。

从均值来看，各个区域来看的话，区域创新系统效率以南部沿海区域和北部沿海区域的相对效率最高，为 1，而我们注意到，这些区域内的省份大多为经济发达地区和科技水平较高地区，因此可以推测其产学研合作层次较高，产学研各主体间合作的耦合程

度也较高，因此合作创新的效率较高。这与较多的研究结论相吻合^[3,14]。而黄河中游区域创新系统效率较低，仅为 0.73 左右，这说明该区域内的省份相对创新主体合作耦合程度不高，合作的效率较低。而标准差可以衡量区域内多个省区在效率均值附近的波动程度，可以看出，沿海地区的省份区域创新系统效率标准差为 0，表现出很强的相似水平；而黄河中游区域和大西北区域内的省份在区域创新系统的效率水平上则表现出较强的差异性。

4.4. 各省区区域创新系统效率的相似性分析

由于区域创新系统效率与地理区域和经济发展水平并不完全相关，区域内的省市也并不总是表现出较强的相似性，因此基于八大区域的分析框架有着

Table 3. Efficiency of innovation system in regional provinces in China
表 3. 我国区域内省份创新系统效率分布

区域	区域创新系统效率		区域	区域创新系统效率	
	效率均值	标准差		效率均值	标准差
北部沿海区域	0.913925	0.114268	长江中游区域	0.80475	0.088643
南部沿海区域	1	0	黄河中游区域	0.728125	0.210059
东部沿海区域	1	0	大西南区域	0.83244	0.120017
东北区域	0.8445	0.045666	大西北区域	0.8375	0.183814

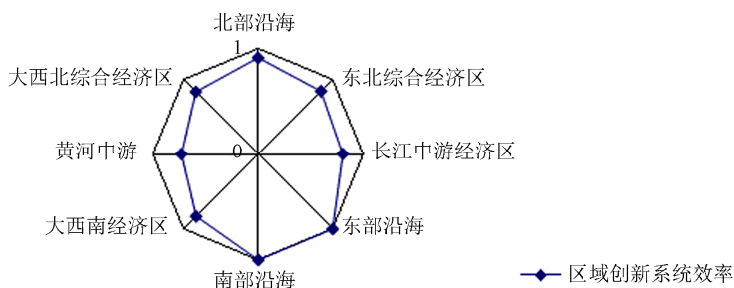


Figure 3. Radar chart of efficiency of the regional innovation system
图 3. 各区域创新系统效率雷达图

一定的局限性。为了更好的了解各个省市区域创新系统效率之间的相似关系，本文运用聚类分析的方法对各个省市区域创新系统效率进行相似性分析。本文采用的聚类分析方法是系统聚类分析方法(Hierarchical Methods)，即根据省市基本性质的相似性进行逐步合并，最终区域创新系统效率具有较高相似性的省市将聚集成一类。为了方便计算，本文选取的计算距离为欧式距离，距离越近的两个省份，其效率越具相似性。在聚类过程中，企业子系统和研究机构子系统的效率也被考虑在内。聚类的结果可参见表 4 所示。

根据聚类的结果，我们将各省区按区域创新系统效率分为 4 类。第一类别是北京、天津、上海、江苏、浙江、广东、海南、宁夏、重庆，这些省市的区域创新系统效率为 1，且企业子系统和研究机构子系统的效率也为 1 或较高，我们称之为创新有效省；第二类别是云南、山西、辽宁、湖南、广西、贵州、江西、四川，这些省市区域创新系统中，企业参与产学研技术转移过程的效率较低，导致合作创新效率没有达到最优，我们称之为企业低效率省；第三类别为山东、湖北、河南、内蒙古、青海、福建，这些省市区域创新系统的效率的特点为研究机构系统参与合作过程和技术转移过程的效率较低，导致合作创新效率没有达到最优，我们将此类省份称之为研究机构低效率省；第四类别为甘肃、黑龙江、吉林、安徽、河北、

山西，这些省市的研究机构系统和企业系统参与合作过程的效率都较低，导致这些省市的区域创新系统创新的效率也较低，没有实现较好的合作创新，技术转移过程也表现较差，我们将之称为创新无效省。

对于企业低效率省来说，应更积极的鼓励企业参与到区域创新系统中，积极参与技术转移，引进新技术，对生产方式进行不断改进，从而有效提升创新合作的质量和效果^[30]；相似的，研究机构低效率省，应加强研究机构参与区域创新系统创新的程度，并积极参与技术转移过程，提升自身科技成果的可应用性，从而提升产学研合作创新水平；对于创新无效省来说，区域创新系统效率的提升应该体现在企业系统和研究机构系统两方面，做到双管齐下。此外，创新合作方式和技术转移形式，提升创新主体间技术供需的耦合程度和兼容程度，也将在很大程度上有助于区域创新系统效率的提升^[31,32]。

5. 结论与讨论

本文认为充分考虑到区域创新系统主体间的技术转移过程，打开合作的“黑箱”，构建了区域创新系统效率的评价模型，应用网络 DEA 的方法，对我国省域区域创新系统效率从省区差异、区域差异等方面进行了评价，并根据全系统效率和各子系统的效率对各省区进行了相似性分析。

Table 4. Similar classification of efficiency of innovation system

表 4. 省域区域创新系统效率相似性分类

创新有效省	企业低效率省	研究机构低效率省	创新无效省
北京、天津、上海、江苏、浙江、广东、海南、宁夏、重庆	云南、陕西、辽宁、湖南、广西、贵州、江西、四川	山东、湖北、河南、内蒙古、青海、福建	甘肃、黑龙江、吉林、安徽、河北、山西

本文通过研究发现: 1) 技术转移中技术耦合水平的高低将会影响区域创新系统的整体效率; 2) 各个省区的区域创新系统效率在省域和区域水平上都有着一定的差异, 且效率的高低与地区经济发展水平存在着一定的关系; 3) 系统效率不理想在一定程度上取决于企业子系统或研究机构子系统的“参与效率”水平, 加大具有“低效率”水平的子系统的参与度, 有助于提升区域创新系统效率。

总之, 本文构建了产区域创新系统效率评价模型, 打开了创新主体合作过程的“黑盒子”, 充分考虑了创新主体合作中的技术转移过程, 这为研究区域创新系统效率提供了一个全新的视角。鉴于 DEA 的方法有着一定的局限性, 其科技内涵的准确性会受指标选取的影响, 因此后续的研究可以关注区域创新系统效率评价指标体系构建, 或采用其他方法对区域创新系统效率进行研究。此外, 对区域创新系统效率进行时间序列分析和趋势分析, 也有着很强的现实意义。

6. 致谢

本文得到国家自然科学基金项目“产学研网络中共生现象机理研究”(71073151)课题的资助, 特此感谢。

参考文献 (References)

- [1] 郭磊, 刘志迎, 周志翔. 基于 DEA 交叉效率模型的区域技术创新效率评价研究[J]. 科学学与科学技术管理, 2011, 31(11): 138-143.
- [2] 冯锋, 张雷勇, 高牟, 马雷. 两阶段链视角下科技投入产出链效率研究——来自我国 29 个省市数据的实证[J]. 科学学与科学技术管理, 2011, 8: 33-38.
- [3] 刘思明, 赵彦云, 侯鹏. 区域创新体系与创新效率——中国省级层面的经验分析[J]. 山西财经大学学报, 2011, 30(12): 9-17.
- [4] 李晓钟, 张小蒂. 江浙区域技术创新效率比较分析[J]. 中国工业经济, 2005, 7: 57-64.
- [5] 王焕祥. 区域创新的复合效率及其增进模式研究[J]. 科研管理, 2006, 27(5): 17-22.
- [6] 李燕萍, 许颖, 吴绍荣. 不同省域科研投入产出效率及其影响因素的实证研究[J]. 经济管理, 2011, 2: 24-30.
- [7] 樊霞, 赵丹萍, 何悦. 企业产学研合作的创新效率及其影响因素研究[J]. 科研管理, 2012, 33(2): 33-39.
- [8] 赵世彦. 山西省产学研合作效率评价及优化研究[D]. 太原理工大学, 2010.
- [9] 刘民婷, 孙卫. 基于 DEA 方法的产学研合作效率评价研究——以陕西省制造业为例[J]. 科学学与科学技术管理, 2011, 3: 11-15.
- [10] 史修松, 赵曙东, 吴福象. 中国区域创新效率及其空间差异研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2009, 3: 45-55.
- [11] 樊华. 中国省际科技创新效率演化及影响因素实证研究[J]. 中国科技论坛, 2010, 12: 36-42.
- [12] 樊华, 周德群. 中国省域科技创新效率演化及其影响因素研究[J]. 科研管理, 2012, 1: 10-18.
- [13] 司尚奇, 冯锋. 我国技术转移机构服务项目与比较研究——基于国家首批 76 家技术转移示范机构的分析[J]. 中国科技论坛, 2009, 8: 3-6.
- [14] 郑永平等. 国家科技创新体系下研究型大学的技术转移模式探讨[J]. 研究与发展管理, 2008, 8: 112-118.
- [15] 李孟晋. 基于网络 DEA 的产学研联盟效率评价研究[D]. 中国科学技术大学, 2010.
- [16] 刘顺忠, 官建成. 区域创新系统创新绩效评价[J]. 中国管理科学, 2002, 1: 75-78.
- [17] 官建成, 刘顺忠. 区域创新机构对创新绩效影响的研究[J]. 科学学研究, 2003, 2: 210-214.
- [18] 池仁勇等. 我国东西部地区技术创新效率差异及其研究[J]. 中国软科学, 2004, 8: 128-131.
- [19] 白俊红, 江可申, 李婧. 中国地区研发创新的技术效率与技术进步[J]. 科研管理, 2010, 31(6): 7-18.
- [20] W. Nasierowski, F. J. Arcelus. Interrelationships among the elements of national innovation systems: A statistical evaluation. *European Journal of Operational Research*, 1999, 119(2): 235-253.
- [21] W. Nasierowski, F. J. Arcelus. On the stability of countries national technological systems. In: S. H. Zanakis, G. Doukidis and C. Zopounidis, Eds., *Decision making: Recent developments and worldwide application*. Boston: Kluwer, 2000: 97-111.
- [22] W. Nasierowski, F. J. Arcelus. On the efficiency of national innovation systems. *Socio-Economic Planning Sciences*, 2003, 37(3): 215-234.
- [23] 魏权龄. 评价相对有效性的 DEA 方法[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1988.
- [24] 盛昭瀚, 朱乔, 吴广谋. DEA 理论、方法与应用[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [25] A. Charnes, W. W. Cooper and E. Rhodes. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 1978, 2: 429-444.
- [26] M. J. Farrell. The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society, Series A, CXX*, Part 3, 1957: 253-290.
- [27] T. J. Coelli, D. S. P. Rao, C. J. O'Donnell and G. E. Battese. 刘大成, 译. 效率与生产率分析导论(第2版)[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.
- [28] 梅桥. 基于 DEA 的科技投入产出分析与政策研究[D]. 安徽大学, 2010.
- [29] 杨洪涛. 上海市大中型工业企业科技资源配置效率的 DEA 分析[J]. 中国科技论坛, 2007, 12: 102-105.
- [30] 冯锋, 王亮. 产学研合作创新网络培育机制分析——基于小

考虑技术转移过程作用的区域创新系统效率评价研究

- 世界网络模型[J]. 中国软科学, 2008, 11: 82-86.
- [31] 刘凤朝, 马荣康, 姜楠. 基于“985 高校”的产学研专利合作网络演化路径研究[J]. 中国软科学, 2011, 7: 178-192.
- [32] 袁静, 吴谣. 以产学研联合实现中小企业的知识引进与吸收[J]. 中国科技论坛, 2009, 1: 79-83.