

科技成果转化效果研究

——基于熵权法和SSB模型

艾时钟,陈正道,王慧雪纯

(西安电子科技大学 经济与管理学院,西安 710071)

摘要:以科技成果转化效果为研究对象建立评价体系,先采用熵权法得到每一个子系统及指标的权重和得分。再利用非径向且考虑松弛变量的Super-SBM模型对科技成果转化两阶段过程中的投入产出效率进行分析,并提出进一步归一化提取出的松弛变量和剔除前沿面效率值的有效部分,进而分析各指标的指数波动程度。再针对该评价体系构建BP神经网络模型进一步验证模型预测的精确性和相关评价体系的科学性和可实践性。研究结果表明:陕西省科技成果转化效果在构建的7个子系统维度发展各异,总体转化效果呈上升趋势,但科技成果转化能力不足,且科技成果转化与经济转化两阶段效率不均衡。重点把控科研经费、人力资源和科研环境子系统,进一步提升科技成果转化效率。最后结合Super-SBM-BP(SSB)模型评价结果为科技成果转化工作提出可行性建议。

关键词:科技成果转化;熵权法;Super-SBM;神经网络

中图分类号:F224;G301 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—980X(2021)03—0001—10

一、引言

近年来,各地积极响应国家的创新驱动发展战略,提高科技创新与经济发展能力的号召。据统计2018年创新驱动指数为174.4,比2017年增长21.8%,增幅扩大8.4个百分点,科研创新工作得到进一步深化。Cruz-Cazares et al(2013)提出用两阶段效率来衡量创新能力,认为在科技创新中效率评价是最有效的手段,同样该理念也适用于科技成果转化效果的评价。袁忆等(2019)基于商业模式的视角对科技成果转化各自主体及相关转移过程进行研究,肯定了政府在转化过程中的导向作用,强调打通科技成果转化过程的机制障碍,提升科技成果转化效率水平。对于中小型企业,由于独立科研能力和资金等因素限制下使得普遍适用的产学研联盟的模式得到推广。曹霞等(2016)从该模式入手利用文本量化等方法挖掘联盟稳定性的影响因素,并依次对大小联盟内的企业和学研机构进行探析,但缺乏实际数据的验证。钟卫和陈彦(2019)从供给方、成果需求方信息不对称角度出发,提出“弥补缺口+政策工具”完善大学科技成果转化政策干预机制,与Du和Girmas(2010)观点相同,强调了政府在各参与方中的重要性。姚俊兰等(2018)、原长弘和张树满(2019)与刘启雷等(2018)利用高校科技成果转化生态系统具有类似自然生态系统的特点,构建高校科技成果转化生态系统模式,在转化生态系统内强调宣传力度,消除各方的信息不对称劣势,建立多维评价体系均衡资源分配。在科技成果转化绩效的实证研究中,唐五湘(2017)指出科研评价指标应该具有科学性、可操作性和系统性。在具体的研究方法里陈腾等(2006)、何悦等(2018)和周荣等(2015)用数据包络分析(data envelope analysis, DEA)评价高校科技成果转化效率,但无法对整体效率进一步评价。杨锐等(2019)采用实证分析方法探索政策工具对科研人员成果转化的影响。徐晨和邵云飞(2010)利用CCR模型对我国30多个区域的科技成果转化绩效给出评价并提出改进建议,但忽略了DEA有效的决策单元之间的排序。程慧平等(2015)运用SFA(随机前沿分析)模型以中国大陆30个省份为样本来评价R&D创新与转化效率。也有学者考虑到单个模型存在一定的缺陷。因此采用多种方法结合的方式,Basso et al(2018)将DEA(数据包络分析)和BSC(balanced scorecard)结合对博物馆绩效从多维角度切入评价绩效。殷克东等(2014)利用DEA-SFA模型剔除了环境因素和随机误差进而保证了科技成果转化绩效的评价的准确性。康淑娟(2017)则结合SFA与DEA

收稿日期:2020—04—14

基金项目:西安市软科学项目“基于知识转移的硬科技成果转化模式研究”(201805071RK2SF5(10))

作者简介:艾时钟,博士,西安电子科技大学经济与管理学院副教授,研究方向:知识管理、商务智能、供应链优化;陈正道,西安电子科技大学经济与管理学院硕士研究生,研究方向:知识管理、供应链管理;王慧雪纯,西安电子科技大学经济与管理学院硕士研究生,研究方向:知识管理、医疗供应链管理。

的混合模型对创新价值链进行测度并对误差进行弥补修正。

虽然现有关于科技成果转化的研究比较充分,但上述实证研究并未从数据指标与模型两者结合来探讨指标体系的科学性和可实践性。因此本文结合傅毓维和尹航(2005)、刘希宋和成勇(2007)提出利用神经网络验证科技成果转化的技术经济可行性与指标体系的科学性与可实践性。考虑到多元化的评价指标和避免专家打分法等主观因素的干扰,弥补模型自身的不足,在考虑相关指标投入产出冗余的情况下进一步对决策单元的有效部分作更进一步的研究,提出利用冗余量对相关指标进行灵敏度分析。

综上分析,本文采用熵权法与 Super-SBM 模型对科技成果转化效果进行评价并结合 BP 神经网络模型对评价指标体系学习训练,验证该指标体系的科学性与可实践性。

二、研究方法 with 数据来源

科技成果转化效果评价是一个多指标综合评价的问题。具体的研究方法应站在客观的角度,熵权法是一种可以应用于多对象,多指标的综合评价方法。它的分析结果,主要依据给出的客观资料,几乎不受主观因素的干扰,精度较高。在构建的指标体系里,可以利用该方法得到各指标体系的客观权重,根本目的在于评价各指标体系对科技成果转化效果的贡献程度。

已有的研究中有单独使用熵权法的案例,但仅仅得到相关指标体系的贡献度,缺乏对科技成果转化效果作更进一步的研究。事实上,每一年的相关指标的投入并非同比例增长,所以本文在此基础上结合 Super-SBM 模型对每一年的指标作投入产出效率的评价。它在多指标评价方面更具优势,因为常用的 CCR 与 BCC(数据包络基础模型)的投入与产出都是同比例放大或缩小,无法在非零松弛存在的情况下客观评价决策单元。它不仅可以解决上述问题还能够对多个有效单元做进一步评价。这也为后续的指标敏感度分析提供依据。因此本文选取这两种方法可以实现研究目的的互补。

(一)熵权法

熵是热力学中反映自发过程不可逆性表征混乱度的概念,它在各种度量与评估中被广泛应用。熵权法简单的来说就是通过对评价指标赋权,从整体评价各指标在体系中的权重及重要程度。在计算权值的过程中,指标数据在对应的评价体系里变化程度的大小反映熵的大小,当指标的熵值越大表明该指标所含信息的效用越小,相应的权重也就越小;当指标的熵值越小,表明该指标所含信息的效用就越大。因此权重也就越大。

熵权法考虑了指标数据本身具有的信息且避免了主观因素的干扰,使得对评价指标的权重确定更加客观科学。假若评价某地区科技成果转化效果,评价体系则由 m 年样本与 n 项指标构成,可建立以下模型。

(1) 样本集 $X = \{X_1, X_2, X_3, \dots, X_m\} (i = 1, 2, \dots, m)$, 各样本有 n 项指标, $X_i = \{u_{i1}, u_{i2}, u_{i3}, \dots, u_{in}\} (j = 1, 2, 3, \dots, n)$, 指标矩阵为 $U = \{u_{ij}\}_{mn}$, u_{ij} 表示第 i 年第 j 维指标的值。

(2) 数据标准化。多元化的评价指标无法进行整体评价,数据标准化处理可消除量纲的影响,其中, $u_{\max}$ 表示指标矩阵中的最大值。

$$y_{ij} = \frac{u_{ij}}{u_{\max}}, \quad 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n \quad (1)$$

第 i 个对象第 j 个指标的比重为

$$P_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^m y_{ij}} \quad (2)$$

(3) 计算 j 项指标的熵值:

$$e_j = -\{\ln m\}^{-1} \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln P_{ij} \quad (3)$$

(4) 计算 j 项指标的权重: $d_j = 1 - e_j$, 表示信息效用价值, 则权重为

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j}, \quad 1 \leq j \leq n \quad (4)$$

(5) 计算第 i 年第 j 个指标的综合得分: $f_{ij} = w_j y_{ij}$, 并最终将其加权得到科技成果转化效果总得分。

(二) Super-SBM 模型

在科技成果转化的实证研究领域,数据包络分析方法应用普遍,但较多采取传统的 CCR 与 BCC 模型。数据包络分析法(data envelope analysis, DEA)是 Charnes 和 Cooper 于 1978 年提出用于对同类决策单元投入与产出相对有效性进行客观评价的方法。DEA 能够解决多投入与多产出问题且无需对相关变量做无量纲处理,也不需要假定相关函数的形式,就可以对数据作定量分析。而传统的 DEA 模型只能比较非有效生产前沿面上的决策单元的效率,对处在有效前沿面上的决策单元无法给出进一步的评价。因此 Tone(2002)在原有的 SBM 模型上考虑了松弛变量得到超效率 Super-SBM 模型,在该模型基础上使得分析更加详尽。

Super-SBM 模型不仅解决了多个有效决策单元的效率评价问题,还考虑了松弛度,反映了效率高低和各项指标投入与产出的具体冗余和不足。若有 m 个样本单元,每个样本有 n 个投入和 s 个产出变量,将第 j 个决策单元的第 i 种投入记为 x_{ij} ,第 r 个产出记为 y_{rj} ,则效率值为

$$P = \left\{ (\bar{x}, \bar{y}) \mid \bar{x} \geq \sum_{k=1}^k x_k \lambda_k, \bar{y} \leq \sum_{k=1}^k y_k \lambda_k, \bar{x} \geq 0, \bar{y} \geq 0, \lambda_k \geq 0 \right\} \quad (5)$$

改进后的超效率得分为

$$\bar{P} = P \cap \{ \bar{x} \geq x_0, \bar{y} \leq y_0 \} \quad (6)$$

存在时间跨度,采用规模报酬可变的 Super-SBM-V 模型为

$$\begin{aligned} \min w = & \frac{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \bar{x}_n}{\frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \bar{y}_m} \\ \text{s.t.} & \begin{cases} \bar{x} \geq \sum_{k=1}^k x_k \lambda_k, \bar{y} \leq \sum_{k=1}^k y_k \lambda_k \\ \bar{x} \geq x_0, \bar{y} \leq y_0 \\ \sum_{k=1}^k \lambda_k = 1, \bar{y} \geq 0, \lambda \geq 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (7)$$

该模型去掉了传统 DEA 模型效率值小于等于 1 的约束条件,可以进一步评价有效决策单元,反映效率转化高低的次序。

(三) 指标体系建立与数据来源

本文以陕西省科技成果转化效果为研究对象,基于陈腾等(2006)、何悦等(2018)、周荣等(2015)、徐晨和邵云飞(2010)、邓小朱和陈梦成(2016)与陈耀等(2018)的研究,在遵循指标和数据的代表性、可获性、综合性等原则,选取 2008—2017 年数据,并综合考虑熵权法与 Super-SBM 模型研究目的的互补性,建立指标体系。根据创新价值链理论,将科技成果转化效果划分为科技成果研发与科技成果转化两个阶段,并以科技成果研发为起点,中间产出作为下一阶段的资源投入。研发阶段的投入指标,主要包含财力、人力和物力三方面,财力包含了自主的研发投入、政府和企业的多元支撑,人力指标选取主要是以科研为主的 R&D 活动人员及全时当量,物力指标的选取是目前相关研究中缺乏的,本文以科研机构 and 科研用房屋面积作为衡量指标。研发阶段产出指标,加入了无时滞性的专利授权量、登记的科技成果、发表的科技论文、技术合同签订量和新产品开发项目,均选取与科技成果直接相关的指标。经济转化阶段指标的选取:科技成果研发的最终目的是能够转化为经济效益,服务于社会,这也是科技成果转化效果评价最直接的衡量方式。由于具体的产品数据可获得性较差,结合现有学者的研究,本阶段考虑从科技成果研发的指代性指标入手,将第一阶段的产出继续作为中间变量,用技术市场成交额、科技成果转化效益和新产品开发销售收入,这些直接体现经济效益的指标作为科技成果转化阶段的最终产出。

基于上述 17 个具体指标,设定 7 个子系统(subsystem,SS),即科研经费、政府支撑、企业支撑、人力资源、科研环境、科技成果研发与科技成果转化子系统,构建陕西省科技成果转化效果评价指标体系(表 1),相关数据源于《中国统计年鉴》《陕西统计年鉴》《陕西科技年鉴》并结合陕西省技术转移服务平台等。

表 1 科技成果转化效果评价指标体系

体系子系统	具体指标	指标代码
科研经费	地方财政科学技术支出(亿元)	X1
	R&D 经费(亿元)	X2
	新产品开发经费(亿元)	X3
政府支撑	国家政府投入占总经费比重(%)	X4
企业支撑	企业筹集经费占总经费比重(%)	X5
人力资源	R&D 活动人员(万人)	X6
	R&D 活动人员全时当量(万人年)	X7
科研环境	科研机构数量(所)	X8
	科研用房屋竣工面积累积值(万平方米)	X9
科技成果研发	国内专利授权量(项)	X10
	登记的科技成果(项)	X11
	发表科技论文(篇)	X12
	技术合同签订数量(项)	X13
	新产品开发项目(项)	X14
科技成果转化	技术市场成交额(亿元)	X15
	科技成果转化效益(亿元)	X16
	新产品开发销售收入(万元)	X17

三、实证分析

(一)熵权模型评价结果

本文的主要目的是对科技成果转化效果进行评价,熵权法作为一种客观赋权方法,得到每一年相关指标体系的贡献度,考虑到科技成果转化效果的评价是一个多指标的综合评价问题。因此本文认为不能孤立地看待单项指标或单个子系统,需要借助它的每一项指标的贡献度进而得到每一个子系统的贡献度,最终加权得到科技成果转化效果总得分。

因此,首先使用熵权模型得到各子系统和指标的熵值与熵权(表 2)。熵权大小反映指标对评价目标的影响程度及重要性,在各指标熵权与熵值的基础上,利用线性加权的方法分别算出子系统的评价指数和总分指数,其中 SS1 表示科研经费子系统,SS2 表示政府支撑子系统,SS3 表示企业支撑子系统,SS4 表示人力资源子系统,SS5 表示科研环境子系统,SS6 表示科技成果研发子系统,SS7 表示科技成果转化子系统,SS8 表示科技成果转化效果总指数(表 3)。

表 2 评价指标的熵值和熵权

指标	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
熵值	0.95458	0.97566	0.96596	0.99667	0.99776	0.97960	0.99525	0.98956	0.88982
熵权	0.06058	0.03246	0.04540	0.00445	0.00298	0.02721	0.00633	0.01392	0.14695
指标	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17	
熵值	0.90778	0.91076	0.99705	0.94360	0.99596	0.87588	0.89860	0.97570	
熵权	0.12299	0.11902	0.00393	0.07521	0.00539	0.16554	0.13524	0.03240	

表 3 各子系统的得分指数

年份	SS1	SS2	SS3	SS4	SS5	SS6	SS7	SS8
2008	0.00559	0.00060	0.00025	0.00136	0.00258	0.00888	0.00679	0.02604
2009	0.00744	0.00046	0.00027	0.00273	0.00303	0.01084	0.00849	0.03326
2010	0.00934	0.00045	0.00027	0.00289	0.00576	0.01413	0.01019	0.04304
2011	0.01051	0.00043	0.00030	0.00294	0.01026	0.01636	0.01552	0.05631
2012	0.01251	0.00043	0.00030	0.00343	0.01322	0.03559	0.03517	0.10064
2013	0.01528	0.00042	0.00029	0.00384	0.02003	0.03748	0.04197	0.11933
2014	0.01625	0.00041	0.00032	0.00406	0.02256	0.04269	0.05286	0.13916
2015	0.01813	0.00042	0.00032	0.00384	0.02487	0.04879	0.04058	0.13694
2016	0.01998	0.00040	0.00034	0.00411	0.02641	0.05773	0.05836	0.16732
2017	0.02346	0.00038	0.00035	0.00431	0.03205	0.05399	0.06322	0.17777

由各子系统的得分指数得到图1,2011年之前陕西省科技成果转化水平持续提高但增速较缓,经济转化子系统和研发子系统指数较高,科研经费子系统和科研环境子系统指数对科技成果转化效果指数影响较大。2010—2012年科技成果转化效果得分指数实现高速增长,2010—2011年得分指数在 $[0.04,0.06]$ 之间呈现上升趋势,说明科研环境得到较大的改善,科研机构数量增加,科研经费稳定投入,并且2010年陕西省修正公布实施了科技成果转化条例及相关政策的完善也极大地促进了陕西省科技成果转化水平。2011—2012年科技成果转化得分指数在 $[0.06,0.10]$ 之间上升趋势明显,科技成果转化研发子系统与经济转化子系统的得分指数变化趋势与总得分指数变化趋势一致。2012—2014年科技成果转化效果得分指数集中在 $[0.10,0.14]$ 之间,科研经费、科研环境和人力资源的稳定保证了科技成果转化水平的持续提升。2015年由于人力资源、国家和企业支撑降低使得科技成果经济转化能力降低继而影响到科技成果转化效果,使得2015年转化总指数稍有回落。2016年科研经费基本持平但科研环境的持续改善,政府、企业和人力资源的支撑使得2016年科技成果转化效果较2015年更加明显,仅次于2011—2012年的增长趋势,实现了高速增长。以上相关分析表明陕西省科技成果转化效果受到诸多因素的影响,相关政策的完善可以极大地促进科技成果转化效率,提升转化的积极性与可行性,除了科研经费的投入更要注重科研环境的改善与政府的支持力度。

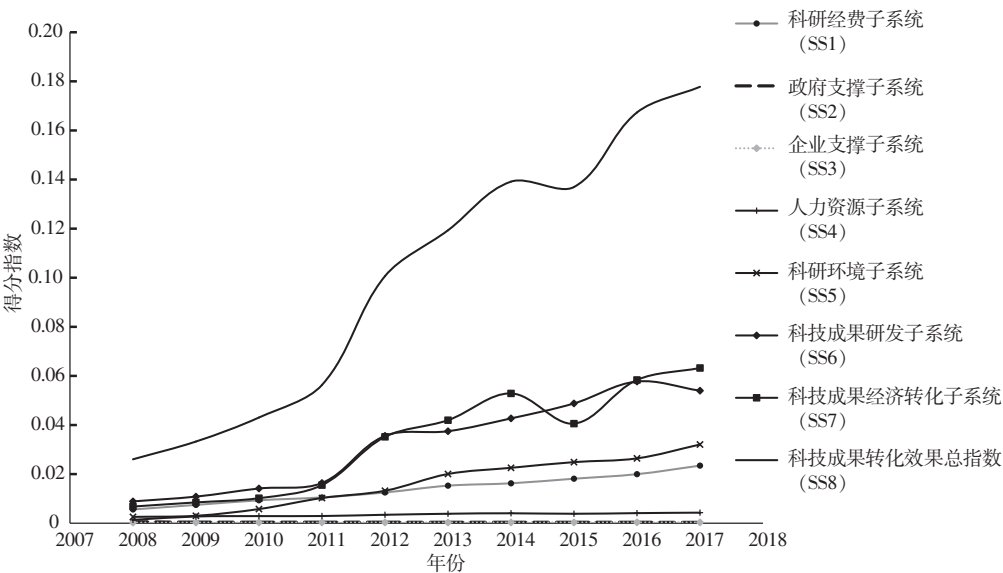


图1 各子系统的得分指数

(二)Super-SBM 模型评价结果

熵权法直观反映了相关指标体系对科技成果转化效果的贡献度,但为了更好地反映系统指标对科技成果转化效率的影响,结合前面熵权模型分析的结论,按照两阶段对科技成果转化效果进行研究(肖仁桥等,2015;林青宁和毛世平,2019),本文采用DEA-Solver pro5.0软件进行两阶段效率分析(表4)。

根据模型结果绘制图2,2008年研发效率最高,2012年、2017年紧随其后,2015年研发效率最低,在经济转化阶段,2017年最高、2013年最低,科技成果转化总效率变化趋势与两阶段趋势大致相同,说明两阶段效率影响科技成果转化效果,重视两阶段才能够提升科技成果转化工作的水平。具体分析2010年科技成果转化工作效率的影响因素(表5、表6),2010年整体效率不高,但第二阶段效率较前一年有所上升,而研发阶段和总效率都是处于较低水平,其中SS1在实际的投入和有效生产前沿面上的投影值之间存在差距,尤其是指标X1缺少近2.31%的投入量,且指标X4和X5都存在投入不足的情况。在经济转化阶段,指标X11相较于有效前沿面存在产量不足的特点,进而直接影响科技成果经济转化整体水平,其他决策单元的分析类似不再

表4 科技成果转化两阶段效率得分及排名情况

单元	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
得分(1阶段)	1.336	1.093	1.029	1.029	1.114	1.019	1.062	1.018	1.078	1.095
排名	1	4	7	8	2	9	6	10	5	3
得分(2阶段)	1.203	1.032	1.038	1.213	1.066	1.017	1.104	1.029	1.136	1.234
排名	3	8	7	2	6	10	5	9	4	1

细述。基于以上相关分析,科技成果经济转化阶段效率水平波动明显大于科技成果研发阶段的效率水平。研发阶段更为复杂漫长,即使对各子系统的相关资源稳定投入但对于效率的提升也较为缓慢,而科技成果经济转化阶段的效率值波动较大,经济转化与法律政策条例和技术市场,尤其是科技成果研发子系统各指标息息相关,在科技成果转化过程中应当注重这些方面。

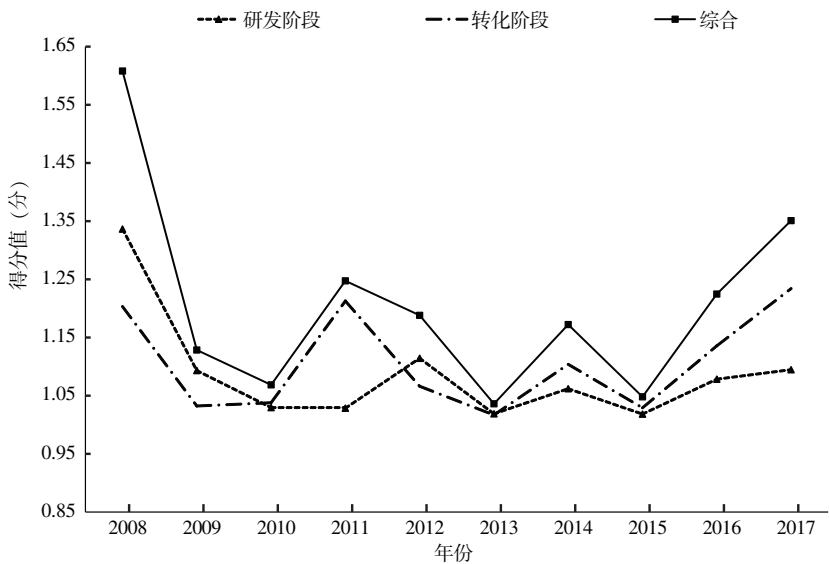


图2 科技成果转化效率得分值的变化趋势

表5 2010年研发阶段投入产出投影表

指标	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14
源数据	25.25	217.5	98.61	60.23	35.28	9.87	7.32	854	18.7	10034	553	60690	9470	5820
投影	25.83	220.41	98.61	60.36	36.58	9.87	7.32	854	21.62	10034	553	59536	9470	5820
差值	0.59	2.91	0	0.13	1.30	0	0	0	2.92	0	0	-1154	0	0
百分比	2.33	1.34	0.00	0.22	3.69	0.00	0.00	0.00	15.61	0.00	0.00	-1.90	0.00	0.00

表6 2010年经济转化阶段投入产出投影表

指标	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16	X17
源数据	10034	553	60690	9470	5820	102.41	275.77	658.71
投影	10034	657.92	60690	9470	5820	102.41	275.77	658.71
差值	0	104.92	0	0	0	0	0	0
百分比	0.00	18.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

(三)科技成果转化过程指标敏感度分析

科技成果转化水平体现了科研成果的技术成熟度,而科技成果研发和转化本身就是一个非常复杂的系统工程。在科技成果研发和转化过程中,指标之间相互影响。因此分析科技成果转化效果对相关指标的敏感程度具有一定的导向作用,这也是现有研究中存在的不足。利用各子系统指标的真实值和有效生产前沿面的差值,使数据归一化,并剔除了超效率模型中两阶段效率的有效部分(表7和表8),利用各指标的指数波动程度来研究科技成果转化两个阶段效率对相关指标的敏感程度。若存在指标的指数波动较大的情况,则表明该指标对科技成果研发和转化阶段影响较大,注重相关指标的优化可以进一步提升科技成果转化水平,具有一定的参考作用。

科技成果研发和转化阶段的各年份相关指标的指数波动如图3和图4所示,在科技成果研发阶段科研经费子系统、政府支撑、企业支撑、人力资源子系统、科研环境子系统等总体波动较为明显,其中财政的科学技术支出,一定程度反映政府对科研发展和科技创新的重视程度。该指标指数波动较为明显,表明在研发阶段效率比较低时,优化该指标使波动趋势扁平化,可以一定程度改善研发水平。R&D经费是用于研究与试验发展的专项支出,该指标的指数波动也较为明显,表明在相关的年份研发效率不足。这是由于政府与社会对基础研究、应用研究和试验发展3个领域的关注程度不够。政府和企业支撑对应指数波动较大表明:在研发阶段效率低的年份里,政府对有足够独立科研能力的企业、科研院所和高校的支持力度稍显不足。科研工作需要一定的资

源支撑和一个较长的过程,而科技成果研发又存在实验室内外信息不对称的风险,政府的资金投入和政策保障作用可以有效降低科研人员的顾虑。人力资源子系统是科研工作的基础,该指标的波动表明:高校和科研院所应该加大人才培养力度强化稳定输出的能力。科研机构用于科研的房屋面积作为科研环境,该指标的稳定性表明较好的科研基础保障和竞争激烈的科研创新环境。经济转化阶段的指标波动与研发阶段的指标波动类似,表现在在经济转化过程中科技成果转化效率对各指标波动的敏感程度。对于国内专利、科技成果、研发阶段的科技论文和技术市场合同的签订数量,这些指标的波动表明:在相对样本年限内,科技成果经济转化阶段转化效率整体水平受到这些指标的影响较大。其中专利授权量,登记的科技成果指数波动较大表明:前一阶段的产出不仅反映科技成果研发效率不稳定,还直接对后一阶段产生持续的影响。技术合同签订数量表明技术的成熟度和对接市场潜在需求的能力,对后期的经济转化阶段产生较大的影响。提升科技创新的能力,还必须使得“实验室”内外信息对称,避免出现有技术成果无市场需求的尴尬局面。

表7 研发阶段各指标指数

指标	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
X1	0.0841	0.0000	0.0132	0.0000	0.0000	0.0863	0.0230	0.0000	0.0000	0.0000
X2	0.1401	0.0010	0.0088	0.0000	0.0092	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020
X3	0.1058	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0228	0.0361	0.0000	0.0001
X4	0.0020	0.0710	0.0007	0.0203	0.0085	0.0000	0.0024	0.0000	0.0091	0.0169
X5	0.0720	0.0050	0.0345	0.0000	0.0000	0.0682	0.0000	0.0431	0.0000	0.0000
X6	0.1571	0.0014	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0087	0.0000	0.0000
X7	0.0968	0.0000	0.0000	0.0317	0.0698	0.0000	0.0022	0.0000	0.0000	0.0000
X8	0.0030	0.0493	0.0000	0.0000	0.0257	0.0000	0.0020	0.1009	0.0000	0.0002
X9	0.0289	0.0344	0.0451	0.0000	0.0669	0.0000	0.0041	0.0000	0.0039	0.0021
X10	0.0079	0.0079	0.0079	0.0079	0.0079	0.0079	0.0079	0.0079	0.0000	0.0079
X11	0.0079	0.0079	0.0079	0.0079	0.0000	0.0079	0.0079	0.0079	0.0074	0.0074
X12	0.0147	0.0083	0.0123	0.0016	0.0089	0.0147	0.0147	0.0147	0.0127	0.0000
X13	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092	0.0045	0.0092	0.0092	0.0000
X14	0.0134	0.0000	0.0134	0.0134	0.0134	0.0131	0.0015	0.0134	0.0134	0.0134
E1	0.0500	0.0118	0.0018	0.0016	0.0151	0.0001	0.0069	0.0000	0.0094	0.0120

注:E1表示科技成果研发效率的非有效指数。

表8 经济转化阶段各指标指数

指标	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
X10	0.0496	0.0000	0.0000	0.0000	0.0179	0.0000	0.0541	0.0000	0.0000	0.1569
X11	0.0214	0.0021	0.0536	0.2088	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
X12	0.2087	0.0002	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.1438	0.0046	0.0000	0.0033
X13	0.0353	0.0017	0.0000	0.0013	0.0000	0.0412	0.0000	0.0000	0.1980	0.0021
X14	0.0976	0.0000	0.0000	0.0899	0.0024	0.0000	0.0000	0.0547	0.1230	0.0001
X15	0.0141	0.0141	0.0141	0.0141	0.0141	0.0141	0.0141	0.0127	0.0141	0.0000
X16	0.0178	0.0178	0.0178	0.0178	0.0068	0.0178	0.0000	0.0178	0.0145	0.0178
X17	0.0146	0.0130	0.0146	0.0108	0.0146	0.0146	0.0146	0.0146	0.0146	0.0000
E2	0.0499	0.0041	0.0056	0.0525	0.0132	0.0000	0.0233	0.0033	0.0318	0.0582

注:E2表示科技成果经济转化效率的非有效指数。

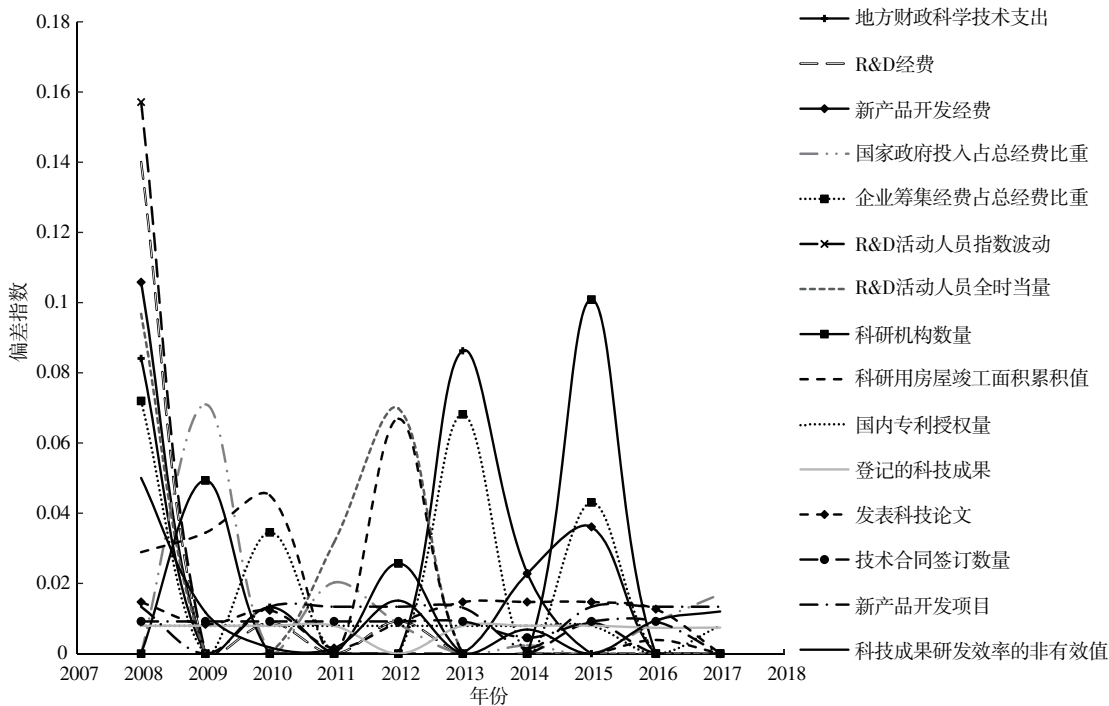


图3 研发阶段各指标效率偏差指数波动

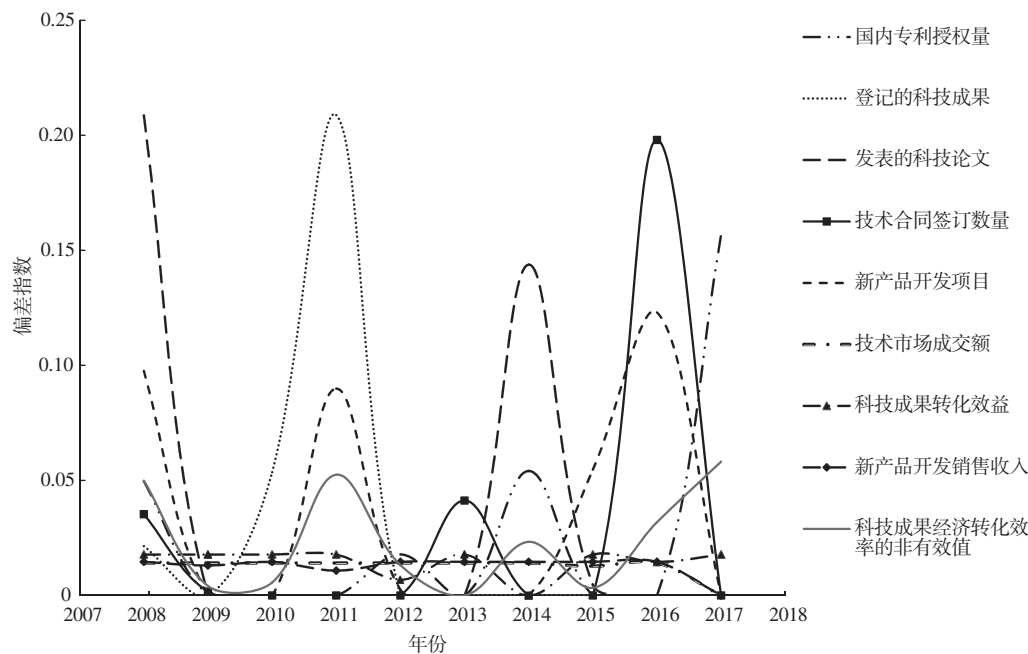


图 4 经济转化阶段各指标效率偏差指数波动

(四)BP神经网络模型综合评价

为了进一步验证上述模型的可靠性和构建的指标体系的科学性与可实践性,构建BP神经网络模型对系统进一步评价,结合上述模型的优势,将科技成果转化的效率值作为神经网络模型学习的导师值,由于样本数量有限,利用传统的BP神经网络学习训练时,训练样本无法充分利用,造成预测结果与真实值之间误差较大。因此采用留一法,模型共有3层:输入层、隐含层和输出层,输入神经元17个,将前面得到的科技成果转化综合效率值作为输出层,隐含层节点数是模型质量的关键,节点数太少导致模型获取用于解决问题的相关信息的能力较差,但节点数过多则会导致过度拟合,而且训练时间会很长。因此,本文采取节点逐渐增加的方法不断学习训练直到学习误差不再有明显的减少为止,其中trainlm为速度最快的一种训练算法,tansig为隐含层默认的节点传递函数,purelin为输出层默认的函数,具体参数见表9,模型训练预测的结果见表10和图5。

表 9 BP神经网络模型参数

神经元类别	输入层(17)	隐含层(6)	输出层(1)	节点数	训练次数	误差	学习率
函数	trainlm	tansig	purelin	6	3000	1×10^{-7}	0.1

表 10 BP神经网络模型预测结果

样本号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
真实值	1.6081	1.1284	1.0687	1.2474	1.1881	1.0361	1.1723	1.0482	1.2248	1.3510
预测值	1.5757	1.1027	1.0941	1.1936	1.1338	1.0917	1.1895	0.9792	1.1858	1.3143
误差	-0.0324	-0.0257	0.0254	-0.0538	-0.0543	0.0556	0.0172	-0.0690	-0.0390	-0.0367

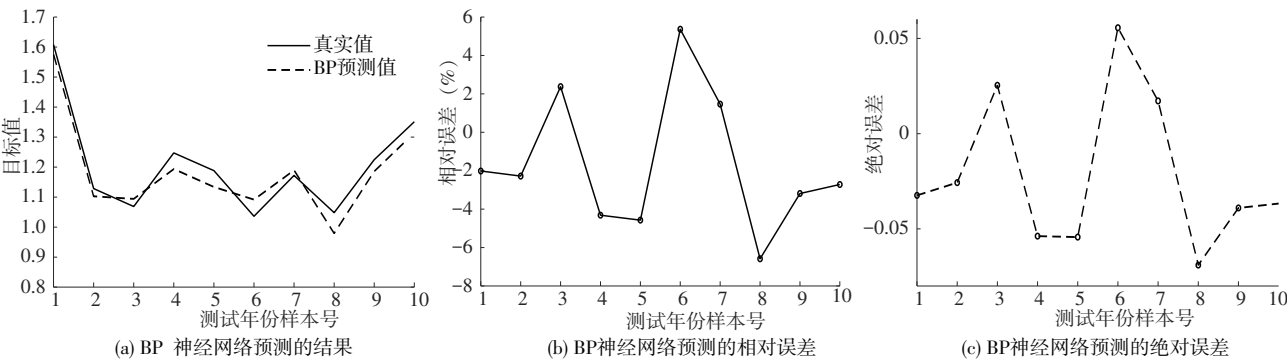


图 5 BP神经网络模型结果

构建的BP神经网络模型结果表明:评价模型学习和预测能力达到较高水平,验证了评价指标体系的科学性和可实践性。

四、结论和启示

本文以科技成果转化效果为研究对象,设计构建了定量分析评价体系。利用熵权法并结合 Super-SBM 和 BP 神经网络(SSB)模型,以陕西省为例,对其科技成果转化效果进行了实证分析。相关结果表明陕西省科技研发能力持续提升,但经济转化动能稍显不足。其中科研环境、科研经费和人力资源的持续投入与优化对提升科技成果转化效果有着明显的促进作用。在科技成果研发和科技成果转化两阶段中,分析结果表明:随着相关资源的稳定投入,科技成果研发阶段的效率水平波动较小,科技成果转化阶段效率水平波动较大,且两阶段的效率水平直接影响着科技成果转化效果的整体水平。其次,应当结合科技成果研发与科技成果转化两阶段的投影及指标敏感度分析的结果来适当调整相关指标投入的总量与比例。以陕西省的科技成果转化效果评价结果为参考,并结合现阶段的科技成果转化背景,得到以下启示。

(1)科技成果转化工作应当统筹科技成果研发和科技成果转化两个阶段,才能从整体优化科技成果转化工作的效率,持续提升科技成果转化效果。

(2)科技成果的研发应当以市场需求为导向,科技成果研发与科技成果转化两阶段的市场需求信息对称,有助于科技成果研发阶段技术合同签订数量的增长,从而进一步提升科技成果转化阶段的投入。

(3)科研环境子系统和人力资源子系统在科技成果转化过程中占据重要的地位,科技成果转化的主体应当更加重视人才的培养和科研环境的持续改善与优化,在科技成果转化阶段效率波动较大,表明控制该阶段资源的投入更容易优化投入产出的效率,进而提升科技成果转化工作的整体效率。

(4)科技成果转化两阶段效率水平并不稳定,指标敏感度差异较大,应当合理分配相关资源(资金、人力、平台等),形成科技成果转化合力,从而保障科技成果转化工作。

(5)传统的科技成果转化评价过程中需要借助专家打分法避免不了人为主观因素的干扰,实验结果表明利用BP神经网络结合其他模型方法可以有效解决这个问题,结果也达到了较高的精确度,表明该模型学习和预测能力达到较高水平,验证了评价指标体系的科学性和可实践性。

科技成果转化存在就地转化与异地转化的情形,而对科技成果转化效果的评价能够为后续工作提供可参考的建议。其中科技成果异地转化导致的科技成果外流现象普遍存在,这也是本文研究的不足之处,可以做更进一步的研究,为跨区域的科技成果转化工作提供可行性建议,完善科技成果转化效果评价工作。

参考文献

- [1] 曹霞,于娟,张路蓬,2016.不同联盟规模下产学研联盟稳定性影响因素及演化研究[J].管理评论,28(2):3-14.
- [2] 陈腾,叶春明,沈杰,2006.基于DEA方法对高校科技成果转化效果评价[J].情报科学,24(8):1199-1202.
- [3] 陈耀,赵芝俊,高芸,2018.中国区域农业科技创新能力排名与评价[J].技术经济,37(12):53-60.
- [4] 程慧平,万莉,黄炜,2015.中国省际R&D创新与转化效率实证研究[J].管理评论,27(4):29-37.
- [5] 邓小朱,陈梦成,2016.科技成果转化制度与企业协同度研究[J].科研管理,37(S1):116-125.
- [6] 傅毓维,尹航,2005.基于BP神经网络国防科技成果转化评价研究[J].技术经济,24(1):60-62.
- [7] 何悦,陈丽玉,何慧芳,2018.我国研究型大学科技成果转化效率评价——基于网络DEA模型[J].科技管理研究,38(15):85-92.
- [8] 康淑娟,2017.行业异质性视角下高技术产业创新价值链效率测度——基于SFA修正的三阶段DEA模型的实证分析[J].科技管理研究,37(6):7-12.
- [9] 刘启雷,郭鹏,李苗,等,2018.高校科研院所基础研究成果转化生态系统构建研究——基于西安市成果转化生态的分析[J].科学管理研究,38(3):24-27.
- [10] 刘希宋,成勇,2007.基于神经网络的科技成果转化评价[J].科技进步与对策,24(1):47-49.
- [11] 林青宁,毛世平,2019.高校科技成果转化效率研究[J].中国科技论坛(5):144-151,162.
- [12] 唐五湘,2017.科技成果转化绩效评价指标体系的比较分析[J].工业技术经济,36(1):61-67.
- [13] 肖仁桥,王宗军,钱丽,2015.我国不同性质企业技术创新效率及其影响因素研究:基于两阶段价值链的视角[J].管理工程学报,29(2):190-201.
- [14] 徐晨,邵云飞,2010.基于DEA的科技成果转化绩效评价研究[J].电子科技,23(7):58-61.
- [15] 姚俊兰,姜富明,周文泳,2018.论高校科技成果转化的生态系统优化[J].科技与经济,31(5):1-5.
- [16] 袁忆,张旭,郭菊娥,2019.科技成果转化价值活动的商业模式探析[J].管理评论,31(7):13-21.

- [17] 原长弘, 张树满, 2019. 科研院所高效科技创业生态系统构建研究[J]. 科技进步与对策, 36(5): 18-25.
- [18] 杨锐, 廖觅燕, 李良强, 等, 2019. 促进科研人员成果转化的政策工具有效性验证——基于四川省的数据[J]. 中国科技论坛(9): 92-100.
- [19] 殷克东, 徐华林, 高文晶, 2014. 基于 DEA-SFA 型的海洋科技转化成果绩效测评[J]. 海洋开发与管理(7): 35-41.
- [20] 钟卫, 陈彦, 2019. 政府如何促进大学科技成果转化: 基于发达国家的经验总结[J]. 中国科技论坛(8): 170-178.
- [21] 周荣, 喻登科, 涂国平, 2015. 基于加权交叉效率 DEA 的国家大学科技园科技成果转化效率评价[J]. 科技管理研究, 35(20): 67-72.
- [22] BASSO A, CASARIN F, FUNARI S, 2018. How well is the museum performing? A joint use of DEA and BSC to measure the performance of museums[J]. Omega: The International Journal of Management Science, 81(12): 67-84.
- [23] CRUZ-CAZARES C, BAYONA-SAEZ C, GARCIA-MARCO T, 2013. You can't manage right what you can't measure well: Technological innovation efficiency[J]. Research Policy, 42(6-7): 1239-1250.
- [24] DU J, GIRMA S, 2010. Red capitalists: Political connections and firm performance in china[J]. Kyklos, 63(4): 530-545.
- [25] TONE K, 2002. A slacks-based measure of super-efficiency in data envelopment analysis [J]. European Journal of Operational Research, 143(1): 32-41.

The Research on the Effectiveness of Transforming Scientific and Technological Achievements into Products: Based on Entropy Method and SSB Model

Ai Shizhong, Chen Zhengdao, Wang Huixuechun

(School of Economics and Management, Xidian University, Xi'an 710071, China)

Abstract: Taking the transformation effect of scientific and technological achievements as the research object to establish the evaluation system, the entropy weight method is used to get the weight and score of each subsystem and index. Super-SBM model based on non-radial method of slacks-based measure is used to analyze the input-output efficiency of the two-stage process of transforming Sci-tech achievements into products. Furthermore, the extracted relaxation variable is normalized and the valid part after removing the efficiency value of the frontier is used to get the index fluctuation degree of each index. Then a BP neural network model is constructed to verify the accuracy of the model's prediction and to ensure the evaluation index system is reasonable and practical. Making analysis of the data of Shaanxi Province, the results show that the transformation effectiveness of Sci-tech achievements in Shaanxi Province is different in the seven subsystems, and the overall effectiveness is rising. However, the ability of economic transformation of Sci-tech achievements is insufficient, and the efficiency of R&D and the efficiency of economic transformation of Sci-tech achievements are unbalanced. The key point is to manage the three subsystems, such as scientific research funding, the human resources input, and the scientific research environment, and to further improve the efficiency of the transformation of Sci-tech achievements. Finally, combined with the above evaluation results of Super-SBM-BP(SSB) model, feasible suggestions for the transformation of scientific and technological achievements are provided.

Keywords: transformation of scientific and technological achievements; entropy method; Super-SBM; neural network