

技术开发和产业化类科技成果 评价指标体系研究

孔凡文,齐燧卓妍,李丽红

(沈阳建筑大学管理学院,辽宁 沈阳 110168)

摘要:健全科技成果分类评价指标体系是提高科技成果转化率的重要手段。以技术开发和产业化类科技成果为研究对象,首先界定了相关概念,并指明其评价目标;其次沿着“投入—过程—产出—效益”链条,结合主成分分析法,构建了技术开发和产业化类科技成果评价指标体系;最后运用BWM-熵权法确定评价指标权重,综合测算科技成果评价值。以期为完善中国科技成果分类评价体系提供一定的理论指导和经验借鉴。

关键词:技术开发和产业化;科技成果评价;指标体系;BWM-熵权法

中图分类号:G315

文献标志码:A

近年来,创新强国战略推动科研投入持续增加,带动科技成果产出数量增多,中国每年超3万项成果和100万项专利通过鉴定,而其中可批量生产的成果仅占20%,可产业化的成果仅占5%^[1]。《2022年中国专利调查报告》指出,中国发明专利产业化率为36.7%,企业发明专利产业化率达48.1%,高校发明专利产业化率为3.9%,其中,普通本科院校发明专利产业化率为3%,专科高职院校发明专利产业化率仅为0.9%。科技成果转化率低,已经逐渐成为制约经济社会发展的阻力。科技成果转化受诸多因素影响,如技术能否推广应用、成果是否具有商业价值、科技成果能否产业化等。为提高科技成果转化质量,中国正以“四个面向”为科技成果的评价导向,逐步推进科技评价体系改革^[2]。然而,科技成果分类评价体系尚未建立,指标单一化、标准量化、结果功利化问题亟待解决。

文献研究表明,学者们多从科学价值和效益等维度评价科技成果,对科技成果所处阶段欠缺考虑,相关指标意义模糊。“投入—过程—产出—效益”链条是国内外学者确定效益指标体系维度的主要方法,考虑到技术开发和产业化类科技成果具有完整连续的生命周期,笔者以该类科技成果为切入点,根据“投入—过程—产出—效益”链条构建评价指标体系。有关指标权重的确定,笔者采用BWM-熵权法的组合赋权法确定指标权重,通过评价得分设定评价等级,确定成果等级,以减少因计算繁琐导致的失误,进而使所得结果更加可靠。

一、技术开发和产业化类科技成果评价指标体系理论基础

1. 技术开发和产业化类科技成果的内涵及形式

关于技术开发和产业化类科技成果,目

前没有统一的概念界定。鉴于其特点,笔者将其定义为:通过提高生产力水平而进行技术开发、后续实验和产业化推广后而产生的新产品、新工艺、新材料、新工程、新系统和新服务。该类成果主要包括技术方案、部件、样机、产品、专利和标准等^[3],根据成果所处阶段将技术开发和产业化类科技成果划分为3种表现形式:

- (1)科学成果。此类成果处于研发阶段,是由科研院所等成果供给方根据政府计划、市场需求,结合自身优势确定研究方向,申请立项并投入研究室和实验室研究后所得的成果。
- (2)技术成果。此类成果处于转化过程阶段,是成果供给方以技术许可、转让及入股等方式将科学成果交易和为顺利完成以生产应用为最终目的而开展的一系列小试和中试活动所得的成果^[4]。
- (3)技术产品。此类成果处于产业化推广阶段,是成果需求方对所承接的技术成果进行商业化开发、推广得到市场认可后的科

技成果^[4]。

2. 技术开发和产业化类科技成果评价的内涵及目标

根据技术开发和产业化类科技成果的表现形式,将技术开发和产业化类科技成果评价定义为:通过鉴定、评审、评价、验收、专利授权、行业审定等方法,对科技成果的学术价值、技术价值和实用价值进行确认、评定的行为^[5]。从科技成果转化全过程角度来看,评价内容主要包括科技成果研发过程、转化过程和产出结果评价。研发过程评价是对科技成果研发阶段的资金、人员投入数量是否合理进行评价;转化过程评价是对参与主体及市场环境进行评价;产出结果评价是对科技成果质量及应用所取得的效益进行评价。评价所体现的技术创新与集成能力、产学研合作水平、成果的市场价值与应用实效、对经济社会发展的贡献等与“投入—过程—产出一效益”关系链契合,故将其划分为投入性、过程性、产出性和效益性4个方面(见图1)。

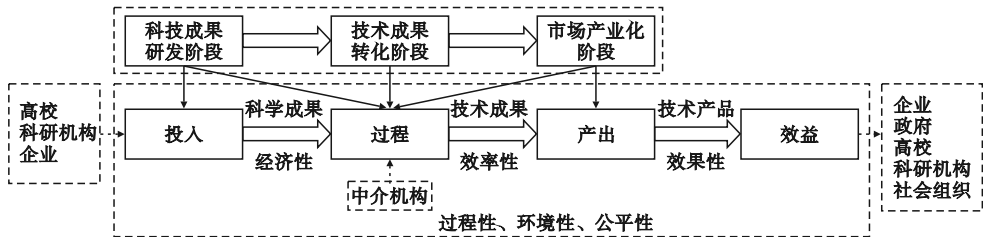


图1 科技成果转化全过程示意图

二、技术开发和产业化类科技成果评价指标体系的构建

1. 准则层指标的确定

在理解技术开发和产业化类科技成果内涵和特点的基础上,遵循代表性、科学性、可操作性及目标导向性原则,根据“投入—过程—产出一效益”链条,确定投入性、过程性、产出性、效益性4个维度。分析得到的准则层与子准则层指标关系如图2所示。准则层指标包括投入指标、过程指标、产出指标和效益指标,具体内容包括:

- (1)投入指标细分为资金投入指标和人

员投入指标,主要关注资金、人员的投入情况,即是否以最经济的方式获得所需的科技成果。

(2)过程指标细分为内部情况和外部情况,主要关注各主体水平及管理制度环境等是否有利于科技成果的转化转移以及“投入—过程—产出一效益”整个过程是否公平合理。

(3)产出指标主要关注在前期有效投入的基础上,现有科学成果或技术成果的数量与质量水平,因此将产出指标细分为科学成果和技术性指标。科学成果为知识产出及获奖情况;技术性指标是技术开发类应用技术

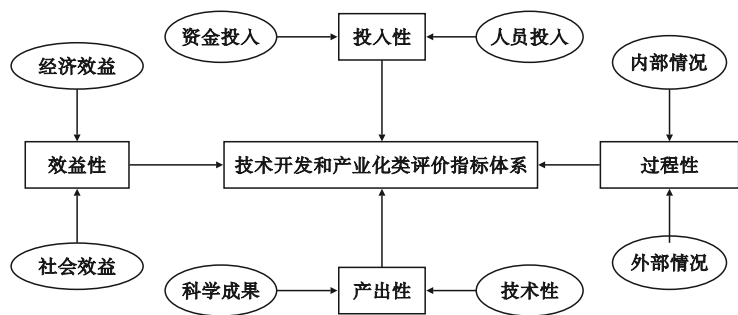


图 2 准则层与子准则层的关系

成果在理论、方法、技术和工艺等方面所具备的科技水平。

(4) 效益指标分为经济效益和社会效益,经济效益关注的重点为实际产出经济效益值,社会效益关注的重点为科技成果投入应用后的影响和改变现状的幅度。

2. 方案层指标的确定

根据准则层指标,在文献分析的基础上,结合技术开发和产业化类科技成果的特点,确立方案层评价指标,具体如下:

(1) 投入指标。学者们多选用科学研究与试验发展 (Research and Development, R&D) 经费占国内生产总值 (Gross Domestic Product, GDP) 的比例^[6]、万人科技活动人数^[6]、万人 R&D 人员中科学家和工程师人数^[6]、企业 R&D 经费支出占产品销售收入比例^[7]、大中型工业企业消化吸收经费与技术引进经费比例^[6]、科研经费支出占 GDP 的比例^[7]、地方财政科技拨款额^[7]、地方财政科技拨款额占地方财政支出比例^[7]等指标。结合研发阶段科技成果转化所需条件,笔者选取的指标分为资金投入与人员投入两方面,其中,资金投入方面包括 R&D 经费投入、政府资金投入占比、新产品开发经费占比;人员投入方面包括 R&D 人员投入数量、高端人才占科技人员数比例(高端人才包括获得博士及以上学位,国家级、省市级重大重点项目主持人及高级职称人才)。

(2) 过程指标。经梳理文献发现,学者们多采用资金满足率、设备满足率、转化支持率(消化吸收的经费与技术引进经费比

例)^[7]、市场条件(市场需求规模)^[8]、企业状况(业态先进性、商业模式、管理团队的执行力、企业管理制度、管理团队的治理结构)^[8]等指标。笔者选取的指标分为内部情况与外部情况两方面,其中,内部情况方面包括顶层设计支持力度,高校、科研机构研发能力,成果转化科技中介服务水平,企业技术创新管理能力,金融机构支持力度,产学研合作水平;外部情况方面包括市场迫切度、市场需求规模、市场满意度(成果需求方对成果市场需求满意度)、信息化环境、过程满意度(转化过程中各主体对服务满意度)。

(3) 产出指标。经梳理文献发现,学者们评价成果质量主要评价技术性及知识产出水平,如技术先进性^[9]、技术创新度^[10]、技术成熟性^[10]、技术难度和复杂程度^[10]、技术时效性^[10]、技术适用性^[11]、技术的辐射能力^[11]。笔者选取的指标分为科技成果产出指标与技术水平指标两方面,其中,科技成果产出指标方面包括三大检索等高水平数据库收录的科技论文、专利授权数及科技奖励情况;技术水平指标方面包括技术创新度、技术复杂程度、技术先进度、技术成熟度、技术时效性、技术匹配度、技术辐射能力。

(4) 效益指标。①经济效益。研究表明,学者们多采用技术市场交易额^[12],投资回报率、资本生产率、投资利润率^[7],高新技术产品出口额占商品出口额比例、新产品销售收入占产品销售收入比例、高技术产业增加值占工业增加值比例^[7],盈利能力(内部收益率、投资回收期、投资利润率)^[9],发展潜力(年均销售净利率、年均销售增长

率)^[9],净现值^[9]等指标。结合政府指导意见,笔者选取的指标为技术交易合同金额、高新技术产业出口占比、新产品销售收入、新产品利润率、成本降低率、投资回收期、产值增长率、市场占有率。②社会效益。经梳理文献发现,学者们多采用解决了该领域的重大问题数量、对行业或产业发展的推动作用^[10],成果推广、产业技术进步和发展效应、应用前景^[10],资源节约、资源配置效应^[10],新增就业率^[10],环境影响、生态环境效应^[13]等指标。笔者选取了重大工程或重大企业应用情况,对增加就业的作用(劳动就业率),对改善环境状况的作用,对合理利用资源的作用,对行业或产业发展优化的推动作用,解决该领域的技术难题、热点问题和与同行业相比较达到国内外或省内何种水平指标作为社会效益指标。

3. 指标体系的筛选

为提高技术开发和产业化类科技成果评价指标体系的合理性和科学性,笔者采用李克特五级评分法设计了面向辽宁省党政机关、企业、科研院所和其他主要参与单位的调查问卷,将指标作为验证内容,对指标进行验证性筛选。问卷由40组“非常重要”“重要”“一般重要”“不重要”“非常不重要”5种选项的量表陈述组成。共发放且回收210份,剔除无效问卷12份,有效问卷为198份。经对问卷内容的梳理,借助SPSS统计软件,采用信度系数检验指标内在的一致性,结果显示各信度系数均大于0.7,各指标内在一致性程度较高,即结果可信。其次将数据进行KMO(Kaiser - Meyer - Olkin)与Bartlett球形检验,得到KMO值为0.964,大于0.7,且Bartlett球形检验中的 χ^2 值为7 885.097,显著性概率小于0.05,即显著性有效,表明问卷结构效度较好,适合进行因子分析。研究采用主成分分析法抽取公共因子,设置方差极大正交旋转获得因子载荷矩阵比,剔除因子载荷小于0.5的因子(技术复杂度、技术时效性、过程满意度、成本降低率和投资回收期),最终得到技术开发和产业化类科技成果评价指标体系。

三、技术开发和产业化类科技成果评价方法

1. 指标分类及评价标准

在理解4个准则层指标、8个子准则层指标和35个方案层指标的基础上,进一步将指标划分为控制项、分值项和等级项。控制项为科技成果必须达标的指标项,属于分值项或等级项的一种,是评价对象的必备项,也是科技成果的基本要求;分值项根据指标内涵计算得到;等级项通过设置有限个评分项测得,具体情况如表1所示。

表1 技术开发和产业化类科技成果评价指标分类

目标层	准则层	子准则层	方案层	控制项	分值项	等级项	
技术开发和产业化类科技成果价值	投入指标	资金投入	R&D 经费投入额	●	▲	□	
		投入	政府资金投入占比	○	▲	□	
		投入	新产品开发经费占比	○	▲	□	
		人员投入	R&D 人员投入数	●	▲	□	
		投入	高端人才占科技人员数比例	●	▲		
	过程指标	内部情况	顶层设计支持力度	○	△	■	
			企业技术创新管理能力	○	△	■	
			高校、科研机构研发能力	○	△	■	
			成果转化科技中介服务水平	○	△	■	
			金融机构支持力度	○	△	■	
	外部情况		产学研合作水平	○	△	■	
			市场迫切度	○	△	■	
			市场需求规模	●	△	■	
			市场满意度	○	△	■	
			信息化环境	○	△	■	
	产出指标	科学成果	三大检索数据库收录科技论文数	○	▲	□	
			专利授权数	○	▲	□	
			科技奖励情况	○	▲	□	
			技术创新度	○	△	■	
			技术先进度	○	△	■	
		技术水平		技术成熟度	○	△	■
				技术匹配度	●	△	■
				技术辐射能力	●	△	■
				技术交易合同金额	●	▲	□
		效益指标	经济效益	新产品销售收入	○	▲	□
	新产品利润率			○	▲	□	
产值增长率	○			▲	□		
市场占有率	●			▲	□		
重大工程或重点企业应用情况	●			△	■		
社会效益	就业促进作用		●	▲	□		
	对行业或产业发展优化的推动作用		○	△	■		
	解决该领域的技术难题、热点问题数量		○	△	■		
	同行业相比先进水平		○	△	■		
	环境改善作用		○	△	■		
	资源利用合理性	●	△	■			

注:○、△、□依次为控制项、分值项、等级项图标,●、▲、■表示属于该项,白色表示不属于该项。

由表 2 可知,当技术开发和产业化类科技成果指标的全部控制项指标均达到既定要求时,该科技成果才具有评价资格,即只要有一个条件不满足,就不能进行送审评价。对于既是分值项又是控制项的指标,若不满足控制项要求则不能计取分数;对既是等级项又是控制项的指标,评价对象的等级项分数必须占子准则层维度总评分的 25% 以上,否则该科技成果视为不合格。

2. 评价结果

借助 BWM - 熵值法确定权重,具体步骤如下:①采用标准九分(Standard nine)对指标相对于最优或最劣指标的重要或不重要性评分,即用 1 至 9 分来描述测验的分数,最高 9 分,最低 1 分。1 代表指标和最优或最差指标同等重要或不重要,9 代表指标和最

优或最差指标极端重要或极端不重要。②根据目标规划模型,建立数学规划式并求解,得出最优指标权重。③计算一致性比率。其结果越接近 0,表明一致性越好,当值为 0 时即为完全一致。④对指标进行标准化处理,计算得到客观熵权。⑤采用线性加权求和法求得综合权重^[14-15]。

科技成果评价工作应按照政府相关部门的部署推进,重大科技项目应定期向相关部门报送项目工作总结,相关部门适时对科技成果进行考核评价。评价使用定性定量相结合的方法,由于评价结果有模糊性的特点,故采用百分制将评价结果划分为优秀、良好、合格、不合格 4 个等级,具体评价等级及措施如表 2 所示。

表 2 评价等级及措施

评价等级	分数区间	措施
优秀	[85,100)	对成果转化主体进行荣誉表彰,并拟采取给予奖励后补助奖金
良好	[75,85)	给予奖励后补助资金
合格	[60,75)	将转化过程的薄弱环节进行整改后再次进行评价,若两次评价结果均达到良好及以上等级,其成果视为及格
不合格	[0,60)	若存在技术问题,成果停用返还到研发主体继续完成研发;若存在资金、管理、政策等方面问题,成果停用进行整改后再予以评价

四、结 语

笔者以技术开发和产业化类科技成果为研究对象,在理论方面,从投入性、过程性、产出性、效益性 4 个维度构建了技术开发和产业化类科技成果评价指标体系,侧重于评价指标体系构建的基本思路和评价方法确定方面的探索。考虑到科技成果转化评价指标体系的复杂性,笔者后续将通过实证研究验证指标体系的合理性和适用性,进一步完善评价指标;在实践方面,应充分重视解决“评什么”“谁来评”“怎么评”“怎么用”这一系列问题。首先,政府应灵活应用各种政策把企业推到前台,引导和支持企业成为科技成果转化的主体,支持龙头企业与科研院所共建研发平台;落实中小企业研发费用加计扣除等减免税政策,加强高层次科技人才及团队的培育和引进,鼓励并培育研发人员依托技术成果创办科技企业等。其次,要围绕优势

主导产业和战略性新兴产业的关键技术大力发展新型研发机构,以点带面,打破各类组织边界,让资源有序流动配置,集聚力量促进重大科技成果产出,推动区域科技成果转化发展。最后,应积极探索科技成果转化制度的创新突破,将成果所有权从国家政府机构下放至基础研究相关单位,提高科研人员对于成果转化的积极性。持续明确和细化成果转化的制度、完善成果转化相关领域的制度调整和基层组织制度的设计工作,从而进一步破除科技成果转化的障碍。

参考文献:

[1] 李丽红,郭珍旭,李智军. 科技成果转化中试基地绩效评价指标体系构建[J]. 中国高校科技,2021(8):26-29.

[2] 李智军. 基于创新价值链的辽宁省“十四五”科技成果转化策略研究[J]. 沈阳建筑大学学报(社会科学版),2022,24(4):427-432.

[3] 叶茂林. 科技评价理论与方法[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2007.

[4] 申佳蕊. 基于 SD 的辽宁省科技成果转化政策实施效果研究[D]. 沈阳: 沈阳建筑大学, 2021.

[5] 杨惜爱, 邢勇, 陈阳. 我国第三方科技成果评价的发展实践与对策[J]. 科技管理研究, 2023, 43(4): 55-61.

[6] 朱艳. 科技成果转化评价指标体系构建: 基于改进的层次分析法[J]. 中国高校科技, 2016(9): 10-11.

[7] 柴国荣, 许崇美, 闵宗陶. 科技成果转化评价指标体系设计及应用研究[J]. 软科学, 2010, 24(2): 1-5.

[8] 赵小芸, 芮明杰. 可产业化的高新技术成果评价体系构建[J]. 科学发展, 2011(9): 18-25.

[9] 刘胜, 孙宗瑞, 杨育, 等. 基于 SMART 准则的科技成果评估指标体系研究[J]. 机械, 2011, 38(7): 31-35.

[10] 谭春辉, 李思佳, 程凡. 创新武汉市科技成果评价指标研究[J]. 科研管理, 2016, 37(S1): 607-613.

[11] 方燕翎, 李新宇, 毛义华. 高校科技成果商业化评价指标体系研究[J]. 中国高校科技, 2022(11): 1-7.

[12] 刘宇, 陆颖, 史继强, 等. 基于要素解构的科技成果转化能力评价指标体系与实证研究[J]. 西华大学学报(哲学社会科学版), 2020, 39(6): 91-99.

[13] 陈元旭, 姚舜禹, 王琦, 等. 地质调查科技成果转化绩效评价体系构建研究[J]. 中国矿业, 2018, 27(12): 14-20.

[14] 艾欣, 秦珺晗, 胡寰宇, 等. 基于最优最劣法-熵权-逼近理想解排序法的电网安全与效益综合评价[J]. 现代电力, 2021, 38(1): 60-68.

[15] 王小胜, 刘畅, 李伟, 等. 不确定环境下基于最优最劣模型的指标权重确定方法[J]. 模糊系统与数学, 2022, 36(2): 78-89.

Research on the Evaluation Index System of Scientific and Technological Achievements in Technological Development and Industrialization

KONG Fanwen, QI Yizhuoyan, LI Lihong
(School of Management, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China)

Abstract: To improve the evaluation index system of classified scientific and technological achievements is an important means to improve the conversion rate of scientific and technological achievements. Taking technological development and scientific and technological achievements in industrialization as the research object, this paper first defines the relevant concepts and specifies their evaluation goals. Secondly, along the chain of "input-process-output-benefit", combined with principal component analysis, an evaluation index system for technological development and scientific and technological achievements in industrialization is constructed. Finally, the BWM-entropy weight method is used to determine the weight of the evaluation index and comprehensively calculate the evaluation value of scientific and technological achievements. This paper intends to provide certain theoretical guidance and experience reference for improving the evaluation system of classified scientific and technological achievements in China.

Key words: technology development and industrialization; evaluation of scientific and technological achievements; index system; BWM-entropy weight method

(责任编辑:徐聿聪 英文审校:林 昊)