

# 技术成果的技术效能综合评价

刘泽琴<sup>1</sup>, 郝玉龙<sup>2</sup>

(1. 北华航天工业学院 经济管理学院, 河北 廊坊 065000; 2. 北华航天工业学院 办公室, 河北 廊坊 065000)

**摘要:** 为了促进技术成果转化为现实生产力从而实现创新驱动发展, 有必要对技术成果的综合价值进行准确测度。但基于微观数据的针对特定技术成果的综合评价研究较为少见。本文提出了基于“技术效能”的综合评价指标体系, 并分别采用序关系分析法和指数函数法对指标做加权处理。实证分析表明, 技术效能模型可有效测度技术成果综合价值, 但两种权重处理方法所得结果之间存在差异。最后本文分析了差异产生原因, 并提出了应用建议。

**关键词:** 技术成果; 技术效能; 转化力; 序关系分析法; 指数函数法

**中图分类号:** F204    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1002-980X(2021)02-0036-09

## 一、引言

高技术产业具有资本和智力密集程度高、研发投入大、增长率和附加值高等特点, 对国民经济其他部门具有很强的辐射带动作用, 是创新引领国民经济发展的增长极之一, 是建设科技强国的重要产业部门。然而不容忽视的是, 大量高新技术成果的研发工作是由国有专业科研院所开展的, 专业化程度高, 且许多成果涉及保密问题, 这些情况制约了一些技术成果的民用化和产业化发展。虽然近些年来国有科研院所的改革不断推进, 但是技术成果的产业化步伐仍不及预期, 其成因是复杂的, 其中一个重要方面是缺乏有效的、公允的技术成果评价机制。技术输出方对于哪些成果具备产业化可行性没有把握, 技术引进方对技术成果的先进性和适用性不尽了解, 更为重要的是, 双方对于技术成果产业化过程的难度缺乏共识, 以上某个原因或多个原因并存可能会延滞技术成果的产业化进程, 客观上也对其顺利转化为现实生产力形成了障碍。鉴于以上问题, 本文将探索一种新的技术成果评价体系, 并开展实证分析。

国内外关于技术成果(或称科技成果)评价的研究很多, 本文从评价体系设计原则、框架结构和构造指数的方法几个方面作简要梳理。

刘胜等(2011)引入了世界银行和多国政府部门和组织所普遍采用的SMART设计准则, 其基本要求可归纳为5条: 特定(specific)、可测量(measurable)、可得到(attainable)、相关(relevant)和可跟踪(trackable)。白华和徐英(2015)认为, 评价指标体系的设计应当综合考虑3个方面: ①科学性和可操作性; ②全面性和综合性; ③动态性和静态性。

采用宏观统计数据进行技术成果转化价值或转化效益评价方面的研究很多, 其数据来源多为国家和地方的统计年鉴指标或是与技术研发、专利授予等有关的部门科技统计资料, 或者高校、科研院所内部统计资料。例如, 李修全(2015)针对应用类科技成果转化问题分两个层次建立了“科技成果转化指数”进行综合评价, 其中的广义指数包含成果应用指数和隐性转化指数两个二级指标, 其下共有6个三级指标; 狭义指数包含成果收益指数这个综合性分指标, 以及成果转让指数、交易活跃指数、成果产业化指数3个阶段性分指标, 其下有12个三级指标, 各级指数在计算时采用了等权重的方法。例如, 赵辉等(2016)运用灰色关联度方法对科技成果转化效果评价指标进行遴选, 选取了专利申请授权数、发明专利申请受理数、开发新产品经费等6项指标, 进而采用模糊综合评价方法分析了2004—2013年间的科技成果转化效果, 其中权数的处理采用了AHP方法。Sharma(2016)发现, 在印度的制药行业中, 技术外溢是企业获取技术和提高生产力的关键来源, 而企业内部研发对提高效益的贡献微乎其微。

**收稿日期:** 2020-02-03

**基金项目:** 河北省科技厅创新能力提升计划软科学研究专项(19457697D); 河北省委研究重点资助课题(B19JMRH011); 北华航天工业学院科研基金专项重点项目“科技成果产业化的技术效能综合评价”(ZD-2018-01)

**作者简介:** 刘泽琴, 博士, 北华航天工业学院经济管理学院副教授, 研究方向: 宏观经济统计分析; 郝玉龙, 博士, 北华航天工业学院教授, 研究方向: 产业经济学。

针对特定技术成果转化问题开展综合评价的研究相对较少,这些研究对于评价具体技术成果是否具有转化可行性及未来能够实现的经济和社会效益是有益的探索。例如,汪志波和商行(2012)提出从创新水平、转化环境和转化价值3个维度建立共性技术成果转化的评价模型,这3个维度被作为一级指标,其下有12个二级指标,采用AHP法确定指标权数,计算模糊综合评价,根据综合评价结果将三维空间划分为若干个区间,从而分析技术成果的转化优势和劣势。郭奇(2014)提出了两层次科技成果转化的经济效益评价指标体系,其中设置转化收入和综合效益2个一级指标,其下共包括6个二级指标,对于各评价指标对经济效益评价中的重要性(权数),该文采用了信息熵来定义相应的峰值,进而确定权数的方法。Rafiei et al(2016)运用结构方程模型(SEM)研究了航天产业和研究中心中知识管理与成功的技术转移之间的关系,强调了关系管理和组织能力在其中发挥的重要作用。

无论是基于宏观数据的地区或行业技术成果转化效益评价,还是针对具体技术成果转化价值的评价,研究方法主要集中在2~3个层次的统计指数综合评价上,各个层次涉及的指标数量差异较大,由几个到十几个不等。模糊综合评价方法是近年来受到许多研究者青睐的,这与模糊评价自身接近自然语言、接近人们的常规评价习惯有关,并且该方法实施难度较低。在各级指数的计算过程中,层次分析法(AHP)是最为普遍采用的权数处理方法,虽然在具体赋权方法上许多研究者做出了一些“客观”化的努力,但是难以从根本上消除主观因素的影响;也有一些研究者运用客观赋权方法,如“熵值法”,但是采用这类方法的研究较少。

梳理相关领域的学术成果可以发现,采用相关行业或地区的宏观统计数据开展技术成果转化价值和效益评价的研究较多,数据可得性高,方法上也比较成熟。但是这些成果在实际应用中,无法针对特定技术成果如何顺利实现产业化进行有效指导。而基于微观数据的以特定技术成果为研究对象的学术成果数量较少,这种情况主要受制于技术成果自身特性所造成的基础研究资料的可得性不足,数据上的困难也造成了评价指标设计中的障碍,许多研究方法也无法进行验证。本文以某研究院所研发的一项技术成果为例,探讨运用“技术效能”这一新视角、新方法开展研究,力求弥补前述研究空白,并为技术成果实现产业化提供有益启示。

## 二、技术成果的分类和评价原则

技术成果的形式多种多样,如专利、技术秘密、软件、平台、方法等,从简明性和可实施性出发,考虑到科研系统内各单位的科技统计惯例,可将这些技术成果分为基础技术类、共性技术类和专项开发类3个大类。其中,基础技术类成果是以潜在应用于某一方向而开展研究所产生的,包含行业系统或与之相关的各学科领域的基础理论方法、基本技巧与实践等;共性技术类成果主要是围绕要开发的产品,从产品所含专业技术自身发展需求进行研究所取得的成果;专项开发类成果是围绕发展新产品型号,对总体技术指标体系进行论证研究,对新产品型号的技术发展进行论证研究及其技术途径进行探索研究,和对关键技术开展研究等所取得的成果。

要对技术成果进行科学的综合性评价,应遵循以下原则:

(1)系统性原则。技术成果评价是一个系统性工程,要用系统的观点综合考虑能够反映成果特征的诸多因素,才能全面、科学地评价成果。如果设置的指标不具有代表性、完整性和系统性,就会遗漏某些重要情况,造成评价失误。

(2)导向性原则。开展综合性评价的目的是为技术成果转化的供求双方提供决策支持,这就需要在设置评价指标时,要反映出科学技术成果的价值,要体现出供求双方的关注点,要使评价结果能指引当前或未来科研院所的通用技术成果发展方向。

(3)可操作性原则。一方面,评价指标的概念要正确、涵义要清晰,具有权威性、广泛性和代表性;另一方面,评价指标的数量不宜过多,使参评专家根据自身对技术成果的了解能够比较方便、准确地在评价指标上形成评价意见;此外,指标间要具有衔接性和互补性,指标自身也要具有可比性。

## 三、综合评价模型

要对技术成果进行科学的综合性评价,需要考虑系统性、导向性和可操作性等原则,本文尝试建立基于技术效能的简明综合评价体系。这是一个通用性的评价体系,适用领域比较广,可以对不同行业、不同学科的技术成果进行评价。

(一)技术效能的三维综合评价模型的构造

虽然对于技术成果的评价理论和模型已有许多著述,但是多集中在利用宏观统计数据开展的地区或行业评价方面,针对特定技术成果开展综合评价的研究相对较少。本文针对特定技术成果的特征,探索采用“技术效能”(technology efficiency)模型考察该项成果从技术研发向产业化转移直至应用于实际的过程中的综合效能,不仅关注技术成果的技术价值,而且关注到产业化的效率。这种综合评价模型是一种多维度评价体系,涉及以下 3 个维度:①技术成果的创新力(creativity),主要取决于该项成果自身在新颖性和先进性方面的表现;②技术成果的生产力(productivity),主要依靠投入实际应用的价值大小和能够创造的效益高低来评判;③技术成果的转化力(transformation power),评价时主要考虑技术成熟度、供求双方的关联度和技术的保密程度。以上 3 个维度的“力”交织在一起,形成一股合力,就是综合的技术效能评价价值。

技术效能的三维综合评价模型如图 1 所示。创新力、生产力和转化力形成两两之间垂直的空间坐标系,其中创新力与生产力交叉的二维平面是传统评价方法都有所关注的,可以称之为“技术价值”平面。该平面中的 A、B、E 3 个点相比,E 点由于在两个维度上均有较高的评价价值而综合评价比前两点更高。垂直于技术价值平面的转化力维度提供了一个新的视角,即考虑技术成果向现实生产力转化的难度问题,图 1 中所示 C、D 两点的转化力不足,因而技术效能不够理想;如果 E 能够达到 E' 的高度,则其综合的技术效能将会非常高,从而能够在成功转化之后实现更大的经济效益和社会效益。从计算的角度来看,在这个三维综合评价模型中,技术效能实际上就是原点到图示各点的矢量(vector),技术效能评价也就是测度各个矢量的方向和大小。

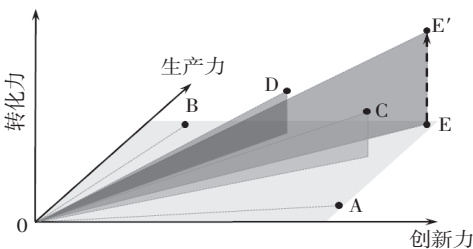


图 1 技术效能的三维综合评价模型

在技术效能三维综合评价模型的理论基础上,按照前文所述的技术成果评价原则,本文建立综合评价体系,见表 1。该体系包含两个层次,第一层次为技术效能的 3 个维度,第二层次为各维度对应的评价指标,出于简明性的考虑,整个评价体系共包含 7 项评价指标。

表 1 技术效能综合评价体系

| 技术效能维度  | 评价指标     |      |             |     |       |         |     |
|---------|----------|------|-------------|-----|-------|---------|-----|
|         | 指标名称     | 评价分值 |             |     |       |         |     |
|         |          | 9~10 | 7~8         |     | 5~6   | 3~4     | 1~2 |
| 创新力(C)  | 新颖性(C1)  | 很高   | 高           |     | 较高    | 一般      | 较低  |
|         | 先进性(C2)  | 国际先进 | 国内领先        |     | 国内先进  | 行业领先    | 一般  |
| 生产力(P)  | 应用性(P1)  | 很好   | 较好          |     | 一般    | 较差      | 差   |
|         | 效益值(P2)  | 巨大   | 显著          |     | 较大    | 尚可      | 一般  |
| 转化力(TP) | 成熟度(TP1) | 等级九  | 等级八         | 等级七 | 等级六   | 等级五     | 等级四 |
|         | 关联度(TP2) | 很高   | 高           |     | 较高    | 一般      |     |
|         | 保密性(TP3) | 不涉密  | 保密期满或符合解密条件 |     | 可降低密级 | 系统内部可转让 |     |

其中,创新力(C)维度包含两项评价指标:①新颖性(C1),指技术成果在发现新物质、阐述物质运动规律等方面是否有创见,对已知原理的应用是否有突破;②先进性(C2),指技术成果与国内外同学科、同领域成果相比领先的程度,或成果水平能达到的高度。生产力(P)维度包含两项评价指标:①应用性(P1),指在生产应用中的实用性、适用性及其在相关领域或行业的推广应用潜力;②效益值(P2),指技术成果所消耗、占用劳动量等成本与经过生产、应用推广后带来的收益比较结果。转化力(TP)维度包含 3 项评价指标:①成熟度(TP1),指技术成果的技术系统是否完整,投入实际应用是否可靠;②关联度(TP2),指技术成果的研发机构与应用机构关联是否紧密;③保密性(TP3),指技术成果是否涉及国家或企业秘密及相应的密级。

在实际工作中,邀请相关领域业内专家对待评价的技术成果各项指标给出评价价值,为了便于专家理解和后期数据处理,各项评价指标的评分均采用 10 分制,然后将相应指标的专家评价价值通过加权计算得到各个维度的评价价值,即创新力、生产力和转化力的大小,再将 3 个维度的评价价值综合在一起,形成最终的技术效能评价价值。



## (二)评价指标权数的确定

在技术效能的每个构成维度中,均有2~3个评价指标,在计算某个维度上的评价值时,必须将其构成指标评价值进行加权处理。常用的权数处理方法包括主观赋权法(如德尔菲法、层次分析法、序关系分析法等)和客观赋权法(如变异系数法、主成分分析法、熵值法等),为了研究需要,本文采用一种主观赋权法和一种客观赋权法分别作为权数确定方法,以对评价结果进行比较。

### 1. 序关系分析法

假设有 $m$ 项指标 $x_1, x_2, \dots, x_m$ ,某位参加技术成果评价的专家( $i$ )认为它们之间存在序关系 $x_1 > x_2 > \dots > x_m$ ,即 $x_1$ 最重要, $x_2$ 次之,等等, $x_m$ 为最次;并进而根据表2所示确定相邻指标之间的相对重要性权重 $r_k$ ,其中

$$r_k = \frac{x_{k-1}}{x_k}, \quad k = 2, 3, \dots, m \quad (1)$$

表2  $r_k$ 赋值参考表

| $r_k$ | 赋值说明                           |
|-------|--------------------------------|
| 1.0   | 指标 $x_{k-1}$ 与指标 $x_k$ 具有同样重要性 |
| 1.2   | 指标 $x_{k-1}$ 比指标 $x_k$ 稍微重要    |
| 1.4   | 指标 $x_{k-1}$ 比指标 $x_k$ 明显重要    |
| 1.6   | 指标 $x_{k-1}$ 比指标 $x_k$ 强烈重要    |
| 1.8   | 指标 $x_{k-1}$ 比指标 $x_k$ 极端重要    |

考虑到评价指标的弱一致性(陈陌等,2011),根据式(2)确定各项指标的重要性程度( $s_k$ ):

$$\begin{aligned} \max f &= \sum_{k=2}^m (s_{k-1} - s_k) = s_1 - s_m \\ \text{s.t.} &\begin{cases} s_{k-1} \leq s_k r_k, & k = 2, 3, \dots, m \\ s_k \leq s_{k-1}, & k = 2, 3, \dots, m \\ s_1 \leq 1.8s_m \\ \sum_{k=1}^m s_k = 1 \end{cases} \end{aligned} \quad (2)$$

目标函数中 $f$ 的涵义是排序相邻的评价指标重要性程度( $s_k$ )的距离之和,令 $f$ 最大化意味着既要满足比例标度的条件,又要尽量拉开相邻指标重要性之间的距离。前两个约束条件是为了保证弱一致性,而设置约束条件 $s_1 \leq 1.8s_m$ 的目的是,在比例标度下,避免出现 $\frac{s_1}{s_m} > 1.8$ 这样违背人类思维习惯的情况。求解上述表达式,即可得到专家 $i$ 对上述 $m$ 项评价指标的重要性程度记为 $S_i = (s_{i1}, s_{i2}, \dots, s_{im})$ 。

在实际应用中,参与技术成果评价的专家人数不止一人,考虑到被评价对象的复杂性和专家自身学科背景、科研经验等差异性,为了确保评价的质量,有必要对多位专家的意见再次进行加权处理,以确定各项评价指标的最终权数。建议采用以下客观赋权方法进行处理,该方法遵循的原则是群组决策中常用的“少数服从多数”,即依据某位专家( $i$ )给出的结果与其他专家( $j, j \neq i$ )所给结果的一致性程度( $s_i$ )来确定该位专家的权重,一致性程度越高的,其权重也越高。假设参与技术成果评价的专家共 $n$ 位,采取以下两个步骤确定专家权重( $e_i$ )。第1步,记 $|S_i - S_j| = \sqrt{(s_{i1} - s_{j1})^2 + (s_{i2} - s_{j2})^2 + \dots + (s_{im} - s_{jm})^2}$ ,取 $d_i = \sum_{k=1}^n |S_i - S_k|$ ;第2步,令 $e_i = \frac{1}{d_i}$ ,则有 $E = \left(\frac{1}{d_1}, \frac{1}{d_2}, \dots, \frac{1}{d_n}\right)$ ,对各项进行归一化处理后,即可得到专家权重向量 $E^*$ 。

根据专家权重和各位专家对各项评价指标的重要性程度评价,可得各项评价指标的最终权数为

$$W = E^* S = (e_1^*, e_2^*, \dots, e_n^*) \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1m} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ s_{n1} & s_{n2} & \dots & s_{nm} \end{bmatrix} = (w_1, w_2, \dots, w_m) \quad (3)$$

### 2. 对数函数法

一般情况下,我们不会认为各个评价指标对于所在维度的评价值具有同等的重要性。因此可以依据指标的评价值大小设定权数的计算规则,参考Cheli和Lemmi(1995)的研究方法,可以将某个评价指标 $k$ 的权数设置为

$$w_k = \ln \frac{1}{\bar{x}_k} \quad (4)$$

其中: $w_k$ 表示评价指标 $k$ 的权数; $\bar{x}_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ik}$ 表示 $n$ 位专家在评价指标 $k$ 上的评分除以10后的均值。

然后对各项进行归一化处理,即可得到最终权数 $W^* = (w_1^*, w_2^*, \dots, w_m^*)$ 。

以上两种权数确定方法进行比较发现,序关系分析法比较复杂,专家不仅要对技术成果在各项评价指标上的表现进行打分,还要对指标的重要性作排序并给出相对重要度取值,并且后期数据处理的计算量也较大,但该方法的优势是充分发挥了所聘请专家的专业性,将专家的经验考虑进来了。然而与所有主观赋权方法相似的是,难以克服人们对一些专家权威性的质疑所导致的对评价结果的不信任。对数函数法最显著的优势是操作简便易行,毋须参与技术成果评价的专家另行给出各个指标之间的重要性排序和两两之间的相对重要性评价,因而在实践中可能更受欢迎。另外,该方法给予平均评价价值较低的指标更高的权数,即更加关注评价价值较低的指标,由于一些表现欠佳的指标更加可能成为制约技术成果能否成功转化的“短板”因素。因此该方法具有一定的合理性。该方法的问题在于,采用这种形式的函数处理在方法上是否具有科学性,又是否会走向过度“谨慎”这一极端的可能?

### (三)技术效能评价值的计算

在参与评价的专家就技术成果的各项指标给出具体评价之后,结合第三大节第(二)小节所确定的各指标的权数,即可计算得到技术效能在3个维度上的评价价值。假设聘请 $n$ 位专家参与评价,某维度上有评价指标 $m$ 个,各指标的评价值 $x_{ij}$ 表示专家 $i$ 在指标 $j$ 上的评价价值,则该维度上的技术效能评价价值 $Y$ 计算如下。在采用序关系分析法确定权数的情况下,有:

$$Y = E^* \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} W' \quad (5)$$

在采用对数函数法确定权数的情况下,有:

$$Y = (\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_m) (W^*)' \quad (6)$$

在将3个维度复合为一个综合的技术效能评价价值时,不建议采取以往文献中常用的加权处理方式,而是采用前文所述3个维度均代表一种“力”的作用的模型设定,采用式(7)计算技术成果的技术效能:

$$TE = \sqrt{C^2 + P^2 + TP^2} \quad (7)$$

由式(7)不难发现,这种形式更加符合物理学中关于“力”的计算原理,也与前述“矢量”的涵义是一致的。需要注意的是, $TE$ 的理论最大值是 $\sqrt{3} \approx 1.7321$ ,这与习惯上指数评价法的最大值1有明显不同。

## 四、实证分析

现以一项具体的技术成果为例应用上述方法进行技术效能评价。某集团公司内的研究所 $X$ 准备将其所开发的一项精密仪器技术项目 $A$ ,转让给同一集团公司内的专用仪器仪表制造企业 $B$ 来开发和销售新产品。技术成果 $A$ 由研究所 $X$ 独立开发,项目团队由一位研究员(高级)和两位工程师(中级)组成,项目研发历时约1年,开发成本总计97.4万元。为了对该项技术成果进行科学的评价,我们邀请了该集团公司内的4位专家,要求他们填写评价表(表1和表2)。4位专家均为该集团公司的内部专家组成员,在具体选择时,综合把握了以下原则:①回避原则,即不选择被评价项目的参与者和与被评价项目有竞争性的专家;②结构合理原则,既要考虑到专家学科背景的多元性和相关性,又要兼顾专家年龄结构的合理性;③随机原则,即按照原则①剔除应回避的专家后,按照原则②从专家库剩余人选中随机选择参加评价的具体专家。最终确定的4位专家均满足上述原则①,且两位来自与被评价项目相同学科,一位来自高度相关学科,一位来自财务部门;其中院士一位(63岁),教授级高工两位(年龄为40~55岁),高级会计师一位(47岁)。

受邀的4位专家针对该项技术成果的各个评价指标依据表1中的标准进行评分,并对每个维度内的2~3项指标进行排序,之后依据表2中的参考值给出两两指标之间的相对重要性赋值( $r_k$ ),结果见表3。需要说明的是,所邀请的4位专家对于每个维度内各指标的重要性排序与表3所示一致。

表3 专家评价原始数据汇总

| 技术效能维度      | 评价指标     | 专家1 |       | 专家2 |       | 专家3 |       | 专家4 |       |
|-------------|----------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|
|             |          | 评分  | $r_k$ | 评分  | $r_k$ | 评分  | $r_k$ | 评分  | $r_k$ |
| 创新力<br>(C)  | 新颖性(C1)  | 9   | —     | 9   | —     | 8   | —     | 9   | —     |
|             | 先进性(C2)  | 6   | 1.6   | 8   | 1.4   | 7   | 1.2   | 9   | 1.4   |
| 生产力<br>(P)  | 应用性(P1)  | 8   | —     | 9   | —     | 8   | —     | 7   | —     |
|             | 效益值(P2)  | 7   | 1.4   | 9   | 1.4   | 9   | 1.2   | 8   | 1.6   |
| 转化力<br>(TP) | 成熟度(TP1) | 10  | —     | 8   | —     | 9   | —     | 8   | —     |
|             | 关联度(TP2) | 8   | 1.6   | 7   | 1.4   | 8   | 1.4   | 6   | 1.6   |
|             | 保密度(TP3) | 7   | 1.2   | 8   | 1.4   | 8   | 1.2   | 9   | 1.4   |

注:“—”表示该项目在该维度所有指标中相对重要程度最低。

### (一) 采用序关系分析法的技术效能评价结果

利用表3中专家对每个维度内相邻两个指标的相对重要性赋值( $r_k$ )的数据,采用式(2)可分别计算出每位专家所认定的各指标重要性程度( $s_k$ )。对于专家1,由表4可知,在3个维度上,分别有:

$$S_{C1} = (0.6154, 0.3846), S_{P1} = (0.5833, 0.4167), S_{TP1} =$$

表4 专家1所认定的各指标重要性程度

| 技术效能维度  | 评价指标     | $r_k$ | $s_k$  |
|---------|----------|-------|--------|
| 创新力(C)  | 新颖性(C1)  | —     | 0.6154 |
|         | 先进性(C2)  | 1.6   | 0.3846 |
| 生产力(P)  | 应用性(P1)  | —     | 0.5833 |
|         | 效益值(P2)  | 1.4   | 0.4167 |
| 转化力(TP) | 成熟度(TP1) | —     | 0.4500 |
|         | 关联度(TP2) | 1.6   | 0.3000 |
|         | 保密度(TP3) | 1.2   | 0.2500 |

注:“—”表示该项目在该维度所有指标中相对重要程度最低。

(0.4500, 0.3000, 0.2500)。

同理,可得到其他3位专家所认定的各指标重要性程度( $s_k$ )分别为

$$S_{C2} = (0.5833, 0.4167), S_{P2} = (0.5833, 0.4167), S_{TP2} = (0.4286, 0.3333, 0.2381);$$

$$S_{C3} = (0.5455, 0.4545), S_{P3} = (0.5455, 0.4545), S_{TP3} = (0.4500, 0.3000, 0.2500);$$

$$S_{C4} = (0.5833, 0.4167), S_{P4} = (0.6154, 0.3846), S_{TP4} = (0.4286, 0.3333, 0.2381)。$$

再针对某位专家计算其与其他专家的意见差异指标 $|S_i - S_j|$ ,进而计算得到 $e_i = \frac{1}{d_i} = \frac{1}{\sum_{k=1}^n |S_i - S_k|}$ ,汇总

并经归一化处理后得到专家权重向量 $E^* = (0.2429, 0.3148, 0.1907, 0.2516)$ 。

然后根据式(3)计算得到各个维度上各项评价指标的最终权数如下:

$$W_C = E^* S_C = (0.2429, 0.3148, 0.1907, 0.2516) \begin{bmatrix} 0.6154 & 0.3846 \\ 0.5833 & 0.4167 \\ 0.5455 & 0.4545 \\ 0.5833 & 0.4167 \end{bmatrix} = (0.5839, 0.4161) \quad (8)$$

$$W_P = E^* S_P = (0.2429, 0.3148, 0.1907, 0.2516) \begin{bmatrix} 0.5833 & 0.4167 \\ 0.5833 & 0.4167 \\ 0.5455 & 0.4545 \\ 0.6154 & 0.3846 \end{bmatrix} = (0.5842, 0.4158) \quad (9)$$

$$W_{TP} = E^* S_{TP} = (0.2429, 0.3148, 0.1907, 0.2516) \begin{bmatrix} 0.4500 & 0.3000 & 0.2500 \\ 0.4286 & 0.3333 & 0.2381 \\ 0.4500 & 0.3000 & 0.2500 \\ 0.4286 & 0.3333 & 0.2381 \end{bmatrix} = (0.4379, 0.3189, 0.2433) \quad (10)$$

根据式(5)计算3个维度上的技术效能评价价值分别为

$$C = E^* X_C W'_C = (0.2429, 0.3148, 0.1907, 0.2516) \begin{bmatrix} 0.9 & 0.6 \\ 0.9 & 0.8 \\ 0.8 & 0.7 \\ 0.9 & 0.9 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} 0.5839 \\ 0.4161 \end{pmatrix} = 0.8296 \quad (11)$$

$$P = E^* X_p W_p' = (0.2429, 0.3148, 0.1907, 0.2516) \begin{bmatrix} 0.8 & 0.7 \\ 0.9 & 0.9 \\ 0.8 & 0.9 \\ 0.7 & 0.8 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} 0.5842 \\ 0.4158 \end{pmatrix} = 0.8146 \quad (12)$$

$$TP = E^* X_{TP} W_{TP}' = (0.2429, 0.3148, 0.1907, 0.2516) \begin{bmatrix} 1.0 & 0.8 & 0.7 \\ 0.8 & 0.7 & 0.8 \\ 0.9 & 0.8 & 0.8 \\ 0.8 & 0.6 & 0.9 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} 0.4379 \\ 0.3489 \\ 0.2433 \end{pmatrix} = 0.8037 \quad (13)$$

最后根据式(7)计算得到该项技术成果的综合的技术效能为

$$TE = \sqrt{C^2 + P^2 + TP^2} = \sqrt{0.8296^2 + 0.8146^2 + 0.8039^2} = 1.4134 \quad (14)$$

## (二)采用对数函数法的技术效能评价结果

根据表 3 中 4 位专家在各项指标上的具体评分(均除以 10 以得到评价值),采用式(4)可计算得到各评价指标的权数  $w_k$ ,进行归一化处理后即得权数  $w_k^*$ 。

表 5 根据专家评价确定各指标的权数

| 技术效能维度  | 评价指标     | 专家 1 | 专家 2 | 专家 3 | 专家 4 | 评价均值   | $w_k$  | $w_k^*$ |
|---------|----------|------|------|------|------|--------|--------|---------|
| 创新力(C)  | 新颖性(C1)  | 0.9  | 0.9  | 0.8  | 0.9  | 0.8750 | 0.1335 | 0.3170  |
|         | 先进性(C2)  | 0.6  | 0.8  | 0.7  | 0.9  | 0.7500 | 0.2877 | 0.6830  |
| 生产力(P)  | 应用性(P1)  | 0.8  | 0.9  | 0.8  | 0.7  | 0.8000 | 0.2231 | 0.5370  |
|         | 效益值(P2)  | 0.7  | 0.9  | 0.9  | 0.8  | 0.8250 | 0.1924 | 0.4630  |
| 转化力(TP) | 成熟度(TP1) | 1.0  | 0.8  | 0.9  | 0.8  | 0.8750 | 0.1335 | 0.1969  |
|         | 关联度(TP2) | 0.8  | 0.7  | 0.8  | 0.6  | 0.7250 | 0.3216 | 0.4741  |
|         | 保密度(TP3) | 0.7  | 0.8  | 0.8  | 0.9  | 0.8000 | 0.2231 | 0.3290  |

根据式(6)计算 3 个维度上的技术效能评价值分别为

$$C = \bar{X}_c (W_c^*)' = (0.8750, 0.7500) \begin{pmatrix} 0.3170 \\ 0.6830 \end{pmatrix} = 0.7896 \quad (15)$$

$$P = \bar{X}_p (W_p^*)' = (0.8000, 0.8250) \begin{pmatrix} 0.5370 \\ 0.4630 \end{pmatrix} = 0.8116 \quad (16)$$

$$TP = \bar{X}_{TP} (W_{TP}^*)' = (0.8750, 0.7250, 0.8000) \begin{pmatrix} 0.1969 \\ 0.4741 \\ 0.3290 \end{pmatrix} = 0.7792 \quad (17)$$

最后根据式(7)计算得到该项技术成果的综合的技术效能为

$$TE = \sqrt{C^2 + P^2 + TP^2} = \sqrt{0.7896^2 + 0.8116^2 + 0.7792^2} = 1.3745 \quad (18)$$

## 五、结论和研究展望

以上分别展示了运用序关系分析法和対数函数法计算各个维度内某技术成果的技术效能评价值的过程和结果,为了便于分析,将主要结果摘录见表 6。

鉴于本文的主要研究目的在于科学地评价技术成果的综合性技术效能,实证分析仅起到演示两种加权方法的计算方法,并便于对最终结果进行比较的作用。因此本文的结论部分将注意力放在对技术效能及其计算方法的讨论上,暂不对实证分析中涉及的被评价项目本身的问题做出分析和/或提出对策。前文两个部分的理论和实证分析揭示了以下 3 个结论。

(1)虽然两种对评价指标加权的方法得到的技术效能最终计算结果有差异,但是相对于技术效能的理论最大值  $\sqrt{3} \approx 1.7321$  而言,约为该值的 80%,因而整体而言,被评价的这项技术成果的技术效能是比较高的,技术转让前景可期。就 3 个维度分别来看,两种方法评价值均较高的是

表 6 采用两种权数处理方法得到的技术效能计算结果

| 项目       | 采用序关系分析法处理权数 | 采用对数函数法处理权数 |
|----------|--------------|-------------|
| 技术效能(TE) | 1.4134       | 1.3745      |
| 评价指标     | 创新力(C)       | 0.8296      |
|          | 生产力(P)       | 0.8146      |
|          | 转化力(TP)      | 0.8037      |



“生产力”维度,这表明专家对该项技术成果的应用前景认可程度较高;而无论采用哪种方法,评价价值偏低的都是“转化力”这一维度,这表明该项成果在向现实生产力转化的过程中,可能面临一些阻力。结合4位专家的原始评分情况(表3)分析,“关联度”一项评分偏低,这意味着技术成果供求双方之间的联系不够紧密,即使背景资料显示这两个单位隶属于同一集团公司,但是内部沟通上可能仍然存在一些障碍因素。

(2)对两种对评价指标加权的方法所得结果进行比较,本文发现采用对数函数法处理权数时技术效能的最终评价价值明显低于采用序关系分析法处理权数的结果。造成这种差异的原因主要是3个维度上的技术效能评价价值存在明显差异,最显著的是“创新力”维度,评价价值差异为0.04。这一维度上的差异来源于行业专家对该项技术成果“先进性”的评价均值明显低于“新颖性”的评价均值(表6)。而对数函数法的权数赋值原则是对于评价价值低的项目给予更大的权数。因此这两个项目的权数差异非常大。结合采用序关系分析法处理权数时的 $W_C$ 、 $W_P$ 和 $W_{Tp}$ 的计算结果和表6不难发现,在“创新力”和“转化力”两个维度上,两种方法不仅权数赋值不同,且存在明显的“相反”现象,即一种方法赋值较高的项目,另一种方法必然赋值较低。也正是由于这个原因,这两个维度上的技术效能评价结果才存在较大的差异。

(3)结合两种对评价指标加权的方法的计算原理和计算结果可以发现,两种方法的确各有千秋:序关系分析法更加尊重所聘请专家的专业意见,但可能失之于迷信权威而不够客观;对数函数法更加关注可能影响技术成果顺利转化的“短板”因素,但又有过于“谨慎”而倾向“悲观”评价的担忧。同时我们注意到,这两种方法也不是截然对立的,在某些方面存在着共性。因此,本文建议在实际工作中将这两种方法结合起来使用,将差异较小的维度评价价值视为相互印证、强化可信程度的标志,将差异较大的维度评价价值重视起来,认真研究是否存在明显的“短板”,还是专家的意见更加可靠。

在开展实证分析的过程中,通过与有关行业专家的接触,以及运用所搜集的数据资料进行计算,本文认为今后在技术效能综合评价指标体系框架和数据处理技术方法还存在以下需要继续深入研究的问题:其一,技术效能的评价指标均为专家评分项目,虽然给出了指标涵义和评分标准,但是仍不可避免地具有较强的主观性,今后可以探索调整评价指标的构成,充实与技术成果研发投入、有关行业的投资收益水平等有关的客观评价指标;其二,本文采用的对数函数法属于客观赋权方法,今后可以探讨其他形式的客观赋权方法,寻求更合理、有效的权数处理方法。另外,本文的实证分析仅邀请了4位相关领域专家进行技术成果评价,虽然客观上受制于该行业的特点,但是毕竟人数偏少会导致评价结果的偶然性增大。因此如果将本文的方法应用于实践,还需要在更大范围内聘请有资质的专家评议进行验证。

### 参考文献

- [1] 白华,徐英,2015.陕西高校科技成果产业化绩效评价研究[J].中国高校科技(5):39-41.
- [2] 陈陌,郭亚军,于振明,2011.改进型序关系分析法及其应用[J].系统管理学报,20(3):352-355.
- [3] 郭奇,2014.科技成果转化的经济效益评价[J].科技创新与生产力(7):29-31,33.
- [4] 李修全,2015.应用类科技成果转化的概念及测度方法——“科技成果转化指数”构建探讨[J].科技管理研究,35(23):46-49.
- [5] 刘胜,孙宗瑞,杨育,等,2011.基于SMART准则的科技成果评估指标体系研究[J].机械,38(7):31-35,71.
- [6] 汪志波,商行,2012.共性技术成果转化的三维评价模型与指标体系[J].统计与决策(12):65-67.
- [7] 赵辉,杨瑞琦,林芳芳,2016.基于模糊综合评价的科技成果转化分析[J].科技管理研究,36(10):30-34.
- [8] CHELI B, LEMMI A, 1995. A “totally” fuzzy and relative approach to the multidimensional analysis of poverty [J]. Economic Notes, 24(1): 115-134.
- [9] GRIMPE C, FIER H, 2010. Informal university technology transfer: A comparison between the United States and Germany [J]. Journal of Technology Transfer, 35(6): 637-650.
- [10] RAFIEI A, AKHAVAN P, HAYATI S, 2016. Knowledge management in successful technology transfer(case study: Iranian aerospace industries and knowledge-based centers)[J]. Aircraft Engineering and Aerospace Technology, 88(1): 178-188.
- [11] SHARMA C, 2016. R&D, technology transfer and productivity in the Indian pharmaceutical industry [J]. International Journal of Innovation Management, 20(1): 1-24.



## Comprehensive Evaluation of Technology Efficiency of Technological Achievements

Liu Zeqin<sup>1</sup>, Hao Yulong<sup>2</sup>

(1 School of Economics and Management, North China Institute of Aerospace Engineering, Langfang 065000, Hebei, China;

2 Office of the Principal, North China Institute of Aerospace Engineering, Langfang 065000, Hebei, China)

**Abstract:** To enhance the transformation of technology achievements into real productivity thus to achieve innovation-driven development, it is necessary to measure the comprehensive value of technology achievements accurately. But there are rare researches on comprehensive evaluation of given technological achievements. An evaluation system which is based on “technology efficiency” is proposed, and then evaluating indicators with two methods: rank correlation analysis and logarithmic function method are weighted. Empirical analysis shows that the system could measure comprehensive value of technology achievements effectively, however, there exists difference between the results from the former two weighting methods. The reason of the foresaid difference is analysed, and application advices are given due to the two weighting methods.

**Keywords:** technology achievement; technology efficiency; transformation power; rank correlation analysis; logarithmic function method