

山西省企业技术创新与标准化融合水平评价

——基于 TOPSIS 评价方法和耦合协调度模型

郭艳丽, 刘青

(太原科技大学经济与管理学院, 太原 030024)

摘要: 以山西省规模以上工业企业为研究对象,通过构建企业技术创新与标准化融合水平评价指标体系,采用 TOPSIS(优劣解距离法)评价方法和耦合协调度模型,纵向对比 2012—2022 年山西省企业技术创新与标准化融合的现状和发展趋势。研究发现,2012—2022 年山西省企业技术创新与标准化融合水平会受到各种因素冲击从而呈现波动上升的态势。总体来看,技术创新与标准化之间的优质融合水平较小,相互依赖程度有待提高。由此,从企业、标准化组织和政府层面提出相应的对策建议,以促进山西省企业技术创新和标准化高质量协同发展。

关键词: 技术创新; 标准化; 融合发展; 耦合协调度模型

中图分类号: F272.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)17-0028-07

当前新质生产力发展处于加速态势,必须高度重视并充分发挥技术创新的作用,把创新驱动作为生产力的关键要素,以技术创新引领产业创新、推动标准升级。标准研制渗透到技术创新活动的各个环节,技术标准对产业发展的影响也越来越大,技术创新和标准化的融合正不断加强^[1]。为推动技术创新与标准化的融合发展,党中央、国务院先后出台一系列顶层设计和具体举措。在 2017 年发布的《“十三五”技术标准科技创新规划》^[2]中特别提出“加强标准化与科技创新协同发展”的战略部署。2022 年 7 月,国务院发布贯彻实施《国家标准化发展纲要》^[3]行动计划的通知,对“十四五”时期标准化发展的各项工作进行总体规划,为服务经济社会高质量发展以及推进标准化自身发展提供了根本遵循^[3]。全国上下对科技创新与标准化融合发展重视程度节节攀升,在 2024 年达到前所未有的高度。《贯彻实施〈国家标准化发展纲要〉行动计划(2024—2025 年)》和《山西省贯彻实施〈国家标准化发展纲要〉行动计划任务(2023—2025 年)》等文件指出,技术创新和标准化融合发展,对建立高质量发展标准体系,增强产业链、供应链稳定性和产业综合竞争力有着重要意义。

与国内其他省份对比来看,山西省是工业大

省,工业占 GDP 的比重明显高于全国平均水平,且主要以煤炭、焦炭等传统支柱产业为主,资源过度依赖问题凸显,经济增长乏力。山西省企业发展面临十分困难的局面,创新动力不足、标准化水平不高等问题日益凸显。因此,以标准化服务经济社会发展、提高企业技术创新与标准化融合水平、进而推动产业转型升级,对山西省来说更为关键和迫切。山西省企业技术创新与标准化的融合水平以及不同时间阶段差异程度如何?它们呈现怎样的演化特征?分析这些问题,有助于深入了解山西省企业技术创新与标准化的融合发展的现状和发展趋势,深入探讨影响企业技术创新与标准化融合发展的关键因素,从而为提升山西省企业技术创新与标准化融合水平提供决策参考和借鉴启示。

1 相关文献回顾

技术创新与标准化融合已转变为促进企业发展、产业转型升级的重要推动力。国内大多数学者研究表明技术创新与标准化之间是相互促进的关系,并从不同角度分析二者的融合机理。崔维军等^[4]研究发现标准制定能够优化组织行为,进而促进企业创新提高企业创新质量。舒辉和王媛^[5]以市场竞争主导为前提,通过技术、市场、对象重要度 3 个角度,总结出市场推进技术创新、专利、标准协

收稿日期: 2024-04-16

基金项目: 山西省研究生科研创新项目(2023KY662)

作者简介: 郭艳丽(1978—),女,河北邯郸人,博士,副教授,研究方向为科技创新与可持续发展;刘青(1999—),女,河北唐山人,硕士研究生,研究方向为科技创新与可持续发展。

同转化的模式。李晓娣等^[6]将创新生态系统引入高科技企业技术标准化的驱动机理中,研究发现在高科技企业中技术标准化的协作研发、技术标准以及产业化这3个要素之间存在相互作用并协同运行。

从影响技术创新与标准化融合的因素来看,不同学者持有不同观点。吴玉浩等^[7]从空间维度分析场域、惯习以及资本如何影响创新成果向技术标准转化的过程。孙舒榆^[8]研究发现,标准联盟网络嵌入通过关系学习和知识整合对企业技术创新绩效产生积极影响。陶忠元和夏婧^[9]认为技术创新与标准化领域专家通过合作跨领域整合信息和知识,能够深化技术创新与标准化的相互联系。周爱苹^[10]探讨了企业内部专利与标准转化融合对创新绩效的作用,发现政府在企业专利与标准的转化融合过程中发挥关键作用,能够通过政策支持、资源分配和公共服务等手段推动企业专利与标准的有效融合。综上可知,影响企业技术创新与标准化融合的因素可为内部因素和外部因素两类,外部因素有政府制度、公共服务和资源配置等,内部因素主要有专利、资本、企业间关系和知识整合等。

关于技术创新与标准化融合水平评价的研究,学者们倾向于从不同维度构建技术创新与标准化融合水平评价体系。张婧和张振^[11]构建了以技术标准竞争力为核心的科技创新驱动力评价体系,由科技创新驱动力和技术标准竞争力两个一级指标构成,运用层次分析法研究科技创新驱动力效能。张琴清等^[12]从标准化能力和技术创新能力两个维度,运用空间收敛模型对技术创新与标准化融合协同发展水平进行检验。陈欢和汤易兵^[13]从投入产出视角构建出技术创新与标准化两个系统之间的耦合协同模型。陶忠元和王艳秀^[14]基于投入-产出视角选取9个二级指标构建技术创新与标准化协同评价模型,通过耦合协调模型研究7类细分制造行业的耦合协调度。

从现有文献看,以往研究多以区域和产业为视角运用不同的评价方法对技术创新与标准化融合水平进行评价,研究侧重点较为分散,缺少对企业技术创新与标准化融合发展的研究,对企业的技术创新与标准化融合水平尚未形成统一评价体系和标准。针对以上研究的薄弱之处,本研究从系统的角度构建企业技术创新与标准化融合评价指标体系,以规模以上工业企业为例,综合利用优劣解距离法(technique for order preference by similarity to an ideal solution, TOPSIS)和耦合协调度模型,

得到其技术创新与标准化融合水平随时间的变化趋势,揭示其发展规律和存在问题。

2 评价指标体系与方法

2.1 评价体系构建

技术创新与标准化融合是技术创新和标准化之间的交流融合,核心是企业、标准化组织和政府等利益相关者对技术创新与标准化过程中涉及的知识、技术等创新资源进行结合,产出新技术、新标准和新产品,并实现标准的扩散和商业化。本文借鉴层次分析法的思路,以促进技术创新与标准化融合为核心目标,将技术创新与标准化融合分解为技术创新和标准化两个子系统,在各个子系统中选取相对独立的评价指标,以全面评价该子系统特征^[15]。

通过前文对已有的关于技术创新与标准化融合水平评价的文献进行梳理^[9-16],并参考中国科学院“科技强国评价指标体系”,初步筛选出技术创新和标准化评价研究中使用频率较高的指标,并依据数据可得性和指标独立性确定了2个一级指标和8个二级指标,见表1。

在技术创新方面,本文定义技术创新发展指数(TI)作为定量测度其发展水平的指标,研究与试验发展(R&D)人员全时当量和R&D内部经费支出两个指标是反映企业科技人力投入和资金投入强度最重要、最综合的指标。有效发明专利数常被视为衡量创新成果的关键指标,可以有效反映技术创新过程中的产出情况。新产品销售收入则反映了技术创新成果向现实生产力转化的水平。

在标准化方面,本文定义标准化发展指数(SI)作为定量测度其发展水平的指标,鉴于获取不同时间的标准化数据存在一定难度,并且需要保证数据间的一致性。本研究选择专业标准化技术委员会的数量以及企业承担的技术标准创新基地的数量来反映企业标准化的环境基础,反映政府对标准化的支持力度,起草单位数量和主持研制标准数量来反映企业标准化产出情况。

表1 融合水平评价指标体系

一级指标	二级指标	单位
技术创新 发展指数	R&D人员全时当量	人年
	R&D经费支出	万元
	有效发明专利数	件
	新产品销售收入	万元
标准化 发展指数	承担技术标准创新基地数	个
	专业标准化技术委员会	个
	起草单位数量	个
	主持研制标准数量	个

2.2 研究方法与数据来源

2.2.1 研究方法

(1)基于熵值法的 TOPSIS 评价方法。为分析山西省技术创新与标准化融合发展趋势及融合发展程度,首先利用基于熵值法的 TOPSIS 评价方法分别测算技术创新发展指数与标准化发展指数,对2012—2022年共11年的山西省企业技术创新与标准化发展水平进行量化。

(2)耦合协调度模型。耦合协调度模型用于分析事物的协调发展水平,经济学家则将其引入到经济发展领域,用来量化不同经济系统之间的相互作用程度。为了量化耦合作用的程度,刁心薇等^[17]、瞿晓东^[16]、陈伟忠和周春应^[18]、王淑佳等^[19]在其研究中均采用了耦合协调度模型。因此本研究借鉴该模型从微观角度分析山西省企业技术创新系统与标准化系统之间的耦合协调程度即对山西省技术创新与标准化融合水平进行测算。

2.2.2 数据来源

山西省工业总产值占地区生产总值的比重较大。基于数据可获得性和完整性,选取山西省规模以上工业企业为研究样本(以下简称企业),这些企业往往具有较高的生产能力,能够承担技术创新和标准化过程中的研发投入,同时规模以上工业企业的发展情况也反映了整个地区企业的发展趋势和竞争状况,对政府和企业决策具有重要的参考价值。由于在2011年规模以上工业企业的起点标准发生变化,为使数据具有可比性,本文收集2012—2022年的数据,对山西省企业技术创新发展与标准化融合水平进行纵向比较。数据来源于2012—2022年《山西省统计年鉴》《中国科技统计年鉴》、国家数字标准馆、企业标准信息公共服务平台和山西省科技厅发布的技术标准创新基地名单,少量缺失数据采用插值法补齐。

2.3 评价结果计算

2.3.1 技术创新发展指数与标准化发展指数计算

(1)指标数据的标准化。用极值法进行数据的标准化处理,公式为

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}} \quad (1)$$

式中: y_{ij} 为标准化指标值; x_{ij} 为每个子系统中第*i*个样本的第*j*个指标值, $1 \leq i \leq 11, 1 \leq j \leq 4$; $\max x_{ij}$ 、 $\min x_{ij}$ 分别为指标的最大值和最小值。

(2)计算二级指标在子系统内的权重。采用熵值法确定指标权重,在数据中,离散程度越大,

说明该指标对综合评价的影响越大,同时熵值也就越小。

计算第*i*个样本的第*j*个指标所占比重 p_{ij} 。

$$p_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^{11} y_{ij}} \quad (2)$$

计算各指标的信息熵 e_j 。

$$e_j = -\frac{1}{\ln} \sum_{i=1}^{11} p_{ij} \ln p_{ij} \quad (3)$$

计算信息效用值 d_j 。

$$d_j = 1 - e_j \quad (4)$$

计算权重系数 w_j 。

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{i=1}^{11} d_j} \quad (5)$$

基于式(2)~式(5),利用 SPSS 软件分别对两个子系统的数据分析计算,结果见表2、表3。

表2 技术创新二级指标熵值及权重

二级指标	信息熵值 e	信息效用值 d	权重/%
R&D人员全时当量	0.888	0.112	20.07
R&D经费支出	0.854	0.146	26.06
有效发明专利数	0.875	0.126	22.39
新产品销售收入	0.824	0.176	31.48

表3 标准化二级指标熵值及权重

二级指标	信息熵值 e	信息效用值 d	权重/%
承担技术标准创新基地数	0.396	0.604	44.31
主持标准研制数量	0.749	0.250	18.36
起草单位数量	0.731	0.269	19.76
专业标准化技术委员会	0.761	0.239	17.56

(3)技术创新发展指数与标准化发展指数计算。TOPSIS 评价方法能够在标准化原始数据中,找出最好指标和最劣指标,以此作为评价子系统发展水平的依据,公式如下。

正理想解距离

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^4 w_j (\max y_{ij} - y_{ij})^2} \quad (6)$$

负理想解距离

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^4 w_j (\min y_{ij} - y_{ij})^2} \quad (7)$$

综合得分指数

$$S_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (8)$$

根据式(6)~式(8),分别计算山西省企业技术创新发展指数与标准化发展指数,结果见表4、表5。

表4 2012—2022年山西省企业技术创新发展指数及排序

年份	正理想解距离 D^+	负理想解距离 D^-	综合得分指数 S	排序
2012	0.453	0.106	0.190	9
2013	0.401	0.180	0.310	8
2014	0.403	0.218	0.351	6
2015	0.468	0.063	0.118	11
2016	0.437	0.093	0.175	10
2017	0.341	0.183	0.349	7
2018	0.314	0.230	0.423	5
2019	0.292	0.253	0.464	4
2020	0.157	0.354	0.692	3
2021	0.007	0.505	0.986	2
2022	0.007	0.505	0.986	1

表5 2012—2022年山西省企业标准化发展指数及排序

年份	正理想解距离 D^+	负理想解距离 D^-	综合得分指数 S	排序
2012	0.547	0.001	0.002	11
2013	0.546	0.007	0.012	10
2014	0.541	0.012	0.022	8
2015	0.536	0.025	0.045	7
2016	0.544	0.008	0.014	9
2017	0.526	0.041	0.072	6
2018	0.502	0.095	0.159	5
2019	0.483	0.148	0.234	4
2020	0.447	0.283	0.388	3
2021	0.114	0.449	0.798	2
2022	0.054	0.524	0.906	1

在数据经过标准化处理之后,技术创新发展指数与标准化发展指数均被转化为正向综合指标,即其结果越大,说明山西省企业技术创新发展程度和标准化发展程度越高,但纵向对比可以发现,不同年份发展指数存在一定的波动。

2.3.2 指数相关性分析

为验证2012—2022年山西省企业技术创新指数与标准化指数的相关程度,采用皮尔逊相关系数进行相关性分析,测算结果见表6。

由表6可知,2012—2022年,山西省企业技术创新指数与标准化指数之间的相关系数高达0.963,显示出高度正相关性,这表明山西省企业在技术创新与标准化方面呈现出显著的同步增长趋势。结合散点图的特征和相关系数的分析结果,2012—2022年山西省企业在技术创新和标准化过程中已经形成了相互促进的发展模式,这也是技术创新和标准化融合的基本特征。

表6 相关系数

变量	技术创新指数	标准化指数
技术创新指数	1***	0.963***
标准化指数	0.963***	1***

注:***代表1%的显著性水平。

2.3.3 指数耦合度计算

根据相关性分析结果可判断出山西省企业技术创新指数与标准化指数呈同向发展趋势,但两个指数之间的相互作用及其影响强度的具体情况仍不明确。为此,采用耦合协调度模型来量化这两个指数之间相互作用的程度,详细测算过程如下。

(1)测算子系统间耦合度。耦合度指两个或两个以上系统之间的相互作用及其影响,可以反映系统之间的相互依赖或相互制约的程度。TI代表技术创新指数,SI代表标准化指数,为方便计算和比较,借鉴瞿晓东^[16]改良后的模型计算,定义耦合度为 C ,计算公式为

$$C = \left\{ \frac{TI \times SI}{[(TI + SI)/2]^2} \right\}^2 \quad (9)$$

耦合度受各指数值差距的直接影响,TI与SI间差距越大, C 值越小,表明两指数间耦合程度越低;相反,当TI与SI间差距越小, C 值越大,意味着它们之间的耦合程度越高。

(2)测算子系统间协调度。协调度 T 表示耦合相互作用关系中良性耦合程度的大小,反映了各系统间协调状况的优劣程度,计算公式为

$T = aTI + bSI, a, b \in [0, 1], a + b = 1$ (10)
式中: a, b 由两系统的重要程度决定^[19]。本研究中技术创新发展与标准化发展处于同等重要地位,因此 $a = 0.5, b = 0.5$ 。

(3)测算子系统间耦合协调度。耦合协调度 D 的取值为 $[0, 1]$,该值越大,表明两个系统之间的相互作用程度越高,发展更为协调,计算公式为

$$D = \sqrt{CT} \quad (11)$$

沿用目前在相关研究中被广泛采纳的分类方法,即将耦合协调度 D 划分为5个级别,以衡量当前技术创新与标准化融合程度,具体耦合协调等级及划分标准见表7。

将2012—2022年历年技术创新指数和标准化指数代入式(9)~式(11),得到耦合协调度计算结果,见表8。

表7 耦合协调度等级划分

耦合协调度	耦合等级
$[0, 0.2]$	勉强耦合
$(0.2, 0.4]$	初级耦合
$(0.4, 0.6]$	中级耦合
$(0.6, 0.8]$	良好耦合
$(0.8, 1]$	优质耦合

表8 2012—2022年耦合协调度计算结果

年份	耦合度 C	协调度 T	耦合协调度 D	耦合等级
2012	0.000 0	0.096 0	0.000 6	勉强耦合
2013	0.000 1	0.161 0	0.004 8	勉强耦合
2014	0.000 5	0.186 5	0.009 5	勉强耦合
2015	0.002 0	0.081 5	0.012 8	勉强耦合
2016	0.000 2	0.094 5	0.004 3	勉强耦合
2017	0.005 2	0.210 5	0.033 0	勉强耦合
2018	0.025 3	0.291 0	0.085 8	勉强耦合
2019	0.054 8	0.349 0	0.138 2	勉强耦合
2020	0.150 5	0.540 0	0.285 1	初级耦合
2021	0.636 8	0.892 0	0.753 7	良好耦合
2022	0.820 8	0.946 0	0.881 2	优质耦合

3 评价结果讨论与分析

3.1 评价结果分析

为了更加直观地分析和对比2012—2022年山西省技术创新和标准化耦合度、协调度和耦合协调度的变化趋势,将表8中的数据绘制成折线图,如图1所示。

分析图1可知,总体来看,2012—2022年耦合度、协调度、耦合协调度的变化态势有较大差距。

(1)从耦合度 C 来看,2012—2022年 TI 与 SI 耦合度变化幅度较大,并且在2019年以前耦合度处于较低状态,表明在此期间山西省企业技术创新与标准化之间的相互作用很小,大多数年份处于初级耦合状态,2020年之后有较大提高。

(2)从协调度 T 来看,2012—2022年协调度受国内外经济形势的影响,出现多次波动,2014—2017年出现较大幅度的波动,受国家政策影响,协调度在2020年出现较大幅度的提高,应继续保持该发展态势。但在样本期内大部分年份协调度小于0.5,表明山西省企业技术创新与标准化之间良性耦合程度很小,二者之间未达到协调发展的状态。

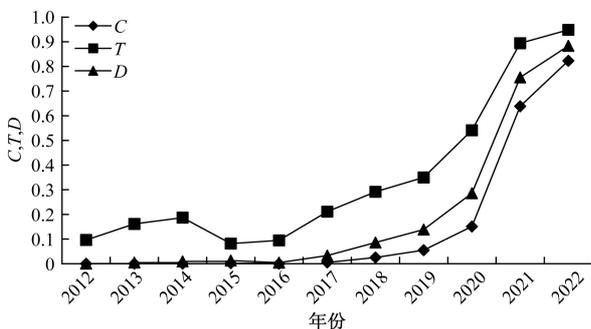


图1 2012—2022年耦合度 C 、协调度 T 和耦合协调度 D 变化趋势

(3)从耦合协调度 D 来看,山西省企业技术创新与标准化耦合协调度从期初0.000 6上升到0.881 2,即从勉强耦合上升到优质耦合,跃升4个梯度,表明在整个样本期内,技术创新与标准化之间的相互作用越来越大,山西省企业技术创新与标准化处于相互促进共同发展的良性轨道中,这不仅促进企业技术创新,同时也推动了标准化建设的优化和升级。但也应看到,耦合协调度只在2022年处于优质耦合的区间内,与0.9或更高水平相比,整体耦合协调度仍存在显著差距。

研究发现,2012—2022年山西省企业技术创新与标准化之间的耦合度、协调度、耦合协调度会受到各种因素冲击从而呈现波动上升的态势,但总体来看,技术创新与标准化之间的优质耦合程度较小,相互依赖程度有待提高。

3.2 评价结果进一步讨论

根据耦合协调模型计算结果进一步分析山西省企业技术创新与标准化融合过程中可能存在的问题,并进行深入思考。

(1)由表2、表3可知,新产品销售收入对技术创新发展的影响最大,技术标准创新基地数对标准化发展的影响最大,技术标准创新基地数和新产品销售收入分别是投入和产出两个维度评估发展水平的指标,这说明企业在技术创新和标准化融合发展过程中,应重点关注资源投入情况,实现创新资源的优化配置,从而提升创新资源转化效率,实现技术创新成果的商业化应用。

(2)山西省企业技术创新与标准化的耦合度、协调度和耦合协调度均在相同时期内出现大幅度的波动,这说明企业技术创新与标准化的融合发展受国家政策、地方政府和经济发展的干预作用较强,山西省经济发展的滞后性也会为技术创新与标准化融合带来阻碍。

(3)标准化发展水平较为落后,耦合度低于协调度,二者相互促进作用较小的主要原因是标准化的发展水平不高,提升空间较大,因此山西省企业应在保持技术创新水平继续提升的同时,大力推动标准化发展,这是促进技术创新与标准化融合的关键。

4 对策建议

为进一步提升当前山西省企业技术创新与标准化的融合水平,从企业、政府以及标准化组织等参与主体的角度,对山西省企业技术创新与标准化融合发展提出相应策略建议。

(1)企业层面。一是要加大对技术创新的重视程度和研发投入,增强自身的技术创新能力。企业应根据自身情况,在企业发展战略中突出技术创新和标准化工作的重要性,通过技术研发或技术转让等方式更新技术、升级标准;二是参与标准化试点示范项目、标准化技术委员会活动。多关注政府部门、行业组织开展的标准化试点示范的公开信息,根据企业自身情况选择项目进行申报。此外,企业参加国内标准化技术委员会活动能够更早了解相关标准的修订信息和技术发展动态,提高企业市场竞争力。

(2)标准化组织层面。一是为企业、研究院的科技成果转化过程提供专业化服务支持。帮助企业开展科技成果转化为技术标准的评估工作,在标准的制定、立项、试验推广等工作上,发挥桥梁和纽带作用;二是推动标准化联盟建设,提高企业与其他主体间协作水平。标准化联盟是政府和市场交流的纽带,联盟的成员企业可以利用共有知识产权、专有技术等优势开展协作,通过这种合作模式能够降低技术竞争成本以及重复开发所造成的技术浪费,从而有助于促进新标准形成。

(3)政府层面。一是因地制宜、分类施策,建设具有地方特色的技术创新体系和标准体系。政府部门应当深入分析当前山西省企业技术创新与标准化融合的现状、特征及其发展态势,在此基础上,结合国家政策导向、遵循市场运作规律,并充分发挥市场在资源配置中的决定性作用,通过政策激励、资金补贴等措施,加大对企业的支持力度,营造良好的技术创新和标准化环境;二是加快推进标准化建设重点工程以及技术标准创新基地建设,发挥政府的引导支持作用。目前,山西省国家级标准化示范试点项目和技术标准创新基地数量距离2018年《山西省国家标准化综合改革试点工作方案》制定的总体目标还有较大差距,在今后标准化改革工作中应重点关注。标准化建设重点工程可以促进关键环节、领域及产品的技术攻关及标准的研发与应用,从而提高产业链与供应链的稳定性以及整体产业的竞争力;标准创新基地能够为企业提供全方位、多元化的技术创新服务和标准化解决方案,深化企业与专家学者、研究机构的交流融合,推动技术创新成果向标准转化,从而推动企业技术创新与标准化融合发展。

参考文献

- [1] 张琴清,李志强,李常洪,等. 技术创新和标准化的融合框架研究:基于供给侧结构性改革视角[J]. 科学决策, 2021(4): 95-112.
- [2] 科技部,质检总局,国家标准委. 《“十三五”技术标准科技创新规划》[EB/OL]. (2017-06-22) [2024-01-11]. https://www.most.gov.cn/xxgk/xinxifenlei/fdzgknr/fgzc/gfxwj/gfxwj2017/201706/t20170622_133684.html.
- [3] 市场监管总局. 关于印发贯彻实施《国家标准化发展纲要》行动计划的通知[EB/OL]. (2022-07-08) [2024-01-11]. https://www.samr.gov.cn/zw/zfxxgk/fdzgknr/bzjss/art/2023/art_f7638482fa0c48a5a1b31c6ab9919386.html.
- [4] 崔维军,孙成,吴杰,等. 标准“背书”如何影响企业创新?:基于组织优化视角的实证分析[J]. 中国软科学, 2022(7): 105-117.
- [5] 舒辉,王媛. 市场推进技术创新、专利、标准协同转化路径分析[J]. 科技进步与对策, 2018, 35(12): 57-63.
- [6] 李晓娣,张小燕,侯建. 高科技企业技术标准化驱动创新绩效机理:创新生态系统网络特性视角[J]. 管理评论, 2020, 32(5): 96-108.
- [7] 吴玉浩,姜红,孙舒榆. 协同视角下知识创新成果与技术标准转化的机理研究[J]. 科学管理研究, 2019, 37(2): 7-11.
- [8] 孙舒榆. 标准联盟网络嵌入对企业技术创新绩效的影响机理研究[D]. 长春:吉林大学, 2022.
- [9] 陶忠元,夏婧. 我国制造业技术标准化与技术创新互动效应:基于9类细分行业的实证研究[J]. 科技进步与对策, 2015, 32(8): 61-66.
- [10] 周爱苹. 企业内部专利和标准的转化融合对创新绩效的影响研究[D]. 北京:北京邮电大学, 2021.
- [11] 张婧,张振. 基于技术标准竞争的科技创新驱动力效能研究[J]. 山东社会科学, 2019(4): 114-120.
- [12] 张琴清,李常洪,李志强,等. 技术创新与标准化融合协同发展测度及演化分析[J]. 科技进步与对策, 2023, 40(22): 119-129.
- [13] 陈欢,汤易兵. 技术创新与标准化耦合协同关系实证研究[J]. 科技管理研究, 2020, 40(15): 157-162.
- [14] 陶忠元,王艳秀. “中国制造”技术创新与标准化协同程度及其影响因素的实证研究:基于七类细分制造业[J]. 科技管理研究, 2019, 39(20): 99-106.
- [15] 张琴清. 技术创新与标准化的融合协同机理及实现路径研究[D]. 太原:山西大学, 2022.
- [16] 翟晓东. 山东省生态文明建设与产业结构调整融合发展研究[D]. 青岛:青岛大学, 2019.
- [17] 刁心薇,林美茹,孙丞. 中国省域环境规制与科技创新耦合协调发展研究[J]. 地理与地理信息科学, 2024, 40(2): 75-80.
- [18] 陈伟忠,周春应. 中国区域科技金融与技术创新耦合协调度分析[J]. 生产力研究, 2021(6): 113-118.
- [19] 王淑佳,孔伟,任亮,等. 国内耦合协调度模型的误区及修正[J]. 自然资源学报, 2021, 36(3): 793-810.

Evaluation of the Integration Level of Enterprise Technology Innovation and Standardization in Shanxi Province: An Analysis Based on the TOPSIS Evaluation Method and the Coupling Coordination Degree Model

GUO Yanli, LIU Qing

(School of Economics and Management, Taiyuan University of Science and Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: Taking the large-scale industrial enterprises in Shanxi Province as the research object, an evaluative framework for assessing the integration level between technological innovation and standardization is constructed. Using the TOPSIS (technique for order preference by similarity to ideal solution) evaluation method and the coupling coordination degree model, the current situation and developmental trends of this integration from 2012 to 2022 is longitudinally assessed. The findings indicate a fluctuating yet upward trend in the coupling degree, coordination degree, and overall coupling coordination degree between technological innovation and standardization within Shanxi Province's enterprises over the specified period. Despite these fluctuations, a generally low level of high-quality coupling and a need for enhanced interdependence between the two domains are highlighted. To address this, strategic recommendations are proposed for enterprises, standardization bodies, and government agencies, aiming at fostering a high-quality, collaborative growth between technological innovation and standardization in Shanxi Province.

Keywords: technological innovation; standardization; integration development; coupling coordination degree model