

基于专利价值的技术成熟度测度与分析方法研究^{*}

罗家豪 孙巍

(中国农业科学院农业信息研究所, 北京 100081)

摘要: 本文从专利价值视角研究技术领域发展成熟度测度分析方法, 以提升方法普适性、评价多维性以及分析结果客观性。基于专利价值构建出四个维度的技术成熟度指标体系, 并采用主成分分析法对指标进行自动赋权, 进而通过曲线拟合和发展阶段分界点计算, 分析该领域技术发展成熟现状及未来发展趋势。运用本文模型对缓控释肥技术领域(由5 299条专利数据构成)进行多维度技术成熟度评价分析, 结果表明: 该技术领域正处于快速增长阶段, 预计在2024年进入技术发展成熟阶段。基于专利价值的技术成熟度分析方法一定程度上克服了单一指标评价和单一维度分析的片面性, 相对客观全面地揭示了特定领域技术发展现状。

关键词: 技术成熟度; 技术生命周期; 专利价值; 缓控释肥技术

中图分类号: G250 **DOI:** 10.3772/j.issn.1673-2286.2022.01.003

引文格式: 罗家豪, 孙巍. 基于专利价值的技术成熟度测度与分析方法研究[J]. 数字图书馆论坛, 2022(1): 17-25.

当前我国正在大力建设创新型国家。科技创新在推动社会发展的同时, 也是一项具有较高风险的活动, 将不成熟的技术运用到实际生产当中可能会带来一定风险^[1]。技术成熟度, 即技术相对于某个具体系统所处的发展状态, 反映了技术对于预期目标的满足程度^[2]。开展技术成熟度研究, 能够帮助技术研发人员判断技术发展现状, 预测未来技术发展方向, 并由此制定更符合客观条件的技术革新策略, 使技术创新价值得以充分体现。

1 相关研究现状

1.1 技术成熟度相关理论

技术的发展是有迹可循的。从理论上讲, 任何一项技术的发展都会经历从萌芽、成长到成熟, 最终走向

衰退的过程。技术成熟度分析, 就是人们在大量的实践基础上对技术成熟规律认识的一种总结^[3]。目前国内外众多学者已从不同的角度对技术成熟度展开了理论研究、方法研究和应用研究, 并形成基于技术完备等级理论(Technology Readiness Level, TRL)、基于TRIZ理论和基于技术文献计量学理论(Technology Bibliometrics, TBM) 3种主要分析理论^[4]。

TRL理论通常被译为“技术就绪水平”, 通过研究与技术成熟度相关的技术或产品特性, 按照不同的成熟度状态划分等级, 进而实现对技术成熟度的评估。1989年美国航天科学家为了能够合理评估一项技术能否用于实践, 按照技术的不同性能将其划分为9个等级来评估技术成熟度, 这也是评价技术成熟度最早的标准之一^[5]。Jan等^[6]基于TRL理论对福尔马林生产技术的成熟度水平进行评估; 陶斌斌^[7]通过技术成熟度等级TRL来表征新技术带来的风险, 提高了传统的复杂产

^{*} 本研究得到NSTL文献专项任务基金项目“下一代开放知识服务平台关键技术优化集成与系统研发”(编号: 2021XM45)子课题“基于专利的技术演化分析与预测”资助。

品研制模式的效率。

TRIZ理论,即发明问题的解决理论。苏联的阿利赫舒列尔教授在对众多专利进行分析后发现专利数量与产品技术发展存在一定关系,并提出了用以评估技术成熟度的4条标准曲线^[8]。TRIZ理论中的技术生命周期理论将技术的发展分为萌芽期、成长期、成熟期和衰退期4个阶段,能够较直观地判断技术发展所处的阶段。李志广等^[9]基于TRIZ理论对液晶显示技术的成熟度进行定量评估。王琨等^[10]应用TRIZ技术预测方法对教育游戏行业的产品技术成熟度进行分析。

文献计量学是指利用数学和统计学方法,定量分析一切知识载体的交叉科学。技术的发展不是虚幻的,而是会以一定的载体呈现出来。在技术的发展演变过程中,诸如论文、专利等技术载体也会遵循文献增长老化规律,在量变质变交替过程中揭示技术的发展特征。Martino^[11]利用产品技术相关文献的数量及性质变化来分析产品技术成熟度;René等^[12]基于文献计量学,通过曲线拟合的方法对增材制造技术的成熟度进行分析。

1.2 现有技术成熟度测度方法

从方法的技术特征上讲,现有技术成熟度测度方法大体分为3类,即描述性方法、计量法与模型法。描述性方法是指根据专家经验知识,对特定系统中的技术进行主观评估并判断技术成熟度。此类方法多依赖专家知识,主观性较强,且实施过程较复杂,投入成本高,缺乏可重复性^[13]。计量法是指通过文献计量及数据挖掘等方法,从专利、论文等数据源中挖掘技术成熟度相关指标对技术成熟度进行定量评估,包括专利指标分析法、论文指标分析法等。计量法虽然能从计量层面得出一些综合客观的分析结果,但也容易忽略掉影响技术发展的其他因素。模型法是指通过构建数理模型对技术成熟度进行定量评估,常用的方法有S曲线法、Fisher-pry模型法等。这类方法着眼于一个较大的技术领域,通过模型拟合来对一个时段内的技术发展态势进行动态描述。模型法能够客观地分析一个技术领域的当前发展状态,并对未来的发展趋势进行预测。

综上,现有技术成熟度发展理论已相对成熟,可为本文研究奠定良好的理论基础。但在微观的技术成熟度特征分析与测度方法方面,现有研究还未形成相对成熟的分析体系,基于文献计量的相关研究通常只是针对技术的某一方面或某几方面特征展开分析,而在

现实的技术演化发展过程中会出现如技术应用广度、技术先进性等多方面的变化特征,正是这些特征变化的共同作用才客观地反映了技术成熟度的真实发展现状。尽管有学者利用技术、经济等指标来反映技术成熟度的相关研究在理论上可以弥补片面技术特征分析的缺陷,但数据难以获取、分析方法的领域适用性不强等均是当前面临的主要问题。因此,本文将深入剖析专利文献技术价值特征与技术成熟度发展水平间的关联关系,分类归纳体现技术价值的成熟度发展特征,以期提出一种具有领域普适性、数据易获取性、评价多维性的技术成熟度测度与分析方法,相对客观全面地分析揭示目标领域技术发展成熟现状。

2 专利技术价值与技术成熟度关联分析

专利技术是专利的核心,而专利价值的内涵是多方面的,不仅能够带来经济收益,也能彰显企业或研究者的技术实力和影响力等^[14]。从技术成熟度的角度讲,专利价值会随着技术的成熟发展程度而变化,主要体现在其带来的技术价值、社会影响力等方面的变化。对技术成熟度进行评估,实际上就是通过分析技术所蕴含的价值变化来判断技术发展所处的阶段。本文从技术成熟度的视角出发,综合考虑指标的易获取性、可计算性等因素,将专利技术价值归纳为技术应用广度、技术先进性、技术竞争潜力、技术影响力4个方面,各方面技术价值与技术成熟度水平间的关联关系分析及相关指标的含义详述如下。

2.1 技术应用广度

技术应用广度即技术的应用范围,一般而言,技术成熟度较低说明技术的发展不充分,应用领域较狭窄;成熟度较高的技术由于其自身的技术完备性特征往往能使其在更多领域得到应用。很多学者尝试从专利产品的数量、空间,以及技术保护范围等角度对技术应用广度进行测度,相关测度指标主要包括专利分类号数量、专利权人h指数、专利技术宽度等^[15-16]。IPC分类号是世界知识产权组织所使用的国际专利分类系统,对专利IPC号进行分析,可以了解专利的技术分布情况。随着专利分类号数量的不断增长,专利产品所涵盖的技术功能会逐渐增多,技术就越趋于成熟^[17]。综合考虑指标可获取性和计算复杂度,认为专利分类号(小组)可以描

述较细粒度的技术,其数量指标较适合测度技术的应用广度,数量越多则代表技术应用范围越广,专利的技术价值更高,技术发展处于相对成熟阶段。

2.2 技术先进性

技术先进性是指专利技术在当前分析的时间点上与本领域的其他技术相比处于领先地位,或在当前技术市场上处于主导地位^[18]。从专利类型、引证信息和研发投入等角度对专利技术的先进性进行测度分析是当前本领域学者的主要方法。从专利类型的角度来看,相比实用新型专利和外观设计专利,发明专利的技术含量及价值最高,同时也具有更高的独创性、新颖性和实用性,对技术的整体发展具有较长期的影响。因此,发明专利的数量相比于其他类型专利的数量,更能反映技术领域内的先进程度^[19-20]。引用科学论文的行为能够反映出目标专利与论文的关联性,通常技术与科学研究的关联性越高则预示技术的发展阶段越接近技术链的上游。专利引用的科学文献数量的多少能够体现专利文献对于基础学科的依赖程度以及对科学传播的积极影响,能在一定程度上反映技术的创新程度和先进程度^[21-22]。从技术研发投入角度看,专利技术发明人数的规模大小能够表征凝聚的科学力量多寡,研发投入较大的专利技术也被普遍认为其技术先进程度较高。发明人数量越多,专利研发投入的人力越多,专利质量以及专利技术的成熟度就越高^[23]。综上可知,发明专利数量、引用科学论文数量、发明人数量可以用于综合测度技术的先进性。

2.3 技术竞争潜力

技术竞争潜力是指该技术在某一方面或某几方面具有更高的独创性或竞争优势,具有引领技术发展方向上的潜在能力。由此可见,技术竞争潜力较高的技术会在权利保护范围、权利稳定性和地域保护范围等方面具备优势,以此来确保该项技术能拥有更强的市场竞争能力。测度技术竞争潜力的指标包括权利保护范围、地域保护范围和专利交易规模等指标。其中,权利保护范围在专利的权利要求中有明确说明,即技术限定特征的保护范围,用以确定专利技术价值独特性。专利的权利要求数量越多,说明专利的保护范围越大,同时也说明专利的原创性和技术的创新能力就越高,专利技术

也就具有更高的竞争潜力^[24-25]。地域保护范围是指一项专利技术在多国提出申请,布局国家越多则代表地域保护范围越广。具有较高竞争潜力的专利,不仅包含的权利要求数量较多,同时专利的持有者也会向多个国家申请专利,以此来占据更广的市场份额,因此这类向多国申请的同族专利及PCT专利能够反映出技术发展的规模、竞争水平和未来市场预期等,表明技术发展的成熟度状况^[26-27]。随着技术的不断发展,专利权人数量的增多,专利权的不断分散,由此围绕专利技术展开的各项交易活动也逐渐增多。广义的专利交易包括专利转让和专利许可等,专利转让次数与许可次数越多,表明围绕专利技术展开的各项交易活动越频繁,目标专利能够通过转让活动和许可活动来实现其经济价值,反映出技术具有一定的竞争潜力,技术的发展越趋向于成熟的水平^[28]。综上可知,权利要求数量、同族专利数量、PCT国际专利申请数量和专利转让与许可次数可用于测度技术竞争潜力。

2.4 技术影响力

技术影响力指的是技术主体对后续技术发展的引领作用和影响力大小,是衡量技术主体价值水平的一个重要指标^[29]。技术影响力按照影响主体的不同可分为单件技术的影响力、国家的技术影响力以及技术领域的影响力等。技术影响力也是揭示技术价值的重要因素,技术价值较高的专利往往具有较高的影响力,能够对后续的发明创造起到引领作用。专利的被引次数是衡量技术影响力的核心指标,此外专利布局国家数量也能够反映专利技术在空间上的影响力;专利分布的集中性是指一段时间内一个技术持有者、一个企业或一个国家现存的核心专利数量占专利总量之比,能够反映个人、企业、国家的综合技术影响力。综上可知,专利被引次数、专利布局国家数量、专利集中性可用于测度技术影响力。

3 技术成熟度测度与分析

3.1 技术成熟度测度指标体系构建

根据专利技术价值与技术成熟度的关联分析结果,本文构建了技术成熟度测度指标体系(见表1)。

表1 技术成熟度测度指标体系

二级指标	三级指标	计算方式
技术应用广度	IPC分类号(小组)数量	$\sum_{j=1}^N ipc_j$, 其中 N 为专利总数, ipc_j 为第 j 篇专利所包含的专利分类号(小组)数量
技术先进性	发明专利数量	W 为发明专利总数
	引用科学论文数量	$\sum_{j=1}^N sp_j$, 其中 N 为专利总数, sp_j 为第 j 篇专利所引用的科学论文数量
	发明人次数量	$\sum_{j=1}^N in_j$, 其中 N 为专利总数, in_j 为第 j 篇专利的发明人数量
技术竞争潜力	权利要求数量	$\sum_{j=1}^N cn_j$, 其中 N 为专利总数, cn_j 为第 j 篇专利所包含的权利要求数量
	同族专利数量	C 为同族专利的数量
	PCT国际专利申请数量	W_{pct} 为国际专利申请总数
	专利转让与许可次数	$\sum_{j=1}^N (tr_j + pr_j)$, 其中 N 为专利总数, tr_j 和 pr_j 分别为第 j 篇专利的转让次数和许可次数
技术影响力	专利布局国家数量	co 为拥有该项专利的国家数量
	专利集中性	$\sum_{i=1}^M \frac{co_i}{N}$, 其中 M 为公开专利数量大于指定阈值的国家数, co_i 为一个国家公开的专利数, N 为专利公开总数
	专利被引次数	$\sum_{j=1}^N V_j$, 其中 N 为专利总数, V_j 为第 j 篇专利的被引次数

注: 表中所有指标的计算范围均限定在一个统一的计量时段内

3.2 技术成熟度分析模型构建

基于上述研究, 本文提出一种基于专利价值的领域技术成熟度测度与分析模型, 主要涉及基础数据集

构建、技术成熟度计算测度、技术生命周期划分以及技术成熟度分析4个模块(见图1), 模型的构建过程详细阐述如下。

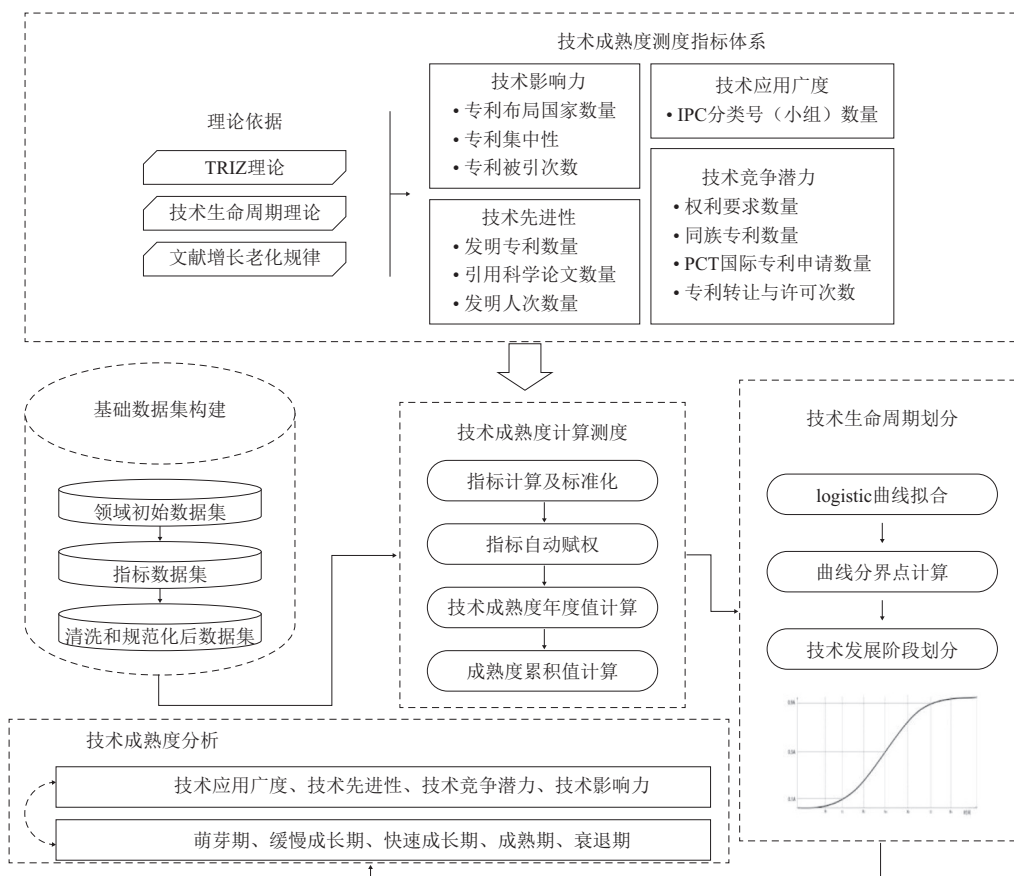


图1 技术成熟度测度与分析模型

3.2.1 基础数据集构建

选取目标分析领域, 依据事先设定的领域检索式构建领域专利数据集。数据集的元数据应包括IPC分类号(小组)数量、引用科学论文数量、权利要求数量、同族专利数量、专利被引次数、PCT国际专利数量、专利转让与许可数量、申请国家数量、专利公开年、专利申请年、专利授权年等。数据集经清洗规范化得到基础数据集。

3.2.2 技术成熟度计算测度

(1) 指标计算及标准化。根据本文提出的技术成熟度测度指标及计算方法, 计算技术成熟度各项三级指标值(指标统计的统时间单位为年)。为了降低数据量纲不一致所带来的分析误差, 对各指标值进行Z-score标准化处理。

(2) 指标自动赋权。本文提出的技术成熟度测度指标体系中的各项指标均为正向指标, 指标值越大说明评价效果越好。由于各项指标对最终的测度结果影响程度不一, 为了确保测度结果的客观性, 本文采用主成分分析法分别确定各项指标的权重, 并对所有指标进行线性加权, 从而构造出技术成熟度综合测度指标。

(3) 技术成熟度年度值计算。在确定各项指标权重和指标值后, 便可以计算技术成熟度的年度值, 计算方法见公式(1)。

$$I_j = \sum_{i=1}^{11} \theta_i X_i \quad (1)$$

其中: I_j 代表计算得到的第 j 年的技术成熟度年度值; X_i 代表第 i 个评价指标的实际值; θ_i 代表第 i 个评价指标的权重, 且各项指标的权重值之和为1。

(4) 技术成熟度累积值计算。由于技术的发展是一直向前的, 且发展速度会随着发展阶段的不同而产生快慢变化, 因此从一个技术发展的宏观角度讲, 技术成熟度的累积值更能揭示技术的当前成熟现状。依次将第1年到第 j 年的技术成熟度年度值相加可得到第 j 年的技术成熟度累积值。

3.2.3 技术生命周期划分

结合四阶段论和五阶段论, 本文将技术生命周期划分为萌芽期、缓慢成长期、快速成长期、成熟期和衰

退期5个阶段。利用logistic曲线对技术成熟度的增长曲线进行拟合, 并根据技术成熟度增长速率变化的快慢来划分技术发展阶段。logistic曲线详见公式(2)^[30]。

$$F(t) = \frac{A}{1+Be^{-ct}} \quad (2)$$

该曲线中, A 、 B 、 c 为参数, t 为时间变量, $F(t)$ 为因变量。将该模型运用到技术成熟度的拟合中, 则 $F(t)$ 可以表示为第 t 年的技术成熟度累积值。对于logistic曲线, 纵坐标值为0.1 A 、0.5 A 、0.9 A 对应的3个时间点 t_1 、 t_m 和 t_2 分别被定义为萌芽期、成长期、成熟期和衰退期之间的分界点^[31]。通过曲线参数拟合, 可以得到参数 A 、 B 、 c 的值, 从而可以计算出各分界点的值。结合logistic曲线的特性和五阶段特征, 可知 t_1 是进入技术缓慢增长期分界点 x_1 和进入技术快速增长期分界点 x_2 的中点; t_m 是进入技术快速增长期分界点 x_2 和进入技术成熟期分界点 x_3 的中点; t_2 是进入技术成熟期分界点 x_3 和进入技术衰退期分界点 x_4 的中点^[32]。

3.2.4 技术成熟度分析

确定目标领域技术发展的5个阶段后, 可依次从技术应用广度、技术先进性、技术竞争潜力和技术影响力4个维度, 对技术领域发展的成熟程度进行分析。深入分析其各特征维度所经历各阶段发展特征, 以及目前所处的成熟阶段和状态, 印证技术领域综合成熟度分析结论的客观性的同时, 实现领域未来发展机遇的多维度预测。

4 实证分析

4.1 数据源获取

化肥是农业生产中的重要投入品, 缓控释肥技术是实现作物精准给肥, 肥料高效利用的关键技术。选取缓控释肥技术领域作为模型实证分析领域, 通过全面深入的领域调研, 构造领域检索式TIABC=((“Slow release* fertilizer”) OR (“Controll* release* fertilizer”) OR (“stable* fertilizer”)), 检索下载incoPat专利数据库中专利公开年于2000—2020年的全字段数据集, 经人工清洗后, 获取5 299条领域专利数据作为初始分析数据集。

4.2 实验过程

按年度获取并计算技术成熟度测度指标体系11项三级指标值,其中,在计算专利集中性时,考虑到中国的专利量全球占比从2003年开始高达37%,之后一直

持续上涨,2013—2020年年度全球占比均超过90%,可以反映该技术领域的全球专利分布态势,为了减少指标计算量,这里采用中国的专利集中性来代替全球专利集中性。各项指标计算结果详见表2。

表2 缓控释肥技术领域成熟度测度指标计算结果

二级指标	三级指标	各年份指标计算结果																				
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
技术应用广度	ICP分类号数量	80	113	134	114	89	133	135	285	234	281	237	259	490	679	774	1 307	1 795	2 788	3 000	1 891	1 645
技术先进性	发明专利数量	21	30	29	35	30	46	38	77	69	91	80	103	200	286	342	564	658	769	695	447	352
	引用科学论文数量	4	0	8	3	12	3	2	4	11	14	49	72	201	298	267	389	457	335	506	362	268
	发明人次数量	46	63	97	90	80	150	138	239	298	364	292	395	748	1 110	1 223	1 797	1 996	2 353	2 481	1 953	1 884
技术竞争潜力	权利要求数量	191	301	465	300	318	348	358	897	493	725	624	923	1 251	1 875	1 856	2 731	3 815	4 817	4 887	3 595	3 172
	同族专利数量	18	31	27	30	31	48	41	80	72	96	90	113	203	297	360	594	674	784	723	477	388
	PCT国际专利申请数量	3	6	8	3	4	2	1	4	3	3	4	7	9	6	9	14	17	17	19	19	16
	专利转让与许可次数	10	0	26	12	15	8	21	19	15	17	20	25	51	71	102	80	90	35	49	28	23
技术影响力	专利布局国家数量	7	10	9	9	6	6	8	11	10	10	12	8	10	11	6	12	15	15	14	11	11
	专利集中性	0.142 9	0.200 0	0.129 0	0.371 4	0.483 9	0.625 0	0.688 9	0.686 0	0.729 7	0.814 4	0.714 3	0.842 1	0.867 3	0.931 8	0.953 8	0.943 4	0.957 5	0.970 2	0.954 8	0.938 3	0.924 8
	专利被引次数	109	147	632	269	319	525	305	683	730	663	663	782	1 427	1 680	1 699	2 267	1 480	1 764	823	323	54

对表2指标数据进行Z-score数据标准化处理,并进行KMO检验,计算得到KMO值为0.82,表明本实证数据集适合采用主成分分析方法对各指标进行权重自动赋值。通过主成分分析法确定各个指标的权重后,由此计算缓控释肥技术领域2000—2020年的技术成熟度年度值和累积值。在matlab环境下,通过参数拟合算法得到logistic曲线的参数分别为: $A=15\,989.864\,072\,21$; $B=218.391\,691\,35$; $C=0.274\,760\,90$ 。将曲线中的参数代入技术生命周期划分公式中,可以得到4个生命周期分界点: $x_1=2006$ 、 $x_2=2015$ 、 $x_3=2023$ 和 $x_4=2035$ 。由此可以推断,缓控释肥技术在2007年之前处于技术萌芽

期;2008—2015年处于技术缓慢成长期;2016年开始进入到了快速成长期;到2024年,技术将会步入成熟期,并预计在2035年前后进入技术衰退期。

4.3 结果验证

4.3.1 技术成熟度测度结果验证

分别对4个分析维度2000—2020年的数据进行logistics曲线拟合,并计算分界点(变化拐点),对比分析各维度数据的划分点与技术生命周期的划分点间的

差异率, 差异率的计算方法见公式(3)。

$$P = \frac{\left| \frac{\sum_{i=1}^4 A_i}{4-S} \right|}{S} \quad (3)$$

其中, A_i 分别代表技术应用广度、技术先进性、技术竞争潜力和技术影响力通过logistic曲线拟合计算得到的分界时间点(以0开始); S 代表技术成熟度分界点(以0开始), 计算结果详见表3。

表3 不同维度的技术发展阶段划分

维 度	x_1	x_2	x_3	x_4
技术应用广度 A_1	10.376	17.586	24.796	32.007
技术先进性 A_2	9.359	15.447	21.535	27.624
技术竞争潜力 A_3	8.502	16.938	25.393	33.807
技术影响力 A_4	3.335	11.011	18.681	36.346
技术成熟度 S	7.607	15.604	23.601	35.597
综合差异率 P	3.75%	2.29%	4.23%	8.85%

差异率比对分析结果显示, 从整体上看4个时间点的各维度综合差异率均不超过10%, 这说明各维度的

综合变化趋势与模型计算得出的技术生命周期变化趋势均具有较高相关度。从具体的维度上看, 各个维度下的分界点与技术成熟度的分界点存在差异, 且差异变化程度各异。由此可见, 仅从一个维度并不能准确地反映技术成熟度的发展阶段, 只有综合4个维度的分析结果才能得到更客观的生命周期划分结果。

4.3.2 技术成熟度曲线拟合结果的客观性验证

为了验证研究结果的客观性, 本文与公认的划分结果进行对比。李晓曼^[33]以专利优先权年来表征缓控释肥料领域的技术成熟度状况, 认为在2010年之前该领域属于概念准备期阶段, 2010—2015年属于技术研发阶段, 2016年之后属于技术熟化阶段。在阶段划分上本文与公认的划分结果具有一定的相似性, 只是发展阶段的具体含义有所不同。同时绘制各年度(2000—2020年)基于95%置信度的拟合误差曲线(见图2), 图2显示各年度拟合误差区间均控制在一个非常小的范围内, 且该模型的拟合优度 R^2 为0.997, 这也说明拟合结果是相对客观准确的。

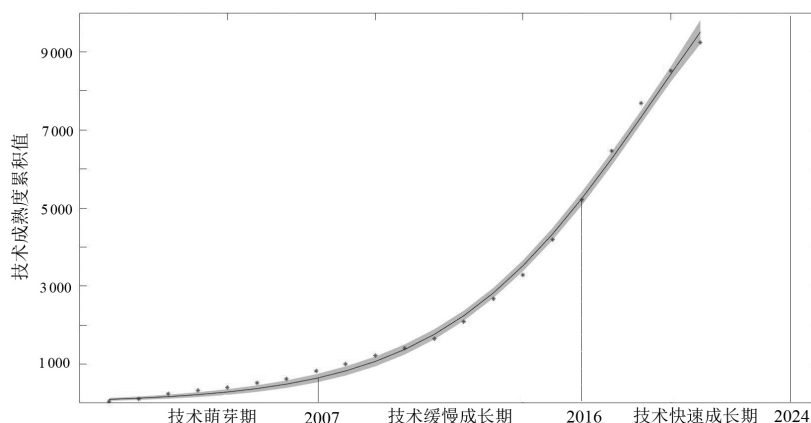


图2 缓控释肥技术生命周期划分

4.4 结果分析

基于技术成熟度分析模型得到的结果, 接下来分别从技术应用广度、技术先进性、技术竞争潜力和技术影响力4个维度对缓控释肥领域技术发展现状及未来发展趋势进行分析。

从技术应用角度看, 该领域在技术发展萌芽阶段专利IPC分类号的数量较低, 关注的领域相对分散, 单件专利涉及的技术分类相对单一。该时期的主要技术

构成为肥料与无特殊肥效的添加剂组分的混合物, 多应用于粮食和烟草作物中。技术缓慢成长期, 该领域的应用范围开始扩大, 逐渐向玉米、土豆、花生等领域扩展。2016年进入技术快速发展阶段后, 肥料的作用对象涉及水果、甘蔗等多种作物, 品种延伸到水果蔬菜等园艺作物领域, 技术应用逐渐广泛化和多元化^[33]。

从技术先进性角度看, 技术萌芽期该领域发明专利数量增长较为缓慢, 年均数量在50篇以下。这一时期技术重点关注无机包膜肥料类产品在性能和产量方面

的提升;技术缓慢成长期,技术研发开始关注产品经济效益的提升及其对作物抗虫抗病性等方面的影响。进入快速成长期后,年均授权发明专利量、年均专利引用科学论文频次以及年均发明人数量均开始迅速增长,这也反映了技术参与者进一步加大了技术研发和创新活动。这一阶段的研究成果主要是天然高分子包膜肥料、合成高分子包膜肥料类产品对土壤稳定性的作用,技术研发重点也从提高产量向环保方面延伸。目前,产品生产成本较高、包膜工艺不成熟等问题是制约该技术进一步发展的主要因素^[34]。根据我国发布的《中国缓控释肥产业白皮书》显示,预计到2025年完成化学肥料减施20%,届时缓控释肥产业技术也将达到一个新的水平,进入技术发展的成熟阶段^[35]。

从技术竞争潜力角度看,技术萌芽期该领域专利的权利要求和同族专利的年均数量相对较低;技术缓慢成长期,技术持有者为了获取更多的市场份额开始向多国申请专利,围绕专利展开的各种交易活动也开始逐渐增多;技术快速发展阶段,专利保护范围持续扩大,同族专利数量、PCT国家专利申请数量都开始迅速增长,专利技术竞争潜力即将达到一个新的水平。

从技术影响力角度看,技术萌芽期该领域的专利布局国家数量较少,主要分布在中国、美国和日本。各国之间的技术影响力相差不大,专利被引频次也保持在一个较低的范围。进入技术缓慢成长期后,专利布局国家开始逐渐向澳大利亚、加拿大和以色列等国扩展。中国的公开专利数量占比超过60%,这是因为中国一直以来作为农业大国,缓控释肥的使用量世界占比达1/3。目前中国在此领域的技术发展仍处于国际领先地位,开发出了聚氨酯类等多种缓控释肥包膜材料^[36],具有较高的技术影响力;同时我国缓控释肥的技术、标准和产出化应用推广规模均已经达到国际领先水平,为后续我国在该领域的技术创新与发展奠定了良好的基础。

5 总结

本文基于专利价值视角提出了一种技术成熟度测度与分析模型,并提供了详细的模型实现流程,最终以缓控释肥技术领域为例进行实验验证。验证结果表明该模型可以从技术应用广度、技术先进性、技术竞争潜力和技术影响力4个维度对目标领域的技术成熟度进行客观测度,克服了单一维度测度结果的片面性,领域适用度更强,实证部分提供的缓控释肥技术领域的成

熟度分析示例具有一定的实践指导意义。

受专利数据在申请、公开、被引方面的时滞影响,技术成熟度计量结果会存在一定程度的误差,后续将考虑增加预测模型来提高计量结果的准确性。同时,鉴于技术成熟度分析的复杂性,未来还需要结合论文、舆情数据等多种数据源,完善技术成熟度分析方法。

参考文献

- [1] NOLTE W L. Did I ever tell you about the whale? Or, Measuring Technology Maturity [M]. Charlotte: IAP, 2008: 12-13.
- [2] 李达,王崑声,马宽. 技术成熟度评价方法综述 [J]. 科学决策, 2012 (11): 85-94.
- [3] 吴燕生. 技术成熟度及其评价方法 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2012: 1.
- [4] 杨良选. 技术成熟度多维评估模型研究 [J]. 国防科技, 2017, 38 (3): 26-33.
- [5] TETLAY A, JOHN P. Determining the Lines of System Maturity, System Readiness and Capability Readiness in the System Development Lifecycle [C]. 7th Annual Conference on Systems Engineering Research, 2009.
- [6] JAN P, ANNAMARIA V, DAMJAN K, et al. Technology readiness level assessment of formalin production pathways [J]. Chemical Engineering Transactions, 2021 (88): 607-612.
- [7] 陶斌斌. 基于技术成熟度的复杂产品研制流程研究 [D]. 南昌: 南昌航空大学, 2017.
- [8] LABUSCHAGNE C, BRENT A C. Social indicators for sustainable project and technology life cycle management in the process industry [J]. The International Journal of Life Cycle Assessment, 2006 (1): 3-17.
- [9] 李志广,檀润华. 基于TRIZ理论的液晶显示技术成熟度预测 [J]. 液晶与显示, 2012 (6): 852-855.
- [10] 王琨,高宇航,袁世雄. 基于TRIZ理论的严肃游戏产品技术成熟度预测 [J]. 黑龙江科学, 2014, 5 (4): 162.
- [11] MARTINO J P. A review of selected recent advances in technological forecasting [J]. Technological Forecasting & Social Change, 2003, 70 (8): 719-733.
- [12] RENÉ L N, RODRÍGUEZ-SALVADOR M, RÍO-BELVER R, et al. A bibliometric method for assessing technological maturity: the case of additive manufacturing [J]. Science to Metrics, 2018, 117 (3): 1425-1452.

- [13] ALBERT T. Measuring Technology Maturity: Operationalizing Information from Patents [M]. Bremen: Scientific Publications, and the Web, Springer Gabler, 2016.
- [14] 冯文娟. 基于实物期权的专利价值评估 [D]. 南京: 东南大学, 2015.
- [15] 许珂, 陈向东. 基于专利技术宽度测度的专利价值研究 [J]. 科学学研究, 2010, 28 (2): 202-210.
- [16] 冯君. h指数应用于专利影响力评价的探讨 [J]. 情报杂志, 2009, 28 (12): 16-20.
- [17] 谢寿峰. 基于专利分析的技术演变与预测研究 [D]. 南京: 南京理工大学, 2014.
- [18] 国家知识产权局专利管理司, 中国技术交易所. 专利价值分析指标体系操作手册 [M]. 北京: 知识产权出版社, 2012.
- [19] 柳晓倩, 王长安, 尹奇. 不同类型专利对经济发展的时效性分析 [J]. 商业经济研究, 2018 (9): 183-185.
- [20] 朱芳芳. 不同类型专利对经济增长影响的实证研究 [J]. 数理统计与管理, 2017, 36 (5): 879-890.
- [21] 范月蕾, 毛开云, 于建荣. 核心专利指标效力研究评述 [J]. 图书情报工作, 2014, 58 (24): 121-125.
- [22] 马永涛, 张旭, 傅俊英, 等. 核心专利及其识别方法综述 [J]. 情报杂志, 2014, 33 (5): 38-43, 70.
- [23] 袁润, 钱过. 识别核心专利的粗糙集理论模型 [J]. 图书情报工作, 2015, 59 (2): 123-130.
- [24] 金柳欣, 李曦, 段丽斌, 等. 基于中国专利金奖统计分析的专利价值提升研究 [J]. 科技情报开发与经济, 2014, 24 (14): 111-114.
- [25] 乔永忠, 肖冰. 基于权利要求数的专利维持时间影响因素研究 [J]. 科学学研究, 2016, 34 (5): 678-683.
- [26] 王玉磊. 我国企业PCT专利申请影响因素研究 [D]. 北京: 北京化工大学, 2014.
- [27] 黄剑飞, 陈响. 浅议高价值核心专利的识别 [J]. 中国发明与专利, 2017, 14 (8): 27-31.
- [28] 马天旗. 高价值专利筛选 [M]. 北京: 知识产权出版社, 2021: 91.
- [29] JAFFE A B, DE RASSENFOSE G. Patent citation data in social science research: Overview and best practices [J]. Journal of the Association for Information Science and Technology, 2017, 68 (6): 1360-1374.
- [30] CHADDHA R L, CHITGOPEKAR S S. A Generalization of the logistic curves and long-range forecasts (1966—1991) of residence telephones [J]. The Bell Journal of Economics and Management Science, 1971, 2 (2): 542-560.
- [31] 钟华, 邓辉. 基于技术生命周期的专利组合判别研究 [J]. 图书情报工作, 2012, 56 (18): 87-92.
- [32] 徐硕. 基于论文和专利资源的技术机会发现方法 [M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2018: 191-193.
- [33] 李晓曼. 基于专利要素特征的技术演化分析 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2020.
- [34] 陈冠霖, 赵其国, OFORI D P, 等. 包膜型缓/控释肥料研究现状及其在功能农业中的应用展望 [J]. 肥料与健康, 2021, 48 (3): 1-6.
- [35] 毛绪强. 匠心十年——中国首部缓控释肥产业白皮书发布 [J]. 农产品市场周刊, 2016 (22): 14-17.
- [36] 吴周周, 刘佳欣, 陈粤彤, 等. 缓控释肥研究现状及其在水稻上的应用 [J]. 中国稻米, 2022, 28 (1): 13-17.

作者简介

罗家豪, 男, 1997年生, 硕士研究生, 研究方向: 技术成熟度, E-mail: 13687092403@163.com.

孙巍, 女, 1978年生, 博士, 研究员, 研究方向: 信息检索可视化、数据挖掘、知识组织。

Research on Technology Maturity Measurement and Analysis Method Based on Patent Value

LUO JiaHao SUN Wei

(Agricultural Information Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, P. R. China)

Abstract: From the perspective of patent value, this paper studies the development maturity measurement and analysis method of the technical field, in order to improve the universality of the method, the multi-dimensional evaluation and the objectivity of the analysis results. Based on the patent value, a four-dimensional technology maturity index system is constructed, and the principal component analysis method is used to automatically weight the indicators, and then through the curve fitting and development stage demarcation point calculation, the technology maturity status and future development trend in this field are analyzed. Using the model proposed in this paper, the multi-dimensional technology maturity evaluation and analysis are carried out in the field of slow and controlled release fertilizer technology (consisting of 5 299 patent data). The results show that the technology field is in a stage of rapid growth and is expected to enter a mature stage of technological development in 2024. The technology maturity analysis method based on patent value overcomes the one-sidedness of single-index evaluation and single-dimensional analysis to a certain extent, and relatively objectively and comprehensively reveals the current status of technology development in specific fields.

Keywords: Technology Maturity; Technology Life Cycle; Patent Value; Slow and Controlled Release Fertilizer Technology

(收稿日期: 2021-12-23)