

基于多维度数据的海关科技竞争力动态评估模型研究

韩晶 路欣 乔彩霞 郭铮蕾 杨宇*

中国海关科学技术研究中心

DOI:10.32629/ej.v8i11.3103

[摘要] 在知识经济时代与科技革命加速演进的背景下,科学、动态地评估机构或学科的科研竞争力,对于国家创新体系的优化、科研资源的精准配置以及创新主体的内涵式发展具有至关重要的意义。传统的科研评价体系因其对论文、项目等单一指标的过度依赖,已难以适应科研活动复杂性、交叉性与应用性日益增强的新格局。本文旨在构建一个基于多维度数据的科研竞争力动态评估模型。该模型的核心在于突破传统框架,综合论文(数量、质量、影响力)、项目(级别、经费)、专利、成果转化、科研团队结构、国际合作网络等多元数据,构建一个更为全面、科学的评价指标体系。本研究的核心创新点在于方法论上的三重突破:首先,引入时序分析,将评估视角从静态截面延伸至动态过程,旨在揭示竞争力的演化路径与驱动机制;其次,运用网络分析,量化科研合作的结构特征与质量,从关系维度解构竞争力的形成基础;最后,通过理论推演与模型对比,系统阐释新综合指标与传统指标在评估哲学、过程与结果上的本质差异。本研究旨在为推动科研评价从“计量导向”向“价值导向”、从“管理工具”向“战略指南”的范式转变提供理论支撑与实践框架。

[关键词] 科研竞争力; 多维度数据; 动态评估; 时序分析

中图分类号: F287.6 **文献标识码:** A

Research on Dynamic Evaluation Model of Customs Technology Competitiveness Based on Multi dimensional Data

Jing Han Xin Lu Caixia Qiao Zhenglei Guo Yu Yang*

China Customs Science and Technology Research Center

[Abstract] Against the backdrop of the knowledge-based economy and the accelerating technological revolution, the scientific and dynamic assessment of research competitiveness—whether at the institutional or disciplinary level—has become pivotal for optimizing national innovation systems, allocating scarce research resources with precision, and enabling the connotative development of innovation actors. Conventional evaluation regimes, anchored to single-point, static indicators such as paper counts and grant volumes, can no longer cope with the growing complexity, interdisciplinarity and application-orientation of contemporary research. This paper therefore proposes a dynamic, multi-dimensional data-driven model for gauging research competitiveness. Departing from traditional frameworks, the model integrates papers (volume, quality, impact), grants (scale, funding), patents, technology transfer outputs, research-team structures, international collaboration networks and other heterogeneous data streams into a holistic, scientifically grounded indicator system. Its methodological contributions are threefold: (i) temporal analytics extend the assessment lens from a static snapshot to an evolutionary trajectory, exposing the drivers and pathways of competitiveness over time; (ii) network analytics quantify the structural properties and quality of research collaborations, deconstructing the relational underpinnings of competitiveness; and (iii) through theoretical deduction and model benchmarking, the study systematically clarifies the philosophical, procedural and resultant disparities between the new composite indicators and their traditional counterparts. The work aims to furnish both theoretical support and a practical blueprint for shifting research evaluation from “metrics-oriented” to “value-oriented”, and from a managerial tool to a strategic compass.

[Key words] research competitiveness; multi-dimensional data; dynamic assessment; temporal analysis

引言

科研竞争力是高等院校、科研院所及科学共同体在全球化知识生产与传播网络中,持续获取、整合并转化创新资源,以产出具有原创性、影响力及社会价值的知识成果,并以此吸引顶尖人才、塑造学术声誉、引领未来发展的核心能力。当前,深化科技评价改革,破除“唯论文、唯职称、唯学历、唯奖项”的痼疾,已成为我国乃至全球科技管理领域的共识性议题。

尽管现有主流评价体系(如基于文献计量学的各类排名)在推动科研显性化方面曾发挥历史作用,但其内在局限性在新时代背景下暴露无遗:

评估维度的单一化:过度聚焦于易于量化的论文与项目,忽视了专利、技术标准、成果转化、智库贡献以及人才培养等体现科研综合价值与知识溢出的关键维度,导致评估结果片面化。

时间视角的静态化:主要依赖某一时间点的截面数据进行排名,无法反映科研竞争力的积累性、周期性及动态演化性,既难以表彰“十年磨一剑”的长期贡献,也无法预警潜在的发展停滞风险。

价值导向的扭曲化:对数量的追求往往压倒了对质量的考量,容易诱发短期功利行为,不利于鼓励面向重大科学问题的原始创新和需要长期投入的交叉学科研究。

合作效应的模糊化:对科研合作,特别是复杂的网络化合作,缺乏有效的衡量工具。简单的合作计数无法揭示合作网络的结构、质量及其对知识创新和资源获取的战略意义。

为从根本上回应这些挑战,本研究提出构建一个基于多维度数据的动态评估模型。该模型立足于系统论和动态能力理论,将科研竞争力视为一个由多要素相互作用、并随时间与环境变化而不断演化的复杂系统。其核心诉求不仅是扩展评价指标的“广度”,更是通过引入时序分析与网络分析等前沿方法,深化评估的“深度”与“远见”,从而实现从描述“过去做了什么”到诊断“现在处于何处”并预示“未来走向何方”的跨越,为科研管理决策提供更具洞察力与前瞻性的科学依据。

1 文献综述与理论框架

1.1 科研竞争力评价研究的演进脉络

科研评价的理论与实践大致经历了从简单计量到综合评估、从静态比较到动态观察的演进过程。早期阶段,科学计量学指标(如论文发表量、引文频次、h指数及其变体)占据了主导地位,其优势在于客观、可比较。随后,评价范围逐步拓展至投入(经费、设备)、过程(管理效率)和产出(专利、奖励)的多个环节,出现了诸如平衡计分卡在科研机构管理中的应用等尝试。国际上,莱顿排名(Leiden Ranking)等通过引入学科归一化引文影响力等指标,致力于提升跨学科比较的公平性。

近年来,研究前沿呈现出两个显著趋势:一是对动态评价的探索,从计算多年累积指标转向分析指标随时间的变化模式、增长趋势与转折点;二是将社会网络分析(SNA)广泛应用于科学合作研究,通过中心度、结构洞等概念量化科研主体在知识网络中

的位置与影响力。然而,现有研究大多仍将动态分析与网络分析作为独立模块,未能将其系统性地、有机地整合进一个综合性的竞争力评估框架之内,也缺乏对由此产生的新评价范式与传统范式在哲学与结果上差异的系统性论述。

1.2 本研究的理论根基

本研究以系统论和动态能力理论为基石,构建自身的理论框架。

系统论视角:将机构或学科视为一个开放的、复杂的科研系统。该系统由人力资源、经费投入、知识基础、技术平台等内部要素,以及与政府、产业、国际学术界构成的外部环境相互作用而成。竞争力是该系统整体功能的体现,因此评价必须涵盖系统的输入、转换、输出及反馈全过程,即一个多维度、结构化的指标体系。

动态能力理论视角:该理论强调组织为适应快速变化的环境而整合、构建和重构内外部能力的的能力。应用于科研评价,则意味着评估不能仅限于衡量当前已具备的静态资源与成果(存量),更需关注其感知机遇与威胁、捕捉新知识、调整研发方向以实现持续创新的动态过程能力(流量与增量)。时序分析正是捕捉和衡量这种动态能力的关键工具。

基于上述理论,本模型构建了一个包含“基础资源支撑力”、“知识产出创新力”、“知识转化影响力”和“网络协同影响力”四个核心维度的综合评价框架,以此全面映射科研系统的结构与功能。

2 多维度动态评估模型的理论构建与方法论创新

2.1 多维度评价指标体系的系统设计

遵循系统性、科学性、导向性与可操作性原则,构建如下表所示的指标体系。所有指标均设计为可按年度采集的时间序列数据,为动态分析奠定基础。

2.2 核心方法论创新:动态与网络视角的深度融合

2.2.1 时序分析:从静态快照到动态影像的范式变革

本模型的核心创新之一是将时间维度内生于评估框架,实现从“截面评估”到“过程评估”的跃升。

综合竞争力指数的动态化构建:首先,对上述多维度指标进行标准化处理以消除量纲影响。继而,采用主客观结合的组合法(如结合层次分析法AHP与客观信息熵的熵权法)确定指标权重,以平衡战略导向与数据本身的信息量。最后,通过线性加权合成年度综合竞争力指数,从而形成一个可追踪的时间序列。

趋势识别、阶段划分与战略预警:对CCI时间序列进行趋势拟合(如线性、非线性回归)、波动性分析和结构性断点检验,可以科学地识别出机构或学科竞争力的增长模式(如线性增长、指数增长或S型曲线)、所处发展阶段(导入期、成长期、成熟期或衰退期)以及可能存在的周期性波动。当一个机构的CCI增长出现长期乏力或趋势性下行时,模型可发出早期预警,提示管理者需深入探究内在原因,及时调整策略。

驱动力分解与政策效应评估:利用面板数据模型等计量经济方法,可以分析在不同时期,各维度指标(如国际合作深度、成

表1 科研竞争力多维度评价指标体系

一级指标	二级指标	指标内涵与理论诠释
A. 基础资源支撑力	A1 团队结构与梯队	反映科研队伍的年龄、职称、学缘结构合理性及高层次人才比重,体现可持续发展的人力资本。
	A2 经费规模与结构	年度科研总经费,按来源(如国家级、部委级、横向合作)分析其构成,体现资源获取能力与科研取向。
	A3 重大项目承载	承担国家重大科技计划、重点研发专项等项目的情况,体现解决国家重大战略需求的能力与学术声誉。
	A4 平台与设施水平	拥有的国家重点实验室、工程中心等平台级别与开放共享程度,是开展高水平研究的物质基础
B. 知识产出创新力	B1 论文产出规模	国际国内权威期刊会议论文数量,表征知识生产的活跃度。
	B2 论文影响力与质量	篇均被引、学科规范化引文影响力(CNCI)、高被引论文率、顶级期刊论文率,核心在于衡量知识的学术价值与前沿性。
	B3 专利产出与布局	发明专利授权数量,特别是国际专利(PT)申请,反映技术创新的能力与知识产权战略意识。
C. 知识转化影响力	C1 技术转移成效	技术开发、转让、咨询合同金额,以及专利许可、转让产生的实际收入,直接体现科技成果的经济价值。
	C2 成果应用与社会效益	科技成果在政策制定、行业发展、公共服务、文化传承等领域产生的非经济性影响,可通过案例研究、社会调查评估。
	C3 国家级科技奖励	获得国家自然科学奖、技术发明奖、科技进步奖等情况,作为同行与社会认可度的重要标志。
D. 网络协同影响力	D1 国际合作广度与深度	国际合作论文的伙伴国家/机构分布,以及合作成果的相对影响力水平,衡量国际学术圈的嵌入程度与质量。
	D2 国内合作中心度	在国内合作网络中,通过计算中心度、中介中心度等指标,衡量其信息枢纽与控制能力。
	D3 产学研融合紧密度	与产业界共建研发机构、共同申请专利、联合培养人才等情况,反映知识双向流动与创新链条的衔接状况。

果转化收入)对CCI变化的边际贡献,从而识别出驱动竞争力变迁的关键成功因素。更进一步,可将重大科技政策或战略调整视为外生冲击,通过双重差分模型等方法,评估这些政策对科研竞争力的净效应,为政策优化提供实证依据。

2.2.2 网络分析: 从独立个体到生态节点的认知升维

本模型将科研主体置于复杂的合作网络中,运用社会网络分析揭示其竞争力的关系基础。

多维合作网络的构建: 依据合作关系的性质,可分别构建“共著论文网络”、“共同申请项目网络”、“专利合作网络”等。节点代表机构或学者,边代表合作行为,边的权重可依据合作频次或合作成果的影响力来确定。

核心网络指标的解析与应用:

中心度指标——衡量网络地位: 中心度衡量合作关系的广泛性(广度); 接近中心度衡量不受他人控制、快速获取网络信息的能力; 中介中心度则衡量其在不同群体间充当“桥梁”的能力,占据“结构洞”位置的主体往往更具信息优势和控制力,易于产生创新思想。

网络密度与凝聚力——衡量团队稳定性: 分析机构内部合作网络的密度与凝聚子群,可以评估其科研团队的整合程度与协同效率。

动态网络演化——追踪战略布局: 通过比较不同时间点的网络图谱与指标,可以可视化地呈现一个机构合作战略的演变,例如其合作伙伴是趋于多元化还是集中化,网络位置是向中心移动还是边缘化,从而评估其网络构建战略的有效性。

2.3 模型的内在逻辑: 传统指标与新综合指标的差异本质

传统评价体系与本模型所倡导的新综合指标之间,存在着深刻的范式差异,这并非简单的指标增减,而是评估哲学的重构。

在评估目标上: 传统指标侧重于排序与甄别,旨在回答“谁

更好”; 而新模型旨在诊断与引导,致力于回答“好在哪里、为何如此、未来如何”。

在价值取向上: 传统指标易导致同质化竞争,所有机构被迫在有限的赛道上“内卷”; 新模型通过多维度和网络分析,鼓励特色化与生态位构建,一个在成果转化上卓越的机构与一个在基础研究上顶尖的机构可以同样获得高度评价。

在时间视角上: 传统指标提供的是历史成绩单; 新模型通过时序分析,提供的是动态心电图与发展导航图,兼具描述、解释与预测功能。

在系统认知上: 传统指标将机构视为独立的竞争者; 新模型通过网络分析,将其视为创新网络中的节点,竞争力不仅源于内部资源,更源于其链接和调动外部资源的能力。

3 模型比较优势、应用前景与实施挑战

3.1 模型的潜在优势与价值

该动态评估模型的应用,预计将为科研管理带来多重范式性的优势:

实现从管理到治理的转变: 模型提供的深度诊断能力,使管理者从简单的绩效评判者,转变为战略规划参谋、资源配置的顾问和机构发展的教练,推动科研管理走向精细化、科学化的治理。

强化战略导向与资源配置优化: 通过识别竞争力的驱动因素和未来趋势,管理机构可以更有依据地制定科技政策、规划重点领域,并将稀缺资源优先配置给最具发展潜力和战略价值的方向与主体。

激发创新主体的内生动力: 一份详尽的、包含动态趋势和网络位置的分析报告,能帮助机构清醒地认识自身的优势、短板以及在宏观创新格局中的方位,从而激发其自我优化、主动寻求合作与转型的内生动力。

3.2 广阔的应用场景展望

该模型具有广泛的应用潜力,可服务于不同层面的决策需求:

宏观层面——国家/区域科技规划:为国家中长期科技发展规划、学科布局调整、人才政策评估提供基于大数据的决策支持。

中观层面——机构管理与战略咨询:服务于高校、科研院所的学科建设、人才引进、绩效分配和合作战略制定。

微观层面——学科自评与团队发展:帮助学科学术带头人评估团队竞争力,明确学术发展方向,优化合作策略。

3.3 模型实施面临的理论与实践挑战

尽管前景广阔,模型的全面落地仍面临一系列挑战,需要在实践中审慎应对:

数据壁垒与治理挑战:多源、异构数据的采集、清洗、融合与标准化是一项巨大工程。涉及机构内部的财务、人事、科研管理等多个系统,以及外部的各类数据库,存在严重的“数据孤岛”问题。

指标权重设定的敏感性与复杂性:权重分配直接决定评估导向。如何平衡定量与定性、过程与结果、长期与短期、基础与应用之间的关系,是一个需要融合专家智慧、民主评议和战略意图的复杂决策过程,且需保持相对稳定与透明。

“过度量化”与“新瓶装旧酒”的风险:任何模型都可能被简化为新的“排名游戏”。必须强调,本模型的输出结果是用于深度分析的起点,而非管理的终点。最终决策必须结合同行评议、现场考察和深入的案例研究,防止陷入新的数字形式主义。

计算复杂度与解释成本:动态模型和网络分析产生的信息量巨大,如何将复杂结果以直观、易懂的方式呈现给不同层次的决策者,并使其能够正确理解和运用,是一个重要的沟通挑战。

4 结论与展望

本文系统构建了一个基于多维度数据的科研竞争力动态评估模型,并深入阐述了其理论根基、方法论创新与应用价值。这一模型通过整合基础资源、知识产出、知识转化和网络协同四

大维度,并创新性地引入时序分析与网络分析,实现了科研评价从静态到动态、从孤立到系统、从同质到特色的范式转变。它不仅是一套更复杂的指标集合,更是一种强调诊断、预警、进化与生态位构建的新的科研治理哲学。

尽管在数据、权重与解释层面面临挑战,但这一方向代表了科技评价改革的内在要求与未来趋势。未来的研究与实践可以沿着以下几个方向深化:其一,探索将替代计量学数据纳入影响力评估,以捕捉科研成果在社交媒体、公共政策中的即时传播与影响;其二,利用自然语言处理与机器学习技术,对科研主题、技术路线进行文本挖掘,实现对未来科技前沿的预测性评估;其三,推动建立开放、协同的科研大数据平台,为这类先进评估模型的落地提供肥沃的土壤。

[参考文献]

[1]李华,薛倩瑶,吴爱萍.不同激励偏好下考虑目标值的动态综合评价方法[J].科技管理研究,2021,41(15):67-73.

[2]天津海关.以“五关”建设为核心打造最具国际竞争力的“一流海关”[J].中国海关,2020(08).

[3]赵飞,艾春艳,游越,等.基于文献计量开展高校科研评估的探索与思考:以北京大学科研竞争力评估为例[J].大学图书馆学报,2014(1):97-101.

[4]雷勋平,Robin Qiu.基于熵权可拓决策模型的科技竞争力评价研究[J].科技进步与对策,2013(3):122-127.

[5]Pintree1社区.海关数据高级分析指标体系:竞争态势与增长动能指标设计[EB/OL],2025-06-11.

[6]Wildgaard L,Schneider J W,Larsen B.A review of the characteristics of 108 author-level bibliometric indicators[J].Scientometrics,2014,101(1):125-158.

作者简介:

韩晶(1980—),女,学士,高级工程师,主要从事海关实验室信息化管理及科技管理研究方向。

*通讯作者:

杨宇(1976—),女,博士,研究员,主要从事海关科技管理研究方向。