

创新认知、创新理论与创新能力测度

罗庆朗,蔡跃洲,沈梓鑫

(中国社会科学院数量经济与技术经济研究所,北京 100732)

摘要:客观准确地测度创新能力是制订科技政策、加快推进创新驱动发展战略的基础性工作。创新测度方法的形成完善是创新认知和创新理论不断深化发展的结果。20世纪50年代以来,三者共同演进,先后出现“创新线性模型”“创新体系”“创新生态系统”等创新理论;在创新测度实践中则有“投入产出法”“综合指标法”“DEA效率评价法”“数据挖掘法”等与之对应。依托“创新生态系统”理论,在数据集成基础上引入数据挖掘法将是创新测度的重要趋势和方向。数据挖掘法是对其他测度方法的补充而非替代;有效整合不同方法下的测度结果将有助于提高测度的客观性和准确性。

关键词:创新理论;创新测度;数据集成;数据挖掘

中图分类号:F064.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—980X(2020)2—0185—07

1912年,熊彼特在其德语版的《经济发展理论》中就创新认知进行了首次系统性阐述,并将创新看做经济发展的内在甚至唯一动力^[1]。自20世纪80年代中后期开始,以保罗·罗默(Paul Romer)等为代表主流经济学家开始强调创新对经济增长的重要性,并开始形成所谓“新增长理论/内生增长理论”^[2-4]。与此同时,弗里曼(C. Freeman)、伦德瓦尔(B.A. Lundvall)等创新经济学家提出了“国家创新体系理论”,并推动该理论应用于经济合作与发展组织(Organization for Economic Co-operation and Development, OECD)有关国家,特别是欧盟各国的政策实践^①。到20世纪90年代,创新对于经济增长的支撑作用已经为学界和政策制定者所普遍认同。

改革开放至十九大之前,中国经济持续40年的高速增长很大程度上是以要素投入特别是投资和资本积累为特征的要素驱动型增长。2010年以后,随着“刘易斯拐点”的到来,以及全球竞争的不断加剧,要素驱动模式越来越难以为继,加快转变经济发展方式成为各界共识。2016年5月,《国家创新驱动发展战略纲要》明确提出要把创新驱动发展作为国家的优先战略,以科技创新为核心带动全面创新,以体制机制改革激发创新活力,以高效率的创新体系支撑高水平的创新型国家建设,推动经济发展动力根本转换。2017年10月,十九大报告进一步从战略高度强调了创新是引领发展的第一动力,是建设现代化经济体系的战略支撑。

为了能更加有效地采取针对性的措施和政策,支持和推动微观主体实施创新活动,有必要对创新的现状,特别是企业、产业、区域及宏观整体的技术创新能力,进行尽可能客观的评价和刻画^②。然而,要对被评价对象的创新能力进行准确测度面临着很多现实的难点。首先,创新活动的基础是知识创造,知识信息的无形特征极大增加了测度的困难;其次,创新活动涉及主体因素众多,主体、因素之间相互作用及动态演化的过程相当复杂,导致对于创新活动的理解至今仍没有一个公认的权威界定;再次,对于创新能力测度所依赖的数据指标来说,有时不同的指标可以用来解释相同的现象,而有时同一个指标又可以用于解释不同的现象^[8]。最后,数据指标的可获得性也是制约创新测度的重要因素。为此,本文后续部分将从历史沿革的视

收稿日期:2020—01—16

基金项目:国家社会科学基金重点项目“数字经济对中国经济发展的影响研究”(18AZD006);2020年度中国社会科学院哲学社会科学创新工程“新一代ICT、数据要素与数字经济”

作者简介:罗庆朗(1979—),男,湖南衡阳人,中国社会科学院数量经济与技术经济研究所站博士后,研究方向:创新经济学;蔡跃洲(1975—),男,江西余江人,中国社会科学院数量经济与技术经济研究所研究员,博士研究生导师,研究方向:技术创新与经济发展;沈梓鑫(1989—),女,江苏无锡人,中国社会科学院数量经济与技术经济研究所助理研究员,研究方向:创新经济学。

① 这得益于部分创新经济学家的双重身份;文献[5]提到,弗里曼在20世纪80年代担任OECD顾问,伦德瓦尔在于1992—1995年出任OECD科学技术产业部(DSTI)副主任。

② “科技创新”与“技术创新”之间有细微差别。孙波^[6]认为,科技创新就是从基础研究到应用研究、试验开发以及研究开发成果商业化的全过程,包括“科学创新”和“技术创新”两部分内容;而江文钲、陈志嘉等^[7]则认为“科技创新”和“技术创新”只是“Technological Innovation”的不同翻译。本文将采用后一种理解,所探讨的创新主要是指“Technological Innovation”。

角,以不同时期的创新认知和创新理论为切入点,梳理创新认知、创新理论和创新测度方法之间的内在逻辑和协同演进关系;对不同时期形成的较为成熟的测度方法进行对比分析;在此基础上,结合大数据时代数据信息获取和数据挖掘手段的特点,对创新测度的发展趋势进行展望。

一、创新理论与创新测度的内在逻辑及历史沿革

(一) 创新测度与创新理论的内在逻辑

较为系统的数据调查和创新测度开始于 20 世纪 60 年代,其标志大约就是 1963 年《弗拉斯卡蒂手册》(Frascati Manual)的首次发布^[9-10]。Godin^[9]将 20 世纪 50 年代以来创新能力测度的发展历程划分为四个阶段:①20 世纪五六十年代,创新测度的指标选取主要关于投入要素,如研发投入、资本强度、科技人才等;②20 世纪七八十年代,创新测度指标体系中纳入了部分的产出要素,如技术专利、创新产品、成品质量等;③20 世纪 90 年代开始,创新测度的重点逐步转向以调查统计和公开数据为基础的创新指标体系;④进入 21 世纪以后,开始进入所谓“第四代”创新测度,强调知识指标、创新网络(network)、创新条件、经济需求、公共政策环境、基础设施条件、社会取向及文化因素等对创新活动成功的重要作用。

上述创新能力测度四个阶段演化的背后正好也是学术界、实业界和政府部门对创新活动认知不断深化并发展出相应创新理论及模型的渐进过程。从后续对创新测度和创新理论历史沿革的梳理将可以看出,创新认知、创新理论和创新测度之间的关联大致遵循着如下内在逻辑:①特定阶段的创新认知通常会逐步形成相应的创新理论;②创新认知和创新理论为创新测度实践提供了依据,并直接影响着创新数据信息收集方式和创新方法的创立;③随着创新认知和理论的发展,创新测度的方式方法逐渐得到拓展。20 世纪 50 年代开始,创新测度及数据信息收集重点的变化,本质上正是创新理论发展和创新认知深化过程的具体体现。

(二) 创新线性模型与创新测度

从源头上追溯,“创新线性模型(linear model of innovation)”是关于创新认知活动的最早理论框架。在创新线性模型中,整个创新过程以一种线性方式被刻画。创新活动始于前端基础研究,中端经历应用开发环节、商业化转化,再向市场扩散推广。早在 1945 年,美国的万尼瓦尔·布什(Vannevar Bush)就曾在《科学:没有止境的前沿》中指出,科学与经济社会进步存在因果关联。从文献研究上来看,这是对创新线性模型的首次明确提出^[10-11]③。根据对创新过程认知的深化,创新线性模型的发展又可以进一步划分为三个阶段:①20 世纪 50 年代至 60 年代中期的“技术推动模型”,该阶段将创新看做是简单的线性序贯过程,重点强调 R&D 活动的核心地位;②20 世纪 60 年代中期至 70 年代初期的“市场拉动模型”,该阶段开始强调市场的重要性,认为市场需求应成为创意的来源和 R&D 活动努力方向,而 R&D 活动则处于被动地位;③20 世纪 70 年代初期至 80 年代中期的“耦合链接模型(coupling model)”,该阶段将创新看做序贯但有反馈回路的过程,是推动-拉动相结合的结果,强调 R&D 活动和市场需求之间相互作用和动态平衡^[8,10,12]。

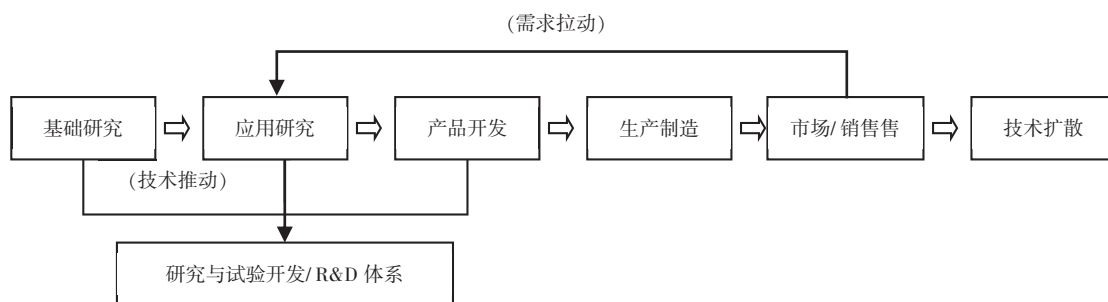


图 1 创新线性模型流程环节示意图^④

从时间节点和跨度上看,“创新线性模型”理论的出现与 Godin^[9]中创新测度的第一阶段和第二阶段基本

③ Godin^[10]认为,线性模型的发展可以划分为三个阶段,由 1945 年以前的“基础研究→应用研究”模式,逐步拓展到“基础研究→应用研究→开发”模式,最终又增加了“商业化生产”和“技术扩散”等非研究开发环节形成完整的创新线性模型。Rothwell^[12]、Dodgson 和 Hinze^[8]又根据实现商业化的动力来源,将创新的线性过程进一步划分为“技术推动模型”、“市场拉动模型”以及“耦合链接模型”。

④ 结合 Rothwell^[12]、Godin^[10]相关文献整理而得。

重合;其中,“技术推动模型”与第一阶段相重合,而“需求拉动模型”和“耦合链接模型”与第二阶段相重合。对比创新模型的主要特征与对应创新测度阶段的主要指标则不难发现,这种重合并非巧合而是有其逻辑上的必然性,是测度方法顺应创新模型和创新理论的结果。“技术推动模型”强调技术研发的重要性,将R&D活动置于技术创新活动的核心环节;相应地,创新测度第一阶段所关注的正是以“R&D支出”为代表的技术创新投入,与“技术推动模型”的核心思想完全契合。类似地,“需求拉动模型”和“耦合链接模型”强调“市场”对R&D活动的影响和后端环节对前端的反馈和回路;相应地,创新测度的第二阶段开始增加了产品、专利等表征创新产出的指标。

(三)创新体系理论与创新测度

20世纪80年代末,在创新经济学领域,以弗里曼、伦德瓦尔、纳尔逊(R. Nelson)等一批学者,从系统论角度提出国家创新体系(National Innovation System, NIS)的概念和理论,对影响经济体创新能力的各种因素进行分析。创新体系理论的出现缘起于对国别间创新效果差异的反思,因此,该理论出现后的20世纪90年代,宏观层面(包括国家、区域及产业等)的创新能力是理论界和政策制定者关注的焦点。根据国家创新体系理论,国家层面的创新能力是国家(或经济体)框架内大学、科研机构、政府、企业、社会中介等多方主体(actors),在教育体系、产业关联、科技研发体系、政府政策、文化传统等各种正规或非正规制度形成的创新环境中,相互作用、动态演化实施创新活动的能力;创新体系理论强调的是经济社会发展过程中逐步形成的“制度体系”和包括主体之间相互信任、网络关系及社会规范在内的所谓“社会资本(social capital)”对经济发展的促进作用^[13-22]。Rothwell^[12]、Dodgson和Hinze^[8]提出的创新认知的第四个阶段——“集成与平行发展模型(Integration and parallel development model)”,正是创新体系理论的体现。该模型的微观现实基础正是20世纪80年代中后期日本创新型企业实施创新活动中所采取的集成和平行推进模式。

创新体系理论的上述特征同样对当时的创新测度产生了重大影响。对照Godin^[9]划分的创新测度的“第三阶段”不难发现,20世纪90年代创新测度所强调的指标体系恰恰折射出“创新系统理论”对创新活动系统性、复杂性特征的认知。此外,为了满足利用指标体系测度评价的要求,同时也便于获取有效且国际间可比的数据,OECD于1992年发布了第一版的《奥斯陆手册》(Oslo Manual),用于指导基于微观企业层面的创新统计调查。

(四)创新生态系统与创新测度

20世纪90年代,Moore^[23]首次提出“商业生态系统(business ecosystem)”的概念,将创新型企业及其所形成的商业生态系统与生物生态系统进行了类比分析。此后,“创新生态系统(innovation ecosystem)”的概念和理论逐步形成,并为科技政策部门所接受。对于创新生态系统的理解主要是指某个区域(国家)内由不同行动主体(actors/entities)、无形关联(intangibles)等因素相互作用、共生共栖,推动创新活动而形成的,既有较强稳定性、又不断变化的复杂网络体系,不妨称之为“区域/国家创新生态系统”。区域创新生态系统由科技人才、顶尖大学和研究机构、能为新创公司和新研究计划提供充足的融资机构等要素所构成;其主要特征有,大公司与新创公司共生共栖、公司之间专业分工且紧密合作、定位于本地公司需求的专业性服务公司、本地市场对新产品有着充足的需求、全球性网络、系统内公司对“命运共同体”的认同、政府对有潜力基础研究的持续资助等等^[24-26]。

“创新生态系统”的思想和理念同样影响到创新测度。在Godin^[9]划分的第四代创新测度中,网络关系、经济需求、公共政策环境、基础设施条件、社会取向及文化因素等隐性因素和无形关联成为创新测度所关注的焦点。另外,进入21世纪后,创新测度所依据的基础性数据信息不再局限于科技统计指标和创新调查数据,微观层面的企业财务数据、区域内研发人员个人信息、区域基础设施及社会环境信息等,都被列入收集范围,用于对创新生态系统进行全方位评价和测度。

二、创新测度实践中的成熟方法

自20世纪50年代以来,在创新测度实践中先后形成了“单一指标法/投入产出法”“综合指标法”“DEA效率评价法”以及“建模计量法”等较为成熟的方法。每种测度方法都能从特定角度反映出创新活动的某些特质,同时也是特定创新理论主要思想的体现。其中,“单一指标法/投入产出法”可以算是“线性创新模型”理论的产物;“综合指标法”对应于“创新体系理论”;“DEA效率评价法”背后兼具“创新线性模型”和“创新体系

理论”的双重影响;而“建模计量法”则更多是一种符合主流经济学范式的创新能力影响因素分析方法。

(一)投入产出法/单一指标法

在 20 世纪 80 年代以前,对创新的认知以“线性创新模型”为主导,创新活动被简单地划分为包括 R&D、市场开发在内的几个序贯环节,相应的测度主要是通过表征创新投入和创新产出的少数几个单一指标来实现。其中,“R&D 支出”是最常用的投入指标;而“专利数量”及“论文发表”则是最常用的产出指标。由于简单易行,这种做法得到各国政府部门和国际组织的广泛认同。OECD^[27]于 1963 年发布了第一版的《弗拉斯卡蒂手册》(*Frascati Manual*),用来规范各成员国“R&D 支出”的调查统计。在专利方面,OECD^[28]在 20 世纪 70 年代末的两次研讨会基础上,也发布了专门的《专利手册》,用来规范“专利产出”的调查统计。此外,还有针对技术贸易统计的《TBP 手册》和科技人力资源投入的《堪培拉手册》^[29-30]。

(二)综合指标法

综合指标法的大致做法如下:依托创新系统理论,从多维度构建一套指标体系;通过设定基准值等方式,对各指标原始数据进行标准化处理,使所有指标具有同样的测度单位;采用特定方法为各指标赋权,合成一个综合指数,用于对不同被评价单元间(可以是国家、区域、产业及企业)创新能力比较和排序。^⑤目前作为创新能力评价的一种标准做法,综合指标法在创新测度实践中被国际组织和民间智库等所广泛采用^[31],相关组织和机构有欧盟委员会(European Commission, EC)、联合国开发计划署(United Nations Development Program, UNDP)、联合国工业发展组织(United Nations Industrial Development Organization, UNIDO)、世界知识产权组织(World Intellectual Property Organization, WIPO)、世界经济论坛(World Economic Forum, WEF)及兰德公司(RAND)等。比较有代表性的例子是欧盟于 2000 年率先提出的“欧洲创新记分牌”^⑥和美国康奈尔大学、欧洲工商管理学院与 WIPO 于 2007 年开始共同编制发布的“全球创新指数(global innovation index, GII)”。

(三)DEA 效率评价法

通过 DEA 效率评价法测度创新能力的基本思路如下:主要创新投入在创新生态系统中各创新主体的相互作用和制度规则的引导约束后最终转化为创新产出。这种创新的投入产出转化效率是创新主体创新能力的重要体现。所以,针对创新能力的测度就转变为了针对创新效率的测度,而 DEA(数据包络分析)方法作为一种相对有效的评价方法正是测度决策单元的恰当途径。上述逻辑,一方面重点关注创新活动的两端,即创新投入和创新产出;另一方面 DEA 效率评价法也需要构建创新投入产出指标体系,并认同创新活动的系统性特征,但却利用数学规划工具巧妙地回避了刻画系统性特征的具体难点和障碍。通过大量实证研究可以得出结论,许多国家之所以会出现生产率增速下降现象,应该从创新体系效率的差异角度去寻找原因解释。

(四)建模计量法

建模计量法的通行做法如下:①在新增长理论的框架下,梳理出影响创新能力的主要因素;②基于主流经济学的基本范式建构数理模型;③在数理模型下寻找代理变量,就各相关因素对被测度单元创新能力的影响程度进行实证检验和定量分析。在一些经典的建模计量法文献中, Furman 等^[32]、Furman 和 Hayes^[33]以创新体系理论、新增长理论以及竞争优势理论为基础,遵循知识生产函数的方式构建数理模型。基于数理模型的结构,寻找合适的代理变量,收集 OECD 各个国家以及具有高水平创新能力的经济体数据,然后针对影响国家创新能力的主要因素进行实证检验和计量分析。基于 Furman 等^[32]的研究显示,公共政策在国家创新能力的提升方面发挥了重要作用;Furman 和 Hayes^[33]的进一步研究表明,创新领域的公共政策及基础配套设施只是必要条件,而真正提高一国国家创新能力的核心要素则需要不断增加创新领域的金融和人力资本投资。

三、数据挖掘法及未来创新测度趋势展望

(一)创新测度实践中的数据挖掘方法

进入 21 世纪后,随着“创新生态系统”理论的兴起,理论界及政策制定部门对创新活动的认知提升到一

⑤ 为了提高综合指标法测度的准确性,操作过程还可以细分为更多的步骤,包括指标体系框架的确定、具体指标的选择、缺失数据的弥补、指标权重的确定、评价结果的稳健性分析等。

⑥ 2010 年 10 月,原有的 EIS 被重新修订,并改名为创新联盟记分卡(innovation union scoreboard, IUS)。

个新的高度;而前述几种较为成熟的测度方法以及传统的科技统计指标和创新调查数据无法有效刻画创新生态系统下创新主体相互作用、共生共栖等复杂社会网络关系特征。顺应“创新生态系统”理论的内在要求,部分实证研究从拓展数据信息来源出发,尝试着采用文本挖掘、复杂社会网络分析等数据挖掘及大数据分析工具,测度评价特定对象的创新能力。

Cahibano等^[34]认为,利用企业的财务数据和财务会计信息很可能是创新(能力、绩效)测度的有效途径,例如将“市场与账面价值比(市场价值/账面价值)”作为创新测度的主要财务指标;并就规范企业财务报告和信息披露以提供更多无形资源和创新相关活动信息提出了一些原则。Shapira和Youtie^[35]通过4个案例展示了如何运用数据挖掘工具,对论文发表、专利等数据库进行挖掘并从中提炼出特定地区在特定领域(行业)与知识和创新相关的信息,包括专利、论文发表、发明人或作者等信息的分布地图及网络关系。这类信息在客观上推动了地方政府经济发展模式(范式)的转变,即由吸引大公司、培育创新型初创企业向完善区域创新体系和创新网络转变。国内学者赵炎和孟庆时^[36]则通过挖掘分析11个中国高科技产业联盟中的网络子群密度、子群重叠等特性,强化对创新网络结构的认知,并以此为基础评价测度高科技企业的创新能力。

(二)创新测度发展趋势展望

虽然Cahibano等^[34]、Shapira和Youtie^[35]、赵炎和孟庆时^[36]的工作只是一些初步设想和尝试,但对于改善测度效果有着重要的启示。以“创新生态系统”理论为指导,在多方集成数据信息基础上运用数据挖掘及大数据分析工具,将成为未来创新测度发展的重要趋势。

首先,创新生态系统理论将成为未来创新测度实践的重要支撑。近年来,“创新生态系统”理论正日益为学界和政策制定部门所认同和重视;随着创新活动实践发展和丰富,“创新生态系统”理论本身将不断完善并成为未来指导创新能力测度的理论依据。

其次,多方集成创新主体和创新活动的信息是数据挖掘法应用的前提和基础。创新生态系统视角下微观层面的创新活动复杂性、网络性、交互性等特征更为突出,必须通过多种不同角度的数据信息来直接或间接反映。这些信息依靠传统的宏观科技统计及调查数据无法满足;需要多方收集包括企业财务报表、政府补贴、专利申请、科技奖励、研发人员、实验室建设、研发部门规模等在内的数据信息,经数据清洗和匹配后构建多维度的创新活动数据仓库,作为运用文本挖掘、复杂网络分析、统计学习等数据挖掘工具的数据基础。

最后,数据挖掘法与其他测度方法相互补充、互为印证,共同提高测度结果的客观性和准确性。由于创新活动内在的复杂性特征,每种测度方法都不可能做到全面客观。而且不同创新测度方法所依据的理论基础虽有不同,但不同理论之间的差别更多来自认知视角的差异,方法之间并非是互斥关系;在条件允许情况下,集成不同测度方法有助于提高测度结果的客观性和准确性。

四、总结性评论

本文前述各部分从历史沿革的视角梳理了创新认知、创新理论和创新测度方法之间的内在逻辑关联及共同演进历程;就创新测度实践中“投入产出法”“综合指标法”“DEA效率评价法”“建模计量法”等较为成熟测度方法的特点进行了分析;并结合测度实践中数据挖掘方法的应用,对创新测度未来的发展趋势进行展望。据此可以得出以下判断:

第一,对创新活动的认知及其相对应的创新理论为创新测度方法形成和测度实践提供了指导,创新测度方法的不断完善是创新理论不断深化和发展的结果。20世纪50年代以来,伴随对创新活动认知的不断提升,先后形成了“线性创新模型”“创新体系”“创新生态系统”等创新理论,并相应出现“投入产出法”“综合指标法”“DEA效率评价法”“数据挖掘法”等测度方法。

第二,“(创新)投入产出法”“综合指标法”“DEA效率评价法”等较为成熟的创新测度方法,都能从特定的视角反映出被测度对象(单元)的创新能力,在测度实践中也得到广泛应用。然而,这些方法都难以有效刻画创新活动复杂性、系统性、网络性、交互性等内在特质。

第三,依托“创新生态系统”理论,在多方集成数据信息资源基础上引入文本分析、复杂社会网络等数据挖掘和大数据分析工具是未来创新测度实践的重要趋势。“创新生态系统”理论深化了对创新活动的认知,数据挖掘法的内在特征正好契合了这种认知的要求。当然,数据信息是创新测度的基础,要真正将数据挖掘法运用于测度实践,必须多方收集集成相关数据信息。

第四,探索数据挖掘法在创新测度中的应用并非对其他成熟测度方法的否定,不同方法之间是一种互补关系。事实上,不同测度方法之间的差别既来自于方法论层面,也来自于背后不同的创新理论及创新认知;有效整合不同方法得出的测度结果将有助于改善测度效果。

参考文献

- [1] SCHUMPETER J. The theory of economic development[M]. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1934.
- [2] ROMER P. Increasing returns and long run growth[J]. Journal of Political Economy, 1986, 94: 1002-1037.
- [3] ROMER P. Endogenous technological change[J]. Journal of Political Economy, 1990, 98: 71-102.
- [4] AGHION P, HOWITT P. Endogenous growth theory[M]. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1988.
- [5] SHARIF N. Emergence and development of the national innovation systems concept[J]. Research Policy, 2006, 35: 745-766.
- [6] 孙波. 科技创新浅析[J]. 科技情报开发与经济, 2003(12): 185-186.
- [7] 江文钜, 陈志嘉. “科技创新”概念之诠释[J]. 生活科技教育月刊, 2008(6): 1-2.
- [8] DODGSON M, HINZE S. Measuring innovation[J]. Research Education, 8(2): 101-114.
- [9] GODIN B. The rise of innovation surveys: Measuring a fuzzy concept[J]. Project on the History and Sociology of STI Statistics, 2003(16): 1-26
- [10] GODIN B. The linear model of innovation: The historical construction of an analytical framework[J]. Science, Technology, & Human Values, 2006, 31(6): 639-667.
- [11] FREEMAN C. The “National System of Innovation” in historical perspective[J]. Cambridge Journal of Economics 1995, 19: 5-24.
- [12] ROTHWELL R. Towards the fifth-generation innovation process[J]. International Marketing Review, 1994, 11(1): 7-31.
- [13] LUNDVALL B. Innovation as an interactive process: From user-producer interaction to the national system of innovation[M]. The Learning Economy and the Economics of Hope, London: Anthem Press, 2016: 61-84.
- [14] LUNDVALL B. National systems of innovation: Towards a theory of innovation and interactive learning[M]. London: Pinter, 1992.
- [15] OECD, National innovation system[M]. Paris: OECD Publications, 1997.
- [16] GODIN B. National innovation system: The system approach in historical perspective[J]. Science, Technology, & Human Values, 2009, 34(4): 476-501.
- [17] FREEMAN C. Continental, national and sub-national innovation systems: Complementarity and economic growth[J]. Research Policy, 2002, 31: 191-211.
- [18] FREEMAN C, LUC S. Developing science, technology and innovation indicators: What we can learn from the past[J]. Research Policy, 2009, 38: 583-589.
- [19] FAGERBERG J, MARTIN S. National innovation systems, capabilities and economic development[J]. Research Policy, 2008, 37: 1417-1435.
- [20] NELSON R. Economic development from the perspective of evolutionary economic theory[J]. Oxford Development Studies, 2008, 36(1): 9-21.
- [21] SEMIH A, WEEL B. Social capital, innovation and growth: Evidence from Europe[J]. European Economic Review, 2009, 53: 544-567.
- [22] PELLE A, OLSSON O, YANAGIZAWA D. Social capital vs institutions in the growth process[J]. European Journal of Political Economy, 2009, 25: 1-14.
- [23] MOORE J. Predators and prey: A new ecology of competition[J]. Harvard Business Review, 1993, 71(3): 75-86.
- [24] JACKSON D. What is an innovation ecosystem?[EB/OL]. http://www.erc-assoc.org/docs/innovation_ecosystem.pdf, 2012-11-28.
- [25] OKSANEN K, ANTTI H. Transforming regions into innovation ecosystems: A model for renewing local industrial structures[J]. The Innovation Journal: The Public Sector Innovation Journal, 2014, 19(2): 2-16.
- [26] PCAST. Sustaining the nation's innovation ecosystem[R]. Washington DC: Report on Maintaining the Strength of Our Science & Engineering Capabilities, 2004.
- [27] OECD. Frascati manual: Proposed standard practice for surveys on research and experimental development[M]. Paris: OECD Publications, 2002.
- [28] OECD. Patent manual: The measurement of scientific and technological activities using patent data as science and technology indicators[M]. Paris: OECD Publications, 1994.
- [29] OECD. TBP manual: Proposed standard method of compiling and interpreting technology balance of payment data[M]. Paris: OECD Publications, 1990.
- [30] OECD. Canberra manual: The measurement of scientific and technological activities manual on the measurement of human resources devoted to S&T[M]. Paris: OECD Publications, 1995.

- [31] GRUPP H, TORBEN S. Review and new evidence on composite innovation indicators for evaluating national performance [J]. *Research Policy*, 2010, 39: 67-78.
- [32] FURMAN J, PORTER M, STERN S. The determinants of national innovative capacity[J]. *Research Policy*, 2002, 31(6): 899-933.
- [33] FURMAN J, HAYES R. Catching up or standing still? National innovative productivity among “follower” countries 1978-1999[J]. *Research Policy*, 2004, 33: 1329-1354.
- [34] CAHIBANO L, GARCIA-AYUSO M, PALOMA SANCHEZ M. Shortcomings in the measurement of innovation: Implications for accounting standards settings[J]. *Journal of Management and Governance*, 2000, 4(4): 1-24.
- [35] SHAPIRA P, YOUTIE J. Measures for knowledge-based economic development: Introducing data mining techniques to economic developers in the state of Georgia and the US south[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2006, 73: 950-965.
- [36] 赵炎, 孟庆时. 创新网络中基于结派行为的企业创新能力评价[J]. *科研管理*, 2014, 35(7): 35-43.

Review on Innovation Recognitions, Innovation Theories, and the Measurement of Innovation Capacity

Luo Qinglang, Cai Yuezhou, Shen Zixin

(Institute of Quantitative & Technological Economics, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732, China)

Abstract: The emerging and consummating of innovation measurement methods can be treated as the result of the improvement of innovation recognition and theory. Ever since 1950s, with the co-evolution of recognition, theory and measurement, there came out the “linear model of innovation”, “innovation system approach”, and “theory of innovation ecosystem”, and the measuring methods of “innovation input and output”, “composite indicator”, “DEA” and “data mining”, etc. The former 3 can measure the innovation capacity of the target unit from different angles, and have been widely used in practice. However, the complex, systematic, networking, interacting features of innovation activity can hardly be reflected with these method. In the guidance of the innovation ecosystem theory, data mining based on data integration may be a good solution and a prospective trend. And combing different methods will improve the accuracy of measuring results.

Keywords: innovation theory; measurement of innovation capacity; data integration; data mining

(上接第 184 页)

Study on Trust of Demand-side Food Supply Chain Based on Cloud Model

He Jinxia^{1,2}, Wang Wenliang¹

(1. Henan Agricultural University, Zhengzhou 450000, China; 2. Henan Institute of Engineering, Zhengzhou 450000, China)

Abstract: Trust is helpful to the cooperation of enterprises. Different trust types can produce different cooperation efficiency. Cloud model is used to evaluate the trust degree among the enterprises in the demand-side food supply chain to help select the appropriate trust type. Trust decision logic is used to prove the correctness of trust type selections. The results show that the relational trust between food processors and producers is at a higher level, and the calculative trust is at a lower level, so the relational trust should be chosen. The relational trust between food processors and distributors is at a lower level, and the calculative trust is at a higher level, so the calculative trust should be chosen. The analysis of trust decision logic verifies the correctness of the research results.

Keywords: demand-side food supply chain; trust evaluation; trust type; cloud model