

基于多 Agent 的企业协同创新结构及行为模型研究

胡广阔 李亚兵 张清辉

(兰州理工大学 经济管理学院,甘肃 兰州 730050)

[摘要] 现代企业正经历着网络化、多主体和协同创新的演化过程。本文从纵向、横向和外围视角分析了现代企业协同创新网络体系。借助 Agent 的感知性、交互性和自适应性等特点,构建了基于多 Agent 的协同创新结构模型,并在此基础上建立了识别与判断 Agent、协同决策 Agent 和创新深化 Agent 行为模型,以提升创新效率,降低创新风险。

[关键词] 多 Agent 协同创新 结构 行为模型

[中图分类号] F270

[文献标识码] A

[文章编号] 1674-3288(2016)01-0043-05

[收稿日期] 2015-12-11

[基金项目] 甘肃省财政厅高等学校基本科研业务费项目“基于区际产业联动的企业协同创新绩效提升研究”(13-056001);国家社科基金项目“战略性新兴产业共性技术开发与政策创新研究”(10BGL034)

[作者简介] 胡广阔(1973-),男,陕西兴平人,兰州理工大学经济管理学院副教授,研究方向:服务管理与技术创新;李亚兵(1973-),男,甘肃庄浪人,兰州理工大学经济管理学院教授,博士研究生,研究方向:中小企业管理与服务管理;张清辉(1972-),男,甘肃白银人,兰州理工大学经济管理学院教授,研究方向:技术创新管理。

一、引言

在信息技术迅速发展和经济全球化的推动下,产业边界趋于模糊,不同产业间相互交叉、相互融合。产业内部的企业在开放的环境下,基于模块化的知识分工也形成较为显著的差异;而差别促进联系,联系扩大差别,这是事物的发展规律,企业也不例外,企业之间的差异促进了知识的关联,也就是协同。不同企业通过战略协同、组织协同和技术协同推动技术进步,创造更符合客户需求的产品和服务,提升顾客价值,实现企业的可持续发展。在企业通过协作实现整体优化的过程中,如何应用现代信息系统科学,整合资源、协同互动、提高创新的速度和效率成为一个迫切需要解决的问题。

众多学者从不同角度研究了企业协同创新问题。陈晓红(2006)针对中小企业技术创新不足和缺陷,提出了“四主体动态模型”新体系^[1]。喻汇(2009)构建基于技术联盟的协同创新系统^[2]。吕静(2011)提出了改进的中小企业协同创新模型,并应用“智猪博弈”模型分析了政府行为对协同创新的影响^[3]。唐丽艳(2012)构建了中小企业协同创新网络模型,并将网络结构划分为客观资源层、资源转化层和主观行为层^[4]。李大庆(2013)研究了产业集群中科技型小微企业的协同创新模式问题^[5]。这些研究为推动中小企业在协同创新上的发展提供了很好的理论指导和参照价值。然而对于因素众多、关系繁冗和多利益冲突主体的复杂经济系统来说,传统模型和分析方法着重于简化、抽象和机械,这会导致两方面的瑕疵:第一,它在描述系统时缺少客观性和真实性;第二,容易扭曲和忽略系统之间的互动关系。我们认为系统的复杂性是深度地、不可避免地和系统内外部联系在一起,必须重视多主体之间的交互作用,这也基于多 Agent(主体)系统的理论思想。可以说,Agent 的很多优良属性为我们研究复杂经济系统提供了一个独特的视角。

本文以现代企业协同创新效率为研究对象,以协同创新系统结构和流程为研究内容,基于 Multi-Agent 思想和方法试图对网络环境下的企业协同创新体系进行另辟蹊径的探索性研究。

二、现代企业协同创新网络体系构建

20 世纪初开始的大规模工业化生产方式造就了以大企业为主导的产业结构和组织方式。企业的创新活

动基本上是在企业内部完成的,创新的协同工作也是集中和窄范围的。但是 20 世纪末期,这种大规模生产满足大批量同质化消费的时代日渐式微,而定制化和多样化的市场需求环境促使企业的组织方式呈现出网络化趋势,这是学术界和业界普遍的认同。与此同时,企业的创新活动也从内部的平台设计、模块化协作发展到公司间基于产业网络和多主体间的分工协同,独立法人企业随之成为复杂经济系统的一个协同单元而存在。现代企业协同创新网络体系如图 1 所示。

现代企业协同创新网络是基于知识和服务分工的。从横向上看,这种分工是组织间的分工,即在核心企业周围衍生出大大小小的关联企业,这些关联企业凭借自己的关键资源和能力与核心企业发生交互协同作用。这种协同是一种专业化链接,大多数企业只需承担与自己专业化生产核心能力相称的部分,就可以与核心企业形成节点。当它的创新活动与核心企业协调一致时,这个网络节点就会形成强关联。

在网络系统演化的压力下,每个关联企业都全力以赴提升自己的核心能力和创新效率,才不至于被网络系统淘汰,这就形成了网络系统整体的动态稳定性。当然,关联企业主要以生产性服务企业为主,比如信息服务、研发服务、法律服务、设计、培训、金融保险、物流仓储、会计、税务、营销、管理咨询、会展等服务型企业。除此之外,关联企业还包括与核心企业展开竞争的其他企业。需要说明的是,关联企业也可能是其他子系统里的核心企业,它也有协同创新的需求。

现代企业协同创新的纵向关联并不是基于垂直的权力结构,而是产业链的交互关系。供应商为核心企业提供原材料、半成品、燃料、设施设备、零部件等,其专业化水平和创新能力对核心企业的产品质量和创新活动影响巨大,双方存在协同创新的需求和条件。在现代消费社会,碎片化的客户需求不得不要受到关注,在与客户的协同中寻求创新切入点是核心企业适应市场环境变化的不二法宝。

在这个非线性、分布式创新网络体系中还存在着契约关系的外围创新主体:全球范围内的高等院校、科研机构以及国内各级政府和行业协会。企业依据市场交易规则,提供创新资源和课题,大学及科研机构通过针对性进行创新研究,提供科研成果、技术咨询或培训,双方在创新目标引导下加强交互沟通。这种协同创新可以是短期的项目协作,也可以是中长期的基地共建、重点实验室共建等内容。政府在创新网络中是不可或缺的力量,它主要职责是进行创新政策引导和创新激励,并提供创新资金和创新信息。行业协会在创新网络中起到协调和促进知识共享的重要作用。

总而言之,企业的协同创新呈现出网络化、分布式特点,而多 Agent 的优良属性为协同创新提供了较好的思想和工具。

三、基于多 Agent 的企业协同创新系统结构

(一) Agent 及多 Agent 系统

Agent 发轫于 20 世纪 70 年代美国麻省理工学院开展的分布式人工智能的研究。Wooldridge 等人(1995)给出了关于 Agent 的强—弱定义^[6]。弱定义——Agent 是一个具有自主能力、社交能力、反应能力和预测能力等属性的软硬件系统,强定义——Agent 不仅具有以上属性,而且具有知识、信念、目的、义务等人类特有的属性,除此以外,Agent 还具有移动性、诚实性、仁慈性和理智性等特质。人们对 Agent 思维状态的研究基本形成了统一的认识,即 Rao 和 Gergeff 提出的 BDI 理论。信念(Belief)是指 Agent 所掌握的关于当前世界状态以及为达到某种效果可能采取的行为路线的估计;愿望(Desire)是指 Agent 对未来世界状态以及可能采取行动路线的喜好;意图(Intension)是指 Agent 的行动序列,以及对该行动序列的控制和监督。

多 Agent 是指多个 Agent 通过智能协同完成某些任务来达到目标的复杂系统。该系统具有松散耦合性,每个 Agent 分布式运行,其目标和行为也是独立自主的,但各个 Agent 之间相互协同与服务,彼此之间的目标

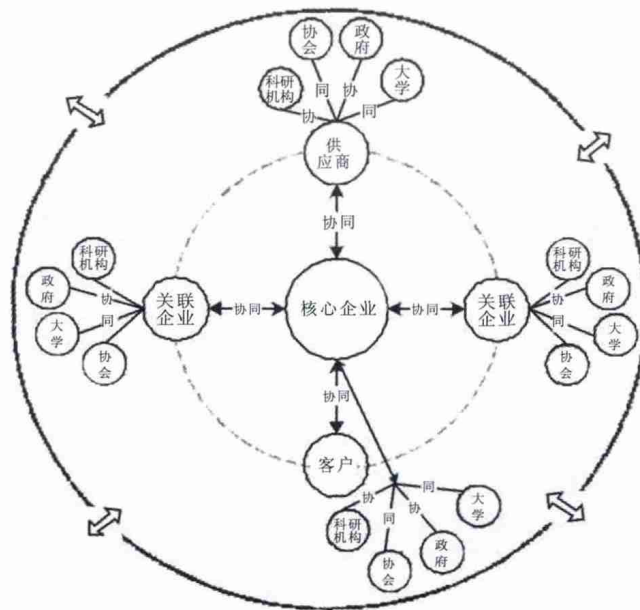


图1 现代企业协同创新网络体系结构图

和行为冲突通过协商的手段解决。它对总体问题的求解能力大于各个 Agent 能力的简单相加。多 Agent 通过各个 Agent 之间的通讯、合作、协调、管理和监督来组织系统的结构、功能和行为。

多 Agent 系统根据具体环境来设计 Agent 之间的竞争与协同关系,确定系统的组织结构。对于企业协同创新问题,本文设计了联邦制结构,即通过协调器来减少多 Agent 系统中的协调活动信息量,增强系统的稳定性和可扩展性。如图 2 所示,企业所建立的协同创新中心是核心协调器,还有外围协调器、服务协调器和企业协调器,每个协调器将一组 Agent 聚集成小的 Agent 集合,集合内部的每个 Agent 通过协调器进行通信和行为协商,同时协调器代表整个 Agent 集合与系统中的其他协调器进行通信和行为协商。这种结构简化了系统计算的复杂性,并增加了系统的可控制性,比较适合复杂、动态的企业协同创新网络的现实需求。

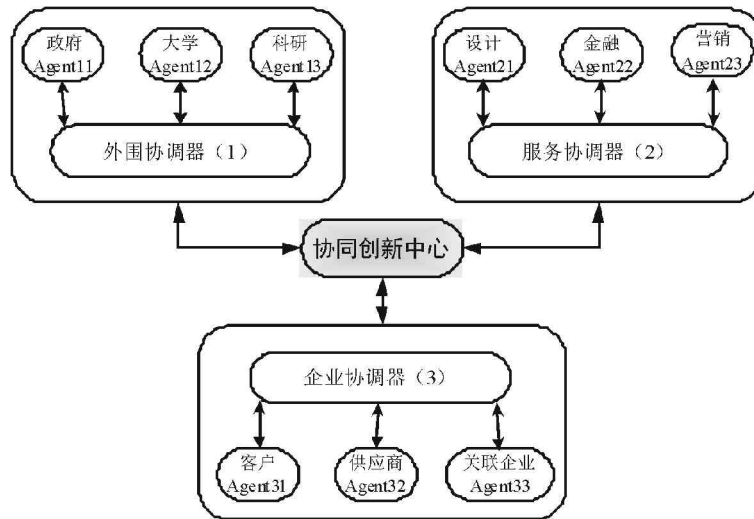


图 2 企业协同创新的联邦式多 agent 系统结构

(二) 基于多 Agent 的企业协同创新系统结构

依据前文对现代企业协同创新网络的分析和多 Agent 系统的特点和结构的解析,图 3 给出了基于多 Agent 的企业协同创新结构模型。

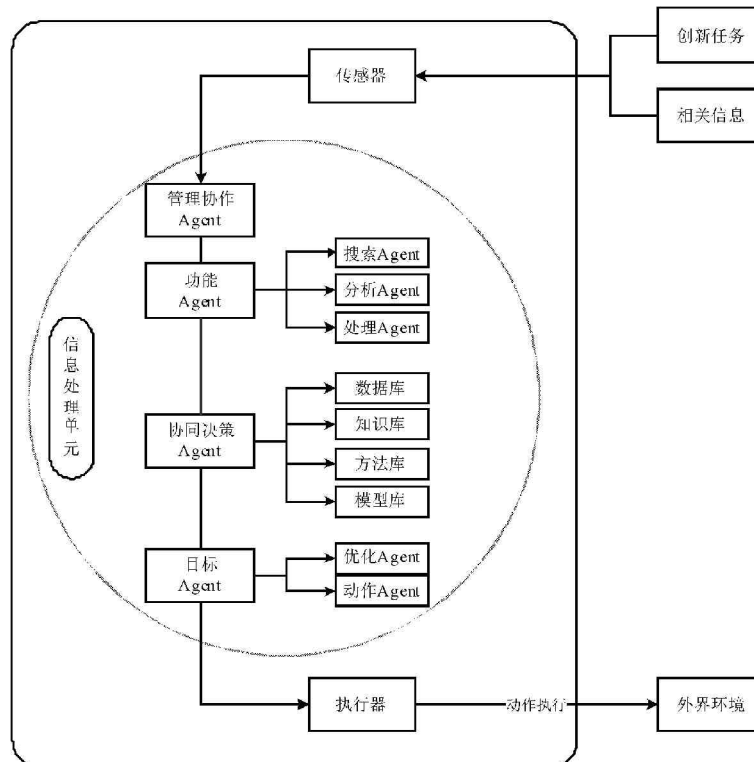


图 3 基于多 Agent 的企业协同创新结构模型

企业的协同创新是内外信息交互结果。该模型通过传感器接收创新任务并感知外界信息, 然后对信息进行解释和处理, 最后映射为动作序列, 通过执行器完成动作执行。形象来说, Agent 就像一个白板, 传感器感知外界环境信息, 并将信息记录在白板上, 信息处理单元接收到信息序列后进行决策和规划, 形成动作序列记录于白板上, 然后由执行器作用于外界环境, 最后通过白板重新接受反馈的信息。

就 Agent 内部的黑箱而言, 共有四大模块: 管理协作 Agent、功能 Agent、协同决策 Agent 和优化 Agent。这四个功能模块的功能分别是 (1) 管理协作 Agent: 整个系统的核心, 主要负责多个 Agent 的通信交互、创新任务分解、分配与协商, 维护、监督并控制创新活动的开展, 消除多利益创新主体之间冲突等活动。(2) 功能 Agent: 起到系统情报员的作用, 它有自己的知识背景和学习能力, 能够根据提前设定的目标自主对问题求解, 如果需要其他模块的协助, 它会通过发出协作请求, 在不同级别的 Agent 的协助下完成自己的创新任务。具体包括搜索 Agent(负责搜集与某一创新任务相关的企业、服务机构和外围机构的信息)、分析 Agent(对无效、无用信息进行剔除, 对有用信息进行汇总、简化等处理)、处理 Agent(采用统一的格式和定义, 将有效信息进行转化、解释和编号等工作)。(3) 协同决策 Agent: 整个系统的高级智囊团, 根据输入的有效创新信息, 在保持信念、愿望和意图一致性的前提下, 通过数据库、知识库、模型库、方法库的储备知识和自我学习能力进行逻辑推理, 必要时进行协同交互, 基于模式匹配和符号操作实现创新决策或者创新规划。(4) 目标 Agent: 将处理的创新决策转化为可读性信息, 并根据具体目标进行优化、完善, 最后形成一系列动作, 通过执行器执行创新指令, 完成一个循环。

以上从静态视角分析了企业协同创新的多 Agent 结构模型, 为了从动态方面优化这一过程, 我们构建了协同创新的行为模型。

四、基于多 Agent 的企业协同创新行为模型

企业协同创新是一个动态的复杂系统, 本文试图将这种行为模式通过流程图的形式加以说明, 具体如图 4 所示。

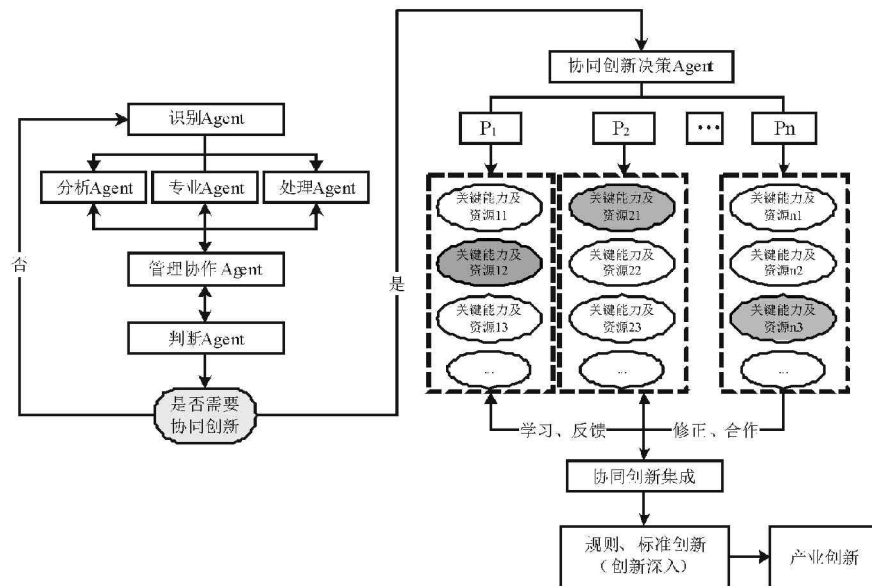


图 4 基于多 Agent 的企业协同创新行为模式图

(一) 识别与判断 Agent

首先, 识别 Agent 以自主方式从内外部系统中搜集与创新主题相关信息, 将其交给分析 Agent, 分析 Agent 依据标准和判断准则剔除与创新主题无关的信息, 截留有效信息, 交给专业 Agent, 专业 Agent 通过模型计算和分析, 对信息进行合并、规整和挖掘; 其次, 处理 Agent 按照统一的格式和定义, 将经过规整的创新信息转化为系统可识别的信息, 并将其结果输出到黑板模式中, 等待后续处理。然后, 由管理协作 Agent 处理来自各个 Agent 的请求, 负责全局性黑板通信, 作出协调活动。最后, 由判断 Agent 依据创新任务的复杂度、创新主体的参与数量、创新环节的多少等指标来判定是否需要进行协同创新; 是, 则转入下一环节; 否, 则进行交给识

别 Agent。

(二)协同创新决策 Agent

与传统产业链内部单一创新主体不同,现代企业是模块化的网络状创新,创新被分解成独立的环节(如图4中的 P_1, P_2, \dots, P_n 分别表示不同的协同创新环节)。在每个创新环节中,都有若干个模块同时进行创新活动,并开展“背靠背”的竞争,每个模块都是一个独立的创新主体(具体包括核心企业、关联企业、供应商、金融等中介服务机构、政府部门、大学、研发机构、客户甚至竞争企业)。这些模块都具备相应的关键能力和资源(如图4中的关键能力及资源1、2、3等),并在每个 P_1, P_2, \dots, P_n 环节上同时开展创新和研发活动。在独立创新与协同创新的基础上,通过系统集成与检测,将最具创新能力的模块优选出来(图4中阴影部分),组成最终产品或服务,以满足市场,提升客户价值,从而获得竞争优势。从整个协同创新系统来看,若干个创新主体和创新环节同时进行,它们之间不断学习、反馈,并修正自己的创新思路和行为,这种并行研发和知识外溢的协同创新使复杂的创新任务得到分解、降解,可以大幅提升创新的效率和速度,并有助于降低创新风险。

(三)创新深化 Agent 及产业升级

在协同创新的过程中,多创新主体 Agent 是在统一的规则指导下完成研发创新任务的。当创新集成的产品获得市场回报时,这种规则就会被当做成功的经验加以固化和保持,但随着时间推移,它逐渐成为教条或绊脚石,这对于后续重大变革是不利的。创新深化 Agent 主要解决规则(或标准、准则等)的僵化性评判、修正、改革、突破和重构问题。当旧的规则不合时宜时,就要启动创新深化 Agent,重新设计规则,这就意味着新一轮创新的开始。如此周而复始,产业就会得到螺旋式提升和优化。

五、相关结论

现代企业经营存在一对矛盾:消费者期望得到个性定制的少批量多品种产品,而生产者则希望大批量生产单一规格的产品以降低成本。这一矛盾的解决不仅要靠工艺和技术的改进,更需要组织和管理的创新。传统企业的创新是基于内部劳动分工的串行方法,将创新任务分为很多步骤独立进行,分工越细,效率越高。但同时也带来沟通不畅、耗时过长等问题。在网络信息技术不断发展和市场环境快速变化的条件下,协同创新乃至协同商务成为了必然的趋势。协同创新必须通过并行方法,着眼于系统集成和整体优化,以提升创新效率,改善产品质量,缩短研发时间,降低创新风险。本文形成以下观点和结论:

第一,现代企业在纵向与横向上与供应商、客户、关联企业(主要是指生产性服务企业)、竞争企业形成网络单元节点,节点企业之间既独立自主又密切关联,通过交易关系形成多样化分布式价值链。除此之外,外围的政府部门、科研机构、大学等组织依靠自身的关键能力和资源,按照市场规则嵌入到企业的关系网络之中,形成复杂立体化协同创新网络模式。

第二,基于多 Agent 的企业协同创新系统通过管理协作 Agent、功能 Agent、协同决策 Agent 和目标 Agent 等模块的协同工作,有利于创新主体之间的交互联动,相比于传统的创新方式具有快速响应、人工智能、效率优良和风险较低等优势。

第三,本文从 Multi-agent 的角度构建了企业协同创新的行为模型,包括前期的识别与判断 Agent、协同决策 Agent、创新深化 Agent 以及产业升级。

本研究从企业协同创新的网络体系,构建了多 Agent 的企业协同创新结构和行为模式,但对于协同创新中心与各主体的利益共享机制和风险共担机制未作深入研究,也没有对多 Agent 的各个功能模块的内部架构和运行过程进行阐述,这些问题可作为后续研究的重点方向。

[参考文献]

- [1] 陈晓红,谢海涛.基于“四主体动态模型”的中小企业协同创新体系研究[J].科学学与科学技术管理,2006(8):37-43.
- [2] 喻汇.基于技术联盟的企业协同创新系统研究[J].工业技术经济,2009,28(4):124-128.
- [3] 吕静,卜庆军,汪少华.中小企业协同创新及模型分析[J].科技进步与对策,2011,28(3):81-85.
- [4] 唐丽艳,陈文博,王国红.中小企业协同创新网络的构建[J].科技进步与对策,2012,29(20):89-93.
- [5] 李大庆.产业集群中小制造企业技术创新管理研究[M].北京:知识产权出版社,2013.
- [6] Wooldridge, Jennings. Intelligent Agents: Theory and Practice[J]. The Knowledge Engineering Review, 1995, 10(2): 115-152.

[责任编辑:王少林]