

基于蚁群算法的企业技术创新能力 整合研究

苗成林¹, 王华亭^{1,2}, 冯俊文¹, 孙丽艳³

(1. 南京理工大学 经济管理学院, 南京 210094; 2. 中信网络科技股份有限公司, 北京 100088;
3. 新疆财经大学, 乌鲁木齐 830012)

摘要:整合是为了将扩张后得到的分散能力凝聚成核心能力而加以发挥, 采用定量方法并结合定性方法研究能力整合问题, 结合蚁群算法的特点, 采用蚁群算法对开发、扩张后的技术能力集合进行筛选, 构建能力整合平台, 组成能力整合小组进行能力整合。

关键词:蚁群算法; 技术创新能力; 整合

中图分类号: F273.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-0241(2010)02-0035-05

Enterprise Technology Innovation Competence Aggregation Study Based on the Ant Colony Algorithm

MIAO Chenglin¹, WANG Huating^{1,2}, FENG Junweng¹, SUN Liyan³

(1.School of Economics and Management, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China; 2.CITIC Application Service Provider Co.,Ltd., Beijing 100083, China; 3.Accounting Department, Xinjiang University of Finance and Economics, Wulumuqi 830012, China)

Abstract: The goal of aggregation is that the scattered competences obtained by expanding are condensed the core competences which will be leveraged, formerly competence aggregation's study methods mainly were the qualitative method, this article firstly uses the quantitative method and unifies the qualitative method to study competence aggregation question, according to the ant colony algorithm's characteristic, screen the developed and expanded technology competence set by the ant group algorithm, then construct competence aggregation platform, compose competence aggregation group to carry on competence aggregation.

Key words: ant colony algorithm; technology innovation competence; aggregation

1 企业技术能力整合概述

一组分散的技术能力不能形成强大的技术优势, 它们就像战争中的散兵游勇, 在未联合起来的状态下无法与正规军匹敌。企业的持续技术优势来自核心技术能力, 即一系列技术和能力的综合。普拉哈拉德和哈默将核心技术能

力解释为“一组先进技术的和谐组合”, 这里的技术既包括科学技术, 又包括管理、组织以及营销方面的技能。核心技术能力作为多种先进技术和能力的协调集合, 是企业所有能力中最核心最根本的部分, 它影响着其他能力的发挥。然而, 核心技术能力并不是几项技术能力的简单加总, 它

收稿日期: 2009-08-18

基金项目: 解放军总装备部 863 计划项目(KX07301); 江苏省高新区区自主创新评价研究(R108)

第一作者简介: 苗成林(1980-), 男, 山东烟台人, 博士研究生, 研究方向: 管理决策阶段分析。

是经企业各项能力互相组合渗透并放大后的产物。

“整合”有“调整与融合”之意,它是结构调整、系统融合,由无序到有序,由矛盾到统一,由失衡到均衡,使系统最大限度地发挥其功能进而实现既定战略目标的过程。企业技术能力整合是企业由通过能力扩张得到的实需能力集而采取的一系列旨在提高企业在动态环境中取得技术优势的管理措施、手段、技术和方法,是将已经扩张得到的能力集根据动态环境的需求而重组和融合,它既包含对已经扩张得到的能力集中优质资源的保护和劣质资源的扬弃,也包含在新的环境中实现一系列能力的创新,涉及企业的文化、思想状态、个体和群体以及能力整合所带来的一系列动态变化。

能力整合对企业而言很重要,但企业开发、扩张后的技术能力集合经过时间的推移和市场的考验不可能都需要整合,因此对能力集合的筛选也是非常重要的,筛选的好坏直接影响到能力整合的效果及企业的发展,而蚁群算法正是对众多的觅食路径进行筛选从而达到最优的路径。本文结合蚁群算法的这个特点,采用蚁群算法对技术能力集合进行筛选以便使能力整合过程达到理想的目标。

本文认为,有效的能力整合首先要求对企业各单元的能力进行识别,并在市场机遇的指导下进行筛选;其次构建企业技术能力整合的基础平台;最后通过成立企业技术创新能力整合决策小组,进行能力整合,实施动态管理来促使企业技术创新能力的有机整合。本文研究的主要内容是将定量方法引用到能力整合的研究中,即如何对已经通过扩张得到的实需能力集用蚁群算法进行筛选,然后结合定性分析方法研究筛选后的技术创新能力整合问题。

2 基于蚁群算法的企业技术创新能力整合过程

2.1 蚁群算法概述

在大力发展生物启发式计算研究的背景下,社会性动物如蚁群、蜂群、鸟群等的自组织行为引起了人们的广泛关注,许多学者对这种行为进行数学建模并用计算机对其进行仿真,这就产生了所谓的“群集智能”。社会性动物的妙处在于:个体的行为都很简单,但当它们一起协同工作时,却能够“突现”出非常复杂智能的行为特征。例如,单只蚂蚁的能力极其有限,但当这些简单的蚂蚁组成蚁群时,却能完成像筑巢、觅食、迁徙、清扫蚁巢等复杂行为;一群行为显得盲目的蜂群能造出精美的蜂窝;鸟群在没有集中控制的情况下能够同步飞行等。

在这些自组织行为中,又以蚁群在觅食过程中总能

找到一条从蚁巢到食物源的最短路径最为引人注目。受其启发,意大利学者 M. Dorigo, V. Maniezzo 和 A. Colomi 于 20 世纪 90 年代初提出了一种新型的智能优化算法——蚂蚁算法。该算法最初被用于求解著名的旅行商问题(Traveling Salesman Problem,简称 TSP)并获得了较好的效果。在 20 世纪 90 年代中期,这种算法逐渐引起了许多研究者的注意,目前该算法已在求解组合优化、函数优化、系统辨识、机器人路径规划、数据挖掘、网络路由等问题上取得了很好的效果。

生物学研究表明,一群互相协作的蚂蚁能够找到食物源和巢穴之间的最短路径,而单只蚂蚁却不能。大量细致观察研究发现,蚂蚁个体之间通过一种被称为信息素(Pheromone)的物质进行信息传递,以达到协同工作的目的。蚂蚁在运动过程中,能够在它所经过的路径上留下信息素,而且蚂蚁在运动过程中能够感知这种物质,一条路上的信息素踪迹越浓,其它蚂蚁跟随此路径的概率越高,从而该路径上的信息素踪迹会被加强,这样就会有更多的蚂蚁选择这条路,而某些路径上通过的蚂蚁较少时,路径上的信息素就会随时间的推移而蒸发。蚂蚁个体之间就是通过这种间接的通信机制达到协同搜索食物最短路径的目的,它们作为一个群体所表现出来的行为是一种自催化行为,整个过程具有正反馈的特征。

2.2 能力筛选问题

给定的企业通过开发、扩张得到的 n 个技术能力和一个把这 n 个技术能力筛选后构成的需要整合的技术创新能力集合。能力 i 的费用是 c_i , 整合其获得的效益或利益为 v_i , 可允许的整合总费用为 C 。问如何筛选这 n 个能力构成该能力集合,使得整合该能力集合后获得的效益或收益最大?在筛选能力时,对于每个能力 i ,要么被筛选到,要么筛选不到。能力 i 不能多次被筛选到,也不能只筛选到其中部分能力 i 。因此,该问题是一个 0-1 整数规划问题。

给定 $C > 0, c_i > 0, v_i > 0, 1 \leq i \leq n$, 要求找出一个 n 维 0-1 向量 $(x_1, x_2, \dots, x_n), x_i \in \{0, 1\}, 1 \leq i \leq n$, 使得 $c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \leq C$, 而且 $v_1x_1 + v_2x_2 + \dots + v_nx_n$ 达到最大,即如下整数规划问题:

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum_{i=1}^n v_i x_i = v_1x_1 + v_2x_2 + \dots + v_nx_n \\ \text{s.t.} \quad & \begin{cases} \sum_{i=1}^n c_i x_i \leq C \\ x_i \in \{0, 1\}, 1 \leq i \leq n \end{cases} \end{aligned}$$

2.3 求解能力筛选问题的蚁群算法

蚂蚁在寻找食物源时,能在其走过的路上释放一种特殊的分泌物——信息素(Pheromone),随着时间的推移该物质会逐渐挥发,蚂蚁选择该路径的概率与当时这条路径上信息素的强度成正比。当一条路径上通过的蚂蚁越来越多时,其留下的信息素也越来越多,后来蚂蚁选择该路径的概率也越高,从而更增加了该路径的信息素强度。而强度大的信息素会吸引更多的蚂蚁,从而形成一种正反馈机制。通过这种正反馈机制,蚂蚁最终可以发现最短路径。

在求解能力筛选问题的蚁群算法中,每个能力是一个信息单位,信息素积累在能力上。 η_i 表示蚂蚁选择第*i*个能力的期望程度,这里令 $\eta_i=v_i/c_i$,这样效益越高同时费用越小的能力,期望值就越大,则该能力被筛选到的概率就大,最终在相等的费用限制下选取的能力的总效益就越大。

能力*i*在时刻*t*被蚂蚁*k*选择的概率公式为:

$$p_i^k = \begin{cases} \frac{[\tau_i(t)]^\alpha g[\eta_i(t)]^\beta}{\sum_{s \in J(k)} [\tau_s(t)]^\alpha g[\eta_s(t)]^\beta} & s \in J(k) \\ 0 & \end{cases} \quad (1)$$

式中: $\tau_i(t)$ 为*t*时刻在能力*i*上的信息素; α 表示能力上的信息量对蚂蚁选择能力所起的作用大小; β 表示 η_i 的作用; $J(k)$ 为没有被蚂蚁*k*搜索过的能力的集合,即不在第*k*只蚂蚁的禁忌表 $tabu(k)$ 中的能力的集合。

其他信息素的更新公式为:

$$\tau_i(t+1) = \rho\tau_i(t) + \Delta\tau_i \quad (2)$$

式中: ρ 表示能力上信息素的蒸发系数; $\Delta\tau_i = Q \times v_i / lmb$, lmb 为一代中最大的总效益,否则 $\Delta\tau_i = 0$ 。可行解以0,1形式存在的 $solutions(m-1, n-1)$ 数组中, $solutions(k, i) = 0$ 表示蚂蚁*k*没能将能力*i*选择到, $solutions(k, i) = 1$ 表示蚂蚁*k*选择了能力*i*。

求解能力筛选问题的蚁群算法描述如下:

① 初始化:设定各参数的值,蚂蚁的个数为*m*,最大进化代数 $\max GEN$,当前进化代数 $GEN = 0$,能力信息素的浓度 $\tau_i = 1$ 。

② 蚂蚁*k* ($k = 1, 2, \dots, m$)随机选择一个能力*i*, $solutions(k, i) = 1, tabu(i) = 1$ 。

③ 每只蚂蚁独立地构造一个解:按概率公式(1)计算各能力被选择的概率,蚂蚁*k*按概率 p_i^k 大者选择下一个能力*j*,并验证能力*j*,如果选择的能力*j*的总费用小于

C,则选择能力*j*且 $solutions(k, j) = 1, tabu(j) = 1$,否则能力*j*不能被选中, $solutions(k, j) = 0, tabu(j) = 1$,如此循环,直到蚂蚁*k*测试完所有的能力。

④ 若*m*只蚂蚁都构造完成各自的解,则转入⑤,否则转入②。

⑤ 找出这一代中总效益最大的蚂蚁*r*,按式(2)进行全局信息素更新。

⑥ 若满足结束条件,则输出最优解,否则 $GEN = GEN + 1$,转入②。

在上述算法中,第⑤步对信息素进行全局更新,在②~④步中,信息素没有发生变化。因此,在第③步中,选择下一个能力时,各次按概率公式(1)计算 $J(k)$ 中的能力被选择的概率时,概率大者仍然大,小者仍然小,各能力概率的大小关系没有发生变化,蚂蚁*k*按概率 p_i^k 大者选择下一个能力也没有变化。这样就没有必要再选择下一个能力时都计算一下各能力被选择的概率,可以提前统一计算,从而大大减少计算量。

在算法中,第⑤步,信息素全局更新起进化作用,为了增加搜索的随机性,对第③步进行改进,蚂蚁*k*按“轮盘赌”方式而不是按概率 p_i^k 大者选择下一个能力,这样既兼顾了概率大小,又增加了搜索的随机性。

在上述算法中,各概率 p_i^k 之和为1,为了优化上述算法,先说明各概率 p_i^k 之和为*u*的轮盘赌的程序:

- ① 生产一随机数*r*, $0 \leq r \leq u, i = 0, s = p_i^k$;
- ② 如果 $s \geq r$,则转④;
- ③ $i = i + 1, s = s + p_i^k$,转②;
- ④ 被选中的能力为*i*,输出*i*,结束。

根据上述优化程序,对上述算法改进如下:

① 初始化:设定各参数的值,蚂蚁的个数为*m*,最大进化代数 $\max GEN$,当前进化代数 $GEN = 0$,能力信息素的浓度 $\tau_i = 1$ 。

② 按概率公式(1)计算各能力被选择的概率 $p_i, 1 \leq i \leq n, J(k)$ 为所有没被选择的能力的集合;每只蚂蚁*k* ($k = 1, 2, \dots, m$)随机选择一个能力*h*作为初始, $solutions(k, h) = 1$ 。

③ 每只蚂蚁独立地构造一个解,增加临时数组 $temp(i), 1 \leq i \leq n$,初值和 p_i 相同, $u = 1 - temp(h), temp(h) = 0$ 。蚂蚁*k*按轮盘赌选择下一个能力*j*, $u = u - temp(j), temp(j) = 0$,并验证能力*j*,如果选择的能力*j*的总费用小于*C*,则选择

能力 j 且 $solutions(k, j)=1$, 否则能力 j 不能被选中 $solutions(k, j)=0$, 如此循环, 直到蚂蚁 k 测试完所有的能力。

④ 若 m 只蚂蚁都构造完成各自的解, 则转入⑤, 否则转入③。

⑤ 找出这一代中总效益最大的蚂蚁 r , 按式(2)进行全局信息素更新。

⑥ 若满足结束条件, 则输出最优解, 否则 $GEN=GEN+1$, 转入②。结束条件为 $GEN>\max GEN$ 或当前解已经稳定。

2.4 构建企业技术创新能力整合的基础平台

在技术创新能力集合筛选之后, 如何使企业技术创新能力能够有机整合与融合, 从而快速反映企业需求, 降低企业成本, 构筑完整的价值链来满足顾客的价值取向, 便成为企业应当考虑的问题。企业技术创新能力的整合必须建立在一定的基础平台之上, 包括信息平台、知识平台、文化平台、制度平台。只有构筑能力整合的基础平台, 才能确保企业技术创新能力的有机整合, 实现无缝连接, 发挥其最大功效。

2.4.1 构建信息平台

企业技术创新能力是随着信息技术的发展而产生和发展的, 其正常运行离不开信息网络的有力支持。利用信息网络, 企业技术创新能力可以快速地实现企业技术伙伴之间的合作与协调, 可以将具有不同核心技术能力的企业连接起来, 从而形成一个跨越空间的核心技术能力链。在信息平台上, 企业技术能力正常运行的充分有效的有关信息, 如合作伙伴的工作进度、资源变化情况便可一目了然。为此, 企业技术合作伙伴之间的有关数据应保持一定的可观测性, 甚至一定的透明度。企业技术能力的建立需要在伙伴间建立统一的通讯基础系统, 因为伙伴间的协作需要相互间的信息共享与传递, 但不同伙伴可能使用各自不同的硬件、软件工具, 包括数据库、操作系统等, 甚至信息表示的语义和语法等都存在着差异, 因而, 能否保证各个伙伴间信息标准和通信协议的统一, 是保证企业技术能力中信息通畅的关键。

2.4.2 构建知识平台

基于核心技术能力的知识是企业技术组建和运行的基础, 构建核心技术能力整合的知识平台主要是指各个单元企业技术核心能力中可以共享的知识及由各自核心能力中延伸出来的可以共享的知识。如果各企业技术能力单元采取的技术思想、技术平台不同, 导致各个伙伴的成果——核心能力在集成时出现技术衔接上的困难, 就会影

响企业运行的效率。将各自核心能力中可以共享的知识贡献出来, 组成企业技术创新能力运行的知识平台, 而又不致于造成各自核心能力的外泄, 需要把握一个度的问题。由于企业技术能力是依靠知识联盟的方式来弥补单个企业技术知识的局限性, 因此, 知识平台的构建应当有利于互补兼容的核心能力, 能够有机融合与整合, 通过互相学习、互相适应, 形成核心能力“全明星队”的自适应能力。

2.4.3 构建制度平台

作为一种迎合市场机遇的企业技术联盟, 企业技术创新能力需要通过大量的双边或多边协议来规范各自的行为, 为核心技术能力整合创造内部市场条件, 以这些协议建立起来的契约网络构成了企业技术创新能力运转的制度平台。制度平台的构筑主要是指对各个伙伴企业技术创新能力的行为进行规范和调整, 通过有效的管理机制确保各单元企业的行为合理, 并且有利于企业整体目标的实现; 通过合理的权责分配来激励各单元企业技术创新的积极性, 从而实现利益共享、风险共担。

2.4.4 构建文化平台

组成企业的成员可能来自各地, 每一个企业都有自己独特的价值观念和和行为方式, 都有自己独特的企业文化。企业成员之间并没有资本的直接参与或控制, 不存在一个企业技术创新能力对另一个企业技术创新能力强制支配的纵向从属关系, 它们是一个为着共同目标而平等合作的非命令性的联盟组织, 企业运作的成功有赖于不同企业成员之间的文化整合。在构筑文化平台的过程中, 既要尽可能选择有相似文化或互补文化的伙伴企业, 又要充分了解和尊重各成员企业的文化差异, 在充分沟通的基础上求同存异, 努力形成一个为各伙伴企业所共同认可的联盟文化, 从而消除各伙伴企业成员的习惯性防卫心理和行为, 建立核心能力整合的良好氛围。

2.5 成立企业技术创新能力整合决策小组

企业是由多个部门组成的, 由于各个部门利益的不同, 其间必然存在着矛盾冲突, 为确保企业技术创新能力整合的正常运行, 成立专门的能力整合决策小组是必要的。企业技术创新能力整合决策小组应由企业的管理层组成, 采取经常沟通协商的办法协调、解决能力管理遇到的问题, 包括企业技术创新能力的价值评价及利益分配、能力的维护与提升, 能力的集成与整合、能力的动态调整和重新组合。通过有效的能力管理, 促使企业技术创新能力的有机整合。

2.6 能力整合

由于筛选后的技术创新能力不同,分别位于价值链的不同环节,为实现企业技术创新能力的整合,可以采用并行企业技术创新能力的方法,如在整合过程中改进需求,通过加强企业内的信息沟通与交流,使企业各个部门所承担的价值活动能够同步并列运行。并行企业的实施要求企业技术创新能力不仅要各个部门的能力与其它部门共享,更重要的是要及时通报各自价值活动的情况,包括价值活动运行的主要问题、各价值活动有效连接的关键问题、需要其它价值活动的哪些信息等。通过企业各个部门能力的同步并列运行和有机整合,促使企业的正常运转。

企业技术创新能力整合是核心技术能力形成的必要途径。一般来说,企业技术创新能力整合形式主要有以下三种:(1) 内部整合。主要是整合企业内部现有的能力以及组织机构、管理体制等,以形成统一对外的企业技术核心能力。这主要发生在企业既定战略目标,企业定位不发生变化,企业内部资源、能力充沛而不需要借助外部资源及能力的情况下。(2) 内外整合。随着国内外市场竞争的加剧,企业技术与其价值链上的供应商、经销商、顾客及相关利益群体的联系将越来越紧密,合作不断扩大和加深,结成利益共享、风险共担的合作伙伴或战略联盟是其内在的必然要求。事实上,任何企业都不可能所有领域都居于领先地位,这就为拥有不同比较优势和核心能力的企业间进行整合奠定了基础。单个企业势单力薄,很难取得技术优势地位。通过企业间技术、资金、管理、市场等资源的重新整合,能够实现能力与资源互补降低投资风险,提高规模效益,形成强大的协同优势,最终形成新的企业技术核心能力。(3) 战略整合。主要指在外部经营环境发生重大变化,企业原有的战略已不再适应时,企业需要在核心价值观、经营理念的指导下,分析外部经营环境变化中所带来的机会,借助于企业原有的核心技术能力和技术优势,明确新的战略发展方向,培育新的企业技术核心能力的过程。

企业技术创新能力整合的结果是在企业内形成一个核心技术能力,并且能够建立自身组织协调机制,具体表现在:(1) 知识的获取与形成要素能力间的协调性。无论是企业技术自主创新还是模仿、并购活动,都应围绕企业技术核心能力的要素能力进行。(2) 企业要素能力形成与资源使用间的协调性。企业拥有资源的正确流向是形成企业技术要素能力和战略性资产的前提,应围绕企业

技术创新能力培育和强化核心技术能力及利用资源。(3) 要素能力间的组织协调性。企业技术要形成核心能力,要求要素能力间相互配合、相互作用、相互协调形成一个有机的企业技术创新能力系统。正是这种协调性使企业技术要素能力间产生能力耦合、倍增效应,大大增强了企业技术为客户创造价值的特性,并且由于企业文化对上述各种协调活动潜移默化的独特影响,进而形成了企业生存和发展的独特的核心技术能力。

3 结束语

本文首次将研究能力整合的方法从简单的定性研究转为定量与定性结合上,首先采用蚁群算法对开发与扩张能力进行集合筛选,选出优势的技术创新能力淘汰落后的技术创新能力,然后构建能力整合平台,组成能力整合小组进行能力整合,整合出更具竞争优势的技术创新能力。本文的定量与定性结合的研究方法为能力整合的进一步定量研究提供了平台。

参考文献

- [1] Prahalad, C.K., Hamel, G. The core competence of the corporation[J]. Harvard Business Review, 1990, (May-June):79-90
- [2] Prahalad, C.K., Hamel, G. Competing for the future[M]. Boston, MA: Harvard Business School Press, 1994
- [3] 谢洪明,吴溯,王现彪.知识整合能力、效果与技术创新[J].天津:科学学与科学技术管理,2008(8):88-93
- [4] 卢艳秋,王向阳,张实桐.基于自主创新和能力整合的企业竞争优势研究[J].北京:中国科技论坛,2007(8):19-22
- [5] 吴小立.企业核心能力的整合——竞争动力模型[J].石家庄:价值工程,2003(1):5-7
- [6] 姚伟坤,陶学禹.并购中的技术能力整合研究[J].武汉:科技进步与对策,2006(12):33-35
- [7] 许庆瑞,王方瑞.基于能力的企业经营战略和技术创新战略整合模式研究[J].天津:科学学与科学技术管理,2003(4):42-45
- [8] 和金生,罗正清.企业技术创新能力发展的知识增长模型研究[J].天津:科学学与科学技术管理,2007(6):56-60
- [9] 胡小兵.蚁群优化原理、理论及其应用研究[D].重庆:重庆大学,2004.3
- [10] 段海滨,王道波等.蚂蚁群算法理论及应用研究的进展[J].沈阳:控制与决策,2004(19):1321-1326
- [11] 刘畅.通过能力整合提升保险公司的竞争力[J].长春:经济纵横,2008(5):111-113

(责任编辑 殷得民)