

基于制造生态框架的知识模块演化动力机制研究

任志文¹, 战洪飞^{1*}, 林颖俊², 余军合¹, 王 瑞¹

(1.宁波大学 机械工程与力学学院, 浙江 宁波 315211; 2.中银(宁波)电池有限公司, 浙江 宁波 315040)

摘要: 面向某一业务问题求解相关的一组知识及其相关情境资源的组合被称为知识模块, 知识模块的演化代表了业务解决能力的变化. 针对业务问题求解过程中知识模块的演化现象, 提出基于制造生态框架的知识模块演化的动力机制研究方法. 在多维度视角下构建知识模块演化的维度体系, 在演化维度体系的基础上引入生态势理论, 构建了知识模块生态系统演化的生态势分析框架模型. 并利用系统动力学方法与 Vensim PLE 软件对知识模块演化的生态势模型进行动力学建模与仿真, 研究知识模块演化的动力机制问题. 本文研究有益于丰富知识管理理论, 为企业知识管理实践提供参考.

关键词: 知识模块演化; 生态势; 动力机制; 系统动力学; 仿真分析

中图分类号: F270.7; TP391.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-5132 (2022) 05-0042-12

在知识经济时代, 知识资源已成为企业创造价值和保持可持续竞争优势的重要基石^[1]. 知识必须与业务有机融合才能真正发挥价值创造的作用, 并且知识与业务的适配程度也决定了企业的创新水平及核心竞争力^[2]. 企业进行业务问题求解时, 知识资源在业务任务的范围下, 表现出高密度的聚集协作现象, 本文将该现象称为知识模块化. 业务需求不同, 知识模块的构成不同, 并且知识模块中知识资源绩效的发挥与情境密切相关. 由于制造企业面对的业务问题比较类似, 所以知识模块化现象在制造企业中更为常见. 在业务求解进程中, 知识资源的内容以及应用场景发生变化时, 知识模块是不同的并且所表现出来的求解绩效也具有差异性, 同时处于不断变换与演化中.

国内外学者在知识模块化方面进行了相关研究. 顾良丰等^[3]根据模块化思想在产品中的应用, 发现企业的知识结构与分布也具有模块化的趋势, 并将具有特定功能的部分知识集合定义为一个知识模块. Rossi 等^[4]将模块化思想运用到制造系统的设计中, 并使用聚类算法对构成组件进行

分类, 对早期的制造系统结构进行了改进. 战洪飞等^[2]、张凡等^[5]以业务求解流程为核心, 将知识资源进行统一的封装与描述, 并设计了相关的知识服务系统, 实现了知识资源的快速检索与服务. 郭益男等^[6]将知识资源发挥求解作用时所处的情境纳入考虑范围, 提出知识情境的概念, 设计开发了集成情境的知识模块服务系统, 有助于提高业务求解效率. 但目前的研究主要集中于知识模块的构建与应用方面, 缺乏对业务环境下的知识模块演化及动力机制研究. 目前对于组织知识演化与动力机制的研究, 张雪等^[7]从专利知识吸收与知识扩散角度, 对医药领域的专利与论文文献数据进行多维度分析, 得到了不同时间段的知识吸收与扩散的演化规律, 为科技资源的整合策略提供支持. 钱辉等^[8]利用生态位理论, 将企业与生态环境进行匹配, 对企业的演化机理展开研究, 并得出企业演化过程与企业生态位形成过程具有一致性的结论. Franoise 等^[9]针对组织知识的发展, 以生物进化理论为基础提出一种用于管理知识演化的概念架构. 周钟等^[10]利用系统动力学方法并结合企业

收稿日期: 2022-05-22.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journallg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 国家自然科学基金(71671097); 浙江省公益技术应用研究计划项目(LGG20E050010, LGG18E050002); 国家重点研发计划项目(2019YFB1707101, 2019YFB1707103); 宁波市自然科学基金(2018A610131).

第一作者: 任志文(1996-), 男, 安徽亳州人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 知识管理、企业信息化. E-mail: renzhiwen_nbo@163.com

*通信作者: 战洪飞(1970-), 男, 辽宁黑山人, 博士/教授, 主要研究方向: 知识管理、企业信息化. E-mail: zhanhongfei@nbu.edu.cn

依赖信息系统业务流程的案例, 构建了企业知识刚性演化的系统动力学模型, 对企业内部间知识活动的反馈影响机理与演化趋势进行了研究. 张毅等^[1]以系统动力学视角, 结合华为的技术研发案例, 对企业技术创新的演化动力进行研究, 发现人才和研发组织是技术创新的动力, 人才激励是发挥人才价值的关键.

综上, 目前国内外学者对于企业业务问题求解环境下的知识模块演化动力机制的研究较少. 本文针对该问题展开研究, 提出从多维度视角构建知识模块演化的维度模型, 基于生态势理论, 提出一种基于制造生态框架的分析模型, 并定义知识模块生态势的内涵; 由于业务求解需求是驱动知识模块形成的外部事件, 知识模块的求解能力主要由知识维度与情境维度影响, 因此本文在业务求解需求不变的情况下, 以知识模块生态势为分析对象, 用系统动力学方法构建知识模块生态系统演化的动力学模型, 并使用系统动力学专用软件 Vensim PLE 对动力学模型进行仿真分析, 研究知识模块演化的动力机制, 为企业知识管理实践提供参考.

1 知识模块演化的维度

知识模块化是企业在业务问题求解的驱动下, 相关的知识资源聚集协作的形式. 随着业务求解过程的推进, 知识模块产生不断的演化, 只有明确了知识模块演化的维度才能对知识模块的演化机理进行深入的分析. 知识是知识模块的核心, 情境直接影响知识绩效发挥, 而业务需求是知识模块

存在的目的, 所以根据知识模块的定义, 将知识模块演化维度划分为3类, 即知识维度、情境维度以及业务需求维度. 每个维度下又包含众多的影响因素, 但由于这三大维度还比较综合和笼统, 为便于企业实践中的管理, 本文对维度进行细化, 展现为可供企业管理操控的相关变量, 实现控制知识模块求解能力的目的. 因此通过对企业大量的业务案例分析并结合对企业业务人员的实地访谈、调研, 对3个大维度进行进一步的细分. 以三大维度及其细分维度构建知识模块演化的三层级维度模型, 如图1所示.

1.1 业务需求维度

由于知识模块的形成是面向具体的业务问题, 所以业务需求维度是知识模块对等的外部事件, 跟知识模块没有隶属关系, 只有对应关系. 因此当市场需求、政策等外部环境变化时, 知识模块求解的业务场景产生变化, 业务需求维度的变化作用于知识模块层面上时, 可进一步细分为求解该业务所需的知识需求与业务情景需求, 见表1. 其中知识需求维度描述知识模块在求解该业务问题时需要匹配相应的知识人员、技术专利、图档资料以及文献资源等知识资源. 业务情景需求维度描述要求匹配满足该业务求解所需的情景信息, 根据业务活动的5W2H (Who、What、Where、When、Why、How、How much)分析法, 可得业务求解所需的情景信息为需要完成的业务目标, 业务问题求解所需的执行者, 业务求解需要的时间、地点等环境信息, 使用所需的技术方法、工具装备等, 以及完成该业务所耗费的成本等限制条件. 同时, 业

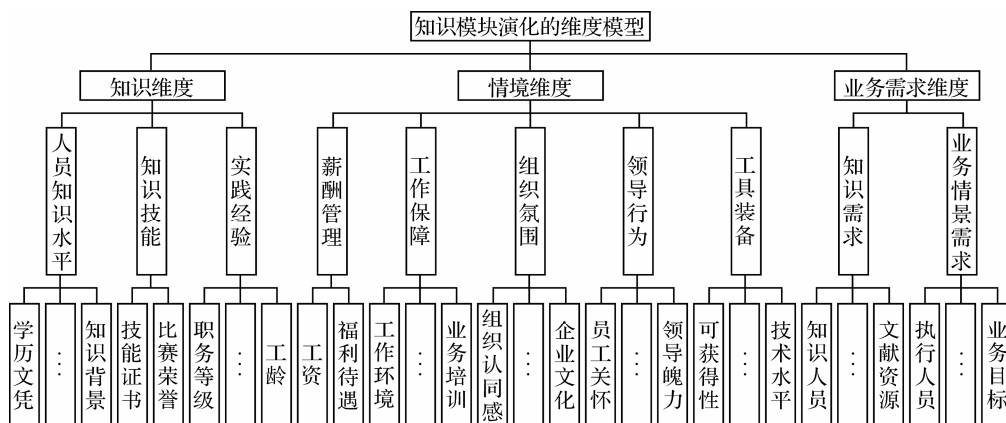


图1 知识模块演化的维度模型

务情景需求随着业务需求的改变而处于动态变化之中。

表 1 业务需求维度

一级维度	二级维度	三级维度
业务需求(N_B)	知识需求(N_{B1})	知识人员(N_{B1-1})
		技术专利(N_{B1-2})
		图档资料(N_{B1-3})
		文献资源(N_{B1-4})
		业务情景需求
(N_{B2})		执行人员(N_{B2-1})
		工具装备(N_{B2-2})
		环境状态(N_{B2-3})
		限制条件(N_{B2-4})
		业务目标(N_{B2-5})

1.2 知识维度与情境维度

由于知识淘汰能力上的不足,从而需要调整知识模块的结构,由此造成知识模块的演化;情境不同,知识资源求解业务的绩效也会产生差异,因此也造成知识模块演化。本文在知识与情境的二级维度基础上,采用企业问卷调研的方式对其细分维度及其权重进行确定。

1.2.1 知识维度与情境维度的二级维度

知识是知识模块的核心,并且知识主要是由知识员工、技术资料等知识资源承载,通过案例分析发现,知识资源的知识水平对业务问题的求解绩效有重要的影响。知识模块的知识维度一般指执行人的知识,而人的知识可分为显性知识与隐性知识,通过企业调研并结合招聘网站数据分析,将知识维度细分为人员的知识水平、实践经验与知识技能 3 个二级维度。

笔者所在课题组前期对于知识情境的内容进行了大量的研究,并基于马斯洛需求层次理论将知识情境的要素总结为薪酬管理、工作保障、组织氛围以及领导行为^[6,12]。但知识情境的内容主要侧重于满足心理需求对于人员绩效的影响,忽略了工具装备等对于人员发挥求解能力的影响,在对企业业务人员的访谈中发现,工具装备的水平对业务求解绩效有重要的影响作用,因此本文考虑到工具装备因素,将情境维度细分为 5 个二级维度。综上得到知识维度与情境维度的二级维度模型,见表 2。

表 2 知识维度与情境维度的二级维度模型

一级维度	二级维度
知识(K)	人员的知识水平(K_1)
	实践经验(K_2)
	知识技能(K_3)
情境(C)	工具装备(C_1)
	薪酬管理(C_2)
	工作保障(C_3)
	组织氛围(C_4)
	领导行为(C_5)

1.2.2 知识维度与情境维度的细分维度调研分析

为了进一步对二级维度进行扩展,对本地具有代表性的制造企业进行了深入的访谈调研,并在访谈基础上设计了调查问卷。在互联网平台上投放问卷,累计发放调查问卷 250 份,有效收回 194 份。被测者的样本统计信息如图 2 所示,可以保证被测样本的代表性与有效性。

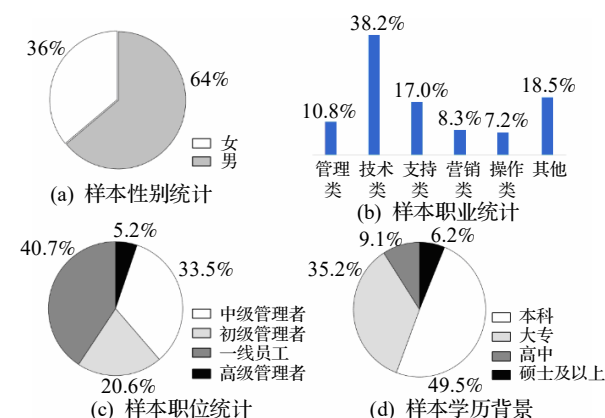


图 2 被测样本信息统计

(1) 信度与效度检验

为验证问卷量表的稳定性与结构效度,采用“Cronbach's Alpha”信度验证的方法对调查问卷进行信度检验,采用 KMO 样本测度和 Bartlett 球体检验对样本效度进行验证。将样本数据导入 SPSS 数据分析软件中,分析结果见表 3。

表 3 问卷的信度与效度

检验系数	数值
Cronbach's Alpha 值	0.936
KMO 值	0.911
Bartlett 球体检验	4 654.62
自由度(d_f)	487
P 值	0.000

分析得出信度系数值为 0.936 (大于 0.8), KMO 值为 0.911, Bartlett 球体检验值为 4 654.62 ($df=487$), $P=0.000$ (小于 0.001), 说明本研究构建的问卷量表具有较好的信度与结构效度, 符合研究要求。

(2)主成分分析与维度确定

运用 SPSS 软件对调查问卷数据进行主成分提取, 提取原则为特征值大于 1。同时采用方差最大正交旋转法剔除因子载荷绝对值小于 0.5 的项目, 最后剔除各因子载荷相近或某因子中与其他项目无关联的项目。经上述过程共抽出 8 个因子, 这 8 个因子特征值的累计方差贡献率为 83.37%。

基于调查问卷的统计结果, 咨询企业业务专家后得到了知识维度与情境维度的三级维度变量。在因子分析过程中可得出因子得分系数矩阵, 且因子得分系数矩阵可以将三级维度变量表示为其所在的二级维度的线性组合, 因此三级维度变量在二级维度上的权重可通过对因子得分系数进行归一化处理得到。另外, 二级维度的权重可根据各因子的方差贡献率来确定, 将各主因子的方差贡献率进行归一化处理, 所得结果即为权重数值。知识维度与情境维度的细分维度体系及权重见表 4。

表 4 知识维度与情境维度的细分维度体系

一级	二级维度		三级维度	
维度	维度名称	权重	维度名称	权重
知识(K)	人员的知识水平(K ₁)	0.184	学历文凭(K ₁₋₁)	0.31
			发表论文(K ₁₋₂)	0.27
			发明专利(K ₁₋₃)	0.24
			知识背景(K ₁₋₄)	0.18
	实践经验(K ₂)	0.202	主持参与项目数(K ₂₋₁)	0.24
			项目完成度(K ₂₋₂)	0.17
			项目满意度(K ₂₋₃)	0.13
			工龄(K ₂₋₄)	0.25
			职务等级(K ₂₋₅)	0.21
	知识技能(K ₃)	0.111	技能证书(K ₃₋₁)	0.64
			技能比赛荣誉(K ₃₋₂)	0.36
情境(C)	工具装备(C ₁)	0.105	可获得性(C ₁₋₁)	0.20
			可利用率(C ₁₋₂)	0.27
			可操作性(C ₁₋₃)	0.30
			技术水平(C ₁₋₄)	0.23
	薪酬待遇(C ₂)	0.125	工资(C ₂₋₁)	0.56
			福利待遇(C ₂₋₂)	0.44

续表

一级	二级维度		三级维度	
维度	维度名称	权重	维度名称	权重
情境(C)	工作保障(C ₃)	0.097	工作环境(C ₃₋₁)	0.18
			工作强度(C ₃₋₂)	0.29
			职业保障(C ₃₋₃)	0.32
			业务培训(C ₃₋₄)	0.21
	组织氛围(C ₄)	0.081	组织认同感(C ₄₋₁)	0.23
			成员合作关系(C ₄₋₂)	0.35
			团队氛围(C ₄₋₃)	0.28
			企业文化(C ₄₋₄)	0.14
	领导行为(C ₅)	0.095	员工关怀(C ₅₋₁)	0.25
			组织影响力(C ₅₋₂)	0.33
			上级态度(C ₅₋₃)	0.23
			领导魄力(C ₅₋₄)	0.19

2 知识模块演化的生态势差分析框架

通过调研分析发现, 在制造企业环境中, 处理某类业务的知识资源具有可替代性与明显的流动性(如设备的更换、业务专家的引入等), 以及企业环境要素等情境维度的作用使知识模块与企业现实生态环境存在密切的知识资源、物质资源、信息的交互, 使得知识模块在一个组织架构内协同发展进化。自然生态系统演化理论^[13-14]认为, 外部环境发生变化时会使生态系统形成一种生态势差, 生态系统的构成主体在生态势差的作用下做出反应以应对环境变化, 进而导致生态系统发生演化。

通过对比分析发现, 知识模块的演化与自然生态系统的演化过程十分类似, 因此本文用生态势的概念来研究知识模块演化的动力机制。在知识模块生态系统中, 企业作为构成主体在知识模块与业务求解需求二者的生态势差作用下做出反应, 通过调控业务求解生态因子对知识模块的求解能力进行调节, 从而导致知识模块产生演化。以知识模块演化的维度体系为基础, 结合生态势理论构建知识模块生态框架模型, 如图 3 所示。

2.1 业务求解需求生态势

知识模块是面向具体的业务问题求解而形成的, 因此当市场、政策等外部因素变化时, 企业的逐利行为促使其进行业务转变, 表现在知识模块生态系统层面上则为业务求解需求生态因子产生

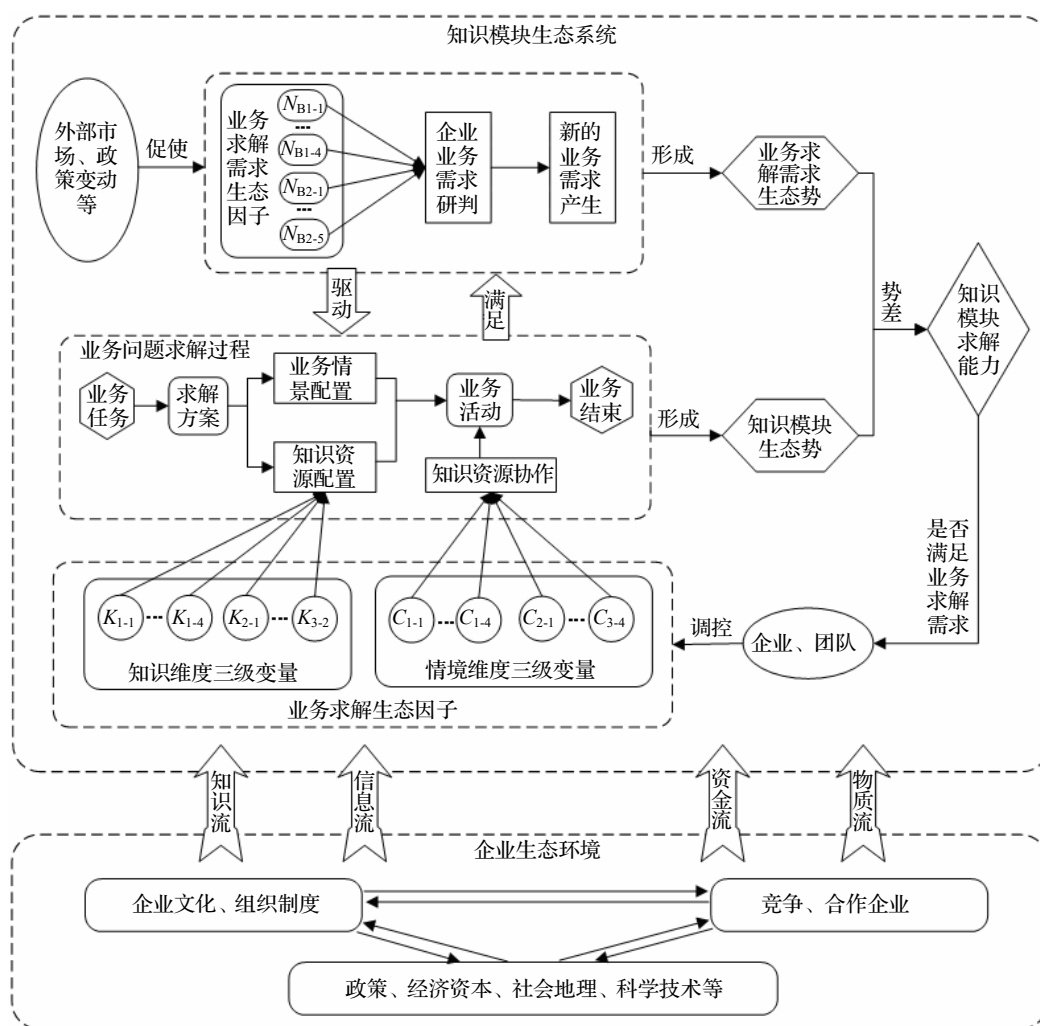


图3 知识模块生态框架模型

变化,企业主体根据生态因子综合作用的结果,经过研判后确定新的业务需求产生,进而形成业务求解需求生态势。这种业务求解需求驱动知识模块的形成,知识模块通过业务问题求解过程的作用来满足该业务需求。若当前知识模块的求解能力不能满足该业务求解需求,则在知识模块生态系统中形成势差,这种势差驱动着企业通过知识资源配置与协作来完成业务问题的解决,从而不断地弥补或消除势差。

2.2 知识模块生态势

企业根据业务需求制定业务求解方案,完成业务求解所需的知识资源与业务情景的配置,并随着具体的业务活动完成业务问题的求解。在业务问题求解过程中,知识资源配置的合理性以及知识资源之间的协作效率决定了知识模块对于当

前业务问题的解决能力,而知识资源的知识水平影响着知识资源的配置过程,情境因素影响着知识资源之间的协作过程。因此在知识模块生态系统中,用知识模块生态势表示知识模块中的知识资源与情境配置的合理性。并且知识模块生态势与业务求解需求生态势之间的势差代表了知识模块对于该业务问题的求解能力,企业主体可根据二者的势差对业务求解生态因子,即知识与情境的三级维度变量进行调控,以达到调控知识模块求解能力的目的。

综上所述,知识模块生态势与业务求解需求生态势的势差代表了当前知识模块对于当前业务问题求解能力的程度。若二者势差为零,表示当前知识模块刚好可以解决该业务问题;若势差为负,表示当前知识模块求解该业务问题的能力不足,

对企业管理者来说需要调整当前知识模块的知识水平与情境条件以弥补不足; 若势差为正, 则表示求解能力有富余, 造成知识资源的浪费。

3 基于系统动力学的知识模块演化动力机制研究

在知识模块生态系统中存在大量的复杂关系, 例如反馈、因果、交互等, 表现为多个复杂反馈回路的非线性系统, 很难通过已有的数学模型对其进行分析, 而这些复杂因果反馈关系十分符合系统动力学建模与仿真的特点, 因此运用系统动力学方法与 Vensim PLE 软件构建知识模块演化的动力学模型进行仿真分析。

按照系统动力学研究方法的规范与路径, 构建知识模块演化的因果关系与存量流量图, 并把知识模块生态势作为主要分析对象进行仿真分析。但对于制造企业实际来说, 业务需求维度通常都在一定时期内保持相对稳定, 所以业务求解需求生态势也基本保持不变。因此在业务求解需求生态势不变的情况下, 通过调整业务求解生态因子, 即知识与情境三级维度变量, 模拟知识模块生态势的不同变化, 以达到观测求解能力变化的目的。

3.1 知识模块演化的因果关系图

对反馈回路的分析是系统动力学研究方法的

关键, 基于上文对知识模块生态系统模型的分析与知识模块的演化维度之间的逻辑关系, 使用系统动力学软件 Vensim PLE 构建了知识模块演化的因果关系图, 如图 4 所示。图中正向关系表明某一变量的提高会引起另一变量的增长, 负向关系则相反, 分别用带“+”“-”号的箭头来表示。图中清晰地显示出知识资源配置与知识资源协作之间的正反馈循环。

3.2 知识模块演化的系统存量流量图

为了表达系统要素之间的数量关系, 本文构建了知识模块生态系统存量流量图, 如图 5 所示。图中共有 53 个变量, 其中包括 2 个状态变量: 知识模块生态势、业务求解需求生态势; 4 个速率变量: 知识资源配置、知识资源协作、知识需求以及业务情景需求; 其余为常量与辅助变量。该系统流图反映了知识模块演化过程中各演化维度之间的逻辑关系、系统的结构特征与影响指向关系。

3.2.1 系统动力学模型的方程设计

借鉴系统动力学相关研究^[15-17]并结合问卷调查结果对模型方程进行设计, 以量化变量间的数值关系, 其中绝大多数方程根据变量之间的因果关系可直接确定。根据问卷调查分析结果并经过多次实验, 最终确定模型方程与参数数值, 并对主要变量进行方程设计与说明, 其中状态变量用积

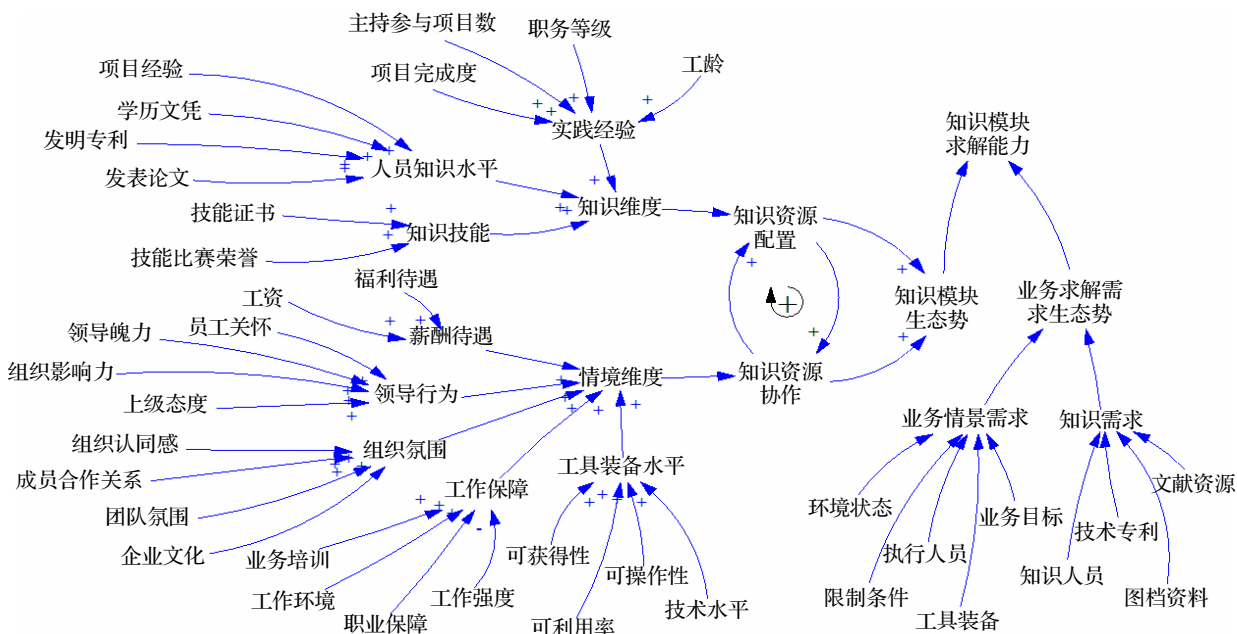


图 4 知识模块演化的因果关系

式中: $C_1 \sim C_5$ 分别表示情境维度中的二级维度, 其系数为二级维度变量权重; β 表示知识资源配置合理性对于知识资源协作效率的贡献率, 可由知识维度的二级维度变量的权重均值求得, 本文中为 0.165 7.

$$C_1 = 0.20C_{1-1} + 0.27C_{1-2} + 0.30C_{1-3} + 0.23C_{1-4}, \quad (7)$$

式中, C_{1-1} 至 C_{1-4} 分别表示工具装备的三级维度. 由于 $C_2 \sim C_5$ 与 C_1 的结构和逻辑关系相同, 以下不再对其进行详细说明.

$$C_2 = 0.56C_{2-1} + 0.44C_{2-2}, \quad (8)$$

$$C_3 = 0.18C_{3-1} + 0.29C_{3-2} + 0.32C_{3-3} + 0.21C_{3-4}, \quad (9)$$

$$C_4 = 0.23C_{4-1} + 0.35C_{4-2} + 0.28C_{4-3} + 0.14C_{4-4}, \quad (10)$$

$$C_5 = 0.25C_{5-1} + 0.33C_{5-2} + 0.23C_{5-3} + 0.19C_{5-4}. \quad (11)$$

$$P_{BN} = P_{BN0} + \int (N_{B1} + N_{B2}) dt, \quad (12)$$

式中: P_{BN} 为业务求解需求生态势; P_{BN0} 为业务求解需求生态势初始值, 数值设为 5; N_{B1} 为知识需求; N_{B2} 为业务情景需求.

$$N_{B1} = \frac{1}{4}(N_{B1-1} + N_{B1-2} + N_{B1-3} + N_{B1-4}), \quad (13)$$

$$N_{B2} = \frac{1}{5}(N_{B2-1} + N_{B2-2} + N_{B2-3} + N_{B2-4} + N_{B2-5}), \quad (14)$$

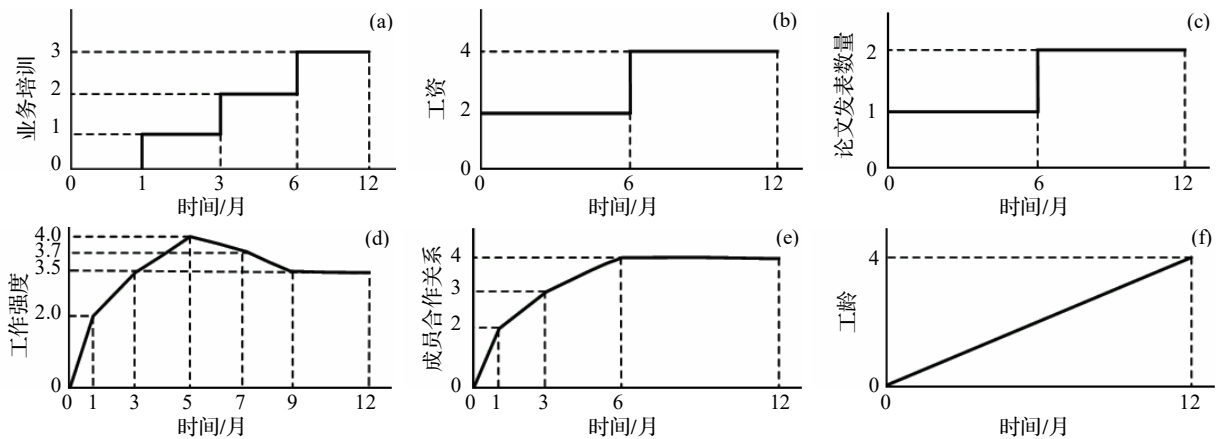
$$A_{KM} = P_{KM} - P_{BN}, \quad (15)$$

式中: A_{KM} 为知识模块的求解能力.

3.2.2 系统动力学模型的参数设置

使用 Vensim PLE 软件仿真分析时, 需要对模型中变量的初始值进行赋值, 根据调研问卷的统计结果, 结合相关文献调研对模型中变量的初始值进行设置. 变量的初始值表示该变量在企业不进行主动干预时的变化规律, 本文模型中部分变量的变化规律如图 6 所示, 其参数的赋值在仿真软件中可使用软件内建的表函数进行设置.

通过分析问卷调研的统计数据与企业员工访谈, 发现不同企业对于员工业务能力培训的形式与培训时间等情况不一, 在综合考虑大多数企业培训的频次与培训时长后, 将企业开展业务培训的频率设置为 3 个月一次, 参数曲线设计成如图 6(a)的形式以模拟该变量的动态性; 同时根据调研了解到, 大多数企业的薪酬管理制度为半年调薪一次, 因此本文将工资的变化曲线设计成图 6(b); 图 6(c)表示知识人员的论文发表情况, 模型中将其设置为 6 个月发表一篇; 根据工效学的描述, 在企业不主动干预的情况下, 前期由于业务不熟练等原因, 员工的工作强度较大, 但随着时间的推移, 人员对于该业务的熟练度逐渐提高, 对工作内容逐渐适应, 使得工作强度的增速减缓, 后期熟能生巧工作强度逐步降低并稳定, 因此本文将该变量的参数曲线设计成图 6(d); 另外随着业务的推进, 团队成员间沟通交流的频次增加, 配合的默契程度逐渐提高, 因此成员间的合作关系表现出逐步增强后稳定的趋势, 参数曲线设计成图 6(e)的形式; 在一个业务项目进程中, 知识人员的工龄可看作



注: 各变量无单位.

图 6 部分变量的变化趋势

是线性增长的, 参数曲线如图 6(f)所示。

模型中其余三级维度变量为常量, 例如企业文化以及工具装备等硬件设施, 在较短时间内不会发生变化, 这些常量的赋值可根据调研分析与专家打分等进行设置, 不再对其进行详细描述。

3.3 存量流量图模型有效性检验

为了检验构建的系统存量流量图的有效性, 验证理论模型是否真实反映现实系统的特征与规律, 在 Vensim PLE 软件平台上进行仿真实验, 选取 INITIAL TIME=0, FINAL TIME=12(month), TIME STEP=1(month)。运行仿真结果如图 7 所示。

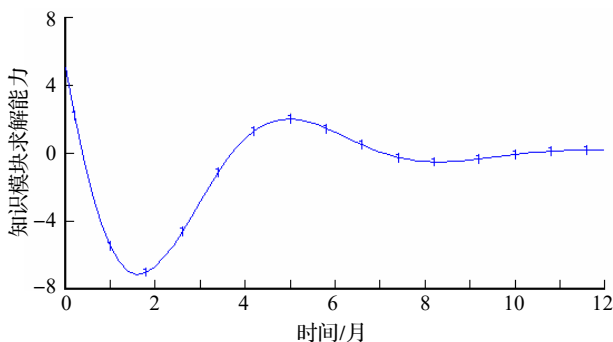


图 7 知识模块求解能力变动趋势

图 7 中曲线表现出势差先正后负, 在零值附近波动并逐渐趋于零的趋势。这可理解为在新业务开展初期时, 企业现有的资源配置无法满足新业务求解需求, 造成势差逐渐变大, 但随后企业做出反应, 完善知识资源与情境的配置使势差逐渐缩小。但知识模块的求解能力可能过剩, 企业为了节省成本不断对配置进行优化, 使得势差渐趋于零, 为企业创造最大效益。图中反映的变化规律与实际情况较为相符, 说明本文构建的系统动力学模型是有效的, 可以进一步开展参数的灵敏性仿真分析。

3.4 知识模块演化动力仿真分析

选取知识模块生态势作为观察指标, 采用控制变量法, 依次调整业务求解生态因子的数值, 以模拟企业主体的调控行为。通过观察系统对于该变量的响应情况来研究知识模块演化的动力机制。

3.4.1 知识维度的演化动力机制分析

为分析知识维度的三级维度变量对知识模块生态系统演化的动态影响, 控制模型中其他变量的初始数值不改变(初始仿真曲线用 current0 表示),

分别将知识维度的三级维度变量的数值调高 50% 进行对比模拟仿真(仿真曲线分别用其变量代号表示)。模拟提高知识人员的知识因素对知识模块求解能力的影响, 仿真得出知识模块生态势的数值与变化趋势如图 8 所示。

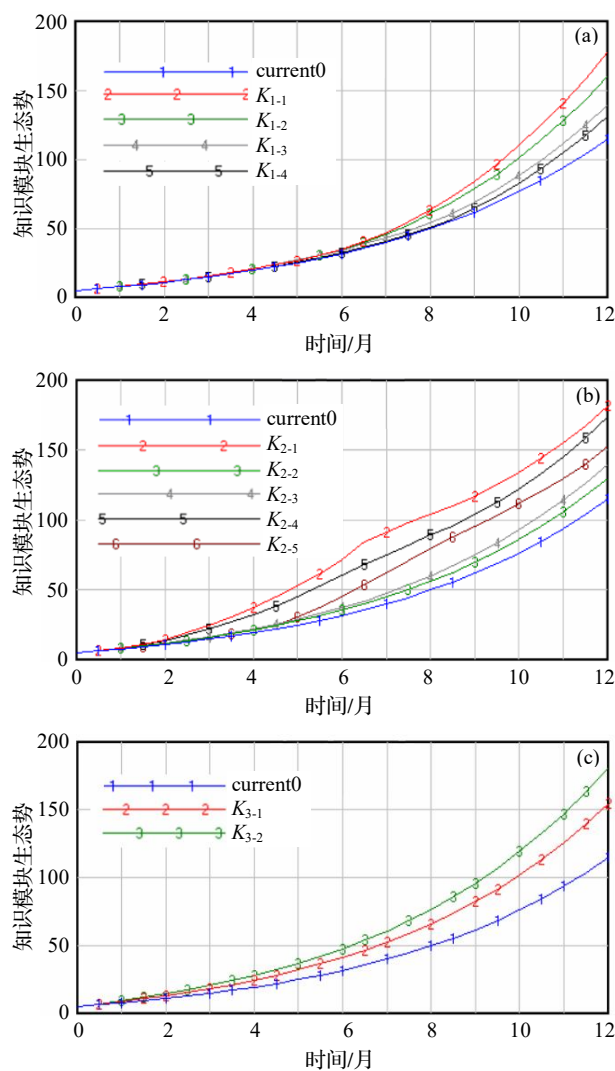


图 8 调整知识维度参数的仿真结果

从图 8 整体的仿真结果可以看出, 与初始状态相比, 增大知识维度中三级维度变量的数值均可提高知识模块生态势, 即提高了知识模块的求解能力, 但各变量的影响程度又各不相同。图 8(a)的变化曲线反映了人员知识水平的三级维度变量的影响程度, 从高到低依次为学历文凭(K_{1-1})、发表论文(K_{1-2})、发明专利(K_{1-3})和知识背景(K_{1-4}), 但从图中又可看出, 提高变量的数值在仿真前期并不能立刻提高知识模块生态势, 而是在仿真中后

期知识模块生态势的数值才得到显著提升. 造成该现象的原因可解释为企业的业务问题通常具有很强的专业性, 员工需要一定的时间来熟悉业务与求解业务, 所以不能立即将知识转化为求解能力, 但经过一定的知识与经验积累后, 员工逐渐熟悉该业务问题的解决模式与方法, 更能发挥知识利用能力, 因此知识模块生态势的数值在仿真后期显著提升. 当提高员工的实践经验时, 员工可以很快将经验知识应用到业务问题的求解中, 提高知识模块的求解能力, 因此知识模块生态势在仿真前期就能得到明显提升, 其中主持参与的项目数(K_{2-1})、工龄(K_{2-4})与职务等级(K_{2-5})最能代表人员的实践经验, 影响程度也最大, 具体影响趋势如图 8(b)所示. 知识技能表示人员掌握何种技能与运用该技能的能力水平, 其能力水平对企业业务问题的求解可产生直接影响, 因此当提高人员的知识技能参数时, 知识模块生态势在整个仿真周期中呈现逐渐提高趋势, 其中技能比赛荣誉(K_{3-2})与业务问题求解联系最为密切, 影响程度也最大, 具体见图 8(c).

3.4.2 情境维度的演化动力机制分析

同理, 采用控制变量法将情境维度的三级维度变量的数值调高 50% 进行仿真, 模拟提高情境因素对知识模块求解能力的影响, 仿真结果如图 9 所示.

由图 9 可看出, 调整情境维度参数得到的仿真结果与调整知识维度参数的仿真结果类似, 整体上提高了知识模块生态势, 但各变量的影响程度与作用方式也是不同的. 图 9(a)的仿真曲线反映了工具装备的三级维度变量对于知识模块生态势的影响程度, 从高到低依次为可操作性(C_{1-3})、利用率(C_{1-2})、可获得性(C_{1-1})以及技术水平(C_{1-4}). 另外从图中可明显看出提高变量的数值在仿真前期均可显著提高知识模块生态势, 但随着仿真时间的推移, 其提升作用逐渐减缓. 造成这种现象的原因可解释为工具装备的可操作性、可获得性等条件因素虽然可以影响相关业务活动的效率, 但企业业务问题的求解是基于知识的价值创造. 因此当提高工具装备水平的变量因素时, 虽然可提高知识模块的求解能力, 但在仿真中后期其提升作用并不是十分显著.

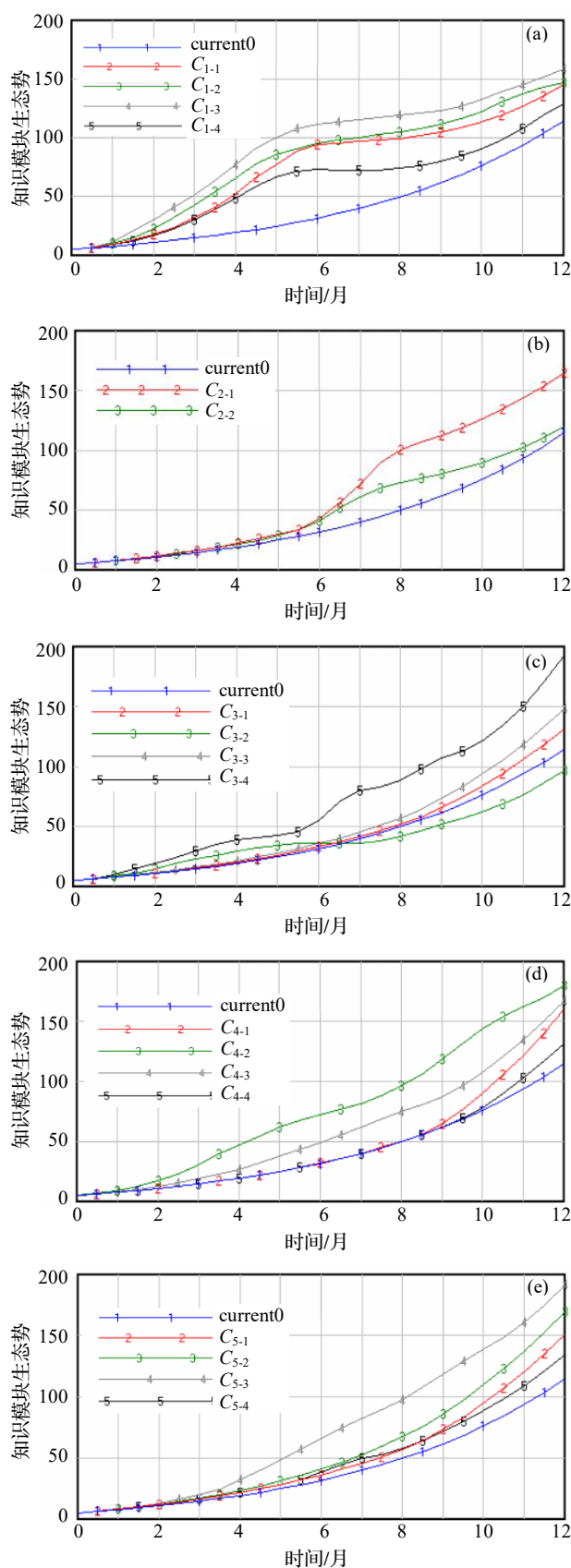


图9 调整情境参数仿真结果

在业务问题求解中知识人员作为价值创造的主体,具有很强的主观能动性,情境维度因素对于知识模块求解能力的影响主要是通过调动人员的积极性来实现.从图 9(b)可看出,在仿真时间第 6 个月提高工资待遇,可明显提高知识模块生态势的水平.图 9(c)表示提高工作保障的三级维度变量的仿真结果,从图中可明显看出,提高企业的业务培训(C_{3-4})在仿真时间前期即可显著提高知识模块生态势;当提高员工的工作强度(C_{3-2})时,在仿真前期虽然可以提高知识模块生态势的数值,但随着工作强度的增大,其对知识模块生态势的影响转为负相关;提高工作环境与职业保障因素虽然可提高其工作效率,但对于知识模块求解能力的整体提升作用并不显著.业务问题的求解是通过知识资源之间协作来完成的,因此当提高成员合作关系(C_{4-2})与团队氛围(C_{4-3})时,在仿真前期即可提高知识模块生态势,这是由于良好的成员关系与氛围使知识资源之间的协作效率得到提升,从而提高了知识模块的求解能力;当提高企业文化(C_{4-4})与员工的组织认同感(C_{4-1})时,虽然可提高其知识模块生态势的水平,但提升作用主要发生在仿真时间后期,具体可见图 9(d).从图 9(e)可看出,提高领导行为的三级维度变量因素均可提高知识模块生态势,影响程度从高到低依次为上级态度(C_{5-3})、组织影响力(C_{5-2})、员工关怀(C_{5-1})以及领导魄力(C_{5-4}),其作用机制可解释为员工从领导行为维度获得尊重心理需求,有利于工作绩效的提升,提高其业务解决能力.

3.4.3 知识与情境三级维度变量对知识模块演化的影响率

根据具体的仿真数据(表 5),以初始状态(current0)为基准,可以计算出各变量因子相对准确的影响率,影响率反映了各变量因子对知识模块求解能力变化的影响程度.以“工资(C_{2-1})”为例,求取初始状态下 12 个月的知识模块生态势数值平均值为 42.191 6,用调整工资参数后得到的每个月的数值减去初始状态的数值后取均值为 23.585 6,再与初始状态的平均值相比,比值为 0.559 0,同理可得出其余变量的比值,归一化后为 0.047 0,即“工资”对于知识模块求解能力的影响率为 0.047 0.按此计算方法可得其余所有变量的

影响率,具体见表 6.

表 6 变量因子影响率

变量	影响率	变量	影响率	变量	影响率
C_{1-3}	0.099 5	C_{1-4}	0.040 0	K_{2-3}	0.016 1
C_{1-2}	0.079 0	C_{4-3}	0.036 4	C_{5-4}	0.013 7
C_{4-2}	0.073 4	K_{2-5}	0.033 1	C_{4-1}	0.012 7
K_{2-1}	0.068 8	C_{5-2}	0.031 4	K_{1-3}	0.011 2
C_{1-1}	0.066 7	K_{1-1}	0.028 3	K_{2-2}	0.010 0
C_{5-3}	0.066 0	K_{3-1}	0.026 4	C_{3-1}	0.007 0
C_{3-4}	0.059 1	K_{1-2}	0.021 2	K_{1-4}	0.005 6
K_{2-4}	0.052 9	C_{5-1}	0.017 7	C_{4-4}	0.004 0
C_{2-1}	0.047 0	C_{2-2}	0.017 2	C_{3-2}	-0.004 6
K_{3-2}	0.044 0	C_{3-3}	0.016 5		

4 结论

为探究知识模块演化的动力,本文提出了基于制造生态框架的知识模块演化的动力机制研究方法.在对知识模块生态系统演化进行分析的基础上,运用系统动力学方法对知识模块演化的动力进行数值仿真.仿真结果表明,知识维度与情境维度的三级维度变量均会影响知识模块的求解能力,但各变量的影响程度与作用方式又有差别.根据仿真趋势图分析并结合变量因子的影响率,可对企业的知识管理实践给出相应建议:当企业需要在短时间内提升其业务求解绩效时,可对工具装备的水平因素(C_{1-3} 、 C_{1-2})、组织氛围因素(C_{4-2} 、 C_{4-3})、员工的实践经验因素(K_{2-1} 、 K_{2-4})、员工的工资(C_{2-1})以及对员工的业务培训(C_{3-4})质量因素等进行调控;另一方面,调控人员的知识水平因素(K_{1-1} 、 K_{1-2})、组织氛围因素(C_{4-4} 、 C_{4-1})以及领导行为因素(C_{5-2} 、 C_{5-1})等虽然也能提高知识模块的求解绩效,但往往需要经过相对较长的时间才能发挥求解能力提升作用.

参考文献:

- [1] 杨俊成, 马志勇, 张太霞. 机械产品结构对称性设计知识模型研究[J]. 宁波大学学报(理工版), 2017, 30(4):23-28.
- [2] 战洪飞, 郭益男, 张凡, 等. 面向业务问题求解的模块化知识服务[J]. 中国机械工程, 2018, 29(20):2395-2400.
- [3] 顾良丰, 许庆瑞. 企业知识的模块化管理与全球化战

- 略[J]. 中国地质大学学报(社会科学版), 2005, 5(3):17-21.
- [4] Rossi F, Arfelli S, Hu S J, et al. A systematic methodology for the modularization of manufacturing systems during early design[J]. Flexible Services and Manufacturing Journal, 2019, 31(4):945-988.
- [5] 张凡, 战洪飞, 余军合, 等. 面向业务问题求解的知识模块建模方法研究[J]. 科技与管理, 2017, 19(2):97-104.
- [6] 郭益男, 战洪飞, 余军合. 面向业务问题求解的知识情境集成建模方法研究[J]. 软科学, 2018, 32(3):134-138; 144.
- [7] 张雪, 张志强. 专利知识吸收和扩散演化规律及影响研究[J]. 科研管理, 2022, 43(6):160-169.
- [8] 钱辉, 张大亮. 基于生态位的企业演化机理探析[J]. 浙江大学学报(人文社会科学版), 2006, 36(2):20-26.
- [9] Barthelmé F, Ermine J L, Rosenthal-Sabroux C. An architecture for knowledge evolution in organisations[J]. European Journal of Operational Research, 1998, 109(2): 414-427.
- [10] 周钟, 陈智高. 基于系统动力学的企业知识刚性演化与影响研究[J]. 科研管理, 2018, 39(10):159-167.
- [11] 张毅, 闫强. 后发企业技术创新的演化动力机制研究——以华为早期(1988—1995)研发为例[J]. 技术经济, 2022, 41(2):38-49.
- [12] 郭益男, 战洪飞, 余军合. 基于需求层次分析的知识情境模型构建及实证研究[J]. 工业工程, 2019, 22(2):73-81.
- [13] Rudman S M, Kreitzman M, Chan K M A, et al. Ecosystem services: Rapid evolution and the provision of ecosystem services[J]. Trends in Ecology & Evolution, 2017, 32(6):403-415.
- [14] 方林, 蔡俊, 刘艳晓, 等. 长三角地区生态系统服务价值动态演化及驱动力分析[J]. 生态与农村环境学报, 2022, 38(5):556-565.
- [15] 徐荣贞, 王森, 何婷婷. 绿色供应链金融视角下中小企业可持续发展的动力机制研究[J]. 金融理论与实践, 2022(1):76-86.
- [16] Mou X, Li X, Dong J. The impact of population aging on housing demand in China based on system dynamics[J]. Journal of Systems Science and Complexity, 2021, 34(1): 351-380.
- [17] 钟永光, 贾晓菁, 钱颖, 等. 系统动力学[M]. 2版. 北京: 科学出版社, 2013.

Dynamic mechanism of knowledge module evolution based on manufacturing ecological framework

REN Zhiwen¹, ZHAN Hongfei^{1*}, LIN Yingjun², YU Junhe¹, WANG Rui¹

(1.Faculty of Mechanical Engineering & Mechanics, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2.Zhongyin (Ningbo) Battery Co., Ltd., Ningbo 315040, China)

Abstract: The combination of a set of knowledge related to solving a business problem and its related contextual resources is referred to as a knowledge module, and the evolution of the knowledge module represents the change of the business solving ability. Aiming at the evolution phenomenon of knowledge modules in the process of solving business problems, a dynamic mechanism research method of knowledge module evolution based on manufacturing ecological framework is proposed. The dimensional system of knowledge module evolution is constructed from a multi-dimensional perspective, and the ecological potential theory is introduced on the basis of the evolutionary dimensional system, and the ecological potential analysis framework model of the evolution of knowledge module ecosystem is constructed. The system dynamics method and Vensim PLE software are used to carry out dynamic modeling and simulation of the ecological potential model of the knowledge module evolution, and to study the dynamic mechanism of the knowledge module evolution. The study is beneficial to enrich knowledge management theory and provide reference for enterprise knowledge management practice.

Key words: knowledge module evolution; ecological potential; mechanical machine; SD; simulation analysis

(责任编辑 韩 超)