

商务模式创新复杂性研究的计算实验方法^①

徐迪¹, 李焯^{1,2}

(1 厦门大学管理学院, 厦门 361005; 2 闽江学院管理学系, 福州 350108)

摘要: 商务模式及其创新的复杂性特征决定了商务模式创新研究有必要采用计算实验的方法. 分析商务模式创新研究的基本思路, 提出应用计算实验的方法研究商务模式创新的方法论基础及其基本框架. 分析和比较计算实验与计算机仿真(模拟)的区别与联系, 提出应用粒子群优化算法、遗传算法等智能算法和复杂适应系统理论模拟商务模式的演化过程, 进而对商务模式创新进行计算实验研究的基本方法. 认为基于智能算法的计算实验为商务模式创新复杂性研究提供了有效的方法论、工具和平台, 是商务模式创新复杂性研究的根本途径.

关键词: 商务模式创新; 复杂性; 计算实验; 仿真; 智能算法; 粒子群优化算法

中图分类号: TP 391.9 C931 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2010)11-0012-08

0 引言

在快速多变的经营环境下,越来越多的企业认识到,除了与产品设计和制造直接相关的技术创新之外,商务模式的创新也日益成为企业竞争优势的新来源^[1-2].在众多关于商务模式及其创新的研究中,大致有五种取向.一是提出概念^[3-5];二是分析案例^[6];三是分析商务模式创新的动因^[7];四是对商务模式与绩效的关系进行实证研究^[8];五是提出商务模式设计的理论和方法^[9-10].其中,翁君奕^[10]提出的介观商务模式的基本思想和概念为商务模式创新理论和实践提供了结构化的概念框架和可操作的分析工具,使商务模式及其创新研究从商务模式的概念、类型和案例的评析阶段上升到商务模式及其创新的内在价值的定性分析阶段.在此基础上,徐迪^[11]应用系统科学和复杂性科学的理论和方法,分析了商务模式的系统特征和复杂特性,提出了基于复杂系统理论的商务模式创新研究框架,建立了商务模式创新复杂性研究的计算机模拟模型,对具有不同复杂性的各种结构的商务模式进行了统计试

验,从模拟试验的结果中分析商务模式性能指标与商务模式复杂性之间的关系,从而发现和总结商务模式创新的规律,丰富了商务模式创新理论,并为商务模式创新提供实践指南.

徐迪的研究使商务模式及其创新研究进入了科学化的定性定量相结合的分析阶段,其主要标志是应用了科学的方法论即复杂系统理论,同时采用了计算机模拟的方法.这种计算机模拟方法是建立在 Monte Carlo 模拟原理的基础上,对反映商务模式组分或要素之间相互作用关系(即商务模式结构)的静态模型进行数值模拟.但是,由于其概念模型描述能力的限制,这种计算机模拟对商务模式创新复杂性的分析有一定局限性.主要体现在计算机模拟模型和方法本身是静态的,不能描述商务模式的动态演化过程,同时也无法直接描述商务模式的创新模式,因此也就无法直接、完整地分析不同创新模式对商务模式动态演化过程的影响.而通过研究不同创新模式对商务模式演化过程的影响进而分析商务模式创新规律是商务模式创新复杂性研究的基本思路.

① 收稿日期: 2009-10-15; 修订日期: 2010-08-16

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70671087); 福建省新世纪优秀人才支持计划.

作者简介: 徐迪(1963-),男,福建人,博士,教授,博士生导师. Email: dxu@xmu.edu.cn

有鉴于此, 本文提出应用计算实验的方法研究商务模式的动态演化过程, 进而分析商务模式的创新规律. 在本文以下的内容中, 首先提出商务模式创新复杂性研究的基本思路, 其次讨论计算实验方法的特点及其在商务模式创新复杂性研究中的作用, 最后以粒子群优化算法为例讨论商务模式创新复杂性研究的计算实验方法的具体应用.

1 商务模式创新复杂性研究的基本思路

在介观商务模式的概念框架下, 商务模式创新被视为商务模式组分或要素的新组合^[11]. 商务模式组分或要素的不同组合产生了不同结构的商务模式, 不同结构的商务模式具有不同的复杂性. 徐迪^[11]用计算机模拟的方法验证了具有不同结构(即不同复杂性)的商务模式具有不同适应度值(即整体特性), 由此分析商务模式组分或要素的变异(模块创新)和结构变化(结构创新或激进创新)时商务模式创新的规律. 而这些研究都是建立在把商务模式视为复杂系统的基础上, 即商务模式的系统构成具有复杂系统的规模效应、结构效应、层次效应和随机效应.

事实上, 商务模式作为一个复杂系统, 其创新过程可以看成是一个动态的演化过程. 在这个演化过程中, 不同的创新模式及其不同组合可能导致不同的创新结果. 商务模式创新复杂性研究的基本思路就是把各种创新模式视为商务模式演化的动力, 观察不同创新模式对复杂性不同的商务模式的演化过程的影响, 从而归纳和总结商务模式创新复杂性的规律. 在这个研究过程中, 由于问题的复杂性和实际观测与实验的困难, 基于计算机模型的计算实验就成为唯一可行的方法^[11].

为了在计算机上对商务模式的演化过程进行实验以研究商务模式创新的规律, 首先要建立商务模式的概念模型, 在此基础上才能用计算机能够理解和处理的形式进行规范的表达. 翁君奕^[10]提出的介观商务模式概念体系认为, 商务模式是客户界面、内部构造和伙伴界面等三个核心界面的不同形态的有意义组合. 徐迪^[11]改进了 Kau ff

man 的标准 NK 模型, 同时利用广义 NK 模型, 形式化地描述商务模式各组分之间相互作用的复杂关系, 并给出了基于 NK 模型和广义 NK 模型的商务模式复杂性的度量方法, 从而建立了商务模式创新复杂性研究的静态概念模型. NK 模型描述了商务模式各种组分形态的不同组合, 每种组合都是一个顶点, 这些顶点大小不同(因此高低不同)构成了商务模式的适应度地形图. 其中适应度是描述商务模式的整体性能指标. 如此, 商务模式创新可以看成是在相同结构的商务模式的适应度地形上的爬山过程(模块创新), 也可以看成是在不同结构的商务模式(即不同复杂性)之间的转换过程(结构创新或激进创新). 徐迪^[11]应用计算机模拟的方法发现了不同结构的商务模式具有不同适应度值, 即具有不同的性能指标, 并总结了其规律. 从这些规律中可以进一步总结出商务模式创新的规律, 即在不同情况下采用不同的创新方式所能实现的创新目标. 但是由于上述研究是建立在静态 Monte Carlo 模拟的基础之上, 只能间接地归纳出模块创新、结构创新和激进创新的规律. 而现实中的商务模式创新模式还有很多, 如模仿创新、自主创新等. 如何在商务模式创新的模拟模型中直接描述这些创新模式, 以实现商务模式创新的动态过程的模拟, 就成为商务模式创新复杂性研究中的重要问题.

为了更准确地描述商务模式创新复杂性, 需要建立商务模式演化的动态仿真模型. 但是由于商务模式及其演化过程无法准确地表达为规范的连续系统或离散事件系统及其动态过程, 因此, 传统的计算机建模和仿真方法并不适用于商务模式创新复杂性的研究. 为此, 有必要采用基于各种智能算法的计算实验方法. 这些智能算法本身来源于生物演化、生物行为、物理过程和人工智能等^[12]. 其中许多算子或参数及其组合可以用来描述各种不同的创新模式, 甚至还有可能从各种算法的算子或参数及其实验结果中发现新的创新模式或创新模式的组合, 以指导创新实践.

2 计算实验方法

所谓计算实验 (computational experiments) 是指在计算机上对现实系统的模型进行实验的一种

研究方法. 与之相关且更为人知的术语是计算机模拟和计算机仿真. 计算机模拟或计算机仿真 (computer simulation) 是基于模型实验的一种普遍适用的研究方法, 被称为科学研究中“最后的方法”^[13], 广泛应用于工程系统和社会经济系统中. 当实际系统的实验不可能实施或者有较大的风险或成本时, 或者实际系统尚不存在时, 基于数学模型的模型化研究方法就成为一种替代的有效方法. 特别是当无法得到数学模型的解析解时, 基于特定参数的数值求解就成为可行和有效的替代解法. 这在自然科学研究和工程实践中得到了广泛的应用, 有时也成为验证需要更多简化假设才能得到解析解的数学模型解的方法. 计算机模拟或计算机仿真的真正应用价值在于, 由于现实系统的复杂性, 无法用现有数学方法建立能够准确描述实际系统的数学模型. 此时, 可以建立基于概念模型的计算机模型, 即用计算机能够理解的形式表达实际系统, 从而在计算机上对实际系统的模型做实验, 进而用模型实验的结果推断实际系统的特性和规律. 由于实际问题 (尤其是社会经济系统中的问题) 常常具有随机因素, 计算机模拟或计算机仿真的基本原理一般是建立在 Monte Carlo 方法的基础上. Monte Carlo 方法也称统计试验方法, 本质上是一种数值算法, 适合于静态问题甚至不具有随机因素的确定性问题的求解. 因此, 尽管模拟和仿真都来自于同一个英文术语 simulation, 我们把应用 Monte Carlo 方法进行统计试验的解决静态问题的方法称为计算机模拟, 而把在计算机上对动态系统所进行的实验研究称为计算机仿真.

计算机仿真在工程和管理上已成为具有标准模型的规范方法. 一般分为连续系统仿真和离散事件系统仿真两类. 连续系统仿真主要针对可以用微分方程或状态方程表达的连续系统 (主要是控制系统) 进行数值求解. 在社会经济系统中, 更多的是离散事件系统. 这种系统具有动态、随机和离散的特征. 针对连续系统和离散事件系统, 已经建立起完整有效的仿真机制和相应的计算机仿真软件, 并在工程系统和管理系统中得到了广泛和深入的应用. 尽管仿真作为“最后的方法”, 可以解决解析模型所不能描述或求解的问题, 由于其求解的逻辑过程不如解析模型那样直观、优美, 而

需要大量繁杂的计算机程序设计和统计试验分析, 建立在上述方法基础上的计算机仿真在早期常常不被认为是一种严谨的科学研究方法. 在顶级学术刊物上发表的论文很少是完全采用计算机仿真的方法, 最多只能是作为一种数值方法用于验证解析模型所得到的结果.

随着问题研究的深入和定量研究方法在其非传统应用领域 (如社会经济系统) 中应用的扩展, 特别是计算机技术的进步及其应用的普及, 基于计算机的数值计算方法受到了高度重视. 计算机仿真甚至成为研究复杂社会经济问题的唯一有效的方法^[14]. 但是社会经济系统中的许多问题并不能规范地表达为微分方程模型或离散事件系统模型. 与此同时, 模拟生物演化、生物行为、物理过程和人工智能的各种数值求解和计算方法却不断涌现, 如遗传算法、蚁群算法、粒子群算法、模拟退火算法和基于主体的计算等, 为“在计算机上做实验”的计算机仿真提供了新的建模思路和计算工具, 并相应地扩展了其应用范围. 计算实验这一术语也随之产生^[14-16]. 同时, 与计算实验方法应用的问题领域相结合, 出现了计算经济学、计算社会学、人工生命和人工社会等术语^[17-18].

“在计算机上做实验”主要涉及三个方面的核心问题, 即建模、仿真 (模拟) 和实验. 与计算机模拟或计算机仿真相比, 计算实验更强调“计算”和“实验”, 而回避了仿真 (模拟). “计算”和“实验”更准确地表达了“在计算机上做实验”这一研究方法的本质特征. 因为计算机只是工具, 计算方法才是研究方法的本质. 事实上, 即使没有计算机, 采用人工进行计算一样能够实现这种实验. 计算机只是提供了高速计算和大规模存储能力, 为各种数值求解和计算方法提供了高效的用武之地. 当然也不排除需要根据计算机数据处理和存储的特点进行必要的技术性处理, 但这并非研究方法的本质特征. 此外, “实验”和“试验”之间也存在着微妙的区别. “实验”的重点在“实”, 强调的是研究方法本身, 这是人类探索客观世界的根本途径. 而“试验”的重点在“试”, 强调的是由于问题本身具有随机因素, 需要进行试验设计和统计试验. 从建模的角度看, 计算机仿真以相对规范的模型为基础, 如连续系统的微分方程或状态方程模型, 以及离散事件系统模型等, 而计算实验的

模型通常是建立在各种计算方法的基础上,用各种智能算法模拟实际的社会经济现象和行为。

计算实验术语的出现一定程度上还能解决人们关于 simulation 的中文译法的争论。对 simulation 采用“模拟”还是“仿真”的译法一直是有争议的。在工程领域,学术界常常采用“仿真”的说法,而在经济和管理等社会科学领域,学术界常常采用的是“模拟”的说法。我们认为应用 Monte Carlo 方法对静态问题进行的统计试验分析可以称为“模拟”,而且这类问题往往是经济和管理等社会科学领域的问题。而对工程领域和管理领域的动态系统问题进行的计算机实验可以称为“仿真”。当然这种说法纯粹是出于文字表达的习惯,而非基于严格的逻辑概念。国内学界曾经有人认为,从哲学的高度看,对任何现实系统,人们实际上无法做到“仿真”,只能进行“模拟”。这些争议和说法都不能从根本上得到广泛地认同。而“计算实验”不仅准确表达了“在计算机上做实验”这一研究方法的本质特征,同时能够涵盖“计算机模拟”和“计算机仿真”的内涵,为“在计算机上做实验”这种普遍适用的研究方法找到了恰当的、严谨的、可接受的表述形式。更重要的是,计算实验扩展了计算机模拟或计算机仿真的方法论基础和应用领域,真正成为研究复杂系统的不可替代的有效工具。

综上所述,所谓计算实验就是在计算机上做实验,是继理论分析和实物实验之后,应用计算方法和计算机技术研究复杂系统的一种有效方法,特别适用于那些无法做实物实验或实验的风险或成本太高的社会经济系统的研究。

3 计算实验方法在商务模式创新复杂性研究中的应用

如前所述,商务模式创新复杂性研究大致可分为静态和动态两个角度。所谓静态角度,就是根据商务模式组分或要素之间相互作用关系的各种可能的形式,用基于 Monte Carlo 原理的计算机模拟方法,对不同结构的商务模式进行统计试验,以获取不同结构的商务模式的整体特性,进而分析商务模式创新的规律^[11]。但这种静态角度的研究

在模型描述能力上具有一定的局限性,不能直接描述各种创新模式对商务模式创新过程和结果的影响。

所谓动态角度,就是把商务模式创新视为商务模式演化的动力,通过模拟不同创新模式及其组合对商务模式演化过程和结果的影响,分析商务模式创新的规律。由于商务模式的演化过程难以规范地表达为计算机仿真所需要的连续系统模型或离散事件系统模型,或者为了表达为连续系统模型或离散事件系统模型,需要做出必要的简化,而这种简化可能使商务模式及其创新失去了复杂性特征。因此,有必要采用模型描述更为灵活的计算实验模型。即根据问题本身的特征和实际需要,建立能够准确反映商务模式创新复杂性的概念模型,这种概念模型可以方便地转换为计算机能够理解和处理的形式,即计算实验模型。这种计算实验模型的灵活性还体现在可以应用各种智能算法模拟商务模式创新的各种模式。此时各种智能算法不是作为求解问题的方法和工具,而是面向问题的模型的组成部分,这也是计算实验方法有别于为了求解数学模型而进行的数值求解的重要特征。国内外文献中也常常把这种数值求解的过程称为仿真(simulation)。但很明显,无论是问题本身还是应用算法的目标上都与计算实验完全不同。

由此可见,根据商务模式创新复杂性研究的基本思路和计算实验方法的特点,商务模式创新复杂性研究有必要采用计算实验的方法,其基本方法和过程可以归纳如下。

1) 建立描述商务模式组分或要素之间相互作用复杂性关系的静态结构模型,并定量地区分不同结构的不同复杂性。为此,可以采用 NK 模型或广义 NK 模型描述商务模式结构。

2) 应用智能算法描述商务模式创新的动态演化过程,其中各种智能算法中的算子或参数及其组合可以用来描述各种创新模式。

3) 用统计试验的方法,观察在不同算子或参数及其组合的情况下,商务模式的演化过程及其结果。

4) 对上述统计试验的结果进行统计分析,进而总结和归纳商务模式创新的规律,即分析商务模式的不同结构(因此复杂性也不同)与商务模

式创新模式之间的关系。

根据上述方法,分别采用遗传算法、粒子群优化算法等智能算法和复杂适应系统理论的建模方法,描述自主创新、模仿创新、模块创新、激进创新等创新模式,分析商务模式的演化规律,并得出了能够指导商务模式创新实践的有价值的结果。

以粒子群优化算法为例,说明基于粒子群优化算法的商务模式创新复杂性研究的计算实验方法。

粒子群优化算法 (particle swarm optimization algorithms 简称 PSO)是由 Eberhart和 Kennedy于 1995年提出的一种群体智能演化算法^[19]。粒子群优化算法在求解优化问题时,将问题的可能解看作是 n 维搜索空间中的一个没有体积的微粒,每个微粒包含两个属性:一是位置,表示解在解空间中的相对位置,用 $value(i) = (value(i, 1), value(i, 2) \dots, value(i, n))$ 表示;二是速度,表示粒子飞行的方向和距离,用 $v(i) = (v(i, 1), v(i, 2), \dots, v(i, n))$ 表示。算法随机初始化一群粒子即问题的可能解,粒子根据空间中的最优粒子以及粒子本身所找到的最优位置来更新其速度,进而调整自己在空间中的位置。最后通过多次迭代找到满足条件的最优解。粒子群优化算法以其简单、有效的特点,已经在工程领域以及社会科学研究中得到广泛关注和研究^[20-25]。

在应用粒子群优化算法描述商务模式创新时,根据介观商务模式的概念框架,商务模式系统形象化为一个在 h 维的空间中飞行的粒子。 h 表示商务模式系统的特性指标个数(商务模式的整体性能指标即适应度由其各特性指标综合而成)。在商务模式 NK 模型中, h 为 $3^{[11]}$ 。粒子在飞行空间中的位置取决于其每一维空间上的特性指标值。因此,粒子位置信息的好坏就决定了该商务模式结构类型适应度值的高低。适应度值高说明目前的商务模式适应企业发展,在竞争者中取得相对较高的效益;适应度值低则相反。这样一个包含有多个粒子演化的飞行空间中就包含了多张商务模式适应度地形图,因此算法的描述能力与 NK 模型相匹配。根据商务模式演化机理,在每个创新决策时间点上,也就是粒子飞行的每一次迭代之初,粒子根据速度来调整其在空间中位置的行为可以看作企业根据其商务模式创新的惯例进行创

新的行为。这里,粒子的速度在商务模式演化中就可以理解为指导商务模式创新的惯例 (routine)。

算法的速度方程为

$$v(i, j) = wv(i, j) + c_1r_1(pbestvalue(i, j) - value(i, j)) + c_2r_2(gbestvalue(j) - value(i, j)) \tag{1}$$

其中速度方程的第一部分 $wv(i, j)$ 代表了对上一次迭代所使用速度的继承,体现了惯例的可继承特性。这与实践中商务模式演化受制于企业原本的发展路径和方式的规律相吻合。速度方程的第二部分 $c_1r_1(pbestvalue(i, j) - value(i, j))$ 中的 $pbestvalue(i, j)$ 是粒子 i 在 j 维空间上曾经经历过的最优值,体现的是粒子过往经历对当前速度的影响,产生的是一种向自身过往最优位置靠近的趋势,这种影响机制与商务模式的自主创新相同。自主创新引导企业的管理者总结自身过往的创新经验,创新来源于企业自身经历。而粒子的模仿创新则表现为方程的第三部分 $c_2r_2(gbestvalue(j) - value(i, j))$,其中 $gbestvalue(j)$ 指的是在 j 维空间上最优粒子的位置,体现的是利用与最优粒子间的差距来影响粒子飞行。这在商务模式演化中表现为某个企业爬上适应度地形图的山峰将提高粒子群中其它企业对其进行仿效的可能^[20]。

根据商务模式 NK 模型的特点,采用 Kennedy 等人针对离散域中组合问题提出的离散二进制版的粒子群优化算法^[26]。离散的粒子群优化算法的基本思路与基本的粒子群优化算法相似,不同之处就在于该模型将粒子的每一维限制为 0 或 1 两种取值状态,速度取值应按照公式 $Sig(v_i^j(t+1)) = \frac{1}{1 + \exp(-v_i^j(t+1))}$ 变换为 0 到 1 之间的数值^[20]。当用速度来更新粒子的位置时,则根据变换后的速度值高低来进行。

如果 $Sig(v_i^j(t+1))$ 较大,则粒子的在该维上的状态取值更有可能选 1 反之则选 0 即

$$\text{If } U(0, 1) < Sig(v_i^j(t+1)), \text{ then } x_i^j(t+1) = 1 \\ \text{else } x_i^j(t+1) = 0$$

离散二进制形式的粒子群优化算法中粒子飞行空间的维数与 NK 模型的特性指标个数相对应,因此在加入演化算法后,针对单个复杂系统的 NK 适应度地形图便转变为在粒子群飞行空间中的多张地形图集合。这为演化研究中的指标度量

提供了基本的框架,使得研究可以沿着以下两条思路展开。

1)根据 NK 模型对商务模式复杂性的描述,研究具有不同结构即不同复杂性的商务模式的演化规律,从而分析商务模式演化过程中,商务模式的组分或要素在规模和结构上的调整策略。

2)通过对粒子群优化算法的参数比较分析,研究商务模式系统的三个演化动力——惯例、自主创新、模仿创新对演化的影响机制,进而得到指导商务模式创新的策略。

由于把商务模式系统视为复杂系统,除了应用 NK 模型方法描述复杂系统构成的规模效应、结构效应和层次效应外,商务模式组分或要素相互作用关系的复杂特性综合表现为其相互作用结果的随机效应,即某组分或要素的变化能够使与其具有强性关系 (epistatic relations) 的组分或要素发生随机变化^[1]。因此,对于结构一定的商务模式系统,由于其具有复杂系统特征,其整体性能指标也是随机的,但是可能具有一定的统计规律。我们希望应用统计试验的方法发现具有复杂特性的不同结构的商务模式系统的整体性能的规律。为此,针对某个特定结构的商务模式,需要进行大量的统计试验以获得有效的结果。统计试验的具体过程如下。

1)随机初始化特定结构的商务模式的各种可能状态的性能指标,即产生服从某种分布的随机数,赋予商务模式某种状态一个性能指标值,一般为 $[0, 1]$ 区间均匀分布的随机数。

2)应用基于粒子群优化算法的概念模型对商务模式的各种可能状态进行演化模拟。

3)当商务模式的各种可能状态的性能指标在演化进程中不再发生明显变化时,商务模式达到稳定状态,演化模拟结束。

4)计算各种可能状态的性能指标的平均值,作为某种特定结构的商务模式的整体性能指标。

5)随机初始化商务模式的各种可能状态的性能指标,重复上述演化过程。

6)在充分的模拟试验次数的基础上,统计某种特定结构的商务模式的整体性能指标。

7)对不同结构的商务模式进行上述过程,得到各种结构的商务模式的整体性能指标的统计结果,分析不同结构商务模式性能指标的统计规律。

在上述模拟过程中,可以通过改变粒子群优化算法的不同参数进行统计试验,以比较和发现不同创新模式对商务模式演化过程和结果影响,进而分析商务模式创新的规律。

在上述概念模型和计算实验方法的基础上,在计算机上实现了该模型并进行了充分的统计试验,得到了有效的结果。由于本文目标和篇幅所限,主要讨论商务模式创新复杂性研究的计算实验方法的方法论意义和基本思路,将另文详细介绍基于粒子群优化算法的商务模式演化的机理模型和计算实验的具体过程和结果。

4 结束语

本文基于商务模式创新复杂性研究的需要,提出了应用计算实验的方法研究商务模式的演化过程,进而分析商务模式创新的规律。这种计算实验方法与常规的计算机模拟、计算机仿真在概念和方法上有一定的区别和联系。而计算实验更好地概括了“在计算机上做实验”这一普遍适用的科学研究方法的本质特征。尤其对于商务模式创新复杂性研究而言,由于问题本身的复杂性和实际实验的困难,基于各种智能算法的计算实验方法是商务模式创新复杂性研究的根本途径。计算实验方法通过各种智能算法及其算子或算子的组合来描述商务模式演化过程中各种创新模式,进而用统计试验的方法分析商务模式复杂性和创新模式对其演化过程的影响,以发现和归纳商务模式创新的规律,丰富商务模式创新理论,并为商务模式创新实践提供科学指南。而且随着研究的深入和问题复杂性的提高,这一方法的基本思路和研究框架将大有用武之地。

参考文献:

[1]孙翰宁,张维迎,奥赫贝. 2010商业模式[M]. 北京:机械工业出版社, 2008

- [2] Cappelli P. The future of the U. S. business model and the rise of competitors[J]. *Academy of Management Perspectives* 2009, 23(2): 5– 10
- [3] Amit R, Zott C. Value creation in e-business[J]. *Strategy Management Journal* 2001, 22: 493– 520
- [4] Magretta J. Why business models matter[J]. *Harvard Business Review*, 2002, May: 2– 8
- [5] Shafer M H, Smith J, Linder J C. The power of business models[J]. *Business Horizons* 2005, 48: 199– 207.
- [6] Chesbrough H W. *Open Business Models: How to Thrive in the New Innovation Landscape*[M]. Boston: Harvard Business School Press, 2006
- [7] 罗珉, 曾涛, 周思伟. 企业商业模式创新: 基于租金理论的解释[J]. *中国工业经济*, 2005(7): 73– 81.
Luo Min, Zeng Tao, Zhou Siwei. Business model innovation: Based on the explanation for rents[J]. *China Industry Economics* 2005, (7): 73– 81. (in Chinese)
- [8] Zott C, Amit R. The fit between product market strategy and business model: Implications for firm performance[J]. *Strategic Management Journal* 2008, 29(1): 1– 26
- [9] Afuah A. *Business Models: A Strategic Management Approach* [M]. Boston: McGraw-Hill/Irwin, 2003
- [10] 翁君奕. 商务模式创新: 企业经营魔方的旋启[M]. 北京: 经济管理出版社, 2004
Weng Junyi. *Business Models Innovation: The Rotations of Business Model Cube*[M]. Beijing: Economy & Management Publishing House, 2004 (in Chinese)
- [11] 徐迪. 商务模式创新复杂性研究[M]. 北京: 经济管理出版社, 2005
Xu Di. *A Study on the Complexity of Business Model Innovation*[M]. Beijing: Economy & Management Publishing House, 2005. (in Chinese)
- [12] 肖人彬, 陶振武. 群智能研究进展[J]. *管理科学学报*, 2007, 10(3): 80– 96
Xiao Renbin, Tao Zhenwu. Research progress of swarm intelligence[J]. *Journal of Management Sciences in China* 2007, 10(3): 80– 96 (in Chinese)
- [13] Law A M, Kelton W D. *Simulation Modeling and Analysis* [M]. Third Edition. Beijing: Tsinghua University Press, McGraw-Hill, 2000
- [14] 王飞跃. 计算实验方法与复杂系统行为分析和决策评估[J]. *系统仿真学报*, 2004, 16(5): 893– 897.
Wang Feiyue. Computational experiments for behavior analysis and decision evaluation of complex systems[J]. *Journal of System Simulation*, 2004, 16(5): 893– 897. (in Chinese)
- [15] Kydland F E, Prescott C. The computational experiment: An econometric tool[J]. *Journal of Economic Perspectives*, 1996, 10(1): 69– 85
- [16] 王飞跃. 人工社会、计算实验、并行系统——关于复杂社会经济系统计算研究的讨论[J]. *复杂系统与复杂性科学*, 2004, 1(4): 25– 35
Wang Feiyue. Artificial societies, computational experiments and parallel systems: A discussion on computational theory of complex social economic systems[J]. *Complex Systems and Complexity Science*, 2004, 1(4): 25– 35. (in Chinese)
- [17] 盛昭瀚, 张军, 杜建国. 社会科学计算实验理论与应用[M]. 上海三联书店, 2009
Sheng Zhaohan, Zhang Jun, Du Jianguo. *Theory and Applications of Computational Experiment in Social Science*[M]. Shanghai: Shanghai Sanlian Press, 2009. (in Chinese)
- [18] 王飞跃, 史蒂夫·兰森. 从人工生命到人工社会——复杂社会系统研究的现状和展望[J]. *复杂系统与复杂性科学*, 2004, 1(1): 33– 41.
Wang Feiyue, Lansing J S. From artificial life to artificial societies: New methods for studies of complex social systems[J]. *Complex Systems and Complexity Science*, 2004, 1(1): 33– 41. (in Chinese)
- [19] Eberhart R, Kennedy J. Particle Swarm Optimization[C] // *Proceeding of IEEE International Conference on Neural Networks*, Perth, Australia, 1995: 1942– 1948
- [20] Brabazon A, Silva A, De Sousa T F, et al. Organizational strategic adaptation in the presence of inertia[J]. *Advances in Complex Systems* 2005, 8(2): 497– 519.
- [21] Xie X F, Zhang W J, Yang Z L. Incorporating Knowledge in Genetic Algorithms for Device Synthesis[C] // *6th International Conference on Solid-state and Integrated Circuit Technology*, Shanghai, 2001, 1143– 1146.

- [22] Kennedy J, Eberhart R, Shi Y H. *Swarm Intelligence* [M]. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2001.
- [23] 韩毅, 唐加福, 牟立峰, 等. 粒子群算法求解无能力约束生产批量计划问题 [J]. 管理科学学报, 2008, 11(5): 34–40
Han Yi, Tang Jiafu, Mou Lifeng, et al. Particle swarm optimization algorithm for solving uncapacitated multilevel lot size problems [J]. *Journal of Management Sciences in China* 2008, 11(5): 34–40 (in Chinese)
- [24] 李相勇, 田澎. 双层规划问题的粒子群算法研究 [J]. 管理科学学报, 2008, 11(5): 41–52
Li Xiangyong, Tian Peng. Particle swarm optimization for solving bilevel programming problems [J]. *Journal of Management Sciences in China* 2008, 11(5): 41–52 (in Chinese)
- [25] 邱玉琢, 陈森发. 基于改进 PSO 的综合运输网络管理多目标优化 [J]. 管理科学学报, 2008, 11(6): 43–50
Qiu Yuzhuo, Chen Senfa. Multiobjective optimization of comprehensive transportation network management based on modified particle swarm algorithm [J]. *Journal of Management Sciences in China* 2008, 11(6): 43–50 (in Chinese)
- [26] Kennedy J, Eberhart R. A discrete binary version of the particle swarm algorithm [J]. *Proc Conf on Systems Man and Cybernetics* New Jersey: IEEE Press, Piscataway, 1997: 4104–4108

Computational experiments for study of complexity of business model innovation

XU Di¹, LI Xuan^{1,2}

1. School of Management, Xiamen University, Xiamen 361005, China

2. Department of Management, Minjiang University, Fuzhou 350108, China

Abstract With the complexity characteristics of business model and its innovation, it is necessary to apply computational experiments to study business model innovation. The basic idea was analyzed to study business model innovation with complexity. A basis of methodology and framework was developed for applying computational experiments to study business model innovation. The differences and relationships between computational experiments and computer simulation were also discussed and compared in order to develop the general method to simulate the evolution of business model for studying business model innovation using computational experiments with intelligence algorithms, such as particle swarm optimization algorithms and genetic algorithms or complex adaptive system theory. Intelligence algorithms based computational experiments provide the study of complexity of business model innovation with valid methodology, tools and platform, and thus become fundamental approaches for the study of complexity of business model innovation.

Key words business model innovation; complexity; computational experiments; simulation; intelligence algorithm; particle swarm optimization algorithms