

文章编号:1001-4098(2005)06-0008-08

供应链管理的系统动力学研究综述*

张力波¹, 韩玉启¹, 陈 杰¹, 余 哲², 马义中¹

(1. 南京理工大学 经济管理学院, 南京 210094; 2. 上海交通大学 管理学院, 上海 200030)

摘 要:供应链管理日益表现出复杂性、动态性等趋势,本文在回顾系统动力学方法的理论研究与应用发展概况,并比较供应链管理研究几种方法的基础上,分析论证了系统动力学方法应用于现代供应链管理问题研究的可行性,并根据供应链管理相关问题的分类,回顾、评述了系统动力学在各类问题中的应用研究概况,最后提出了进一步的研究方向。

关键词:供应链管理;动态复杂性;系统动力学;建模;仿真

中图分类号:C931 **文献标识码:**A

1 引言

在市场全球化、一体化的环境中,市场竞争日趋激烈,客户的要求越来越高,产品的生命周期越来越短,大大增加了供应链管理(Supply Chain Management, SCM)的不确定性、多样性、动态性,呈现出复杂的动态行为模式,增加了供应链管理的难度。对于此类涉及时间延迟、信息放大、动态变化的 SCM 问题,传统的静态方法很难奏效,相反还有可能加剧问题的恶化^[1,2]。20 世纪 50 年代麻省理工学院 Forrester 教授创立的系统动力学(System Dynamics)为解决动态复杂性問題提供了一种可行的理论、观点、方法与工具。

系统动力学是综合了反馈控制论(Feedback Cybernetics)、信息论(Information Theory)、系统论(System Theory)、决策论(Decision Theory)、计算机仿真(Computer Simulation)以及系统分析的实验方法(Experimental Approach to System Analysis)等发展而来的,它利用系统思考(System Thinking)的观点来界定系统的组织边界、运作及信息传递流程,以因果反馈关系(Causal Feedback)描述系统的动态复杂性(Dynamic Complexity),并建立量化模型,利用计算机仿真方法模拟不同策略下现实系统的行为模式,最后通过改变结构,帮助人们了解系统动态行为的结构性原因,从而分析并设计出解决动态复杂问题和改

善系统绩效的高杠杆解决方案(High Leverage Solution, 即以最小的投入获取最大的绩效)^[3-8]。

尽管 Forrester 构建的有关供应链的系统动力学模型在很长一段时间受到质疑,但随着时间的推移,系统动力学在供应链管理研究中的作用逐渐得到认可^[9],它在供应链管理中的应用研究范围也逐渐扩大。本文就供应链管理研究的几种方法进行回顾、比较,分析、论证系统动力学应用于供应链管理研究的可行性,并分类回顾、评述系统动力学在供应链管理中的应用研究。

2 应用系统动力学研究 供应链系统的可行性

2.1 系统动力学概述

20 世纪 50 年代早期,美国麻省理工学院(MIT)斯隆管理学院 Forrester 教授进行将计算机科学和反馈控制理论应用于社会、经济等系统的研究^[3,4],到 20 世纪 70 年代初,系统动力学逐渐发展成为一种了解和认识人类动态复杂系统的研究方法^[1]。正如 Forrester^[10]指出的,“一些刚接触的学者认为系统动力学只是一种可以用来处理情景模拟的软件包;另外有些人则把它当成一门建模的学问,但是,我认为不仅如此,它更是一种看待世界的方式”,系统动力学不仅有完整的建模工具,更有完整的方法论和思考模式。系统动力学在 20 世纪 80 年代初引入国内,20 多

* 收稿日期:2005-03-27

基金项目:国家自然科学基金资助项目(70372010)

作者简介:张力波(1973-),男,四川岳池人,南京理工大学经济管理学院博士研究生,研究方向:工业工程,供应链管理,质量管理等;韩玉启(1955-),男,江苏徐州人,南京理工大学经济管理学院教授,博士生导师,研究方向:管理理论与方法;陈杰(1966-),男,浙江奉化人,南京理工大学经济管理学院副教授,研究方向:企业信息化,工业工程,生产运作与管理,供应链管理及物流;余哲(1974-),男,江苏南京人,上海交通大学管理学院博士研究生,研究方向:公司金融与质量管理。

年来包括王其藩^[11-13]、苏懋康^[14]、胡玉奎^[15]等学者在内的上千人参与了系统动力学在中国的应用研究工作,但在供应链管理领域应用研究的文献并不多见。

系统动力学强调以闭环的观点方法来认识和解决问题,从图1^[16]可看出它与传统方法的区别。这也决定了它采用反馈环路式的建模方法,即通过分析行为模式背后的反馈环路结构,改变结构中相关变量的状态值,了解不同策略下的不同行为模式,来完成策略的优化^[17]。

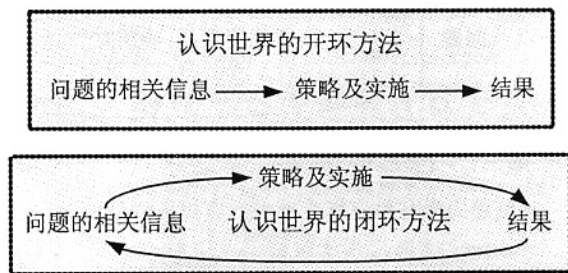


图1 认识世界的开环、闭环方法^[16]

系统动力学建模采用的反馈环路(Feedback Loop)是按业务流程顺序连接了系统策略、系统状态和系统信息,最后又再回到决策并对决策产生反作用的封闭环路。反馈环由各种不同的因果关系(Causal Relation)组成。因果关系有正负之分,前者表示 X 的变化使 Y 朝同一方向变化,如生产率对库存、出生率对人口数量;后者表示 X 的变化使 Y 朝相反方向变化,如产品价格对销售量^[18]、死亡率对人口数量。故反馈环也有正负之分,如图2所示。

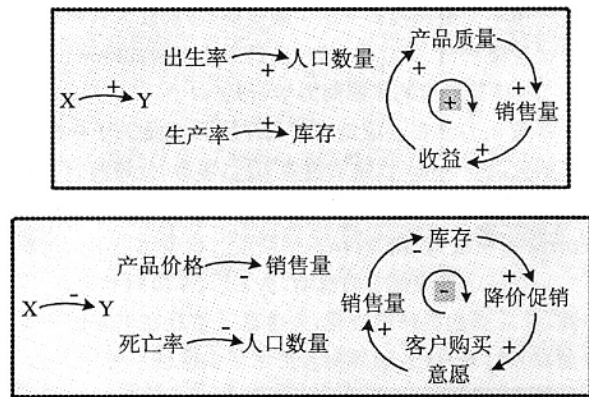


图2 正、负因果关系及反馈环示意图

系统动力学强调反馈环路的结构关系、时间延迟、信息放大对系统行为的影响,其中结构关系表示系统各组成结构之间的相互关系;时间延迟表示决策行动落后于信息的获得;信息放大表示随着流程与时间的推移,某些信息会被放大,它对决策行为的影响会随之被放大。

系统动力学善于处理高阶(high level of order)、非线性(non-linear)、多环(loop multiplicity)的动态问题。系统动力学采用微分方程的概念设计仿真模式,借助计算机可以对含有上千个变量及上千阶微分方程的高阶非线性复

杂动态系统进行仿真。

2.2 供应链管理的复杂性与动态性

供应链管理是针对供应链中从供应商、制造商、分销商、零售商到客户等成员及从计划、采购、生产、仓储、分销到配送等各种活动的管理,目的在于通过流畅、及时的信息、物料、资金的流动,及链上所有成员之间密切的协调配合,使客户获得最佳满意度的产品与服务,链上成员也获得各自应有的利益,从而实现整个供应链的协同发展^[19]。

供应链不但包括了从供应商到客户等实体成员及其相互关系以及它们同外界环境的关系,还包括了从计划到配销等多种业务活动及信息、物料、资金的流动,纷繁多样的各级子系统、子系统间复杂的交互关系以及系统跟外界环境的交互关系,决定了供应链管理的复杂性。根据钱学森的开放复杂巨系统概念,可知供应链在本质上是一个开放的复杂巨系统^[20]。

组成实体的复杂性:所在地域的分散性、管理与决策权限的差异及规模的巨量性;

结构的复杂性:供应链实体相互关系(比如紧密型的公司制、松散的动态联盟制)的复杂性和供应链网络(如链状、树状、双向树状、星状等)的复杂性;

交互的复杂性:为实现协同发展,各实体之间应该有协调一致的计划、管理和控制机制;

开放性:供应链组成实体内部、实体之间、实体同外界环境都存在交互作用;

突现性:供应链系统往往体现出其组成部分或部分总和没有的特性;

动态性:市场的多变性、不确定性及不可预测性使得供应链表现出随时间不断变化的动态行为模式,也使得供应链体系不断变化发展甚至分化瓦解,形成新的供应链。

2.3 供应链管理研究的几种方法

Beamon^[21]将供应链管理的相关问题及研究归为四类:

(1) 确定性的解析模型(Deterministic Analytical Model),即相关变量确定且已知;模型一般是在一定的限制条件下确定系统的目标函数,主要采用线性规划、启发式算法等;

(2) 随机解析模型(Stochastic Analytical Model),即系统中至少有一个未知数,且假定该未知数服从某一特定的概率分布,此类模型主要采用统计方法;

(3) 计量经济模型(Economic Model),主要采用时间序列、博弈理论(Game Theory);

(4) 仿真模型(Simulation Model),主要采用离散事件仿真(Discrete-event Dynamic Systems Simulation)、商业博弈、系统动力学、电子制表(Spreadsheet Simulation)等。

根据王春喜等^[22]的分类比较,可以将供应链管理的研究模式归为传统的数学建模方法、网络模型以及动态建

模仿真与分析的方法,这些方法的优劣比较如表 1 所示。

表 1 供应链管理研究的几种方法比较^[22]

	组性/整数/混合整数	网络模型	仿真建模与分析
建模方法	非面向对象、数学等式	图论,可转为 LP/IP 模型	面向对象、时间或事件仿真
求解技术	矩阵算法、分枝定界、启发算法	大量优化算法	统计比较方法
解析模式	静态	静态	静态/动态
优点	求解效率高	形象直观、易求解	建模容易、可有随机变量
缺点	问题的非线性、难量化	近似模拟、非随机问题	求解速度低、非实时

从表 1 可以看出,仿真建模与分析方法一般不追求严谨的数学逻辑,不拘泥于最优解,不依据抽象的假设,而是以现实世界为前提,面向对象、时间或者事件,考虑许多不可度量的复杂性、随机性和动态性,来寻求改善系统行为、性能的方法与策略。仿真建模与分析的方法主要有电子制表软件仿真、商业博弈、离散事件仿真、系统动力学等四种^[23]。

电子制表软件主要是对一些简单问题的仿真,对于多数复杂流程的循环、延迟或动态特性,它的分析和模拟能力有限;它对数据的充分程度要求较高,常用于财务、账目、簿记等。

商业博弈主要是对现实世界(如供应链及其所处环境)进行模拟,使管理者可以在模拟的“世界”中进行动态交互;它对人的行为的分析和建模能力有限,主要用于教学和训练。

离散事件仿真采用面向单个离散事件的观点,不但考虑事件本身,还考虑与事件相关的不确定性;但供应链既非完全离散也非完全连续系统,所以离散事件仿真也存在一定的缺陷。

综上,系统动力学是一种可用于供应链管理研究的非常合适的方法。Forrester 最早将其用于供应链动态行为模式的分析^[3,4],几十年来,它在供应链设计、物流、资金流、信息流的协调与整合等方面的定性与定量分析研究中发挥了巨大的作用^[24],并逐渐得到认可;尤其是在未来越来越不可预测的市场环境中,更能显示出其在供应链应用研究中的价值^[25]。

3 系统动力学应用于供应链管理的研究概况

系统动力学在供应链管理中的应用可以追溯到 1958 年,Forrester^[3]将其应用于解决工业中的需求放大、库存波动、产量与劳动力雇用之间的不稳定现象、广告策略对生产变化的影响、信息技术对管理的影响等一些经营管理问题。但在随后的 30 年中,却很少看到相关文献。直到 20 世纪 90 年代,系统动力学在供应链管理中的应用研究文献才又再度出现。总结相关文献,并借鉴 Bernhard 等^[26]的分类,本文将其归纳为三类:供应链物流的系统动力学研究;供应链流程再造的系统动力学研究;供应链的系统动力学研究方法的理论研究及改进。

3.1 供应链物流的系统动力学研究

供应链物流的系统动力学研究主要包括对供应链物流过程中不同生产模式下的牛鞭效应(需求放大)、库存管理等供应链物流、资金流、信息流过程动态性的研究。

(1) 牛鞭效应的系统动力学研究

系统动力学在供应链中的最早应用就是关于牛鞭效应的研究,Forrester 构建的包含工厂、库房、分销商和零售商的供应链仿真模型^[4](如图 3 所示)后来被人们称为“Forrester 供应链”或“Forrester 模型”。该模型清晰的反映了物料在整个供应链中的流动,从工厂、库房到分销商、零售商,最后到达客户的过程,并考虑了信息在供应链中的流动以及时间延迟,结果初步揭示了供应链中时间延迟、牛鞭效应(需求放大)等动态性的存在。

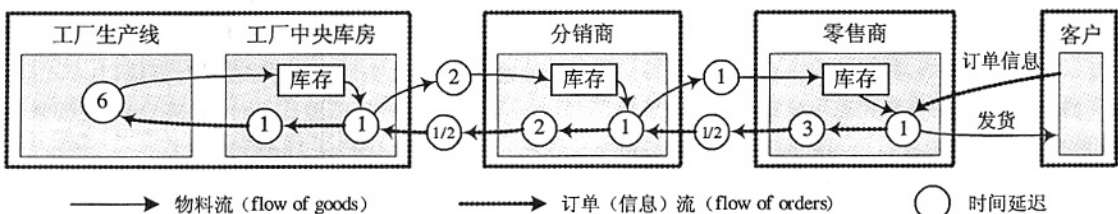


图 3 Forrester 供应链

随后,许多学者对供应链的牛鞭效应(需求放大)进行了相关研究,其中利用系统动力学方法的主要有 Ster-

man^[27]、Towill^[28]、Anderson 等^[29]等。Sternan^[27]利用系统动力学构建了一个通用的库存

管理模型,如图4所示。该模型主要包含系统物理结构(状态变量和流结构)与决策规则两部分,它们组成了一个基本的库存管理决策的试验环境,可以提供多种不同的模拟情景。Sterman指出,供应链库存管理系统中各种反馈的复杂性和时间压力往往会使决策者产生对反馈信息的错误理解及非理性的决策行为,决策过程往往采用局部合理

的启发式方法,来形成目标导向和调整策略。Sterman后来利用“啤酒游戏”设计的生产与分销管理模拟试验考虑了多阶段、多成员、非线性反馈、时间延迟等,结果也说明了同样问题。Sterman建议,对决策者的系统思考(System Thinking)模式的培训有助于形成科学的库存管理策略并有效克服牛鞭效应。

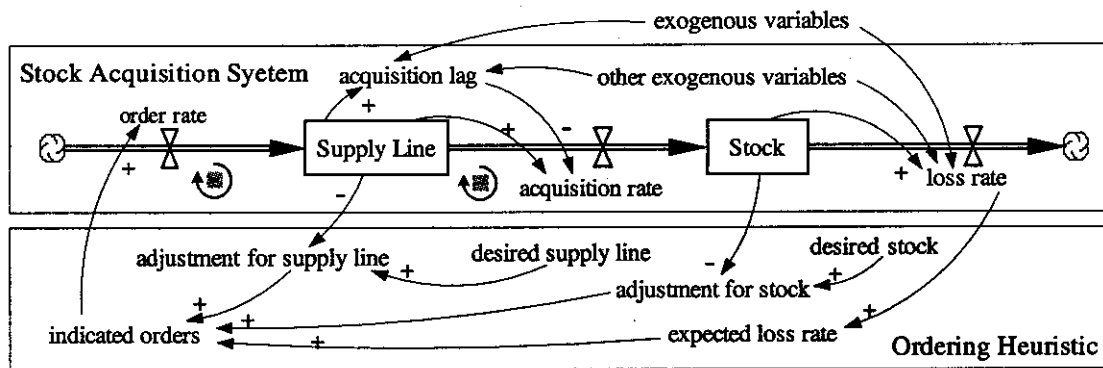


图4 Sterman的通用库存管理模型

Towill^[28]通过系统动力学研究了需求信息随供应链层层向上的变化幅度,发现每经过一个环节需求信息会被放大一倍,到制造商从分销商获得订单时,需求放大几乎达到初始需求的八倍。Anderson等^[29]以机床行业为例,利用系统动力学探讨了机床设备供应链的需求放大在提前期、库存、生产率和人力等方面的含义,测试了供应链性能改善的多种策略,并利用统计拟合数据进行仿真,结果显示,市场的多变性及“投资加速”导致生产能力的提高,从而产生需求的严重放大,灵活的订单策略和雇佣策略有助于克服需求放大并改善整个供应链的运作。国内牛鞭效应的系统动力学研究主要有傅焯^[30]、李稳安^[31]等。

(2) 库存策略的系统动力学研究

库存管理是供应链管理中的一个基本研究课题。如何在满足正常需求情况下减少库存,降低成本,一直是库存管理研究的热点。系统动力学在库存管理研究中发挥了很大的作用。

准时制生产模式(Just In Time, JIT)对库存要求非常严格,这也增加了库存控制的复杂性。Alonso与Frasier^[32]利用系统动力学方法探讨了在面临不同的销售波动时, JIT模式库存策略对公司利润的影响,研究表明,计划和管理上的延迟将会影响公司的利润;需求的不确定性,将导致更长的时间延迟,从而导致更多的库存积压及利润下降。Gupta Y P与Gupta M^[33]通过系统动力学模型分析了准时制生产模式的动态行为模式及其库存、产能等问题。

Barlas与Aksogan^[34]设计的一个成衣供应链系统动力学模型是系统动力学在库存策略应用研究中的经典案例,其目的是设计库存策略以降低成本、提高收益,并探寻多种不同库存策略的管理学含义。该模型综合了订单和生

产策略,并借助C语言完成了某些计算。结果显示,用于连续系统的订单策略对于部分离散部分连续的库存系统并不适用,于是提出了针对部分连续部分离散库存系统的新订货策略,该策略对于不稳定需求特别有效。

桂寿平等^[35]利用系统动力学的原理和方法分析了库存控制机理,通过一个实例构建了库存控制的系统动力学模型。测试运行结果表明,该系统动力学模型具有较好的决策支持和环境协调能力。另外,尤安军^[36]、桂寿平等^[37]将系统动力学方法用于供应链物流系统、物流配送、区域物流等问题的分析研究,尝试利用全局、动态的观点和方法来模拟再现物流系统的运行机制及行为模式,探寻提高整体运行效率和服务水平的途径和方法。

3.2 供应链流程再造的系统动力学研究

供应链流程再造是解决供应链牛鞭效应(需求放大)等问题的一种有效的方法,系统动力学方法对供应链实施流程改进与重新设计则整合了系统动力学基于反馈的动态分析方法特性以及企业流程重组的一些观点与技术。

早在1980年, Lyneis^[6]利用系统动力学的方法,设计了一个制造企业的供应链流程结构,主要用来研究库存、财务、人力资源、供应商、客户及与竞争对手之间的动态交互模式。但该流程结构欠缺全局、整体的整合,还不能算是真正意义上的过程再造。供应链设计的Cardiff框架^[38](如图5所示)则是系统动力学应用于供应链流程再造的典范。

供应链流程设计的Cardiff框架方法是一种基于反馈环路的、自上而下的、整体的、全局的系统分析与计算机仿真方法,它将供应链划分成一些可以串行或并行的相对独立的业务单元,经过定性的动态分析与定量的仿真,再把

业务单元模型结构整合成一个整体的框架,来探寻解决供应链问题的方法。Cardiff 框架方法综合了“软”、“硬”不同的系统分析方法,它定性地分析供应链的多种结构、运作的相关概念以及过程的知识发现,更重要的是它对供应链

的流程再造进行了定量的分析、建模与测试,是一种结构化的设计方法。Berry 等^[39,40]对欧洲计算机等电子产品供应链的成功再造,证明了 Cardiff 框架的有效性。

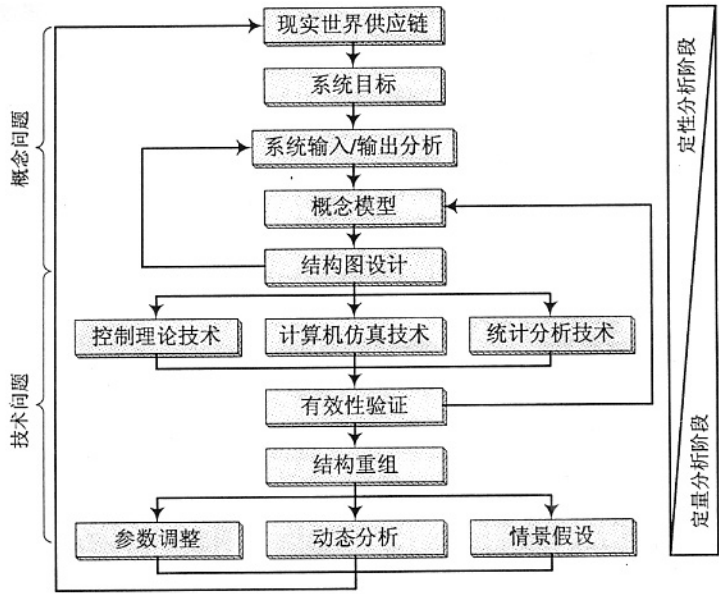


图 5 供应链管理的 Cardiff 框架

Towill^[9]认为时间压缩是现代供应链建立高效反应能力、应对市场快速变化、改善整体绩效的最好方法。并利用 Forrester 模型^[4]作为供应链系统绩效改善的基本框架构建了一个供应链再造策略。结果显示,提前期的缩短对质量、客户服务水平和总成本有着积极的影响,对供应链需求的预测、故障诊断、对客户及市场的响应速度都有非常显著的改善。

Cakravastia 和 Diawati^[41]利用系统动力学的方法,对印尼造船业供应链流程进行了再造。模型不但考虑了物流、信息流,还整合了财务资金流,包含了订单、库存、发货、延迟、总销售额及净利润等关键因素及其相互关联,并设定了产品质量、成本和交货期等三项关键的物流绩效指标。实证表明,该模型可用于供应链物流策略的设计、物流绩效的评价及预测。

3.3 供应链的系统动力学方法的理论研究及改进

系统动力学虽然是研究供应链管理问题的一种有效方法,但也并非十全十美,还需要同其他管理理论、方法、算法结合应用,寻求理论及方法的完善,以图找到更科学的解决方案。

Akkermans^[42]提出的 Participative Business Modeling (PBM)方法就是一种综合了系统动力学、运筹学、社会科学及过程咨询的动态决策方法,其概念模型框架如图 6 所示。跟传统的方法相比,PBM 方法避免了决策管理与控制的缺失,综合考虑了供应链物流策略设计中的技术复杂性

的功效。

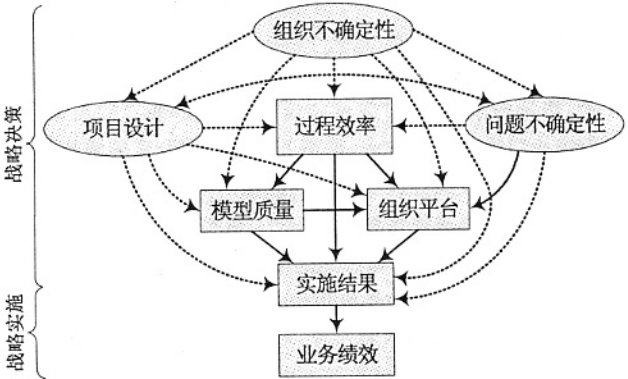


图 6 Akkermans 的 PBM 战略决策概念模型

PBM 方法有四个步骤:①问题定义阶段:首先从组织复杂性入手,融入项目管理的理念,对策略问题进行定性分析;②问题概念化及结构化阶段:主要采用头脑风暴法(Brainstorming)、因果环图、状态变量和流程图来完成流程结构及其相互关联的反馈环路图;③模型量化阶段:采用系统动力学方法或离散事件模拟方法实现模型结构与变量数学关系的表达,并运行、测试模型以发现系统在不同策略(通过改变流程结构或相应变量参数)下的动态行为模式;④知识发现及扩散阶段:进行模型的情景分析及灵敏度测试,完成模型中相关敏感变量及模型的可靠性测试,并进一步修改完善模型实现系统绩效的最大化。

最后 Akkermans 将 PBM 方法应用于某个欧洲跨国

公司物流系统战略设计的案例研究,结果显示,PBM方法在供应链物流战略设计中具有一定的有效性及优越性。

供应链的复杂行为增加了公司在各区域、各子公司之间资源分配与发展的协调难度。大部分传统的静态方法很难解决这类动态问题。Vos与Akkermans^[43]将系统动力学用于供应链的研究,提出了一种综合的供应链扩展设计方法(如图7所示),以图实现动态决策支持。同PBM方法类似,Vos方法融入了项目管理的理念,考虑了策略制定的管理与控制,同时注重考虑员工技能、意愿及激励等“软”变量;系统动力学方法的应用,克服了一般传统方法的静态特性局限,提高了扩展设计方法的可行性与实用性。该方法及框架模型在亚洲某企业供应链管理的应用研究案例结果显示,这种综合的供应链扩展设计方法对于全球供应链流程的设计及资源的动态分配非常有效,能为管理人员提供有价值的认知参考和决策支持。

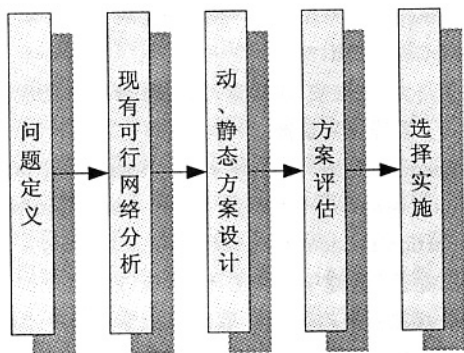


图7 Vos的供应链扩展设计模式

Hefeez等^[44]提出了一种系统动力学与系统工程相结合的供应链动态建模方法。与PBM方法类似,该方法尝试将技术、组织、人员态度及人机关系等问题的复杂性一并考虑,构建一个集成的供应链系统动力学框架模型。在实证研究中,Hefeez等处理了在最低库存水平下如何更快响应需求的问题,以此来探寻解决生产能力及物料供应的瓶颈问题的途径与方法,实现供应链设计的整体优化。Hefeez等建议把供应链的系统动力学模型看成一个“管理信息系统”,实现人机交互的功能,让管理人员可以随时根据实际情况在不同的模拟市场环境中运行模型,并测试它们的有效性及其灵敏度。

4 结语

作为一种重要的研究方法,系统动力学在供应链管理研究中发挥了重要作用。在未来的研究中,它仍将继续发挥作用。和其他供应链管理的研究方法相比,系统动力学有自己的优势,但也存在不足:

首先,系统动力学方法通过构建仿真模型来反映现实系统,但现实系统的复杂性可能很难或者根本不可能完成

建模。为了解决问题,建模势必基于一定的假设,比如在研究供应链的某些问题时,可能假设末段时期内只生产一种或几种产品,生产能力基本稳定或者没有能力限制,需求订单按一定的规律变化等。假设有助于问题的简化,但假设越多,构建的模型自然离真实的系统越远,由此而制定的决策就可能难以符合并满足实际要求。

其次,系统动力学模型的特点是通过认知、发现和改变系统结构来认知、发现和改变系统的行为模式,但对于复杂的供应链系统,由于缺乏对变化的适应能力,设计好的系统动力学模型往往跟不上实际供应链系统的动态变化。

第三,系统动力学方法对动态策略优化的定量仿真及模型的有效性、灵敏度分析一般采用“试凑法”^[45]。策略优化不但要考虑系统参数变化还要考虑系统结构的变化,而“试凑法”一般是事先设计好策略方案,通过改变系统参数进行仿真来发现问题,然后在所设计的方案中进行优选。这在很大程度上依赖分析、建模人员的经验与技巧,虽然它能反映一定的管理学意义,但很难达到数学意义上的优化。

第四,系统动力学对供应链系统的仿真模拟主要是采用连续模式,但供应链既非完全离散系统也非完全连续系统。虽然连续模式可以用于供应链中的时间、库存等方面的仿真模拟,而且也能很好地反映供应链的基本动态行为模式^[29],但为了更接近实际,适当考虑离散的模式结构对于完善系统动力学方法以及更科学的解决供应链管理问题都有着积极的意义。

针对以上问题,笔者认为今后的研究方向可以从如下方面着手:

重视策略心智模型(Mental Models)系统动力学意义上的改善和提高。加强全局、整体、动态的系统思考、组织学习、知识发现等观点及方法的学习与应用。策略心智模型决定着系统动力学模型的结构,也就决定着仿真的结果,心智模型的优劣直接影响着系统动力学模型与策略的优劣。

结合其他的管理理论、思想、方法以及其他学科领域或工具算法方法来弥补系统动力学方法的不足。比如,约束理论(Theory of Constraints, TOC)有助于简化系统问题的复杂性,从而可以增加系统动力学建模的可行性及实效性;与离散事件仿真、商业博弈及其他基于IT技术的建模等方法的结合,有助于实现对供应链的混合模式建模,而且可在模型中考虑加入供应链管理的一些软变量(如客户关系管理、冲突管理等);与传统的数学方法(如混合整数规划、运筹学、启发式算法、遗传算法、模糊算法、统计方法、田口方法等)的结合也是一个很好的研究方向,比如遗传算法有助于实现系统动力学模型的结构优化,提高模型对环境的适应能力,而田口方法有助于系统动力学模型的

灵敏度测试和稳健性分析^[46]。

及时跟踪供应链管理研究的最新研究趋势与热点。目前,供应链的研究方向主要有:多目标、分布式供应链综合性能的评价;供应链流程的设计、再造及整合研究;供应链国际化、全球化趋势下的多供应商问题、协调机制、联盟关系、契约管理、冲突管理等研究;信息共享、信息技术、保持和转换关系(客户忠诚度、品牌效应等)的研究^[47]。系统动力学可以考虑与其中研究方向的切入。另外,传统的需求放大、库存管理及大规模物流系统过程设计与建模问题仍然是系统动力学在供应链管理中一个值得进一步研究的方向。

参考文献:

- [1] Senge 著. 郭进隆, 杨硕英译. 第五项修炼[M]. 上海: 上海三联书店, 1994.
- [2] Dornor D. The logic of failure; why things go wrong and what we can do to make them right[M]. Hamburger: Rowohlt Verlag GMBH, 1989.
- [3] Forrester J W. Industrial dynamics: a major breakthrough for decision makers[J]. Harvard Business Review, 1958, 36(4): 37~66.
- [4] Forrester J W. Industrial dynamics[M]. Cambridge Mass: MIT Press, 1961.
- [5] Forrester J W. World dynamics[M]. Cambridge Mass: MIT Press, 1971.
- [6] Lyneis J M. Corporate planning and policy design: a system dynamics approach[M]. Portland: Productivity Press, 1980.
- [7] Sterman J D. The economic long wave: theory and evidence[J]. System Dynamics Review, 1986, 2(2): 87~125.
- [8] Richardson G P. Feedback thought in social science and systems theory[M]. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1991.
- [9] Towill D R. Time compression and supply chain management — a guided tour[J]. Supply Chain Management, 1996, 1(1): 15~27.
- [10] Forrester J W. Greetings to the 1991 System Dynamics conference in Bangkok[A]. Supplemental Proceedings of the 1991 Inte. System Dynamics Conference[C]. 1991: 1~3.
- [11] 王其藩. 高级系统动力学[M]. 北京: 清华大学出版社, 1995.
- [12] 王其藩. 复杂大系统综合动态分析与模型体系[J]. 管理科学学报, 1999, 2(2): 15~19.
- [13] 王其藩, 蔡雨田, 贾建国. 回顾与评述——从系统动力学到组织学习[J]. 中国管理科学, 2000, 8(S): 237~247.
- [14] 苏懋康. 系统动力学原理及应用[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 1988.
- [15] 胡玉奎, 韩于羹, 曹铮韵. 系统动力学模型的进化[J]. 系统工程理论与实践, 1997, 10: 132~136.
- [16] Forrester J W. System dynamics and the lessons of 35 years[R]. Sloan School of Management, MIT, 1991: 1~35.
- [17] Wolstenholme E F. System enquiry — a system dynamics approach [M]. Chichester: John-Wiley Press, 1990.
- [18] Sterman J D. Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world[M]. New York: McGraw-Hill, 2001.
- [19] Simchi-Levi D, Kaminsky P, Simchi-levi E. Designing and managing the supply chain: concepts, strategies, and case studies [M]. New York: McGraw-Hill, 2001.
- [20] 王丹力, 王宏安, 戴国忠. 供应链管理的复杂性研究[J]. 系统仿真学报, 2002, 14(11): 1439~1442.
- [21] Beamon B M. Supply chain design and analysis: models and methods[J]. International Journal Production Economics, 1998, 55: 281~294.
- [22] 王春喜, 查建中, 李建勇. 供应链性能评价的研究现状和发展趋势[J]. 管理工程学报 2003, 17(3): 27~30.
- [23] Kleijnen J P C, Smits M T. Performance metrics in supply chain management[J]. Journal of the Operational Research Society, 2003, 54(5): 507~514.
- [24] 韩坚, 吴澄, 范玉顺. 供应链建模与管理的技术现状和发展趋势[J]. 计算机集成制造系统, 1998, 4: 8~14.
- [25] Petrovic D, Roy R, Petrovic R. Modelling and simulation of a supply chain in an uncertain environment [J]. European Journal of Operational Research, 1998, 109(2): 299~309.
- [26] Bernhard J A, Marios C A. System dynamics modeling in supply chain management: research review [A]. Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference[C]. 2000: 342~351.
- [27] Sterman J D. Modeling managerial behavior: misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment [J]. Management Science, 1989, 35 (3): 321~339.
- [28] Towill D R. Forridge-principles of good practice in material flow[J]. Production and Control, 1997,

8(7):622~632.

- [29] Anderson E G, Fine J C H, Parker G G. Upstream volatility in the supply chain: the machine tool industry as a case study[R]. Department of Management, University of Texas, 1997.
- [30] 傅烨,郑绍谦. 供应链中的牛鞭效应——成因及对策分析[J]. 管理工程学报, 2002, 16(1): 82~83.
- [31] 李稳安,赵林度. 牛鞭效应的系统动力学分析[J]. 东南大学学报, 2002, 4(10): 96~98.
- [32] Alonso R L, Frasier C W. JIT hits home: a case study in reducing management delays [J]. Sloan Management Review, 1991, 32(4): 59~67.
- [33] Gupta Y P, Gupta M. A system dynamics model of a JIT-Kanban system[J]. Engineering Costs & Production Economics, 1989, 18(12): 117~130.
- [34] Barlas Y, Aksogan A. Product diversification and quick response order strategies in supply chain management [R]. Bogazici University, 1997. <http://ieiris.cc.boun.edu.tr/faculty/barlas/>.
- [35] 桂寿平,朱强,吕英俊等. 基于系统动力学模型的库存控制机理研究[J]. 物流技术, 2003, 6: 17~19.
- [36] 尤安军,庄玉良. 系统动力学在物流系统分析中的应用研究[J]. 物流技术, 2002, 4: 19~20.
- [37] 桂寿平,朱强,陆丽芳等. 区域物流系统动力学模型及其算法分析[J]. 华南理工大学学报, 2003, 31(10): 36~40.
- [38] Nami M M, Towill D R. Establishing a framework for effective materials logistics management [J]. International Journal of Logistics Management, 1994, 5(1): 81~88.
- [39] Berry D, Naim M M, Towill D R. Business process re-engineering an electronic products supply chain [J]. IEEE Proceedings — Science, Measure and Technology, 1995, 142(5): 395~403.
- [40] Berry D, Naim M M. Quantifying the relative improvements of redesign strategies in a P. C. supply chain[J]. International Journal of Production Economics, 1996, 46: 181~196.
- [41] Cakravastia A, Diawati L. Development of system dynamic model to diagnose the logistic chain performance of shipbuilding industry in Indonesia [R]. International System Dynamics Conference, Wellington, 1999.
- [42] Akkermans H A. Developing a logistics strategy through participative business modeling[J]. International Journal of Operations & Production Management, 1995, 15(11): 100~112.
- [43] Vos B, Akkermans H A. Capturing the dynamics of facility allocation [J]. International Journal of Operations & Production Management, 1996, 16(11): 57~70.
- [44] Hefeez K M, Griffiths J, Naim M M. System design of a two-echelon steel industry supply chain [J]. System Dynamics Review, 1996, 3(2): 116~135.
- [45] 王其藩,李旭. 从系统动力学观点看社会经济系统的政策作用机制与优化[J]. 科技导报, 2004, 5: 34~36.
- [46] Kleijnen J P C, Bettonvil B, Persson F. Robust solutions for supply chain management: simulation and risk analysis of the Ericsson case study[R]. 2003.
- [47] 陈冬,顾培亮. 供应链管理若干问题研究与进展评述[J]. 系统工程理论与实践, 2003, 10: 1~11.

A Review: the Application of System Dynamics in Supply Chain Management

ZHANG Li-bo¹, HAN Yu-qi¹, CHEN Jie¹, YU ZHE², MA Yi-zhong¹

(1. Institute of Economics Management, NUST, Nanjing 210094, China;

2. School of Management, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: Supply Chain Management (SCM) shows more and more dynamic complexity. Based on the review of the research literatures of System Dynamics and the dynamic complexity of SCM, the paper summaries several methods of SCM research and discusses the feasibility of the application of System Dynamics in SCM. Then the paper probes comprehensively into the research status of the application of System Dynamics in SCM according to the taxonomy of SCM problems. Finally, some likely new respects are presented, some existing problems in the research pointed out.

Key words: Supply Chain Management; Dynamic Complexity; System Dynamics; Modelling; Simulation

作者：[张力菠](#)，[韩玉启](#)，[陈杰](#)，[余哲](#)，[马义中](#)，[ZHANG Li-bo](#)，[HAN Yu-Qi](#)，[CHEN Jie](#)，[YU Zhe](#)，[MA Yi-zhong](#)

作者单位：[张力菠, 韩玉启, 陈杰, 马义中, ZHANG Li-bo, HAN Yu-Qi, CHEN Jie, MA Yi-zhong \(南京理工大学, 经济管理学院, 南京, 210094\)](#)，[余哲, YU Zhe \(上海交通大学, 管理学院, 上海, 200030\)](#)

刊名：[系统工程](#) **ISTIC** **PKU**

英文刊名：[SYSTEMS ENGINEERING](#)

年，卷(期)：2005, 23 (6)

被引用次数：29次

参考文献(47条)

1. [Gupta Y P; Gupta M](#) [A system dynamics model of a JIT-Kanban system](#) 1989
2. [Alonso R L; Frasier C W](#) [JIT hits home: a case study in reducing management delays](#) 1991 (04)
3. [李稳安; 赵林度](#) [牛鞭效应的系统动力学分析](#) 2002 (04)
4. [傅烨; 郑绍濂](#) [供应链中的牛鞭效应—成因及对策分析](#) [期刊论文] - [管理工程学报](#) 2002 (01)
5. [Sterman J D](#) [The economic long wave: theory and evidence](#) 1986 (02)
6. [Lyneis J M](#) [Corporate planning and policy design: a system dynamics approach](#) 1980
7. [Forrester J W](#) [World dynamics](#) 1971
8. [陈冬; 顾培亮](#) [供应链管理若干问题研究与进展评述](#) [期刊论文] - [系统工程理论与实践](#) 2003 (10)
9. [Kleijnen J P C; Bettonvil B; Persson F](#) [Robust solutions for supply chain management: simulation and risk analysis of the Ericsson case study](#) 2003
10. [王其藩; 李旭](#) [从系统动力学观点看社会经济系统的政策作用机制与优化](#) [期刊论文] - [科技导报](#) 2004 (5)
11. [尤安军; 庄玉良](#) [系统动力学在物流系统分析中的应用研究](#) [期刊论文] - [物流技术](#) 2002 (4)
12. [桂寿平; 朱强; 吕英俊](#) [基于系统动力学模型的库存控制机理研究](#) [期刊论文] - [物流技术](#) 2003 (6)
13. [Barlas Y; Aksogan A](#) [Product diversification and quick response order strategies in supply chain management](#) 1997
14. [Sterman J D](#) [Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world](#) 2001
15. [Towill D R](#) [Time compression and supply chain management - a guided tour](#) [外文期刊] 1996 (01)
16. [Richardson G P](#) [Feedback thought in social science and systems theory](#) 1991
17. [Wolstenholme E F](#) [System enquiry - a system dynamics approach](#) 1990
18. [Forrester J W](#) [System dynamics and the lessons of 35 years](#) 1991
19. [胡玉奎; 韩于羹; 曹铮韵](#) [系统动力学模型的进化](#) 1997
20. [苏懋康](#) [系统动力学原理及应用](#) 1988
21. [王其藩; 蔡雨阳; 贾建国](#) [回顾与评述—从系统动力学到组织学习](#) 2000 (zk)
22. [Hefeez K M; Griffiths J; Naim M M](#) [System design of a two-echelon steel industry supply chain](#) 1996 (02)
23. [Vos B; Akkermans H A](#) [Capturing the dynamics of facility allocation](#) [外文期刊] 1996 (11)
24. [Akkermans H A](#) [Developing a logistics strategy through participative business modeling](#) [外文期刊] 1995 (11)

25. Cakravastia A; Diawati L [Development of system dynamic model to diagnose the logistic chain performance of shipbuilding industry in Indonesia](#) 1999
26. Berry D; Naim M M [Quantifying the relative improvements of redesign strategies in a P.C. supply chain](#)[外文期刊] 1996
27. Forrester J W [Industrial dynamics](#) 1961
28. Berry D; Naim M M; Towill D R [Business process re-engineering an electronic products supply chain](#)[外文期刊] 1995(05)
29. Nami M M; Towill D R [Establishing a framework for effective materials logistics management](#) 1994(01)
30. 桂寿平; 朱强; 陆丽芳 [区域物流系统动力学模型及其算法分析](#)[期刊论文]-[华南理工大学学报\(自然科学版\)](#) 2003(10)
31. Forrester J W [Industrial dynamics: a major breakthrough for decision makers](#) 1958(04)
32. Anderson E G; Fine J C H; Parker G G [Upstream volatility in the supply chain: the machine tool industry as a case study](#) 1997
33. Towill D R [Forridge-principles of good practice in material flow](#)[外文期刊] 1997(07)
34. Sterman J D [Modeling managerial behavior: misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment](#)[外文期刊] 1989(03)
35. Bernhard J A; Marios C A [System dynamics modeling in supply chain management: research review](#) [外文会议] 2000
36. Petrovic D; Roy R; Petrovic R [Modelling and simulation of a supply chain in an uncertain environment](#)[外文期刊] 1998(02)
37. 韩坚; 吴澄; 范玉顺 [供应链建模与管理的技术现状和发展趋势](#) 1998
38. Kleijnen J P C; Smits M T [Performance metrics in supply chain management](#)[外文期刊] 2003(05)
39. 王春喜; 查建中; 李建勇 [供应链性能评价的研究现状和发展趋势](#)[期刊论文]-[管理工程学报](#) 2003(03)
40. BEAMON B M [Supply chain design and analysis: models and methods](#)[外文期刊] 1998(3)
41. 王丹力; 王宏安; 戴国忠 [供应链管理的复杂性研究](#)[期刊论文]-[系统仿真学报](#) 2002(11)
42. Dornor D [The logic of failure: why things go wrong and what we can do to make them right](#) 1989
43. Simchi-Levi D; Kaminsky P; Simchi-levi E [Designing and managing the supply chain: concepts, strategies, and case studies](#) 2001
44. 王其藩 [复杂大系统综合动态分析与模型体系](#)[期刊论文]-[管理科学学报](#) 1999(02)
45. 王其藩 [高级系统动力学](#) 1995
46. Forrester J W [Greetings to the 1991 System Dynamics conference in Bangkok](#) 1991
47. Senge; 郭进隆; 杨硕英 [第五项修炼](#) 1994

本文读者也读过(3条)

1. 于洋, 杜文, YU Yang, DU Wen [基于系统动力学的供应链库存管理研究](#)[期刊论文]-[商业研究](#)2008(7)
2. 陈虎, 韩玉启, 王斌, CHEN Hu, HAN Yu-Qi, WANG Bin [基于系统动力学的库存管理研究](#)[期刊论文]-[管理工程](#)

3. 张力波, 方志耕, ZHANG Li-bo, FANG Zhi-geng [系统动力学及其应用研究中的几个问题](#)[期刊论文]-[南京航空航天大学学报\(社会科学版\)](#) 2008, 10(3)

引证文献(36条)

1. 黄辉, 梁工谦 [基于SPSS的自适应供应链节点配置](#)[期刊论文]-[工业工程](#) 2012(1)
2. 邹安全, 黄曦, 于琦, 李勇 [钢铁企业订货系统模型的VENSIM建模与仿真实现](#)[期刊论文]-[数学的实践与认识](#) 2011(2)
3. 刘声亮, 张旭凤, 朱丹 [基于系统动力学的零售店库存优化研究](#)[期刊论文]-[物流技术](#) 2011(5)
4. 张雪峰, 纪雪洪, 吴永林, 王涛 [基于系统动力学的MTS、MTO供应链性能仿真分析](#)[期刊论文]-[物流技术](#) 2011(6)
5. 王雯, 傅卫平 [供应链系统的动力学与复杂性研究问题综述](#)[期刊论文]-[工业工程](#) 2011(5)
6. 杨莹, 于渤, 吴伟伟 [企业技术能力提升对技术学习率的动态影响](#)[期刊论文]-[科研管理](#) 2011(8)
7. 梁静华, 赵竹, 彭世垚, 万隆, 闫锋, 李志强 [油气调运系统决策支持技术相关问题](#)[期刊论文]-[油气储运](#) 2010(8)
8. 王科, 姜大立, 万玉成 [基于联合库存管理的军事供应链系统动力学研究](#)[期刊论文]-[物流技术](#) 2010(8)
9. 杭文, 吉万军, 毛海军, 于美娜 [基于顾客-销售商互动反馈的库存控制策略仿真](#)[期刊论文]-[系统仿真学报](#) 2010(12)
10. 王雯, 傅卫平, 张昌续 [供应链环境下核心企业系统的混合动态建模与仿真](#)[期刊论文]-[系统仿真学报](#) 2010(4)
11. 王雯, 傅卫平 [供应链系统的动力学与复杂性建模仿真问题研究综述](#)[期刊论文]-[系统仿真学报](#) 2010(2)
12. 王爱虎 [物流与供应链管理的国内外发展现状评述](#)[期刊论文]-[华南理工大学学报\(社会科学版\)](#) 2009(2)
13. 贾国柱, 王相丽 [基于系统动力学的供应链中销售商行为研究](#)[期刊论文]-[工业工程](#) 2009(2)
14. 汪洋, 郝红雨 [基于系统动力学的供应链物流资金供求平衡](#)[期刊论文]-[工业工程](#) 2009(1)
15. 邹安全, 于琦, 秦仲簏, 杨芳, 戴恩勇 [钢铁企业订货系统建模与仿真分析](#)[期刊论文]-[中国工程科学](#) 2009(2)
16. 于洪洋, 周艳山, 滕春贤 [基于系统动力学的供应链库存仿真研究](#)[期刊论文]-[物流科技](#) 2009(1)
17. 徐娟, 刘志学, 洪亮 [物流外包风险的系统动力学分析](#)[期刊论文]-[统计与决策](#) 2008(8)
18. 吴隼, 李杰, 张莹 [基于系统动力学的牛鞭效应仿真分析](#)[期刊论文]-[物流科技](#) 2008(2)
19. 曾焱, 刘德峰, 陈平安 [基于动力学特征的BPM监控系统设计与应用](#)[期刊论文]-[计算机工程与设计](#) 2008(19)
20. 于洋, 杜文 [基于系统动力学的供应链库存管理研究](#)[期刊论文]-[商业研究](#) 2008(7)
21. 齐丽云, 汪克夷, 张芳芳, 赵笑一 [企业内部知识传播的系统动力学模型研究](#)[期刊论文]-[管理科学](#) 2008(6)
22. 袁剑琴, 贾仁安 [基于系统动力学的我国服装供应链系统研究](#)[期刊论文]-[江西能源](#) 2008(4)
23. 叶林, 袁晓玲 [基于P-SVM的供应链企业可靠性预警研究](#)[期刊论文]-[数学的实践与认识](#) 2008(20)
24. 李电生, 夏国建 [基于结构熵理论的供应链系统有序度评价研究](#)[期刊论文]-[北京交通大学学报\(社会科学版\)](#) 2008(4)

25. 于晓霖, 刘敬保. 基于APIOBPCS模式VMI下牛鞭效应仿真研究[期刊论文]-管理科学 2007(6)
26. 杨天剑, 吕廷杰, 张晓航, 赵艳彬. 二级供应链系统的动力学仿真[期刊论文]-系统工程理论与实践 2007(9)
27. 邹辉霞, 龙志军. 基于系统动力学的生产商库存控制机理研究[期刊论文]-武汉理工大学学报(信息与管理工程版) 2007(10)
28. 张延玲. 基于VMI的生产计划研究[学位论文]硕士 2007
29. 王文利, 白世贞. 基于离散-连续联合建模的供应链混合Petri网仿真研究[期刊论文]-科学技术与工程 2006(15)
30. 郑洪文, 左秀峰. 供应链性能评价框架[期刊论文]-北京理工大学学报 2006(z1)
31. 胡斌, 章德宾, 张金隆. 企业生命周期的系统动力学建模与仿真[期刊论文]-中国管理科学 2006(3)
32. 贺兰兰. 基于系统动力学的供应链管理研究[期刊论文]-商场现代化 2006(4)
33. 赵笑一. 企业内部的知识传播研究[学位论文]硕士 2006
34. 于洋. 基于系统动力学的物流产业发展对策研究[学位论文]硕士 2006
35. 张力波. 供应链环境下库存控制的系统动力学仿真研究[学位论文]博士 2006
36. 张润强. HT公司采购管理与库存控制规范化研究[学位论文]硕士 2005

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_xtgc200506002.aspx