

经济模型驱动的企业群体仿真建模方法

崔琳琳 柴跃廷

(清华大学自动化系, 北京 100084)

摘要: 本文针对企业群体仿真建模中对决策场景描述能力不足的问题, 提出了一种经济模型驱动的方法框架, 并给出了基于对影响图的语义拓展设计的图形化建模方法——决策网图。文章通过实例分析论述了该方法是如何帮助决策者描述经济模型之间的耦合关系, 并通过在网图上寻找最少最大路径辅助仿真流程的分析与设计。

关键词: 供应链管理; 离散事件仿真; 仿真建模方法; 影响图; 决策支持系统

中图分类号: TP14 文献标识码: A

Economic-Model-Driven Enterprises Simulation Modeling Method

CUI Linlin, CHAI Yueting

(Dept. of Automation, Tsinghua Univ. Beijing 100084, China)

Abstract: Aiming at the insufficiency of the description capability of the decision scenarios while setting up supply chain simulation models, an economic-model-driven enterprises simulation modeling method is proposed based on a brief review of previous results. A graphic modeling method, named Decision Network Diagram (DND), is carefully designed based on the semantic extension of the influence diagram, using which, the coupling relationships among economic models can be pictured and the least-maximum paths of the graph hint and assist the design of simulation processes. An example is introduced to illustrate the use of DND.

Key words: supply chain simulation; DES; simulation modeling method; influence diagram; decision support system

0 引言

随着信息技术和电子商务的发展, 企业之间跨组织的合作变得愈发灵活和便捷。这使得现代企业为适应激烈的市场竞争与变化, 会更多地选择通过建立动态联盟^[1]来组成利益共同体, 从而提高自身在赢利和抗风险方面的能力。

企业群体仿真, 也称供应链仿真^[2], 是指利用计算机仿真方法建立企业的经营管理模型, 模拟企业群体之间的交易过程, 从而辅助其进行经营管理决策的方法和工具。随着计算机技术的飞速发展, 应用仿真方法辅助企业经营决策可以更多的借助计算机的强大运算能力, 大大提高企业的经营管理水平。而将仿真方法应用于辅助决策的关键是如何将企业(群体)的交易场景、决策问题转化为易于计算机实现的仿真模型。

1 研究问题的提出

1.1 相关研究

大部分企业群体(供应链)仿真都是基于离散事件仿真方法开发建立的, 因此企业群体仿真模型(Enterprises Simulation Model, ESM)都是离散事件仿真模型。建立离散事件仿真模型的关键是要描述清楚事件和状态之间的触发和转化关系, 即, 将供需过程描述为一种事件流模型, 定义事件在处理过程中会更改的状态(数据), 以及状态的改变又会触发哪些新的事件。

处于供应链语义背景下的事件流模型, 实际上是企业运营的业务流程模型。比如 Arena^{TM[3]}的基本模型库由创建(Create)、布置(Dispose)、加工(Process)、决策(Decide)、分批处理(Batch)、分割(Separate)、分派(Assign)和记录(Record)这8种基本模块组成; ProModel^{TM[4]}的流程模型库则包括事件(Event)、数据(DataBox)、通用活动(General Activity)、决策(Decision)、审核(Review)等基本模块。从这些模型库的构成可以看出, 其建立都是通过对业务流程的整理、归纳和抽象得到

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划(2006BAH02A05)

作者简介: 崔琳琳(1980-), 女(汉), 沈阳, 博士研究生, E-mail: cuill05@mails.thu.edu.cn, 主要从事供应链管理、企业协同、供应链仿真等研究; 柴跃廷, 研究员, 博士生导师

的, 被称为业务流程驱动的仿真建模方法^[5]。利用这种建模方法得到的仿真模型善于对各种业务流程逻辑的组合和搭建, 但对于经济决策模型 的描述不够透明 (Transparence) 和完整 (Completeness)^[5]。这导致现有仿真模型大多集中于对物料搬运、工厂布局或运输线路优化等底层操作问题的描述, 很少具有对管理经济模型 的描述能力, 企业经营决策者很难将企业管理中的 战略战术问题描述在仿真模型中。

1.2 研究问题的提出

实际上, 从企业群体仿真的角度来看, 企业之间的协作关系具有几种固定的模式, 也就是说, 业务流程的多样化并不是建立 ESM 的要害, 而如何丰富仿真模型能够描述的决策场景, 才是 ESM 建模要着重分析和解决的问题。

基于此, 本文研究了如何将经济模型转化为易于仿真实现的软件模型的问题, 其核心在于如何通过对管理经济模型的整理、归纳和分析, 设计出能够集成这些决策模型的业务流程并对其进行软件描述。

2 经济模型驱动的供应链仿真建模方法

2.1 经济模型仿真建模的需求特征

如前所述, 利用仿真方法评价、选择和优化企业经营的核心任务是将经济管理领域中的决策模型集成到基于业务流程的仿真模型中。从具体操作来看, 由于各种决策模型针对的决策问题不同, 事先设定的场景假设也千差万别, 一个看似仅有几个变量的模型背后, 实际上隐含着系统性的场景假设, 这使得向仿真模型中嵌入经济决策模型的过程存在着种种困难, 具体表现为:

- (1) 不同管理经济学模型隐含着不同的供需网络结构。比如有些是针对一对一的供需问题, 有些则是一对多或多对一的;
- (2) 不同管理经济学模型设立了不同的场景假设。比如有些是买方市场假设, 有些是卖方市场假设; 有些模型假设市场价格看涨, 有些假设市场价格存在季节性波动;
- (3) 不同管理经济学模型面向不同的决策目标, 比如有些以降低采购成本为目标, 有些以减少库存缺货率为目标;
- (4) 不同管理经济学模型隶属于不同的业务流程。比如有些是连续库存检测, 有些是根据需求计划的周期性补给;
- (5) 不同管理经济学模型定义了不同变量

概括来说, ESM 与以往的供应链仿真模型的区别主要表现在以下两个方面:

(1) 决策密集型而非流程密集型

以往的大部分仿真模型, 如 ArenaTM、SCSTM、ProModelTM 等, 大多是基于对业务流程或生产流程的提炼和抽象得到的, 这种基于流程的建模方法从根本上制约了仿真模型对经济决策模型 的描述能力。而 ESM 的核心任务是描述企业群体交易中存在的各种决策问题, 如采购、定价、发货等, 因此需要一种基于决策模型 的描述和提炼方法来建立这种决策密集型仿真模型。

(2) 多决策场景并存而非单一决策

对于一些面向决策问题的仿真模型, 如 SupplyChainGuruTM, EM-PlantTM, 其模型的设计主要是围绕着单一的决策问题展开的, 例如 SupplyChainGuruTM 主要解决供需网络的多级库存管理问题, EM-PlantTM 擅长建模和仿真生产加工中的车间布局和调度问题。这使得其仿真流程的设计只需要围绕着一个决策点进行。而在 ESM 中, 由于存在各种决策问题之间的耦合, 需要在同一模型中对采购、库存、销售等各环节的决策场景进行描述, 因此在仿真流程中存在多个相互关联和影响的决策场景。

2.2 经济模型驱动的供应链仿真建模框架

针对 ESM 建模的上述特点, 本文给出了经济模型驱动的仿真建模框架, 如图 1 所示。

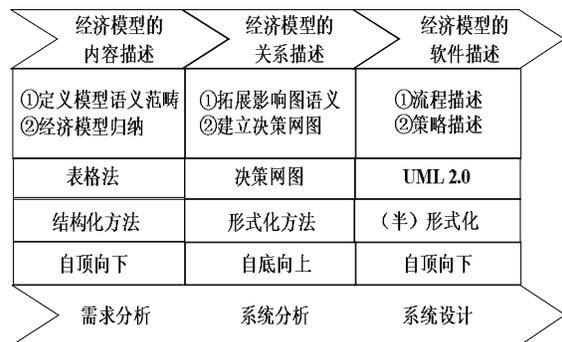


图 1 经济模型驱动的仿真建模方法

整个建模方法框架大致分为三个步骤。

对经济模型的内容描述是建立仿真模型的第一步, 需要完成定义模型语义范畴的工作, 即说明该仿真模型需要解决哪些与企业群体交易有关的问题, 要将哪些管理经济学中的决策模型集成到基于业务流程的仿真模型中。此后, 围绕着目标问题域的定义, 收集整理企业群体交易中常见的决策问题及其经济模型, 分别从决策目

标、场景假设、相关业务流程和变量算法的角度进行归纳和罗列。

第二步是针对决策密集型模型中经济模型之间会出现时序关系或变量耦合的问题，提出了一种基于影响图的图形化建模方法——决策网图，它专门用于描述决策模型之间的相互关联，以及决策变量之间的计算、条件、选择等关系。理清这些变量和决策之间的关系，对于指导仿真模型的设计与实现细节是非常必要的。

建模框架的最后一步是对模型核心内容的软件描述，利用基于 UML2.0 描述方法可以给出直接面向程序实现的模型详细设计结果。

整个建模方法将自顶向下 (Top-Down) 和自底向上 (Bottom-Up) 的分析思路相结合，即有对微观问题的展开和罗列，也有站在宏观角度对系统的整体性分析。这两种分析思路相辅相成，即保证了宏观结论的事实依据性又使得微观描述条理分明，具有系统性框架。实际上，该建模方法是传统软件工程方法在企业群体协同仿真方面的具体应用，它是一条从需求分析、系统分析到系统设计的模型转化链，逐步将复杂多样的管理经济学模型转化到易于仿真实现的软件模型中。

本文着重对该建模框架的第二步——经济模型的关系描述方法进行介绍。这是一种基于对影响图的语义拓展而设计的图形化建模方法，专门用于描述不同经济模型及其变量之间的关系，称为决策网图 (Decision Network Diagram, DND)。下面的内容首先简要介绍影响图的基本概念，然后对其进行语义拓展，给出 DND 的定义，最后通过实例分析说明 DND 方法的应用。

3 决策网图

3.1 影响图简介

影响图^[7]是利用紧凑的图形化方法描述决策问题的数学工具，它是基于贝叶斯网络的基本概念提出的，不仅可以描述概率推理问题，而且可以对决策问题进行建模和分析。影响图首先由决策分析协会于上世纪 70 年代中期提出，由于其不会随着变量的增加产生指数爆炸问题，所以在描述复杂决策问题方面较之决策树工具有很大的优势，已逐渐成为对复杂决策问题进行建模和描述的主要方法。它尤其适用于对有多个角色参与的决策问题进行描述，可以表达不同变量间的相互依存关系。经过拓展的影响图也可以被应用于对博弈问题的建模，成为博弈树的一种替代

工具。

影响图是具有三种节点和三种弧的无环有向图。其中决策节点 (Decision Node) 用四边形表示，代表每一个需要做出的判断和决策；机会节点 (Chance Node)，也称变量节点，用椭圆表示，代表决策问题中涉及的变量，该类节点分为两个子类，确定型变量和随机变量，其中确定型变量用双线椭圆表示；值节点 (Value Node) 代表决策者关心的问题目标，用六边形或菱形表示。以值节点为终点的箭头被称为功能弧，表示该弧起点所指的节点是目标函数的自变量，即，若得到所有起点节点的值，则可根据目标函数计算出决策的结果；以变量节点为终点的弧被称为条件弧，表示弧终点变量的概率分布依赖于起点的输出，若变量节点是确定性的，则条件弧表示该变量的值被弧起点的所有输出确定；以决策节点为终点的弧称为信息弧，表示在决策前可以获得的信息，并根据这些信息做出判断。

为了后续叙述上的方便，还要介绍一下在影响图上定义的如下术语：

- 路径：从一个节点到另一个节点的路径是由收尾相接的弧形成的一条通路
- 前驱集：在到达给定节点的所有路径上的所有节点的集合
- 直接前驱集：弧的尾端直接连接到给定节点上的节点集合
- 间接前驱集：给定节点的前驱集中，除去直接前驱集后的节点集合
- 后继集：从给定节点出发的所有路径上的所有节点的集合
- 直接后继集：弧的首端直接连接到给定节点上的节点集合
- 间接后继集：给定节点的后继集中，除去直接后继集后的节点集合

下图举例说明了各个名词的直观含义，关于影响图的详细介绍，请参见文献[7]。

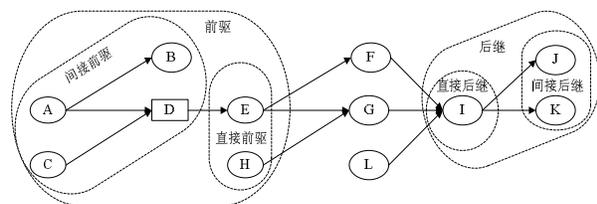


图 2 影响图的基本术语定义

3.2 决策网图建模方法

设计影响图的初衷是为了与计算机交流复杂的决策问题^[8]，人们希望决策问题的结构可以被描述为计算机能够识别的形式，从而利用计算机部分地辅助决策问题的求解。而在文献记载中，对影响图的使用更多的是将其作为一种对决策问题的建模和描述方法，增进问题拥有者和决策者对问题的理解，辅助人与人之间的交流和讨论。比如文献[7]记载了关于 SRI International（非盈利性战略咨询机构）应用影响图解决客户在生产扩建方面的资金流决策分析问题；文献[9]将影响图集成在地理信息系统中，使人们在阅读地图时可以了解到土地使用的变迁过程；文献[10]利用影响图将多个医师的经验结合起来，从而提高癌症的早期诊断机率并确定治疗方案。

可见，虽然影响图是基于贝叶斯网络提出的，最初旨在利用概率推理实现决策问题的计算机自动求解，但随着对其研究的深入，人们发现影响图在分析能力上的优势较之贝叶斯网络未见突出^[11]，而将其作为沟通交流工具，解决复杂决策问题建模过程中的语义问题，则更能体现它在模型描述方面的优势。

3.2.1 DND——基于影响图的语义拓展

我们的研究正是利用了影响图在描述决策问题方面的能力，基于它的基本定义对其进行拓展，从而解决供需链仿真建模中复杂的变量关系建模问题。具体的拓展包括：

- (1) 为条件弧引入子类

条件弧是以变量为终点的弧，在原本的影响图定义中，它表示该变量的概率分布依赖于弧起点变量的取值，这种依赖关系具体表现为条件概率依赖。如下图所示，变量 B 的概率分布应表示为 $F(B|A=a)$ ，即在已知变量 A 的取值为 a 时，变量 B 的概率分布。



图 3 影响图中的条件弧

在 ESM 建模中，变量间既有逻辑关系又有数量关系，而且，在数量关系中也包括确定型和不确定型的。单纯的条件依赖关系不足以描述模型中所有变量的关系，因此有必要对条件弧做如下拓展：

- 计算弧：表示弧的起点变量通过某种明确的运算关系影响弧的终点变量。如图 4 所示：

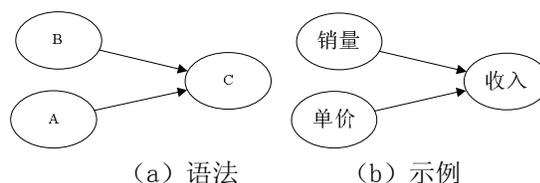


图 4 计算弧

图中的单价 (A) 与销量 (B) 的乘积等于收入 (C)，或者变量 A 和变量 B 中较小者等于 C，等等诸如此类的变量之间的计算关系均可用箭头 \rightarrow 表示。这是经济模型之间最常见的一种关系，它映射为软件模型中数据的互访和互操作。

- 采样弧：表示弧终点的变量是弧起点变量的一个随机样本。如下图所示：



图 5 采样弧

图中的市场需求 (A) 是符合一定概率分布的随机过程，而某次的具体需求数量 (B) 是对该过程的一次采样得到的随机样本。我们用圆头箭头 \bullet 表示采样弧。

采样关系的刻画有助于经济模型向软件模型的进一步转化。它指明了①哪些变量的实现需要调用随机数发生器②软件模型需要为哪些变量保留设置概率分布的接口或人机界面。

- 分支-选择弧：分支-选择弧将其起点变量可能引起的影响分为几个分支同时表达在其后继中，但当该变量被观测到时，变量的不同取值会选择各个分支中的一条路径作为有效的影响路径。如图 6 (a) 所示：

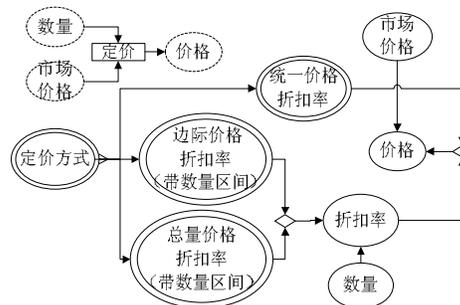
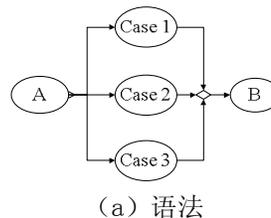


图 6 分支-选择弧

变量 A 在不同的取值情况下,会通过不同的路径影响变量 B 的分布,我们用尾端分叉的箭头 \rightarrow 表示“分支”,用菱形 \diamond 表示“选择”,从而构成了分支选择弧的完整结构。每次分支都必有选择符号进行终结,但一个分支可以对应多于一次的选择。即选择符号的个数可以多于分支符号,但分支符号不能多于选择符号。在两种符号之间可以插入任意结构的影响图表征变量 A 对变量 B 可能造成的影响。

在决策模型中,存在这种情况的情况是非常普遍的。以定价模型为例,如图 6 (b) 所示,定价方式的不同取值会使得数量和市场价格以不同的方式影响价格。比如,当定价方式为统一折扣方式时,价格是当前市场价格与统一折扣率的乘积;当为总量折扣方式时,需要根据交易数量所处的数量区间来确定折扣率的大小,然后再通过其与市场价格的乘积获得本次交易产品的价格。

分支-选择弧描述的这种结构可以辅助软件模型中的数据结构设计。举最简单的例子,如“折扣率”对象。由于存在这种分支结构,在对其的实现中就会出现多态现象:统一折扣方式下的折扣率是 Float 型,总量和边际折扣率则需要用 Map 结构才能描述清楚,即 $[q1, q2]:discount$ 。由此可见,这种弧结构可以帮助我们描述由单一变量组成的复合变量的内部结构,从而帮助我们合理抽象变量结构得到具有可重用性的数据结构设计。

- 条件弧:保留原定义,仍代表条件概率关系,但用方块箭头 \blacksquare 表示。

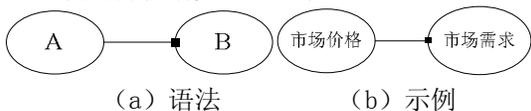


图 7 条件弧

(2) 分层

复杂的决策问题往往具有分层结构,即总体目标的决策会分解为若干的局部决策的连接,正如影响图中包含的各个决策节点。为了在描述清楚整体决策问题结构的同时将决策问题涉及的所有变量及其之间的关系有序地进行建模,我们将原有影响图的单层结构拓展为多层,即决策节点可具有层级结构,从而便于对其内部结构进行详细建模。

在实际的建模中,那些只在本经济模型中发挥作用而与其它经济模型无关的变量应作为该

决策节点的内部结构,划入下一层中进行描述。如图 6 (b) 中对定价模型建立的决策网图,其左上角的小图是该决策模型的外部结构,位于顶层决策网图中,数量和市场价格是该决策模型的输入变量,输出变量是价格。而另一张图详细刻画了该决策问题的内部结构,其中的变量,如定价方式、折扣率等,只与定价决策有关,都不会被其他决策变量所访问,因此不应出现在决策网图的顶层。一个影响图被称为完备的,当且仅当其各层所有的决策节点都可被只含有弧、变量节点和值节点的影响图所表达。

3.2.2 DND 的形式化定义

为避免歧义,下面给出决策网图 (Decision Network Diagram, DND) 的形式化定义。

DND 由一个无环有向图 $G = (N, A)$ 和与之相关联的变量和映射组成,其中 N 是所有节点 i 的集合, A 是从节点 i 到节点 j 的有向弧 a_{ij} 的集合。

其中节点集 N 包括三类节点,分别为指标节点子集 I (Indicator), 变量节点子集 V (Variable) 和决策节点子集 D (Decision)。其中指标节点所含的变量是评价该决策问题决策结果的性能指标,也可视为决策问题的期望目标,在图中用六边形表示。变量节点子集 V 包含确定型变量子集 DV 和随机型变量子集 RV , 分别用双线椭圆和椭圆表示,它们都是与决策问题相关的变量。最后,策略节点,由长方形表示,代表了决策者可以做出的选择。

每个节点 i 都与其所表达的变量 x_i 相关联,并可用 Ω_i 表示 x_i 的取值空间。当 $i \in I$ 时, $x_i \in \mathbb{R}$, 表示决策的性能评价指标,此时 $\Omega_i = \mathbb{R}$; 当 $x_i \in RV$ 时, Ω_i 是随机变量 x_i 的样本空间; 当 $x_i \in DV$ 时, $\Omega_i = \mathbb{R}$; 当 $x_i \in D$ 时, x_i 是决策的结果, Ω_i 是决策者能够采取的所有可能的方案。定义向量

$$\mathbf{X}_J = (x_{J_1}, x_{J_2}, \dots, x_{J_n})$$

和叉乘空间

$$\Omega_J = (\Omega_{J_1}, \Omega_{J_2}, \dots, \Omega_{J_n}),$$

其中, J 表示任意节点集合, 则影响图

$$G = (N, A)$$

的关联变量可用

$$\{\mathbf{X}_N, \Omega_N\}$$

表示, 其中

$$\mathbf{X}_N = (x_{N_1}, x_{N_2}, \dots, x_{N_n})$$

$$\Omega_N = (\Omega_{N1}, \Omega_{N2}, \dots, \Omega_{Nn})$$

弧的集合 A 包括六个子类, 分别表示了不同类型的映射关系, 与连接节点 i 和节点 j 的弧 a_{ij} 相对应的映射关系用 f_{ij} 表示。信息弧是以决策节点为终点的弧, 它一方面表示弧起点变量是做出决策的依据之一, 另一方面定义了一种时序关系, 即弧起点的变量先于弧终点的决策被观测到; 功能弧指向指标节点, 定义了目标函数, 即变量到决策目标的映射

$$f_o : \Omega_{P(I)} \rightarrow \Omega_I$$

其中, I 表示指标节点, $P(I)$ 表示 I 的直接前驱集; 条件弧以变量为终点, 定义了起点节点对终点节点 i 的条件概率映射

$$f_c = F(x_i | x_{P(i)})$$

$P(i)$ 是节点 i 的直接前驱集; 采样弧表示终点节点 i 是对起点节点的一次采样, 即

$$f_s = \text{Sample}[X_{P(i)}]$$

分支-选择弧表示了由起点节点 i 引起的分支结构, 并通过选择影响终点节点 j , 其映射

$$f_b : \Omega_i \rightarrow \Omega_j$$

一般为分段函数; 计算弧定义了变量间明确的计算关系, 即

$$f_c : \Omega_{P(i)} \rightarrow \Omega_i$$

另外还有一种特殊的连接关系用于表示影响图的分层结构, 即连接决策节点与其子影响图, 但它们一般不在图中显性表示。

4 实例研究

通过对影响图的拓展, 我们设计了一种用于描述企业群体仿真模型中经济模型间关系的建模方法, 在它的帮助下, 我们可以从独立的管理经济学模型及其变量开始, 将不同的管理经济学模型进行连接, 最终获得决策网图及各个变量之间的关系。图 8 是利用该方法建立的供应链典型节点的决策网图。通过对该图的设计和分析, 我们举例说明了 DND 是如何通过描述经济模型间关系来辅助仿真模型中的流程设计的。

4.1 供应链典型节点的决策网图模型

如图 8 所示, 由于企业优化运作的核心目的是在降低运作成本和提高服务水平之间的权衡, 因此整个决策网图中抽象了利润和服务水平作为决策的指标变量。其中利润是销售收入和各类成本之差, 服务水平则分别从时间方面和数量方面进行考核。从图中可见, 原本存在于企业管理中不同环节、以不同决策目标为初衷建立的管理

经济学模型会因为具有相同的输入、输出变量而变得不再相互独立, 决策网图直观地反应了决策之间存在的相互依存关系。

4.2 基于决策网图的仿真流程建模分析

单纯地应用决策网图表现决策和变量之间的依存关系并不是设计 DND 方法的最终目的。我们关心的核心问题是通过对变量间的关系进行建模和理解, 设计出尽量简单的仿真流程, 使其完全覆盖需要描述的决策目标和管理经济学模型。该问题的解决可以转化为在决策网图中寻找最少最大覆盖路径的问题, 即通过对决策网图的合理划分, 使得包含全部决策节点的路径数目达到最小。

以图 8 为例, 按照图 2 中的影响图基本术语定义, 从最左端开始, 以下游需求计划为起点, 经需求共享、需求计划和库存控制节点到达客户服务水平指标为路径①, 从下游需求计划信息开始, 经需求共享、需求计划和采购计划节点到达客户服务水平指标为路径②, 从市场需求开始, 经核定需求优先级决策到达利润指标为路径③, 从市场需求开始, 经发货控制、定价、付款决策后到达利润指标的通路为路径④, 从市场价格开始, 经采购策略、物流方式到达客户服务水平的通路为路径⑤。可以发现, 欲将所需描述的决策目标和管理经济学模型完全覆盖, 至少需要上述 5 条路径。

在得到了这种最少最大覆盖路径的划分之后, 可以据此设计 ESM 的流程模型, 即将决策网图中的路径从业务流程角度赋予语义内涵。例如路径①和②可以视为企业根据某种信息共享方式获得需求信息, 通过需求计划模型以及对市场需求的实时更新获得预计的需求数量和时间的时间的拉式/推式计划流程。在拉式管理模式下, 需求计划通过库存控制生成补货需求; 在推模式下, 需求计划则通过制定采购计划的过程, 按采购计划周期性补货。路径③由市场需求随机产生的需求数量和时间作为核定需求优先级模型的输入参数, 该值决定着需求开始被处理的时间。这部分管理经济学模型可以由接收订单后, 计算不同的订单优先级, 然后依据这个优先级对订单进行排队的订单预处理流程表达。路径④根据发货控制模型、定价模型、付款方式模型和物流方式模型完成对需求的交付, 并更新库存状态及相应的成本变量, 这与企业中的订单处理流程颇为相

似。路径⑤是根据市场价格,应用采购策略模型决定最终采购量并进行交付的**补货流程**。

由此,基于 DND 方法建立的顶层决策网图帮助我们归纳得到的管理经济学模型及其变量之间建立了相互依存关系,并通过寻找最少最大覆盖路径梳理得到了计划流程、订单预处理流程、订单处理流程和补货流程这四项核心业务流程来完全覆盖需要描述的管理经济学模型,这些业务流程是进一步细化 ESM 的重要基础。

接下来,利用 DND 的语义规范,我们可以对每个决策节点进行分层,建立典型节点的底层决策网图。由 DND 中关于“分层”的语义定义可知,对于“那些只在本决策模型中发挥作用而与其它经济模型无关的变量应作为该决策节点的内部结构,划入下一层中进行描述。”因此,底层决策网图所描述的都是经济模型的细节内容,并不反映不同经济模型之间的耦合关系,因此对于仿真流程的设计影响不大。图 6 (b) 是以定价策略为例建立的底层决策网图,它可以帮助我们了解决策问题的内部结构,以便为后续的建模工作奠定基础。

5 总结与展望

本文针对供需链仿真模型中对经济决策模型描述能力不足的问题,提出了经济模型驱动的企业群体协同仿真建模方法,该方法主要分为三个步骤,分别针对经济模型的内容描述、关系描述和软件描述提出了相应的结构化或(半)形式化建模方法。本文着重介绍了针对经济模型的关系描述提出的决策网图建模方法,这是基于影响图提出的一种图形化建模方法,实例分析显示了仿真建模者是如何通过应用 DND 建立经济模型及其变量之间的关系,并通过寻找网图上的最少最大路径来辅助仿真流程的设计。

进一步的工作可以概括为①随着对仿真模型语义丰富性需求的提高,需要描述的经济决策场景会向多样化的方向发展。相应地,经济模型及其变量之间的关系会需要语义更加丰富的建模方法来刻画,与之相伴,决策网图在语义定义上需要进一步的拓展。②由于决策网图是基于影响图提出的,影响图本身具有变量间概率关系的推演计算能力,因此,可以尝试发掘决策网图在分析变量关系方面的功能③由于仿真模型只有当实现为软件程序之后才具有计算能力,所以对于通过分析决策网络的结构得到的业务流程,还存在着软件模型的建立问题,值得进一步的研究

和探讨。

参考文献

- [1] CHAI Yueting, LIU Yi. Agile supply chain management [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2001 (in Chinese). [柴跃廷,刘义. 敏捷供需链管理[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001]
- [2] 任常锐,柴跃廷,刘义. 供需链仿真技术的发展现状与趋势[J], 计算机集成制造系统-CIMS,2004,(02):2-7
- [3] W. David Kelton, Randall P. Sadowski, David T. Sturrock, Simulation with Arena [M], Boston : McGraw-Hill Higher Education, c2007
- [4] Baird, S.P. Leavy, J.J., Simulation modeling using ProModel for Windows [C], Simulation Conference Proceedings, 1994. Winter Orlando, FL, 11-14 Dec. 1994: 527-532
- [5] Reuven R. Levary, Ke Wan, An analytic hierarchy process based simulation model for entry mode decision regarding foreign direct investment [J], Omega, 27(6):661-677
- [6] D.J. van der Zee, J.G. A. J. van der Vorst, A Modeling Framework for Supply Chain Simulation: Opportunities for Improved Decision Making, Decision Sciences, Feb 2005, 36 (1): 65-95.
- [7] Howard, R. A. and J. E. Matheson. Readings on the Principles and Applications of Decision Analysis [M]. Menlo Park, California, Strategic Decisions Group: 1989.
- [8] Owen, D. L. the use of influence diagrams in structuring complex decision problems [C]. Readings on the Principles and Applications of Decision Analysis. R. A. Howard. Menlo Park, California, Decision Analysis Group, 1989: 26.
- [9] Kocabas, V. and S. Dragicevic, Enhancing a GIS Cellular Automata Model of Land Use Change: Bayesian Networks, Influence Diagrams and Causality. Transactions in GIS [J], 11(5): 681-702.
- [10] Van Gerven, M. A. J., F. J. D., et al., Selecting treatment strategies with dynamic limited-memory influence diagrams. Artificial

- Intelligence in Medicine [J], 40(3): 171-186
- [11] Koller, Daphne; Milch, Brian, Multi-agent influence diagrams for representing and solving games [J], Games & Economic Behavior, 45(1):181-221

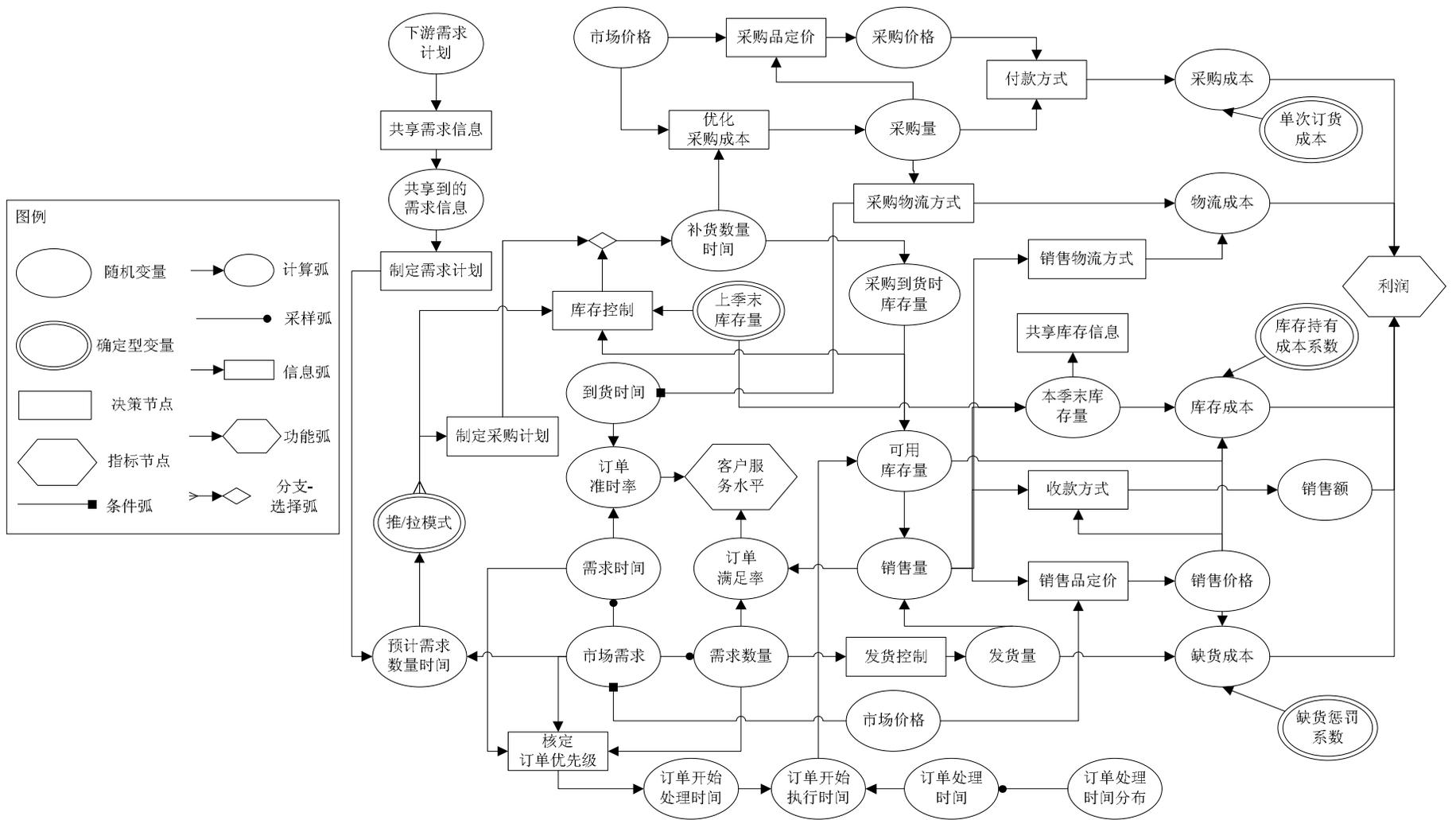


图8 供需网络中典型节点的顶层决策网图