

研究报告

复杂产品虚拟样机综合集成型决策支持系统研究

陈曦^{1,3}, 宋宇波², 王执铨¹, 吴慧中³

(1. 南京理工大学自动化系, 南京 210094; 2. 东南大学信息安全研究中心, 南京 210096;
3. 南京理工大学计算机科学与技术系, 南京 210094)

[摘要] 现有常规决策方法和决策支持环境难以对复杂问题进行有效的决策支持和求解, 复杂产品虚拟样机即属于该类问题, 其决策支持环境的设计是虚拟样机工程需要解决的问题之一。在分析当前各种决策支持系统的特点并与综合集成型决策支持系统进行比较后, 提出了只有构建综合集成型决策支持系统才能有效地解决复杂产品虚拟样机设计中的决策支持问题。从虚拟样机决策求解的过程分析了系统的需求, 建立了B/S架构的、基于移动Agent技术的综合集成型决策支持系统, 并阐明了系统的组织结构和功能, 对系统实现的关键技术、仿真、信息和知识的综合集成进行了深入研究, 给出了相应的实现方法。

[关键词] 复杂产品; 虚拟样机; 综合集成型决策支持系统; 综合集成研讨厅; 移动代理; 数据挖掘

[中图分类号] TP393; TP391 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2006)02-0067-08

1 引言

复杂产品通常是指研制和生产过程涉及多学科、多领域的一类产品、典型产品, 如航天器、飞行器、复杂机电产品、武器装备系统等^[1,2]。这类产品开发周期长, 开发过程复杂, 开发成本高, 制造物理样机测试的代价大, 而且一旦制造过程有误, 产品不符合性能要求, 造成返工, 时间和成本的花费将更大。随着数字化技术的发展, 国内外为了降低这类产品的开发风险, 采用最近发展的虚拟样机技术^[3], 将不同工程领域的开发模型结合在一起, 制造出从各个角度模拟真实产品的数字样机代替物理样机, 对产品进行设计、测试和评估, 在缩短开发周期、降低开发成本、提高产品的设计质量方面有着巨大的作用^[4], 虚拟样机技术迅速成为研究的热点。复杂产品虚拟样机技术支持并行工程方法学, 面向多领域的协同设计, 包括从样机需求分析、样机的概念设计、样机的设计制造到样机的仿真测试和维护的全生命周期, 涉及软件、机械、制

造、控制、动力等领域。复杂产品虚拟样机设计和仿真过程中, 信息量、数据量相当大, 涉及到的方面和利益非常繁多, 设计专家要获取各方面的信息, 并从这些纷繁芜杂的信息中快速正确地做出决策, 是一件非常困难的事, 所以复杂产品虚拟样机设计系统中, 必须提供一个高效的决策支持系统, 为领域设计专家服务, 为虚拟样机正确和完善的设计服务。

复杂产品虚拟样机的设计过程与传统产品相比, 具有设计模式的多样性和复杂性、多学科、多领域的交互性和设计专家的分布性等特点。复杂产品功能与结构之间不是一一映射, 某一功能可以有多种结构来实现, 而某一结构也可以实现多种功能。结构与功能之间的多对多关系^[5]、多样的交互方式以及设计领域的地理分布都对传统的决策支持系统提出了更高的要求, 使现有的常规决策方法与系统工程方法难以处理, 必须用更科学有效的辅助决策手段。钱学森院士提出的综合集成理论可以指导这类复杂决策问题的研究, 构建综合集成型决策

[收稿日期] 2005-01-03; **修回日期** 2005-03-31

[基金项目] “十五”国防预研基金资助项目(413040501); 武器装备预研基金资助项目(514040103BQ02)

[作者简介] 陈曦(1977-), 男, 江苏南通市人, 南京理工大学博士生, 主要从事虚拟样机(VP)技术、先进的分布式仿真技术、网络技术和智能决策系统等方面的研究

支持系统 (MSDSS, meta-synthetic decision support system), 是一项有效的措施, 也是决策支持系统 (DSS, decision support system) 发展的新方向。

2 常规决策支持系统与综合集成型决策支持系统

传统的决策支持系统采用各种定量模型, 对半结构化和非结构化决策问题提供支持^[6], 但由于是通过模型操纵数据, 实际上支持的仅仅是决策过程中结构化和具有明确过程性的部分。随着决策环境日趋复杂, DSS 的局限性也日趋突出, 具体表现在, 系统在决策支持中的作用是被动的, 不能根据决策环境的变化提供主动支持^[7], 以定量数学模型为基础, 对决策中常见的定性问题、模糊问题和不确定性问题缺乏相应的支持手段^[8]。目前 DSS 的研究主要集中在智能决策支持系统 (IDSS)、分布式决策支持系统 (DDSS)、基于数据仓库、联机分析处理和数据挖掘的决策支持系统、群/组织决策支持系统 (GDSS/ODSS) 方面。

IDSS 是决策支持系统和人工智能相结合的产品, 它综合了传统 DSS 的定量分析技术和专家系统的不确定推理的优势, 从而能更有效地处理半结构化与非结构化问题^[9]。但是, 现有的智能决策支持系统对定性知识的处理能力弱, 研究的重点放在模型的自动选择和自动生成上, 忽视了群体专家的作用, 从而使当前的智能决策系统并不能有效地建立复杂决策问题的模型。DDSS 是对传统集中式 DSS 的扩展, 是由多个物理上分离的信息处理节点构成的计算机网络, 网络的每个节点至少含有一个决策支持系统或具有若干复杂决策功能^[10]。DDSS 是将传统集中式 DSS 发展为在网络环境下的分布或分布加上并行的处理方式^[11], 与传统集中式 DSS 一样, 过分依赖于计算机, 依赖于量化的模型、方法等手段来辅助决策, 建立面向复杂决策问题的模型同样很困难。新技术的决策支持系统中, 数据仓库能够实现对决策主题数据的存储和综合以及时间趋势分析, 联机分析处理 (OLAP) 实现多维数据分析, 数据挖掘对数据仓库中的数据利用知识推理进行分析。基于数据仓库、OLAP 和数据挖掘技术的决策支持系统的应用, 提高了决策分析支持的能力, 但依然以计算机为主, 不是解决复杂决策问题的有效途径。GDSS/ODSS 的目的在于为群体决策人员提供工作环境, 有组织地指导信息交流、讨论

形式、决议内容等, 从而提高群体决策的效能^[9]。GDSS/ODSS 考虑到了群体专家的智慧, 但处理问题的结构化程度较高, 复杂决策问题往往是结构不清或无结构的, 并且 GDSS/ODSS 提供的定量分析能力较弱, 从而使处理复杂决策问题的效率较低。

综合以上分析, 不难发现单独的使用任何一个现有的决策支持环境都不能解决复杂决策问题, 但若综合现有各种决策支持技术和成就, 可能成为处理复杂决策问题的有效途径和技术路线。钱学森先生在 20 世纪 90 年代提出的开放的复杂巨系统及方法论^[12], 即“定性定量综合集成法”, 后来又发展到“从定性到定量综合集成研讨厅”, 其实质是把专家体系、数据和信息体系以及计算机体系有机结合起来, 构成一个高度智能化的人-机结合、人-网结合的体系, 这个体系能把人的思维过程、思维成果、经验、知识、智慧以及各种情报、资料和信息统统集成起来, 从多方面的定性认识上升到定量认识。可以充分利用人类在过程分析、逻辑推理以及认知、学习和知识创新方面的优势, 从而使系统的辅助决策能力超越了事实、推理和学习的阶段, 对复杂结构的决策问题提供有效的支持。

3 复杂产品虚拟样机综合集成型决策支持系统

复杂产品虚拟样机的决策支持系统首先必须支持领域专家之间的协同交互, 提供人-人交互环境, 因为对任何复杂系统和复杂问题的分析, 都不能仅依赖决策系统取代决策者自动完成决策任务。对问题观察而导致的建模, 都是对问题的一种近似描述, 不具有普适性。同时对问题的观察而建立的模型, 要满足可以在计算机上编码及计算的条件, 编码的近似又导致了对已获得模型的又一次近似, 并且专家所具备的知识中, 很多只能意会不可言传的经验性知识, 根本不可能借助于形式化的表达来描述, 纳入计算机中的知识只能限于在形式上能够符号化的知识, 形式化的过程又会使许多有效的信息被筛选掉。很多问题是系统无法自动求解的, 尤其是复杂巨系统的问题, 在这个方面人的作用是永恒的, 非结构化的直觉思维问题最终必须依靠专家群体的决定、发挥和展示群体的科学理论、经验知识以及智慧, 从不同层次、不同方面和不同角度来研究复杂问题, 提出经验性假设, 形成定性判断。但是单纯的依靠人-人交互又会走入另一个极端,

结构化的逻辑思维问题还是必须依赖机器的推理和计算，以便快速产生定量分析的结果，所以系统也必须提供人-机交互的支持。

在理解开放的复杂巨系统理论的基础上，以定性定量综合集成法的思想为指导，以系统工程理论和决策支持理论为基础，采用面向对象的设计思想，充分运用成熟的信息技术、人工智能技术、分布式交互仿真技术、群决策支持系统技术、数据仓库、数据挖掘等各种决策支持新技术和成就，着重体现专家依据知识与经验的判断和计算机技术的结合，构建综合集成型决策支持系统，将定性定量相结合的综合集成方法初步应用到复杂产品虚拟样机的决策支持中来，实现了还原论、整体论的辩证统一，构建了一个复杂产品虚拟样机综合集成型决策支持系统（VPMSDSS, meta-synthetic decision support system in virtual prototyping for complex products），为复杂产品虚拟样机的设计提供一个人机紧密结合的综合集成研讨及决策支持环境。

复杂产品虚拟样机综合集成型决策支持系统的体系结构如图 1 所示。复杂产品虚拟样机工程主要包括产品的设计以及产品的仿真测试，在产品的设计阶段，决策支持系统需要为分布的设计专家提供综合研讨功能支持，实现定性分析，同时为设计专家提供辅助定性分析的定量分析决策环境，主要是基于人工智能和分布式技术的推理系统以及高效的数据挖掘工具；在仿真测试阶段，决策支持系统要从大量的仿真测试数据中提取有用的信息，提供给设计专家，同时为设计专家提供基于性能指标模型和仿真测试数据的定量决策支持工具，方便设计专家快速而有效地对样机效用评估，从而完成对虚拟样机设计从定性到定量的决策支持。决策支持系统主体采用 B/S 架构开发，易于使用，可扩展性好，维护费用低，同时系统为定量分析环境开发了应用客户端，使本地的辅助决策操作性能大大提高，系统支持分布在各地的专家同时、异时进行研讨决策。

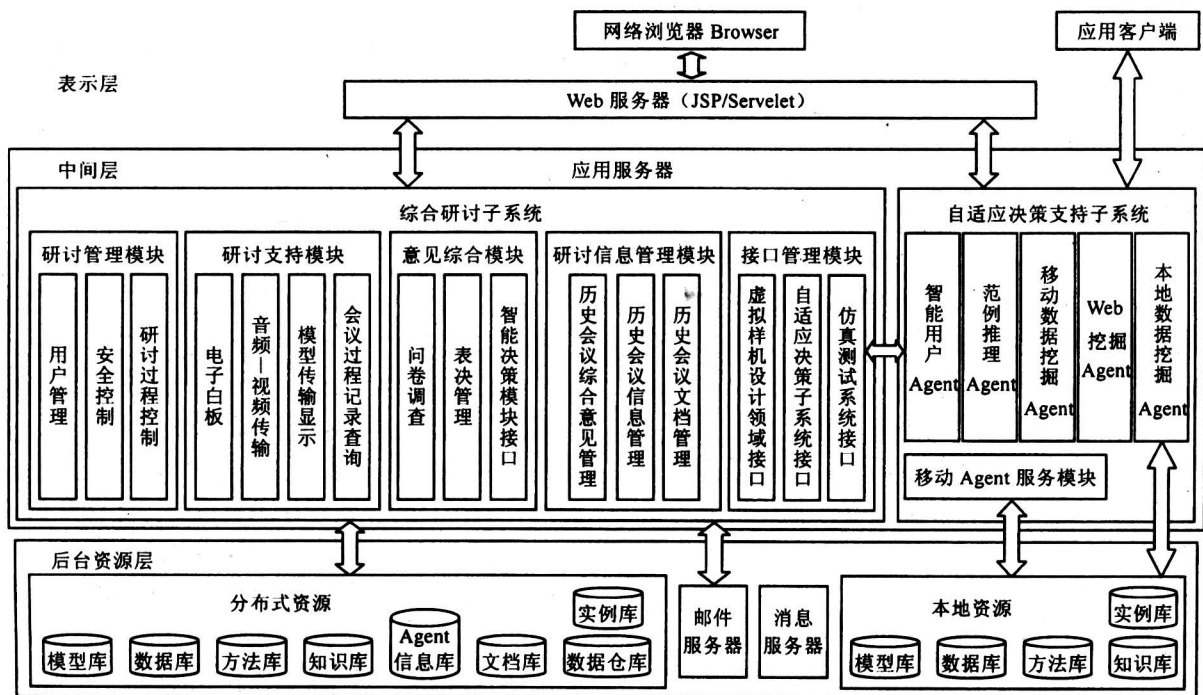


图 1 复杂产品虚拟样机综合集成型决策支持系统的体系结构

Fig.1 Architecture of meta-synthetic decision support system in virtual prototyping for complex products

系统按照三层架构开发，中间层是 VPMSDSS 的核心部分，它把与系统相关的各要素都紧密连接起来，包括数据、模型、知识、方法、专家、设备、环境等，也包括已建立的系统和服务，其中综

合研讨子系统支持群体专家通过多种方式互相讨论、争辩，充分展现自己的经验、知识，发挥群体专家的智慧，以处理定性知识为主；自适应决策子系统支持专家搜索和挖掘必要的资源以及进行智能

决策、范例推理等,辅助专家形成观点和看法,以定量分析为主。系统与仿真系统的交互还可以将决策和设计的结果送入仿真测试环境,并对仿真测试数据再次进行研讨和分析,以循环地、螺旋式地研讨,形成最终的复杂产品的设计决策。

3.1 决策支持系统中的综合研讨子系统

综合研讨子系统支持专家进行群体研讨,系统具有研讨管理支持,包括用户管理、安全控制、研讨过程控制等,主要实现研讨会议用户通知,研讨主题和研讨议程的制定发布等功能;研讨过程支持,包括电子白板、音频/视频传输、会议过程在线记录与查询等;与虚拟样机各领域设计系统、VPMSDSS中的自适应决策子系统和仿真测试系统的交互接口支持;基于设计指标的意见综合支持;研讨信息管理支持,包括历史会议的意见综合,历史会议的信息管理和会议的文档管理等。综合研讨子系统通过与自适应决策子系统的交互还为设计专家提供了 Web 挖掘支持,使专家们在研讨过程中除了与其他专家共享文档资料外,还能得到比平常更为丰富的信息、知识,使专家们对问题的认识更加深刻,灵感不断涌现,加速问题的解决过程。

在复杂产品虚拟样机综合研讨分析中,设计专家可能需要零部件的模型显示,但是设计专家所在的环境可能无法对送入的零部件模型数据作正确的浏览即没有相应的模型浏览工具,综合研讨子系统提供了模型显示支持,主要利用移动 Agent 将显示零部件模型的组件代码送到设计专家的环境中,实现模型显示。对于某些大型的模型处理工具,无法通过移动 Agent 实现代码传输时,可将模型文件转化成 XML 描述后送至设计专家的环境,通过在设计专家环境中集成的 XML 解析器,实现模型的三维显示^[13],可将 JAVA 或其他语言构建的 XML 解析器和模型的 XML 文件通过移动 Agent 同时送入设计专家的环境,这样可以避免为分布式的专家环境分别安装解析器,模型也可在专家环境中自动显示,系统更新和维护灵活。

综合研讨子系统也为设计专家提供了模型、方法推理决策支持,以辅助定性分析,具有模型库、方法库、知识库和数据库的四库结构。考虑到研讨的专家通常是分布在不同的地理位置,分析、决策中使用的数据不集中于一个物理位置,决策模型和知识处理方法采用分布式的决策支持。系统为领域设计专家与决策支持系统的交互提供一个 Agent 助

手,对专家知识的输入和决策信息的输出提供有力的帮助,专家提供的定性和创造性知识以及其他新的知识也会由 Agent 助手及时更新到系统的知识库中,一定程度上解决了传统的基于专家系统的智能决策系统输入过于复杂的问题,提高系统运行的效率。

综合研讨子系统通过与仿真系统交互的接口对决策结果进行分析和仿真测试,将设计专家的经验判断上升到定量结论。若仿真和实验的定量结果否定了原来的经验判断,则专家可形成新的认识,又会提出新的经验性判断,这是单独的智能决策系统或分布式决策系统所无法具备和无法实现的。同时复杂产品设计在专家研讨结束后需要对研讨过程中形成的经验性和某些创造性结论,再次进行分析和探讨,设计专家群体可利用系统的数据和信息资料,建立数据信息体系、指标体系和模型体系,依靠决策系统提供定量辅助决策功能,通过评价指标体系对研讨结论进行验证,给出定量描述。从而完成定性定量相结合的过程。

3.2 决策支持系统中的自适应决策支持子系统

复杂产品虚拟样机决策支持系统在设计专家主动决策的基础上提供了自适应决策子系统,实现人一机交互和定量分析为主的支持,包括分布式范例推理、数据挖掘和 Web 挖掘支持等。各领域设计专家在进行定性分析后可借鉴以往成功的案例,对设计方案进行修改和创新,从而获得新的产品设计方案,并将新的方案送入实例库。传统的基于范例推理(CBR, case-based reasoning)是一种相似或类比推理方法,其核心在于用过去实际中所用的实例和经验来解决新问题^[14]。但复杂产品设计过程涉及的领域广,属于复杂巨问题范畴,实例库庞大而且分布,在海量信息的分布式实例库中快速地找到有用的案例,正确地做出决策提供给设计专家非常困难,自适应决策支持子系统在实例辅助决策方面将移动 Agent 技术、数据仓库和数据挖掘技术与 CBR 技术相结合,解决了上述问题。

移动 Agent 是一个能在异构网络中自主地从一台主机迁移到另一台主机,并且是可以与其他 Agent 或资源交互的计算实体^[15],具有一般 Agent 的自主性、响应性、主动性和社会性。移动 Agent 技术非常适合分布式环境中需要大量传输数据的系统。在自适应决策支持子系统中使用移动 Agent 技术可以有效地降低网络负载,将计算移往数据,而

并非将数据移往计算，减少了网络设计数据流量，节省带宽，缩短传输时间；屏蔽了各设计领域的异构性，各设计领域往往从硬件到软件都是异质的，移动 Agent 独立于特定的主机和传输层协议，仅依赖于他们的执行环境（已屏蔽各平台的差异），因而为复杂产品虚拟样机的集成提供了极为有利的条件；分布式问题求解能力强，多个 Agent 之间可以通过任务分解、共同协作完成一个大规模的复杂问题求解；支持离线决策，一旦某设计领域移动 Agent 传输到另一个设计领域，该领域的机器就可以和网络断开连接，直至想回收 Agent 或再次传送 Agent，系统可以工作在异步方式。使用移动 Agent 技术构建自适应决策支持子系统可以适应复杂系统环境，Agent 的智能性也能提高系统解决复杂决策

问题的能力和效率，提高系统的自适应性和鲁棒性。

自适应决策子系统的结构如图 2 所示，系统中的总体设计领域在专家综合研讨结束后接受复杂产品的设计任务和性能要求，然后利用本地的范例推理 Agent 进行实例分析和查找，若能找到相应的或类似的案例，则顺利得到产品功能结构分解，相应的子功能实现再由移动 Agent 送至各设计领域，由各领域根据自己的实例库进行二次分析和查找。一般而言，总体实例库中存在解的产品设计，各领域实例库必然也存在产品分解后的子部件的解。各领域范例推理系统求解后，将结果再次通过移动 Agent 送至总体设计领域，由仿真系统进行可视化显示，并进行下一步的仿真测试。

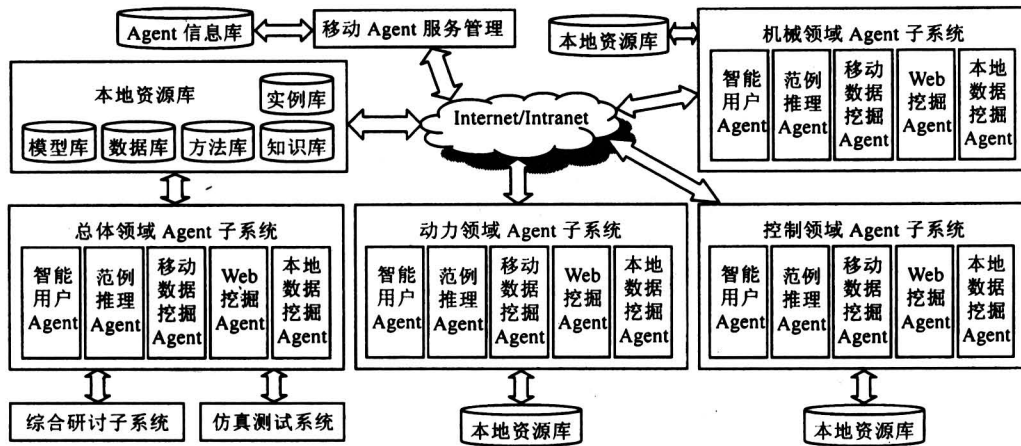


图 2 自适应决策子系统结构图

Fig.2 Structure of adaptive decision support sub system

若在总体领域的实例库中找不到相应的产品设计，则必须根据复杂产品的需求对产品进行功能信息建模，这是复杂产品设计阶段的重点和关键技术，主要完成产品功能的表达、分解与组合。功能表达是根据性能需求通过系统的分析，进行功能抽象和表达，突出核心任务，为后续的产品功能结构映射和创新打下基础。功能分解与组合是在功能表达完成后，系统依据一定的规则和原理，将总功能进行分解，产生多个子功能，子功能又可以再分解产生下一级子功能，这样分解的结果产生复杂产品的功能树。在这个阶段，产品的功能明晰，可实施功能重组。对产品进行功能表达和分解时，一方面充分利用系统提供的综合研讨支撑环境，可再次对产品进行定性分析，综合设计专家群体对产品功能

表达和分解的看法，另一方面利用自适应决策子系统的范例推理、数据挖掘，对以往的信息进行分析。数据挖掘的过程是在设计专家参与下进行，是在积累了大量的数据后再从中识别出有用的、创新的并且可以实现的信息，同时，数据挖掘的结果是经过设计专家的思考、选择，通过对已有的信息的聚合和关联产生的新信息，而非已有的设计信息经过简单过滤的堆积。数据挖掘过程中，系统提供面向知识应用的数据挖掘建模环境，由设计专家根据产品的功能需求和结构要求选择挖掘算法，利用决策树、机器学习等方法建立数据挖掘模型，模型运行产生对产品分析的定量信息，设计专家可将这些信息作为产品功能表达和分解的决策参考，系统在对复杂产品功能信息建模的过程中，利用自适应决

策支持子系统,充分体现了人-机交互的特点。

产品功能树产生后,即进行产品功能和结构的映射,建立产品方案模型并在可视化环境中进行建模和装配。由于领域设计环境的分布性,需要将产品的各功能模块要求通过移动 Agent 送至各设计领域,例如,将复杂产品的控制部的功能要求送至控制设计领域,动力部的功能要求送至动力设计领域等,各领域都有自己的设计环境和设计工具,即领域间又是互异的。为了更好地在领域间传输数据,移动 Agent 中携带的功能要求数据采用 XML 格式,处于 Agent 的通信语言 KQML 的内容层。由于复杂产品的功能和结构间映射的多对多关系,领域模型库的数据量也很大,这时各设计领域可采用本地系统的决策支持工具和方法来辅助决策,产生产品模型的最优解。此阶段有效的决策支持是利用各领域的数据挖掘 Agent,迅速从大量数据中发现信息,进行知识推理,筛选数据,寻找并发现隐藏数据,为设计专家提供有用的信息,产生模型和结构的对应关系。系统中移动 Agent 服务管理是实现移动 Agent 技术的关键,主要完成收集、管理、统计、查询各设计领域移动 Agent 的信息资源,实现移动 Agent 的注册,同时担当安全认证和目标机离线移动 Agent 代码存储等功能。

自适应决策支持子系统充分利用数据仓库和数据挖掘等技术。通过多数据源信息的概括、聚集和集成,建立面向主题、集成、持久的数据集合,为决策提供可用信息。通过对数据仓库的多维、复杂查询和综合分析,得出隐藏在数据中的总体特征和发展趋势,同时利用智能体对知识推理和分析。新技术的应用大大提高了决策支持的能力,设计专家充分利用系统提供的自适应决策支持,可快速而高效地对数据进行定量分析。作为定性分析的辅助决策,为定性分析做准备,或者对定性分析进行验证。

4 系统中其他关键技术分析

4.1 VPMSDSS 与仿真系统集成

VPMSDSS 系统通过从定性到定量分析得到的决策结果必须经过验证是正确的,才能说虚拟样机设计的决策支持是成功的。例如,通过性能仿真对系统的性能进行验证、鉴定,通过武器对抗仿真来验证虚拟样机的军事效用等。因此 VPMSDSS 与仿真系统集成,方便而快捷地访问仿真系统资源,是

VPMSDSS 应该支持的功能。虚拟样机的仿真测试环境研究已经比较成熟,大型的仿真早期基于分布交互仿真(DIS, distributed interactive simulation),现在的研究一般都集中在基于高层体系结构(HLA, high level architecture)的仿真,VPMSDSS 与仿真系统的集成采用松耦合方式,仿真过程所产生的数据,一般以服务调用的方式送到决策支持系统中,同样,决策支持系统也以服务调用的方式与仿真系统进行交互,辅助决策的重点主要是,从仿真结果和仿真过程中产生的大量数据中挖掘有效的信息,辅助设计专家对虚拟样机的设计是否成功以及需要对设计如何修改进行决策,对仿真过程中的性能数据进行评估,从而产生对样机的评价。如果决策支持系统与仿真平台同在一个局域网内,同时对系统的性能要求较高时,系统与仿真平台的交互也可采用联邦对象的互调用方式,直接获取仿真测试数据,可以提高速度。

4.2 Web 挖掘技术

复杂产品设计时决策问题涉及领域多、范围广,需要尽可能地获取辅助决策信息,以提高决策的正确性。除了从系统内部的数据仓库挖掘有效的决策信息外,注意到 Internet 是一个分布广泛、全球性的信息服务中心,如能自动、高效地从 Web 资源上提取有用信息,无疑可为复杂决策提供有力支持,因此,有效地利用 Web 挖掘技术,从 Web 文档中发现、抽取潜在的有用模式和隐藏的信息,辅助决策。目前国内的 Web 挖掘尚处于学习、跟踪和探索阶段,VPMSDSS 系统中采用的 Web 挖掘技术,主要是实现高速的搜索引擎以及半结构化和非结构化的数据查询。在 Web 挖掘方面,利用信息论中的信息增益原理^[16],从产品功能结构树中选取具有最大信息量的属性字段,然后利用语义网络^[17]的方法建立复杂产品决策问题的概念空间,进而通过站点查询、文档采集以及特征提取得到符合条件的文档,实现了信息导航的智能化。语义网络法的联想性、灵活性、可扩展性以及自然性,可以突破目前大多数网上搜索引擎基于关键词匹配的全文检索技术陷于表面的缺陷,从词所表达的概念意义层次上认识和处理用户的检索请求。在 Web 挖掘支持上,系统使用了信息增益和语义网络联合的方法,最大限度地设计专家提供决策支持的信息量和准确度,方便设计专家对信息的获取。

4.3 知识的管理

自适应决策支持子系统的决策能力与知识系统有关,系统可以通过改变知识结构从而改变自己的行为。系统能够从过去的经验和设计专家中学习对不精确信息的理解和对新环境的适应性,系统的学习能力是系统的自适应性的基础。知识系统可分为静态知识系统和动态知识系统。静态知识系统的知识维护需要人工干预,系统的行为在求解过程开始前就已经确定,计算机执行过程是以预先定义好的过程和方式进行,应用数学模型和各种定量决策方法,通过对数据的操作得到辅助决策信息,系统设计简单。动态系统可以自动从决策过程中获得经验,自动对知识库进行维护与更新,从而支持复杂环境下的决策过程,反映了较高级的智能活动,系统灵活性较大,开发复杂。复杂产品虚拟样机综合集成型决策支持系统在知识管理上采用了多种方式,综合了定量和定性知识的管理,提高系统的自适应性,每进行一次研讨,就会增加决策实例,通过学习系统的智能性不断增加,从而有效缩短复杂决策的时间。在基于模型和定量知识的决策处理不了的情况下支持定性知识的辅助决策,系统提供辅助设计专家的 Agent 助手,有助于将获取的定性知识融入到系统中,并部分转化成定量知识。同时在知识的表示上,也综合了数学模型的模拟和对知识的智能本质的描述。系统在必要之处使用了智能体代理的技术,对提高系统的智能性和提高设计专家的工作效率都有很大的帮助,对知识的心智过程的认识和表示也是人工智能方法论的新方向。

5 结论与展望

以综合集成思想为指导,开发综合集成型决策支持系统是决策支持系统研究的新方向和高级形式。讨论了复杂系统中的决策支持问题,给出了复杂产品虚拟样机综合集成型决策支持系统的体系结构,分析了系统的组成和相互之间的关系,讨论了系统实现的关键技术。VPMSDSS 有效地提供了从定性到定量的综合集成研讨环境,只完成从定性到定量综合集成研讨厅的一个基本的原型系统,具备综合集成研讨厅的初步功能,涉及问题的范围相对较窄,规模也要较小。从定性到定量综合集成研讨厅是研究复杂巨系统问题的有效方法。后续工作将在原型系统的基础上逐步扩展完善,建立功能更强的、涉及范围广的、规模更大的从定性到定量综合集成研讨厅体系。

参考文献

- [1] 熊光楞,范文慧,陈晓波.复杂产品开发的仿真技术[J].系统仿真学报,2004,16(2):194~201
- [2] 柴旭东,李伯虎,熊光楞,等.复杂产品协同仿真平台的研究与实现[J].计算机集成制造系统,2002,8(7):581~584
- [3] 李伯虎,柴旭东,熊广楞,等.复杂产品虚拟样机工程的研究与初步实践[J].系统仿真学报,2002,14(3):336~341
- [4] 熊光楞,李伯虎,柴旭东.虚拟样机技术[J].系统仿真学报,2001,13(1):114~117
- [5] 徐晓臻,高国安.案例推理在多准则评价智能决策支持系统中的应用研究[J].计算机集成制造系统,2001,7(1):16~18
- [6] ERM C. Decision support systems: a summary, problems and future trends [J]. Decision Support Systems, 1988, 4(4): 355~363
- [7] Manheim M L. An architecture for active DSS [A]. 21st International Conference on System Science [C]. Hawaii: IEEE Computer Society Press, 1988. 356~365
- [8] Ribeiro R A, Powell P L, Baldwin J F. Uncertainty in decision-making: an abductive perspective [J]. Decision Support Systems, 1995, 13(2): 183~193
- [9] 陈文伟.决策支持系统及其开发[M].北京:清华大学出版社,广西科学技术出版社,2000
- [10] Bringsjord S. Computationalism is dead; now what? [J]. Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence, 1998, 10(4): 393~402
- [11] Mayer M K. Future trends in model management systems: parallel and distributed extensions [J]. Decision Support Systems, 1998, 22(4): 325~335
- [12] 钱学森,于景元,戴汝为.一个科学的新领域——开放的复杂巨系统及其方法论[J].自然杂志,1990,13(1):3~10
- [13] 陈曦,王执铨,吴慧中.基于服务的虚拟样机概念设计技术研究[A].全球化制造高级论坛暨21世纪仿真技术研讨会论文集[C].北京:世界图书出版公司,2004.129~133
- [14] 宋玉银,蔡复之,张伯鹏,等.概念设计与结构设计的信息集成技术研究[J].清华大学学报(自然科学版),1998,38(2):51~54
- [15] 张云勇,刘锦德.移动 agent 技术[M].北京:清华大学出版社,2003
- [16] 景旭文,易红,赵良才.基于数据挖掘的产品概念设计建模研究[J].计算机集成制造系统,2003,(11):950~954
- [17] 涂承胜,鲁明羽,陆玉昌.Web挖掘研究综述[J].计算机工程与应用,2003,(10):90~93

A Meta-synthetic Decision Support System in Virtual Prototyping for Complex Products

Chen Xi^{1, 3}, Song Yubo², Wang Zhiquan¹, Wu Huizhong³

(1. *Department of Automation, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China;*

2. *Research Center of Information Security, Southeast University, Nanjing 210096, China;*

3. *Department of Computer Science and Technology, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)*

[**Abstract**] Complex decision-making problems in virtual prototyping for complex products are difficult to use general decision-making methods and system engineering methods to solve. To provide high-powered decision-making support environment is the key technical problem in virtual prototypes design and simulation of complex products. Based on the analysis of the current DSS and the comparison between meta-synthetic decision support system and current DSS, this paper proposed to establish meta-synthetic decision support system in virtual prototyping for complex products (VPMSDSS) to resolve the complex decision-making support problems effectively, analyzed the requirement of VPMSDSS from the meta-synthetic decision-making process, built the VPMSDSS based on browser/server architecture, combining mobile agent technology, and illustrated the structure of the system. The components and the system functions were also discussed, the key technologies to implement the system such as simulation technology, information synthesizing and knowledge synthesizing were studied deeply and relevant realization methods were provided.

[**Key words**] complex products; virtual prototyping; meta-synthetic decision support system; hall for workshop of meta-synthetic engineering; mobile agent; data mining