面向网络化协同制造的复杂重型装备任务分解研究报告（）

|  |  |
| --- | --- |
| 课题编号： | 2018YFB1703002 |
| 课题名称： | 复杂重型装备定制生产的制造资源组织适配与优化技术 |
| 所属项目： | 复杂重型装备定制生产的制造企业网络协同制造平台研发 |
| 所属专项： | 网络协同制造和智能工厂 |
| 项目牵头承担单位 | 中国重型机械研究院股份公司 |
| 课题承担单位： | 重庆大学 |
| 课题负责人： | 陈友玲 |

1 研究问题

2 国内外现状

3 解决方法

3.1 复杂重型装备任务分解总体框架

3.2 复杂重型装备顶层任务分解

3.2.1 基于目标层级分析法复杂重型装备顶层任务分解方法

目标层级分析法是一种按目标分解系统的多层分级优化设计方法，其目标的分解流程如图1所示。在此方法中，总任务按照层级分解到子任务，子系统可继续分解，每一层级作为一个子系统，每个子系统有且仅有一个上一级的父系统，但可有多个下一级的子系统，如图2所示。每个子系统包含分析模型和优化模型，且同时接受上一层级父系统的分析信息和下一层级子系统的反馈信息，并且在分解的过程中将这些信息作为参数。该层级子系统的优化结果作为目标值下发给下一层级的子系统，同时作为性能函数的输出反馈到上一层级的父系统。当各层级父系统、子系统之间的输入输出偏差符合要求时停止迭代。这种方法是一种自上而下又从下而上反复迭代修正的过程，层级分解过程中遵循任务分解原则，使得各子系统能并行处理，提高任务的执行效率。



图1目标层分解过程



图2 多层分级系统结构

在目标层级分析法这类模型中，顶层任务为单独一个模块，其他层次都被分为若干个子系统，每个子系统由两类不同的模块组成，分别为优化模块T、分析模块r（如图3）。分析模块是以变量、参数和子系统之间的反馈作为其输入，通过计算分析模块的反馈值，输出并传递其相应的优化设计模块。优化设计模块则是利用分析模块计算出各层子系统问题的反馈。如果同层级的多个模块共享变量，那么将变量成为联系变量。

图3描述了系统与其上层父系统、子系统之间的交互作用，的优化设计模块和相应的分析模块之间的联系。的分配值和联系变量的协调向量是其父系统T计算并且下传的。经过自身的分析模块计算后，将反馈值和联系变量上传至父系统，将和向下传递给其子系统，分别作为的目标和联系变量的协调变量。是通过分析求出并作为联系变量的协调变量传递给下一层的所有子系统。所以的所有子系统与得到的分配联系变量都是相同的。其中，设计变量和反馈值分别作为分析模块的输入和输出。



图3 各层级信息传递交互

3.2.2 复杂重型装备任务分解目标层级分析模型

本节主要以复杂重型装备双层分解系统为例，研究目标层级分析法在复杂系统中任务分解的优化过程。顶层为总任务级，下层为分系统级。目标层级分析法可延伸到多层级复杂系统分级优化，若系统较为复杂，可进行多层级优化分级设计。对于复杂重型装备产品的研制，需要多家企业、多个子单位协作共同完成，在复杂重型装备产品的顶层任务分解过程中需要对其分层降解，根据结构、功能等进行初次分解后，同时保证子系统之间有较强的独立性，另外由于复杂重型装备分系统级服务的有限性，在分解过程中，需要考虑网络协同制造云平台中对各资源的历史评价，以满足客户对其产品的要求，一般要求包括成本、质量、工期、历史客户满意度、综合能力、信任度和历史合作关系等，因此构建模型时需要考虑以上约束对其进行任务分解，最终才能得到合理的分解结果。



图4 顶层系统和各分系统信息传递过程

对于总任务T，下级分为N个子系统，顶层任务的目标为最大程度满足客户各项指标要求（成本、质量、工期、历史客户满意度、综合能力、信任度、历史合作关系、综合能力）的前提下进行任务分解，各企业每完成一次协同项目，平台都会有相应指标的历史记录，通过对指标的要求进行合作伙伴的选择；顶层系统将目标进行分层降解传给分系统层，分系统层同样要满足以上客户要求的各项指标；同时分系统级根据自身情况将实际指标反馈给顶层系统，判断总任务指标是否符合要求，若不符合则重新协调分配直到满足各项指标要求为止。

1. 参数及变量表示

下面对复杂重型装备任务分解目标层级分析模型参数变量的符号进行定义，如表1所示。

表1 模型参数变量的符号及定义

|  |  |
| --- | --- |
| 参数或变量 | 含义 |
|  | 顶层系统的价格 |
|  | 分系统j的成本 |
|  | 顶层系统的质量 |
|  | 分系统j的质量 |
|  | 顶层系统的工期 |
|  | 分系统j的工期 |
|  | 顶层系统对企业信任度要求 |
|  | 分系统j对企业信任度要求（客户、供应链等多角色对其的综合信任度） |
|  | 顶层系统对企业的历史合作关系要求 |
|  | 分系统j对企业的历史合作关系要求 |
|  | 顶层系统对企业的历史客户满意度要求 |
|  | 分系统j对企业历史客户满意度要求 |
|  | 顶层系统对企业的综合能力要求 |
|  | 分系统j对企业的综合能力要求（包括产品研制能力、供货能力等等） |

②顶层目标分析模型

顶层系统要解决的问题：在满足局部变量约束和分系统反应偏差容限约束的条件下，使顶层系统反应T对目标的偏差最小。顶层系统目标分析模型如下：

分别是分系统反馈的偏差权重。目标偏差容限的最小化使目标具有一致性，使分系统的反馈对目标的偏差、对目标的偏差、对目标的偏差、对目标的偏差、对目标的偏差、对目标的偏差和对目标的偏差最小化。是分析模块r的输入，r将反馈T传递给设计模块OT作为输出。

③分系统级目标分析模型

分系统级要解决的问题是在满足局部变量约束的条件下，使分系统反馈对顶层设定的反馈目标的偏差最小化。分系统级目标分析模型：

在分系统层，局部设计变量是分析模块的输入。分析模块将反馈传递给设计模块作为输出。分系统级的目标是使对反馈目标、对反馈目标、对反馈目标、对反馈目标、对反馈目标、对反馈目标和对反馈目标的偏差最小化。

本节以两层系统为例，根据目标层级分析法，分析了复杂重型装备产品总系统顶层任务分解到分系统级任务的过程。在针对具体的复杂重型装备产品，根据云平台中各企业的历史评价数据以及客户对产品的综合要求，可将产品总任务分解为个分系统级任务且各分系统级的分析模块之和（成本、质量、工期、历史客户满意度、综合能力、信任度、历史合作关系、综合能力）均符合客户的需求。

3.3 复杂重型装备分系统级任务分解

3.3.1 基于分层设计结构矩阵与知识图谱的复杂重型装备分系统级任务分解方法

3.3.2 相关算法

3.3.3 复杂重型装备分系统级任务分解

①设计任务分解

②制造任务分解

③安装任务分解

④验收及整改任务分解

3.4 复杂重型装备任务分解表结构与关系

3.4.1 关系图

3.4.2 数据字典

设计任务主表

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

4 案例分析

参考文献

1. 李伯虎， 张霖， 任磊等． 再论云制造[J]． 计算机集成制造系统, 2011, 17(3):449-457．
2. 李伯虎, 张霖, 任磊, 柴旭东, 陶飞, 王勇智, 尹超, 黄培, 赵欣培, 周祖德. 云制造典型特征、关键技术与应用[J]. 计算机集成制造系统, 2012, 18(07):1345-1356.
3. 景熠, 王旭, 李文川. 供应商参与产品协同开发的任务分配优化[J]. 中国机械工程, 2011, 22(21):2566-2571.
4. 包北方, 杨育, 李雷霆, 李斐, 刘爱军, 刘娜. 产品定制协同开发任务分配多目标优化[J]. 计算机集成制造系统, 2014, 20(04):739-746.
5. BOUTSIS I, KALOGERAKI V. Crowdsourcing under real-time constraints [C]
6. 高维. 复杂产品设计过程任务分解、排序和分配优化技术研究[D]. 西南交通大学, 2017.
7. 刘建刚, 王宁生, 叶明. 基于遗传算法与DSM的产品结构分解聚类方法[J]. 南京航空航天大学学报, 2006(04):454-458.
8. DAN B. Partitioning Tasks to Product Development Teams[C]. Second International Conference on Axiomatic Design. Cambridge: [s.n.], 2002.
9. 石培文. 并行设计中的任务分解与任务调度问题的研究[D]. 西安电子科技大学, 2015.
10. 栾兆东. 云制造环境下SY机床集团协同任务分配优化研究[D]. 哈尔滨理工大学, 2019.
11. 庞辉, 方宗德. 网络化协作任务分解策略与粒度设计[J]. 计算机集成制造系统, 2008(03):425-430.
12. 邓舒婷. 云制造平台中制造任务与制造云服务优化匹配问题研究[D]. 燕山大学, 2016.
13. 易树平, 谭明智, 郭宗林, 温沛涵, 周佳. 云制造服务平台中的制造任务分解模式优化[J]. 计算机集成制造系统, 2015, 21(08):2201-2212.
14. 冉承新, 熊纲要, 王慧林, 马满好. 基于HTN的卫星应用任务分解方法[J]. 中国空间科学技术, 2010, 30(03):76-82.
15. 林仁, 周国华. 任务分解控制及人员柔性的车间集成调度[J]. 计算机工程与应用, 2015, 51(04):11-16+104.
16. MacQueen J. Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observations[C].Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability. Califonia:University of California Press, 1967:81-297
17. Sheu J J. A computer integrated manufacturing system for rotational parts[J]. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 1998, 1 1(6): 534-547.
18. Xu L, Li Z, Li S, et al. A decision support system for product design in concurrent engineering[J]. Decision Support Systems, 2007, 42(4): 2029-2042.
19. Aslani A, Helo P, Naaranoja M. Development of creativityin concurrent engineering teams[J].Journal of Industrial&Business Management, 2012, 2(2): 77-84.
20. Inman R A, Sale R S, Green K W, et al. Agile manufacturing: Relation to J1T, operational performance and firm performance[J]. Journal of Operations Management, 2011，29(4):343-355.
21. Pan F, Nagi R. Robust supply chain design under uncertain demand in agile manufacturing[J].Computers&Operations Research, 2010, 37(4): 668-683.
22. Mathiyalakan S. Application Service Providers[J]. Healthcare Informatics the Business Magazine for Information&Communication Systems, 2010,]7(2): 46-48.
23. Tao F, Hu Y, Zhou Z. Study on manufacturing grid&its resource service system[J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, optimal-selection 2008,37(9/10):
24. 李伯虎，张霖，任磊等. 再论云制造[J]. 计算机集成制造系统, 2011, 17(3):449-457．
25. 邓舒婷. 云制造平台中制造任务与制造云服务优化匹配问题研究[D]. 燕山大学, 2016.
26. 朱斌斌. 面向复杂云制造任务的服务配置方法研究[D]. 西安理工大学, 2018.
27. Serigio N, Fabio N. A Concurrent Engineering Decision Model: Management of the Project Activities Information Flows[J]. Int. J. Production Economics, 1998, 54: 115-127.
28. 李玉家, 马登哲, 金烨, 魏新魁. 产品开发过程的活动分解与规划[J]. 制造业自动化, 1999(05):7-10.
29. Michelena, N., Kim, H. M., Papalambros, P. A system partitioning and optimization approach to target cascading[C].International Conference on Engineering Design 99, Munich, 1999.

Michalek J J, Feinberg F M, Papalambros P Y.Linking marketing and engineering product design decisions via analytical target cascading [J].Journal of Product Innovation Management.

1. 张小玲. 复杂系统的目标层解分析法及时变可靠性优化设计研究[D]. 电子科技大学, 2012.