知识库散货船自动配载系统设计

何祖军,胡静

(江苏科技大学电子信息学院 江苏 镇江 212003)

【摘要】为保障散货船运输的安全,提高散货船配载的质量、效率和可靠性,结合复杂功能合一理论给出了知识库中规则的形式化设计,通过知识库的指导,利用遗传算法,优化装载方案来控制船舶装货时的强度变化。最终使装货过程中产生的剪力、弯矩对强度的影响最小,知识形成统一的数据结构,得到了优化后的装载结果。散装货船的程序装载结果表明,知识库装货船自动配载系统可优化货船货物装载优化。

关键 词 自动配载; 遗传算法; 知识库; 优化中图分类号 TP39 文献标识码 A

Automatic Stowage Planner Design for Bulk Carriers Based on Repository

HE Zu-jun and HU Jing

(Collage of Electricity and Information, Jiangsu University of Science and Technology Zhenjiang Jiangsu 212003)

Abstract To assure the safety in bulk carrier transportation and improve the quality, efficiency and reliability of the ship stowage, a design plan of formalizing knowledge base is presented. Introduced by knowledge base and using genetic algorithm, the system controls the vessel's strength in loading by optimizing the loading scheme. At last, the vessel's shear force and bending moment in loading process are optimized to the lowest extent, and the knowledge is form into a unified data structure. The loading result of program on bulk carrier shows that automatic stowage planner based on knowledge base could optimize the process of loading.

Key words automatic stowage; genetic algorithm; knowledge base; optimize

保障散货船运输的安全是散货船运输的一项重要工作,然而货物分配、装载顺序及压载水排放顺序的不合理,严重威胁船舶运输安全。近年来,随着计算机和人工智能技术的迅猛发展,国内已经开发出了基于专家系统^[1]的动态控制策略散货自动配载软件。在过程优化方面,有采用遗传算法^[2]解多组合多目标问题,并根据不同船舶及货物种类的要求,进行算法的改进^[3-6];或在自动装载专家系统下采用效用矩阵^[7]调整装载量,优化装载结果。然而,在某个舱室已经装载以后,再用后者进行全船货物调整是不现实的。鉴于遗传算法对解多组合选优的收敛性很有效果,故本文认为采用遗传算法结合知识库实现配载的过程优化是行之有效的方法。

1 配载计算及自动配载过程优化

1.1 散货船装载性能校核[8-10]

1.1.1 稳性校核标准

按照IMO的衡量要求校核船舶的完整稳性,主

要包括: (1) 初稳性高度GM \geqslant 0.15 m; (2) 横倾角 30°时,静稳性力臂 GZ \mid θ =30° \geqslant 0.20 m; (3) 横倾角 在0 \sim 30°之间; (4) 静稳性曲线下的面积不小于 0.055 m*rad。

对散装谷物船还需要满足的特殊要求包括: (1) $GM \ge 0.30 \text{ m}$; (2) 由谷物假定移动引起的船舶静倾角 $\theta_h \le 12^\circ$; (3) 剩余动稳性值 $S \ge 0.075 \text{ m*rad}$.

按海上人命安全公约(SOLAS 92)对船长超过 100 m的货船规定的基于概率论的分船和破损稳性 要求,即分舱指数4应不小于要求的分舱指数R。

1.1.2 强度校核标准

根据重量分布曲线和浮力分布曲线计算各校核点处的静水弯矩 $M_{\rm s}$ 和静水剪力 $N_{\rm s}$,以及各校核点处的许用弯矩 $[M_{\rm s}]$ 和许用剪力 $[N_{\rm s}]$,根据计算结果按 $\begin{cases} N_{\rm s} \leqslant [N_{\rm s}] \\ M_{\rm s} \leqslant [M_{\rm s}] \end{cases}$ 要求进行衡准,也可以采用判断总纵强 $\begin{cases} M_{\rm s} \leqslant [M_{\rm s}] \end{cases}$

度状态的方法。

收稿日期: 2008-04-16; 修回日期: 2008-06-30

基金项目: 江苏省自然科学基金(BG2006022)

作者简介:何祖军(1964 –), 男,副教授,主要从事计算机应用技术方面的研究; 胡 静(1984 –), 女,硕士生,主要从事计算机应用技术方面的研究.

1.1.3 浮态校核标准

我国远洋航行的船首最小吃水 d_{Fmin} 和最小平均吃水 d_{Fmin} 应满足: (1) 船舶垂线间长 $L_{\text{BP}} \leq 150$ m; $d_{\text{Fmin}} \geq 0.075 L_{\text{BP}}$; $d_{\text{mmin}} \geq (0.02 L_{\text{BP}} + 2)$ m。 (2) $L_{\text{BP}} > 150$ m; $d_{\text{Fmin}} \geq 0.012 L_{\text{BP}}$; $d_{\text{mmin}} \geq (0.02 L_{\text{BP}} + 2)$ m。

裝货港船舶最大吃水 $d_{\text{max}} = (D_{\text{d}} + H_{\text{w}}) - D_{\text{a}}$,其中, D_{d} 为港口航道基准水深; H_{w} 为潮高; D_{a} 为富裕水深。万吨级的吃水差值,满载以 $0.9 \sim 1.9$ m为好;半载时以尾倾 $0.6 \sim 0.8$ m为好;轻载时以 $0.9 \sim 1.9$ m为好。

1.1.4 实际航运中的其他约束条件

初始时,首先计算船舶的载货能力,主要是比较航次任务与船舶载货能力是否相适应。需要考虑的包括货舱最大装载量的限制、船舶航次最大装货量NDW的限制、货舱容积的限制、装载过程中船舶吃水差t的限制等。

1.2 分轮装卸过程及优化

1.2.1 装载前提假设

(1) 均以两轮装完; (2) 压载水的排放速率和货物装载速率基本持平,不会因为两者的不同步而造成局部强度或总纵强度不符合要求; (3) 压载水的排放遵循先装货后排放,且在第一轮装货时排放完; (4) 装载机的初始位置在船中,因为考虑到一般情况下船舶到港装货前为中拱。

1.2.2 基本装载步骤描述

(1) 计算船舶的载货能力; (2) 按舱容比配货或 人工配货; (3) 结合知识库规则进行调货或调压载 水,以满足吃水差和强度要求(允许对各舱装货量做 微调,调整量可取该舱已分配值的10%)。

1.2.3 装载过程优化

优化是在已知每个货舱计划装货数量的基础 上,确定一个优化装货方案,使装货的整个过程中, 船舶的剪力、弯矩尽量最小,且使吃水、吃水差保 持在规定范围内。

优化过程包括:

- 1) 每轮的装货顺序和数量的最佳方案优化: 先结合知识库相关规则,选择出全部可行的装舱顺序,再利用遗传算法得出最优装货顺序和每轮各货舱的装货量(除满舱满载或满舱不满载时,为压载水排空情况下的装载顺序和每轮货物量);
- 2) 第一轮压载水排放顺序优化(满舱满载或满舱不满载的排放量要计算,其他状态为排空):(1) 初始状况为船舶空载、满压载;(2) 按照装载顺序,装

入货物,每装载一次记录该载况下的各校核站点处的剪力和弯矩,根据规则确定压载水排放顺序集; (3)分别计算各方案各校核站点处的剪力和弯矩的最大值,从各方案中分别取出最大值,再从各方案

2 系统实现方案

最大值中取最小值作为最优。

2.1 系统总体设计与程序流程分析

2.1.1 需要使用的船舶资料及其处理

配载计算需要的资料包括船体说明书、吃水差、 稳性和纵向强度说明书、货舱容积表、静水力曲线 表。考虑到系统的通用性,采用规范的数据库文件 存储上述资料,对于不同的船舶,只要替换数据库, 而不必修改应用程序,独立性强。

2.1.2 系统功能模块分析及程序流程图

本系统的菜单项有:基础数据、实用子程序、 计算结果显示、图表显示、数据输入等。

运用遗传算法对散货船装载过程进行优化的思想,就是将每一种装货方案看作一个遗传个体,用一条染色体字符串与之对应,经过若干代遗传操作,在解空间内找出一个最能满足优化条件(个体适应度最大)的个体,从而选择出一个优化装货方案;知识库用于存放统一结构的规则,如装舱顺序、吃水调节规则、压载水排放顺序规则等;数据库主要存放配载相关数据。

散装谷物配载主要程序流程图如图1所示。若为 一般散货配载,除了校核标准不同外,其他均同。

2.2 复杂功能合一理论的配载系统知识库设计

2.2.1 知识的获取

知识库^[11]的内容包括: (1) 已知的与当前问题 有关的数据信息; (2) 进行推理时需要的一般知识和 领域知识。本配载系统领域知识来源主要有《船舶 与海上设施法定检验规则国内航行海船法定检验规 则2004》、《1974年国际海上人命安全公约》、IMO校 核标准和船舶各种计算书等。

2.2.2 知识表达方式的形式化处理

知识表达方式必须能有效地表达出知识,表达结构易于检索(指知识的运用)和修改(指知识库的修改与扩充),故知识必须进行形式化处理。自然语言的理解和处理难度很大,至今仍为热点和难点。目前专家系统的知识表达式多采用逻辑表示法、产生式表示法等。由于复杂功能描述FD以成份集(cat)和分布模式(pattern)决定语句各成分位置,解决了自动

生成中的排序问题;采用单一的FD结构,使词典、语法规则、语义信息有了统一的数据结构,而此基础上的功能合一语法(FUG)是一个陈述性表达式,通

用性强,使自动分词和词性标注的质量进一步提高^[12],语句自动生成系统^[13]的实现有了可能。故本文选择功能描述的方法来形式化知识表达式。

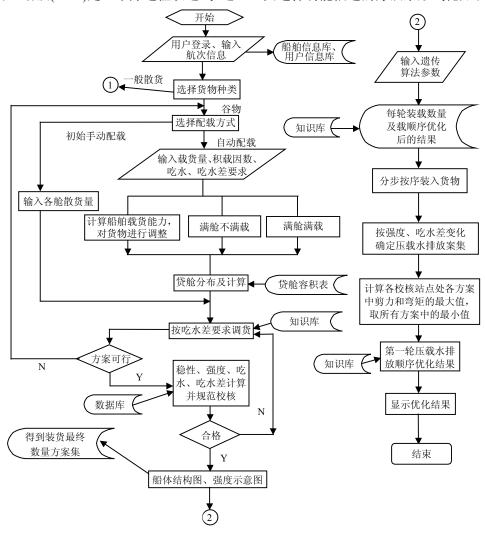


图1 配载程序流程图

功能描述(function description, FD) $^{[14]}$ 由一组描述元 (descriptors)组成,可以是一个成份集 (constituent set)、一个模式(pattern)或一个带值的属性(attribute),与描述元顺序无关;属性是一个符号或另一个FD。

1) 复杂FD结构递归定义为:

$$cat = 类型$$

$$pattern = (f_1, f_2, \dots, f_n)$$

$$f_1 = v_1$$

$$f_2 = v_2$$

$$\vdots$$

$$f_n = v_n$$

式中 $n \ge 1$; f_i 表示特征名,为原子(即不可再分为另一个FD); v_i 表示特征值为原子或另一个FD。在此

基础上,可进行合一运算。

- 2) 合一(unification)运算递归定义:
- (1) 如果a、b均为特征集,在a、b都是原子的情况下,当a=b,那么 $a\cup b=a$; 否则 $a\cup b=\phi(\phi$ 为空集);
- (2) 如果 α 、 β 均为复杂特征集,若 $\alpha(f) = v$,但 $\beta(f)$ 的值未经定义,则f = v属于 $\alpha \cup \beta$;若 $\beta(f) = v$,但 $\alpha(f)$ 的值未经定义,则 $\beta = v$ 属于 $\alpha \cup \beta$;若 $\alpha(f) = v$ 1,但 $\beta(f) = v$ 2,且 $\alpha \cup \beta = \alpha$ 2,四 $\alpha \cup \beta = \alpha$ 3。

如:规则"若是中拱弯矩,则先装中位舱,再按首尾交替原则装货,直到第二轮结束"可分解为 α ="若是中拱弯矩", $\bigcup \beta$ ="则装中位舱,再按首尾交替原则装货,直到第二轮结束"。

其功能描述(FD)为:

在Java中可以用继承抽象类来实现。

2.3 数据库设计

本系统静态数据包含船舶基本信息、登录用户信息;而配载校核动态信息表主要存放初始数据、求解状态的中间结果、限制条件以及最终求解结果。

- 1) 静态数据: (1) 船舶信息库,包括船舶基本信息表、船舶配载参数表、舱口分布表以及各计算书存储表; (2) 用户信息库。
- 2) 动态数据: (1) 船舶动态信息库,包括油水与压载水分布、配载校核信息表、危险状态描述、装载过程明细; (2) 货物信息库,包括散货信息表、谷物信息表、货物信息总表、港口信息表。

3 实验数据

以某散装谷物船为例,其装载数据如下:船舶常数15;船员6人;食品10.0 T;排水量55 968.8 T;货物重量83 321.2 T;重油 767.4 T;柴油307.2 T;滑油719.8 T;淡水497.7 T;压载水17 767.04 T;油水混合物56.7 T。

该船程序配载计算结果为:第1~9舱的装载量

分别为 C_1 =7 478.8 T、 C_2 = 9 689.3 T、 C_3 = 9 835.2 T、 C_4 = 9 814.8 T、 C_5 = 9 384.1 T、 C_6 = 9 804.4 T、 C_7 = 9 530.2 V、 C_8 = 9 480.0 T和 C_9 = 8 304.4 T;尾吃水和首吃水分别为 D_a =9.220 m和 D_f =8.343 m;稳性高度GM=2.36 m,完整稳性校核结果界面如图2所示。第一轮装货优化结果如表1所示。



图2 完整稳性校核结果

表1 第一轮装货优化结果

装载顺序(货舱号)	装货量/T	压载水排放位置
No.5	7 854.0	No.3 Side Tank
No.3	5 986.6	No.2 Double Bottom Tank
No.7	8 974.1	No.5 Side Tank
No.4	8 900.4	No.1 Double Bottom Tank
No.6	7 890.0	No. 4 Double Bottom Tank
No.2	8 783.5	No.2 Side Tank
No.8	7 394.0	No. 4 Side Tank
No.9	5 876.9	No. 5 Double Bottom Tank
		andFore Peak Tank
No.1	7 600.3	No. 3 Double Bottom Tank

4 结束语

本文从专家系统的原理出发,联系散货船配载 有关知识,对散货船自动配载系统进行了设计。结 合复杂功能合一理论,给出了配载系统知识库形式 化的设计方案;并进一步利用遗传算法、知识库以 及配载数据库实现配载的过程优化。

参考文献

- [1] 杜嘉立, 杨盐生, 郑云峰. 基于专家系统的船舶配载智能控制策略[J]. 中国航海, 2005, 64(3): 49-53. DU Jia-li, YANG Yan-sheng, ZHEN Yun-feng. Expert system based ship's stowage intelligent control strategy[J]. Navigation of China, 2005, 64(3): 49-53.
- [2] 唐惠宇, 徐邦枕, 杜嘉立. 散货船装载过程的优化设计 [D]. 大连: 大连海事大学, 2004. TANG Hui-yu, XU Bang-zhen, DU Jia-li. Study on optimization of bulk carrier's loading process[D]. Dalian: Dalian Maritime University, 2004.
- [3] ZHANG Xiao-ling, DU Li. An improved genetic algorithm with quasi-gradient crossover[J]. Journal of Electronic

956-959.

- Science and Technology of China, 2008, 6(1): 47-51.
- [4] IMAI A. Multi-objective simultaneous stowage and load planning for a container ship with container rehandle in yard stacks[J]. European Journal of Operational Research, 2006, 171(2): 373-389.
- [5] 许光泞, 俞金寿. 改进遗传算法求解三维集装箱装载问题[J]. 华东理工大学学报, 2007, 33(3): 425-428. XU Guang-ning, YU Jin-shou. An improved genetic algorithm for three-dimension container loading problem[J]. Journal of East China University of Science and Technology, 2007, 33(3): 425-428.
- [6] HUANG H Z, BO R F, CHEN W. An integrated computational intelligence approach to product concept generation and evaluation[J]. Mechanism and Machine Theory, 2006, 41(5): 567-583.
- [7] 杨 军,张 兢,王当利,等.基于效用矩阵的货物配载调整算法研究[J]. 交通与计算机,2005,23(2):76-79. YANG Jun, ZHANG Jing, WANG Dang-li, et al. Research on adjusting algorithm of cargo stowage based on efficiency matrix[J]. Computer and Communications, 2005, 23(2):76-79.
- [8] IMO. Chapter XII-additional safety measures for bulk carriers amendments to the international convention for the safety of life at sea 1974[S]. MSC68, 1997.
- [9] 李贵成. 船舶装运散装谷物的稳性要求[J]. 航海技术, 2007, 10(6): 23-27.

- LI Gui-cheng. Stability requirements for the carriage of grain in bulk[J]. Marine Technology, 2007, 10(6): 23-27.
- [10] IMO. International code for the safe carriage of grain in bulk[S]. London, UK: IMO, 1996.
- [11] 孔月萍. 人工智能及其应用[M]. 北京: 电子工业出版 社, 2008.
 - KONG Yue-ping. Artificial intelligence: priciples and applications[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2008.
- [12] 杨思春. 一种改进的句子相似度计算模型[J]. 电子科技大学学报, 2006, 35(6): 956-959.

 YANG Si-chun. An improved model for sentence similarity computing[J]. Journal of University of Electronic Science and Technology of China, 2006, 35(6):
- [13] KOOMEN P, PUNYAKANOK V, Roth D, et al. Generalized Inference with multiple semantic role labeling systems[C]//In: Proceedings of the Ninth Conference on Computational Natural Language Learning (CoNLL-2005). Ann Arbor: Michigan: Association for Computational Linguistics, 2005.
- [14] 江铭虎. 自然语言处理[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.

JIANG Ming-hu. Natural language processing[M]. Beijing: Higher Education Press, 2006.

编 辑 熊思亮

(上接第711页)

- [4] 鲁荣波, 何大可, 王常吉. 一种门限代理签名方案的分析 与改进[J]. 电子学报, 2007, 35(1): 145-149.
 - LU Rong-bo, HE Da-ke, WANG Chang-ji. Cryptanalysis and improvement of a threshold proxy signature scheme from bilinear pairings[J]. Acta Electronica Sinica, 2007, 35(1): 145-149.
- [5] 庞辽军, 李慧贤, 王育民. 基于LUC密码体制防欺诈的秘密共享方案[J]. 电子科技大学学报, 2007, 36(1): 108-111. PANG Liao-jun, LI Hui-xian, WANG Yu-min. A secret sharing scheme with ability to identify cheaters based on LUC cryptosystem[J]. Journal of University of Electronic Science and Technology of China, 2007, 36(1): 108-111.
- [6] ZHANG Xian-feng, ZHANG Feng, QIN Zhi-guang, et al. ECC based threshold decryption scheme and its application in Web security[J]. JESTC, 2004, 2(4): 41-46.
- [7] XIN Xiang-jun, WANG Mei-zhi, XIAO Guo-zhen. A (k, n) threshold nominative proxy signature scheme for electronic commerce[J]. Journal of China University of Mining and Technology, 2006, 16(4): 470-474.
- [8] YU Yong, YANG Bo, SUN Ying. Identity-based threshold signature and mediated proxy signature schemes[J]. The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications, 2007, 14(2): 69-74.

- [9] 杜伟章, 陈克非. 基于埃尔米特插值的秘密分割门限方案的构造. 计算机科学, 2006, 33(8): 126-127.
 - DU Wei-zhang, CHEN Ke-fei. Construction of threshold scheme on share of secret based on the problem of hermite interpolation[J]. Computer Science, 2006, 33(8): 126-127.
- [10] 柯 召, 孙 琦. 数论讲义(上册)[M]. 第2版. 北京: 高等教育出版, 2001.
 - KE Zhao, SUN Qi. Lectures (On List)[M]. 2nd Ed. Beijing: Higher Education Press, 2001.
- [11] 刘向丽, 党岚君, 寇卫东, 等. 一种基于二维DFT的一对 多非对称数字水印算法[J]. 四川大学学报(工程科学版), 2007, 39(5): 133-136.
 - LIU Xiang-li, DANG Lan-jun, KOU Wei-dong, et al. An asymmetric digital watermarking algorithm based on 2D-DFT[J]. Journal of Sichuan University (Engineering Science Edition), 2007, 39(5): 133-136.

编辑张俊