维普资讯 http://www.cqvip.com

基于GIS的航管智能决策支持原型系统

郭 平 杨国洲 谭 燕 武夏夏
(重庆大学计算机学院 重庆 400044)

摘 要 本文主要研究并设计一个建立在机场地图及其属性信息上的决策支持系统,同时采用专家系统技术,初步形成一个智能化的航空管制决策支持系统原型。原型中给出了航管知识表示,飞行预案的生成与调整方法,所给出的决策支持信息满足实际应用的需求。

关键词 专家系统,地理信息系统,航空管制

Intelligence Decision Supporting Prototype System for Air Traffic Control Based on GIS

GUO Ping YANG Guo-Zhou TAN Yan WU Xia-Xia
(School of Computer Science, Chongqing University, Chongqing400044)

Abstract This paper researches and develops a prototype system of air traffic control intelligence decision supporting system by using technology of ES and GIS based on the airport map and the attribute information. The knowledge representation for air traffic control is given in the prototype. The method to generate and adjust aviation scheme is presented the paper. The decision supporting system given satisfies the need of actual application.

Keywords Expert system (ES), Geographic information system (GIS), Air traffic control

1 引言

现有大部分的GIS应用系统只限于地图数据的存储、显示、查询等基础功能,辅助决策功能相当弱。随着决策支持系统(DSS, Decision Supporting System)的发展,产生了将GIS和DSS相结合的空间决策支持系统(SDSS, Spatial Decision Supporting System)。DSS在另一发展方向上与专家系统(ES, Expert System)结合,形成了智能决策支持系统(IDSS, Intelligence Decision Supporting System)。

国内外在这方面的研究和应用十会活跃。在继C^3I、C^4I^2的发展势头之后,美军在2010和2020年的联合作战构想中,很强调决策、智能、仿真等技术。国内对于军事DSS开发及应用技术的研究也开展得很好,国防大学提出的"决策综合集成SED'98环境研究"和国防科技大学在IDSS研究均处于领先水平,使用了人工神经网络ANN模型、遗传算法GA和基于着色(高级)Petri网的谓词/转移网技术等。美国航空公司研制的AAIMS(An Analytical Information Management System)是一个管理决策支持系统。BESS(Basic Economic Simulation System)是由世界银行研制的用于宏观经济辅助决策的系统。

将GIS与IDSS结合起来,充分利用GIS对空间信息的管理能力和IDSS强大的辅助决策功能,同时结合航空管制方面的需求,发展适合现代城市交通系统应用的航空管制系统已成为当务之急。目前以人工凭经验靠话筒进行指挥的现状已远远不能满足航空业发展的需要,研发智能化的航空管制决策支持系统对军、民航的协调发展,提高飞行指挥的科学性,保障航空器的安全以及更好地发挥机场的效率均有重要的意义。

2 智能决策支持系统

智能决策支持系统(IDSS)是在决策支持系统(DSS)基础上集成专家系统而形成的。决策支持系统主要由(1)问题处理与人机交互系统(由语言系统和问题处理系统组成),(2)模型库系统(模型库管理系统和模型库),(3)数据库系统(数据库管理系统和数据库)等组成。专家系统主要由知识库、推理机和知识库管理系统三者组成。

专家系统和决策支持系统几乎是同时兴起,各自沿着自己的道路发展起来的,它们都起到辅助决策的作用,但辅助决策的方式完全不同。专家系统辅助决策的方式属于定性分析,决策支持系统辅助决策的方式属于定量,把二者结合起来,充分利用专家在非结构化问题上的知识、经验和方法,辅助决策的效果会大大改善[1]。IDSS也是决策支持系统发展的一个趋势,引起了相关领域学者的关注。

3 国内外航空管制工作现状

对空中交通的综合管理和控制一直是世界航空界的一个重要研究课题。就终端区空中交通流量管理问题来说,国外也开展了大量的研究工作。目前已经投入运行的系统有:荷兰阿姆斯特丹的ASA系统,德国法兰克福的COMPAS系统和法国巴黎的MEASTRO系统等[2]。其共同的特点是通过某种手段预测飞机的飞行轨迹,以此来计算指定航路点(如测量点、汇合点及跑道)的估计到达时间(ETA),然后由一个排序算法利用这些估计值,按照不同的排序规则和优化标准来制定到达飞机的着陆次序,以文字的(ASA)或图形的(COMPAS、MAESTRO)形式输出。目前正在研制或完善中的系统有EUROCONTROI的ZOC(Zone of Convergence)和美国航天局(NASA)的CTAS[3],如图1。

郭 平 副教授,主研方向:AI、GIS;杨国洲 硕士研究生,主研方向:智能决策支持系统。

维普资讯 http://www.cqvip.com

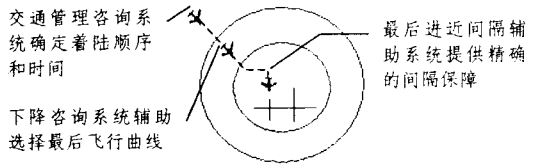

图 1　美国 CTAS(Center/TRACONAutomation System)系统示意图

我国空军把空中交通管理(Air Traffic Management,简称 ATM)叫做空中交通管制(ATC:Air Traffic Control),这仍同于第二次世界大战后美、欧各国的叫法,当时大量的军用运输机转作民用,机场交通流量大增,因此要求机场的空管人员采取各种措施和方法以确保一个安全高效的交通流,这就是最初的空中交通管制。由于当时缺少必要的工具和技术来帮助空管人员准确有效地评估预测其行为的未来效果,因此他们工作的重点在于保证安全,对交通延误和运营成本难以顾及。这意味着,现有的 ATC 系统容量、可用空间及飞行器能力不能最优化利用。存在的问题包括:高峰期航班延误,管制人员和机组人员工作量大,空域不能最有效使用,不能利用先进机载设备和管理能力,管理费用上升等。

总体来说,我国目前的航管技术的研究和发展水平与西方发达国家相比,还有较大的差距。在信息技术高速发展的今天,开发基于 GIS 的航管智能决策支持系统显得格外重要和迫切。

4　基于 GIS 的航管智能决策支持系统结构

智能化航空管制决策支持系统涉及的主要技术包括:GIS 技术、专家系统、知识库技术及数据库技术。GIS 技术提供有关机场地理信息的查询与可视化显示,如机场停机坪的位置与当前状况,机场起落航线的位置与当前使用状况等。专家系统为合理有效地安排飞机起降提供推理判断,同时为使用者提供推理解释,如做出判断的依据,推理中的主要逻辑关系等。知识库为本系统提供有关飞行指挥的专家知识,如机场上空同时出现一架以上的飞机需要降落时进行飞行指挥的原则以及方法,同时有飞机起飞与降落时起落航线分配方法等。数据库中存储飞行指挥的预案、飞行指挥的历史数据等相关信息。有机地将这些技术结合起来,并从飞行指挥的实际需求出发形成了原型系统的应用需求:

(1)实现对机场各种环境数据和飞机相关信息的查询,修改;

(2)根据搜集的信息来安排机场上飞机的起降顺序,防止飞机之间起降冲突;

(3)为起降的飞机选择合适的飞行路径,并动态模拟飞机起降的过程;

(4)根据不同条件来查询统计飞机起降的历史纪录。

根据这些需求,系统按功能可分为三个模块:数据处理模块、决策模块和可视化模块,如图 2 所示。

用户通过可视化模块与系统进行交互,包括通过数据处理模块对飞行历史记录进行维护,制定飞行预案和维护规则库。决策模块根据飞行预案、飞行实时信息及飞行历史记录,利用规则库中的规则对飞机的起落进行判断形成新的预案或执行方案,并将起降的路径信息传给可视化模块反馈给使用者,必要时通过可视化模块进行飞机起降的动态模拟。执行方案一旦完成就被作为历史记录保存,作为以后决策判断的参考。

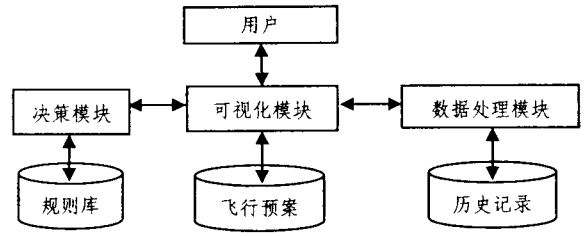

图 2　系统总体结构图

5　系统的实现技术

在系统实现的若干方面中,我们在这里重点讨论规则库结构、决策模块及飞机起落路径选择 3 个方面。

为表示飞行指挥中使用的知识,采用了以三元组为基础的产生式,基本结构是:

IF(条件$_1$ and 条件$_2$ and 条件$_3$ and 条件$_4$)THEN 结论

其中,条件与结论都使用 3 元组的形式:

(主语,谓语,宾语)

以下是规则的例子:

IF ((Airport hasno plane) and (Presentplane will take-off)) THEN (Presentplane can takeoff)

IF ((Visibility more 5km) and (Presentplane can takeoff) and (Direction between (45,135))) THEN (Airline is 123)

决策模块根据飞机和机场的有关属性来判断飞机是否能出航或进入,并且能自动得到飞机的出航或进入的路径。主要功能有:(1)根据数据库处理模块所搜集的信息来判断机场上飞机能否起降。(2)为起降的飞机选择合适的起降路径,并调用可视化模块动态模拟起降的过程。

该模块的结构如图 3 所示。推理机根据规则库、飞行预案、历史记录和飞行实时数据(包括:能见度,风向,进入或出航,飞机方向,飞行速度、空域中是否有其它飞机及这些飞机的飞行状况等)对飞行情况作综合判断,给出飞行执行方案。解释器在必要时对推理过程进行解释,说明使用的规则和数据,以便使用者进行判断和决策,使系统真正起到辅助决策的作用。解释与推理的结果最后通过可视化模块向使用者展示或者动态模拟。

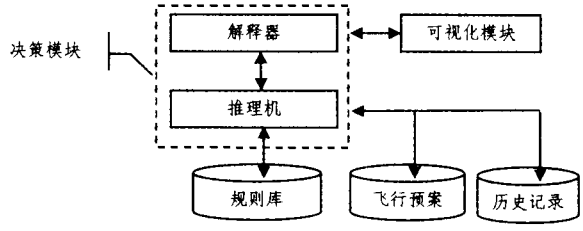

图 3　决策模块结构图

飞机起降阶段是飞行过程中最容易出现安全事故的阶段,为确保飞机起降过程的正确,我们的原型系统中专门建立了飞机起降路径选择模块。对于起飞的飞机来说,该模块给出飞机从停机坪到跑道的滑行线路及起飞后初始飞行航迹指示,确保飞机能安全起飞。对降落飞机来说,该模块给出跑道位置、方向,飞机降落前环绕机场飞行的边数及边的序列,降

维普资讯 http://www.cqvip.com

落点，以及从跑道至停机坪的滑行线路等。起降路径选择模块的结构如图 4 所示，其中的四个核心子模块的功能是：

(1)接口子模块：负责与其它模块之间的数据的传输，调用。

(2)规则处理子模块：知识工程师通过此模块建立，修改和扩充规则库。

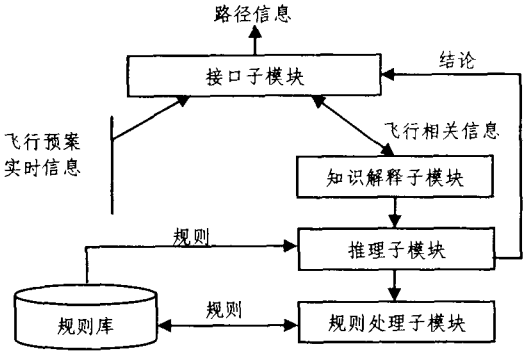

图 4　飞机起落路径选择模块

(3)知识解释子模块：从数据处理模块读取的数据需要通过此模块转换成能被决策模块识别的知识形式，作为推理的条件。

(4)推理子模块：该模块的主要功能是将知识解释子模块转换的知识与规则库中的规则进行匹配，找出满足事实的所有规则，这些规则的结论部分将通过接口模块的转换，传送给可视化模块进行动态显示。

6　飞行指挥预案的生成与调整

在航空管制工作中，飞行到指挥都是按照一定的飞行计划来完成任务的。飞机经过允许后，从开车到滑行，从起飞到加入航线，从加入航路到进入空中走廊，然后进入机场，加入起落航线至降落、退出，进入停机坪。这一过程都是严格按照有关规定执行的。其中最关键的阶段是机场区域的指挥，所以，在飞行密集的机场能够自动生成指挥预案，对提高管制人员的决策能力，减少失误和差错，增加飞行流量等极其重要。

(a)飞行计划，如表 1。

表 1 飞行计划

机　型	机号	进入或出航方向（度）	预计时刻		任务	气象条件
			起飞	到场		
运-7	464	170	08：01		急救	1/1
波音-737	4019	0	08：01		转场	1/1
波音-737	4018	270		08：05	班机	1/1
运-8	980	300		08：05	紧急任务	1/1
安-26	786	230		08：05	转场	1/1
图-154	4002	120		08：05	转场	1/1
备注：跑道磁向：90-270 度，地形平坦，双向标准导航台，云底高度 1200 米，能见度 8 公里，东风 3 米/秒。						

决策模块调用数据处理模块将飞行计划其中的信息转换为内部的知识形式，利用规则库中的规则，进行推理，判断飞机能否降落或出航，然后将飞机路径信息传送给可视化模块。起飞的飞机要判断：气象（能见度、云底高、风向）来决定起飞方向（逆风）和起飞方法、出航方向（左转、右转）、所执行任务（紧急程度）、飞行冲突（配备高度）、出航方法等；降落的飞机要判断：气象（能见度、云底高、风向）来决定降落方向（逆风）和降落方法、进入方向（加入位置）、所执行任务（紧急程度）、飞行冲突（间隔时间）、降落方法等。最后，生成预案模拟图（图 5），并按起降时间列出文字说明。

(b)飞行指挥预案图，如图 5（“T”字方向代表跑道起降方向）。

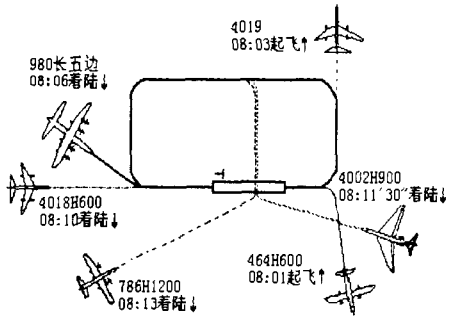

图 5　飞机指挥预案图

(c)说明

(1)运-7，464，08:01 起飞，右转直接出航，高度 600 米保持，当 4002 到场后继续上升高度。

(2)波音-737，4019，08:03 起飞，左转直接出航。

(3)运-8，980，长五边，08:06 着陆。

(4)波音-737，4018，高度 600 米，通场加入三边，08:10 着陆。

(5)图-154，4002，高度 900 米，通场加入三边，三边延长 15 秒，三转弯后下降高度，08:11′30″着陆。

(6)安-26，786，高度 1200 米，通场加入一边，一边延长 30 秒，一转弯后下降高度，08:13 着陆。

如果飞行预案在实施过程中出现异常情况，系统可及时地做出调整。比如，天气突变时需要改变起降方向，管制人员只需改变机场天气信息然后再生成飞行预案就行了。接口子模块通过飞行实时信息和已有的预案调用知识解释子模块对实时信息进行重新解释，再驱动推理子模块利用新的信息与规则库中的规则进行匹配，找出优化后的解决方案作为推理结论，最后将这些结论通过接口模块转换并传送给可视化模块进行动态显示。这样，就生成了新的飞行预案。如图 6 是图 5 在改变起降方向后新生成的飞行指挥预案。

相应的说明如下：

(1)运-7，464，08:01 起飞，左转直接出航，高度 300 米保持，当 786 到场后继续上升高度。

（下转第 240 页）

维普资讯 http://www.cqvip.com

(1) 通过 XML/XSL 文档在文档级进行 Model-View 分离,便于进行信息的多级共享;

(2) 使用基于 ASCII XML 的标准消息格式,有助于简化协作用户间的通讯机制;

(3) 具有一个单一的数据结构(Tree)和一组相关联的操作。

3.4 其他相关问题

协作系统的多用户接口不仅要解决用户界面、接口组织、信息显示和操作响应等问题外。还要解决由于多用户信息共享而引起的访问冲突、一致性维护、操作共享、信息的多媒体表现与协同感知等许多新的技术问题[12]。

① *共享工作空间一致性问题* 协同工作系统支持时空上分布的多个协作成员通过用户接口对共享信息或者对象进行协同操作,共享环境是通过在各个分布的协作结点上,建立一致的用户接口实现的,是实际共享环境的仿真,参与协同工作的用户可以在自己的节点上并发地操作共享信息或对象。因此,若不采用一定的并发控制机制,将很可能引发信息的不一致性。

② *群体感知问题* 群体感知机制是为每个协作者建立全局的、一致的协作环境,并在此基础上提供成员与环境、成员与成员之间的信息交流途径。各用户良好的协作感知性是进行协同工作的根本前提。因为在一个协同系统中,察觉、认识和理解其它协作者的活动是人人交互、通信和协作的基本要求,用户只有在对系统全局环境、在场的所有协作者、合作任务以及共享对象有了清楚、全面的认识后,才能很好地参与多用户协作。

③ *并发控制问题* 协作系统的目标是为一组用户完成一个共同的任务而提供共享环境的计算机技术支持。它允许多个用户对共同的对象(如协作文档、协同诊断系统中的医学影象等)同时进行操作。由于各用户操作的并发性和网络传输延迟的影响,如果对各用户的操作不加以控制,往往会造成各用户端上对共享对象的操作执行顺序出现不一致,从而导致各用户端的共享对象的不一致,影响了协同工作的正常进行。

结束语 协作多用户接口是 CSCW 系统研究的重要内容和应用基础。本文讨论了 CSCW 中用户接口设备的多样性、用户个性化等需求,提出了一个基于 MVC 模式的协作多用户接口模型,并在我们所开发的远程协同诊断系统中得到了实现。我们将进一步深入研究基于 XML 的异构多用户端设备环境下的协作接口模型。

参 考 文 献

1 Marsic I, Dorohonceanu B. Flexible User Interfaces For Group Collaboration[J]. International Journal of Human-Computer Interaction, 2003,15(3):337～360

2 郑庆华,李人厚. CSCW 协作多用户接口的设计与实现[J]. 小型微型计算机系统,1998, 19(1):40～46

3 茅兵,杜兴,谢立,等. 基于知识的 CSCW 人机接口模型[J]. 计算机学报,1996,19(3): 215～220

4 Dorohonceanu B, Sletterink B, Marsic I. A novel user interface for group collaboration[C/OL]. In: Proc. of the Hawai'i Intl. Conf. on System Sciences(HICSS-33), Maui, Hawaii, Jan. 2000

5 Smith G B. A Shared Object Layer to Support Cooperative User Interfaces[D/OL]. Lancaster University, UK, Aug. 1995

6 郑庆华. CSCW 理论、技术与实现[D]. :[西安交通大学博士论文]. 西安,1997

7 李军怀,周明全,耿国华. 异构环境下的 CSCW 模型研究与实现[J]. 计算机科学,2002,29(10):104～106

8 史美林,向勇,杨光信. 计算机支持的协同工作理论与应用[M]. 北京:电子工业出版社, 2000

9 Bentley R, Rodden T, Sawyer P, et al. Architectural Support for Cooperative Multiuser Interfaces[J]. IEEE Computer, 1994, 27(5):37～45

10 茅兵,谢立. 基于对象的协同计算模型[J]. 中国科学(E 辑), 1997,27(6):542～547

11 Bentley R, Rodden T, Sawyer P, et al. An architecture for tailoring cooperative multi-user displays[C/OL]. In: Proc. of the ACM Conf. on Computer Supported Cooperative Work (CSCW'92), Toronto, Canada, 1992. 187～194

12 Dourish P, Bellotti V. Awareness and Coordination in Shared Workspaces. In: Proc. of CSCW'92[C/OL], Toronto, Canada, ACM Press, 1992. 107～114

(上接第 175 页)

(2)波音-737,4019,08:03 起飞,右转直接出航。

(3)图-154,4002,长五边,08:06 着陆。

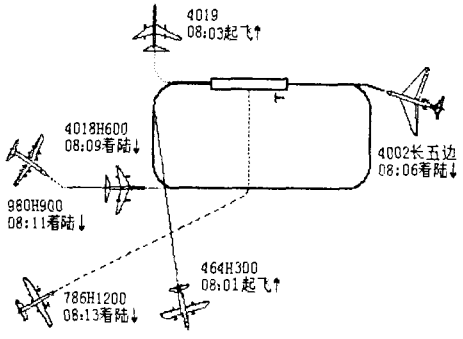

图 6 飞机指挥预案图

(4)波音-737,4018,高度 600 米,直接加入三边,08:09 着陆。

(5)运-8,980,高度 900 米,直接加入三边,三转弯后下降高度,08:11 着陆。

(6)安-26,786,高度 1200 米,通场加入一边,一边延长 30 秒,一转弯后下降高度,08:13 着陆。

结束语 应用需求推动发展,智能决策与地理信息系统的耦合已经成为信息系统发展的一个极具影响力的趋势之一。如何将智能决策与地理信息相结合以形成有效的决策支持涉及多个学科的综合和相关领域的专业知识,虽然人们为此进行了若干年的研究,但仍然存在许多问题。本文以航空管制为背景,研究了基于 GIS 的航管决策支持系统的结构、知识表示与推理问题,实现了该系统的一个原型。原型中实现了飞行预案的自动编制和动态调整,并利用可视化技术对飞机的起降全过程进行了动态模拟,较好地解决了飞行指挥的主要问题。进一步完善原型系统,使之更加符合实际需求仍需进一步的理论研究与应用实践。

参 考 文 献

1 陈文伟. 智能决策支持系统. 北京:清华大学出版社,2000

2 朱济杰. 国际民航组织 CNS/ATM 系统的近期发展. 空中交通管理,1997

3 高毅. 介绍美国交通管理系统. 空中交通管理,1998.3

4 危辉. 认知相关性与智能系统构造的系统观点:[浙江大学博士后研究工作报告]. 杭州,2000