



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710050914.9

[45] 授权公告日 2009 年 4 月 29 日

[11] 授权公告号 CN 100483477C

[22] 申请日 2007.12.20

[21] 申请号 200710050914.9

[73] 专利权人 四川川大智胜软件股份有限公司

地址 610045 四川省成都市武侯科技园武
科东一路 7 号

[72] 发明人 吴 鹏 余 静

[56] 参考文献

JP2000-260000A 2000.9.22

US2002/0177943A1 2002.11.28

US2006/0085164A1 2006.4.20

US6282487B1 2001.8.28

空中交通流量管理预测分析系统的研究与
开发. 徐冰, 崔德光. 科学技术与工程, 第 6
卷第 7 期. 2006区域飞行流量仿真技术的研究与开发. 陈
巧雅. 空中交通管理, 第 1 期. 2007一种改进的航路动态容量计算模型. 余
静, 刘洪, 熊运余, 吕学斌. 四川大学学报, 第
44 卷第 5 期. 2007

审查员 魏桂芬

[74] 专利代理机构 成都信博专利代理有限责任公
司

代理人 潘育敏

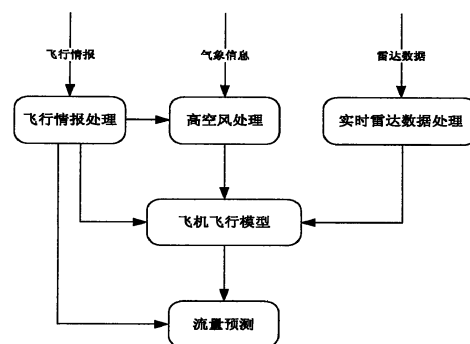
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 4 页

[54] 发明名称

基于实时雷达和飞行情报的短期空中交通流
量预测方法

[57] 摘要

基于实时雷达和飞行情报的短期空中交通流量预测方法属计算机的仿真。在传统预测基础上引入实时雷达数据和气象情报, 雷达数据直接从 ATC 系统中引接, 飞行情报信息和气象信息从 AFTN 网引接。根据不同的飞机机型建立相应的飞行模型, 从飞行计划中得到其飞行路线和指定巡航速度, 粗略预测出飞越每个航路点的时间、速度, 以及何时何地经过哪些管制区。飞机起飞后用实时雷达数据对已有的预测做出修正。在全程飞行中, 引进有关高空风数据, 判断风对飞行的影响, 修正有关飞行模型。系统设置有飞行情报及气象处理服务器、雷达数据处理服务器、流量处理服务器、数据库和显示终端, 通过以太网进行数据交换。本发明极大提高了流量预测的准确性和可靠性。



1、一种基于实时雷达和飞行情报的短期空中交通流量预测方法，其特征在于：根据不同的飞机机型建立相应的飞行模型，从飞行计划中得到其飞行路线和指定巡航速度，粗略预测出飞越每个航路点的时间、速度，以及要何时何地经过哪些管制区；在飞机起飞后，用实时雷达数据对已有的飞越每个航路点的时间、速度，以及要何时何地经过哪些管制区的预测做出修正，使预测数据不断趋近于真实数据；在全程飞行过程中，引进有关高空风的数据，判断风对飞行的影响，修正有关飞行模型；预测方法所需雷达数据直接从 ATC 系统中引接，飞行情报信息和气象信息从 AFTN 网引接；本方法的系统设置有飞行情报及气象处理服务器、雷达数据处理服务器、流量处理服务器、数据库和显示终端，通过以太网进行数据交换；在飞行情报及气象处理服务器上运行飞行情报处理模块和高空风处理模块；在雷达数据处理服务器上运行实时雷达数据处理模块；在流量处理服务器上运行飞机飞行模型模块和流量预测模块。

2、如权利要求 1 所述的预测方法，其特征在于：所述飞行情报处理模块完成的任务是：根据飞行计划，提取出相关信息，包括：飞机机型、预计起飞时间、起飞机场、降落机场、指定巡航高度和速度、飞行路线信息，同时根据起飞报，提取出实际起飞时间，结合飞机飞行模型模块一起对飞行过程做出粗略预测；高空风处理模块主要负责处理高空风对飞行过程的粗略预测的影响，根据气象部门送来的高空风数据，以及飞行情报处理模块得到的飞行路线信息，判断飞机要穿越哪些高空风区，将这些风区对飞行速度的影响反馈给飞机飞行模型模块，供其修正飞行模型；

所述实时雷达数据处理模块主要负责利用实时雷达数据修正预测，根据不断更新的实时雷达数据，判断其处于哪一个飞行阶段，将实时位置信息和速度信息作为运动参数代入飞机飞行模型模块，使其不断修正预测的四维飞行轨迹；

所述飞机飞行模型模块主要负责对飞行过程进行建模，根据不同的机型，该模块给出其起飞阶段、进入航路加速阶段、航路爬升阶段、巡航阶段、航路下降阶段、航路减速阶段和进近阶段的运动参数，以此对飞行过程做出预测，建立四维飞行轨迹；流量预测模块主要负责对用户指定的区域进行流量预测，根据飞行计划确定哪些航班将要经过指定区域，并根据这些航班的预测飞行信息判断它们将要在何时何地经过指定区域，从而得到指定区域的预测流量；

所述数据库负责提供空域、航路、航线的基本结构信息和航空器的基本性能参数；所述显示终端负责显示当前飞行态势以及统计和预测流量，同时接收用户请求，

将操作指令反馈到各服务器上。

3、如权利要求1所述的预测方法，其特征在于：所述飞机飞行模型处理过程是：根据机型，查找出该机型的通用飞行模型；

根据巡航高度、速度和飞行路线，以及在高空风区内的飞行距离和高空风速，判断是否有必要调整飞行模型；

确定飞机在每个飞行阶段，包括起飞阶段、进入航路加速阶段、航路爬升阶段、巡航阶段、航路下降阶段、航路减速阶段、进近阶段和穿越高空风区阶段的运动方程和参数；

判断出变化飞行阶段的位置和时间，以及进出每个管制区域的位置和时间。

4、如权利要求1或2所述的预测方法，其特征在于：所述高空风处理的过程是：

根据气象部门送来的气象信息，提取出高空风区域、区域内的风速和风向信息；

根据飞行情报处理模块得到的飞行路线信息，判断飞机将会穿越哪些高空风区，确定飞机在这些高空风区域内的飞行距离，以及高空风沿飞行路线的速度分量，将这些信息传给飞机飞行模型模块，供其修正飞行模型。

5、如权利要求1或2所述的预测方法，其特征：所述实时雷达数据的处理过程是：负责对实时雷达数据进行解码，得到飞机的实时位置信息：经度、纬度、高度；飞机的速度信息：速度大小、方向，传给飞机飞行模型模块，供其不断修正预测。

6、如权利要求1所述的预测方法，其特征在于：所述流量预测的处理过程是：根据用户指定的预测区域和每架飞机的预测四维飞行轨迹，判断飞机是否会经过该区域，如果要经过，确定进出该区域的时间；

判断飞机进出区域的时间段和用户指定的预测时间段是否有重叠，如果有，将该架飞机计入预测流量；

对所有飞机执行上述判断后得到总预测流量。

基于实时雷达和飞行情报的短期空中交通流量预测方法

所属技术领域

本发明涉及计算机应用的模拟仿真方法，特别是空中交通流量的预测方法。

背景技术

传统的短期空中交通流量预测通常采用基于飞行情报的经验值预测法，存在着预测精度不高的问题。为了改善预测精度，国内外研究机构纷纷开始考虑如何将实时雷达数据引入到预测中，取得了一些成果。归结起来其主要步骤是根据飞机飞越航路点时的真实雷达数据或电报数据，以及预先建立的简单的飞行模型，推测出未来航段中飞机的飞行时间、速度、位置等信息，从而得到预测流量。存在的主要缺点是：一、主要根据飞越航路点的雷达或电报数据进行预测，因此丢失了很多细节信息；二、飞行模型太简单，只分为离场阶段（匀加速运动）、航路阶段（匀速运动）和进场阶段（匀减速运动），而实际飞行过程要复杂得多；三、未考虑气象条件尤其是高空风对飞行的影响。这几个缺点将会导致预测时间误差较大，预测精度不够理想。

发明内容

本发明的目的是提供一种全新的预测方法。本方法基于实时雷达数据和飞行情报进行空中交通流量预测。解决了传统预测方法误差较大、精度不高的问题。

本发明的目的是这样达到的：一种基于实时雷达和飞行情报的短期空中交通流量预测方法，其特征在于：根据不同的飞机机型建立相应的飞行模型，从飞行计划中得到其飞行路线和指定巡航速度，粗略预测出飞越每个航路点的时间、速度，以及要何时何地经过哪些管制区；在飞机起飞后，用实时雷达数据对已有的预测做出修正，使预测数据不断趋近于真实数据；在全程飞行过程中，引进有关高空风的数据，判断风对飞行的影响，修正有关飞行模型。预测方法所需雷达数据直接从 ATC 系统中引接，飞行情报信息和气象信息从 AFTN 网引接。本方法的系统设置有飞行情报及气象处理服务器、雷达数据处理服务器、流量处理服务器、数据库和显示终端，通过以太网进行数据交换。在飞行情报及气象处理服务器上运行飞行情报处理模块和高空风处理模块；在雷达数据处理服务器上运行实时雷达数据处理模块；在流量处理服务器上运行飞机飞行模型模块和流量预测模块。

所述飞行情报处理模块完成的任务是：根据飞行计划，提取出相关信息，包括：

飞机机型、预计起飞时间、起飞机场、降落机场、指定巡航高度和速度、飞行路线等信息，同时根据起飞报，提取出实际起飞时间，结合飞机飞行模型模块一起对飞行过程做出粗略预测。高空风处理模块主要负责处理高空风对预测的影响，根据气象部门送来的高空风数据，以及飞行情报处理模块得到的飞行路线信息，判断飞机要穿越哪些高空风区，将这些风区对飞行速度的影响反馈给飞机飞行模型模块，供其修正飞行模型。

所述实时雷达数据处理模块主要负责利用实时雷达数据修正预测，根据不断更新的实时雷达数据，判断其处于哪一个飞行阶段，将实时位置信息和速度信息作为运动参数代入飞机飞行模型模块，使其不断修正预测的四维飞行轨迹。

所述飞机飞行模型模块主要负责对飞行过程进行建模，根据不同的机型，该模块给出其起飞阶段、进入航路加速阶段、航路爬升阶段、巡航阶段、航路下降阶段、航路减速阶段和进近阶段的运动参数，以此对飞行过程做出预测，建立四维飞行轨迹；流量预测模块主要负责对用户指定的区域进行流量预测，根据飞行计划确定哪些航班将要经过指定区域，并根据这些航班的预测飞行信息判断它们将要在何时何地经过指定区域，从而得到指定区域的预测流量。

所述数据库负责提供空域、航路、航线的基本结构信息和航空器的基本性能参数。

所述显示终端负责显示当前飞行态势以及统计和预测流量，同时接收用户请求，将操作指令反馈到各服务器上。

所述飞行情报处理过程是：

收到飞行预报（PLN）、领航计划报（FPL）、修订飞行预报（COR）、修订领航计划报（CHG）和现行飞行变更报（CPL）后，提取出飞机机型、预计起飞时间、起飞机场、降落机场、指定巡航高度和速度、飞行路线等信息，传给飞机飞行模型模块；

收到起飞报（DEP）和延误报（DLA）后，更改起飞时间并通知飞机飞行模型模块；

收到取消重复与非重复性飞行预报（ABS）和取消领航计划报（CNL）后，通知飞机飞行模型模块删除已建立的相应航班的飞行模型。

所述飞机飞行模型处理过程是：根据机型，查找出该机型的通用飞行模型；

根据巡航高度、速度和飞行路线，以及在高空风区内的飞行距离和高空风速，判断是否有必要调整飞行模型；

确定飞机在每个飞行阶段，包括起飞阶段、进入航路加速阶段、航路爬升阶段、巡航阶段、航路下降阶段、航路减速阶段、进近阶段和穿越高空风区阶段的运动方程和参数；

判断出变化飞行阶段的位置和时间，以及进出每个管制区域的位置和时间。

所述高空风处理的处理过程是：

根据气象部门送来的气象信息，提取出高空风区域、区域内的风速和风向信息；
根据飞行情报处理模块得到的飞行路线信息，判断飞机将会穿越哪些高空风区，确定飞机在这些高空风区域内的飞行距离，以及高空风沿飞行路线的速度分量，将这些信息传给飞机飞行模型模块，供其修正飞行模型。

所述实时雷达数据的处理过程是：负责对实时雷达数据进行解码，得到飞机的实时位置信息，经度、纬度、高度等；飞机的速度信息，速度大小、方向等，传给飞机飞行模型模块，供其不断修正预测。

所述流量预测的处理过程是：

根据用户指定的预测区域和每架飞机的预测四维飞行轨迹，判断飞机是否会经过该区域，如果要经过，确定进出该区域的时间；

判断飞机进出区域的时间段和用户指定的预测时间段是否有重叠，如果有，将该架飞机计入预测流量；

对所有飞机执行上述判断后得到总预测流量。

本发明的有益效果是在传统的基于飞行情报的流量预测的基础上真正引入了实时雷达数据和气象情报对预测进行修正，充分考虑到高空风对飞行速度的影响，极大的提高了流量预测的准确性和可靠性。预测处理过程清晰简单，数据结果直观显示，更加有利于决策者的空中交通管理和指挥。

附图说明

图 1 是系统的软件结构示意图。

图 2 是系统结构示意图。

图 3 是飞行情报处理过程示意图。

图 4 是高空风处理过程示意图。

图 5 是飞机飞行模型处理过程示意图

图 6 是流量预测过程示意图。

具体实施方式

附图给出了本发明的一个具体实施例。

图 1 示出本预测方法的软件结构和预测过程。飞行情报处理模块接收飞行情报并处理后，将情报处理结果分别发送给高空风处理模块、飞机飞行模型模块和流量处理模块。高空风处理模块接收气象信息后传送给飞机飞行模型。实时雷达数据处理模块

接收到实时雷达数据并处理后同样传送到飞机飞行模型模块,由飞机飞行模型模块根据接收的飞行情报、高空风处理数据和雷达数据进行飞行模型的建立,最后送到流量预测模块。流量预测模块根据飞行模型和飞行情报,确定计入预测流量,得出总的预测量。从图 2 可知,各个服务器之间的数据传输通过以太网进行。

图 3 图示出了飞行情报处理的过程。飞行情报模块飞行情报后对收到的飞行预报 (PLN)、领航计划报 (FPL)、修订飞行预报 (COR)、修订领航计划报 (CHG) 和现行飞行变更报 (CPL) 分析,提取出飞机机型、预计起飞时间、起飞机场、降落机场、指定巡航高度和速度、飞行路线等信息,把这些信息传给飞机飞行模型模块进行下一步处理。

当收到起飞报 (DEP) 和延误报 (DLA) 后,更改起飞时间并通知飞机飞行模型模块。当收到取消重复与非重复性飞行预报 (ABS) 和取消领航计划报 (CNL) 后,通知飞机飞行模型模块删除已建立的相应航班的飞行模型。

图 5 示出了飞机飞行模型模块的处理过程。根据机型查找出该机型的通用飞行模型,然后根据巡航高度、速度和飞行路线,以及在高空风区内的飞行距离和高空风速,判断是否有必要调整飞行模型,根据判断结果确定飞机在每个飞行阶段,包括起飞阶段、进入航路加速阶段、航路爬升阶段、巡航阶段、航路下降阶段、航路减速阶段、进近阶段和穿越高空风区阶段的运动方程和参数,生成四维飞行轨迹,并根据飞机的实时位置和飞机实时速度,修正四维飞行轨迹,判断出变化飞行阶段的位置和时间,以及进出每个管制区域的位置和时间。

图 4 示出的是高空风处理的过程。根据气象部门送来的气象信息,提取出高空风区域、区域内的风速和风向信息。同时根据飞行情报处理模块得到的飞行路线信息,判断飞机将会穿越哪些高空风区,确定飞机在这些高空风区域内的飞行距离,以及高空风沿飞行路线的速度分量。将这些信息传给飞机飞行模型模块,供其修正飞行模型。

图 6 示出的是流量处理的过程。确定在指定的区域和指定的时间内是否已经检查过所有的飞机,若是输出预测的飞行流量。若不是,提取下一个飞机的四维轨迹,是,检查飞机是否经过指定的区域,是,确定进出该区域的时间,经过的指定区域是否属于指定的时间段,是,预测飞行流量时加上本信息。若在检查过程发现飞机不属于指定的区域或指定的时间,则进入初始程序。对所有飞机执行上述判断后,得到总预测流量。

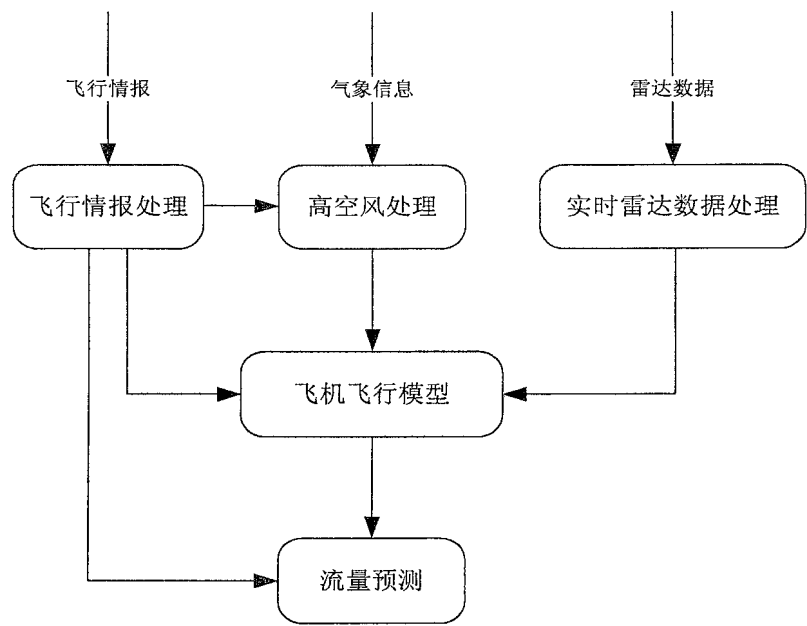


图 1

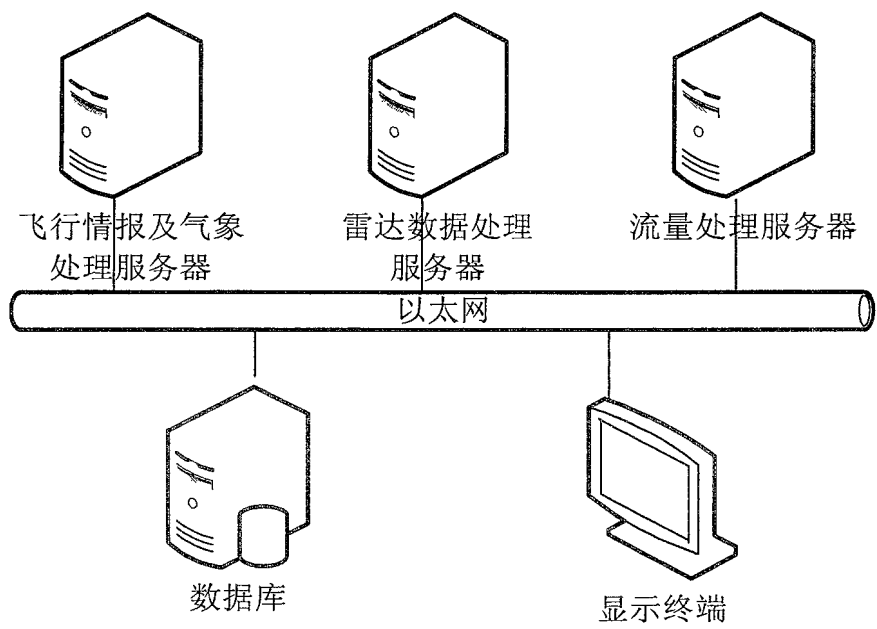


图 2

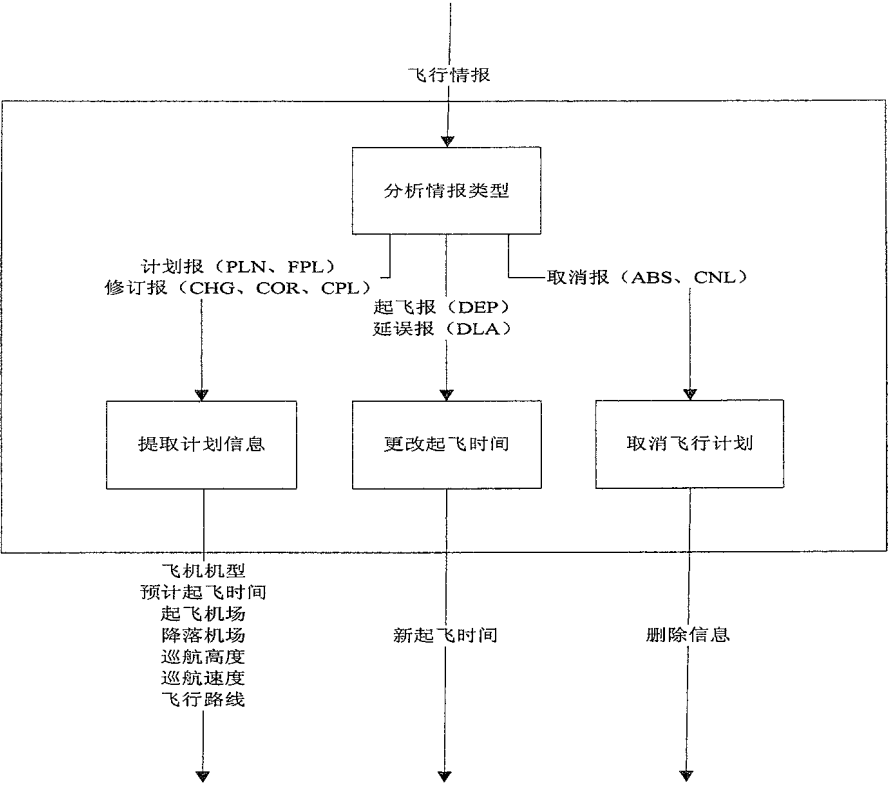


图 3

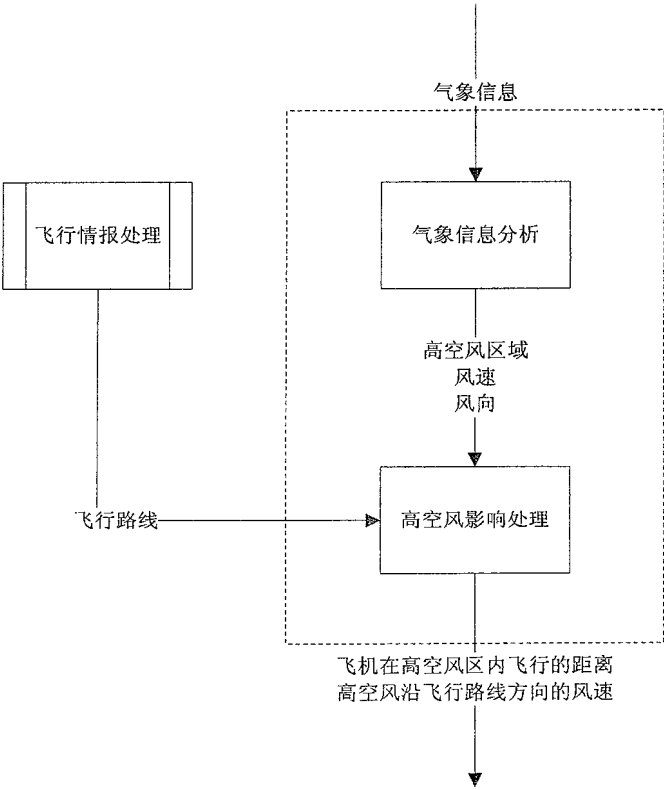


图 4

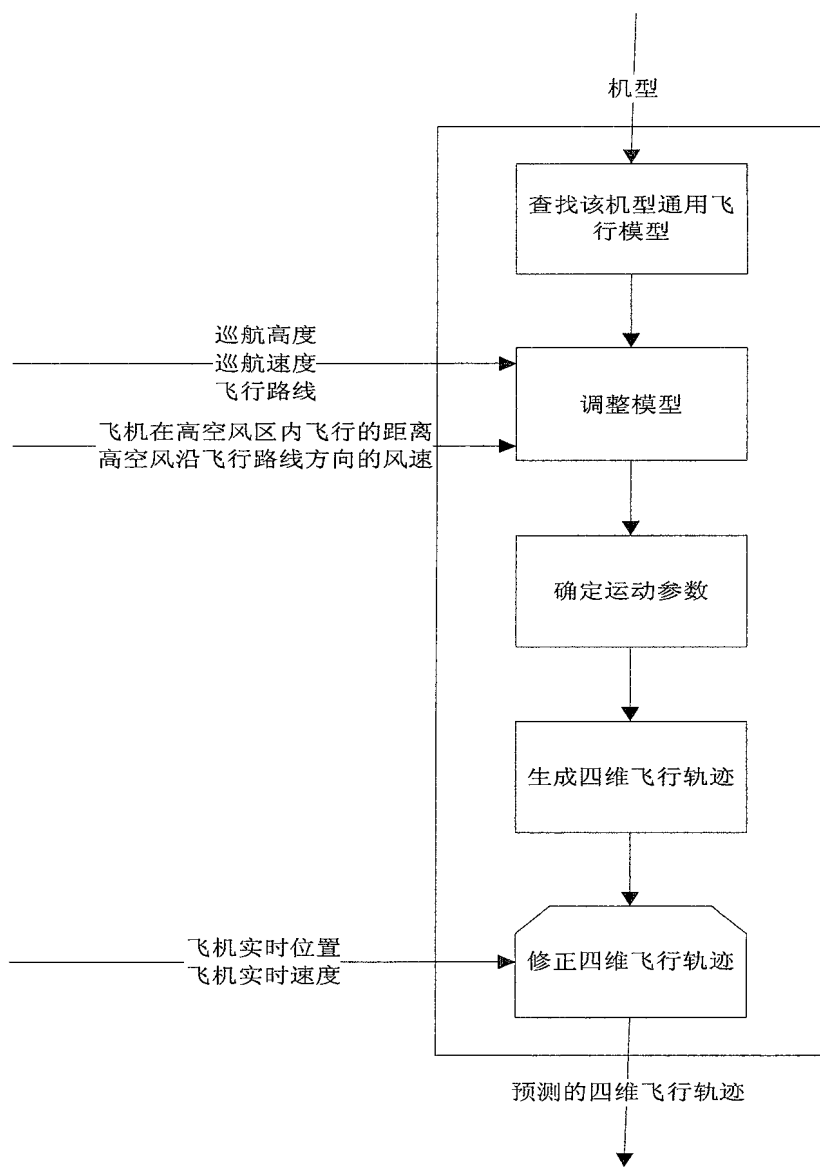


图 5

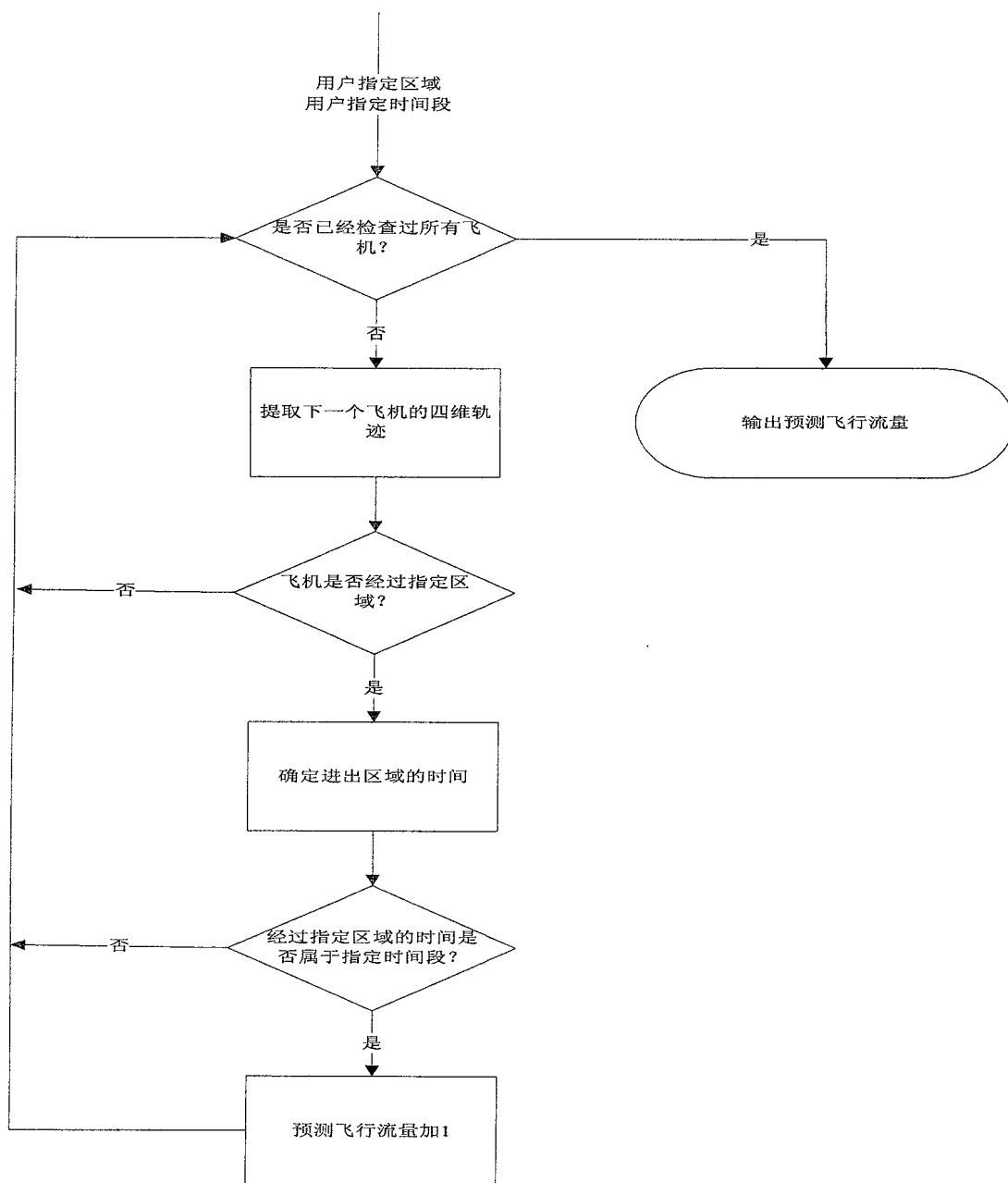


图 6