

ОСОБЕННОСТИ ЗАДАЧ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ (НА ПРИМЕРЕ ЗАДАЧИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИЛЕТА/ВЫЛЕТА В АЭРОПОРТ)

О. В. Дегтярев, В. Ю. Сикачев, А. В. Мучинский (Москва)

Системы организации воздушного движения (ВД) относятся к сложнейшим организационным человеко-машинным системам управления. Они характеризуются высокой размерностью, сильным взаимовлиянием каналов управления, иерархическим построением. Отличаются принципиально противоречивыми требованиями: с одной стороны высокие требования по безопасности полетов, а с другой стороны – необходимость обеспечить эффективность деятельности основных участников ВД (авиакомпаний и служб обслуживания ВД). И все это на фоне высокой плотности ВД, местами приближающейся к максимальной.

Для разрешения этих трудностей предназначены технические усовершенствования, внедряемые в настоящее время в части систем связи, наблюдения и навигации (CNS). Однако для того, чтобы их преимущества могли быть использованы, требуется кардинально модернизировать методы, правила, способы, процедуры, алгоритмы организации ВД. Это обеспечивается внедрением новой концепции CNS/ATM (Communications, Navigation, and Surveillance/Air Traffic Management), происходящей в настоящее время (в том числе и в нашей стране, хотя и со значительным отставанием).

Внедрение новых процедур и методов в практику управления воздушным движением (УВД) требует всесторонней предварительной отработки, проверки, тестирования. Понятно, что одних расчетов недостаточно, а путь натурных испытаний из соображений безопасности закрыт. Остается только имитационное и полунатурное моделирование. Ввиду сложности и большой цены организации и проведения полунатурных испытаний, на имитационное моделирование ложится большая часть исследований.

Второе направление применения имитационного моделирования – в средствах поддержки принятия решения в системах планирования использования воздушного пространства (ИВП), а также в системах УВД. Часто такие средства имитационного моделирования принято называть «что – если».

В результате средства ускоренного имитационного моделирования систем УВД и процессов организации потоков воздушного движения (ОПВД) рассматриваются специалистами по организации воздушного движения (ОрВД) как основной инструмент поддержки деятельности по совершенствованию систем организации ВД, по переходу мирового авиационного сообщества на перспективные принципы, технологии и процедуры ОрВД.

За последние 15–20 лет различными научно-техническими организациями в различных странах разработаны, внедрены и используются несколько десятков средств ускоренного моделирования систем и процессов по УВД и ОПВД. В этой работе принимают активное участие научно-исследовательские организации национальных и международных аэронавигационных служб, научные подразделения крупных промышленных фирм и корпораций, крупные университеты. Отдельные средства различаются:

- способами моделирования (агентное, дискретно-событийное, динамическое, аналитическое (математическое) моделирование). В некоторых моделях применяется комбинация способов моделирования;
- степени подробности описания процессов и исходных данных (микроскопические, мезоскопические, макроскопические модели);
- составом моделируемых функций;
- способом представления входных и выходных данных;

- реализуемыми метриками и показателями функционирования систем;
- техническими аспектами их развертывания на вычислительной платформе.

В качестве примеров наиболее удачных решений можно упомянуть два комплекса имитационного моделирования процессов планирования и УВД.

Первый – комплекс моделирования ВП и аэропорта ТААМ (Total Airspace and Airport Modeller), разработки Preston Aviation. ТААМ представляет собой пакет ускоренного детализированного крупномасштабного моделирования и предназначен для моделирования систем ВД в целом.

ТААМ может использоваться в качестве средства планирования или средства проведения анализа и обоснования концепций УВД. Основное назначение: анализ пропускной способности и производительности для ВП и аэропортов. ТААМ может подробно моделировать большинство функций УВД и обеспечивать генерирование сценария для систем моделирования реального времени, включенных в УВД. Моделирование охватывает весь процесс полета от вылета до посадки.

Второй комплекс – средство для проведения исследований и изучения перспективных концепций ОрВД/УВД и ОПВД как «на маршруте», так и в терминальных областях FACET (Future ATM Concept Evaluation Tool), разработки исследовательского центра NASA в Ames (США).

Оно может использоваться как в режиме реального времени, так и в ускоренном времени. FACET представляет собой гибкую среду имитации процессов УВД, предназначенную для исследований, разработки и оценки перспективных концепций УВД. FACET используется для исследования проблемы обнаружения и разрешения конфликта, исследований преимуществ средств поддержки принятия решений (DST), в задачах анализа динамической плотности и в исследованиях различных ситуаций в отдельных регионах.

Работы по моделированию процессов УВД в нашей стране предусмотрены в рамках федеральной целевой программы «Модернизация транспортной системы России (2002-2019 гг.)» и ее подпрограммы «Единая система организации воздушного движения», утвержденных Распоряжением Правительства Российской Федерации в 2001 г.

Целями подпрограммы являются:

- увеличение более чем в 2 раза объемов пассажирских авиаперевозок;
- совершенствование технологий управления авиаперевозками;
- развитие объектов наземной авиатранспортной инфраструктуры;
- создание условий для обновления основных фондов аэропортов;
- внедрение современных технологий для обеспечения работы пересадочных узлов (хабов) на международном уровне.

Содержательная постановка задачи управления потоком ВС на прилете в аэропорт формулируется следующим образом.

Заданы:

- структура аэродромного пространства (действующие ВПП, маршруты Standard Terminal Arrival Route (STAR) прилета на ВПП, маршруты схода с трасс);
- нормы эшелонирования между парами ВС на пороге ВПП (с учетом вариантов посадки пары, типов ВС), а также на маршруте схода с трассы;
- поток ВС на прилет и текущий прогноз (оценка) выполнения заключительной части 4D маршрута), при этом определена группа ВС, которые могут быть подвергнуты регулированию.

Наблюдается нарушение норм эшелонирования между парами ВС на пороге ВПП, либо в точках маршрута (схода с трассы и начала STAR).

Необходимо путем изменения характеристик прилета отдельных рейсов относительно текущих оценок выполнения заключительной части их 4D маршрутов обеспечить выполнение всех норм эшелонирования для всех ВС, входящих в группу допущенных к регулированию.

В качестве мер регулирования рассматривается временная задержка ВС на пороге ВПП относительно текущей оценки, а также изменение маршрутов схода с трассы и STAR (со сменой или сохранением ВПП).

Должен быть минимизирован критерий эффективности (оптимальности) принимаемых мер. Критерий является аддитивным. Одна составляющая представляет взвешенную сумму задержек ВС на пороге ВПП, а другая – число подвергнутых регулированию рейсов.

При этом должны выполняться нормы эшелонирования между любой парой ВС на пороге ВПП, в точках начала STAR и схода с трассы.

В настоящее время разработан ряд программных продуктов, позволяющий автоматизировать работу диспетчера по управлению прибывающим потоком ВС. В качестве примера такого программного средства (ПС) «Менеджер прилета» (AMAN) можно привести Osyris AMAN, созданный фирмой Varco (Бельгия). Это средство установлено в аэропортах Лондона, Гонконга, Сингапура. Пример главной формы этого средства приведен на рис. 1.

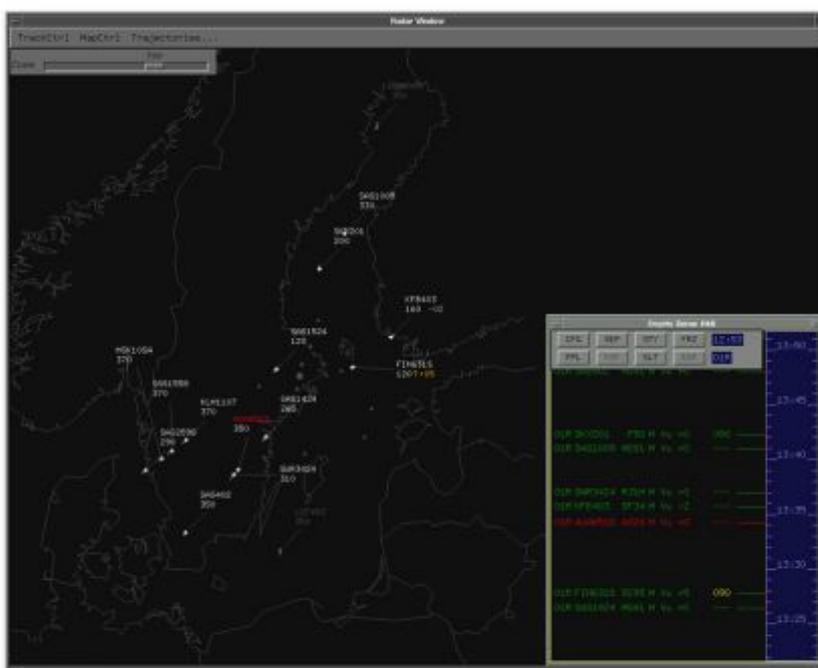


Рис. 1. Отобрана воздушная обстановка по прилету в районе аэропорта и средство управления очередью ВС на посадку

Разработка и отработка алгоритмов и средств управления очередями прилета и вылета требуют серьезной поддержки имитационным моделированием. Моделирование должно помочь получить ответы на многие возникающие при этом вопросы, в том числе следующие:

– оценить характер и эффективность управления прилетом и вылетом ВС при различных схемах управления (существующая в настоящее время, с использованием

средств автоматизированного человеко-машинного интерфейса, с использованием автоматических средств поддержки принятия решения, при сочетании этих средств);

- провести сравнительный анализ различных схем и алгоритмов управления;

- оценить влияние различных факторов на эффективность процесса управления (интенсивность и структура прибывающего и вылетающего потока ВД, нормы эшелонирования, геометрия и регламенты работы ВПП);

- получить оценки пропускной способности аэропорта в различных условиях его функционирования;

- оценить эффективность структуры ВП и выявить пути ее совершенствования.

Основные требования к комплексу имитационного моделирования, вытекающие из его назначения и решаемых им задач, сводятся к следующему.

Комплекс должен обеспечивать полный цикл моделирования процессов одновременного управления прилетом и вылетом ВС на/с аэропорт(а). Для этого в нем должны быть реализованы следующие функции:

- автоматизированное создание, хранение и использование данных по аэронавигационной структуре «приаэродромных зон», а также формирование и хранение исследовательских случайных потоков прибывающих/убывающих ВС;

- подготовка сценария моделируемой задачи, включая:

- выбор моделируемого аэропорта из числа имеющихся в базах данных аэропортов и соответствующая настройка аэронавигационных данных;

- задание условий и характеристик прилета (допустимый темп приема на каждую ВПП в функции от времени, интервалы времени разрешенной посадки);

- настройка на исследовательский входной поток прибывающих/убывающих ВС;

- задание временных параметров моделирования;

- собственно моделирование процесса управляемого прилета ВС, а именно:

- формирование входного потока ВС с заданными характеристиками;

- собственно динамическое моделирование управляемого полета потока ВС в соответствии с текущими данными в части управления;

- оперативная визуализация текущего состояния потока ВС и процесса управления;

- оперативный расчет и визуализация отдельных показателей процесса выполнения управляемых полетов;

- постполетный расчет и визуализация результатов моделирования;

- просмотр состояния потока ВС и визуализация показателей процесса выполнения управляемых полетов для любого момента модельного времени.

В процессе моделирования принимают участие система динамического имитационного моделирования (ИМ) управляемого полета прибывающего и вылетающего потока ВС, а также полунатурные элементы автоматизированной системы управления, включающие работу диспетчера прилета с использованием AMAN и диспетчера вылета, использующего ПС «Менеджер вылета» (DMAN). Для повышения эффективности работы диспетчеров в рамках этих ПС предусмотрена возможность вызова автоматических процедур формирования оптимальных решений по управлению соответственно прилетом (АПП) и вылетом (АПВ).

Обобщенная структурная схема организации комплекса полунатурного моделирования приведена на рис. 2.

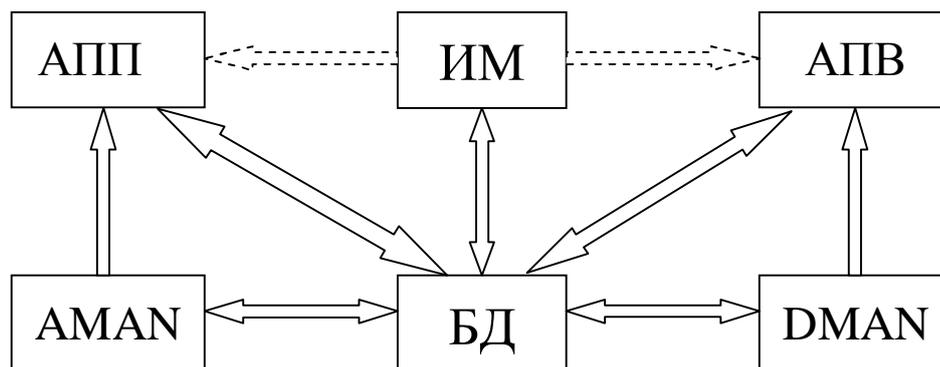


Рис. 2. Структурная схема комплекса

Таким образом, созданный исследовательский комплекс моделирования представляет собой в общем случае распределенную систему, включающую следующие автоматизированные рабочие места (АРМ): АРМ исследователя; АРМ диспетчера прилета; АРМ диспетчера вылета. Общие базы данных (БД) в формате Oracle расположены на выделенном сервере. Информационное взаимодействие отдельных компонент комплекса происходит через БД. Общая организация собственно процесса моделирования обеспечивается ИМ. Учитывая участие человека в контуре управления, основным режимом моделирования является моделирование в реальном времени. С учетом того, что перед комплексом стоят задачи статистического моделирования с накоплением большого исследовательского объема данных, для соответствующих задач предусматривается полностью автоматический режим, при котором управление ограничивается использованием результатов работы автоматических оптимизационных процедур. В этом случае возможно применение ускоренного моделирования.

Выводы

Управление воздушным движением является областью, в которой применение имитационного моделирования особенно необходимо. Предложенный комплекс полунатурного моделирования процессов управления воздушным движением в районе аэропорта обеспечивает широкие возможности по исследованию одной из наиболее актуальных задач – управление очередями прилета/вылета из аэропорта. Ядром этого комплекса является имитационная модель движения ВС, подробно рассмотренная в смежном докладе «Исследовательский комплекс моделирования движения воздушных судов в аэродромном пространстве», представленном совместно организациями ФГУП «ГосНИИАС» и ООО «ЭЛИНА-компьютер».

Литература

1. Исследовательский комплекс моделирования движения воздушных судов в аэродромном пространстве (ИММОД-2009).

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 08-08-00370-а)