

*А.С. Миргородец**

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДИСПЕТЧЕРА АЭРОДРОМНОЙ ЗОНЫ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ОЧЕРЕДИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Современное состояние исследований в области определения условий безопасного захода воздушного судна (ВС) на посадку характеризуется многообразием подходов к совершенствованию процедур управления воздушным движением (УВД) и ВС путем автоматизации действий специалистов по управлению полетами и экипажа ВС [1].

Отдельные виды деятельности человека включают принятие решений в виде неявной составляющей, хотя сам процесс принятия решения рассматривается как сенсорный, сенсорно-моторный или даже познавательный [1]. Это непосредственно относится и к процессу

* Работа представлена в отборочном туре программы У.М.Н.И.К. 2011 г. в рамках Шестой научной студенческой конференции «Проблемы ноосферной безопасности и устойчивого развития» ассоциации «Объединенный университет им. В.И. Вернадского» и выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» А.В. Яковлева.

управления ВС, где лицам группы руководства полетами/летчику приходится прибегать к прогнозированию, например, траектории захода на посадку. Такие задачи характеризуются неполнотой, неоднозначностью, неопределенностью исходной информации и используемых правил ее преобразования.

Создание алгоритмов и моделей для оказания помощи в оперативном управлении ВС, контроле правильности работы и прогнозировании ситуации позволит минимизировать время на принятие правильного решения [2]. Это возможно путем включения в состав рабочих мест систем поддержки принятия решений, позволяющих создать условия для своевременного исправления ошибок экипажа ВС на этих этапах полета.

Существуют два класса инструментариев, которые помогают лицу, принимающему решения (ЛПР), в учете и анализе информации в условиях, когда ни один мозг не справится с таким ее количеством и скоростью появления/устаревания. Первый класс инструментариев понимается как выработка рекомендаций для ЛПР, второй – как инструмент подготовки данных для ЛПР.

Общая схема работы с системой первого класса такова: формирование множества альтернативных вариантов распределения ресурсов – множества альтернатив; сравнение альтернатив; выбор лучшей альтернативы – собственно рекомендации системы.

Логика работы систем второго класса (подготовка данных) несколько иная: подготовка базы данных (БД); обеспечение гибкого и удобного доступа к БД посредством запросов; получение результатов запросов в удобной для последующего анализа форме; генерация отчетов.

Системы, ориентированные на решение такого рода задач, относятся к классу OLAP, который не выдает никаких рекомендаций, но позволяет справиться с информационным потоком, выделяя в нем важные составляющие.

Необходимо отметить, что системы, о которых идет речь, лишь помогают пользователю принять решение, но не делают это вместо него. В этом смысле весь процесс принятия решения остается субъективным – цели, альтернативы, критерии и их веса и т.д. Данные системы сводят к минимуму вероятность возникновения «ошибки третьего рода», состоящей в некорректной постановке самой задачи, требующей решения.

Далее будет предложен алгоритм принятия решений по формированию бесконфликтной очереди ВС, заходящих на посадку, который ляжет в основу построения системы поддержки принятия решений. Но сначала необходимо привести алгоритм определения стандартного маневра ВС для его задержки на заданный интервал времени.

Исходные данные: S – расстояние до маяка; V – скорость ВС; $УР1$ – первый угол разворота; Крен – угол крена самолета при выполнении маневра; R – радиус; Угловая скорость.

На рисунке 1 изображено графическое представление маневра ВС.

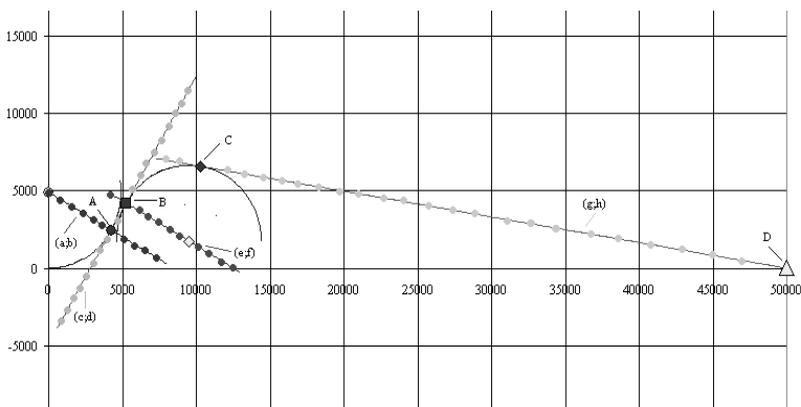


Рис. 1. Маневр воздушного судна

Чтобы построить прямые $y = kx + b$, необходимо рассчитать значения k , b . Далее, чтобы построить окружности, необходимо знать R (прямая (a, b)). Сначала считаем угол $(\text{УР} = 90 - \text{УР}1)$, переводим в радианы. Находим значения $k = -\text{tg}(\text{УР}1)$, $b = R$.

Построим первую окружность, изменяя угол от 180 до 80 градусов. Переведем весь диапазон в радианы. Находим координаты $X = R\sin(\alpha)$, $Y = R\cos(\alpha) + R$. По ним строим окружность № 1. Прямая (a, b) и эта окружность пересекаются в точке А, координаты которой имеют вид $x_A = R\sin(\text{УР}1)$, $y_A = R - R\cos(\text{УР}1)$ (прямая (c, d)). Найдем $k = \text{tg}(\text{УР}1)$, $b = y_A - kx_A$.

Далее найдем длину прямого участка АВ и обозначим ее d . Для этого надо использовать функцию Подбор параметра MS Excel. На начальном этапе можно присвоить d значение, равное 0. Координаты $x_d = d\cos(\text{УР}1) + R\sin(\text{УР})$ и $y_d = y_A + d\sin(\text{УР}1)$.

Найдем координаты точки В (начало второго разворота) $x_B = x_A + d\cos(\text{УР}1)$, $y_B = y_d$ и значения k , b (прямая (e, f)): $k = -\text{tg}(90 - \text{УР}1)$ и $b = y_d - kx_d$. Координаты точки центра второго разворота находятся из значений k , b прямой (e, f) и значений точки В. $x_{2\text{разв}} = x_B + R\sin(\text{УР}1)$, $y_{2\text{разв}} = kx + b$.

Для построения второй окружности изменяем угол от 270 до 450 градусов, вычисляем $X^{**} = X + x_{2\text{разв}}$; $Y^{**} = Y + y_{2\text{разв}}$. По ним строим окружность № 2. Далее построим прямую (g, h) .

$$\text{Длина прямого участка CD будет равна } \sqrt{(x_C - S_x)^2 + (y_C - S_y)^2}.$$

Пусть имеется определенное количество ВС, находящихся в воздушном пространстве аэродрома. Известно время до посадки каждого

самолета (t) и остатки топлива на каждом из них (U). Сначала ранжируем все значения по возрастанию и присваиваем значения t_1, t_2, t_3, \dots . Между каждым самолетом должен быть промежуток времени. Этот промежуток называется безопасным временем ($t_{\text{без}}$). Самолет, у которого время посадки минимальное среди всех ВС, идет первым в потоке без задержки ($t_{\text{зад}} = 0$). За ним следует второе судно с интервалом $\geq t_{\text{без}}$. После второго идет третий с аналогичным ограничением и т.д. Рассмотрим алгоритм решения и конкретные примеры.

Общий алгоритм решения:

1. Ранжирование по возрастанию времени посадки ВС.
2. Определение задержек $t'_n = t_n + t_{\text{зад}}$,

$$t_{\text{зад}} = \begin{cases} |t'_{n-1} - t_n| + t_{\text{без}}, & t'_{n-1} > t_n; \\ 0, & t'_{n-1} < t_n, \quad |t'_{n-1} - t_n|^3 t_{\text{без}}; \\ t_{\text{без}} - |t'_n - t_{n+1}|, & t'_{n-1} < t_n, \quad |t'_{n-1} - t_n| < t_{\text{без}}. \end{cases}$$

3. Формирование начального потока с учетом задержек ВС.
4. Определение положения взлетевшего ВС относительно сформированного потока:

$$\begin{cases} t > t_n & - \text{за самолетом;} \\ t < t_n & - \text{перед самолетом.} \end{cases}$$

5. Выявление конфликта между самолетами:

$$\begin{cases} |t'_n - t| < t_{\text{без}} & - \text{есть конфликт;} \\ |t'_n - t| > t_{\text{без}} & - \text{нет конфликта.} \end{cases}$$

6. Определение интервалов Δt .
7. Поиск возможных мест перемещения, где $\Delta t > 2t_{\text{без}}$, при выполнении условий $t_{\text{зад } n \text{ max}} \geq t_{\text{зад } n}$, общее время маневрирования $T \rightarrow \min$.
8. Формирование конечного потока ВС.

На следующем этапе, если возникает необходимость в задержке ВС, производится расчет параметров стандартного маневра, допустимого в аэродромной зоне. Данный расчет осуществляется на основе модели, предложенной в [2].

Таким образом, построенная на основе рассмотренного алгоритма система поддержки оперативных решений будет предоставлять группе руководства полетами рекомендации по формированию бесконфликтной очереди ВС, заходящих на посадку, с безопасными для данного аэродрома интервалами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алешин, В.И. Организация управления воздушным движением / В.И. Алешин, Ю.П. Дарымов, Г.А. Крыжановский. – М. : Транспорт, 1988. – 264 с.
2. Петренко, С.В. Аналитическая модель формирования бесконфликтного потока воздушных судов / С.В. Петренко, С.Н. Прокофьев, А.В. Яковлев // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – Тамбов : ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. – № 2. – С. 128 – 136.

Кафедра «Информационные системы и защита информации»