

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ РАСПИСАНИЯ РЕГУЛЯРНЫХ ПОЛЕТОВ АВИАКОМПАНИИ

А.В. Мирошниченко, А.В. Сабокарь, Д.А. Баталов

Институт проблем математических машин и систем НАН Украины,

Национальный авиационный университет

E-mail: amiroshn@ukrsoft.net

Увеличение объемов перевозок, а также повышение требований к их качеству и безопасности, привело в 80-90х годах к интенсивному внедрению в управление транспортными системами компьютерной техники и как результат – разработку алгоритмов и программных комплексов, которые выполняют расчеты основных плановых документов транспортных компаний и систем поддержки принятия оперативных решений.

Вместе с тем, разработчики этих алгоритмов и программ столкнулись с определенными трудностями, к которым можно отнести:

- большая размерность задач для больших транспортных компаний, что делает невозможным использование традиционных оптимизационных алгоритмов,
- несовместимость планов вызванная автономным решением задач планирования в упрощенной модели использования ресурсов и сложностями работы с пространственно-временной информацией.

Эти сложности привели к тому, что у больших транспортных компаний для цикла планирования был выделен специальный этап согласования планов продолжительностью 15-30 суток. Уменьшение указанного выше периода согласования возможно только за счет большей согласованности различных планов.

Основой для такого согласования может служить формализованная модель транспортной системы, которая отражает в пространственно-временном измерении поведение всех участников транспортных операций:

- пассажиров и багажа,
- транспортных средств,
- экипажей.

Как пример, в упрощенной ресурсной модели, для создания рейса выделяются ресурсы (экипаж, ВС и т.д.) из т.н. пула ресурсов, который должен покрывать потребности для плана полетов. В формализованной модели система представлена как разнородные совмещаемые потоки, т.е. создание рейса возможно только при пересечении этих потоков, что происходит при выполнении наложенных требований.

Целью данной работы является разработка методов, алгоритмов и программного обеспечения для планирования и диспетчеризации летной деятельности авиакомпаний на базе формализованной модели авиаперевозок, способных решать задачи большой размерности, уменьшать нестыковку планов и получать варианты оперативных решений в рамках временных ограничений, которые приняты для оперативного управления.

Известно, что основой текущей деятельности авиакомпании (АК), осуществляющей перевозки пассажиров, является расписание регулярных полетов.

Это расписание составляется на основе рыночной стратегии АК присутствия на рынке, представляющей собой потоки пассажиров, планируемые для обслуживания.

Поскольку налицо имеются сезонные колебания интенсивности пассажиропотоков, расписания регулярных полетов также отражают сезонный характер – зимнее расписание, летнее расписание и т.д.

Планируемые регулярные рейсы составляют основу расписания регулярных рейсов. Особенностью их является и то, что они согласуются авиакомпанией с

авиационными властями заранее на длительный период (например, на период действия сезонного расписания) и для них разрабатываются повторяющиеся планы полетов (RFP).

Вместе с тем, авиакомпания может осуществлять и нерегулярные рейсы, согласуемые с авиационными властями на базе обычных (разовых) планов полетов (FPL), например, чартерные рейсы, специальные рейсы и т.д. Эти рейсы включаются в маркетинговое расписание авиакомпании, которое включает как регулярные, так и нерегулярные рейсы. Обычно маркетинговое расписание составляется на месяц, и в отличие от сезонных расписаний полетов, рассчитанных на полное удовлетворение собственным флотом авиакомпании, ориентировано на использование как собственного флота, так и флотов своих партнеров.

Маркетинговое расписание должно быть полностью согласовано:

- с планом использования экипажей
- с планом использования самолетов, поскольку экипажи и самолеты представляют собой основной ресурс, необходимый для выполнения рейса.

Естественно его элементы должны быть привязаны к календарным датам, номеру рейса, экипажу, а иногда и бортовому номеру воздушного суда.

Однако для крупных авиакомпаний, ориентированных на пассажирские перевозки, основой маркетингового расписания полетов остается расписание регулярных полетов.

Поскольку план регулярных полетов является составной частью маркетинговой политики авиакомпании, задача его построения должна распадаться на следующие подзадачи:

- анализ пассажиропотоков, выбор позиции авиакомпании на рынке авиаперевозок,
- собственно составление плана регулярных полетов,
- исследование плана на устойчивость к неблагоприятным воздействиям.

Исходными данными для составления расписания регулярных полетов являются:

- Парк воздушных судов авиакомпании, разбитый на подмножества однотипных судов, а также их основные тактико-технические характеристики, включая дальность, максимально полезный вес, максимальное количество пассажиров, расход топлива на различных режимах и др.
- Инфраструктура воздушного пространства, включающая:
 - аэродромы, используемые АК, и их основные характеристики (технические характеристики аэродромов и аэродромные сборы),
 - воздушные трассы и их характеристики (включая расстояние между аэронавигационными точками для участков трасс),
- сборы за пролет и аэронавигационный сбор.
- Матрица дневных пассажиропотоков между аэропортами, которые намерена обслуживать АК на заданный плановый период Λ .

Элементом этой матрицы λ_{ij} является среднее количество пассажиров в день, которое намерена перевезти авиакомпания из аэродрома i на аэродром j .

Будем полагать, что для заданного планового периода матрица Λ остается неизменной.

Расписание регулярных полетов содержит рейсы, выполняемые в течение 1-й абстрактной недели планового периода, поэтому его элементом является строка:

<<номер рейса>, <тип самолета>, <время начала>, <аэропорт вылета>, <аэропорт прилета>, <список промежуточных аэропортов>, <список времени прилета в промежуточные и конечный аэропорты>,

<список времени вылета из промежуточных аэропортов>, <периодичность осуществления рейса>>

Общая схема алгоритма составления расписания регулярных рейсов авиакомпании выглядит следующим образом (рис.1)

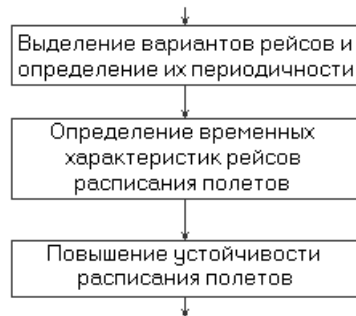


Рис. 1

В данной схеме основным блоком является блок «Построение варианта множества рейсов и определение их периодичности», использующий данные о дневных пассажиропотоках и указанную в стратегию выделения регулярных рейсов.

Однако, в данном алгоритме не определяются времена начала и окончания рейса и временные параметры нахождения в промежуточных точках посадки, превращающие набор рейсов в расписание. Эти времена в значительной степени зависят от взаимосвязей между рейсами и являются предметом вычислений блока «Определение временных характеристик рейсов расписания полетов».

Важным аспектом расписания является его устойчивость к внешним воздействующим факторам, поскольку сбои при выполнении регулярных полетов и связанные с ними нарушения расписания (задержки и отмены рейсов) могут существенно повлиять на качество обслуживания пассажиропотока. Эти проблемы вызывают необходимость включения в алгоритм последнего блока.

На любую систему перевозок влияет ряд возмущающих факторов, которые обычно приводят к сбоям в работе. Для оперативного управления, контроля и устранения последствий этих сбоев в авиакомпаниях созданы специальные диспетчерские службы. Как правило, функционируют две диспетчерских службы: одна – для управления процессами, связанными с эксплуатацией воздушных судов, другая – для исправления дефектов, возникающих в планах полетов (ротациях) экипажей.

Задачей этих служб является оперативное изменение (корректировка) планов и, если необходимо, перепланирование работы самолетов и экипажей. При рассмотрении работы этих служб может быть поставлен вопрос: что следует предпринять для повышения живучести системы и ее устойчивости к возмущающим внешним воздействиям на этапе создания маркетинговых расписаний движения?

К негативным факторам приводящим к сбоям в системе относятся:

- погодные условия;
- поломки оборудования и человеческий фактор;
- сезонные изменения расписания.

В качестве примера рассмотрим один из основных видов сбоя – опоздание самолета или экипажа на очередной (следующий) вылет. Как правило, этот вид сбоя возникает из-за погодных условий (самолет вынужден обходить грозовой фронт или был сильный встречный ветер). Опоздание может повлечь за собой задержки следующих рейсов. И более того – возможно возникновения кумулятивного эффекта, когда одно опоздание влечет за собой другие.

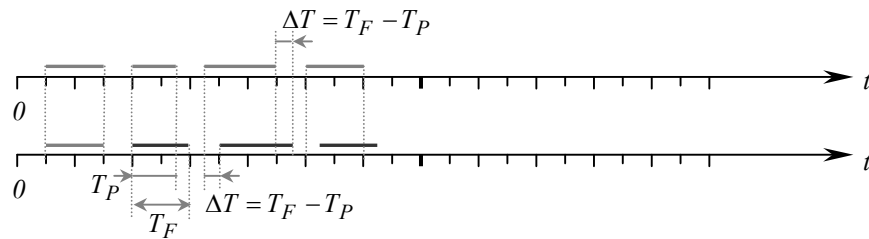


Рис. 2

На рис.2. показан гіпотетичний приклад впливу збою на план польотів. На верхній осі відрізками показані вильоти так, як вони передбачені по плану. На нижній осі показано, що у другого вильоту фактичне час польоту T_F більше планового часу T_P на величину $\Delta T = T_F - T_P$. Як видно далі, всі наступні рейси будуть затримані принаймні на той же час ΔT . Така ситуація буде виникати, якщо екіпаж не буде змінювати літак для виконання наступного рейсу.

Якщо після закінчення запізненого рейсу екіпаж йде на інший літак для продовження своїх польотів, то буде мати місце ситуація, наведена на рис. 3.

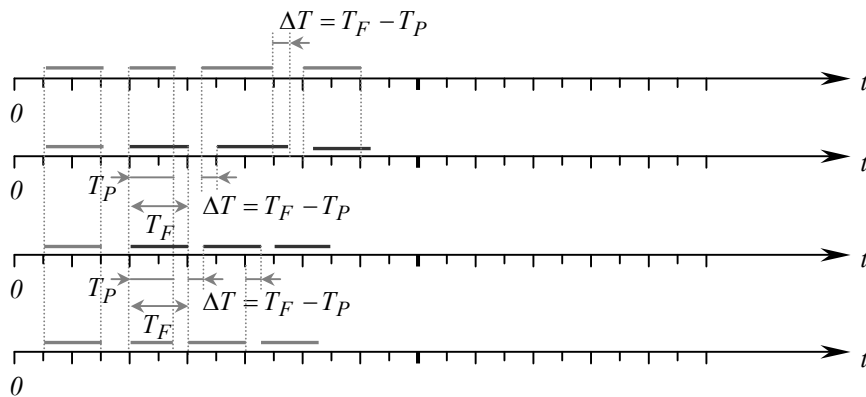


Рис. 3

З рис. 3 видно, що запізнення розповсюджується вже на два рейси: рейс, по якому піде запізнений літак, і рейс, по якому піде запізнений екіпаж. Отже, збій на одному рейсі, викликає цілу хвилю збоїв на наступних вильотах.

Тепер обговоримо заходи, які можна прийняти для підвищення живучості і стійкості системи на етапі складання розкладу.

При більш детальному розгляді того удару, який наносить розкладу польотів запізнення будь-якого рейсу, можна зробити висновок про необхідність введення страхового часу, т.е. до часу торн-тайм T_{tt} додати деяке додаткове час T_s і тим самим отримати новий час T'_{tt} .

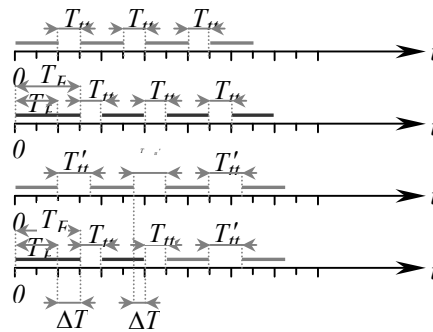


Рис. 4

Схемы, приведенные на рис.4 наглядно демонстрируют преимущества использования расширенного T'_{tt} . На первой оси изображен график полетов, которые может выполнять некоторое воздушное судно. На второй оси показан случай опоздания этого самолета в первом рейсе на $\Delta T_1 = T_F - T_P$. Как видно, это опоздание при прочих равных условиях будет сохраняться на всех последующих рейсах этого судна.

На третьей оси изображен график полетов, составленный с использованием $T'_{tt} = T_{tt} + T_s$. На четвертой иллюстрируется случай опоздания самолета в первом рейсе на то же время ΔT_1 и последующее «затухание» этого опоздания на следующих рейсах. Действительно, после завершения первого (опоздавшего) рейса, пребывание самолета на земле сокращается до минимально допустимого T_{tt} , так что следующий рейс будет

$$\text{опаздывать на время } \Delta T_2 < \Delta T_1 \quad \Delta T_2 = \begin{cases} 0 : & \Delta T_1 \leq T_s \\ \Delta T_1 - T_s : & \Delta T_1 > T_s \end{cases}.$$

Как видно из рис. 4 (четвертая ось), третий вылет вообще не будет опаздывать, так как опоздание к моменту его начала будет поглощено за счет дополнительных времен T_s .

Установка разумной величины T_s является отдельной задачей. Ее решение зависит от целого ряда факторов, таких как: величина парка самолетов компании, структура полетов, погодные условия, в которых проходит большинство рейсов компании и т.д.

Большая размерность задач привязки рейсов по времени и необходимость экспериментов при выборе рациональных величин T_s делает актуальным использование имитационного моделирования, базирующегося на формализме совмещаемых потоков, а также человеко-машинных процедур при выборе вариантов решения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Басакер Р., Саати Т. Конечные графы и сети (Пер. с англ.).– М.: Мир, 1973, 368 с
2. Вознесенский В. А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях.– М.: Статистика, 1974, 191 с.
3. Гнеденко Б. В., Беляев Ю. К., Соловьев А. Д. Математические методы в теории надежности.– М.: Наука, 1965, 524 с.
3. Ермольев Ю. М., Мельник И. М. Экстремальные задачи на графах.– К.: Наукова думка, 1968, 176 с.