



В.А. Романенко

НЕЧЁТКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПИСАНИЯ АЭРОПОРТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАННЫХ ЕГО ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Рассматривается задача оптимизации расписания движения самолётов, особенно актуальная для узловых аэропортов (хабов). Эффективность широко практикуемой зарубежными авиакомпаниями и внедряемой в настоящее время авиапредприятиями РФ системы трансферных авиаперевозок через хаб в значительной степени зависит от того, насколько рационально составлено расписание хаба, в котором осуществляются массовые пересадки пассажиров. Хабообразующая авиакомпания, организующая пересадки, может путем грамотного составления расписания существенно повысить уровень трансферных пассажиропотоков, поскольку привлекательность узлового аэропорта с точки зрения пересаживающихся пассажиров во многом определяется длительностью пребывания в нём. При формировании расписания авиакомпания, являясь коммерческим предприятием и рассматривая в качестве одной из своих главных целей максимизацию прибыли, должна так планировать моменты времени прибытия и отправления рейсов, чтобы обеспечить наиболее комфортные условия по времени пребывания в узловом аэропорту пассажирам трансферных авиасвязей, приносящим ей наибольший доход. К таким авиасвязям относятся те из них, которые характеризуются более высокими уровнями пассажиропотоков и на которых перевозки выполняются по более высоким тарифам.

Неудачно составленное расписание, задающее неоправданно длительное время пребывания трансферных пассажиров в хабе, служит причиной оттока пассажиров с авиалиний через рассматриваемый хаб, приводя к экономическим потерям хабообразующей авиакомпании. С другой стороны, слишком краткое время, отводимое расписанием на пересадку пассажиров, не учитывающее вероятные задержки и сбои в обслуживании, вызывающее опоздания трансферных пассажиров на стыковочные рейсы, также вызывает снижение доходов авиакомпании. Другой причиной потерь являются возможные нарушения регулярности движения самолетов, вызванные, например, недостаточно продолжительным плановым временем наземного обслуживания самолетов, не учитывающим возможные задержки. Комплекс этих факторов должен учитываться критерием оптимальности рассматриваемой задачи.

Следует учитывать также, что стремление авиакомпании минимизировать время пребывания трансферных пассажиров в хабе, приводит к организации т.н. волн прибытий-отправлений рейсов, регулярно повторяющихся в течение определенного (суточного или недельного) интервала времени. Задача составления расписания в хабе может быть разбита на ряд независимых задач оптимизации расписания в пределах каждой волны. В качестве критерия оптималь-



ности расписания целесообразно использовать максимум суммарной величины доходов авиакомпании от выполнения перевозки трансферных пассажиров в течение одной выбранной волны прибытий-отправлений рейсов. Оптимизируемыми параметрами являются плановые моменты прибытия и отправления рейсов рассматриваемой волны.

Считая каждый рейс, прибывающий в узловой аэропорт в течение волны, обратным, необходимо учитывать, что на время его готовности к отправлению, помимо планового (по расписанию) времени прибытия, влияют: отклонения времени прибытия от расписания (нерегулярность), продолжительности операций по техническому обслуживанию выполняющего рейс самолёта, а также продолжительности операций по коммерческому обслуживанию пассажиров, в том числе пересеживающихся с других рейсов. Названные продолжительности обслуживания представляют собой случайные числа, для формирования вероятностных распределений которых необходимо наличие большого объема статистических данных.

В качестве источника этой статистики весьма уместно использовать базы данных активно внедряемых в крупных и средних аэропортах автоматизированных информационных систем (ИС) управления производственной деятельностью, в которых накапливается информация, детально и всесторонне описывающая технологические процессы аэропорта, а именно:

- характеристики обслуженных аэропортом рейсов: тип и модификацию самолета, выполняющего рейс; вид перевозки (международная или внутренняя); категорию рейса (начальный, конечный, обратный, транзитный) и т.п.;
- регулярность выполнения рейсов: значения плановых и фактических времен вылета и посадки самолетов, выполняющих рейсы;
- параметры коммерческой загрузки самолетов: число пассажиров и их распределение по категориям и классам обслуживания; вес зарегистрированного багажа и груза и т.п.;
- временные характеристики технологических операций по обслуживанию самолетов и их загрузки: плановые и фактические времена начала и окончания операций и др.

С целью сокращения временных затрат на решение задачи оптимизации расписания удобно использовать не частотную форму представления временных характеристик операций обслуживания самолётов и пассажиров, а нечёткую. Для решения рассматриваемой задачи необходимо также наличие информации по пространственной привлекательности трансферных авиаузлов узлового аэропорта, которая может быть представлена в виде величин трансферных пассажиропотоков между парами периферийных по отношению к хабу аэропортов. Эти данные, носящие вероятностный характер и в целом ряде случаев недоступные, могут быть представлены в виде нечётких чисел, определяемых либо по черпаемой из ИС статистике, либо согласно экспертным оценкам.

Предпочтения трансферных пассажиров в отношении времени пребывания в узловом аэропорту целесообразно выразить трапецеидальной функцией желательности. Функция указанного вида позволяет учесть нежелательность



как слишком короткого, так и чрезмерно продолжительного времени, отводимого на пересадку. Реализация как первой, так и второй ситуаций приводит к отказам потенциальных трансферных пассажиров от перевозки через рассматриваемый хаб и снижению их числа.

Решение поставленной задачи требует также наличия данных о тарифах на трансферную перевозку через узловой аэропорт. Здесь нечёткость обусловлена разнообразием тарифов по авиасвязям и в пределах каждой из них.

Таким образом, задача оптимизации расписания узлового аэропорта рассматривается как задача нелинейного программирования с нечётким критерием, в роли которого выступает максимум суммарных доходов, и набором как нечётких, так и чётких ограничений.

Размытость критерия обусловлена нечётким характером входящих в него величин трансферных пассажиропотоков, зависящих от времени пребывания в аэропорту, и тарифов. Нечёткими являются временные ограничения, учитывающие необходимость выполнения операций по обслуживанию самолетов и пассажиров. Чёткие ограничения связаны с учётом пропускной способности элементов летного поля узлового аэропорта и предполагают наличие заданного временного интервала между последовательными взлётно-посадочными операциями в пределах волны.

Чтобы избежать необходимости решения многокритериальной задачи, вызванной нечёткостью целевой функции, здесь использована её дефазсификация в соответствии с несколько модифицированным теоретико-вероятностным подходом сравнения нечетких чисел, описанным в [1].

Сформулированная задача была решена для гипотетического хаба, формируемого на базе Международного аэропорта Курумоч. Выбор объекта исследования был обусловлен наличием достаточного объема хранящейся в базе данных ИС статистической информации, характеризующей технологические процессы и пассажиропотоки аэропорта. Была рассмотрена задача оптимизации расписания, обеспечивающего пересадки пассажиров по наиболее востребованным для данного аэропорта трансферным направлениям в течение волны, включающей 15 прибывающих и отправляющихся рейсов. Результаты решения задачи продемонстрировали возможность существенного (не менее 20-25%) увеличения доходов, обусловленного оптимизацией расписания.

Литература

1. Дилигенский Н.В., Дымова Л.Г., Севастьянов П.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология. – М.: «Издательство Машиностроение-1», 2004. – 397 с.