

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П.КОРОЛЕВА»
(Самарский университет)**

*И.В.ПОТАПОВ
В.А.РОМАНЕНКО
Б.А.ТИТОВ*

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ
НА ЗАДАННОЙ СЕТИ АВИАЛИНИЙ**

Учебное пособие

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

- 1 Постановка задачи
 - 2 Временные характеристики
 - 2.1 Летное время
 - 2.2 Время стоянки
 - 2.3 Максимально возможное число рейсов
 - 3 Расчет себестоимости рейса
 - 3.1 Расходы в аэропортах и на аэронавигационное обслуживание
 - 3.1.1 Сборы за аэронавигационное обслуживание
 - 3.1.2 Сбор за взлет-посадку
 - 3.1.3 Сбор за обеспечение авиабезопасности
 - 3.1.4 Затраты на обслуживание пассажиров
 - 3.2 Расходы на ГСМ
 - 3.3 Расходы, относимые на летный час
 - 3.4 Расчет тарифов
 - 4 Прогнозирование показателей авиатранспортного рынка
 - 5 Пример решения задачи
 - 6 Оформление пояснительной записки
- БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**
- ПРИЛОЖЕНИЕ А**

ВВЕДЕНИЕ

В пособии приводятся методические и справочные материалы, необходимые для решения задачи распределения имеющихся пассажирских воздушных судов (ВС) нескольких типов на заданной сети авиалиний, соединяющих аэропорт базирования с несколькими аэропортами назначения.

В первом разделе формулируется общая постановка задачи, описываются используемые переменные, накладываемые на них ограничения, целевая функция. Необходимо для заданной конфигурации сети авиалиний произвести распределение парка самолетов по авиалиниям так, чтобы выполнить планируемый объем перевозок в течение недельного периода и обеспечить при этом достижение экстремального значения критерия эффективности функционирования транспортной системы, выполнив при этом ряд ограничений технико-экономического характера. При постановке задачи рассматриваются две модели: в первом случае, когда необходимо обеспечить перевозку всех пассажиров, в качестве критерия используется суммарная величина себестоимости перевозок; во втором случае критерием является суммарная величина прибыли от выполнения перевозок, при этом перевозится только то количество пассажиров, которое обеспечивает максимум прибыли.

Во втором разделе рассматривается алгоритм определения затрат времени на выполнение рейса и вычисления максимального количества рейсов, которое может выполнить ВС определенного типа из базового аэропорта в аэропорт назначения и обратно.

В третьем разделе приводится структура затрат на выполнение рейса ВС и алгоритм расчета себестоимости парного рейса ВС из базового аэропорта в аэропорт назначения и обратно. Приводится алгоритм расчета тарифов на перевозку, обеспечивающих заданную рентабельность перевозок.

В четвертом разделе рассматривается алгоритм прогнозирования показателей авиатранспортного рынка с использованием значений этих показателей за предшествующие последние годы. Предполагается, что зависимость прогнозируемого параметра от времени является линейной.

Пятый раздел содержит пример решения задачи с применением компьютера.

В шестом разделе приводятся требования к оформлению пояснительной записки к курсовому проекту.

1 Постановка задачи

В аэропорту отправления базируется авиакомпания, осуществляющая пассажирские перевозки. Необходимо распределить по рейсам в аэропорты назначения имеющиеся в наличии ВС нескольких типов. Расчет производится за недельный интервал.

Используются следующие переменные для описания задачи:

I – общее число аэропортов назначения;

J – общее число имеющихся типов ВС;

N_j – общее количество ВС j -го типа, $j = [1, J]$;

D_j – максимальная практическая дальность полета ВС j -го типа, км, $j = [1, J]$;

P_j – пассажировместимость ВС j -го типа, пасс., $j = [1, J]$;

L_i – расстояние воздушной перевозки в i -ый аэропорт назначения из базового аэропорта, км;

T_i – тариф на перевозку одного пассажира в i -й аэропорт назначения, руб., $i = [1, I]$;

Q_i' – недельный пассажиропоток из базового аэропорта в i -ый аэропорт назначения, пасс/нед., $i = [1, I]$;

Q_i'' – недельный пассажиропоток из i -го аэропорта назначения в базовый аэропорт, пасс/нед., $i = [1, I]$;

γ_i – коэффициент занятости кресел на авиалинии из базового аэропорта в i -ый аэропорт назначения и обратно;

C_{ij} – себестоимость выполнения рейса ВС j -го типа из базового аэропорта в i -ый аэропорт назначения и обратно (без учета затрат на обслуживание пассажиров), руб., $i = [1, I]$, $j = [1, J]$;

C_i' – затраты на обслуживание одного пассажира на рейсах из базового аэропорта в i -ый аэропорт назначения, руб., $i = [1, I]$;

C_i'' – затраты на обслуживание одного пассажира на рейсах из i -го аэропорта назначения в базовый аэропорт, руб., $i = [1, I]$;

M_{ij} – максимально возможное количество рейсов в неделю ВС j -го типа в i -ый аэропорт назначения и обратно, $i = [1, I]$, $j = [1, J]$;

X_{ij} – количество рейсов за одну неделю ВС j -го типа в i -ый аэропорт назначения и обратно (целочисленная переменная), $i = [1, I]$, $j = [1, J]$;

Y_i' – количество пассажиров, перевезенных за одну неделю из базового аэропорта в i -ый аэропорт назначения (целочисленная переменная), $i = [1, I]$;

Y_i'' – количество пассажиров, перевезенных за одну неделю из i -го аэропорта назначения в базовый аэропорт (целочисленная переменная), $i = [1, I]$.

Переменные $N_j, P_j, D_i, L_j, T_i, Q_i', Q_i'', \gamma_i, C_{ij}, C_i', C_i'', M_{ij}$ должны быть известны до начала решения задачи, проектные переменные X_{ij}, Y_i', Y_i'' определяется в ходе решения целочисленной задачи линейного программирования.

До начала решения задачи необходима проверка ограничения на полетную дальность ВС каждого типа:

$L_i \leq D_j \quad \forall j = [1, J]; \forall i = 1, I;$
если $L_{i^*} > D_{j^*}$ для каких-либо i^* и j^* , то $X_{i^*j^*} \equiv 0$.

Модель А

Распределить по рейсам в заданные аэропорты назначения имеющиеся в наличии ВС нескольких типов, обеспечив заданную потребность в пассажирских перевозках при *минимальной суммарной себестоимости* всех транспортных операций.

Условие, задающее *гарантированную* возможность обеспечить перевозки с заданным пассажиропотоком заданным количеством ВС, записывается следующим образом:

$$\sum_{j=1}^J P_j N_j \geq \sum_{i=1}^I Q_i / M_i,$$

где $M_i = \min_{j \in J} M_{ij}$.

$Q_i = \max \{Q_i', Q_i''\}$, пасс/нед., $i = [1, I]$.

В случае, когда данное условие выполняется, имеющееся количество пассажиров может быть перевезено. Однако в некоторых случаях, даже если условие не выполняется (*гарантированная* возможность не обеспечивается), задача может быть решена.

Целевая функция (суммарная себестоимость перевозки) записывается следующим образом:

$$C^{\text{сум}} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J C_{ij} X_{ij} \rightarrow \min. \quad (1.1)$$

Ограничения, накладываемые на задачу, формализуются в следующем виде:

1) на максимальное количество используемых ВС j -го типа

$$\sum_{i=1}^I X_{ij} / M_{ij} \leq N_j \quad \forall j = [1, J]; \quad (1.2)$$

2) на требуемое общее количество перевозимых пассажиров в i -ый аэропорт и из него (необходимо перевезти всех пассажиров):

$$\sum_{j=1}^J X_{ij} P_j \gamma_i \geq Q_i \quad \forall i = [1, I]. \quad (1.3)$$

Сформулированная задача является многопараметрической задачей линейного целочисленного программирования **минимизации** критерия (1.1) с учетом выполнения ограничений (1.2), (1.3).

Суммарная себестоимость перевозки равна сумме найденной в результате решения задачи себестоимости перевозки $C^{\text{СУМ}}$ (1.1) и затратам $C^{\text{ПАСС}}$ на обслуживание пассажиров, определяемых по формуле:

$$C^{\text{ПАСС}} = \sum_{i \in I} (Q_i' C_i' + Q_i'' C_i''). \quad (1.4)$$

Модель Б

Распределить по рейсам в заданные аэропорты назначения имеющиеся в наличии ВС нескольких типов, обеспечив **максимальную суммарную прибыль** от выполнения всех транспортных операций.

Целевая функция (суммарная прибыль) записывается следующим образом:

$$\Pi = \sum_{i \in I} [Y_i' (T_i - C_i') + Y_i'' (T_i - C_i'')] - \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} C_{ij} X_{ij} \rightarrow \max. \quad (1.4)$$

Ограничения, накладываемые на задачу, формализуются в следующем виде:

- 1) на максимальное количество используемых ВС j -го типа (1.2);
- 2) на пассажировместимость ВС (нельзя перевезти пассажиров больше, чем позволяет суммарная вместимость ВС):

$$Y_i' \leq \sum_{j \in J} X_{ij} P_j \gamma_i, \quad Y_i'' \leq \sum_{j \in J} X_{ij} P_j \gamma_i, \quad i = [1, I]; \quad (1.5)$$

- 3) на возможное общее количество перевозимых пассажиров из базового аэропорта в i -ый аэропорт назначения и из i -го аэропорта назначения в базовый аэропорт (нельзя перевезти пассажиров больше, чем имеющийся пассажиропоток):

$$Y_i' \leq Q_i', \quad Y_i'' \leq Q_i'', \quad i = [1, I]. \quad (1.6)$$

Сформулированная задача является многопараметрической задачей линейного целочисленного программирования **максимизации** критерия (1.4) с учетом выполнения ограничений (1.2), (1.5), (1.6).