

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Л.Г. Большедворская, С.В.Петрунин

ПОСОБИЕ

к выполнению курсовой работы

по дисциплине

«ЕДИНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА

И ГЕОГРАФИЯ ТРАНСПОРТА »

для студентов

специальности 080507

всех форм обучения

Москва - 2008

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

Кафедра Экономики ГА
Л.Г. Большедворская, С.В.Петрунин

ПОСОБИЕ

к выполнению курсовой работы

по дисциплине

«ЕДИНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА

И ГЕОГРАФИЯ ТРАНСПОРТА »

для студентов

специальности 080507

всех форм обучения

Москва - 2008

Рецензент кандидат экономических наук, доцент Степанова Н.И.

Авторы: Большедворская Л. Г., Петрунин С.В.

Пособие к выполнению курсовой работы по дисциплине

«Единая транспортная система и география транспорта» - М.: МГТУ ГА, 2008.

Данное учебное пособие издается в соответствии с учебным планом студентов специальности 080705 и рабочей программой по дисциплине «Единая транспортная система и география транспорта» всех форм обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 6.09.2008г. и методического совета по специальности 080705 11.09.2008г.

Содержание

Введение.....	5
1. Цель курсовой работы.....	5
2. Оформление и защита курсовой работы.....	6
3. Задание на курсовую работу.....	8
Приложение 1. Варианты заданий к задаче 1.....	23
Приложение 2. Рабочая таблица.....	30
Приложение 3. Исходные данные для расчета затрат на поездку.....	31
Список литературы.....	33

Введение

Транспорт является важной отраслью экономической деятельности страны, без которой продукция предприятий добывающей отрасли оставалась бы в местах ее добычи, продукция предприятий обрабатывающей отрасли не достигла бы мест производства, а продукция сельскохозяйственной отрасли никогда бы не нашла своего потребителя. Очень важно максимально использовать резервы и возможности всех видов транспорта, рационально перераспределять между ними перевозки. Развитие рыночных отношений в транспортном комплексе выдвигает задачу более тесной координации работы всех видов транспорта между собой и предъявляет к транспорту жесткие требования по ускорению времени доставки грузов при минимизации затрат на перевозку.

Таким образом, формирование отлаженной системы пассажирских и грузовых перевозок является стратегической целью развития транспорта на современном этапе.

1. ЦЕЛЬ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Целью курсовой работы является выбор и обоснование эффективных маршрутов, и проведение экономической оценки взаимодействия различных видов транспорта при обслуживании пассажиропотоков и грузопотоков.

Для этого в курсовой работе предлагается последовательно рассмотреть ряд задач:

- произвести расстановку воздушных судов на рейсы таким образом, чтобы суммарные затраты на транспортировку грузов были минимальными;
- рассчитать материальные затраты специалиста авиаремонтного завода при последовательном посещении им пяти городов для заключения договоров на поставку запасных частей;

- построить оптимальный маршрут поездки для специалиста авиаремонтного завода, который для заключения договоров о поставках запасных частей должен побывать в каждом из пяти городов по одному разу и вернуться в начальный пункт. Общие затраты на поездку при этом должны быть минимальными.

2. ОФОРМЛЕНИЕ И ЗАЩИТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа является результатом самостоятельного решения студентом конкретных задач, варианты заданий которых представлены в табл.1 (Приложение 1).

Курсовая работа должна содержать следующие разделы: введение, теоретический обзор актуальности рассматриваемых задач, основная (расчетная) часть, заключение и список литературы, используемой при написании работы.

Введение. Во введении студенту – автору курсовой работы необходимо осветить проблемы транспортной отрасли в частности при обслуживании грузопотоков и пассажиропотоков. Подчеркнуть актуальность и практическую значимость рассматриваемых вопросов. Четко сформулировать цель и основные задачи курсовой работы. Структурно введение должно составлять 3-4% от общего объема работы.

Основная (расчетная) часть. В данном разделе студенту необходимо представить расчеты и обоснованные выводы по решению предлагаемых задач. Эта часть раздела должна включать расчеты, а также графический или иллюстративный материал, подчеркивающий полноту проведенного анализа полученных результатов.

Заключение. Курсовая работа завершается краткими выводами. Эта часть работы характеризует степень и качество выполнения поставленных перед студентом задач. Выводы рекомендуется формулировать по следующей схеме:

- задачи курсовой работы;

- характеристика методов и средств решения этих задач;
- сравнительная оценка полученных в курсовой работе результатов.

Список литературы. В списке литературных источников, используемых в курсовой работе, должны быть представлены как основные рекомендуемые учебники и учебные пособия, так дополнительные источники информации из журналов, сборников научных трудов, Интернета. Ссылка на источники информации должна включать: фамилию и инициалы автора (авторов) или редактора; полное название работы; место издания; издательство; год издания. При включении в список статей необходимо указывать фамилию и инициалы автора (авторов), полное название журнала или сборника, год выпуска и его номер. Информационные источники должны содержать электронный адрес.

Требования к оформлению курсовой работы. К оформлению курсовой работы предъявляются следующие требования:

1) подготовленные расчетные материалы должны быть сведены в таблицы или систематизированы в логической последовательности, сопровождаемые соответствующими комментариями и пояснениями;

2) таблицы должны иметь номера и заголовки, определяющие их содержание;

3) все иллюстрации в курсовой работе (схемы, графики, диаграммы) должны обязательно иметь порядковый номер и подрисуночные подписи. На каждую иллюстрацию необходима соответствующая ссылка в тексте;

4) курсовая работа должна иметь оглавление (с указанием страниц начала каждого раздела);

5) работа выполняется на компьютере в редакторе Word 2007 или Word 2008, размер бумаги А4; параметры страницы: верхнее 2,0; нижнее 3,0; левое 2,0; правое 2,0; наименование и размер шрифта: Times New Roman, 14; интервал между строками 1,5.

Оформленная курсовая работа сдается руководителю на проверку. Проверенная руководителем работа подлежит защите.

Оценка результатов курсовой работы проводится с учетом правильности решения поставленных задач, качества оформления отчета, грамотно сформулированных выводов и соблюдением студентом плана-графика выполнения и защиты курсовой работы.

Номер варианта курсовой работы студент выбирает по сумме двух последних цифр зачетной книжки. Если номер шифра заканчивается на 00, студент выбирает вариант № 19.

3. ЗАДАНИЕ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ.

Задача 1. Из аэропорта должны вылететь пять воздушных судов (ВС) для доставки груза в пять городов. Затраты на полет каждого из самолетов в каждый город представлены в табл.1. (Приложение 1) Необходимо назначить ВС на рейсы таким образом, чтобы суммарные затраты на транспортировку грузов были минимальными.

Пояснения к задаче 3.1

Для создания математической модели обозначим назначение i -ого самолета для полета в j -ый город через x_{ij} . Так как количество самолетов равно количеству городов, и каждый самолет может быть направлен только в один город, то x_{ij} принимает только два значения: единицу, если i -ый самолет направлен в j -ый город, или нулю, в других случаях.

Поэтому $\sum_i x_{ij} = 1$ и $\sum_j x_{ij} = 1$. Суммарная стоимость полетов можно представить в виде суммы $\sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij}$.

Итак, задачу можно сформулировать так: найти минимальную суммарную стоимость транспортировки грузов $Z = \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij}$ при следующих ограничениях: $\sum_i x_{ij} = 1$, $\sum_j x_{ij} = 1$, $x_{ij} \geq 0$.

Такие задачи транспортного типа носят название задач о назначениях. В настоящей работе для их решения предлагается так называемый метод

ПС, предложенный Петруниным С.В. Теоретическое обоснование метода можно найти в [1]. Применение метода к задаче о назначении состоит из 2 этапов: 1) нахождение элемента, не входящего в оптимальный план (т.е. равного нулю), 2) изменения коэффициента этого элемента в целевой функции.

Введем некоторые определения. Нулевым элементом назовём переменную, которая равна нулю в оптимальном (или в оптимальных) решении. Основной строкой (столбцом) назовём строку (столбец), в которой определяется нулевой элемент. Базовой строкой (столбцом) назовём строку (столбец), с элементами которой сравниваются элементы основной строки при поиске нулевого элемента.

Первый этап состоит в том, что сравниваются разности коэффициентов целевой функции основной и базовой строк во всех столбцах. Тот элемент основной строки, который соответствует наибольшей разности, не войдет в оптимальный план. Затем то-же проводим для столбцов.

Сущность 2 этапа заключается в том, что находят новое значение коэффициента целевой функции для найденного элемента. Оно будет равно сумме соответствующего коэффициента базовой строки и следующей по величине значению разности.

Более детально применение метода приведем на следующем примере. Представим условие задачи в виде таблицы с коэффициентами целевой функции (табл.1).

Будем рассматривать разности коэффициентов первой строки со второй.

$$\text{В 1 столбце: } 5 - 3 = 2.$$

$$\text{В 2 столбце: } 4 - 2 = 2.$$

$$\text{В 3 столбце: } 6 - 4 = 2.$$

$$\text{В 4 столбце: } 2 - 6 = -4.$$

$$\text{В 1 столбце: } 1 - 5 = -4.$$

Таблица 1

Столбцы	1	2	3	4	5
Строки					
1	5	4	6	2	1
2	3	2	4	6	5
3	1	8	3	7	4
4	4	6	3	5	2
5	2	3	5	1	6

Так как максимальная разность отмечается в нескольких столбцах, никакого вывода сделать нельзя.

Сравним первую строку с третьей.

В 1 столбце: $5 - 1 = 4$.

В 2 столбце: $4 - 8 = -4$.

В 3 столбце: $6 - 3 = 3$.

В 4 столбце: $2 - 7 = -5$.

В 5 столбце: $1 - 4 = -3$.

Наибольшая разность 4 в первом столбце. В соответствии со сказанным выше, элемент x_{11} не входит в оптимальный план, т. е. $x_{11} = 0$. Следующая по величине разность равна 3 (в 3 столбце). Поэтому $c_{11} = 1 + 3 = 4$. (Договоримся новые значения c_{ij} вписывать в ту же клеточку, но выделять их жирным шрифтом) (табл.2)..

Теперь сравним первую строку с четвертой.

В 1 столбце: $4 - 4 = 0$.

В 2 столбце: $4 - 6 = -2$.

В 3 столбце: $6 - 3 = 3$.

В 4 столбце: $2 - 5 = -3$.

В 5 столбце: $1 - 2 = -1$.

Наибольшая разность 3 в третьем столбце. Поэтому x_{13} не входит в оптимальный план. Следующая по величине разность равна 0 (в первом столбце). Поэтому новое значение $c_{13} = 3 + 0 = 3$.

В 1 столбце: $4 - 2 = 2$.

В 2 столбце: $4 - 3 = 1$.

В 3 столбце: $3 - 5 = -2$.

В 4 столбце: $2 - 1 = 1$.

В 1 столбце: $1 - 6 = -5$.

Наибольшая разность 2 будет в 1 столбце. Но элемент x_{11} и так не входит в оптимальный план. Поэтому для него только найдем новое значение c_{11} . Следующая по величине разность будет 1 (во 2 или 4 столбце). Значит, $c_{11} = 2 + 1 = 3$.

Таблица 2

Столбцы	1	2	3	4	5
Строки					
1	5 4,3,1	4	6 3	2	1
2	3 2,1	2	4	6 1	5 3
3	1	8 7	3	7 6,5	4 3
4	4 1	6 5	3	5 4,3	2
5	2 1	3	5 4	1	6 3

Перейдем ко 2 строке. Сравним её с 1. Наибольшая разность будет в 4 и 5 столбцах. Поэтому никакого вывода сделать нельзя.

Сравним 2 строку с 3. Наибольшая разность будет в 1 столбце - 2. Элемент x_{21} не войдет в оптимальный план. Следующая разность равна 1 (в 3 и 5 столбцах). Поэтому $c_{21} = 1 + 1 = 2$.

Сравним 2 строку с 4. Наибольшая разность 3 в 5 столбце. Отсюда $x_{25} = 0$. Следующая разность = 1. Тогда $c_{25} = 2 + 1 = 3$.

Сравним 2 строку с 5. Наибольшая разность 5 в 4 столбце, и, следовательно, $x_{24} = 0$. Следующая по величине разность равна 0 (в 1 столбце). Поэтому $c_{24} = 1 + 0 = 1$.

Теперь сравним 3 строку с остальными строками.

С 1 строкой. $x_{34} = 0$. $c_{34} = 2 + 4 = 6$.

С 2 строкой. $x_{32} = 0$. $c_{32} = 2 + 5 = 7$.

С 4 строкой. $x_{35} = 0$. $c_{35} = 2 + 1 = 3$.

С 5 строкой. Снова $x_{34} = 0$. $c_{34} = 1 + 4 = 5$.

Перейдем к 4 строке.

С 1 строкой. $x_{44} = 0$. $c_{44} = 2 + 2 = 4$.

С 2 строкой. $x_{42} = 0$. $c_{42} = 2 + 3 = 5$.

С 3 строкой. $x_{41} = 0$. $c_{41} = 1 + 0 = 1$.

С 5 строкой. Снова $x_{44} = 0$. $c_{44} = 1 + 2 = 3$.

Обратимся к 5 строке.

С 1 строкой. $x_{55} = 0$. $c_{55} = 1 + 2 = 3$.

С 2 строкой. Нельзя сделать вывод.

С 3 строкой. $x_{53} = 0$. $c_{53} = 3 + 1 = 4$.

С 4 строкой. Нельзя сделать вывод.

Перейдем к столбцам. Рассмотрим 1 столбец.

С 2 столбцом. Опять $x_{21} = 0$. $c_{21} = 2 + (-1) = 1$.

С 3 столбцом. Опять $x_{11} = 0$. $c_{11} = 3 + (-2) = 1$.

С 4 столбцом. $x_{51} = 0$. $c_{51} = 1 + 0 = 1$.

Видно, что в 1 столбце все элементы, кроме x_{31} , равны нулю. Поэтому $x_{31} = 1$, строка 3 и столбец 1 исключаются из дальнейшего рассмотрения. Таблица 2 переходит в таблицу 3.

Используя таблицу 1.2, сравним 2 столбец с остальными.

С 3 столбцом. Опять $x_{42} = 0$. $c_{42} = 3 + 1 = 4$.

С 4 столбцом. Нельзя сделать вывод.

С 5 столбцом. $x_{12} = 0$. $c_{12} = 2 + 1 = 3$.

Сравним 3 столбец со 2. $x_{23} = 0$. $c_{23} = 2 + 1 = 3$. Отсюда $x_{22} = 1$, и вторая строка и второй столбец уходят. Таблица 3 вырождается в таблицу 4. Из нее следует, что $x_{54} = 1$. Пятая строка и четвертый столбец уходят. Остается таблица 1.4. Из нее $x_{15} = 1$ и $x_{43} = 1$.

Следовательно, отличные от нуля элементы: $x_{15} = 1$, $x_{22} = 1$, $x_{31} = 1$, $x_{43} = 1$, $x_{54} = 1$. Значение целевой функции равно $C = 1 + 2 + 1 + 3 + 1 = 8$.

Таблица 3

Столбцы	2	3	4	5
Строки				
1	4 3	6 3	2	1
2	2	4 3	6 1	5 3
4	6 5,4	3	5 4,3	2
5	3	5 4	1	6 3

Таблица 4

Столбцы	3	4	5
Строки			
1	6 3	2	1
4	3	5 4,3	2
5	5 4	1	6 3

Таблица 5

Столбцы	3	5
Строки		
1	6 3	1
4	3	2

Таким образом, решение имеет следующий вид:

Таблица 6

Столбцы	2	3	4	5
Строки				
1		1		
2				
4			1	
5		1		

Задача 2. Специалисту авиаремонтного завода для заключения договора о поставке запасных частей из пяти городов необходимо побывать в каждом из них один раз и вернуться в исходный пункт маршрута.

Пояснения к задаче 2. Задача состоит из двух частей.

Первая часть посвящена формированию базы данных для решения задачи.

Вторая часть направлена на определение рационального маршрута с целью минимизировать затраты на поездку.

Будем считать, что расстояния (км) между пунктами представлены в табл.1. (Приложение 1). Каждый пункт имеет путь сообщения со всеми остальными, протяженность между городами «туда и обратно» - одинаковая.

Часть 2.1. Формирование базы данных.

2.1.1. Охарактеризовать наземные виды транспорта, которые могут быть использованы на данном маршруте. Например, железнодорожный (поезда дальнего следования и электропоезда); автомобильный (междугородние автобусы, личный автотранспорт) и др. Сравнить технико-экономические характеристики видов транспорта, указав их достоинства и недостатки при использовании в рассматриваемых условиях. Исходные данные представлены в табл.3. (Приложение 3).

2.1.2. Рассчитать материальные затраты специалиста авиаремонтного завода при последовательном посещении пяти городов для заключения договоров на поставку запасных частей. Рассмотреть использование различных видов транспорта. Результаты расчетов представить в табл.2. (Приложение 2).

2.1.3. Порядок расчетов.

Рассчитать и сравнить время следования специалиста авиаремонтного завода при использовании рекомендуемых видов транспорта.

Затраты времени пассажира на поездку (T_n) при использовании железнодорожного транспорта определяются исходя из протяженности маршрута ($L_{\text{э}}$), скорость передвижения (V_p), времени, затраченного в начальных и конечных пунктах ($t_{\text{нк}}$) и времени ожидания ($t_{\text{ож}}$).

$$T_n = \frac{L\vartheta}{Vp} + t_{нк} + t_{ож}, \quad \text{где}$$

$$t_n = (N_{nc}^6 * N_v * K_{исп}) / P_{нос};$$

$$t_n = (N_{nc}^6 * N_v * K_{исп}) / P_{выс}, \quad \text{где}$$

N_{nc}^6 – количество посадочных мест в вагоне;

N_v – количество вагонов в железнодорожном составе;

$K_{исп}$ – коэффициент использования посадочных мест;

$P_{нос}; P_{выс}$ – производительность обслуживания пассажиров при посадке и при высадке в вагон.

Затраты времени пассажира на поездку (T_n) при использовании автомобильного транспорта определяются:

$$T_n = \frac{L\vartheta}{Vp} + t_{нк} + t_{ож}, \quad \text{где}$$

$$t_n = (N_{nc}^{ав} * K_{исп}) / P_{нос};$$

$$t_n = (N_{nc}^{ав} * K_{исп}) / P_{выс}, \quad \text{где}$$

$N_{nc}^{ав}$ – количество посадочных мест в автобусе;

$K_{исп}$ – коэффициент использования посадочных мест;

$P_{нос}; P_{выс}$ – производительность обслуживания пассажиров при посадке и при высадке в автобус.

Время ожидания пассажиром очередного автобуса на остановочном пункте является функцией интервала движения между ними ($t_{ин}$).

В момент одновременного подхода пассажира и автобуса к остановке, время ожидания будет минимальным, т.е. $t_{ож} = t_{min}$. Когда пассажир подходит к остановке в момент отхода автобуса, время ожидания будет максимальным, т.е. $t_{ож} = t_{max} = t_{ин}$. Таким образом, среднее ожидание автобуса можно рассчитать:

$$t_{ож} = (t_{max} + t_{min}) / 2 = 0,5 t_{ин}, \quad \text{где}$$

$t_{max}; t_{min}$ – максимальное и минимальное время ожидания очередного автобуса (час);

$t_{ин}$ – интервал движения автобуса (час).

Время начальных и конечных операций рассчитывается исходя из количества пассажирских мест, коэффициента использования загрузки (0,7 – 0,8) и производительности обслуживания пассажиров при посадке или высадке.

Дополнительная информация: Производительность обслуживания пассажиров:

1. при посадке в транспортное средство:
 - автобус – 60 человек в час;
 - самолет – 200 человек в час;
 - электропоезд – 3000 человек в час.
2. при высадке пассажиров в конечном пункте:
 - автобус – 100 человек в час;
 - самолет – 400 человек в час;
 - электропоезд – 4500 человек в час.

Стоимость пассажиро-часов пребывания пассажиров в пути (C_i) – это показатель, который характеризует потенциальные потери пассажира из-за пассивного пребывания в пути. По величине затрат, которые можно рассматривать как упущенная выгода клиента или его работодателя, можно осуществлять выбор транспорта по целям поездки. Чем меньше потерь от пассивного пребывания в транспорте во время движения, тем выгоднее способ поездки.

$$C_i = C_{nc} * Q_i * T_n * K_{my}, \text{ где}$$

C_{nc} – стоимость пассажирочаса (принять равным 500 – 1500 руб.),

Q_i – число пассажиров, следующих по i -му варианту перевозки;

T_n – продолжительность поездки пассажира;

K_{my} – коэффициент транспортной усталости пассажира при поездке (принять равным 1,1 – 1,9), в зависимости от полученных результатов анализа технико-экономических характеристик рассматриваемых видов транспорта;

Эффективность маршрута может быть оценена разностью затрат:

$$\Delta \mathcal{E} = (Z_{ij}(a) - Z_{ij}(в)), \quad \text{где}$$

$Z_{ij}(a)$ и $Z_{ij}(в)$ – абсолютные затраты на поездку по рассматриваемым вариантам (а - транспорт; в - транспорт).

$$Z_{ij} = Z_{\text{mat}} + C_i, \quad \text{где}$$

Z_{mat} – материальные затраты на поездку по рассматриваемому маршруту с использованием выбранных видов транспорта. Данные затраты необходимо установить самостоятельно, используя информацию соответствующих агентств по продаже перевозок или путем расчета расходов на топливо при использовании личного транспорта.

2.1.3. Расчет затрат времени пассажира на поездку при использовании железнодорожного транспорта:

Участки маршрута

$$\begin{aligned}
 1-2: \quad T_n &= \frac{L_{\mathcal{E}}}{V_p} + t_{\text{нк}} + t_{\text{ож}} = 44/61 + (62 \cdot 0,7)/3000 + (62 \cdot 0,7)/4500 + 15/60 = 1,01(\text{час}); \\
 1-3: &= 30/61 + (62 \cdot 0,7)/3000 + (62 \cdot 0,7)/4500 + 15/60 = 0,77(\text{час}); \\
 1-4: &= 35/61 + (62 \cdot 0,7)/3000 + (62 \cdot 0,7)/4500 + 15/60 = 0,85(\text{час}); \\
 1-5: &= 55/61 + (62 \cdot 0,7)/3000 + (62 \cdot 0,7)/4500 + 15/60 = 1,18(\text{час}); \\
 2-3: &= 84/61 + (62 \cdot 0,7)/3000 + (62 \cdot 0,7)/4500 + 15/60 = 0,83(\text{час}); \\
 2-4: &= 57/61 + (62 \cdot 0,7)/3000 + (62 \cdot 0,7)/4500 + 15/60 = 1,2(\text{час}); \\
 2-5: &= 30/61 + (62 \cdot 0,7)/3000 + (62 \cdot 0,7)/4500 + 15/60 = 0,76(\text{час}); \\
 3-4: &= 40/61 + (62 \cdot 0,7)/3000 + (62 \cdot 0,7)/4500 + 15/60 = 0,93(\text{час}); \\
 3-5: &= 22/61 + (62 \cdot 0,7)/3000 + (62 \cdot 0,7)/4500 + 15/60 = 0,63(\text{час}); \\
 4-5: &= 40/61 + (62 \cdot 0,7)/3000 + (62 \cdot 0,7)/4500 + 15/60 = 0,93(\text{час}).
 \end{aligned}$$

2.1.4. Расчет стоимости пассажиро-часов пребывания пассажира в пути:

Участки маршрута

$$\begin{aligned}
 1-2: \quad C_i &= C_{nc} * Q_i * T_n * K_{my} = 1000 * 1 * 1,01 * 1,4 = 1414(\text{руб.}); \\
 1-3: &= 1000 * 1 * 0,77 * 1,4 = 1078(\text{руб.});
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
1-4: & \quad = 1000 * 1 * 0,85 * 1,4 = 1190 \text{ (руб.)}; \\
1-5: & \quad = 1000 * 1 * 1,18 * 1,4 = 1652 \text{ (руб.)}; \\
2-3: & \quad = 1000 * 1 * 0,83 * 1,4 = 1162 \text{ (руб.)}; \\
2-4: & \quad = 1000 * 1 * 1,20 * 1,4 = 1680 \text{ (руб.)}; \\
2-5: & \quad = 1000 * 1 * 0,76 * 1,4 = 1064 \text{ (руб.)}; \\
3-4: & \quad = 1000 * 1 * 0,93 * 1,4 = 1302 \text{ (руб.)}; \\
3-5: & \quad = 1000 * 1 * 0,63 * 1,4 = 882 \text{ (руб.)}; \\
4-5: & \quad = 1000 * 1 * 0,93 * 1,4 = 1302 \text{ (руб.)}.
\end{aligned}$$

2.1.5. Расчет материальных затрат на поездку согласно стоимости билета (источник информации - Интернет):

Участки маршрута

$$\begin{aligned}
1-2: 70 \text{ (руб.)}; & \quad 1-5: 77 \text{ (руб.)}; & \quad 2-5: 42 \text{ (руб.)}; & \quad 4-5: 56 \text{ (руб.)}. \\
1-3: 47 \text{ (руб.)}; & \quad 2-3: 48 \text{ (руб.)}; & \quad 3-4: 56 \text{ (руб.)}; \\
1-4: 49 \text{ (руб.)}; & \quad 2-4: 80 \text{ (руб.)}; & \quad 3-5: 31 \text{ (руб.)};
\end{aligned}$$

2.1.6. Рассчитаем абсолютные затраты пассажира на поездку:

Участки маршрута

$$\begin{aligned}
1-2: Z_{ij} = Z_{mat} + Ci & = 70 + 1414 = 1484 \text{ (руб.)}; \\
1-3: & = 47 + 1078 = 1125 \text{ (руб.)}; \\
1-4: & = 49 + 1190 = 1239 \text{ (руб.)}; \\
1-5: & = 77 + 1652 = 1729 \text{ (руб.)}; \\
2-3: & = 48 + 1162 = 1210 \text{ (руб.)}; \\
2-4: & = 80 + 1680 = 1760 \text{ (руб.)}; \\
2-5: & = 42 + 1064 = 1106 \text{ (руб.)}; \\
3-4: & = 56 + 1302 = 1358 \text{ (руб.)}; \\
3-5: & = 31 + 882 = 913 \text{ (руб.)}; \\
4-5: & = 56 + 1302 = 1358 \text{ (руб.)}.
\end{aligned}$$

2.1.7. Расчет затрат времени пассажира на поездку при использовании автомобильного транспорта:

Участки маршрута

$$\begin{aligned} 1-2: T_n &= \frac{L_{\text{э}}}{V_p} + t_{\text{нк}} + t_{\text{ож}} = 44/58 + (41 * 0,7)/60 + (41 * 0,7)/100 + 26/60 = 2,0 \text{ (час);} \\ 1-3: &= 30/58 + (41 * 0,7)/60 + (41 * 0,7)/100 + 26/60 = 1,7 \text{ (час);} \\ 1-4: &= 35/58 + (41 * 0,7)/60 + (41 * 0,7)/100 + 26/60 = 1,8 \text{ (час);} \\ 1-5: &= 55/58 + (41 * 0,7)/60 + (41 * 0,7)/100 + 26/60 = 2,1 \text{ (час);} \\ 2-3: &= 84/58 + (41 * 0,7)/60 + (41 * 0,7)/100 + 26/60 = 2,6 \text{ (час);} \\ 2-4: &= 57/58 + (41 * 0,7)/60 + (41 * 0,7)/100 + 26/60 = 2,2 \text{ (час);} \\ 2-5: &= 30/58 + (41 * 0,7)/60 + (41 * 0,7)/100 + 26/60 = 1,7 \text{ (час);} \\ 3-4: &= 40/58 + (41 * 0,7)/60 + (41 * 0,7)/100 + 26/60 = 1,9 \text{ (час);} \\ 3-5: &= 22/58 + (41 * 0,7)/60 + (41 * 0,7)/100 + 26/60 = 1,6 \text{ (час);} \\ 4-5: &= 40/58 + (41 * 0,7)/60 + (41 * 0,7)/100 + 26/60 = 1,9 \text{ (час);} \end{aligned}$$

2.1.8. Расчет стоимости пассажиро-часов пребывания пассажира в пути:

Участки маршрута

$$\begin{aligned} 1-2: C_i &= C_{nc} * Q_i * T_n * K_{my} = 1000 * 1 * 2,0 * 1,6 = 3200 \text{ (руб.);} \\ 1-3: &= 1000 * 1 * 1,7 * 1,6 = 2720 \text{ (руб.);} \\ 1-4: &= 1000 * 1 * 1,8 * 1,6 = 2880 \text{ (руб.);} \\ 1-5: &= 1000 * 1 * 2,1 * 1,6 = 3360 \text{ (руб.);} \\ 2-3: &= 1000 * 1 * 2,6 * 1,6 = 4160 \text{ (руб.);} \\ 2-4: &= 1000 * 1 * 2,2 * 1,6 = 3520 \text{ (руб.);} \\ 2-5: &= 1000 * 1 * 1,7 * 1,6 = 2720 \text{ (руб.);} \\ 3-4: &= 1000 * 1 * 1,9 * 1,6 = 3040 \text{ (руб.);} \\ 3-5: &= 1000 * 1 * 1,6 * 1,6 = 2560 \text{ (руб.);} \\ 4-5: &= 1000 * 1 * 1,9 * 1,6 = 3040 \text{ (руб.).} \end{aligned}$$

2.1.9. Расчет материальных затрат на поездку согласно стоимости билета
(источник информации - Интернет):

Участки маршрута

1-2: 75 (руб.); 1-5: 94 (руб.); 2-5: 51 (руб.); 4-5: 68 (руб.).
1-3: 51 (руб.); 2-3: 143 (руб.); 3-4: 68 (руб.);
1-4: 60 (руб.); 2-4: 97 (руб.); 3-5: 37 (руб.);

2.1.10. Рассчитаем абсолютные затраты пассажира на поездку:

Участки маршрута

1-2: $Z_{ij} = Z_{mat} + Ci = 75 + 3200 = 3275$ (руб.);
1-3: = $51 + 2720 = 2771$ (руб.);
1-4: = $60 + 2880 = 2940$ (руб.);
1-5: = $94 + 3360 = 3454$ (руб.);
2-3: = $143 + 4160 = 4303$ (руб.);
2-4: = $97 + 3520 = 3617$ (руб.);
2-5: = $51 + 2720 = 2771$ (руб.);
3-4: = $68 + 3040 = 3108$ (руб.);
3-5: = $37 + 2560 = 2597$ (руб.);
4-5: = $68 + 3610 = 3678$ (руб.).

После проведенных расчетов заполняется рабочая таблица исходных данных
(приложение 2).

Таблица 7

Затраты на поездку специалиста ремонтного завода (ден.ед.)

Железнодорожный транспорт		1	2	3	4	5
	1	X	1484	1125	1239	1729
	2	1484	X	1210	1760	1106
	3	1125	1210	X	1358	913
	4	1239	1760	1358	X	1358
	5	1729	1106	913	1358	X
Автомобильный транспорт	1	X	3275	2771	2940	3454
	2	3275	X	4303	3617	2771
	3	2771	4303	X	3108	2597
	4	2940	3617	3108	X	3678
	5	3454	2771	2597	3678	X

Часть 2.2. Метод решения задачи.

Данная задача относится к часто встречающимся задачам в экономике, которые носят название задачи коммивояжера. Постановка задачи такова: имеется n городов, расстояния или стоимость проезда между которыми заданы матрицей. $|c_{ij}|$, $i = 1, n$; $j = 1, n$. Коммивояжер должен побывать в каждом городе один раз и вернуться в исходный пункт маршрута, затратив при этом минимум денег.

Для её решения предлагается использовать тот же ПС-метод. Сначала рассмотрим матрицу коэффициентов целевой функции. Не допустимо, чтобы коммивояжер из некоторого города возвращался туда обратно. Поэтому все диагональные элементы должны быть равны нулю. Чтобы добиться этого, достаточно положить их очень большими (ввести так

называемые штрафные функции). Коэффициент при этих элементах должен быть больше любого другого элемента целевой функции.

Решение задачи коммивояжера состоит из двух этапов: 1) сначала решается задача о назначениях, 2) затем ищется собственно решение исходной задачи.

Рассмотрим снова таблицу 1, заменим диагональные коэффициенты штрафной функцией и решаем задачу о назначениях (табл.7).

Таблица 7

Столбцы Строки	1	2	3	4	5
1	10	4	6	2	1
2	3	10	4	6	5
3	1	8	10	7	4
4	4	6	3	10	2
5	2	3	5	1	10

Способ изменения коэффициентов целевой функции приведен в пояснении к задаче 3.1. Столбец 1 и строка 3 исключаются из рассмотрения (табл.8). Далее третий столбец и вторая строка исключаются из рассмотрения (табл.9).

Таблица 8

Столбцы Строки	2	3	4	5
1	4	6 2,1	2	1
2	10 9,8,7	4	6	5
4	6 5	3 2	10 8,4,3	2
5	3	5 4,1	1	10 5,3,1

Таблица 9

Столбцы Строки	2	4	5
1	4	2	1
4	6 5	10 8,4,3	2
5	3	1	10 5,3,1

Пятый столбец и четвертая строка исключаются из рассмотрения (табл.10)

Таблица 10

Столбцы Строки	2	4
1	4	2
5	3	1

В последней таблице решение неединственно. Годится и пара $x_{12} = 1$, $x_{54} = 1$ и пара $x_{14} = 1$, $x_{52} = 1$. Представим решение в виде таблицы. Будет либо 1.х, либо 1.у

Таблица 11

Столбцы Строки	1	2	3	4	5
1		1			
2			1		
3	1				
4					1
5				1	

Таблица 12

Столбцы Строки	1	2	3	4	5
1				1	
2			1		
3	1				
4					1
5		1			

Первое решение будет таким: 1-2-3-1 и 4-5-4. Второе - 1-4-5-2-3-1. Второе решение и будет решением задачи коммивояжера.

В задаче о назначениях полученное решение а) либо представляет замкнутый маршрут, включающий все города, б) либо представляет совокупность нескольких замкнутых локальных маршрутов. Случай а) является собой и решение задачи коммивояжёра, т.е. решение задачи о назначениях даёт одновременно решение задачи коммивояжёра. Для получения требуемого решения из случая б) следует использовать решение задачи о назначениях для получения одного замкнутого маршрута наименьшей стоимости. Пусть решение задачи о назначениях представимо в виде двух замкнутых маршрутов: ABC и DEF (рис. п1.1). Следует соединить эти маршруты в один так, чтобы увеличение целевой функции было минимальным. Осуществляется это с помощью алгоритма, состоящего из следующих этапов:

1. В качестве исходных ветвей выбираются ветви, входящие в оптимальные решения задачи о назначениях. Для каждой такой ветви подсчитываются оценка по выражению:

$$\beta_{kr} = \min_{i=1,n;i \neq k} \{c_{ir}\} + \min_{j=1,n;j \neq r} \{c_{kj}\}$$

По существу, эта оценка говорит о том, насколько увеличиться целевая функция, если эта ветвь не войдет в оптимальное решение.

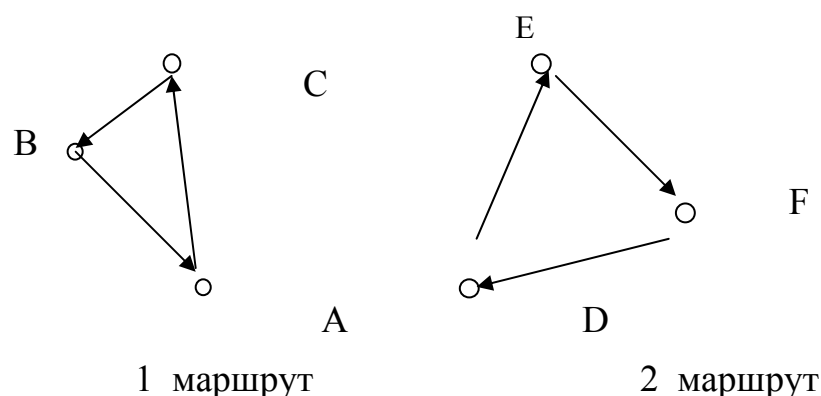


Рис. 1. Рассчитанные два замкнутых маршрута

1. Из рассмотренных ветвей выбирается ветвь с максимальным значением оценки, т.е. $\beta_{sp} = \max_{\{k,r\}} \{\beta_{k,r}\}$. Её начало характеризует точка s , конец - точка p .

2. Эта ветвь должна остаться в оптимальной цепи. Если уже есть часть оптимальной цепи (с начальной точкой α и конечной точкой σ), то могут быть три варианта:

- а) ветвь можно поставить в начало цепи, если показатель начала цепи одинаков с показателем конца ветви, т.е. $\alpha = p$,
- б) ветвь можно поставить в конец цепи, если показатель конца цепи равен показателю начала ветви, т.е. $\sigma = s$,
- в) ветвь нельзя поставить ни в начало, ни в конец цепи, т.е. $\alpha \neq p$ и $\sigma \neq s$.

Следует предусмотреть невозможность организации частных замкнутых маршрутов. Поэтому следует сделать запреты на переход в вариантах:

- а) от точки конца цепи σ к точке s ,
- б) от точки p к точке начала цепи α ,
- в) от точки p к точке s .

Перейти к этапу 1, исключив уже рассмотренные ветви.

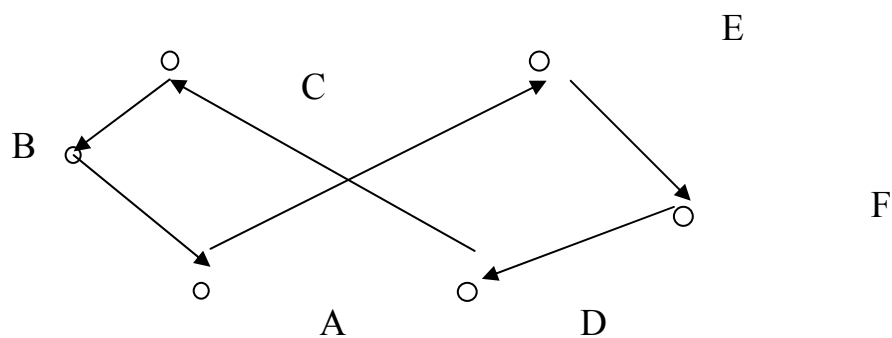


Рис. 2. Оптимальный маршрут

Варианты заданий к задаче 3.1.

Затраты на полет каждого из самолетов (тыс.руб.) в каждый из пяти городов

Вариант 1

	1	2	3	4	5
1	123	814	229	310	416
2	610	415	421	732	450
3	338	219	550	640	317
4	719	216	441	533	515
5	570	810	334	551	430

Вариант 2

	1	2	3	4	5
1	262	481	502	337	406
2	341	505	208	452	755
3	123	279	345	136	717
4	421	258	324	843	231
5	367	611	514	511	303

Вариант 3

	1	2	3	4	5
1	414	504	142	161	306
2	241	485	431	373	765
3	370	690	445	766	347
4	691	218	164	399	771
5	563	411	264	195	822

Вариант 4

	1	2	3	4	5
1	111	464	162	133	286
2	531	565	229	192	175
3	213	349	450	650	307
4	431	236	334	330	621
5	520	591	830	645	810

Вариант 5

	1	2	3	4	5
1	221	415	531	133	725
2	347	631	454	151	343
3	153	250	730	436	157
4	461	238	434	283	271
5	474	524	212	411	366

Вариант 6

	1	2	3	4	5
1	103	209	325	156	717
2	291	455	313	343	375
3	183	249	354	166	577
4	691	208	124	639	571
5	371	515	248	402	275

Вариант 7

	1	2	3	4	5
1	193	204	621	533	280
2	381	580	459	222	695
3	277	209	511	613	323
4	465	676	307	304	213
5	152	134	434	404	610

Вариант 8

	1	2	3	4	5
1	601	424	340	355	575
2	303	260	304	557	307
3	730	242	340	656	179
4	511	848	378	523	740
5	191	344	227	195	388

Вариант 9

	1	2	3	4	5
1	423	330	603	184	347
2	332	565	341	423	715
3	228	267	503	645	770
4	648	588	364	404	327
5	204	850	563	166	717

Вариант 10

	1	2	3	4	5
1	131	530	439	252	655
2	511	355	329	162	715
3	112	143	343	644	670
4	411	236	334	380	671
5	150	3351	530	458	800

Вариант 11

	1	2	3	4	5
1	733	254	384	676	179
2	373	651	545	751	337
3	333	555	541	237	175
4	441	285	345	783	271
5	445	686	377	374	723

Вариант 12

	1	2	3	4	5
1	363	630	354	578	300
2	763	324	534	686	190
3	668	583	345	840	302
4	616	328	164	369	710
5	453	431	246	145	202

Вариант 13

	1	2	3	4	5
1	313	525	431	243	155
2	281	227	503	465	750
3	127	292	351	634	533
4	681	528	343	404	225
5	611	282	143	349	715

Вариант 14

	1	2	3	4	5
1	628	508	364	490	332
2	612	280	147	399	371
3	243	300	670	918	343
4	432	306	607	198	334
5	111	264	672	169	238

Вариант 15

	1	2	3	4	5
1	453	304	630	138	364
2	535	440	333	423	565
3	528	274	350	625	706
4	358	545	344	230	528
5	225	440	133	246	297

Вариант 16

	1	2	3	4	5
1	193	234	612	513	230
2	319	560	349	122	653
3	527	293	531	613	333
4	455	662	373	314	323
5	670	441	390	841	903

Вариант 17

	1	2	3	4	5
1	681	434	305	353	505
2	338	360	346	572	300
3	283	359	187	361	209
4	565	338	345	214	300
5	516	343	208	100	390

Вариант 18

	1	2	3	4	5
1	217	269	521	613	303
2	628	558	344	420	212
3	238	274	560	653	720
4	247	293	571	632	343
5	685	581	348	401	252

Вариант 19

	1	2	3	4	5
1	308	505	424	300	522
2	212	400	123	406	267
3	237	209	512	630	336
4	425	606	372	304	236
5	112	114	234	404	660

Вариант 20

	1	2	3	4	5
1	641	414	380	352	575
2	334	620	347	570	360
3	686	538	348	404	252
4	513	848	385	230	440
5	912	454	226	197	338

Приложение 2

Таблица 1

Затраты на поездку специалиста ремонтного завода (ден.ед.)

Железнодорожный транспорт		1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
Автомобильный транспорт		1	2	3	4	5
	1					
	2					
	3					
	4					
	5					

Приложение 3

Таблица 2

Исходные данные для расчета затрат на поездку

Вариант	Виды транспорта						
	Железнодорожный				Автомобильный		
	Кол-во вагонов	Время ожидания (мин)	Кол-во мест в вагоне	Скорость (км/час)	Интервал движения (мин)	Кол-во мест в салоне	Скорость (км/час)
1	2	3	4	5	6	7	8
1	14	15	62	85	34	46	90
2	16	14	62	75	12	33	95
3	12	12	62	90	40	21	92
4	11	10	62	78	24	41	88
5	10	20	62	95	18	33	79
6	13	18	62	80	42	46	70
7	15	16	62	73	22	41	80
8	145	15	62	65	30	34	85
9	12	13	62	61	50	41	81
10	11	12	62	72	28	48	75
11	10	19	62	77	14	21	77
12	16	33	62	65	16	46	80
13	12	13	62	68	54	33	66
14	11	10	62	70	36	21	76
15	10	11	62	85	22	41	82
16	13	15	62	75	10	33	67
17	15	18	62	73	38	46	58
18	16	17	62	65	66	41	60
19	12	20	62	74	20	34	70
20	11	15	62	61	26	41	58

Список литературы

1. Большедворская Л.Г. Единая транспортная система. Часть 1. – М.: РИО МГТУ ГА, 2007.
2. Большедворская Л.Г. Единая транспортная система. Часть 2. – М.: РИО МГТУ ГА, 2008.
3. Петрунин иС.В. Организационные и логистические методы повышения эффективности производственной деятельности авиакомпаний. – М: Авиа Бизнес Групп, 2006.