

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

Л.Г. Большедворская

**ПОСОБИЕ**

к выполнению практических занятий по дисциплине  
«ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТРАНСПОРТА ПРИ  
СМЕШАННЫХ ПЕРЕВОЗКАХ»

*для студентов  
специальности 190701, направления 190700*

*всех форм обучения*

Москва - 2013

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

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

---

Кафедра Организация перевозок на ВТ  
Л.Г.Большедворская

**ПОСОБИЕ**

к выполнению практических занятий  
по дисциплине  
«ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВИДОВ ТРАНСПОРТА ПРИ СМЕШАННЫХ  
ПЕРЕВОЗКАХ»

*для студентов  
специальности 190701, направления 190700*

*всех форм обучения*

Москва - 2013

Рецензент кандидат экономических наук, доцент Вороницына Г.С.

Автор Большедворская Л. Г.

Пособие к выполнению практических занятий по дисциплине «Взаимодействие видов транспорта при смешанных перевозках» - М.: МГТУ ГА, 2013.

Данное учебное пособие издается в соответствии с учебным планом студентов специальности 190701, направления 190700 и рабочей программой по дисциплине «Взаимодействие видов транспорта при смешанных перевозках» всех форм обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 18.04.2013г. и методического совета по специальности 190701 18.04.2008г.

## Содержание

Введение.....	4
1. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	4
1.1. Цель выполнения практических занятий.....	4
1.2. Перечень тем практических занятий и их содержание.....	5
2. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ.....	6
2.1. Маршрутизация перевозок.....	6
2.2. Оценка использования кольцевого маршрута.....	10
2.3. Описание метода ветвей и границ для решения задачи коммивояжера.....	11
2.4. Выбор эффективного способа перевозки пассажиров.....	16
2.5. Выбор перевозчика методом теории нечетких множеств.....	22
Литература.....	29

## Введение

Транспорт – важнейший элемент экономики России. Его динамичное развитие и эффективное функционирование является необходимым условием достижения высоких и устойчивых темпов экономического роста, обеспечения целостности, национальной безопасности и обороноспособности страны, повышения уровня жизни населения.

Большую роль в экономике играет инфраструктурный комплекс, важной частью которого является коммуникационная система. Коммуникационная система России включает транспорт и связь, основная задача которых – перемещение в пространстве информации, энергии, людей и других разнообразных веществ.

Развитие транспорта и других отраслей экономики тесно взаимосвязаны. Характер подвижности населения, уровень развития производства и торговли определяют спрос на услуги и условия эффективного взаимодействия различных видов транспорта.

Этим обусловлена актуальность развития у будущих специалистов по организации перевозок практического опыта решения задач использования различных видов транспорта в зависимости технических, технологических и экономических аспектов.

### 1. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

#### 1.1. Цель выполнения практических занятий

В соответствии с учебным планом студентов специальности 190701, направления 190700 и рабочей программой по дисциплине «Взаимодействие видов транспорта при смешанных перевозках» получение знаний, соответствующих характеру будущей практической деятельности и полностью отражающих порядок организации смешанных (мультимодальных) перевозок с участием различных видов транспорта.

Основными задачами практических занятий по учебной дисциплине «Взаимодействие видов транспорта при смешанных перевозках» являются:

- освоение принципов маршрутизации перевозок, построение рациональных одновидовых и многовидовых схем перевозки пассажиров и доставки грузов;
- практическое применение принципов выбора схемы перевозки с учетом организационных, технических, технологических и экономических аспектов взаимодействия транспорта;
- проведение оценки качества и объема выполняемой работы различными видами транспорта при грузовых и пассажирских перевозках;

- владение методами построения совмещенных графиков взаимодействия транспорта;
- осуществление выбора показателей для оценки работы различных видов транспорта и проведение оценки и анализа затрат при смешанной перевозке в зависимости от дальности маршрута и времени в пути;
- использование математических методов для решения прикладных задач с целью повышения эффективности использования транспорта.

## 1.2. Перечень тем практических занятий и их содержание (34 часа)

ПЗ1. Особенности транспорта как отрасли материального производства. Характеристика видов сообщения в зависимости от участия транспорта в экономике страны (2 часа) [4, с. 4-6].

ПЗ2. Основные элементы транспортного процесса. Кольцевые и маятниковые системы доставки. Применение коэффициента использования пробега ( $\beta$ ) для определения направления движения (2 часа) [4, с. 7-11].

ПЗ3. Маршрутизация пассажирских потоков (2 часа) [4, с. 8-16]

Освоение метода построения маршрута для организации поездки пассажиров (2 часа) [4, с. 8-16].

ПЗ4. Маршрутизация грузовых потоков. Построение кольцевых развозочных маршрутов (2 часа) [4, с. 8-16].

ПЗ5. Планирование и показатели выполнения работы на транспорте (2 часа).

Решение задач, связанных с расчетом объемных показателей транспорта (густота перевозок, средняя дальность доставки одного пассажира, одной тонны груза, объем перевозок) [4, с. 16-21].

ПЗ6. Эксплуатационные показатели деятельности транспорта и методы их оценки (2 часа)

Решение задач по оценке эксплуатационных возможностей транспорта (провозная способность, количество рейсов, количество транспортных единиц, время работы транспорта, время рейса и др.) [4, с. 21-24].

ПЗ7. Экономические аспекты взаимодействующих видов транспорта при смешанных перевозках (2 часа).

Решение задач оценки экономических затрат потребителей и производителей транспортных услуг (затраты начально-конечные, затраты движущие, стоимость пассажирочасов пребывания в пути) [4, стр.12-15].

ПЗ8. Графический метод выбора зон рационального использования транспорта (взаимодействующих видов транспорта) в зависимости от дальности и затрат на поездку (4 часа) [4, с. 12-15].

ПЗ9. Маршрутизация перевозок (2 часа)

Расчет и построение эффективных маршрутов грузовых перевозок (оценка эффективности использования маршрута); маршрутизация пассажирских потоков между аэропортами [5, с. 7-15].

ПЗ10. Применение математических методов для расстановки воздушных судов по авиалиниям таким образом, чтобы затраты на их эксплуатацию были минимальными (2 часа) [6, с. 6-12].

ПЗ11. Принципы и методы выбора видов транспорта потребителями транспортных услуг (2 часа) [4, с. 8-16].

ПЗ12. Принципы и методы рационального распределения транспортных средств при доставке продукции от производителя до потребителя (2 часа) [4, с. 8-16].

ПЗ13. Проектирование системы доставки грузов. Модели принятия решения при выборе системы доставки грузов в зависимости от ситуации (2 часа) [5, с. 68-74].

ПЗ14. Расчет и построение контактных (совмещенных) графиков взаимодействия транспорта (4 часа)

Освоение практических навыков построения и анализа совмещенных графиков взаимодействующих видов транспорта при грузовых и пассажирских перевозках [4, с. 31-37].

## 2. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ

### 2.1. Маршрутизация перевозок

Задача 1. Построить два развозочных кольцевых маршрута и организовать перевозку между пунктами с минимальным пробегом автотранспорта.

Пункт А является поставщиком продукции. Объем отправок в пункты-потребители представлен в табл. 1.

Таблица 1

Объем доставки продукции по пунктам-потребителям

Потребители	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К
Объем (тонн)	93	16	95	18	22	57	42	24	109

На рис.2 представлена существующая схема развозочного кольцевого маршрута.

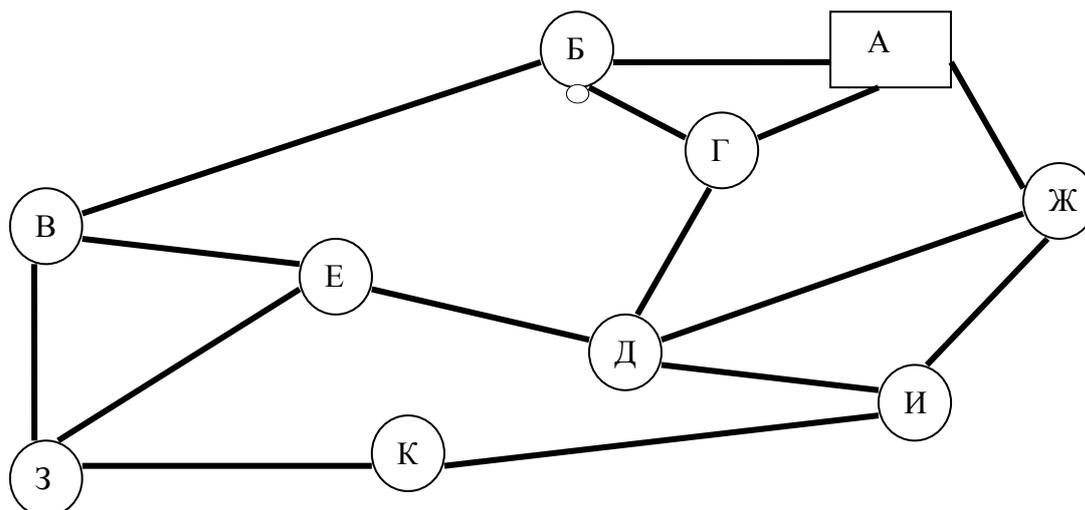


Рис.1. Схема развозочного кольцевого маршрута

В табл. 2 представлены данные о протяженности маршрутов между пунктами-потребителями продукции.

Таблица 2

Расстояния между пунктами-потребителями (км)

А-Б	А-Г	А-Ж	Б-В	Б-Г	В-Е	В-З	Д-Г	Д-Е	Д-Ж	Д-И	И-Ж	И-К	З-К	Е-З
40,7	38,8	72,4	43,6	27,1	60,7	68,2	49,5	38,8	24,4	62,2	66,5	8,6	16,5	16,9

Решение состоит из нескольких этапов. На первом этапе группируются пункты маршрута с учетом количества перевозимого груза таким образом, чтобы объем перевозок был на каждом из маршрутов равным или примерно равным.

Маршрут 1 (М1)

Б – 93 т

Е – 22 т

З – 42 т

И – 24 т

238 т

Маршрут 2 (М2)

В – 16 т

Г – 95 т

Д – 18 т

К – 109 т

238 т

На втором этапе составляется таблица, количество строк и столбцов которой должно соответствовать числу пунктов потребителей, включая пункт отправления (А). На пересечении соответствующих пунктов указываются расстояния между ними (самое короткое из всех возможных на основании схемы расположения пунктов-потребителей) (табл. 3 и 4).

Таблица 3

## Расстояния между пунктами первого маршрута

<b>А</b>	40,7	127,1	151,1	138,9	72,4
40,7	<b>Б</b>	104,3	111,8	138,8	101,0
127,1	104,3	<b>Е</b>	16,9	42	63,2
151,1	111,8	16,9	<b>З</b>	25,1	80,1
138,9	138,8	42	25,1	<b>И</b>	66,5
72,4	101,0	63,2	80,1	66,5	<b>Ж</b>
<b>530,6</b>	<b>496,6</b>	<b>353,3</b>	<b>358,4</b>	<b>411,3</b>	<b>383,2</b>

Таблица 4

## Расстояния между пунктами второго маршрута

<b>А</b>	84,3	38,8	88,3	147,5
84,3	<b>В</b>	70,7	99,5	84,7
38,8	70,7	<b>Г</b>	49,5	120,3
88,3	99,5	49,5	<b>Д</b>	70,8
147,5	84,7	120,3	70,8	<b>К</b>
<b>358,9</b>	<b>339,2</b>	<b>279,3</b>	<b>308,1</b>	<b>423,3</b>

Числа в последней строке каждой из таблиц соответствуют сумме столбцов. Начинаем маршрутизацию первого маршрута, выбирая три пункта с максимальной оценкой столбцов – это А, Б, И (табл.3). Общая протяженность кольцевого маршрута из трех пунктов составит (рис.2)

$$L_{\text{км}} = 40,7 + 138,8 + 138,9 = 318,4 \text{ км}$$

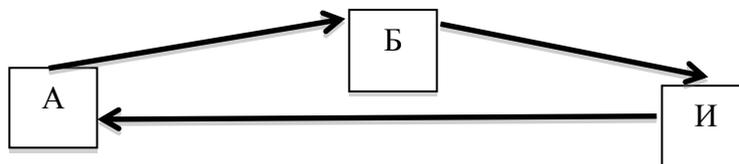


Рис.2. Схема начального кольцевого маршрута

Затем рассчитывается приращение маршрута, последовательно добавляя в него каждый из оставшихся пунктов, например пункт (Ж).

Расстояние маршрута от (А) до (Ж) суммируется с расстоянием маршрута от (Ж) до (Б) и вычитается расстояние от пункта (А) до пункта (Б). Это при условии, что заезд в пункт (Ж) будет осуществляться между пунктами (А) и (Б):

$72,4 + 101,0 - 40,7 = 132,7$  км, но приращение должно быть минимальным, поэтому следует проверить изменение протяженности маршрута с учетом расположения пункта (Ж) между остальными парами пунктов:

$$101,0 + 66,5 - 138,8 = 28,7 \text{ км}; \quad 66,5 + 72,4 - 138,9 = 0 \text{ км}.$$

Расчеты показали, что протяженность маршрута не изменится, если заезд в пункт (Ж) осуществить между пунктами (А) и (И), так как величина приращения равна 0. Если бы при проверке начальной версии о расположении

пункта получился соответствующий результат, дальнейшие расчеты можно прекращать. Если же результат всех расчетов дает разные, но положительные величины, выбирается тот вариант изменения маршрута, приращение которого минимально. После окончания расчетов получили кольцевой маршрут с последовательно расположенными пунктами (рис.3).

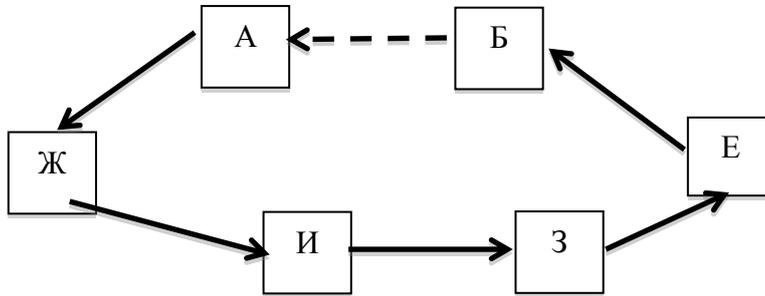


Рис.3 Первый кольцевой маршрут протяженностью, равной сумме расстояний между пунктами:

$$40,7 + 104,3 + 16,9 + 25,1 + 66,5 + 72,4 = 325,9 \text{ км.}$$

Полученный маршрут – развозочный, поэтому очень важно выбрать направление движения от пункта отправителя (А) с учетом коэффициента использования пробега. Коэффициент использования пробега ( $\beta$ ) – это отношение пробега автомобиля с грузом к общему расстоянию маршрута. Если движение автотранспорта организовать по часовой стрелке, коэффициент использования пробега будет равен:

$$(40,7+104,3+16,9+25,1+66,5)/(40,7+104,3+16,9+25,1+66,5+72,4)=253,5/325,9=0,78.$$

Если движение организовать против часовой стрелки:

$$(72,4+66,5+25,1+16,9+104,3)/(72,4+66,5+25,1+16,9+104,3+40,7)=253,5/325,9=0,88.$$

Во втором варианте коэффициент использования пробега больше, следовательно развозочный маршрут следует организовывать, объезжая каждые из его пунктов против часовой стрелки. Участок холостого хода обозначается пунктирной линией. Вторым маршрутом общей протяженностью 328,1 км (рис.4).

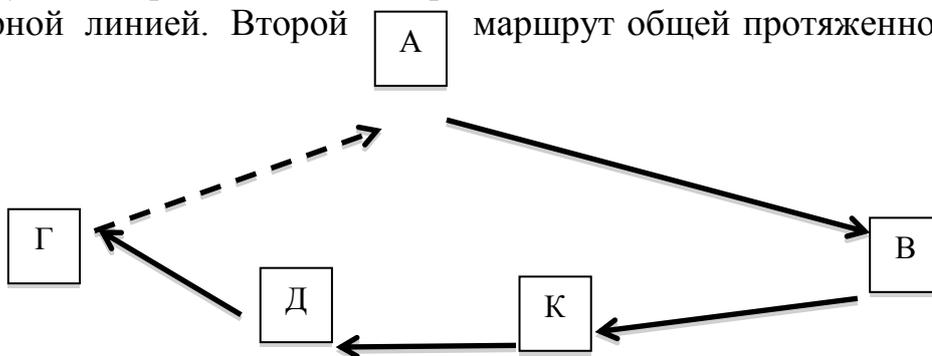


Рис.4. Второй кольцевой маршрут:  $84,3+84,7+70,8+49,5+38,8=328,1$  км

## 2.2. Оценка использования кольцевого маршрута

Задача 2. Рассчитать показатели использования кольцевого маршрута: время работы автомобилей на маршруте; количество оборотов за сутки; время одного оборота за один цикл; суточная производительность одного автомобиля; количество автомобилей; суточный пробег автомобиля с грузом; коэффициент использования пробега (табл.5).

Таблица 5

Характеристика кольцевого маршрута

Участки маршрута	Протяженность (км)	Объем (т)	К(загрузки)	Скорость (км/ч)
АЕ	7,1	233	0,6	10
ЕЗ	2,4	453	0,7	25
ЗА	2,0	-	-	15

Нулевой пробег общий 6 км; время погрузки 0,5 часа; время разгрузки 0,3 часа; вместимость автомобиля 3,5 т; время работы в наряде 16 часов; время работы в месяц 22 рабочих дня.

Время работы автомобилей на маршруте – это разница между временем работы в наряде и временем нулевого пробега, время нулевого пробега зависит от расстояния нулевого пробега и скорости движения (например, среднюю), равной  $10 + 25 + 15 = 16,7$ (км/ч):

$$T_m = 16 - 6 / 16,7 = 16 - 0,36 = 15,6 \text{ (ч)}.$$

Время одного оборота за один цикл – сумма времени на погрузку в пункте отправления, движения по участкам кольцевого развозочного маршрута и времени разгрузки в каждом пункте (две разгрузки – в пункте Е и в пункте З):

$$T_{об} = 0,5 + 7,1/10 + 2,4/25 + 2,0/15 + (2 * 0,3) = 0,5 + 0,7 + 0,1 + 0,1 = 1,4 \text{ (ч)}.$$

Количество оборотов за сутки – это отношение времени работы на маршруте и времени одного оборота за сутки:

$$N_{об} = 15,6 / 1,4 = 11,1.$$

Количество оборотов за сутки должно быть целым числом, округляем до 11 оборотов. И корректируется время работы на маршруте (произведение полного количества оборотов и времени одного оборота) и время работы в наряде (сумма времени работы на маршруте и времени нулевого пробега).

Суточная производительность одного автомобиля – произведение вместимости автомобиля, коэффициента использования коммерческой загрузки (среднюю) и количества оборотов за сутки:

$$P_{сут} = 3,5 * 0,65 * 11 = 25 \text{ (т)}$$

Количество автомобилей – это отношение количества перевозимого груза к производительности одного автомобиля за указанный период времени (22 рабочих дня):

$$N_{ав} = (233 + 453) / 25 * 22 = 686 / 550 = 1,24$$

Количество автомобилей должно быть целым числом, округляя до одного или до двух, следует уточнить необходимое количество дней работы. Например, если округлить до одного автомобиля, время работы составит:

$$Драб. = 686 / 25 * 1 = 27 \text{ дней,}$$

Если округлить количество автомобилей до двух, время работы составит:

$$Драб. = 686 / 25 * 2 = 14 \text{ дней.}$$

Коэффициент использования пробега автомобиля позволяет выбрать направление развозочного маршрута – это отношение расстояния, пройденного с грузом к общему расстоянию:

$$\beta = (7,1 + 2,4) / (7,1 + 2,4 + 2,0) = 9,5 / 11,5 = 0,83.$$

Суточный пробег автомобиля с грузом – произведение общего расстояния, пройденного с грузом и количества оборотов за один цикл:

$$L_{сут(гр)} = (7,1 + 2,4) * 11 = 104,5 \text{ (км).}$$

### 2.3. Описание метода ветвей и границ для решения задачи коммивояжера

Задача 3. Имеется  $n$  пунктов. Расстояние между пунктами представим в виде матрицы, при этом пункт соединен со всеми остальными. Выезжая из одного пункта, коммивояжер должен побывать в других пунктах по одному разу и вернуться в исходный пункт.  $C = |c_{ij}|$ ,  $i = 1, 2, 3, \dots, 6$ ;  $j = 1, 2, 3, \dots, 6$ .

Построим математическую модель задачи, введя переменные:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если коммивояжер из пункта } i \text{ переезжает в пункт } j; \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

где  $i, j = 1, 2, 3, \dots, n$ ;  $i \neq j$ .

Требуется минимизировать выражение

$$F(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

при следующих ограничениях:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n, \text{ это означает, что коммивояжер из каждого пункта выезжает только один раз;}$$

$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$ , это означает, что коммивояжер въезжает в любой пункт только один раз;  
 $U_i - U_j + nx \leq n - 1$ ;

$i, j = 1, 2, 3, \dots, n; i \neq j$ , это ограничение обеспечивает замкнутость маршрута, содержащего  $n$  пунктов, и отсутствие петель.

Для решения задачи дискретного программирования широко применяются комбинаторные методы, основная идея которых заключается в замене полного перебора всех решений их частичным перебором. Одним из таких методов является метод ветвей и границ, в основе которого лежат следующие построения, позволяющие существенно уменьшить объем перебора решений:

- вычисление нижней границы (оценки);
- разбиение на подмножества, т.е. ветвление;
- расчет оценок;
- нахождение решений;
- определение признака оптимальности;
- оценка точности приближенного решения.

#### Решение

C =	0	150	100	128	80	183
	55	0	108	71	96	157
	70	45	0	149	81	66
	120	53	66	0	88	87
	68	76	75	38	0	128
	100	80	60	43	94	0

Осуществим приведение матрицы  $C$  по строкам и столбцам. Приведенную матрицу  $C_0$  представим в виде таблицы, приводящие константы по строкам и столбцам запишем справа и снизу матрицы.

$C_0 =$	j	1	2	3	4	5	6	hi
	i							
	1	x	70	20	48	0	103	<b>80</b>
	2	0	x	53	16	41	102	<b>55</b>
	3	25	0	x	104	36	21	<b>45</b>
	4	67	0	13	x	35	34	<b>53</b>
	5	30	38	37	0	x	90	<b>38</b>
	6	57	37	17	0	51	x	<b>43</b>

$C_0 =$	j	1	2	3	4	5	6	hi
i								
1	x	70	7	48	0	82	<b>80</b>	
2	0	x	40	16	41	81	<b>55</b>	
3	25	0	x	104	36	0	<b>45</b>	
4	67	0	0	x	35	13	<b>53</b>	
5	30	38	24	0	x	69	<b>38</b>	
6	57	37	4	0	51	x	<b>43</b>	
Hj	0	0	<b>13</b>	0	0	<b>21</b>		

Определим оценку множества  $G_0$ , вычислив сумму приводящих констант:

$$V(G_0) = \sum_{i=1}^6 h_{i0} + \sum_{j=1}^6 H_{j0} = 80 + 55 + 45 + 53 + 38 + 43 + 13 + 21 = 348$$

Шаг 1.

1.1. Выберем пары городов – претендентов на ветвление, т.е.  $(i,j)$ , для которых  $C_{ij} = 0$

$$C_{15}, C_{21}, C_{32}, C_{36}, C_{42}, C_{43}, C_{54}, C_{64} = 0.$$

Для выделенных претендентов подсчитываем оценки по формуле:

$$P(ij) = \min_{j \neq i} C_{ij0} + \min_{i \neq j} C_{ij0}$$

$$P(1,5) = 7 + 35 = 42; P(2,1) = 16 + 25 = 41; P(3,2) = 0 + 0 = 0;$$

$$P(3,6) = 0 + 13 = 13; P(4,2) = 0 + 0 = 0; P(4,3) = 0 + 4 = 4; P(5,4) = 24 + 0 = 24; P(6,4) = 4 + 0 = 4.$$

Для ветвления выбираем пару претендентов с максимальной оценкой  $P(ij)$ , т.е. пару  $P(1,5) = 42$

1.2. Производим ветвление:  $G_0 = G_1 \cup G_2$ , где  $G_1 = (1,5)$ ,  $G_2 = (1,5)$

1.3. Вычислим оценку для  $G_2$ :

$$V(G_2) = V(G_0) + P(1,5) = 348 + 42 = 390.$$

1.4. Построим матрицу  $C_1$ , для этого вычеркиваем в матрице  $C_0$  первую строку и пятый столбец. Чтобы избежать образования замкнутых подциклов, запретим переезд из города 5 в город 1 и выполним процесс приведения.

$C_1 =$	j	1	2	3	4	6	hi
i							
2	x	x	24	0	65	<b>16</b>	
3	0	0	x	104	0	0	
4	42	0	0	x	13	0	
5	5	38	24	0	69	0	
6	32	37	4	0	x	0	
Hj	<b>25</b>	0	0	0	0		

Определим оценку для множества  $G_1^1$ :

$$V(G_1) = V(G_0) + \sum h_i + \sum H_j = 348 + 25 + 16 = 389.$$

Так как  $V(G_1^1) < V(G_2^1)$ , то на следующем шаге разбиваем подмножество  $G_1^1$ .

Шаг 2.

2.1. Выберем пары городов – претендентов на ветвление:

$$C_{24}, C_{31}, C_{32}, C_{36}, C_{42}, C_{43}, C_{54}, C_{64} = 0.$$

Для выделенных претендентов подсчитываем оценки по формуле:

$$P(ij) = \min_{j \neq j} C_{ij0} + \min_{i \neq i} C_{ij0}$$

$$P(2,4) = 24; P(3,1) = 5; P(3,2) = 0; P(3,6) = 13;$$

$$P(4,2) = 0; P(4,3) = 4; P(5,4) = 5; P(6,4) = 4.$$

Для ветвления выбираем пару претендентов с максимальной оценкой  $P(ij)$ , т.е. пару  $P(2,4) = 24$ .

2.2. Производим ветвление:  $G_2 = G_1 \cup G_2$ , где  $G_1 = \{(1,5), (2,4)\}$ ,  
 $G_2 = \{(1,5), (2,4)\}$ .

2.3. Вычислим оценку для  $G_2$ :

$$V(G_2) = V(G_1) + P(2,4) = 389 + 24 = 413$$

2.4. Построим матрицу  $C_1$ , вычеркнув вторую строку и четвертый столбец в матрице  $C_1$ . Чтобы избежать образования замкнутых подциклов, запретим переезд из города 4 в город 2 и выполним процесс приведения.

$C_1 =$	j	1	2	3	6	hi
	i	3	0	0	x	0
		4	42	x	0	13
		5	0	33	19	64
		6	28	33	0	x
	Hj	0	0	0	0	0

Определим оценку для множества  $G_1^2$ :

$$V(G_1) = V(G_1) + \sum h_i + \sum H_j = 389 + 5 + 4 = 398$$

Так как  $V(G_1^2) < V(G_2^2)$ , то на следующем шаге разбиваем подмножество  $G_1^2$ .

### Шаг 3.

3.1. Выберем пары претендентов на ветвление:

$$C_{31}, C_{32}, C_{36}, C_{43}, C_{51}, C_{63} = 0$$

Определим для выделенных претендентов оценки:

$$P(3,1) = 0; P(3,2) = 33; P(3,6) = 13;$$

$$P(4,3) = 13; P(5,1) = 19, P(6,3) = 28.$$

Для ветвления выбираем пару претендентов с максимальной оценкой  $P(ij)$ , т.е. пару  $P(3,2) = 33$

3.2. Производим ветвление:  $G_2 = G_1^2 \cup G_2^3$ , где  $G_1^2 = \{(1,5), (2,4), (3,2)\}$ ,

$$G_2^3 = \{(1,5), (2,4), (3,2)\}.$$

3.3. Вычислим оценку для  $G_2^3$ :

$$V(G_2^3) = V(G_1^2) + P(3,2) = 398 + 33 = 431$$

3.4. Построим матрицу  $C_1$  для этого вычеркнем третью строку и второй столбец в  $C_1$ , и чтобы избежать образования замкнутых подциклов, запретим проезд из города 4 в город 3.

		j	1	3	6	hi
C <sub>1</sub> =	i					
	3	4	29	x	0	<b>13</b>
	5	5	0	19	64	0
	6	6	28	0	x	0
H <sub>j</sub>			0	0	0	

Определим оценку для множества  $G_1^3$ :

$$V(G_1^3) = V(G_1^2) + \sum_{i=3}^3 h_i + \sum_{j=3}^3 H_j = 398 + 13 = 411$$

Так как  $V(G_1^3) < V(G_2^3)$ , на следующем шаге разбиваем подмножество  $G_1^3$ .

### Шаг 4.

4.1. Выберем пары городов – претендентов на ветвление:

$$C_{46}, C_{51}, C_{63} = 0$$

Для выделенных претендентов подсчитываем оценки:

$$P(4,6) = 29 + 64 = 93; \quad P(5,1) = 19 + 28 = 47; \quad P(6,3) = 28 + 19 = 47.$$

Для ветвления выбираем пару претендентов с максимальной оценкой  $P(ij)$ , т.е. пару  $P(4,6) = 93$

4.2. Производим ветвление:  $G_1 = G_1^3 \cup G_2^4$ , где

$$G_1 = \{(1,5), (2,4), (3,2), (4,6)\}, \quad G_2 = \{(1,5), (2,4), (3,2), (4,6)\}.$$

4.3. Вычислим оценку для  $G_2^4$ :

$$V(G_2) = V(G_1) + P(4,6) = 411 + 93 = 504.$$

4.4. Построим матрицу  $C_1$  для этого вычеркиваем в матрице  $C_1$  четвертую строку и шестой столбец. Чтобы избежать образования замкнутых подциклов, запретим переезд из города 5 в город 1, и из города 6 в город 3 и выполним процесс приведения.

$$C_1^4 = \begin{array}{c|ccc} & j & 1 & 3 & h_i \\ \hline i & & & & \\ 5 & & x & 0 & \mathbf{19} \\ 6 & & 0 & x & \mathbf{28} \\ \hline H_j & & 0 & 0 & \end{array}$$

Так как полученная матрица – приведенная, то  $V(G_1) = V(G_1) = 411$ .

Полученная матрица имеет размерность  $2 \times 2$  и допускает включение в маршрут только двух пар городов (5,3) и (6,1), что соответствует шагам 5-6.

В результате получаем цикл  $t = \{(1,5), (2,4), (3,2), (4,6), (5,3), (6,1)\}$ , отвечающий подмножеству  $G_1^6$ , длина которого равна 411. Сравним длину этого цикла с полученными ранее оценками для неветвленных подмножеств (рис.1). Последовательность объездов городов можно представить следующим образом  $1 \rightarrow 5 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 6 \rightarrow 1$ .

Подмножество  $V(G_2) = 390 < V(G_1) = 411$ . Это подмножество может привести к образованию цикла с меньшей оценкой, поэтому оно должно быть подвергнуто анализу. Для анализа необходимо восстановить исходную матрицу  $C_0$ , запретить переезд из города 1 в город 5 и провести аналогичные шаги расчетов

## 2.4. Выбор эффективного способа перевозки пассажиров

Задача 4. Рассчитать показатели использования подвижного состава: количество транспортных средств для перевозки заданного пассажиропотока

250,0 тыс. пассажиров; среднюю дальность поездки по каждому из маршрутов; объем транспортной работы по направлениям за один цикл; продолжительность (время следования пассажиров по маршруту (А-С) при использовании различных видов транспорта; стоимость пассажирочасов пребывания в пути. Проанализировать факторы, влияющие на выбор пассажирского транспорта:

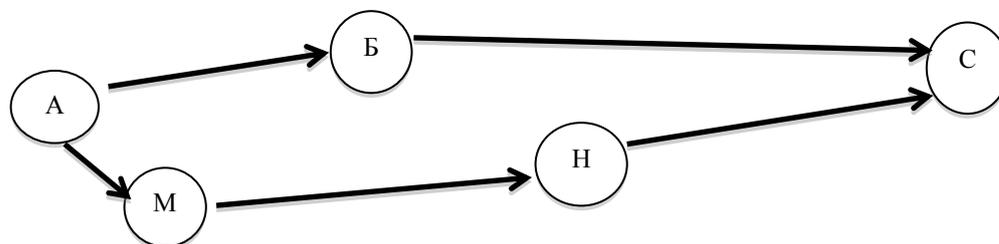


Рис.4. Схема движения транспорта

Исходные данные представлены в табл. 6.

Таблица 6

Характеристика маршрутов и видов используемого транспорта

Показатели	Участки маршрута				
	А-М	М-Н	Б-С	А-Б	Н-С
Виды транспорта	Автобус	Железнодорожный, воздушный	Железнодорожный, воздушный	Автобус	Автобус
Протяженность (км)	30	3100	3450	130	60
Скорость движения (км/ч)	50	85	800	90	70
Количество мест	33	62	375	33	33

Производительность обслуживания пассажиров для всех вариантов:  
 при посадке в транспортное средство: автобус – 60 чел/ч; самолет – 350 чел/час; электропоезд – 3000 чел/ч.  
 при высадке пассажиров:  
 автобус – 100 чел/ч; самолет – 600 чел/ч; электропоезд – 4500чел/ч.

Одним из показателей, оказывающем существенное влияние на эффективность использования транспорта, является количество транспортных средств ( $N_i$ ):

$$N_i = W \text{ пасс.км} / A \text{ пасс.км},$$

где  $W$  пасс.км – объем транспортной работы;

$A$  пасс.км – производительность подвижного состава в год.

Из представленной формулы видно, что на количество однотипных транспортных средств оказывает влияние провозная способность или производительность транспорта ( $A$ ). Часовая производительность подвижного состава рассчитывается следующим образом:

- для автобуса  $P_{ав} = (Q_i * J_c * L_{э}) / T_p$ ,

где  $Q_i$  – вместимость  $i$ -го автобуса (чел);

$J_c$  – коэффициент статистического наполнения автобуса (0,75 – 0,95);

$L_{э}$  – эксплуатационная длина маршрута (км);

$T_p$  – время рейса.

- для воздушного судна  $P_{вс} = n_{кр} * J_{кз} * V_p$ ,

где  $n_{кр}$  – количество кресел;

$J_{кз}$  – коэффициент использования пассажирских кресел (0,6 – 0,85);

$V_p$  – рейсовая скорость воздушного судна.

Для электропоезда часовая производительность определяется аналогично производительности воздушного судна.

Следующий показатель объем транспортной работы (пассажирооборот).

$W_{пасс.км.} = Q_1 L_1 + Q_2 L_2 + Q_3 L_3 + Q_n L_n$ ,

где  $Q_n$  – количество пассажиров (пасс);

$L_n$  – расстояние перевозки пассажиров из пунктов (км).

Затраты времени пассажиров в пути при использовании железнодорожного, воздушного и автомобильного транспорта один из существенных показателей, с помощью которого можно оценить целесообразность использования одного вида транспорта перед другим.

$T_p = L_{э} / V_t + T_{нк} + T_{ож}$ ,

где  $L_{э}$  – протяженность поездки (км);

$V_t$  – техническая скорость движения автобуса (км/ч);

$T_{нк}$  – затраты времени на подъезд пассажира к пункту отправления и перемещения от пункта прибытия к месту назначения;

$T_{ож}$  – время ожидания пассажиром очередного автобуса.

Стоимость пассажирочасов 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.

$C_i = C_{пч} * Q_i * T_p * K_{ту} * K_p$ ,

где  $C_{пч}$  – стоимость пассажирочаса;

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

$T_p$  – продолжительность поездки пассажира;

$K_{ту}$  – коэффициент транспортной усталости пассажира при поездке;

$K_p$  – коэффициент, учитывающий долю работающего населения среди пассажиров ( $K_p = 0,5$ ).

Экономический эффект при многовариантности доставки в зависимости от выбранного маршрута может быть оценен разностью абсолютных суммарных затрат:

$$\Delta \mathcal{E} = (Z_i - Z_j),$$

где  $Z_i$  и  $Z_j$  – абсолютные затраты на перевозку по рассматриваемым вариантам (сумма материальных затрат на поездку и стоимости пассажирочасов пребывания в пути)

Эксплуатационные расходы, входящие в себестоимость перевозок можно разделить на две группы: начально-конечные и движущие. Затраты на начально-конечные операции связаны в основном с подачей и уборкой вагонов, автобусов, формированием и расформированием составов в начальных и конечных пунктах перевозок, оформлением перевозочных документов и багажа, информационным и другим обслуживанием клиентуры.

Расходы на движущие операции связаны с передвижением подвижного состава, включая промежуточные операции по его переформированию и обработке в пути следования.

Расходы на начально-конечные операции (при прочих равных условиях) от изменения дальности перевозок не зависят, а расходы на движущую операцию возрастают прямо пропорционально ее росту. Эксплуатационные расходы в сфере транспортных услуг рассчитываются следующим образом:

$$\mathcal{E}_t = \mathcal{E}_{нк} + \mathcal{E}_{дв} * L,$$

где  $\mathcal{E}_{нк}$  и  $\mathcal{E}_{дв}$  – расходы соответственно на начально-конечные и движущие операции;

$L$  – дальность перевозки.

Таблица 7

## Затраты времени на каждом виде транспорта

Показатель	Железнодорожный транспорт	Воздушный транспорт	Автомобильный транспорт
Время ожидания (ч)	0,5	1,5	$T_{ож} = (t_{max} + t_{min}) / 2 = 0,5$ $t_{ин} = 0,5 * 0,67 = 0,34$ , где 0,64 – интервал движения автобуса
Время начальных операций (Тн)(ч)	Время начальных операций рассчитывается исходя из количества пассажирских мест, коэффициента использования загрузки (0,7 – 0,8) и производительности обслуживания пассажиров при посадке.		
	$62 * 10 \text{ вагонов} * 0,8 / 3000 = 0,2$	$375 * 0,8 / 350 = 0,9$	$33 * 0,8 / 60 = 0,4$

Продолжение табл. 7

Время конечных операций (Тк)(ч)	Время конечных операций рассчитывается исходя из количества пассажирских мест, коэффициента использования загрузки (0,7 – 0,8) и производительности обслуживания пассажиров при высадке.		
	$62*10\text{ вагонов}*0,8/4500 = 0,14$	$375*0,8/600=0,5$	$33*0,8/100=0,3$
Затраты времени пассажира на поездку (ч)	$T_{\Pi} = L_{\Sigma} / V_{T} + T_{\text{нк}} + T_{\text{ож}}$		
	<u>Б - С</u>		<u>А - Б</u>
	$T_{\Pi}=3450/85+0,5+0,34$ $T_{\Pi} = 41,4$	$T_{\Pi}=3450/800+1,5+1,4$ $T_{\Pi}=7,2$	$T_{\Pi}=130/70+0,34$ $+0,7=2,9$
	<u>М - Н</u>		<u>А - М</u>
$T_{\Pi}=3100/85+0,5+0,34$ $T_{\Pi} = 37,3$	$T_{\Pi}=3100/800+1,5+1,4$ $T_{\Pi}=6,8$	$T_{\Pi}=30/50+0,34$ $+0,7=1,6$	
		<u>Н - С</u>	$T_{\Pi}=60/70+0,34$ $+0,7= 1,9$

Рассматривается поездка по двум вариантам маршрута с использованием различных видов транспорта.

Первый маршрут: А – Б – С.

Второй маршрут: А – М – Н – С.

В таблицах 7 представлен расчет времени на каждом виде транспорта по направлениям.

Рассчитаем пассажирооборот и производительность одной транспортной единицы по участкам маршрутов и в целом по всему пути следования (табл. 8, 9.).

$$W_{\text{пасс.км.}} = Q1L1 + Q2L2 + Q3L3 + \dots QnLn$$

Таблица 8

## Объем транспортной работы

	Участок маршрута	Пассажирооборот (тыс. пасс.км.)
Маршрут I	А – Б	$W_{\text{авт.}} = 250,0* 130 = 32500,0$
	Б – С	$W_{\Pi} = 250,0*3450 = 862500,0$
Всего		$W_{\text{пасс.км.}} = 895000,0$
Маршрут II	А – М	$W_{\text{авт.}} = 250,0* 30 = 7500,0$
	М – Н	$W_{\text{в.с.}} = 250,0*3100 = 775000,0$
	Н – С	$W_{\text{авт.}} = 250,0* 60 = 15000,0$
Всего		$W_{\text{пасс.км.}} = 797500,0$

Таблица 9

## Часовая производительность каждого вида транспорта

Транспортное средство		Часовая производительность (пасс.км./час)
А – Б	Автобус	$A_{ав} = (33 * 0,75 * 130) / 2,9 = 1109,5$
А – М		$A_{ав} = (33 * 0,75 * 30) / 1,6 = 464,1$
Н – С		$A_{ав} = (33 * 0,75 * 60) / 1,9 = 781,6$
Электропоезд		$A_{эл} = 620 * 0,75 * 85 = 39525$
Самолет		$A_{в.с} = 375 * 0,75 * 800 = 83070$

Зная часовую производительность каждого вида транспорта и объем транспортной работы, можно определить количество транспортных средств на отдельных маршрутах (табл.10 и 11). Если принять время нахождения автобуса на маршруте за год = 6000 часов, годовой налет часов на один списочный самолет равен 1500 часов. Время работы электропоезда за год равно 2000 часов.

$$N_i = W_{пасс.км} / A_{пасс.км.}$$

Таблица 10

Количество транспортных средств ( $N_i$ ) на отдельных участках маршрута  
Вариант 1

Участок маршрута	Вид транспорта	$N_i$
А – Б	Автобус	$N = 32500,0 / (1109,5 * 6000) = 5$
Б – С	Электропоезд	$N = 862500,0 / (39525 * 2000) = 11$
А – М	Автобус	$N = 7500,0 / (464,1 * 6000) = 3$
М – Н	Самолет	$N = 775000,0 / (83070 * 1500) = 6$
Н – С	Автобус	$N = 15000,0 / (781,6 * 6000) = 3$

Таблица 11

Количество транспортных средств ( $N_i$ ) на отдельных участках маршрута  
Вариант 2

Участок маршрута	Вид транспорта	$N_i$
А – Б	Автобус	$N = 32500,0 / (1109,5 * 6000) = 5$
Б – С	Самолет	$N = 775000,0 / (83070 * 1500) = 6$
А – М	Автобус	$N = 7500,0 / (464,1 * 6000) = 3$
М – Н	Электропоезд	$N = 862500,0 / (39525 * 2000) = 11$
Н – С	Автобус	$N = 15000,0 / (781,6 * 6000) = 3$

Рассчитаем стоимость пассажирочасов пребывания пассажиров в пути по  $i$ -му варианту перевозок (табл.12).

$$C_i = C_{пс} * Q_i * T_n * K_{ту} * K_p.$$

Коэффициент транспортной усталости зависит от комфортности поездки. Примем коэффициент транспортной усталости пассажира ( $K_{ту}$ ) при поездке

равным: для автобуса – 1,3; для железнодорожного транспорта – 1,3; для воздушного транспорта – 1,2. Среднюю стоимость одного пассажирочаса примем равным 460,0 рублей.

Экономические потери от пассивного пребывания конкретного человека в транспорте можно определить путем деления заработной платы на количество отработанных часов в месяц.

Таблица 12

## Стоимость пассажирочасов пребывания пассажиров в пути

Участок маршрута	Вид транспорта	$C_i$ (млн.руб.)
А – Б	Автобус	$C_i=460*250,0*2,9*1,3*0,5=216,8$
Б – С	Электropоезд	$C_i=460*250,0*41,4*1,3*0,5=3094,7$
	Самолет	$C_i=460*250,0*7,2*1,2*0,5=496,8$
А – М	Автобус	$C_i=460*250,0*1,6*1,3*0,5=119,6$
М – Н	Самолет	$C_i=460*250,0*6,8*1,2*0,5=469,2$
	Электropоезд	$C_i=460*250,0*37,3*1,3*0,5=2788,2$
Н – С	Автобус	$C_i=460*250,0*1,9*1,3*0,5=142,0$

Стоимость пассажирочасов пребывания в пути можно рассматривать с двух аспектов. С одной стороны, это упущенная выгода отдельного предприятия, работодателя, отправляющего, например, работника в служебную командировку. С другой стороны, это потеря части национального дохода страны.

Поэтому сравним социально-экономический эффект  $\Theta = C_i - C_j$ , при поездке по маршрутам (А – Б – С) и (А – М – Н – С) с использованием разных видов транспорта.

Маршрут (А – Б – С):  $\Theta = 3311,5 - 713,6 = 2597,9$  млн.руб.

Маршрут (А – М – Н – С):  $\Theta = 3049,8 - 730,8 = 2319,0$  млн.руб.

Полученные значения свидетельствуют о том, что при использовании на дальние расстояния воздушного транспорта упущенная выгода меньше, чем у железнодорожного транспорта почти в 5 раз.

## 2.5. Выбор перевозчика методом теории нечетких множеств

Задача 5. В настоящее время практикуется два способа выбора перевозчика. Последовательность действий при первом способе включает несколько этапов. Вначале составляется список потенциальных перевозчиков. Источником информации может являться: периодическая печать; реклама; буклеты специальных выставок; справочная литература и др. Затем по результатам анализа первичной информации формируется первоначальный перечень кандидатов в перевозчики. После обработки информации и сравнения

организаций, вошедших в список потенциальных перевозчиков, из него удаляют тех, кто по каким-либо причинам не устраивает клиента. Обычно в списке оставляют не более 3-5 претендентов (альтернатив).

Оставшихся в списках перевозчиков проверяют на соответствие стандартным критериям, например: соблюдение графика доставки; надежность доставки; финансовое положение перевозчика и др.

Далее располагают стандартные критерии в порядке важности для большинства клиентов, т.е. порядковый номер конкретного критерия в перечне соответствует определенному рангу.

Из этого перечня критериев выбирают ограниченное количество, например, пять наиболее значимых для данного клиента:

- соблюдение графика доставки груза (ранг-1);
- тариф (ранг – 3);
- сохранность груза (ранг – 5);
- условие платежа (ранг – 6);
- квалификация работников перевозчика (ранг – 12).

Далее для каждого из этих критериев определяется вес путем деления ранга на количество выбранных критериев. Например:

- для показателя «сохранность груза» - частное от деления 5 на 5;
- для показателя «соблюдение графика доставки груза» частное от деления 1 на 5.

Приглашенный независимый эксперт, исходя из балльной шкалы (3-, 5- и 10-балльной) и характеристики перевозчиков, дает оценку каждому выбранному критерию.

По второму способу ранжирование осуществляется согласно методики:

$$M(x_i) = \frac{\sum M_{A_i}(y_j) M_B(y_j)}{M_B(y_j)},$$

где  $M(x_i)$  – степень предпочтения экспертом  $i$ -го перевозчика;

$M_{A_i}(y_j)$  – степень наличия  $j$ -го признака (критерия) у  $i$ -го перевозчика;

$M_B(y_j)$  – степень важности  $j$ -го признака (критерия) по мнению эксперта.

Пример. Предположим, что имеет три перевозчика и набор критериев, удовлетворяющих требованиям клиентов (табл. 12)

Таблица 12

## Классификация перевозчиков с учетом выбранных критериев

Характеристика перевозчиков			
Критерии	1-й перевозчик	2-й перевозчик	3-й перевозчик
Соблюдение графика (%)	10	5	5
Тариф за одну тонну (руб.)	28	40	36
Уровень сохранности груза (%)	95	95	95
Условия платежа	Полная предоплата	Перечисление на расчетный счет по курсу ЦБ РФ	Перечисление на расчетный счет по курсу ЦБ РФ
Квалификация персонала	высокая	высокая	высокая

Эксперт в соответствии с критериями оценил перевозчиков (табл. 13)

Таблица 13

## Оценка перевозчиков экспертом

Перевозчики	Критерии				
	Соблюдение графика (y1)	Тариф (y2)	Сохранность (y3)	Условия платежа (y4)	Квалификация сотрудников (y5)
Первый (x1)	5	3	3	2	3
Второй (x2)	4	2	3	2	3
Третий (x3)	4	5	3	2	4

В таблице-матрице представлен вес каждого критерия с учетом рекомендуемой методики. Значение  $(x1y1) = 5/5 = 1$ ;  $(x2y1) = 4/5 = 0,8$ ;  $(x3y1) = 4/5 = 0,8$ , и т.д. (табл. 14).

Таблица 14

## Оценка веса каждого критерия

	(y1)	(y2)	(y3)	(y4)	(y5)
(x1)	1	0,6	1	1	0,8
(x2)	0,8	0,4	1	1	0,8
(x3)	0,8	1	1	1	1

Приглашенный независимый эксперт дал оценку (по десятибалльной шкале) степени важности каждого критерия:

Соблюдение графика доставки	(y1) – 9
Тариф	(y2) – 10
Сохранность груза	(y3) – 3
Условие платежа	(y4) – 7
Квалификация работников перевозчика	(y5) – 5

И получим матрицу, элементы которой имеют структуру «критерий – степень важности критерия по мнению экспертов»:

$$S^T = z \begin{bmatrix} y1 & y2 & y3 & y4 & y5 \\ 0,26 & 0,29 & 0,09 & 0,21 & 0,15 \end{bmatrix}$$

$$(zy1) = 9 / (9+10+3+7+5) = 0,26;$$

$$(zy2) = 10 / (9+10+3+7+5) = 0,29;$$

$$(zy3) = 3 / (9+10+3+7+5) = 0,09;$$

$$(zy4) = 7 / (9+10+3+7+5) = 0,21;$$

$$(zy5) = 5 / (9+10+3+7+5) = 0,15;$$

Полученные значения веса умножают на соответствующую оценку эксперта.

Таким образом получают рейтинг для каждого критерия.

Рейтинги по каждому перевозчику суммируются.

Найдем произведение матриц, получим матрицу элементов степени принадлежности, определяющих предпочтение альтернатив

$$X1 = 1 * 0,26 + (0,6 * 0,29) + 1 * 0,09 + 1 * 0,21 + 0,8 * 0,15 = 0,854$$

$$X2 = 0,8 * 0,26 + (0,4 * 0,29) + 1 * 0,09 + 1 * 0,21 + 0,8 * 0,15 = 0,744$$

$$X3 = 0,8 * 0,26 + (1 * 0,29) + 1 * 0,09 + 1 * 0,21 + 1 * 0,15 = 0,948$$

По наилучшему значению суммы выбирается наилучший перевозчик

$$T^T = \begin{matrix} & x1 & x2 & x3 \\ & 0,854 & 0,744 & 0,948 \end{matrix}$$

Таким образом, можно сказать, что наилучшим перевозчиком является 3-й перевозчик, наихудшим – 2-й перевозчик:

Если экспертов несколько, то мнение каждого эксперта следует учитывать с некоторым весовым коэффициентом  $K_i$ , отражающим вес мнения  $i$ -го эксперта в экспертной группе с  $m$  – количеством человек.

При этом сумма весов должна быть равна единице и вместо  $M_B(y_i)$  нужно использовать взвешенную сумму:

$$\alpha_j^0 = 1/m \sum K_i M_B(y_j).$$

Допустим, выбор перевозчика производят три эксперта (ведущих специалиста), имеющих одинаковый профессиональный уровень, и, следовательно, их веса одинаковы.

Их мнения о важности каждого критерия распределились следующим образом (табл. 15).

Оценка перевозчиков экспертом

Эксперт	Критерии				
	Соблюдение графика (y1)	Тариф (y2)	Сохранность (y3)	Условия платежа (y4)	Квалификация сотрудников (y5)
Эксперт 1 (z1)	6	10	7	5	7
Эксперт 2 (z2)	9	10	3	7	5
Эксперт 3 (z3)	7	10	3	10	8

Матрица, элементы которой имеют структуру «критерий – степень важности критерия по мнению экспертов»:

	z1	z2	z3
y1	0,17	0,26	0,18
y2	0,29	0,29	0,26
y3	0,2	0,09	0,08
y4	0,14	0,21	0,26
y5	0,2	0,15	0,2

$$Y_1 z_1 = (6 / 6+10+7+5+7) = 0,17, \text{ и.т.д.}$$

Учитывая веса экспертов, взвешенная оценка получается:

$$Y_1 = (0,17 + 0,26 + 0,18) / 3 = 0,2$$

$$Y_2 = (0,29 + 0,29 + 0,26) / 3 = 0,28$$

$$Y_3 = (0,2 + 0,09 + 0,08) / 3 = 0,12$$

$$Y_4 = (0,14 + 0,21 + 0,26) / 3 = 0,2$$

$$Y_5 = (0,2 + 0,15 + 0,2) / 3 = 0,19$$

$$S^T = \begin{matrix} & y1 & y2 & y3 & y4 & y5 \\ & 0,2 & 0,28 & 0,12 & 0,2 & 0,19 \end{matrix}$$

$$T^T = z \begin{bmatrix} x1 & x2 & x3 \\ 0,5505 & 0,5665 & 0,39 \end{bmatrix}$$

Наилучший – 2-й перевозчик;

Наихудший – 3-й перевозчик.

Проведем экспертизу перевозчиков с привлечением экспертов разного профессионального уровня (экспертов трое, их веса = 0,3; 0,5; 0,2, в сумме равно 1) (табл. 16,17,18).

Таблица 16  
Оценка перевозчиков экспертом 1 (0,3)

Перевозчик	Критерии				
	Соблюдение графика (y1)	Тариф (y2)	Сохранность (y3)	Условия платежа (y4)	Квалификация сотрудников (y5)
1	5	2	3	2	3
2	4	1	3	2	3
3	4	5	3	2	4

Таблица 17  
Оценка перевозчиков экспертом 2 (0,5)

Перевозчик	Критерии				
	Соблюдение графика (y1)	Тариф (y2)	Сохранность (y3)	Условия платежа (y4)	Квалификация сотрудников (y5)
1	8	6	5	3	3
2	6	3	5	3	3
3	7	6	5	3	3

Таблица 18  
Оценка перевозчиков экспертом 3 (0,2)

Перевозчик	Критерии				
	Соблюдение графика (y1)	Тариф (y2)	Сохранность (y3)	Условия платежа (y4)	Квалификация сотрудников (y5)
1	5	6	2	6	5
2	5	3	2	6	4
3	6	8	2	6	4

Рассчитаем среднюю взвешенную оценку перевозчиков, например, для перевозчика 1:

$$(y1) = (5 * 0,3) + (8 * 0,5) + (5 * 0,2) = 6,5$$

$$(Y2) = (2 * 0,3) + (6 * 0,5) + (6 * 0,2) = 4,8$$

$$(Y3) = (3 * 0,3) + (5 * 0,5) + (2 * 0,2) = 3,8$$

$$(Y4) = (2 * 0,3) + (3 * 0,5) + (6 * 0,2) = 3,3$$

$$(Y5) = (3 * 0,3) + (3 * 0,5) + (5 * 0,2) = 3,4$$

Таблица 19

Средняя взвешенная оценка перевозчиков экспертами

Перевозчик	Критерии				
	Соблюдение графика (y1)	Тариф (y2)	Сохранность (y3)	Условия платежа (y4)	Квалификация сотрудников (y5)
1	6,5	4,8	3,8	3,3	3,4
2	5,2	2,4	3,8	3,3	3,2
3	5,2	6,1	4,0	3,3	3,5

Далее строится матрица:

$$R = \begin{matrix} & \begin{matrix} y1 & y2 & y3 & y4 & y5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} x1 \\ x2 \\ x3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 0,78 & 0,95 & 1 & 0,97 \\ 0,8 & 0,39 & 0,95 & 1 & 0,91 \\ 0,8 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Таблица 20

Матрица мнений экспертов

Критерий	z1	z2	z3
y1	0,17	0,26	0,18
y2	0,29	0,29	0,26
y3	0,2	0,09	0,08
y4	0,14	0,21	0,26
y5	0,2	0,15	0,21

Учитывая веса экспертов, находим взвешенную оценку:

$$Y1 = (0,17*0,3) + (0,26*0,5) + (0,18 * 0,2) = 0,217;$$

$$Y2 = (0,29*0,3) + (0,29*0,5) + (0,26 * 0,2) = 0,284$$

$$Y3 = (0,2 * 0,3) + (0,9 * 0,5) + (0,08 * 0,2) = 0,121$$

$$Y4 = (0,14*0,3) + (0,21*0,5) + (0,26 * 0,2) = 0,199$$

$$Y5 = (0,2 * 0,3) + (0,15*0,5) + (0,21 * 0,2) = 0,177$$

$$ST = [ 0,217; 0,284; 0,121; 0,199; 0,177]$$

Затем умножаем матрицу R на вектор-столбец S и получаем ранжировку поставщика

$$X1 = (1*0,217)+(- 0,78*0,284)+( 0,95*0,12)+(1 *0,199)+(0,97 *0,177) = \underline{0,481}$$

$$X2 = (0,8*0,26)+(- 0,39* 0,29)+( 0,95*0,09)+(1 *0,21) +(0,91 *0,15) = 0,538$$

$$X3 = (0,8*0,18)+(-1 * 0,26) + (1* 0,08) + (1 * 0,26) +(1 * 0,21) = 0,386$$

$$T^T = z \begin{matrix} x1 & x2 & x3 \\ [ 0,481; 0,538; 0,386 ] \end{matrix}$$

Наилучший – 2-й перевозчик

Наихудший – 3-й перевозчик

## Литература

### Основная

1. Большедворская Л.Г. Единая транспортная система. - М: МГТУ ГА, 2008. – Ч. 1.
2. Большедворская Л.Г. Единая транспортная система. - М: МГТУ ГА, 2008. – Ч. 2.
3. Троицкая Н.А., Чубуков А.Б. Единая транспортная система. – М.: Издательский центр «Академия», 2007.
4. Большедворская Л.Г. Пособие по выполнению практических занятий, 2008.

### Дополнительная

1. Транспортная логистика /под ред. Л.Б. Миротина. – М.: Издательство «Экзамен», 2008.

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

✓ Электронные ресурсы библиотеки Университета -электронные версии пособий, методических разработок, указаний и рекомендаций по всем видам учебной работы.

✓ [HTTP://WWW.MINTRANS.RU](http://WWW.MINTRANS.RU) –ОФИЦИАЛЬНЫЙ САЙТ МИНИСТЕРСТВА ТРАНСПОРТА РФ;

✓ [HTTP://WWW.GKS.RU/](http://WWW.GKS.RU/) -ОФИЦИАЛЬНЫЙ САЙТ ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ СТАТИСТИКИ