

---

# Планирование маршрута доставки груза в смешанном сообщении

# В общих чертах

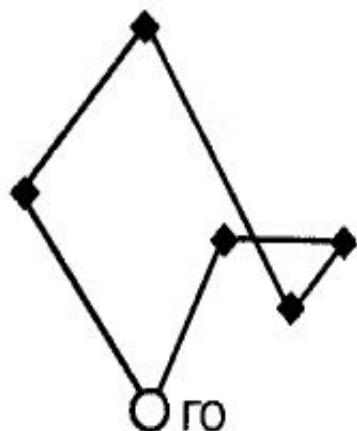
---

Предметом транспортной логистики является комплекс задач планирования и управления, связанных с перемещением грузов.

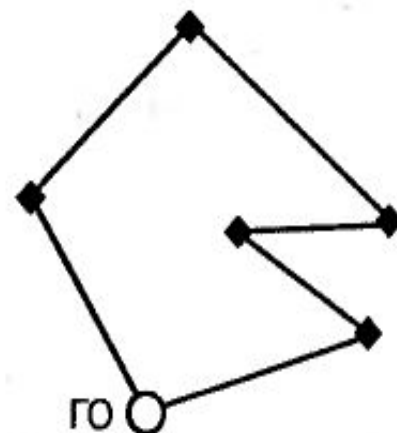
Сравнительный анализ «плохого» и «хорошего» вариантов свидетельствуют, что формирование маршрутов должно строиться на известных принципах:

---

- Пути следования транспортных средств не должны пересекаться

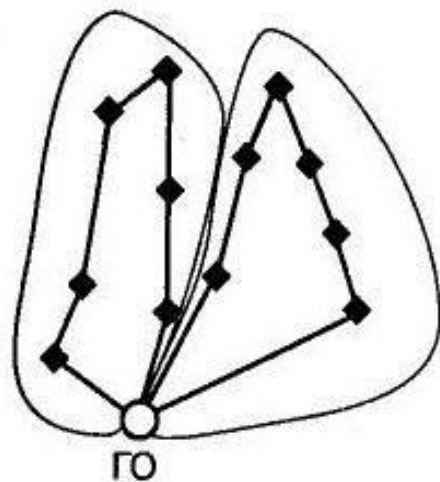


*Poor routing – paths cross*  
(маршрутизация неверная —  
пути пересекаются)

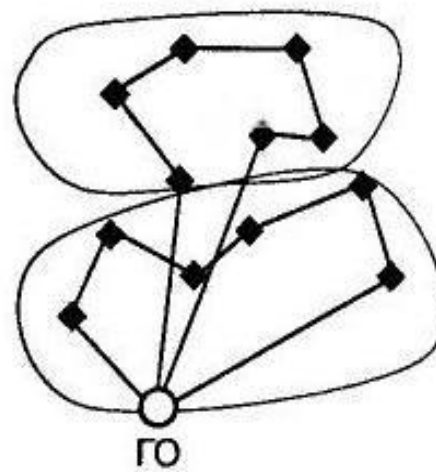


*Good routing – no paths cross*  
(верная маршрутизация —  
пути не пересекаются)

- Выделение групп обслуживаемых потребителей следует осуществлять с учетом максимально эффективного радиуса

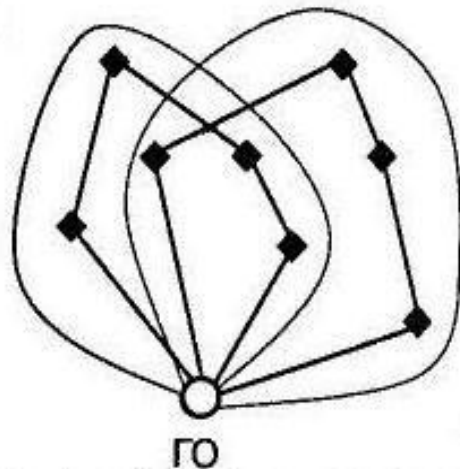


*«Week» clustering*  
(неверная группировка)

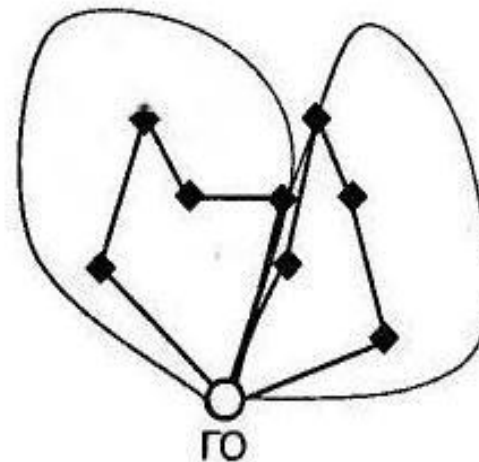


*Better clustering*  
(верная группировка)

- Не допускается пересечение сфер обслуживания для разных **транспортных средств**



«Week» clustering — rout cross  
(неверная группировка —  
пути пересекаются)



Better clustering  
(предпочтительная  
группировка)



Группировка видов международных перевозок по формам и условиям их организации

# Смешанная перевозка

---

это транспортировка грузовой партии от пункта отправления до пункта назначения, когда в процессе перемещения используется более одного вида транспорта.

Посредством такой системы доставки выполняются условия «точно в срок» и «от двери до двери».

---

# А теперь о главном.

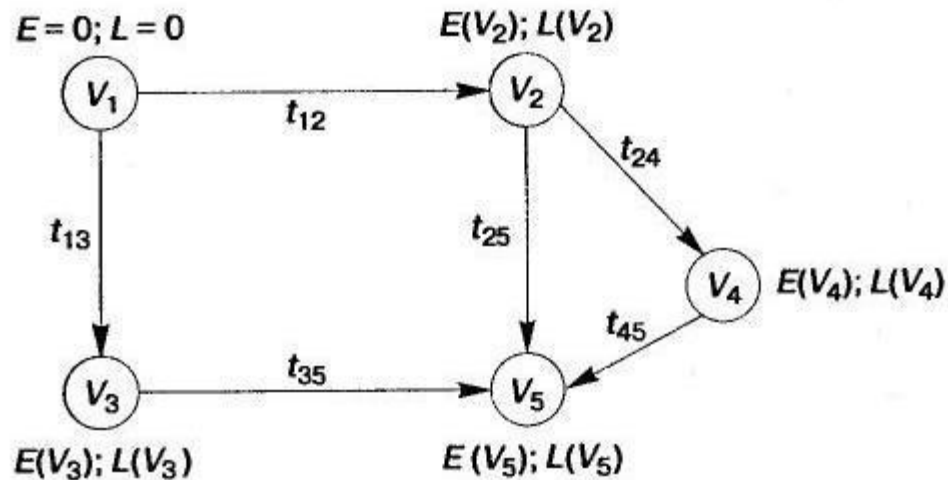
---

Для планирования смешанной перевозки грузов наиболее актуальной является использование сетевых моделей.

Основным материалом для сетевого планирования является структурная таблица комплекса работ, содержащая:

- Перечень элементарных работ комплекса
  - Перечень работ, на которые опираются элементарные работы
  - Время выполнения каждой работы
-





Сетевой график и его характеристики

Работы – вектора (дуги). Их проекции на ось времени равны времени их выполнения.

Моменты завершения работ – это узлы графика.

$$t_{ij} = \frac{t_m + 4t_v + t_M}{6}$$

$V_i$  - исходное событие (критический путь)

$E(V_i)$  – ранние сроки события.

Пусть в  $i$ ое событие входит несколько работ с номерами  $k, p, \dots, z$ .

Из всех сумм  $E(V_k) + t_{ki}, E(V_p) + t_{pi}, \dots, E(V_z) + t_{zi},$   
 $E(V_i) = \max$  из найденных значений.

$L(V_i)$  – поздний срок наступления события.

$L(V_n) = E(V_i)$  для последней работы  $n$ .

Из всех разностей  $L(V_k) + t_{ik},$   
 $L(V_p) + t_{ip}, \dots, L(V_z) + t_{iz},$

$L(V_i) = \min$  из найденных значений.

---

$V_i$  - исходное событие (некритический путь)

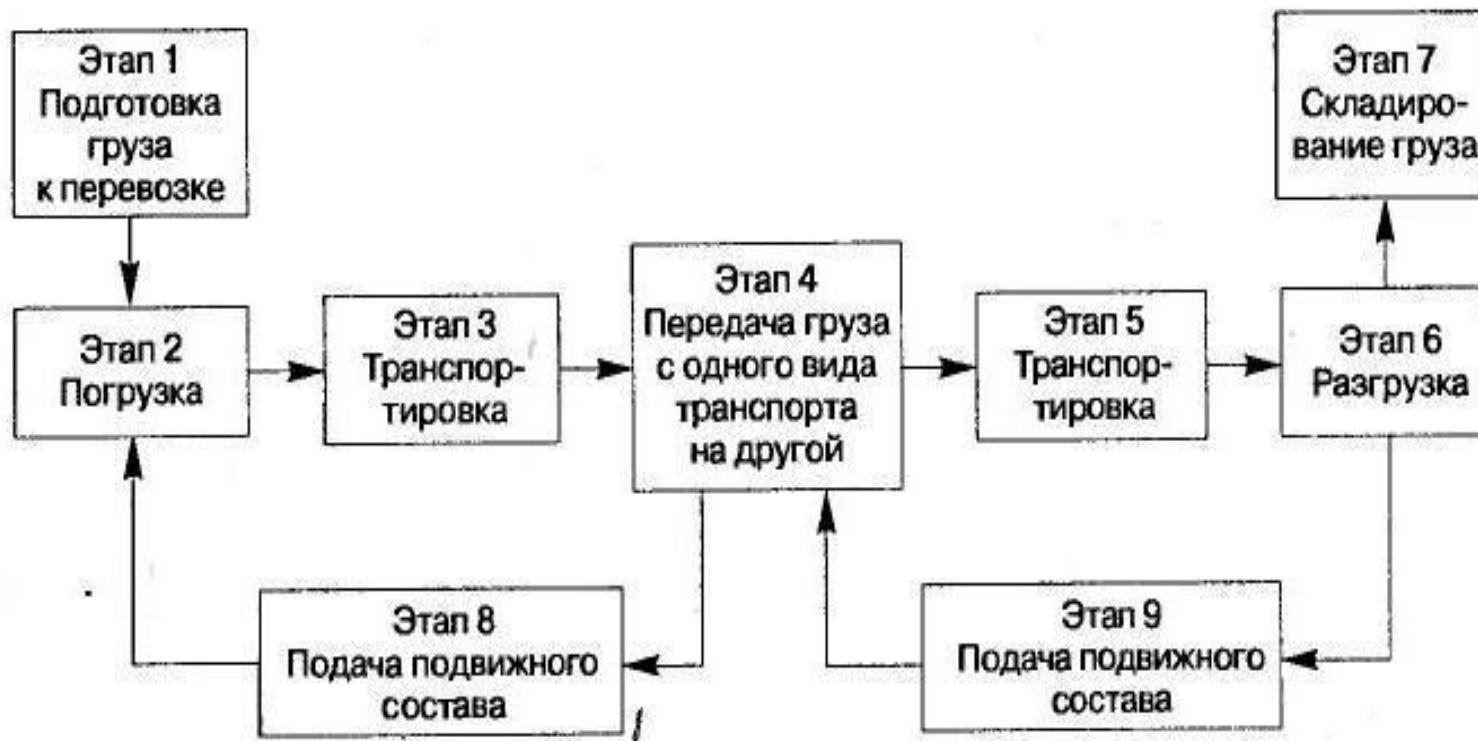
$R_{ij} = L(V_i) - E(V_i)$  – общий резерв.

$r_{ij} = E(V_j) - E(V_i) - t_{ij}$  – свободный резерв.

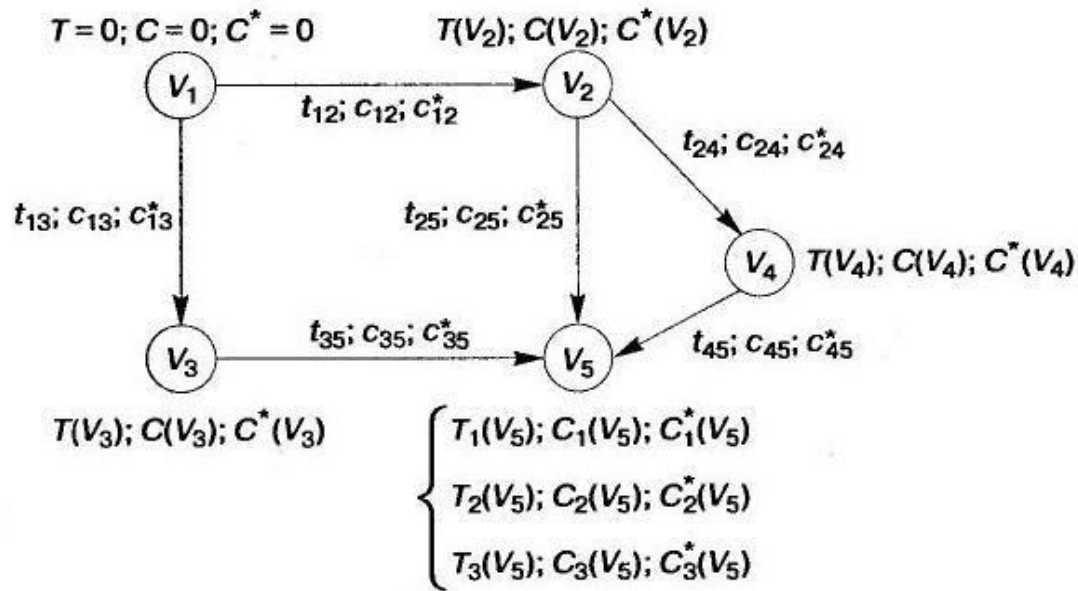
$P_{ij} = E(V_j) - L(V_i) - t_{ij}$  – независимый резерв

---

# Последовательная доставка груза



Технологическая схема доставки груза с использованием нескольких видов транспорта



Сетевой график вариантов доставки груза и его характеристики

Критерии выбора вариантов доставки:

- Время (Т)
- Стоимость (С)
- Приведённая стоимость, определяемая по формуле  $C^* = (C_{\text{груза}} + C_T)(1 + \Delta)^n$ , где

$C^*$  - оценка стоимости груза и его доставки с учетом фактора времени (интегральная оценка);

$C_{\text{груза}}$  — закупочная стоимость груза.

$C_T$  — стоимость перевозки;

$(1 + \Delta)^n$  — множитель наращивания процентов по процентной ставке  $\Delta$  за  $n$  периодов,  $n = T/365$ .

# Критерии принятия решения в условиях неопределённости

---

	$S_1$	$S_2$	...	$S_j$	...	$S_n$
$R_1$	$V_{11}$	$V_{12}$	...	$V_{1j}$	...	$V_{1n}$
$R_2$	$V_{21}$	$V_{22}$	...	$V_{2j}$	...	$V_{2n}$
...	...	...	...	...	...	...
$R_j$	$V_{j1}$	$V_{j2}$	...	$V_{jj}$	...	$V_{jn}$
...	...	...	...	...	...	...
$R_m$	$V_{m1}$	$V_{m2}$	...	$V_{mj}$	...	$V_{mn}$

Общий вид матрицы возможных результатов

# Пример.

---

Необходимо осуществить перевозку 20футового контейнера из порта Хельсинки до центрального склада в Москве.

---

# Возможные маршруты доставки (полученные в результате посторонних исследований)



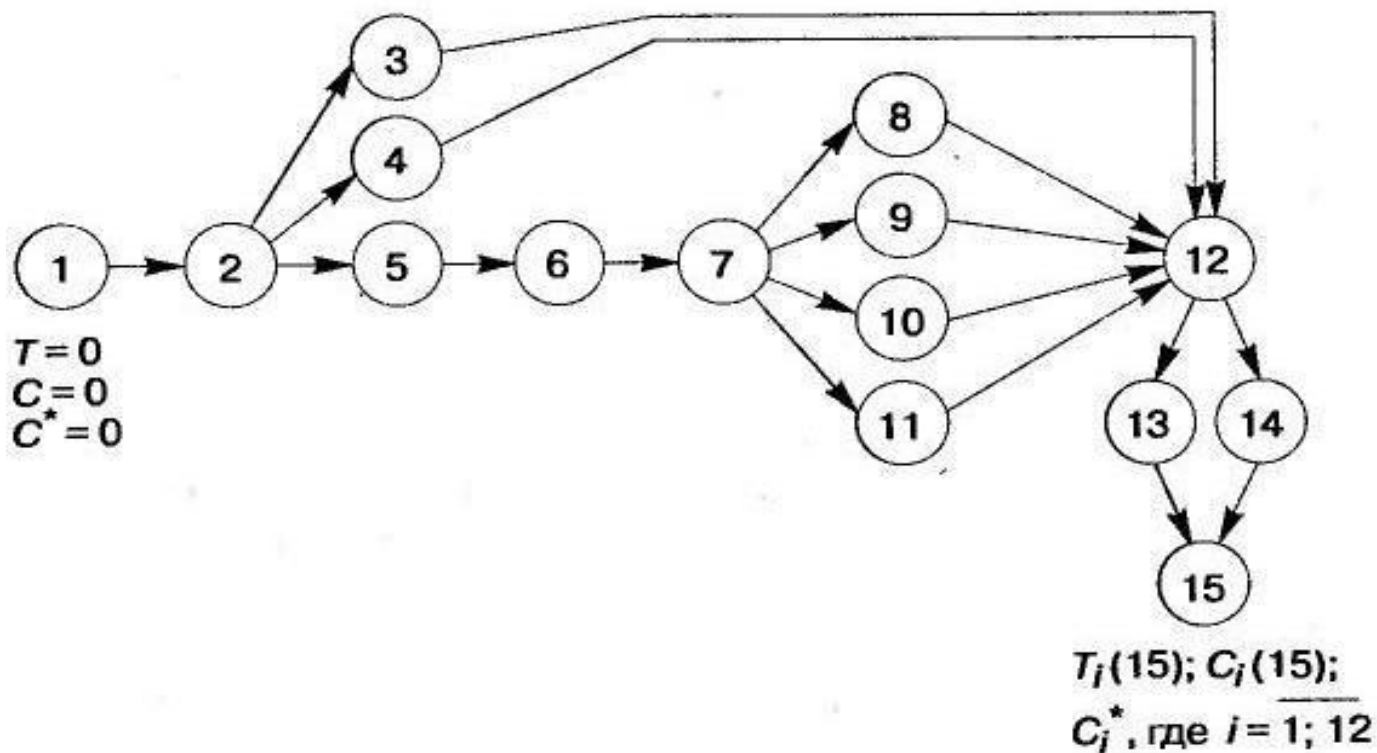
**Краткая характеристика вариантов доставки**

Номер маршрута	Характеристика	Виды транспорта
1	Хельсинки—Москва	Авто
2	Хельсинки—Москва	Ж/д + авто
3	Через порт Санкт-Петербург	Морской + авто
4	Через порт Санкт-Петербург	Морской + ж/д + авто



# Сетевой график задачи

Рис. 10.7. Маршруты по направлению Хельсинки—Москва



Сетевой график схем доставки грузов по маршруту Хельсинки—Москва (обозначения работ приведены в табл. 10.2)

# Работы, включенная в сетевой график, их параметры, время и стоимость.

Работы по доставке грузов по направлению Хельсинки—Москва

№ работы	Характеристика работы	Стоимость, \$	Время, дн.	
1	2	Затаможивание груза в Хельсинки	180	1,0
2	3	Оформление документов и погрузка на автомобильный транспорт	200	1,0
2	4	Оформление документов и погрузка на железную дорогу	50	3,0
2	5	Оформление документов и погрузка на судно в п. Хельсинки	250	2,0
5	6	Доставки морским транспортом до п. Санкт-Петербург	600	2,0
6	7	Разгрузка в п. Санкт-Петербург	110	1,0
7	8	Выпуск контейнера из п. Санкт-Петербург собственными силами с таможенной гарантией*	50	3,0
7	9	Выпуск контейнера из п. Санкт-Петербург экспедитором	300	1,0
7	10	Выпуск контейнера из п. Санкт-Петербург под гарантию таможенного перевозчика	—	2,0
7	11	Выпуск груза из п. Санкт-Петербург на железную дорогу	50	4,0
8	12	Доставка автомобильным транспортом до Москвы (СВХ)	650	1,5
9	12			
10	12	Доставка таможенным перевозчиком автомобильного транспорта до Москвы (СВХ)	850	1,5
11	12	Доставка железной дорогой из п. Санкт-Петербург в Москву (СВХ)	389	4,0
3	12	Доставка автомобильным транспортом из Хельсинки до Москвы (СВХ)	1500	4,0
4	12	Доставка железной дорогой из Хельсинки до Москвы (СВХ)	359	7,0
12	13	Таможенная очистка груза в Москве собственными силами	150	4,0
12	14	Таможенная очистка груза в Москве таможенным брокером	300	1,5
13	15	Доставка по Москве автомобильным транспортом от СВХ до терминала грузополучателя	50	0,5
14	15			

\* Для выпуска контейнера собственными силами грузовладелец должен быть владельцем склада временного хранения (СВХ) и иметь возможность оформлять гарантийный сертификат.

# Значения параметров по каждому варианту доставки

Результаты расчета параметров для различных схем доставки

№ маршрута	Схема доставки	Время $T$ , дн.	Стоимость $C$ , у. е.	Приведенная стоимость $C^*$ , у. е.
1 (1)	1, 2, 3, 12, 13, 15	10,5	2080	37229,38
1 (2)	1, 2, 3, 12, 14, 15	8,0	2230	37344,22
2 (3)	1, 2, 4, 12, 13, 15	15,5	1089	36303,83
2 (4)	1, 2, 4, 12, 14, 15	13,0	1239	36419,84
3 (5)	1, 2, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15	15,0	2040	37253,36
3 (6)	1, 2, 5, 6, 7, 8, 12, 14, 15	12,5	2190	37368,43
3 (7)	1, 2, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 15	13,0	2290	37476,09
3 (8)	1, 2, 5, 6, 7, 9, 12, 14, 15	10,5	2440	37590,83
3 (9)	1, 2, 5, 6, 7, 10, 12, 13, 15	14,0	2190	37389,90
3 (10)	1, 2, 5, 6, 7, 10, 12, 14, 15	11,5	2340	37504,79
4 (11)	1, 2, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 15	18,5	1779	37040,46
4 (12)	1, 2, 5, 6, 7, 11, 12, 14, 15	16,0	1929	37155,94

# Привидение параметров в относительный вид для получения сопоставимых результатов

Поделим элементы каждого столбца на его min значение

**Относительные значения параметров по маршруту Хельсинки—Москва**

№ маршрута	Схема доставки	Относительные значения параметров		
		$T$	$C$	$C^*$
1 (1)	1, 2, 3, 12, 13, 15	1,3125	1,9100	1,0255
1 (2)	1, 2, 3, 12, 14, 15	1,0000	2,0478	1,0287
2 (3)	1, 2, 4, 12, 13, 15	1,9375	1,0000	1,0000
2 (4)	1, 2, 4, 12, 14, 15	1,6250	1,1377	1,0032
3 (5)	1, 2, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 15	1,8750	1,8733	1,0262
3 (6)	1, 2, 5, 6, 7, 8, 12, 14, 15	1,5625	2,0110	1,0293
3 (7)	1, 2, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 15	1,6250	2,1028	1,0323
3 (8)	1, 2, 5, 6, 7, 9, 12, 14, 15	1,3125	2,2406	1,0355
3 (9)	1, 2, 5, 6, 7, 10, 12, 13, 15	1,7500	2,0110	1,0299
3 (10)	1, 2, 5, 6, 7, 10, 12, 14, 15	1,4375	2,1488	1,0331
4 (11)	1, 2, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 15	2,3125	1,6336	1,0203
4 (12)	1, 2, 5, 6, 7, 11, 12, 14, 15	2,0000	1,7713	1,0235

Строки — возможные действия  $R_j$  (варианты доставки грузов); столбцы — возможные состояния «природы»  $S_i$  (критерии доставки); элементы матрицы — результат при выборе  $j$ -го действия и реализации  $i$ -го состояния  $V_{ji}$ .

# Критерий Лапласа на примере

(определение значения искомого критериев)

---

Принцип недостаточного основания:

Все состояния природы  $S_i (i=1, \dots, n)$  - равновероятны.  
 $q_i = 1/n = 1/3$

Среднее арифметическое потерь:

$$M_j(R) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_{ji}$$

$$M_1 = 1/3 * (1,3125 + 1,9100 + 1,0255) = 1,4160$$

$M_j$  = аналогично.

$$W = \min\{M_j(R)\}$$

$W$  – значение параметра, соответствующее варианту доставки груза.

$\min\{M_j\}$  будет соответствовать искомому варианту доставки.

---

# Критерий Вальда на примере

(определение значения искомого критериев)

---

Принцип наибольшей осторожности.

Если  $V_i$  – потери, находим в каждой строке находим  $\max\{V_{ji}\}$ .

$$W = \min_j \max_i \{V_{ji}\}$$

Определяем наибольший элемент в каждой строке:

1,9100 - для первого маршрута

2,0478 – для второго

---

# Критерий Сэвиджа на примере (определение значения искомого критериев)

---

Использование матрицы рисков.

$$r_{ji} = V_{ij} - \min_j \{V_{ji}\}$$
$$W = \min_j \max_i \{r_{ji}\}$$

$$r_{11} = 1,3125 - 1,00 = 0,3125$$

$$r_{12} = 1,9100 - 1,00 = 0,9100$$

$$r_{13} = 1,0255 - 1,00 = 0,0255$$

$$\max r_{ij} = 0,9100$$

---

# Критерий Гурвица на примере

(определение значения искомого критериев)

---

- Природа может находиться в самом невыгодном состоянии с вероятностью  $(1 - a)$
- И в самом выгодном состоянии с вероятностью  $a$ .

$a$  – коэффициент доверия.

Если элементы матрицы – потери, то:

$$W = \min_j [a \min_i V_{ji} + (1 - a) \max_i V_{ji}]$$

$$a = 0,5$$

$$0,5 * 1,0255 + 0,5 * 1,9100 = 1,4559$$

---



# Результаты расчётов по всем критериям

Выбор схемы доставки по критериям принятия решения

№ маршрута, $j$	Критерий Лапласа, $M_j(R)$	Критерий Вальда, $\max(V_{ji})$	Критерий Сэвиджа, $\max(r_{ji})$	Критерий Гурвица, $\alpha \min_i V_{ji} +$ $+ (1 - \alpha) \max_i V_{ji}$
1 (1)	1,4160	1,9100	0,9100	1,4678
1 (2)	1,3588	2,0478	1,0478	1,5239
2 (3)	1,3125	1,9375	0,9375	1,4688
2 (4)	<b>1,2553</b>	<b>1,6250</b>	<b>0,6250</b>	<b>1,3141</b>
3 (5)	1,5915	1,8750	0,8750	1,4506
3 (6)	1,5343	2,0110	1,0110	1,5202
3 (7)	1,5867	2,1028	1,1028	1,5676
3 (8)	1,5295	2,2406	1,2406	1,6380
3 (9)	1,5970	2,0110	1,0110	1,5205
3 (10)	1,5398	2,1488	1,1488	1,5909
4 (11)	1,6555	2,3125	1,3125	1,6664
4 (12)	1,5983	2,0000	1,0000	1,5117
Минимальное значение	1,2553	1,6250	0,6250	1,3141

---

**BCë!**

---