

ТРАНСПОРТНАЯ ЛОГИСТИКА: РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ

**Планирование маршрута
доставки груза в смешанном
сообщении на основе сетевого
графика**

Графическая интерпретация решения задачи транспортной логистики (ГО – грузоотправитель)

/ «плохой» и «хороший» варианты/

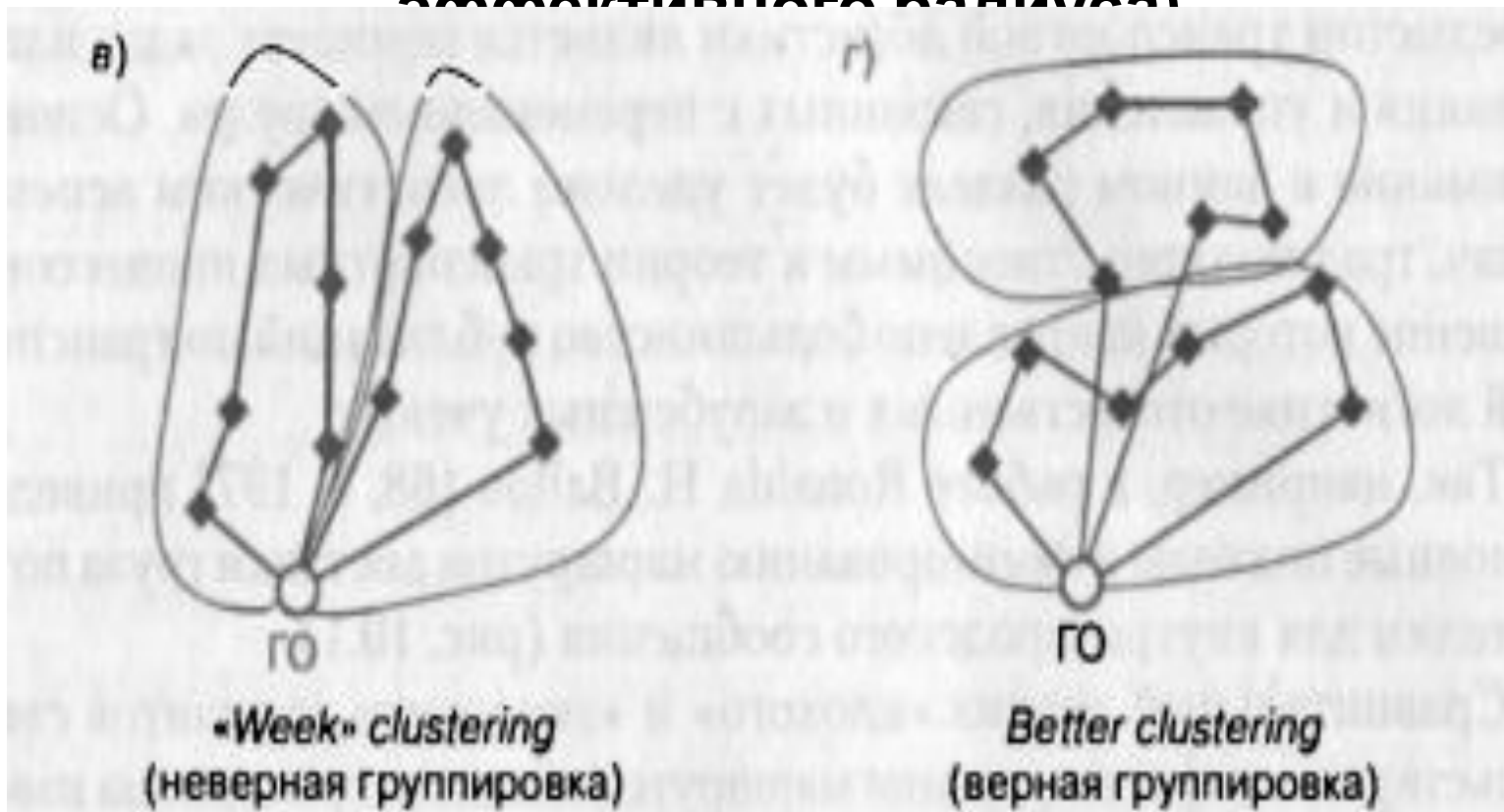
(пути следования транспортных средств не



транспортной логистики (ГО – грузоотправитель)

/ «плохой» и «хороший» варианты/

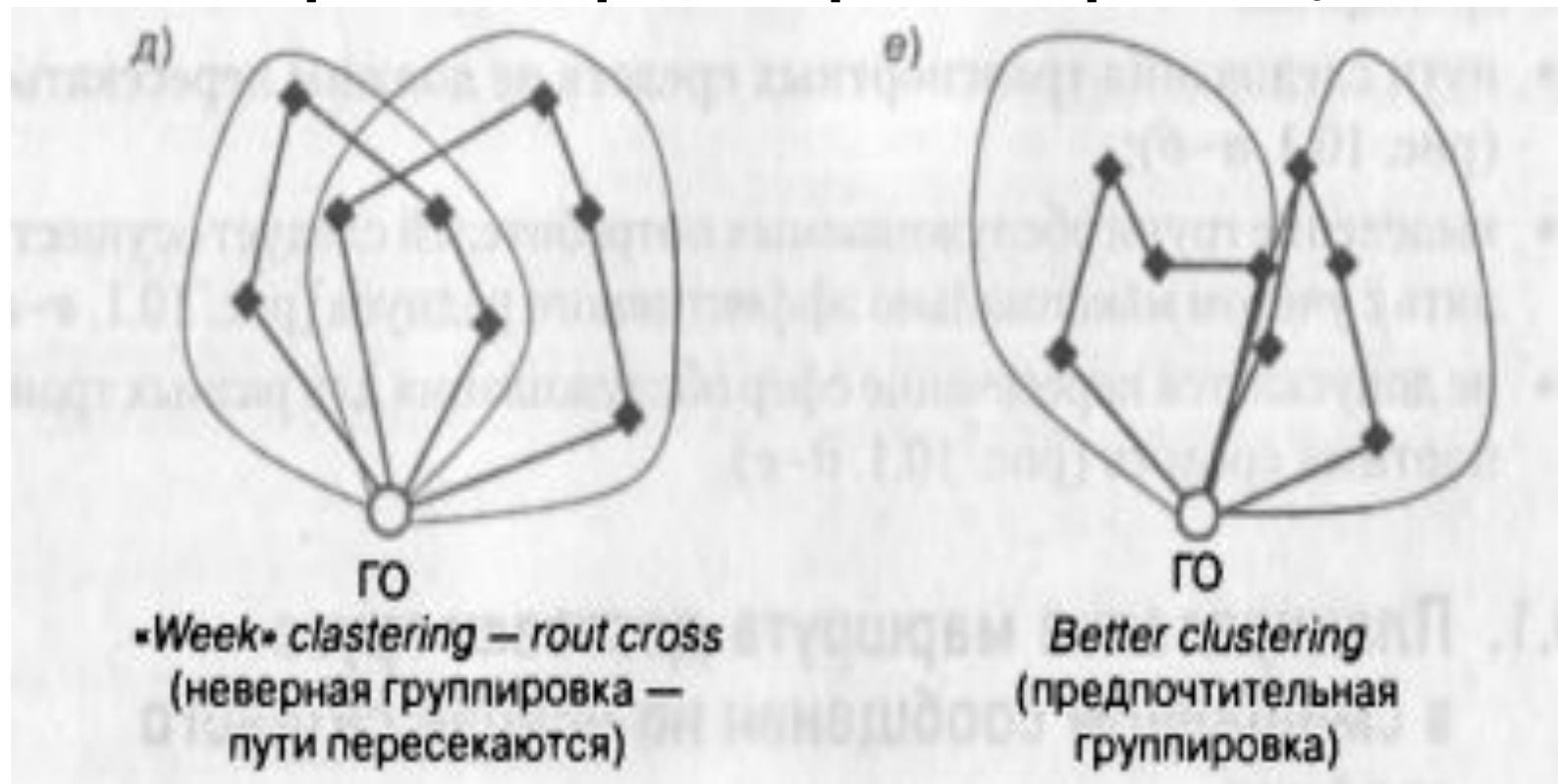
(выделение групп обслуживаемых потребителей
следует осуществлять с учетом максимально
эффективного радиуса)



Графическая интерпретация решения задачи транспортной логистики (ГО – грузоотправитель)

/ «плохой» и «хороший» варианты /

(не допускается пересечение сфер обслуживания для разных транспортных средств)



Когда точное время выполнения работы неизвестно, то зная максимальное t_{max} , минимальное t_{min} и наиболее вероятное t_v время, можно определить ожидаемое время

t_e :

$$t_e = \frac{t_{min} + 4t_v + t_{max}}{6}$$

Сетевой график, характеризующий доставку грузов в смешанном сообщении, имеет следующие особенности:

- каждой дуге присваивается только одно значение рассматриваемых критериев, характеризующее потери во временном и/или стоимостном выражении
- каждому промежуточному пункту (узлу сетевого графика) соответствует одно или несколько значений, определяемых как сумма длин дуг. Количество значений зависит от количества альтернативных вариантов доставки в рассматриваемый пункт;
- сетевой график не требует расчетов раннего и позднего сроков выполнения каждой работы;
- выбор варианта производится на основе сравнения полученных характеристик схемы доставки с заданными условиями.

**Сетевой график при смешанных перевозках
в общем виде можно представить как
пространственно зависимые схемы
доставки с учетом различных параметров,
используемых для принятия
управленческого решения.**

В качестве критериев выбора вариантов
доставки можно использовать:

- время (T);
- стоимость (C);
- приведенную стоимость (C^*)

Приведенная стоимость, определяется по формуле:

$$C^* = (C_{\text{груза}} + C_m) (1 + \Delta)^n,$$

где C^* - оценка стоимости груза и его доставки с учетом фактора времени (интегральная оценка); $C_{\text{груза}}$ – закупочная стоимость груза;

C_m – стоимость перевозки;

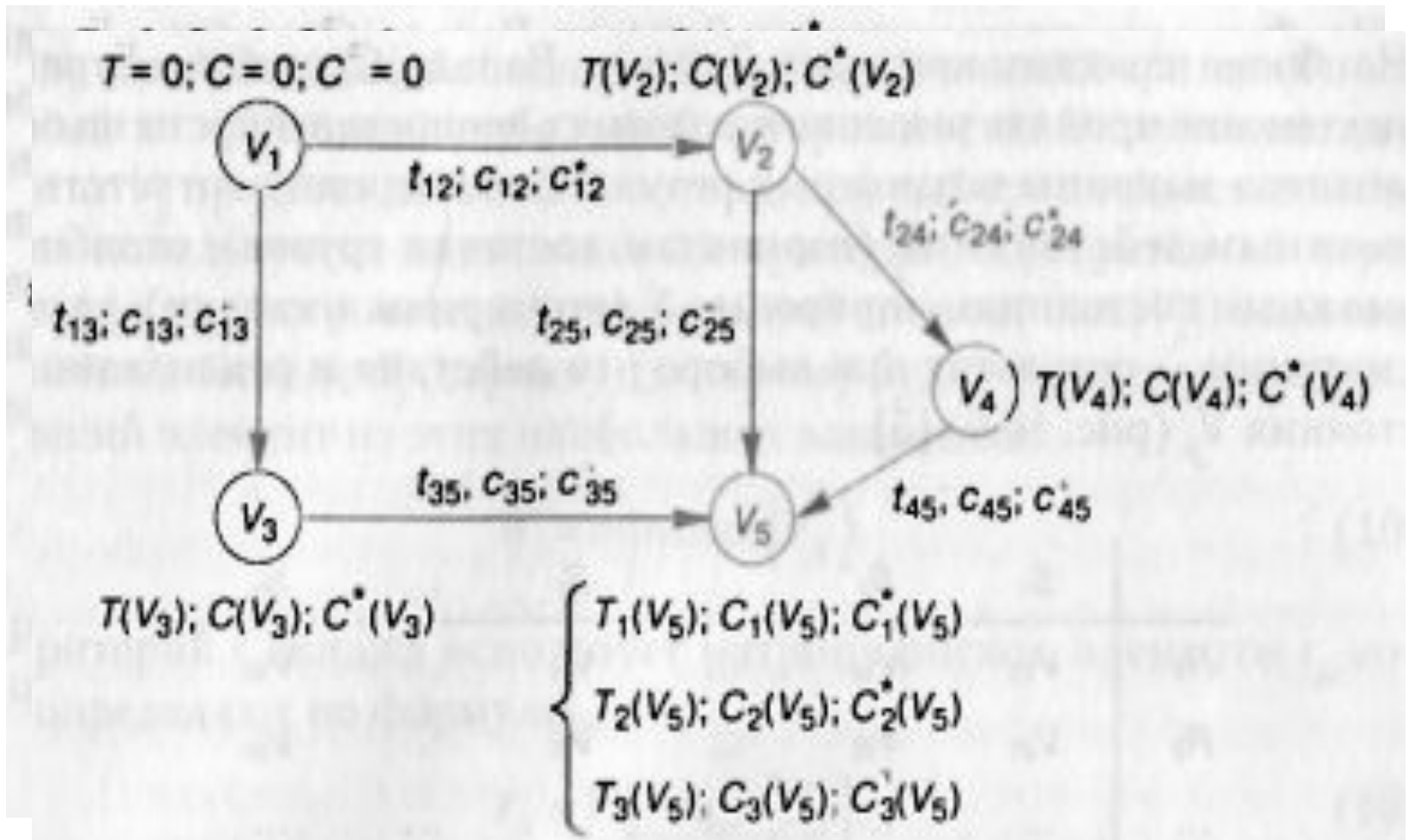
$(1 + \Delta)^n$ - множитель наращивания процентов по процентной ставке Δ за n периодов,

$n = T/365$.

Технологическая схема доставки груза с использованием нескольких видов транспорта



СЕТЕВОЙ ГРАФИК ВАРИАНТОВ ДОСТАВКИ ГРУЗА И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКА



Для выбора схемы перевозки можно использовать критерии принятия решения в условиях неопределенности.

Наиболее известны критерии Лапласа, Вальда, Сэвиджа и Гурвица, позволяющие принять решение в условиях неопределенности на основе анализ а матрицы возможных результатов: строки соответствуют возможным действиям R_j (вариантам доставки грузов); столбцы — возможным состояниям «природы» S_i { (критериям доставки); элемент ты матрицы — результат при выборе j -го действия и реализации i -го состояния V_{ji}

ОБЩИЙ ВИД МАТРИЦЫ ВОЗМОЖНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

	S_1	S_2	...	S_i	...	S_n
R_1	V_{11}	V_{12}	...	V_{1i}	...	V_{1n}
R_2	V_{21}	V_{22}	...	V_{2i}	...	V_{2n}
...
R_j	V_{j1}	V_{j2}	...	V_{ji}	...	V_{jn}
...
R_m	V_{m1}	V_{m2}	...	V_{mi}	...	V_{mn}

КРИТЕРИЙ ЛАПЛАСА

Критерий Лапласа опирается на принцип недостаточного основания, согласно которому все состояния природы S_i ($i = \overline{1, n}$) полагаются равновероятными. Таким образом, каждому состоянию S_i соответствует вероятность q_i , определяемая по формуле

$$q_i = \frac{1}{n}.$$

КРИТЕРИЙ ЛАПЛАСА (2)

Для принятия решения для каждого действия R_j вычисляется среднее арифметическое значение потерь:

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

КРИТЕРИЙ ЛАПЛАСА (3)

Среди $M_j(R)$ выбирают минимальное значение, если, как в рассматриваемом случае, матрица возможных результатов представлена матрицей потерь (или максимальное, во всех других ситуациях), которое и будет соответствовать оптимальной стратегии:

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

где W – значение параметра, соответствующее оптимальной стратегии (варианту доставки груза).

КРИТЕРИЙ ВАЛЬДА

Критерий Вальда (минимаксный или максиминный критерий), основанный на принципе наибольшей осторожности. В случае когда результат V_{ji} представляет собой потери, при выборе оптимальной стратегии используется минимаксный критерий. Требуется на первом этапе в каждой строке найти наибольший элемент $\max\{V_{ji}\}$, а далее выбирается действие R_j (строка j), которому будет соответствовать наименьший элемент из этих наибольших элементов:

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

КРИТЕРИЙ СЭВИДЖА

Критерий Сэвиджа использует матрицу рисков, элементы r_{ji} которой определяют по формуле

$$r_{ji} = V_{ij} - \min_j \{V_{ji}\}.$$

Таким образом, r_{ji} есть разность между наилучшим значением в столбце i и значениями V_{ji} при том же i . Согласно критерию, рекомендуется выбрать ту стратегию, при которой величина риска принимает наименьшее значение в самой неблагоприятной ситуации:

$$W = \min_j \max_i \{r_{ji}\}.$$

КРИТЕРИЙ ГУРВИЦА (1)

Критерий Гурвица основан на двух следующих предположениях: природа может находиться в самом невыгодном состоянии с вероятностью $(1 - \alpha)$ и в самом выгодном состоянии с вероятностью α , где α — коэффициент доверия. Если элементы матрицы представляют собой потери, то выбирают действие, которое выполняет следующее условие:

$$W = \min_j \left[\alpha \min_i V_{ij} + (1 - \alpha) \max_i V_{ij} \right]$$

КРИТЕРИЙ ГУРВИЦА (2)

Критерий Гурвица устанавливает баланс между случаями крайнего оптимизма и пессимизма путем взвешивания этих двух способов поведения соответствующими весами $(1 - a)$ и a , где $0 < a < 1$. Значение a определяется в зависимости от склонности лица, принимающего решение, к пессимизму или к оптимизму. При отсутствии ярко выраженной склонности наиболее часто используется $a = 0,5$.

ПРИМЕНЕНИЕ КРИТЕРИЕВ

Применение рассмотренных критериев требует однородности данных, образующих матрицу. Таким образом, значения параметров «время», «стоимость» и «приведенная стоимость» по каждому варианту доставки должны быть одной размерности. Поэтому перед определением наилучшего результата по критериям следует перейти от абсолютных к относительным показателям, приравняв минимальное или максимальное значение в каждом столбце, например, к единице, а остальные выразив в долях от единицы.

ПРИМЕР

Необходимо осуществить перевозку 20-футового контейнера из порта Хельсинки (Финляндия) до центрального склада в Москве (Российская Федерация).

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

ПРИМЕР

При средней загрузке 20-футового контейнера около 10 т средняя стоимость товаров в транзитных контейнерах составляет \$50 тыс. Однако, реальная стоимость груза и декларируемая иностранными грузовладельцами, согласно таможенной статистике ГТК РФ, часто не совпадает. Поэтому для проведения расчетов можно принять для 20-футового контейнера $C_{\text{груза}} = 35$ тыс. у.е.

ПРИМЕР

Работы по доставке грузов по направлению Хельсинки – Москва (1)

№ 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

ПРИМЕР

Работы по доставке грузов по направлению Хельсинки – Москва (2)

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	50	0,5
14	15	грузополучателя		

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

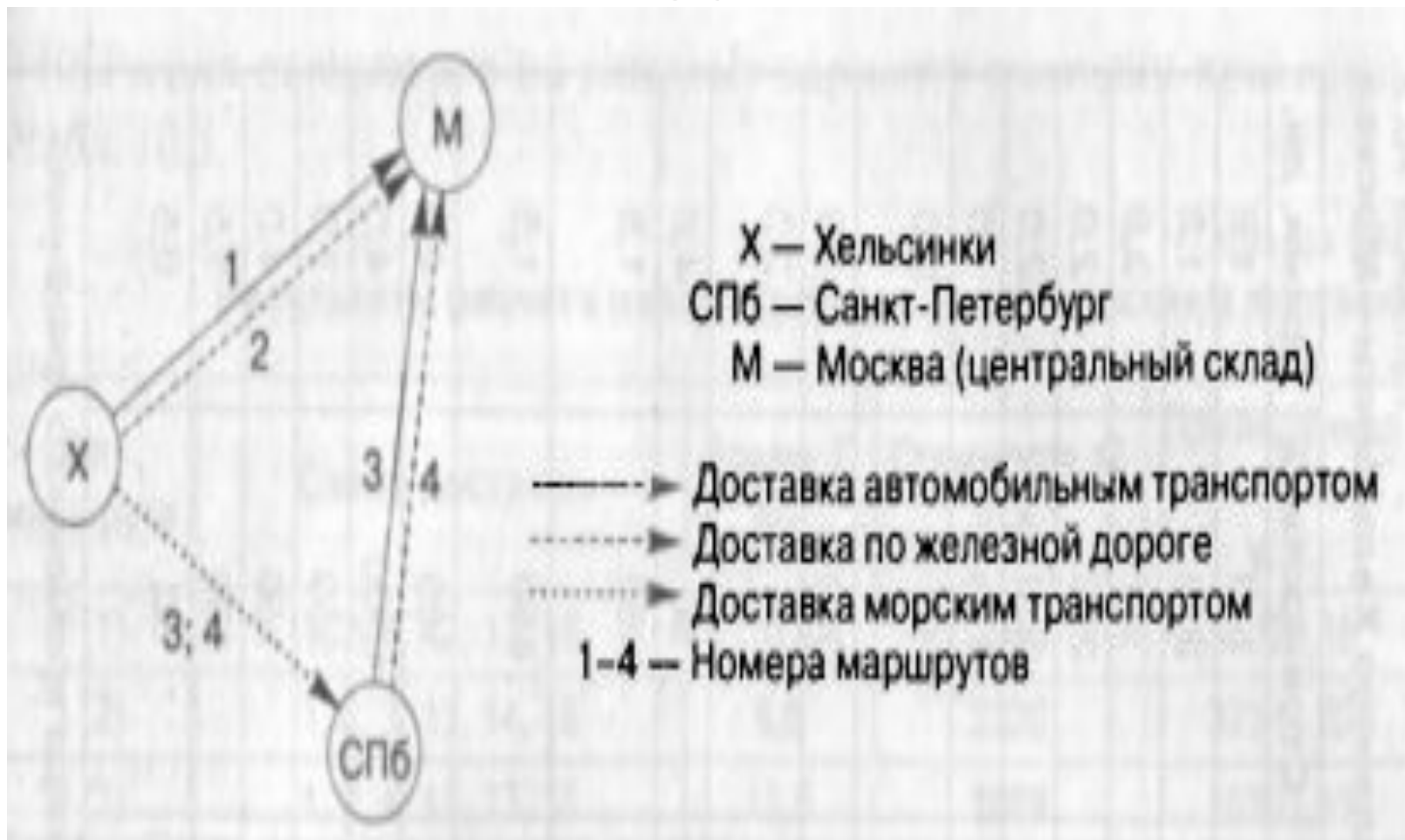
ПРИМЕР

Работы по доставке грузов по направлению Хельсинки – Москва (3)

- *Перечень работ, представленных в примере, может быть расширен и скорректирован.*
- *В результате решения задачи необходимо составить схему маршрутов по направлению Хельсинки – Москва, построить сетевой график схем доставки грузов, рассчитать параметры для различных схем доставки, выбрать схему доставки по критериям принятия решения в условиях неопределенности.*

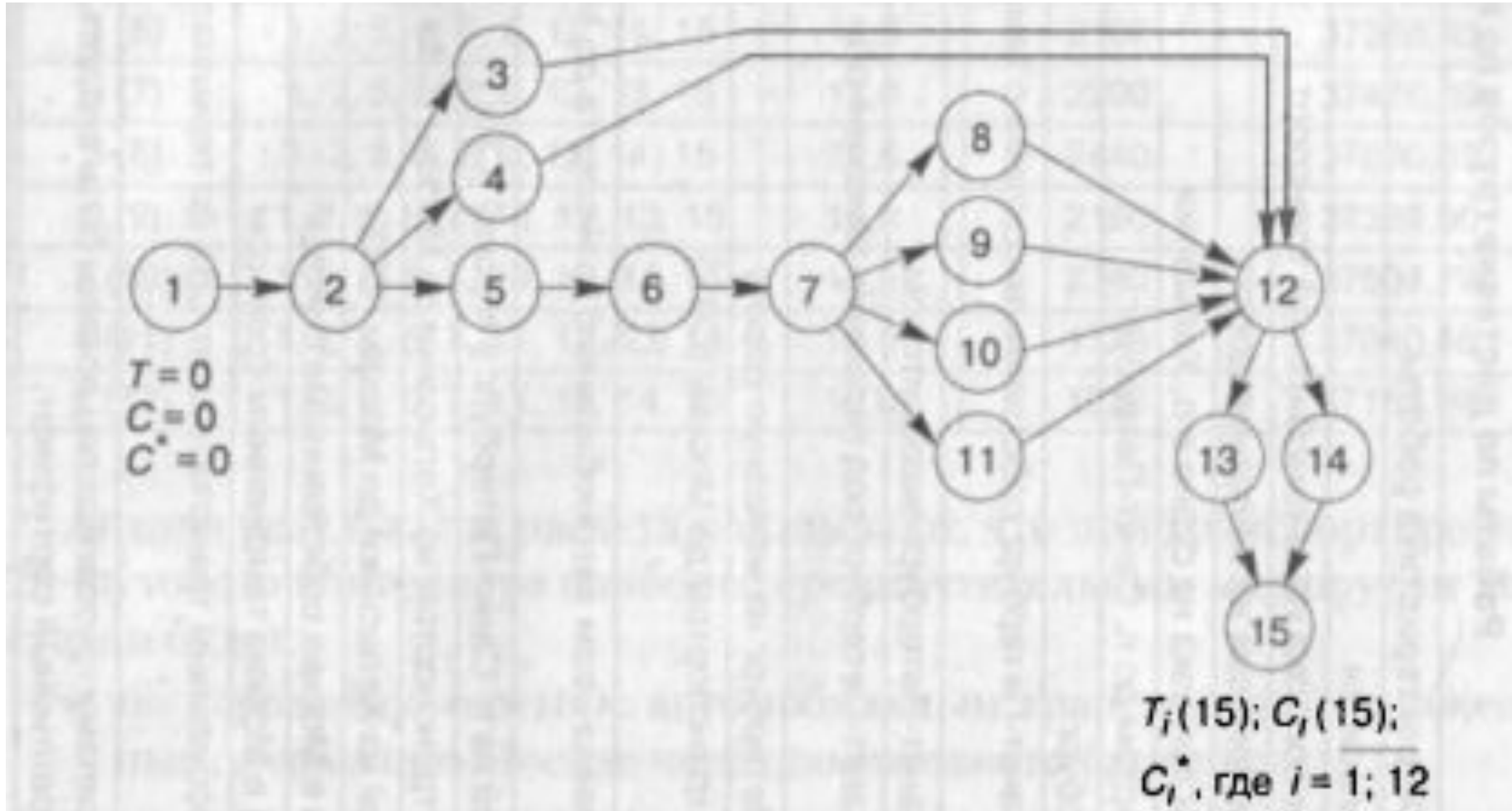
ПРИМЕР

МАРШРУТЫ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ХЕЛЬСИНКИ - МОСКВА



ПРИМЕР

СЕТЕВОЙ ГРАФИК СХЕМ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ ПО МАРШРУТУ ХЕЛЬСИНКИ - МОСКВА



ПРИМЕР

СЕТЕВОЙ ГРАФИК СХЕМ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ ПО МАРШРУТУ ХЕЛЬСИНКИ - МОСКВА

Средняя банковская ставка по краткосрочным валютным кредитам равна 15% в год, а для определения величины C груза воспользуемся данными таможенной статистики. Так, при перевозке в 20-футовом контейнере средняя стоимость груза составляет \$20 тыс. Согласно таможенной статистике ГТК РФ, декларируемая иностранными грузовладельцами стоимость транзитных товаров составляет около \$5 тыс. за 1 т. При средней загрузке 20-футового контейнера около 10 т средняя стоимость товаров в транзитных контейнерах составляет \$50 тыс. Примем для проводимых расчетов для 20-футового контейнера C груза = 35 тыс. у. е.

ПРИМЕР

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

ПРИМЕР (ВЫВОДЫ без учета условий неопределенности)

Анализ результатов расчета показывают, что при транспортировке 20-футового контейнера наиболее предпочтительным маршрутом доставки будет:

- по параметру «время»: автомобильным транспортом, таможенные операции в Москве через таможенного брокера;
- по параметрам «стоимость» и «приведенная стоимость»: железнодорожным транспортом, таможенные операции в Москве собственными силами.

ПРИМЕР

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} .

ПРИМЕР

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, $\alpha \min V_{ji} +$ $+ (1 - \alpha) \max V_{ji}$
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)	1,2553	1,6250	0,6250	1,3141
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

ПРИМЕР (ВЫВОДЫ)

Согласно полученному результату, следует выбрать четвертый вариант доставки по второму маршруту, т. е. использовать прямую железнодорожную доставку с привлечением таможенного брокера для проведения таможенной очистки груза в Москве

ПРИМЕР

расчета показателей (1)

Для рассматриваемых параметров определим значения искомым критериев.

Критерий Лапласа. Все состояния природы S_j ($i = 1, n$) полагаются

равновероятными. Вероятность q_i , определяется по формуле будет равна $q_i = 1/3$.

Для первого маршрута доставки найдем по формуле арифметическое значение потерь $M_i = 1/3 \times (1,3125 + 1,9100 + 1,0255) =$

$= 1,4160$. Аналогичным образом определяем M_i для всех остальных

маршрутов. Минимальное значение M_i будет соответствовать искомому варианту доставки.

ПРИМЕР

расчета показателей (2)

Для критерия **Вальда** на первом этапе следует определить наибольший элемент в каждой строке. Для первого маршрута наибольшее значение 1,9100, для второго — 2,0478.

Критерий **Сэвиджа** основан на использовании матрицы рисков,

элементы которой определяются по формуле , а затем из них выбирается наибольший.

Для первого варианта доставки: $r_{11} = 1,3125 - 1,00 = 0,3125$;

$r_{12} =$

$= 1,9100 - 1,00 = 0,9100$; $r_{13} = 1,0255 - 1,00 = 0,0255$.

Максимальное значение - 0,9100.

ПРИМЕР

расчета показателей (з)

Для определения искомого варианта доставки по критерию **Гурвица** следует найти сумму произведений наименьшего и наибольшего значений на коэффициент доверия $\alpha = 0,5$.

Для первого варианта $0,5 \times 1,0255 + 0,5 \times 1,9100 = 1,4678$.

«DOOR TO DOOR»

Мультимодальные перевозки: Китай ▶ Вьетнам ▶ Индия ▶ Санкт-Петербург ▶ Москва



Порты отгрузки	Пути следования / Дни	
	Бремерхафен	С.Петербург
Шанхай	37	42
Нинбо	38	43
Яктябрь	35	40
Шекоу	37	42
Циндао	40	45
Сямень	38	43
Гонконг	34	39
Нава Шева	20	25
Хо Ши Мин	22	27

Таможенное оформление в СПб	2 дня
Доставка до склада клиента в Москве	2 дня

- Морской маршрут
- Автоперевозки
- Таможенное оформление





ПРИМЕР

Работы по доставке грузов по направлению Хельсинки – Москва (1)

№ работы	Характеристика работы	Стоимость, \$	Время, дн.
1	Затаможивание груза в Хельсинки	180	1,0
2	Оформление документов и погрузка на автомобильный транспорт	200	1,0
3	Оформление документов и погрузка на железнодорожный транспорт	50	3,0
4	Оформление документов и погрузка на судно в п. Хельсинки	250	2,0
5	Доставка морским транспортом до п. Санкт-Петербург	600	2,0
6	Разгрузка в п. Санкт-Петербург	110	1,0
7	Выпуск контейнера из п. Санкт-Петербург собственными силами с таможенной гарантией*	50	3,0
8	Выпуск контейнера из п. Санкт-Петербург экспедитором	300	1,0
9	Выпуск контейнера из п. Санкт-Петербург под гарантию таможенного перевозчика	-	2,0
10	Выпуск контейнера из п. Санкт-Петербург на железную дорогу	50	4,0

ПРИМЕР

Работы по доставке грузов по направлению Хельсинки – Москва (2)

11	Доставка автомобильным транспортом до Москвы (СВХ)	650	1,5
12			
13	Доставка таможенным перевозчиком автомобильного транспорта до Москвы (СВХ)	850	1,5
14	Доставка железной дорогой из п. Санкт- Петербург в Москву (СВХ)	389	4,0
15	Доставка автомобильным транспортом из Хельсинки до Москвы (СВХ)	1500	4,0
16	Доставка железной дорогой из Хельсинки до Москвы (СВХ)	359	7,0
17	Таможенная очистка груза в Москве собственными силами	150	4,0
18	Таможенная очистка груза в Москве таможенным брокером	300	1,5
19	Доставка по Москве автомобильным транспортом от СВХ до терминала грузополучателя	50	1,5
20			

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