



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)**

Факультет Дорожно-транспортный

Кафедра Организация перевозок и дорожного движения

Зав. кафедрой «_____»

_____ д.т.н., проф.
Зырянов В.В.
(подпись)

«___» _____ 2022 г.

Контрольная работа по дисциплине

Моделирование транспортно-логистических процессов

для заочной формы обучения

Направление 23.04.01 «Технология транспортных процессов»

Ростов-на-Дону

2022

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

Цель практического занятия: усвоение, систематизация и закрепление пройденного материала по данной теме.

Ознакомившись с данной темой, студенты будут:

1. Иметь представление о сетевом моделировании логистических процессов предприятия.
2. Иметь навыки решения задач с применением сетевого планирования и управления производственным процессом

Теоретическая часть

Сетевой моделью (другие названия: сетевой график, сеть) называется экономико-компьютерная модель, отражающая комплекс работ (операций) и событий, связанных с реализацией некоторого проекта (научно-исследовательского, производственного и др.), в их логической и технологической последовательности и связи. Анализ сетевой модели, представленной в графической или табличной (матричной) форме, позволяет: во-первых, более четко выявить взаимосвязи этапов реализации проекта; во-вторых, определить наиболее оптимальный порядок выполнения этих этапов в целях, например, сокращения сроков выполнения всего комплекса работ.

Сетевая модель и ее элементы

Математический аппарат сетевых моделей базируется на теории графов. *Графом* называется совокупность двух конечных множеств: множества точек, которые называются *вершинами*, и множества связей, соединяющих вершины, которые называются *ребрами*. Если рассматриваемые пары вершин являются упорядоченными, т.е. на каждом ребре задается направление, то граф называется *ориентированным*; в противном случае — *неориентированным*. Последовательность неповторяющихся ребер, ведущая от некоторой вершины к другой, образует *путь*.

Граф называется связным, если для любых двух его вершин существует путь, их соединяющий; в противном случае граф называется несвязным. В экономике чаще всего используются два вида графов: дерево и сеть.

Дерево представляет собой связный граф без циклов, имеющий исходную вершину (корень) и крайние вершины; пути от исходной вершины к крайним вершинам называются ветвями.

Сеть — это ориентированный конечный связный граф, имеющий начальную вершину (источник) и конечную вершину (сток). Таким образом, сетевая модель представляет собой граф вида «сеть».

В экономических исследованиях сетевые модели возникают при моделировании экономических процессов методами сетевого планирования и управления (СПУ). Объектом управления в системах сетевого планирования и управления являются коллективы исполнителей, располагающих определенными ресурсами и выполняющих определенный комплекс операций, который призван обеспечить достижение намеченной цели, например, разработку нового изделия, строительства объекта и т. п.

Основой сетевого планирования и управления является сетевая модель (СМ), в которой моделируется совокупность взаимосвязанных работ и событий, отображающих

процесс достижения определенной цели. Она может быть представлена в виде графика или таблицы.

Основные понятия сетевой модели:

1. событие,
2. работа,
3. путь.

На рисунке 1 графически представлена сетевая модель, состоящая из 11 событий и 16 работ, продолжительность выполнения которых указана над работами.

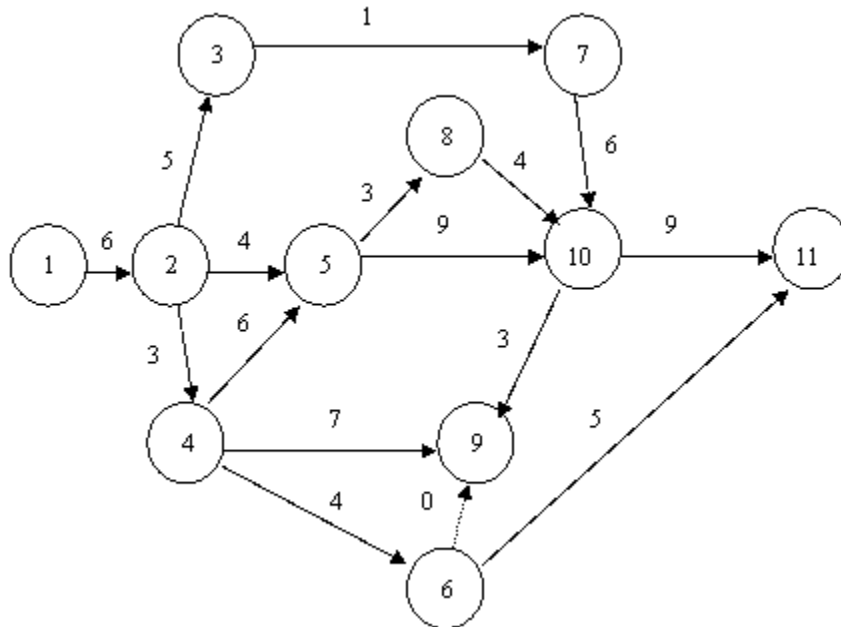


Рисунок 1 – Сетевая модель

Работа характеризует материальное действие, требующее использования ресурсов, или логическое, требующее лишь взаимосвязи событий. При графическом представлении работа изображается стрелкой, которая соединяет два события. Она обозначается парой заключенных в скобки чисел (i,j) , где i — номер события, из которого работа выходит, а j — номер события, в которое она входит. Работа не может начаться раньше, чем свершится событие, из которого она выходит. Каждая работа имеет определенную продолжительность $t(i,j)$. Например, запись $t(2-5) = 4$ означает, что работа (2-5) имеет продолжительность 5 единиц времени. К работам относятся также такие процессы, которые не требуют ни ресурсов, ни времени выполнения. Они заключаются в установлении логической взаимосвязи работ и показывают, что одна из них непосредственно зависит от другой; такие работы называются фиктивными и на графике изображаются пунктирными стрелками (работа (6-9)).

Событиями называются результаты выполнения одной или нескольких работ. Они не имеют протяженности во времени. Событие свершается в тот момент, когда оканчивается последняя из работ, входящая в него. События обозначаются одним числом и при графическом представлении сетевая модель изображаются кружком (или иной геометрической фигурой), внутри которого проставляется его порядковый номер ($i = 1, 2, \dots, n$).

В сетевой модели имеется начальное событие (с номером 1), из которого работы только выходят, и конечное событие (с номером N), в которое работы только входят.

Путь — это цепочка следующих друг за другом работ, соединяющих начальную и конечную вершины, например, в приведенной выше модели путями являются $L_1 = (1, 2, 3, 7, 10, 11)$, $L_2 = (1, 2, 4, 6, 11)$ и др.

Продолжительность пути определяется суммой продолжительностей составляющих его работ. Путь, имеющий максимальную длину, называют критическим и обозначают $L_{кр}$, а его продолжительность — $t_{кр}$. Работы, принадлежащие критическому пути, называются критическими. Их несвоевременное выполнение ведет к срыву сроков всего комплекса работ.

Сетевая модель имеют ряд характеристик, которые позволяют определить степень напряженности выполнения отдельных работ, а также всего их комплекса и принять решение о перераспределении ресурсов.

Перед расчетом СМ следует убедиться, что она удовлетворяет следующим основным требованиям:

1. События правильно пронумерованы, т. е. для каждой работы (i, j) $i < j$ (рисунок 2, работы (4-3) и (3-2)). При невыполнении этого требования необходимо использовать алгоритм пере нумерации событий, который заключается в следующем:
 - нумерация событий начинается с исходного события, которому присваивается № 1;
 - из исходного события вычеркивают все исходящие из него работы (стрелки), и на оставшейся сети находят событие, в которое не входит ни одна работа, ему и присваивают № 2;
 - затем вычеркивают работы, выходящие из события № 2, и вновь находят событие, в которое не входит ни одна работа, и ему присваивают № 3, и так продолжается до завершающего события, номер которого должен быть равен количеству событий в сетевом графике;
 - если при очередном вычеркивании работ одновременно несколько событий не имеют входящих в них работ, то их нумеруют очередными номерами в произвольном порядке.
2. Отсутствуют тупиковые события (кроме завершающего), т. е. такие, за которыми не следует хотя бы одна работа (рисунка 2, событие 5);
3. Отсутствуют события (за исключением исходного), которым не предшествует хотя бы одна работа (событие 7);
4. Отсутствуют циклы, т. е. замкнутые пути, соединяющие событие с ним же самим (путь (2,4,3)).

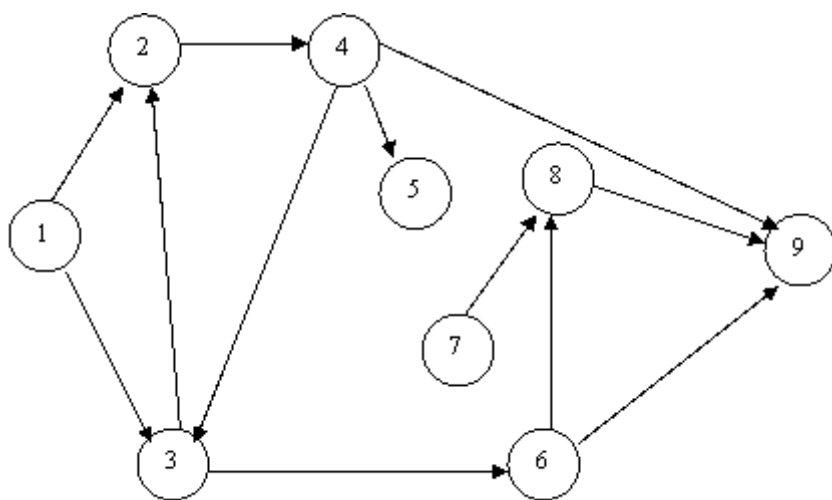


Рисунок 2 – Основные ошибки в построении сетевой модели

При невыполнении указанных требований бессмысленно приступать к вычислениям характеристик событий, работ и критического пути.

Числовые характеристики сетевого графика

Для событий рассчитывают три характеристики: ранний и поздний срок совершения события, а также его резерв.

Ранний срок свершения события определяется величиной наиболее длительного отрезка пути от исходного до рассматриваемого события, причем $tp(1)=0$, а $tp(N)=t_{Kp}(L)$:

$$t_p(j)=\max\{t_p(j)+(i,j)\}; j=2,\dots,N$$

Поздний срок свершения события характеризует самый поздний допустимый срок, к которому должно совершиться событие, не вызывая при этом срыва срока свершения конечного события:

$$t_n(i)=\min\{t_n(i)-t(i,j)\}; j=2,\dots,N-1$$

Этот показатель определяется «обратным ходом», начиная с завершающего события, с учетом соотношения $tn(N)=tp(N)$.

Все события, за исключением событий, принадлежащих критическому пути, имеют резерв $R(i): R(i)=t_n(i)-t_p(i)$

Резерв показывает, на какой предельно допустимый срок можно задержать наступление этого события, не вызывая при этом увеличения срока выполнения всего комплекса работ. Для всех работ (i,j) на основе ранних и поздних сроков свершения всех событий можно определить показатели:

Ранний срок начала – $t_{pn}(i,j)=p(i)$;

Ранний срок окончания – $t_{po}(i,j)=t_p(i)+t(i,j)$;

Поздний срок окончания – $t_{no}(U)=t_n(j)$;

Поздний срок начала – $t_{nn}(i,j)=t_n(j)-t(i,j)$;

Полный резерв времени – $R_n(i,j)=t_n(j)-t_p(i)-t(i,j)$;

Независимый резерв – $R_n(i,j)=\max\{0; t_p(j)-t_n(i)-t(i,j)\}=\max\{0; R_n(i,j)-R(i)-R(j)\}$.

Полный резерв времени показывает, на сколько можно увеличить время выполнения конкретной работы при условии, что срок выполнения всего комплекса работ не изменится.

Независимый резерв времени соответствует случаю, когда все предшествующие работы заканчиваются в поздние сроки, а все последующие — начинаются в ранние сроки. Использование этого резерва не влияет на величину резервов времени других работ. Путь характеризуется двумя показателями — продолжительностью и резервом. Продолжительность пути определяется суммой продолжительностей составляющих его работ.

Резерв определяется как разность между длинами критического и рассматриваемого путей. Из этого определения следует, что работы, лежащие на критическом пути, и сам критический путь имеют нулевой резерв времени. Резерв времени пути показывает, на сколько может увеличиться продолжительность работ, составляющих данный путь, без изменения продолжительности общего срока выполнения всех работ.

Перечисленные выше характеристики СМ могут быть получены на основе приведенных аналитических формул, а процесс вычислений отображен непосредственно на графике, либо в матрице (размерности $N*N$), либо в таблице.

Методика решения задач (выполнения заданий)

Рассмотрим последний указанный способ для расчета сетевой модели, которая представлена на рисунке 1; результаты расчета приведены в таблице 1.

Перечень работ и их продолжительность перенесем во вторую и третью графы таблицы 1.

Таблица 1 - Расчет основных параметров сетевой модели

Кпр	Индекс работы	t (i,j)	trн (i,j)=tr	t по (i,j)	tnн(i,j)	tno(i,j)=tn	Rн	Rн	Кн
1	2	3	4	5=4+3	6=7-3	7	8	9	10
0	(1-2)	6	0	6	0	6	0	0	1
1	(2-3)	5	6	11	12	17	6	0	0,67
1	(2-4)	3	6	9	6	9	0	0	1
1	(2-5)	4	6	10	11	15	5	5	0,44
1	(3-7)	1	11	12	17	18	6	0	0,67
1	(4-5)	6	9	15	9	15	0	0	1
1	(4-6)	4	9	13	17	21	8	0	0,47
1	(4-9)	7	9	16	14	21	5	0	0,67
2	(5-8)	3	15	18	17	20	2	0	0,78
2	(5-10)	9	15	24	15	24	0	0	1
1	(6-9)	0	13	13	21	21	8	0	0,38
1	(6-11)	5	13	18	28	33	15	7	0,38
1	(7-10)	6	12	18	18	24	6	0	0,67
1	(8-10)	4	18	22	20	24	2	0	0,78
2	(9-10)	3	16	19	21	24	5	0	0,67
4	(10-11)	9	24	33	24	33	0	0	1

В первой графе поставим число $K_{пр}$, характеризующее количество работ, непосредственно предшествующих событию, с которого начинается рассматриваемая работа. Для работ, начинающихся с номера «1», предшествующих работ нет. Для работы, начинающейся на номер « k », просматриваются все верхние строчки второй графы таблицы и отыскиваются строки, оканчивающиеся на этот номер. Количество найденных работ записывается во все строчки, начинающиеся с номера « k ». Например, для работы (5-8) в гр. 1 поставим цифру 2, так как в гр. 2 на номер 5 оканчиваются две работы: (2-5) и (4-5).

Заполнение таблицы начинается с расчета раннего срока начала работ. Для работ, имеющих цифру «ноль» в первой графе, в гр. 4 также заносятся нули, а их значение в гр. 5 получается в результате суммирования гр. 3 и 4. В нашем случае таких работ только одна – (1-2), поэтому в гр. 4 в соответствующей ей строке проставим 0, а в гр. 5 – $0+6=6$.

Для заполнения следующих строк гр. 4, т. е. строк, начинающихся с номера 2, просматриваются заполненные строки гр. 5, содержащие работы, которые оканчиваются

на этот номер, и максимальное значение переносится в гр. 4 обрабатываемых строк. В данном случае такая работа лишь одна (1, 2), о чем можно судить по гр. 1. Цифру 6 из гр. 5 переносим в гр. 4 для всех работ, начинающихся с номера 2, т. е. в три последующие строки с номерами (2-3), (2-4), (2-5). Далее для каждой из этих работ путем суммирования их значений гр. 3 и 4 сформируем значение гр.5.:

$$t_{po}(2-3)=5+6=11$$

$$t_{po}(2-4)=3+6=9$$

Этот процесс повторяется до тех пор, пока не будет заполнена последняя строка таблицы. Графы 7 и 6 заполняются «обратным ходом», т. е. снизу вверх. Для этого просматриваются строки, оканчивающиеся на номер последнего события, и из гр. 5 выбирается максимальная величина, которая записывается в гр. 7 по всем строчкам, оканчивающимся на номер последнего события (см. формулу $t_n(N)=t_p(N)$). В нашем случае $t(N)=33$. Затем для этих строчек находится содержимое гр. 6 как разность между гр. 7 и 3. Имеем:

$$t_{po}(10-11)=33-9=24.$$

Далее просматриваются строки, оканчивающиеся на номер события, которое непосредственно предшествует завершающему событию (10). Для определения гр. 7 этих строк (работы (5-10), (7-10), (8-10), (9-10)) просматриваются все строчки гр. 6, лежащие ниже и начинающиеся с номера 10.

В гр. 6 среди них выбирается минимальная величина, которая переносится в гр. 7 по обрабатываемым строчкам. В нашем случае она одна — (10-11), поэтому заносим во все строки указанных работ цифру «24». Процесс повторяется до тех пор, пока не будут заполнены все строки по гр. 6 и 7.

Содержимое гр. 8 равно разности гр. 6 и 4 или гр. 7 и 5. Гр. 9 проще получить, воспользовавшись формулой.

Учитывая, что нулевой резерв времени имеют только события и работы, которые принадлежат критическому пути, получаем, что критическим является путь $L_{кр}=(1,2,4,5,10,11)$, $at_{кр}=33$ дня.

Для оптимизации сетевой модели, выражающейся в перераспределении ресурсов с ненапряженных работ на критические для ускорения их выполнения, необходимо как можно более точно оценить степень трудности своевременного выполнения всех работ, а также «цепочек» пути. Более точным инструментом решения этой задачи по сравнению с полным резервом является коэффициент напряженности, который может быть вычислен одним из двух способов по приводимой ниже формуле:

$$K_H=(i,j)=t(L_{max})-t_{kp}/t_{kp}-t_{kp}=1-R_n-R_n(i,j)/t_{kp}-t_{kp}$$

где $t(L_{max})$ — продолжительность максимального пути, проходящего через работу (i,j) ; t_{kp} — продолжительность отрезка рассматриваемого пути, совпадающего с критическим путем.

Коэффициент напряженности изменяется от нуля до единицы, причем, чем он ближе к единице, тем сложнее выполнить данную работу в установленный срок. Самыми напряженными являются работы критического пути, для которых он равен 1. На основе этого коэффициента все работы СМ могут быть разделены на три группы:

1. напряженные ($K_H(i,j)>0,8$);
2. под критические ($0,6<K_H(i,j)<0,8$);
3. резервные ($K_H(i,j)<0,6$).

В результате перераспределения ресурсов стараются максимально уменьшить общую продолжительность работ, что возможно при переводе всех работ в первую группу.

При расчете этих показателей целесообразно пользоваться графиком СМ. Итак, для работ критического пути (1-2), (2-4), (4-5), (5-10), (10-11) $K_H=1$. Для других работ: $K_H(2-3)=1-(6:(33-(6+9)))=1-0,33=0,67$

$$K_n(4-9)-1-(5:(33-(6+3+9)))=1-0,33=0,67$$

$$K_n(5-8)=1-(2:(33-(6+3+6+9)))=1-0,22=0,78 \text{ и т.д.}$$

В соответствии с результатами вычислений K_n для остальных работ, которые представлены в последней графе таблицы 1, можно утверждать, что оптимизация СМ возможна в основном за счет двух резервных работ: (6-11) и (2-5).

Продолжительность выполнения работ часто трудно задать точно и потому в практической работе вместо одного числа (детерминированная оценка) задаются две оценки — минимальная и максимальная. Минимальная (оптимистическая) оценка $t_{min}(i,j)$ характеризует продолжительность выполнения работы при наиболее благоприятных обстоятельствах, а максимальная (пессимистическая) $t_{max}(i,j)$ — при наиболее неблагоприятных. Продолжительность работы в этом случае рассматривается, как случайная величина, которая в результате реализации может принять любое значение в заданном интервале. Такие оценки называются вероятностными (случайными), и их ожидаемое значение $t_{ож}$ оценивается по формуле (при бета-распределении плотности вероятности):

$$t_{ож}(i,j)=(3t_{min}(i,j)+2t_{max}(i,j))/5.$$

Здания для самостоятельного решения

Задача 1.

По данным таблицы 3 разработайте сетевую модель распределительной логистики предприятия с дивизиональной структурой управления – синтез взаимодействия трех основных потоков: материального, информационного и финансового. Выделите из представленных логистических операций цепочки событий по каждому из потоков. Рассчитайте основные параметры сетевого графика.

Таблица 3- Исходные данные для решения задачи

Индекс работы	Наименование работы	t_{min} , дн.	t_{max} , дн.	$t_{ож}$, дн.	РН	ПО	ПН	РО	Резерв
1-2	Формирование портфеля заказов для региона 1	1	6						
1-3	Формирование портфеля заказов для региона 2	2	7						
1-4	Формирование портфеля заказов для региона 3	3	8						
1-5	Работы по финансированию сбытовых исследований	1	6						
2-7	Установление хозяйственной связи с потребителями	4	9						
2-8	Установление хозяйственной связи с потребителями	6	11						
3-6	Ассортиментная загрузка	2	7						

	производственных мощностей								
4-9	Ассортиментная загрузка производственных мощностей	6	11						
4-10	Установление цен на продукцию	8	13						
5-12	Разработка финансового плана	1	6						
6-11	Заключение договоров поставки (продажи)	2	7						
7-13	Создание запасов готовой продукции	2	7						
8-15	Создание запасов готовой продукции	3	8						
9-10	Фиктивная работа	0	0						
10-18	Фиктивная работа	0	0						
11-12	Фиктивная работа	0	0						
12-14	Оценка финансовых результатов предприятия	3	8						
13-17	Фиктивная работа	0	0						
14-16	Оптимизация сбытовой политики	4	9						
15-20	Выбор каналов распределения	1	6						
16-17	Корректировка финансового потока	1	6						
17-19	Выбор каналов распределения	2	7						
18-21	Выбор каналов распределения	3	8						
19-22	Расчеты с покупателями и дистрибьютерами	1	6						
20-22	Расчеты с покупателями и дистрибьютерами	1	6						
21-24	Фиктивная работа	0	0						
22-23	Контроль за выполнением договорных обязательств	1	6						
23-24	Оценка выполнения планов сбыта	1	6						

Задача 2

Декомпозиция процесса сбыта готовой продукции может быть представлена следующим набором логистических функций: сформировать портфель заказов → подготовить договора на поставку → получить продукцию → организовать доставку потребителю → оказать сопутствующие услуги. Из перечисленного ниже набора логистических операций скомпонуйте последовательность выполнения этих функций.

Таблица 4 – Исходные данные модели

Выбрать оптимальные каналы распределения	Составить формы договоров
Изучить покупательский спрос	Собрать и обобщить заявки
Сформировать спецификацию необходимой продукции	Контроль хода исполнения договоров
Входной контроль	Выбрать оптимальные условия поставки
Упаковка	Сортировка по заказам
Послепродажный сервис	Ремонт изделий
Учет отгруженной продукции	Предпродажное консультирование
Выбрать рынки сбыта	Изучить требования клиентов
Проверка счетов	Учет поступившей продукции
Передача товара клиенту	Отгрузка товара
	Оформить счета

Задача 3

Разработать сетевую модель логистических процессов и рассчитать основные параметры по структуре, представленной на рисунке 3.

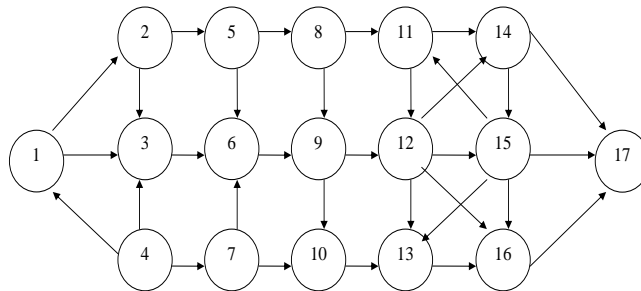


Рисунок 3-Сетевая модель распределительной логистики предприятия

