



Семахин Андрей Михайлович

Родился в 1963 году в г. Кургане. Окончил среднюю школу №31 г. Кургана, Курганский машиностроительный институт, аспирантуру Московского государственного технологического университета «СТАНКИН», кандидат технических наук, доцент.

Работает на кафедре программного обеспечения автоматизированных систем с 2006 года. Преподаёт дисциплины: основы программирования, языки программирования, алгоритмы и структуры данных, компьютерная графика, web-программирование, теория информации, тестирование и управление качеством ПО.

Сфера научных интересов: моделирование систем.

Автор 78 научных и учебно-методических работ. Научные труды опубликованы в США, Германии, Чехии, Польше и Болгарии.

А.М. Семахин

СЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

ISBN 978-5-4217-0365-5



9 785421 703655

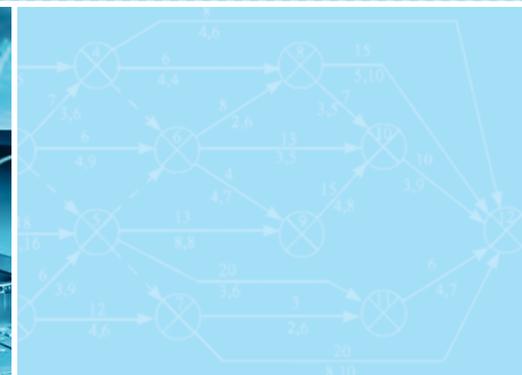
Курганский
государственный
университет



редакционно-издательский
центр

65-48-12

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Курганский государственный университет»

А.М. Семахин

**СЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

Учебное пособие

Курган 2016

УДК 004.4(075.8)

ББК 32.973я73

С30

Рецензенты

В.Ю. Пирогов - кандидат физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной информатики и экономики Шадринского государственного педагогического института;

В.Г. Коуров - доктор технических наук, профессор, директор Шадринского филиала Московского педагогического государственного университета им. М.А. Шолохова, заведующий кафедрой прикладной информатики и математики.

Печатается по решению методического совета Курганского государственного университета.

Семахин А. М.

Сетевое моделирование информационных систем: учебное пособие. Курган : Изд-во КГУ, 2016. 62 с.

В учебном пособии рассматривается моделирование информационных систем методами сетевого планирования и управления. Разработан сетевой график создания корпоративной информационной системы организации. Управление комплексом работ рассмотрено в условиях определённости и неопределённости с использованием методов критического пути и PERT. Произведена оптимизация сетевого графика.

Для закрепления теоретических знаний и приобретения практических навыков сетевого моделирования информационных систем приводятся вопросы и варианты заданий для самостоятельной работы.

Рис. – 54, библиограф. – 6.

УДК 004.4(075.8)

ББК 32.973я73

ISBN 978-4217-0365-5

© Курганский государственный университет, 2016

© Семахин А.М., 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 Понятие сетевой модели	5
2 Сетевое моделирование информационной системы.....	5
2.1 Постановка задачи	5
2.2 Построение сетевого графика	6
2.3 Расчет состава и длины критического пути.....	10
2.4 Определение резервов времени	21
2.5 Оптимизация сетевого графика	25
2.6 Сетевое планирование в условиях неопределенности.....	41
2.7 Вопросы	47
2.8 Самостоятельная работа «Разработка программы оптимального управления комплексом работ создания информационной системы организации»	47
2.8.1 Требования к самостоятельной работе	47
2.8.2 Варианты заданий.....	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	60
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	61

ВВЕДЕНИЕ

Компьютерные информационно-вычислительные сети и телекоммуникации – стремительно развивающаяся область науки и техники. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации являются в современном обществе самыми востребованными ресурсами [1]. Работы по проектированию и созданию корпоративных информационных систем ведутся в передовых странах мира.

Создание информационной системы выполняется в течение определённого периода времени и связано с затратами трудовых, финансовых и материальных ресурсов.

Комплекс работ, выполняемый при создании информационной системы, является сложным объектом управления. Определение оптимального управления комплексом работ при создании информационной системы является актуальной задачей. Для решения задачи применяется сетевое моделирование.

Методы сетевого моделирования основываются на теории графов. Сетевые модели обладают наглядностью и позволяют определить оптимальное управление комплексом работ.

Особенность сетевого моделирования заключается в рассмотрении объекта управления как единого комплекса взаимосвязанных операций, направленных на достижение цели. Используемая сетевая модель логико-математического описания позволяет алгоритмизировать расчёты параметров процесса: продолжительность, трудоёмкость, стоимость. Сетевое моделирование является одним из методов научного планирования и управления по выполнению больших масштабов работ с высокой вероятностью соблюдения заданных сроков реализации [2].

Создание информационных систем с использованием сетевого моделирования снижает временные и финансовые затраты при создании информационных систем с выполнением требований по срокам реализации комплекса работ, предусмотренных техническим заданием, и осуществлением четкой координации взаимодействия исполнителей.

Учебное пособие рассматривает применение методов сетевого моделирования в проектировании информационных систем организаций.

Для закрепления теоретических знаний и приобретения практических навыков в сетевом моделировании информационных систем в учебном пособии приводятся вопросы и варианты заданий самостоятельной работы для разработки программ, формализующих сетевые модели управления комплексом работ, производимых при создании вычислительных систем организаций, и алгоритмы решений.

1 Понятие сетевой модели

Эффективным способом представления взаимосвязанных процессов комплекса работ является сетевой график. Сетевой график – графическое представление сетевой модели объекта управления. Сетевая модель отражает логические взаимосвязи работ и имеет виды:

- матричная форма;
- табличная форма;
- сетевой график;
- диаграмма на шкале времени [2; 3].

Сетевая модель – модель, отражающая структуру процесса, явления или объекта.

Сетевой график представляет собой оргграф без контуров, дугам и вершинам которого приписаны числовые значения [2].

С вершиной сетевого графика связано событие, с дугой – работа.

Сетевое планирование и управление комплексом работ в условиях определенности производится с помощью метода критического пути (critical path method, CPM), в условиях неопределённости – посредством метода PERT (Program Evaluation and Review Technique).

2 Сетевое моделирование информационной системы

2.1 Постановка задачи

Постановка задачи: разработать оптимальное управление комплексом взаимосвязанных работ по созданию корпоративной информационной системы организации с наименьшими затратами на выполнение работ, четкой координацией взаимодействия исполнителей и реализацией объема работ в заданные сроки.

Для этого необходимо выполнить этапы:

- 1 построение сетевого графика;
- 2 расчет состава и длины критического пути;
- 3 оптимизация сетевого графика;
- 4 сетевое планирование в условиях неопределённости.

Перечень выполняемых работ представлен в таблице 2.1. В таблице 2.2 приведены временные и стоимостные характеристики работ.

Решение поставленной задачи выполним на примере создания корпоративной информационной системы территориального фонда обязательного медицинского страхования Курганской области (КИС ТФ ОМС).

2.2 Построение сетевого графика

Процесс создания корпоративной информационной системы территориального фонда обязательного медицинского страхования Курганской области разбивается на отдельные работы и составляется перечень событий и работ, определяется взаимосвязь и последовательность выполнения. За работами закрепляются ответственные исполнители. Составляется сетевой график, который упорядочивается по алгоритму Фулкерсона.

Таблица 2.1 – Перечень выполняемых работ по совершенствованию КИС ТФ ОМС по Курганской области

Код работы	Содержание работы
1-2	Разработка технического задания
1-3	Разработка технического проекта
2-3	Согласование технического задания с техническим проектом
2-4	Утверждение технического задания
3-4	Утверждение технического проекта
4-5	Обследование и анализ административных зданий ТФ ОМС в г. Кургане
4-6	Обследование и анализ административных зданий в районных отделах (управлениях) ТФ ОМС по Курганской области
5-7	Проведение подготовительных работ в ТФ ОМС в г. Кургане
6-7	Проведение подготовительных работ в районных отделах (управлениях) ТФ ОМС по Курганской области
7-8	Разработка структуры корпоративной компьютерной сети (ККС)
8-9	Выбор и обоснование сетевой архитектуры ККС
9-10	Выбор спутникового Internet провайдера
10-11	Покупка вычислительной техники, сетевого оборудования

Продолжение таблицы 2.1

10–12	Покупка спутникового оборудования
10–13	Покупка системного, сетевого и прикладного программного обеспечения
11–14	Доставка вычислительной техники, сетевого оборудования в ТФ ОМС в г. Кургане
11–15	Доставка вычислительной техники, сетевого оборудования в районные отделы (управления) ТФ ОМС по Курганской области
12–14	Доставка спутникового оборудования в ТФ ОМС в г. Кургане
12–15	Доставка спутникового оборудования в районные отделы (управления) ТФ ОМС по Курганской области
13–14	Доставка системного, сетевого и прикладного программного обеспечения в ТФ ОМС в г. Кургане
13–15	Доставка системного, сетевого и прикладного программного обеспечения в районные отделы (управления) ТФ ОМС по Курганской области
14–16	Монтаж ККС в ТФ ОМС в г. Кургане
14–17	Монтаж спутникового оборудования в ТФ ОМС в г. Кургане
15–18	Монтаж ККС в районных отделах (управлениях) ТФ ОМС по Курганской области
15–19	Монтаж спутникового оборудования в районных отделах (управлениях) ТФ ОМС по Курганской области
16–20	Подключение сетевого оборудования в ТФ ОМС в г. Кургане
17–20	Подключение спутникового оборудования в ТФ ОМС в г. Кургане
18–21	Подключение ККС в районных отделах (управлениях) ТФ ОМС по Курганской области
19–21	Подключение спутникового оборудования в районных отделах (управлениях) ТФ ОМС по Курганской области
20–22	Установка программного обеспечения в ТФ ОМС в г. Кургане

Продолжение таблицы 2.1

21–23	Установка программного обеспечения в районных отделах (управлениях) ТФ ОМС по Курганской области
22–24	Настройка оборудования в ТФ ОМС в г. Кургане
23–24	Настройка оборудования в районных отделах (управлениях) ТФ ОМС по Курганской области
24–25	Обучение персонала
24–26	Тестирование ККС
25–27	Сдача экзаменов персоналом ТФ ОМС по Курганской области
26–27	Прием в эксплуатацию корпоративной информационной системы

Таблица 2.2 – Временные и стоимостные характеристики выполняемых работ по совершенствованию КИС ТФ ОМС

Код работы	Номинальная (нормальная) длительность работы (дн.)	Критическая (минимальная) длительность работы (дн.)	Пессимистическая (максимальная) длительность работы (дн.)	Максимальный объем ресурсов (чел.-дн.)	Минимальный объем ресурсов (чел.-дн.)
1–2	2	1	5	5	4
1–3	5	3	7	6	5
2–3	2	1	3	2	1
2–4	2	1	3	2	1
3–4	2	1	4	3	2
4–5	7	5	8	10	8
4–6	12	10	15	26	24
5–7	4	3	5	8	7
6–7	6	4	8	16	13
7–8	2	1	3	4	2
8–9	2	1	3	5	3
9–10	3	2	5	4	3
10–11	3	1	4	12	10
10–12	2	1	3	10	8

Продолжение таблицы 2.2

10–13	2	1	3	5	4
11–14	4	3	5	11	10
11–15	4	3	6	7	6
12–14	2	1	3	6	5
12–15	6	4	7	5	4
13–14	2	1	3	3	2
13–15	3	2	4	4	3
14–16	22	20	28	26	21
14–17	2	1	3	8	7
15–18	26	23	30	35	32
15–19	2	1	3	19	15
16–20	2	1	3	15	12
17–20	2	1	3	13	11
18–21	4	2	5	25	22
19–21	2	1	3	20	18
20–22	2	1	3	4	2
21–23	3	2	4	5	3
22–24	4	3	5	3	2
23–24	6	5	7	13	11
24–25	8	6	10	10	9
24–26	2	1	3	4	3
25–27	2	1	3	3	2
26–27	3	2	4	3	2

Построение сетевого графика производится в соответствии с требованиями:

- 1 в сетевой модели не должно быть замкнутых контуров и петель;
- 2 любые два события должны быть связаны не более одной работой;
- 3 в сетевой модели должны быть исток и сток.

На рисунке 2.1 представлен сетевой график создания КИС ТФ ОМС с критическим путем.

2.3 Расчет состава и длины критического пути

Длина критического пути и топология определяются методом критического пути (Critical Path Method). Для определения длины критического пути рассчитывается ранний (ожидаемый) срок наступления завершающего события. Ранний срок совершения события j определяется по формуле

$$t_j^P = \max_{(i,j)} \{t_i^P + t_{ij}\}, \quad (2.1)$$

где t_i^P – ранний срок совершения i события;

t_{ij} – продолжительность выполнения $i - j$ работы.

Для определения топологии критического пути рассчитывается поздний (предельный) срок наступления i события по формуле

$$t_i^n = \min_{(i,j)} \{t_j^n - t_{ij}\}, \quad (2.2)$$

где t_j^n – поздний срок совершения j события;

t_{ij} – продолжительность выполнения $i - j$ работы.

Определим ранний срок наступления события сетевого графика по формуле 2.1.

$$t^P = 0;$$

$$t_2^P = \max_{(i,2)} \{t_i^P + t_{i2}\} = \max\{t_1^P + t_{12}\} = \max\{0 + 2\} = 2;$$

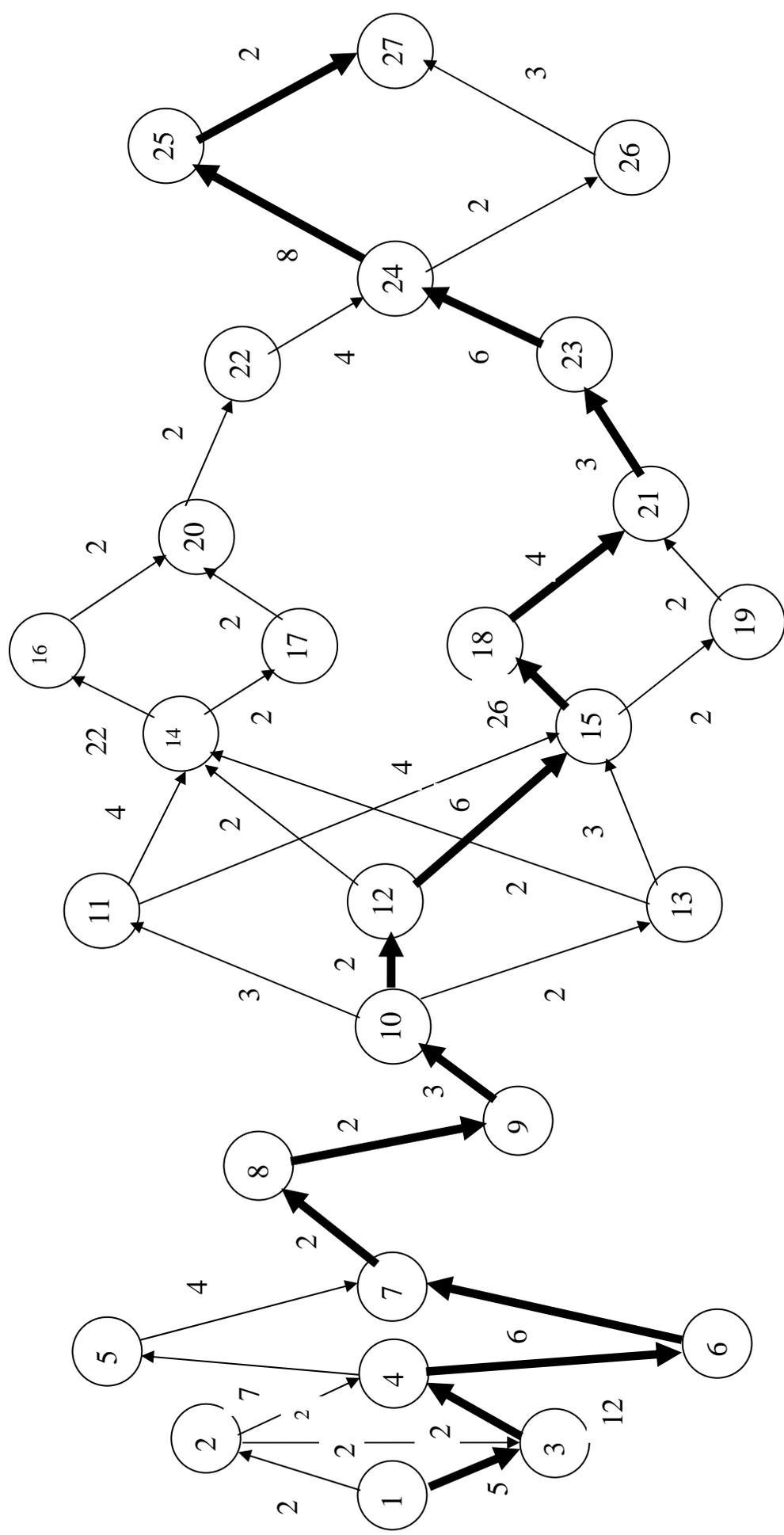


Рисунок 2.1 – Сетевой график создания КИС ТФ ОМС с критическим путем

$$t_3^P = \max_{(i,3)} \{t_i^P + t_{i3}\} = \max\{t_1^P + t_{13}; t_2^P + t_{23}\} = \max\{0 + 5; 2 + 2\} = 5;$$

$$t_4^P = \max_{(i,4)} \{t_i^P + t_{i4}\} = \max\{t_3^P + t_{34}; t_2^P + t_{24}\} = \max\{5 + 2; 2 + 2\} = 7;$$

$$t_5^P = \max_{(i,5)} \{t_i^P + t_{i5}\} = \max\{t_4^P + t_{45}\} = \max\{7 + 7\} = 14;$$

$$t_6^P = \max_{(i,6)} \{t_i^P + t_{i6}\} = \max\{t_4^P + t_{46}\} = \max\{7 + 12\} = 19;$$

$$t_7^P = \max_{(i,7)} \{t_i^P + t_{i7}\} = \max\{t_6^P + t_{67}; t_5^P + t_{57}\} = \max\{19 + 6; 14 + 4\} = \\ = \max\{25; 18\} = 25;$$

$$t_8^P = \max_{(i,8)} \{t_i^P + t_{i8}\} = \max\{t_7^P + t_{78}\} = \max\{25 + 2\} = 27;$$

$$t_9^P = \max_{(i,9)} \{t_i^P + t_{i9}\} = \max\{t_8^P + t_{89}\} = \max\{27 + 2\} = 29;$$

$$t_{10}^P = \max_{(i,10)} \{t_i^P + t_{i10}\} = \max\{t_9^P + t_{910}\} = \max\{29 + 3\} = 32;$$

$$t_{11}^P = \max_{(i,11)} \{t_i^P + t_{i11}\} = \max\{t_{10}^P + t_{1011}\} = \max\{32 + 3\} = 35;$$

$$t_{12}^P = \max_{(i,12)} \{t_i^P + t_{i12}\} = \max\{t_{10}^P + t_{1012}\} = \max\{32 + 2\} = 34;$$

$$t_{13}^P = \max_{(i,13)} \{t_i^P + t_{i13}\} = \max\{t_{10}^P + t_{1013}\} = \max\{32 + 2\} = 34;$$

$$t_{14}^P = \max_{(i,14)} \{t_i^P + t_{i14}\} = \max\{t_{12}^P + t_{1214}; t_{11}^P + t_{1114}\} = \\ = \max\{34 + 2; 35 + 4\} = 39;$$

$$t_{15}^P = \max_{(i,15)} \{t_i^P + t_{i15}\} = \max\{t_{12}^h + t_{1215}; t_{13}^P + t_{1315}\} = \\ = \max\{34 + 6; 34 + 3\} = \max\{40; 37\} = 40;$$

$$t_{16}^P = \max_{(i,16)} \{t_i^P + t_{i16}\} = \max\{t_{14}^P + t_{1416}\} = \max\{39 + 22\} = 61;$$

$$t_{17}^P = \max_{(i,17)} \{t_i^P + t_{i17}\} = \max\{t_{14}^P + t_{1417}\} = \max\{39 + 2\} = 41;$$

$$t_{18}^P = \max_{(i,18)} \{ \} = \max \{ t_i^P + t_{i18} \} = \max \{ t_{15}^P + t_{1518} \} =$$

$$= \max \{ 40 + 26 \} = 66;$$

$$t_{19}^P = \max_{(i,19)} \{ t_i^P + t_{i19} \} = \max \{ t_{15}^P + t_{1519} \} = \max \{ 40 + 2 \} = 42;$$

$$t_{20}^P = \max_{(i,20)} \{ t_i^P + t_{i20} \} = \max \{ t_{16}^P + t_{1620}; t_{17}^P + t_{1720} \} =$$

$$= \max \{ 61 + 2; 41 + 2 \} = 63;$$

$$t_{21}^P = \max_{(i,21)} \{ t_i^P + t_{i21} \} = \max \{ t_{18}^P + t_{1821}; t_{19}^P + t_{1921} \} =$$

$$= \max \{ 66 + 4; 42 + 2 \} = \max \{ 70; 44 \} = 70;$$

$$t_{22}^P = \max_{(i,22)} \{ t_i^P + t_{i22} \} = \max \{ t_{20}^P + t_{2022} \} = \max \{ 63 + 4 \} = 67;$$

$$t_{23}^P = \max_{(i,23)} \{ t_{ip} + t_{i23} \} = \max \{ t_{21}^P + t_{2123} \} = \max \{ 70 + 3 \} = 73;$$

$$t_{24}^P = \max_{(i,24)} \{ t_i^P + t_{i24} \} = \max \{ t_{22}^P + t_{2224}; t_{23}^P + t_{2324} \} =$$

$$= \max \{ 67 + 4; 73 + 6 \} = \max \{ 71; 79 \} = 79;$$

$$t_{25}^P = \max_{(i,25)} \{ \} = \max \{ t_i^P + t_{i25} \} = \max \{ t_{25}^P + t_{2425} \} = \max \{ 79 + 8 \} = 87;$$

$$t_{26}^P = \max_{(i,26)} \{ t_i^P + t_{i26} \} = \max \{ t_{24}^P + t_{2426} \} = \max \{ 79 + 2 \} = 81;$$

$$t_{27}^P = \max_{(i,27)} \{ t_i^P + t_{i27} \} = \max \{ t_{25}^P + t_{2527}; t_{26}^P + t_{2627} \} =$$

$$= \max \{ 87 + 2; 81 + 3 \} = \max \{ 89; 84 \} = 89.$$

Определим поздний срок наступления события сетевого графика по формуле 2.2.

$$t_{27}^n = 89;$$

$$t_{26}^n = \min_{(26, j)} \{ t_j^n - t_{26j} \} = \min \{ t_{27}^n - t_{2627} \} = \min \{ 89 - 3 \} = 86;$$

$$t_{25}^n = \min_{(25, j)} \{ t_j^n - t_{25j} \} = \min \{ t_{27}^n - t_{2527} \} = \min \{ 89 - 2 \} = 87;$$

$$\begin{aligned}
t_{24}^n &= \min_{(24, j)} \{t_j^n - t_{24j}\} = \min\{t_{25}^n - t_{2425}; t_{26}^n - t_{2426}\} = \\
&= \min\{87 - 8; 86 - 2\} = \min\{79; 84\} = 79; \\
t_{23}^n &= \min_{(26, j)} \{t_j^n - t_{23j}\} = \min\{t_{24}^n - t_{2324}\} = \min\{79 - 6\} = 73; \\
t_{21}^n &= \min_{(21, j)} \{t_j^n - t_{22j}\} = \min\{t_{23}^j - t_{2123}\} = \min\{73 - 3\} = 70; \\
t_j^n &= \min_{(20, j)} \{t_j^n - t_{20j}\} = \min\{t_{22}^n - t_{2022}\} = \min\{75 - 2\} = 73; \\
t_{19}^n &= \min_{(19, j)} \{t_j^n - t_{19j}\} = \min\{t_{21}^n - t_{1921}\} = \min\{70 - 2\} = 68; \\
t_{18}^n &= \min_{(18, j)} \{t_j^n - t_{18j}\} = \min\{t_{21}^n - t_{1821}\} = \min\{70 - 4\} = 66; \\
t_{17}^n &= \min_{(17, j)} \{t_j^n - t_{17j}\} = \min\{t_{20}^n - t_{1720}\} = \min\{73 - 2\} = 71; \\
t_{16}^n &= \min_{(16, j)} \{t_j^n - t_{16j}\} = \min\{t_{20}^n - t_{1620}\} = \min\{73 - 2\} = 71; \\
t_{15}^n &= \min_{(15, j)} \{t_j^n - t_{15j}\} = \min\{t_{18}^n - t_{1518}; t_{19}^n - t_{1519}\} = \\
&= \min\{66 - 26; 68 - 2\} = \min\{40; 66\} = 40; \\
t_{14}^n &= \min_{(14, j)} \{t_j^n - t_{14j}\} = \min\{t_{16}^n - t_{1416}; t_{17}^g - t_{1417}\} = \\
&= \min\{71 - 22; 71 - 2\} = \min\{49; 69\} = 49; \\
t_{13}^n &= \min_{(13, j)} \{t_j^n - t_{13j}\} = \min\{t_{15}^j - t_{1315}; t_{14}^j - t_{1314}\} = \\
&= \min\{40 - 3; 49 - 2\} = \min\{37; 47\} = 37; \\
t_{12}^n &= \min_{(12, j)} \{t_j^n - t_{12j}\} = \min\{t_{14}^n - t_{1214}; t_{15}^j - t_{1215}\} = \\
&= \min\{49 - 2; 40 - 6\} = \min\{47; 34\} = 34; \\
t_{11}^n &= \min_{(11, j)} \{t_j^n - t_{11j}\} = \min\{t_{14}^n - t_{1114}; t_{15}^n - t_{1115}\} = \\
&= \min\{49 - 4; 40 - 4\} = \min\{45; 36\} = 36; \\
t_{10}^n &= \min_{(10, j)} \{t_j^n - t_{10j}\} = \min\{t_{11}^n - t_{1011}; t_{12}^n - t_{1012}; t_{13}^n - t_{1013}\} = \\
&= \min\{36 - 3; 34 - 2; 37 - 2\} = \min\{33; 32; 35\} = 32;
\end{aligned}$$

$$t_9^n = \min_{(9, j)} \{t_j^n - t_{9j}\} = \min\{t_{10}^n - t_{910}\} = \min\{32 - 3\} = 29;$$

$$t_8^n = \min_{(8, j)} \{t_j^n - t_{8j}\} = \min\{t_9^n - t_{89}\} = \min\{29 - 2\} = 27;$$

$$t_7^n = \min_{(7, j)} \{t_j^n - t_{7j}\} = \min\{t_8^n - t_{78}\} = \min\{27 - 2\} = 25;$$

$$t_6^n = \min_{(6, j)} \{t_j^n - t_{6j}\} = \min\{t_7^n - t_{67}\} = \min\{25 - 6\} = 19;$$

$$t_5^n = \min_{(5, j)} \{t_j^n - t_{5j}\} = \min\{t_7^n - t_{67}\} = \min\{25 - 6\} = 19;$$

$$t_4^n = \min_{(4, j)} \{t_j^n - t_{4j}\} = \min\{t_5^n - t_{45}; t_6^n - t_{46}\} =$$

$$= \min\{21 - 7; 19 - 12\} = \min\{14; 7\} = 7;$$

$$t_3^n = \min_{(3, j)} \{t_j^n - t_{3j}\} = \min\{t_4^n - t_{34}\} = \min\{7 - 2\} = 5;$$

$$t_2^n = \min_{(2, j)} \{t_j^n - t_{2j}\} = \min\{t_3^n - t_{23}; t_4^n - t_{24}\} =$$

$$= \min\{5 - 2; 7 - 2\} = \min\{3; 5\} = 3;$$

$$t_1^n = \min_{(1, j)} \{t_j^n - t_{1j}\} = \min\{t_3^n - t_{13}; t_2^n - t_{12}\} =$$

$$= \min\{5 - 5; 3 - 2\} = \min\{0; 1\} = 0.$$

Результаты расчета приведены в таблице 2.3 [4].

Таблица 2.3 – Ранние и поздние сроки совершения событий

Событие сетевого графика	Ранний (ожидаемый) срок свершения события	Поздний (предельный) срок совершения события
1	0	0
2	2	3
3	5	5
4	7	7
5	14	21
6	19	19
7	25	25

Продолжение таблицы 2.3

8	27	27
9	29	29
10	32	32
11	35	36
12	34	3
13	34	37
14	39	49
15	40	40
16	61	71
17	41	71
18	66	66
19	42	68
20	63	73
21	70	70
22	67	75
23	73	73
24	79	79
25	87	87
26	81	86
27	89	89

Определим перечень критических работ, входящих в критический путь. Критическая работа $i - j$ удовлетворяет трем условиям:

1 ранний и поздний сроки наступления начального события i совпадают;

2 ранний и поздний сроки наступления конечного события j совпадают;

3 разность между ранним сроком конечного события j и ранним сроком начального события i совпадает с разностью между поздним сроком конечного события j и поздним сроком начального события i и равна продолжительности работы t_{ij} .

Критический путь изображён на рисунке 2.2.

$$t_{ij}^{ПО} = t_j^{\Pi}, \quad (2.6)$$

где t_j^{Π} – поздний срок свершения j события.

Работа участка, несовпадающего с критическим путем сетевого графика, обладает резервом времени. Полный резерв времени работы – максимальное время, на которое можно отсрочить начало или увеличить продолжительность работы t_{ij} без изменения общего срока выполнения проекта. Определяется по формуле

$$r_{ij}^{\Pi} = t_j^{\Pi} - t_i^P - t_{ij}, \quad (2.7)$$

где t_j^{Π} – поздний срок свершения j события.

t_i^P – ранний срок совершения i события;

t_{ij} – продолжительность выполнения $i - j$ работы.

Результаты расчетов приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Результаты расчетов раннего и позднего сроков начала, окончания работ и резерва времени

Код работы	Раннее начало	Позднее начало	Раннее окончание	Позднее окончание	Резерв времени
1-2	0	1	2	3	1
1-3	0	0	5	5	Критический
2-3	2	3	4	5	1
2-4	2	5	4	7	3
3-4	5	5	7	7	Критический
4-5	7	14	14	21	7
4-6	7	7	19	19	Критический
5-7	14	21	18	25	7
6-7	19	19	25	25	Критический
7-8	25	25	27	27	Критический
8-9	27	27	29	29	Критический
9-10	29	29	32	32	Критический
10-11	32	33	35	36	1
10-12	32	32	34	34	Критический

Продолжение таблицы 2.4

10–13	32	35	34	37	3
11–14	35	45	39	49	10
11–15	35	36	39	40	1
12–14	34	47	36	49	13
12–15	34	34	40	40	Критический
13–14	34	47	36	49	13
13–15	34	37	37	40	3
14–16	39	49	61	71	10
14–17	39	69	41	71	30
15–18	40	40	66	66	Критический
15–19	40	66	42	68	26
16–20	61	71	63	73	10
17–20	41	71	43	73	30
18–21	66	66	70	70	Критический
19–21	42	68	44	70	26
20–22	63	73	65	75	10
21–23	70	70	73	73	Критический
22–24	65	75	69	79	10
23–24	73	73	79	79	Критический
24–25	79	79	87	87	Критический
24–26	79	84	81	86	5
25–27	87	87	89	89	Критический
26–27	81	86	84	89	Критический

Критические работы не имеют резервов времени.

Степень сложности выполнения в заданный срок работы не критического пути определяется коэффициентом напряженности. Коэффициент напряженности рассчитывается по формуле

$$k_{ij}^n = 1 - \frac{r_{ij}^n}{T_{кр} - t_{кр}}, \quad (2.8)$$

где r_{ij}^n – полный резерв времени работы t_{ij} ;

$T_{кр}$ – длина критического пути;

Таблица 2.5 – Расчет коэффициентов напряженностей

Работа $i - j$	Продолжительность работы t_{ij} , дни	Полный резерв времени r_{ij}^n	Коэффициент напряженности κ_{ij}^n
1-3	5	Критический	1
3-4	2	Критический	1
4-6	12	Критический	1
6-7	6	Критический	1
7-8	2	Критический	1
8-9	2	Критический	1
9-10	3	Критический	1
10-11	3	1	0,97
11-14	4	10	0,79
14-16	22	10	0,79
16-20	2	10	0,79
20-22	2	10	0,79
22-24	4	10	0,79
24-25	8	Критический	1
25-27	2	Критический	1

2.4 Определение резервов времени

Работа не критического участка пути сетевого графика обладает резервом времени. Работа критического участка пути не имеет резервов времени.

Резерв времени – величина, показывающая на сколько может быть увеличена продолжительность не критических работ, входящих в состав пути.

Существует несколько видов резерва времени:

- полный резерв;
- частный резерв первого вида;
- свободный резерв;
- независимый резерв.

Полный резерв времени работы – максимальное время, на которое можно отсрочить начало или увеличить продолжительность работы t_{ij} без изменения общего срока выполнения проекта. Определяется по формуле

$$r_{ij}^{\Pi} = t_j^{\Pi} - t_i^P - t_{ij}, \quad (2.9)$$

где t_j^{Π} – поздний срок свершения j события;

t_i^P – ранний срок совершения i события;

t_{ij} – продолжительность выполнения $i - j$ работы.

Частный резерв первого вида – часть полного резерва, на которую можно увеличить продолжительность работы, не изменив позднего срока начального события. Частный резерв первого вида применяется для увеличения продолжительности данной и последующих работ без затрат резерва времени предшествующих работ и рассчитывается по формуле

$$r_{ij}^{\text{Ч}} = t_j^{\Pi} - t_i^{\Pi} - t_{ij}, \quad (2.10)$$

где t_j^{Π} – поздний срок свершения j события;

t_i^{Π} – поздний срок совершения i события;

t_{ij} – продолжительность выполнения $i - j$ работы.

Свободный резерв – часть полного резерва, на которую можно увеличить продолжительность работы, не изменив раннего срока конечного события. Свободный резерв применяется для увеличения продолжительности данной и предшествующих работ без нарушения резерва времени последующих работ и рассчитывается по формуле

$$r_{ij}^C = t_j^P - t_i^P - t_{ij}, \quad (2.11)$$

где t_j^P – ранний срок свершения j события;

t_i^P – ранний срок совершения i события;

t_{ij} – продолжительность выполнения $i - j$ работы.

Независимый резерв времени – часть полного резерва, которая остается, если предшествующие работы заканчиваются в поздние сроки, а последующие работы начинаются в ранние сроки. Независимый резерв времени применяется для увеличения продолжительности данной работы и определяется по формуле

$$r_{ij}^H = t_j^P - t_i^{\Pi} - t_{ij}, \quad (2.12)$$

где t_j^P – ранний срок свершения j события;

t_i^{Π} – поздний срок совершения i события;

t_{ij} – продолжительность выполнения $i - j$ работы.

Графическое изображение резервов времени приведено на рисунке 2.5. Результаты расчетов приведены в таблице 2.6 [6]. Отрицательные значения независимого резерва показывают время, которого не хватит у данной работы для выполнения раннему сроку совершения конечного события при условии, что эта работа будет начата в самый поздний срок начального события. Критические работы не имеют резервов времени.

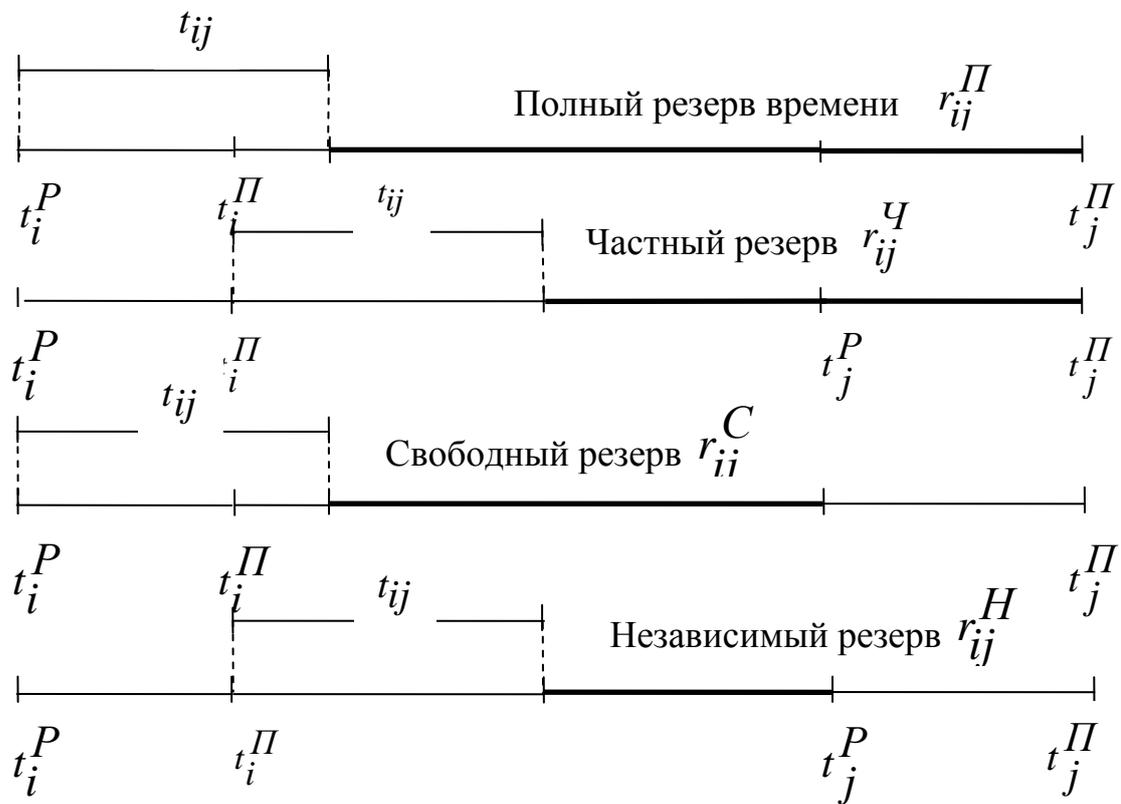


Рисунок 2.5 – Резервы времени

Таблица 2.6 – Результаты расчетов раннего и позднего сроков начала, окончания работ и резервов времени

Работа $i-j$	Время	Раннее начало	Позднее начало	Раннее окончание	Позднее окончание	Полный резерв времени	Частный резерв времени	Свободный резерв времени	Независимый резерв времени
1-2	2	0	1	2	3	1	1	0	0
1-3	5	0	0	5	5	0	0	0	0
2-3	2	2	3	4	5	1	0	0	-1
2-4	2	2	5	4	7	3	0	0	-3
3-4	2	5	5	7	7	0	0	0	0
4-5	7	7	14	14	21	7	0	0	-7
4-6	12	7	7	19	19	0	0	0	0
5-7	4	14	21	18	25	7	0	0	-7
6-7	6	19	19	25	25	0	0	0	0
7-8	2	25	25	27	27	0	0	0	0
8-9	2	27	27	29	29	0	0	0	0
9-10	3	29	29	32	32	0	0	0	0
10-11	3	32	33	35	36	1	0	0	-1
10-12	2	32	32	34	34	0	0	0	0
10-13	2	32	35	34	37	3	0	0	-3
11-14	4	35	45	39	49	10	0	0	-10
11-15	4	35	36	39	40	1	0	0	-1
12-14	2	34	47	36	49	13	0	0	-13
12-15	6	34	34	40	40	0	0	0	0
13-14	2	34	47	36	49	13	0	0	-13
13-15	3	34	37	37	40	3	0	0	-3
14-16	22	39	49	61	71	10	0	0	-10
14-17	2	39	69	41	71	30	0	0	-30
15-18	26	40	40	66	6	0	0	0	0
15-19	2	40	66	42	68	26	0	0	-26
16-20	2	41	71	63	73	10	0	0	-10
17-20	2	41	71	43	73	30	0	0	-30

Четвертый критический путь приведён на рисунке 2.11.

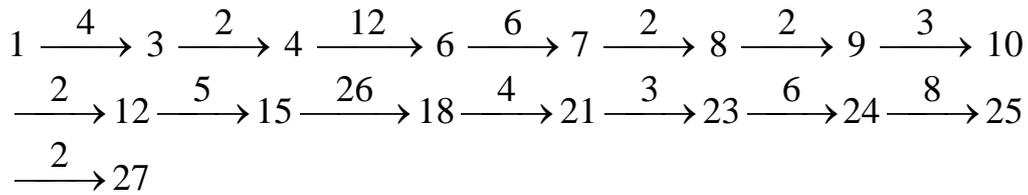


Рисунок 2.11 – Итерация 2. Четвёртый критический путь

Итерация 3: работа 24 – 25. Новая длительность 7 дней. Увеличение стоимости на 0,5 чел.-дней. Время завершения 86 дней. Суммарная стоимость 298,5 чел.-дней.

Первый критический путь приведён на рисунке 2.12.

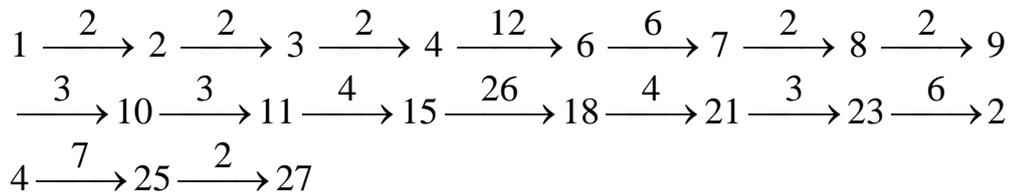


Рисунок 2.12 – Итерация 3. Первый критический путь

Второй критический путь приведён на рисунке 2.13.

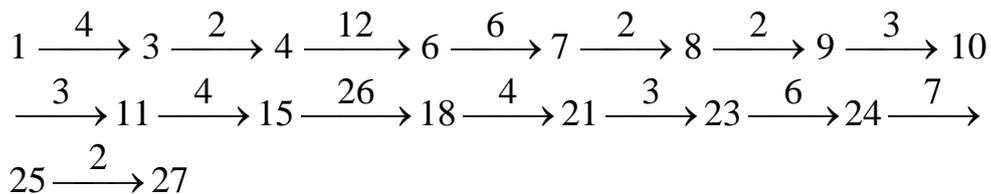


Рисунок 2.13 – Итерация 3. Второй критический путь

Третий критический путь приведён на рисунке 2.14.

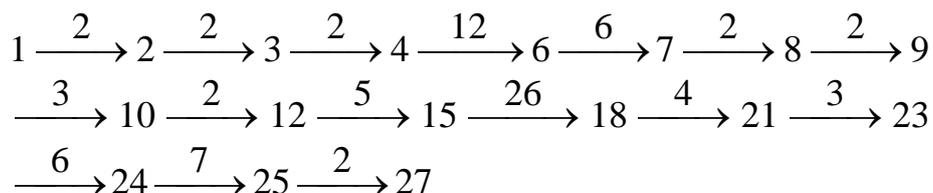


Рисунок 2.14 – Итерация 3. Третий критический путь

Четвертый критический путь приведён на рисунке 2.15.

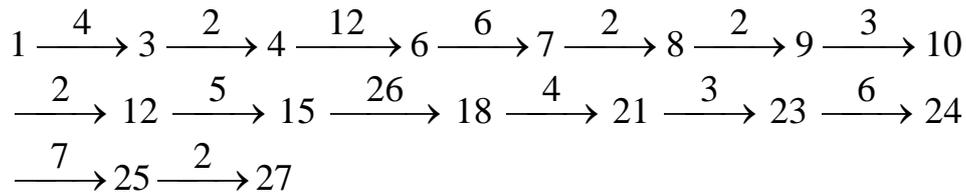


Рисунок 2.15 – Итерация 3. Четвёртый критический путь

Итерация 4: работа 24 – 25. Новая длительность 6 дней. Увеличение стоимости на 0,5 чел.-дней. Время завершения 85 дней. Суммарная стоимость 299 чел.-дней.

Первый критический путь приведён на рисунке 2.16.

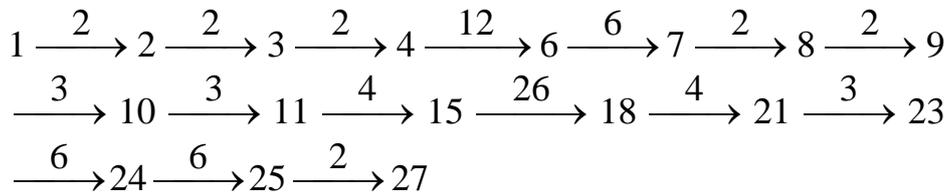


Рисунок 2.16 – Итерация 4. Первый критический путь

Второй критический путь приведён на рисунке 2.17.

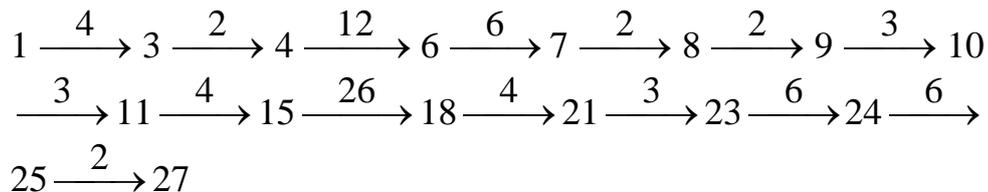


Рисунок 2.17 – Итерация 4. Второй критический путь

Третий критический путь приведён на рисунке 2.18.

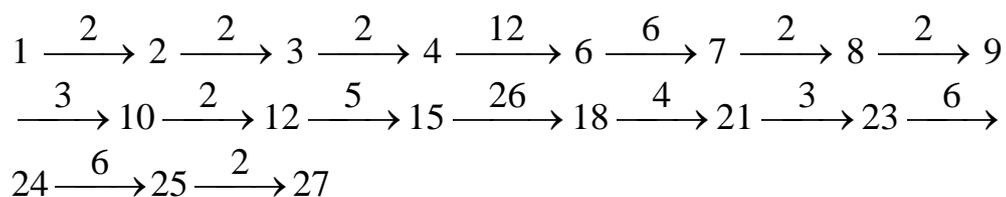


Рисунок 2.18 – Итерация 4. Третий критический путь

Четвертый критический путь приведён на рисунке 2.23.

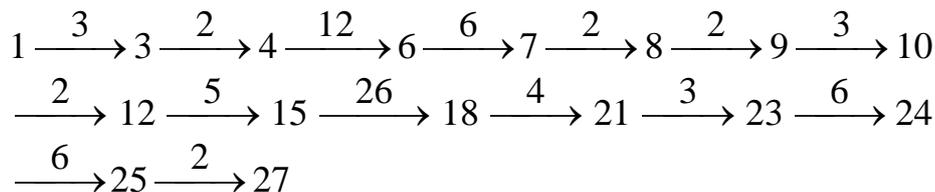


Рисунок 2.23 – Итерация 5. Четвёртый критический путь

Итерация 6: работа 2 – 3. Новая длительность 1 день. Увеличение стоимости на 1 чел.-день. Работа 3 – 4. Новая длительность 1 день. Увеличение стоимости на 1 чел.-день. Время завершения 83 дня. Суммарная стоимость 302,5 чел.-дня.

Первый критический путь приведён на рисунке 2.24.

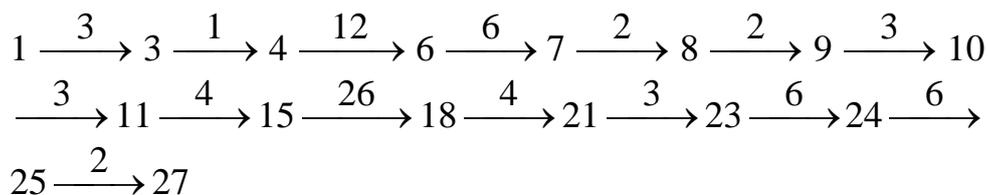


Рисунок 2.24 – Итерация 6. Первый критический путь

Второй критический путь приведён на рисунке 2.25

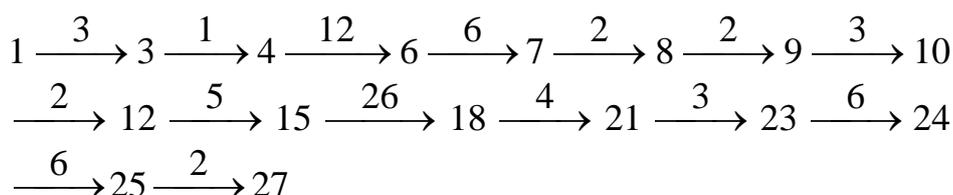


Рисунок 2.25 – Итерация 6. Второй критический путь

Итерация 7: работа 4 – 6. Новая длительность 11 дней. Увеличение стоимости на 1 чел.-день. Время завершения 82 дня. Суммарная стоимость 303,5 чел.-дня.

Первый критический путь приведён на рисунке 2.26.

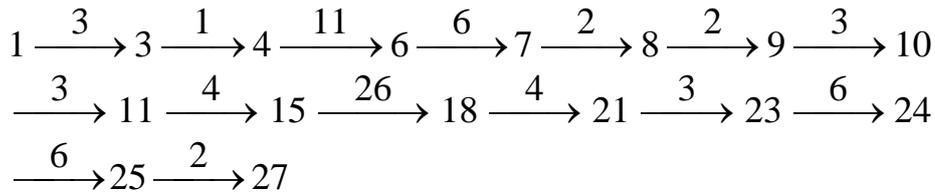


Рисунок 2.26 – Итерация 7. Первый критический путь

Второй критический путь приведён на рисунке 2.27.

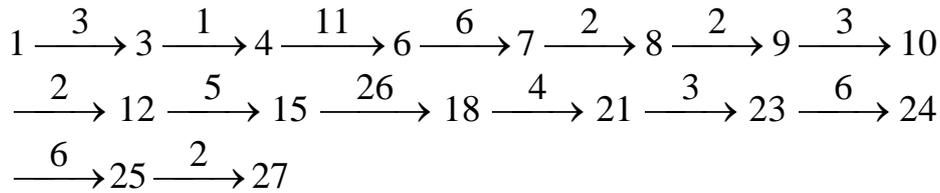


Рисунок 2.27 – Итерация 7. Второй критический путь

Итерация 8: работа 4 – 6. Новая длительность 10 дней. Увеличение стоимости на 1 чел.-день. Время завершения 81 день. Суммарная стоимость 304,5 чел.-дня.

Первый критический путь приведён на рисунке 2.28.

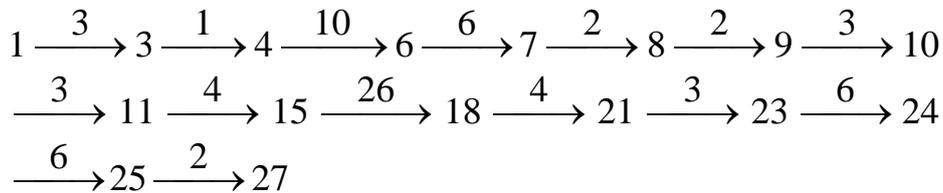


Рисунок 2.28 – Итерация 8. Первый критический путь

Второй критический путь приведён на рисунке 2.29.

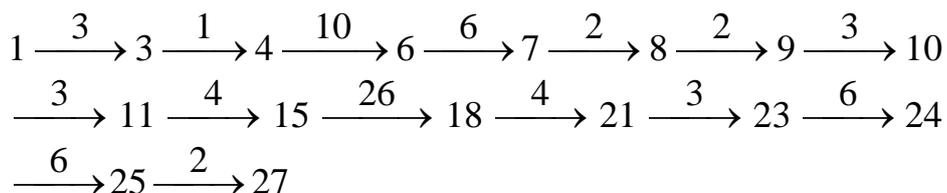


Рисунок 2.29 – Итерация 8. Второй критический путь

Итерация 20: работа 8 – 9. Новая длительность 1 день. Увеличение стоимости на 2 чел.-дня. Время завершения 69 дней. Суммарная стоимость 322 чел.-дня.

Критический путь приведён на рисунке 2.43.

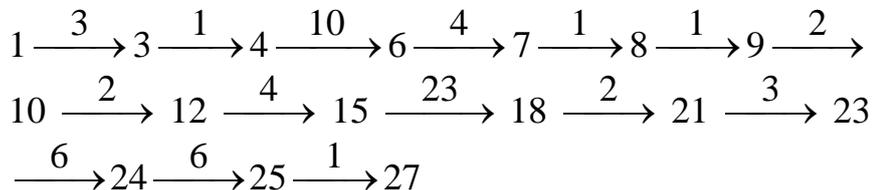


Рисунок 2.43 – Итерация 20. Критический путь

Итерация 21: работа 10 – 12. Новая длительность 1 день. Увеличение стоимости на 2 чел.-дня. Время завершения 68 дней. Суммарная стоимость 324 чел.-дня.

Первый критический путь приведён на рисунке 2.44.

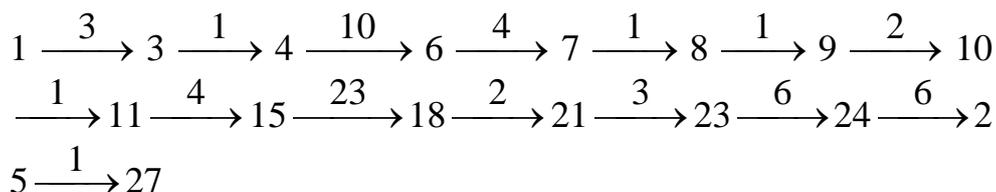


Рисунок 2.44 – Итерация 21. Первый критический путь

Второй критический путь приведён на рисунке 2.45.

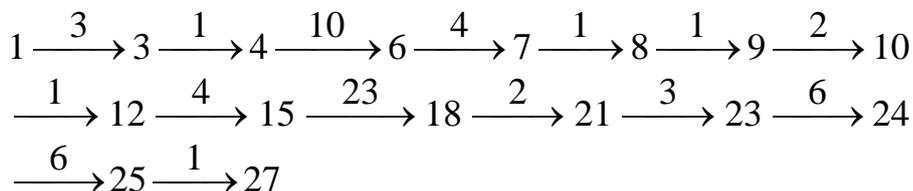


Рисунок 2.45 – Итерация 21. Второй критический путь

Третий критический путь приведён на рисунке 2.46.

Продолжение таблицы 2.7

	3-4	1	1		
7	4-6	11	1	82	303,5
8	4-6	10	1	81	304,5
9	9-10	2	1	80	305,5
10	10-11	2	1	79	307
	12-15	4	0,5		
11	10-11	1	1	78	309
	15-18	25	1		
12	15-18	24	1	77	310
13	15-18	23	1	76	311
14	25-27	1	1	75	312
15	6-7	5	1,5	74	313,5
16	6-7	4	1,5	73	315
17	18-21	3	1,5	72	316,5
18	18-21	2	1,5	71	318
19	7-8	1	2	70	320
20	8-9	1	2	69	322
21	10-12	1	2	68	324
22	11-15	3	1	67	327
	21-23	2	2		
23	23-24	5	2	66	329

По результатам оптимизации сетевого графика строим график функции зависимости длины критического пути от объемов вложенных средств (рисунок 2.51).

Зависимость длины критического пути от объемов вложенных средств

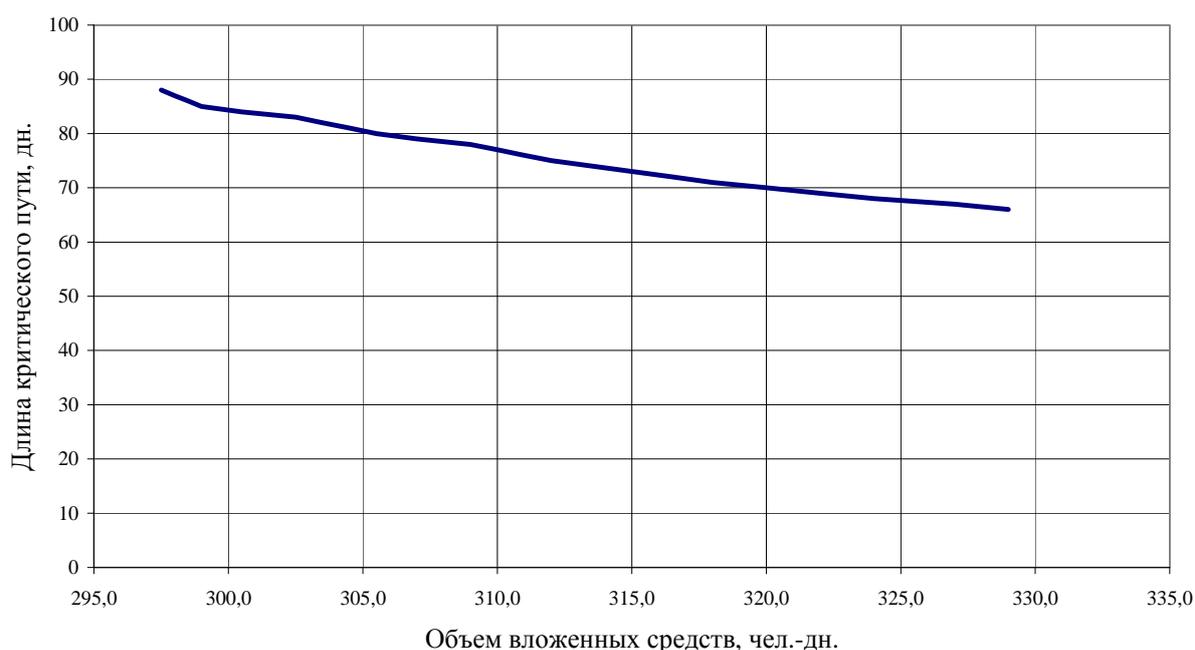


Рисунок 2.51 – График зависимости длины пути от объемов вложенных средств

Результаты анализа сетевого графика после оптимизации представлены в таблице 2.8.

Таблица 2.8 – Результаты расчетов раннего и позднего сроков начала, окончания работ и резерва времени после оптимизации сетевого графика

Код работы	Раннее начало	Позднее начало	Раннее окончание	Позднее окончание	Резерв времени
1-2	0	1	1	2	1
13	0	0	3	3	Критический
2-3	1	2	2	3	1
2-4	1	2	3	4	1
3-4	3	3	4	4	Критический
4-5	4	7	11	14	3
4-6	4	4	14	14	Критический
5-7	11	14	15	18	3
6-7	14	14	18	18	Критический
7-8	18	18	19	19	Критический
8-9	19	19	20	20	Критический
9-10	20	20	22	22	Критический

Продолжение таблицы 2.8

10-11	22	23	23	24	1
10-12	22	22	23	23	Критический
10-13	22	22	24	24	Критический
11-14	23	25	27	29	2
11-15	23	24	26	27	1
12-14	23	27	25	29	4
12-15	23	23	27	27	Критический
13-14	24	27	26	29	3
13-15	24	24	27	27	Критический
14-16	27	29	49	51	2
14-17	27	49	29	51	22
15-18	27	27	50	50	Критический
15-19	27	48	29	50	21
16-20	49	51	51	53	2
17-20	29	51	31	53	22
18-21	50	50	52	52	Критический
19-21	29	50	31	52	21
20-22	51	53	53	55	2
21-23	52	52	54	54	Критический
22-24	53	55	57	59	2
23-24	54	54	59	59	Критический
24-25	59	59	65	65	Критический
24-26	59	61	61	63	2
25-27	65	65	66	66	Критический
26-27	61	63	64	66	2

Время завершения работ 66 дней. Суммарная стоимость выполнения работ 329 чел.-дней. Сетевой график создания КИС ТФ ОМС после оптимизации с критическими путями приведен на рисунке 2.52.

2.6 Сетевое планирование в условиях неопределенности

В условиях неопределенности время t_{ij} является случайной величиной, подчиняющейся закону распределения случайной величины (нормальное распределение, β -распределение). Числовые характеристики слу-

чайной величины t_{ij} : математическое ожидание, дисперсия и среднее квадратическое отклонение.

Математическое ожидание рассчитывается по формуле

$$M(t_{ij}) = \frac{t_{ij}^O + t_{ij}^H + t_{ij}^N}{6}, \quad (2.13)$$

где t_{ij}^O – оптимистическое время (выполнение работы в благоприятных условиях);

t_{ij}^N – пессимистическое время (выполнение работы в неблагоприятных условиях);

t_{ij}^H – наиболее вероятное время (выполнение работы в нормальных условиях).

Дисперсия рассчитывается по формуле

$$\sigma^2 = \left(\frac{t_{ij}^N - t_{ij}^O}{6}\right)^2, \quad (2.14)$$

где t_{ij}^N – пессимистическое время;

t_{ij}^O – оптимистическое время.

Среднее квадратическое отклонение рассчитывается по формуле

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}, \quad (2.15)$$

где σ^2 – дисперсия случайной величины t_{ij} .

Анализ сетевых графиков методом PERT включает расчет временных параметров и оценку вероятности того, что общий срок выполнения проекта $T_{кр}$ не превысит директивного срока T_{∂} . Если вероятность $T_{кр} \leq T_{\partial}$ мала, например, меньше 0,3, то выполнение комплекса работ в заданный срок T_{∂} находится под угрозой срыва. Необходимо принять дополнительные меры: перераспределение ресурсов по сети, пересмотр состава работ и событий.

Если $T_{кр} \leq T_{\partial}$ значительна, например, больше 0,85, то выполнение проекта в заданный срок можно прогнозировать с высокой степенью надежности.

Результаты расчетов параметров для проведения анализа методом PERT приведены в таблице 2.9

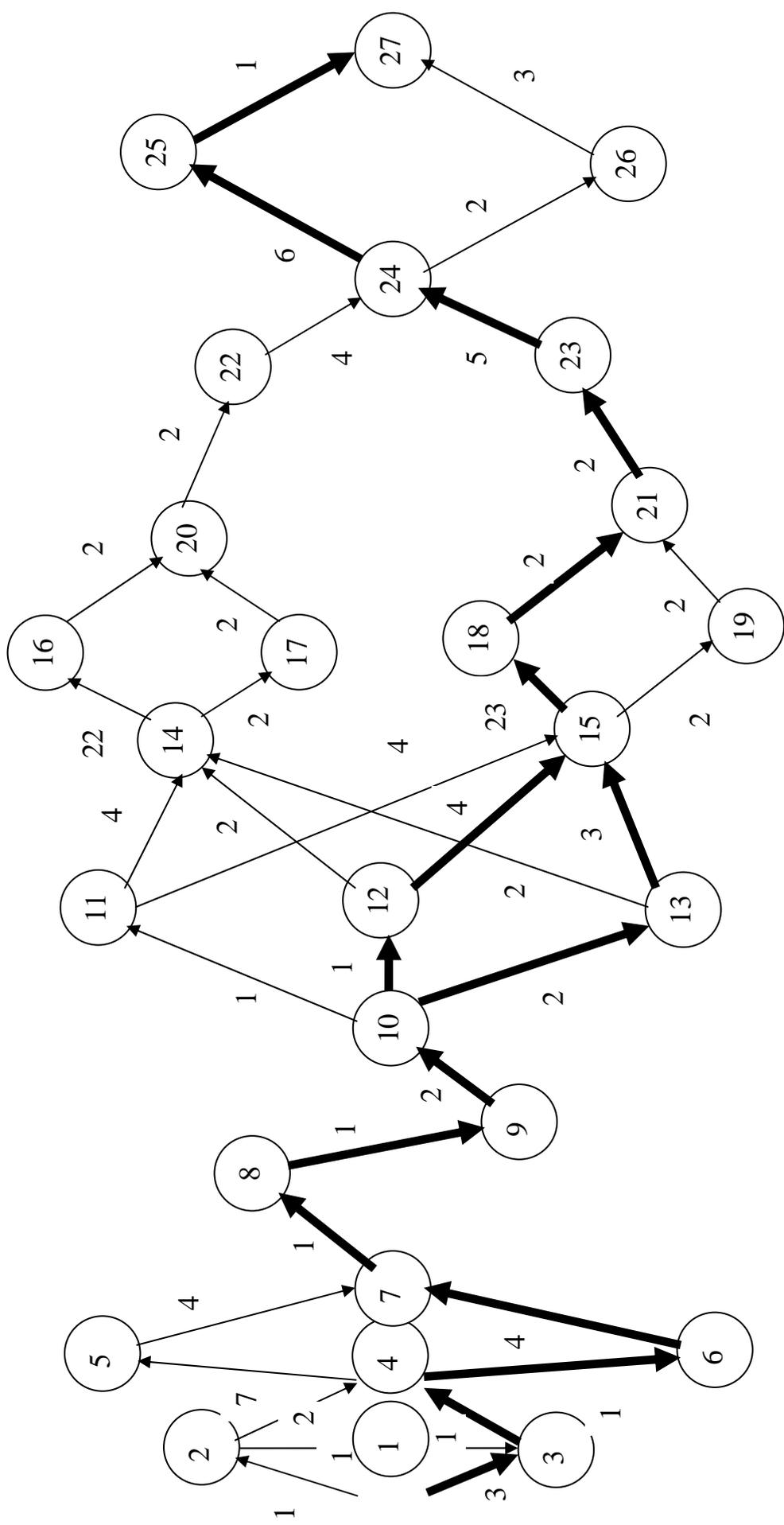


Рисунок 2.52 – Сетевой график создания КИС ТФ ОМС после оптимизации с критическими путями

Таблица 2.9 – Расчетные данные для анализа сетевого графика методом PERT

Работа	Ожидаемое время, дн.	Дисперсия	Раннее начало	Позднее начало	Раннее окончание	Позднее окончание	Резерв
1-2	2,33	0,44	0	0,66	2,33	3,0	0,66
1-3	5,00	0,44	0	0	5,00	5,00	Крит.
2-3	2,00	0,11	2,3	3,00	4,33	3,00	0,66
2-4	2,00	0,11	2,3	5,16	4,33	7,16	2,83
3-4	2,17	0,25	5,0	5,00	7,16	7,16	Крит.
4-5	6,83	0,25	7,16	14,5	14,0	21,33	7,3
4-6	12,16	0,69	7,16	7,16	19,3	19,3	Крит.
3-7	4,00	0,11	14,0	21,3	18,0	25,3	7,3
6-7	6,00	0,44	19,3	19,3	25,3	25,3	Крит.
7-8	2,00	0,11	25,3	25,3	27,3	27,3	Крит.
8-9	2,00	0,11	27,3	27,3	29,3	29,3	Крит.
9-10	3,16	0,25	29,3	29,3	32,5	32,5	Крит.
10-11	2,83	0,25	32,5	33,3	35,3	36,1	0,8
10-12	2,00	0,11	32,5	32,5	34,5	34,5	Крит.
10-13	2,00	0,11	32,5	35,3	34,500	37,333	2,83
11-14	4,00	0,11	35,3	44,6	39,3	48,6	9,33
11-15	4,16	0,25	35,3	36,16	39,500	40,3	0,83
12-14	2,00	0,11	34,5	46,6	36,5	48,6	12,1
12-15	5,83	0,25	34,5	34,5	40,3	40,3	Крит.
13-14	2,00	0,11	34,5	46,6	36,5	48,6	12,1
13-15	3,00	0,11	34,5	37,3	37,5	40,333	2,8
14-16	22,66	1,77	39,3	48,6	62,0	71,333	9,33
14-17	2,00	0,11	39,3	69,3	41,3	71,3	30,0
15-18	26,16	1,36	40,3	40,3	66,5	66,5	Крит.
15-19	2,00	0,11	40,3	66,3	42,3	68,3	26,0
16-20	2,00	0,11	62,0	71,3	64,0	73,3	9,3
17-20	2,00	0,11	41,3	71,3	43,3	73,	30,0
18-21	3,83	0,25	66,5	66,5	70,3	70,3	Крит.
19-21	2,00	0,11	42,3	68,3	44,3	70,3	26,0
20-22	2,00	0,11	64,0	73,3	66,0	75,3	9,3
21-23	3,00	0,11	70,3	70,3	73,3	73,3	Крит.
22-24	4,00	0,11	66,0	75,3	70,0	79,3	9,3
23-24	6,00	0,11	73,3	73,3	79,3	79,3	Крит.

Продолжение таблицы 2.9

24-25	8,00	0,44	79,3	79,333	87,3	87,3	Крит.
24-26	2,00	0,11	79,3	84,333	81,3	86,3	5,0
25-27	2,00	0,11	87,3	87,333	89,3	89,3	Крит.
26-27	3,00	0,11	81,3	86,333	84,3	89,3	5,0

Время завершения 89,3337 дней, дисперсия 5,055556. Критический путь приведён на рисунке 2.53.

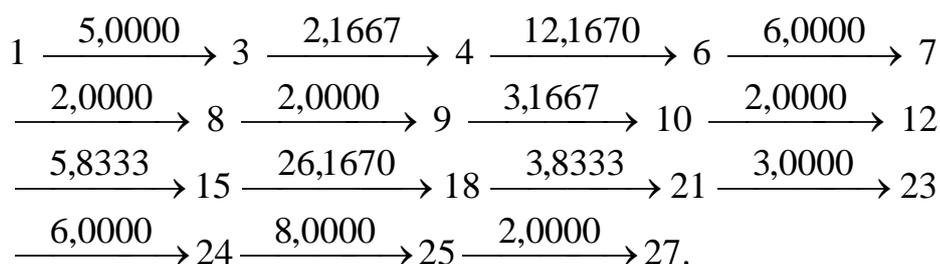


Рисунок 2.53 – Критический путь

Проведем вероятностный анализ сетевого графика. Результаты вероятностного анализа представлены в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Время завершения и вероятности окончания комплекса работ не позднее директивного срока

Время завершения, дни	Вероятность	Дисперсия	Среднеквадратическое отклонение
100	0,99999	5.055556	2.248456
99	0,99998	5.055556	2.248456
98	0,99970	5.055556	2.248456
97	0,99960	5.055556	2.248456
96	0,99850	5.055556	2.248456
95	0,99496	5.055556	2.248456
94	0,98102	5.055556	2.248456
93	0,94850	5.055556	2.248456
92	0,88219	5.055556	2.248456
91	0,77072	5.055556	2.248456
90	0,61656	5.055556	2.248456
89	0,44106	5.055556	2.248456

Продолжение таблицы 2.10

88	0,27660	5.055556	2.248456
87	0,14896	5.055556	2.248456
86	0,06909	5.055556	2.248456
85	0,02698	5.055556	2.248456
84	0,00880	5.055556	2.248456
83	0,00243	5.055556	2.248456

Для выполнения работ по созданию КИС ТФ ОМС с высокой степенью надежности директивное время должно быть $T_D \geq 92$ дней (вероятность выполнения работ $0,88219 > 0,85$). Суммарная стоимость работ 296 чел.-дней [4; 5].

График зависимости вероятности выполнения работ по созданию КИС ТФ ОМС от длины критического пути приведен на рисунке 2.54.

Зависимость вероятности выполнения комплекса работ от длины критического пути

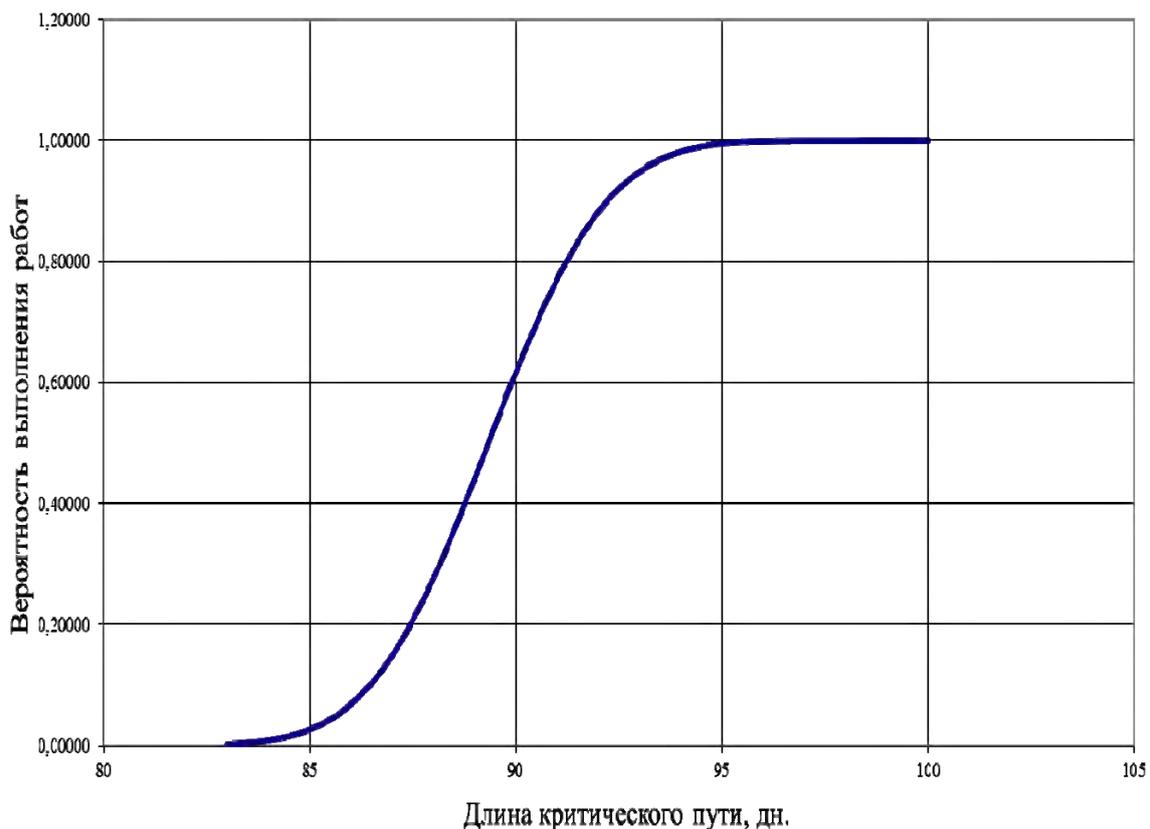


Рисунок 2.54 – График зависимости вероятности выполнения работ по созданию КИС ТФ ОМС от длины критического пути

2.7 Вопросы

- 1 Что называется сетевым графиком информационной системы?
- 2 Что такое событие и работа сетевого графика?
- 3 Какие временные параметры события и работы рассчитываются в сетевом графике?
- 4 Что такое критический путь сетевого графика? Как определяется критический путь?
- 5 Что понимается под оптимизацией сетевого графика?

2.8 Самостоятельная работа

«Разработка программы оптимального управления комплексом работ создания информационной системы организации»

Разработайте сетевую модель создания информационной системы организации. Создайте программу расчета временных параметров событий, работ, коэффициентов напряжённостей и определения критического пути сетевого графика информационной системы организации.

2.8.1 Требования к самостоятельной работе

- 1 Выбрать вариант задания по последней цифре номера зачетной книжки.
- 2 Разработать сетевую модель (сетевой график) информационной системы организации.
- 3 Разработать алгоритм решения задачи.
- 4 Рассчитать параметры сетевого графика:
 - 4.1 временные параметры событий;
 - 4.2 временные параметры работ;
 - 4.3 критический путь сетевого графика;
 - 4.4 коэффициенты напряжённости работ участков пути.
- 5 Провести оптимизацию сетевого графика.
- 6 Разработать программу сетевой модели информационной системы.
- 7 Оформить отчет по самостоятельной работе.

Содержание отчета должно включать:

Титульный лист.

Введение.

1 Постановка задачи.

2 Описание алгоритма решения задачи.

3 Сетевая модель информационной системы организации.

3.1 Временные параметры событий.

3.2 Временные параметры работ.

3.3 Критический путь сетевого графика.

3.4 Коэффициенты напряжённости работ участков пути.

4 Диаграмма классов.

5 Описание структур данных.

6 Описание структуры программного комплекса.

Заключение.

Список использованных первоисточников.

2.8.2 Варианты заданий

Перечень выполняемых работ при создании информационной системы организации приведён в таблице 2.11.

Временные и стоимостные характеристики выполняемых работ приведены в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Временные и стоимостные характеристики выполняемых работ по совершенствованию КИС ТФ ОМС

Код работы	Вариант	Номинальная (нормальная) длительность работы (дн.)	Критическая (минимальная) длительность работы (дн.)	Пессимистическая (максимальная) длительность работы (дн.)	Максимальный объем ресурсов (чел. – дн.)	Минимальный объем ресурсов (чел. – дн.)
1–2	1	2	1	5	5	4
	2	4	3	7	7	6
	3	5	4	8	8	7
	4	7	6	10	10	9

Продолжение таблицы 2.11

	5	10	9	13	13	12
	6	12	11	15	15	14
	7	6	5	9	9	8
	8	11	10	14	14	13
	9	8	7	11	11	10
	10	13	12	16	16	15
1-3	1	5	3	7	6	5
	2	7	5	9	8	7
	3	8	8	10	9	8
	4	10	8	12	11	10
	5	13	11	15	14	13
	6	15	13	17	16	15
	7	9	7	11	10	9
	8	14	12	16	15	14
	9	11	9	13	12	11
	10	16	14	18	17	16
2-3	1	2	1	3	2	1
	2	4	3	5	4	3
	3	5	4	6	5	4
	4	7	6	8	7	6
	5	10	9	11	10	9
	6	12	11	13	12	11
	7	6	5	7	6	5
	8	11	10	12	11	10
	9	8	7	9	8	7
	10	13	12	14	13	12
2-4	1	2	1	3	2	1
	2	4	3	5	4	3
	3	5	4	6	6	4
	4	7	6	8	7	6
	5	10	9	11	10	9
	6	12	11	13	12	11
	7	6	5	7	6	5
	8	11	10	12	11	10
	9	8	7	9	8	7

Продолжение таблицы 2.11

	10	13	12	14	13	12
3-4	1	2	1	4	3	2
	2	4	3	6	5	4
	3	5	4	7	6	5
	4	7	6	9	8	7
	5	10	9	13	12	10
	6	12	11	14	13	12
	7	6	5	8	7	6
	8	11	10	13	12	11
	9	8	7	10	9	8
	10	13	12	15	14	13
4-5	1	7	5	8	10	8
	2	9	7	10	12	10
	3	10	8	11	13	11
	4	12	10	13	15	13
	5	15	13	16	18	10
	6	17	15	18	20	18
	7	1	9	12	14	12
	8	16	14	17	19	17
	9	13	11	14	16	14
	10	18	15	19	21	19
4-6	1	12	10	15	26	24
	2	14	12	17	28	26
	3	15	13	18	29	27
	4	17	15	20	31	29
	5	20	18	23	34	32
	6	22	20	25	36	34
	7	16	14	19	30	28
	8	21	19	24	35	33
	9	18	16	21	32	30
	10	23	21	26	37	35
5-7	1	4	3	5	8	7
	2	6	5	7	10	9
	3	7	6	8	11	10

Продолжение таблицы 2.11

	4	9	8	10	13	12
	5	12	11	13	16	15
	6	14	13	15	18	17
	7	8	7	9	12	11
	8	13	12	14	17	16
	9	10	9	11	14	13
	10	15	14	16	19	18
6-7	1	6	4	8	16	13
	2	8	6	10	18	15
	3	9	7	11	19	16
	4	11	9	13	21	18
	5	14	12	16	24	21
	6	16	14	18	26	23
	7	10	8	12	20	17
	8	15	13	17	25	22
	9	12	10	14	22	19
	10	17	15	19	27	24
7-8	1	2	1	3	4	2
	2	4	3	5	6	4
	3	5	4	6	7	5
	4	7	6	8	9	7
	5	10	9	11	12	10
	6	12	11	13	14	22
	7	6	5	7	8	6
	8	11	10	12	13	11
	9	8	7	9	10	8
	10	13	12	14	15	13
8-9	1	2	1	3	5	3
	2	4	3	5	7	5
	3	5	4	6	8	6
	4	7	6	8	10	8
	5	10	9	11	13	11
	6	12	11	13	15	13
	7	6	5	7	9	7

Продолжение таблицы 2.11

	8	11	10	12	14	12
	9	8	7	9	11	9
	10	13	12	14	16	14
9–10	1	3	2	5	4	3
	2	5	4	7	6	5
	3	6	5	8	7	6
	4	8	7	10	9	8
	5	11	10	13	12	11
	6	13	12	15	14	13
	7	7	6	9	8	7
	8	12	11	14	13	12
	9	9	8	11	10	9
	10	14	13	16	15	14
10–11	1	3	1	4	12	10
	2	5	3	6	14	12
	3	8	4	7	15	13
	4	8	6	9	17	15
	5	11	9	12	20	18
	6	13	11	14	22	20
	7	7	5	8	16	14
	8	12	10	13	21	19
	9	9	7	10	18	16
	10	14	12	15	23	21
10–12	1	2	1	3	10	8
	2	4	3	5	12	10
	3	5	4	6	13	11
	4	7	6	8	15	13
	5	10	9	21	18	16
	6	12	11	13	20	18
	7	6	5	7	14	12
	8	11	10	12	19	17
	9	8	7	9	16	14
	10	13	12	14	21	19
10–13	1	2	1	3	5	4

Продолжение таблицы 2.11

	2	4	3	5	7	6
	3	5	4	6	8	7
	4	7	6	8	10	9
	5	10	9	11	13	12
	6	12	11	13	15	14
	7	6	5	7	9	8
	8	11	10	12	14	13
	9	8	7	9	11	10
	10	13	12	14	16	15
11-14	1	4	3	5	11	10
	2	6	5	7	13	12
	3	7	6	8	14	13
	4	9	8	10	16	15
	5	12	11	13	19	18
	6	14	13	15	21	20
	7	8	7	9	15	14
	8	13	12	14	20	19
	9	10	9	11	17	16
	10	25	24	26	22	21
11-15	1	4	3	6	7	6
	2	6	5	8	9	8
	3	7	6	9	10	9
	4	9	8	11	12	11
	5	12	11	14	15	14
	6	14	13	16	17	16
	7	8	7	10	11	10
	8	13	12	15	16	15
	9	10	9	12	13	12
	10	15	14	17	18	17
12-14	1	2	1	3	6	5
	2	4	3	5	8	7
	3	5	4	6	9	8
	4	7	6	8	11	10
	5	10	9	11	14	13

Продолжение таблицы 2.11

	6	12	11	13	11	15
	7	6	5	7	10	9
	8	11	10	12	15	14
	9	8	7	9	12	11
	10	13	12	14	17	16
12–15	1	6	4	7	5	4
	2	8	6	9	7	6
	3	9	7	10	8	7
	4	11	9	12	10	9
	5	14	12	15	13	12
	6	16	14	17	15	14
	7	10	8	11	9	8
	8	15	13	16	14	13
	9	12	10	13	11	10
	10	17	15	18	16	15
13–14	1	2	1	3	3	2
	2	4	3	5	5	7
	3	5	4	6	6	5
	4	7	6	8	8	7
	5	10	9	11	11	10
	6	12	11	13	13	12
	7	6	5	7	7	6
	8	11	10	12	12	11
	9	8	7	9	9	8
	10	13	12	14	14	13
13–15	1	3	2	4	4	3
	2	5	4	6	6	5
	3	6	5	7	7	6
	4	8	7	9	9	8
	5	11	10	12	12	11
	6	13	12	14	14	13
	7	7	6	8	8	7
	8	12	11	13	13	12
	9	9	8	10	10	9

Продолжение таблицы 2.11

	10	14	13	15	15	14
14–16	1	22	20	28	26	21
	2	24	22	30	28	23
	3	25	23	31	29	24
	4	27	25	32	31	26
	5	30	28	36	34	29
	6	32	30	38	36	31
	7	26	24	32	30	25
	8	31	29	37	35	30
	9	28	26	34	32	27
	10	33	31	39	37	32
14–17	1	2	1	3	8	7
	2	4	3	5	10	9
	3	5	4	7	11	10
	4	7	6	8	13	12
	5	10	9	11	16	15
	6	12	11	13	18	17
	7	6	5	7	12	11
	8	11	10	12	17	16
	9	8	7	9	14	13
	10	13	12	14	19	18
15–18	1	26	23	30	35	32
	2	28	25	32	37	34
	3	29	26	33	38	35
	4	31	28	35	40	37
	5	34	31	38	43	40
	6	36	33	40	45	42
	7	30	27	34	39	36
	8	35	32	39	44	41
	9	32	29	36	41	38
	10	37	34	41	46	43
15–19	1	2	1	3	19	15
	2	4	3	5	21	17
	3	5	4	6	22	18

Продолжение таблицы 2.11

	4	7	6	8	24	20
	5	10	9	11	27	23
	6	12	11	13	29	25
	7	6	5	7	23	19
	8	11	10	12	28	24
	9	8	7	9	25	21
	10	13	12	14	30	26
16–20	1	2	1	3	15	12
	2	4	3	5	17	14
	3	5	4	6	18	15
	4	7	6	8	20	17
	5	10	9	11	23	20
	6	12	11	13	25	22
	7	6	5	7	19	16
	8	11	10	12	24	21
	9	8	7	9	21	18
	10	13	12	14	26	23
17–20	1	2	1	3	13	11
	2	4	3	5	15	13
	3	5	4	6	16	14
	4	7	6	8	18	16
	5	10	9	11	21	19
	6	12	11	13	23	21
	7	6	5	7	17	15
	8	11	10	12	22	20
	9	8	7	9	19	17
	10	13	12	14	24	22
18–21	1	4	2	5	25	22
	2	6	4	7	27	24
	3	7	5	8	28	25
	4	9	7	10	30	27
	5	12	10	13	33	30
	6	14	12	15	35	32
	7	8	6	9	29	26

Продолжение таблицы 2.11

	8	13	11	14	34	31
	9	10	8	11	31	28
	10	15	13	16	36	33
19–21	1	2	1	3	20	18
	2	4	3	5	22	20
	3	5	4	6	23	21
	4	7	6	8	25	23
	5	10	9	11	28	26
	6	12	11	13	30	28
	7	6	5	7	24	22
	8	11	10	12	29	27
	9	8	7	9	26	24
	10	13	12	14	31	29
20–22	1	2	1	3	4	2
	2	4	3	5	6	4
	3	5	4	6	7	5
	4	7	6	8	9	7
	5	10	9	11	12	10
	6	12	11	13	14	12
	7	6	5	7	8	6
	8	11	10	12	13	11
	9	8	7	9	10	8
	10	13	12	14	15	13
21–23	1	3	2	4	5	3
	2	5	4	6	7	5
	3	6	5	7	8	6
	4	8	7	9	10	8
	5	11	10	12	13	11
	6	13	12	14	15	13
	7	7	6	8	9	7
	8	12	11	13	14	12
	9	9	8	10	11	9
	10	14	13	15	16	14
22–24	1	4	3	5	3	2

Продолжение таблицы 2.11

	2	6	5	7	5	4
	3	7	6	8	6	5
	4	9	8	10	8	7
	5	12	11	13	11	10
	6	14	13	15	13	12
	7	8	7	9	7	6
	8	13	12	14	12	11
	9	10	9	11	9	8
	10	15	14	16	14	13
	23–24	1	6	5	7	13
2		8	7	9	15	13
3		9	8	10	16	14
4		11	10	12	18	16
5		14	13	15	21	19
6		16	15	17	23	21
7		14	9	11	17	15
8		15	14	16	22	20
9		12	11	13	19	17
10		17	16	18	24	22
24–25	1	8	6	10	10	9
	2	10	8	12	12	11
	3	11	9	13	13	12
	4	13	11	15	15	14
	5	16	14	18	18	17
	6	18	16	20	20	19
	7	12	10	14	14	13
	8	17	15	19	19	18
	9	14	12	16	16	15
	10	19	17	21	21	20
24–26	1	2	1	3	4	3
	2	5	3	5	6	5
	3	5	4	6	7	6
	4	7	6	8	9	8
	5	10	9	11	12	11

Продолжение таблицы 2.11

	6	12	11	13	14	13
	7	6	5	7	8	7
	8	11	10	12	13	12
	9	8	7	9	10	9
	10	13	12	14	15	14
25–27	1	2	1	3	3	2
	2	4	3	5	5	4
	3	5	4	6	6	5
	4	7	6	8	8	7
	5	10	9	11	11	10
	6	12	11	13	13	12
	7	6	5	7	7	6
	8	11	10	12	12	11
	9	8	7	9	9	8
	10	13	12	14	14	13
26–27	1	3	2	4	3	2
	2	5	4	6	5	4
	3	6	5	7	6	5
	4	8	7	9	8	7
	5	11	10	12	11	10
	6	13	12	14	13	12
	7	7	6	8	7	6
	8	12	11	13	12	11
	9	9	8	10	9	8
	10	14	13	15	14	13

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Объекты исследования сложны и многообразны по своей природе. Для определения оптимального управления объектами (комплексами работ) применяют методы сетевого моделирования.

Методы сетевого планирования и управления на практике используются для решения задач:

- задача о максимальном потоке;
- задача о потоке минимальной стоимости;
- транспортная задача;
- задача определения критического пути;
- задача определения кратчайшего пути.

Сетевое моделирование позволяет осуществить координацию звеньев и подразделений, участвующих в сложном комплексе. Деятельность исполнителей рассматривается как единый комплекс взаимосвязанных и взаимозависимых операций, направленных на решение задачи.

В учебном пособии рассмотрены методы сетевого моделирования в управлении комплексом работ по созданию корпоративной информационной системы территориального фонда обязательного медицинского страхования Курганской области в условиях определённости и неопределённости.

В конце учебного пособия приведены варианты заданий самостоятельной работы и вопросы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Бройдо В. Л. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации : учебник для вузов. – 2-е изд. – СПб. : Питер, 2005. – 703 с.

2 Фомин Г. П. Математические методы и модели в коммерческой деятельности : учебник. – М. : Финансы и статистика, 2001. – 544 с.

3 Таха Хемди А. Введение в исследование операций. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2005. – 912 с.

4 Семахин А. М. Сетевое моделирование корпоративной информационной системы (научная статья). Информатика. Программирование. ИКТ : межвуз. сборник научн. статей. – Шадринск : Изд-во Шадринского гос. пед. ин.-та, 2010. – С. 59-88.

5 Семахин А. М. Метод критического пути в моделировании информационной системы. Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ 2013) : материалы XII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием им. А. Ф. Терпугова (29-30 ноября 2013 г.). – Томск : Изд-во Томского ун-та, 2013. – Ч. 2. – С. 152-157.

6 Семахин А. М. Анализ сетевой модели информационной системы // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015. – №1(96). – С.18-25.

Учебное издание

Семахин Андрей Михайлович

**СЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

Учебное пособие

Редактор Г.В. Меньщикова

Подписано в печать 11.10.16	Формат 60x84 1/16	Бумага 65 г/см ²
Печать цифровая	Усл. печ. л. 3,88	Уч.-изд. л. 3,88
Заказ № 160	Тираж 25	

БИК Курганского государственного университета.
640020, г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.