САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ПЕТРА ВЕЛИКОГО

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Институт компьютерных наук и технологий

Высшая школа интеллектуальных систем и суперкомпьютерных технологий

**РАСЧЁТНОЕ ЗАДАНИЕ**

**«Построение модели расписания»**

по дисциплине «Системный анализ и принятие решений»

Выполнил:

студент гр. 5130901/10101

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Тучков Д.А.

(подпись)

Преподаватель:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Сиднев А.Г.

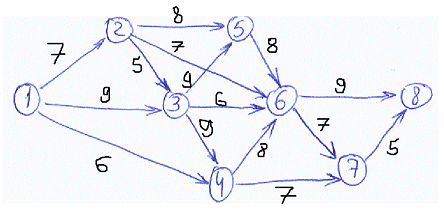
(подпись)

«\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2024 г.

Санкт-Петербург

2024

## Исходные данные

* Вариант: 12
* Число исполнителей: 2
* Решающее правило: Работы с минимальным резервом — вперед 

**1. Определение наиболее ранних моментов начала работ с использованием метода математического программирования.**

**Составить задачу линейного программирования для определения наиболее ранних моментов начала работ. «Погрузить» ее в МАТЛАБ, получить решение. Определить по нему время выполнения комплекса работ.**

Для графа, представленного выше, составим систему неравенств для последующего решения с помощью методов линейного программирования. Обозначим за наиболее ранний момент начала работы , а за – наиболее ранний момент окончания всех работ.

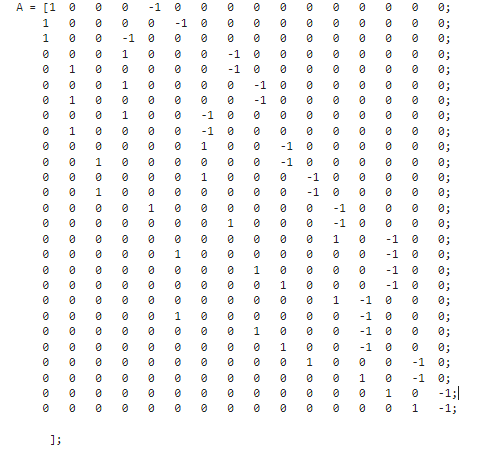
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

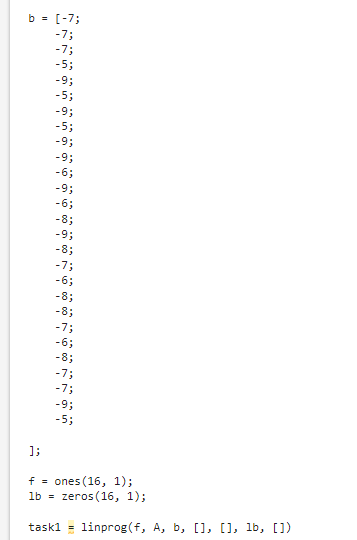
Задача оптимизации – минимизация следующей функции:

Решим эту задачу с помощью функции Matlab **linprog**. Для этого преобразуем полученные ранее ограничения в матрицы и :

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **t12** | **t13** | **t14** | **t23** | **t25** | **t26** | **t34** | **t35** | **t36** | **t46** | **t47** | **t56** | **t67** | **t68** | **t78** | **tend** |  |  | **b** |
| 1 |  |  |  | -1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | -7 |
| 1 |  |  |  |  | -1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | -7 |
| 1 |  |  | -1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | -7 |
|  |  |  | 1 |  |  |  | -1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | -5 |
|  | 1 |  |  |  |  |  | -1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | -9 |
|  |  |  | 1 |  |  |  |  | -1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | -5 |
|  | 1 |  |  |  |  |  |  | -1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | -9 |
|  |  |  | 1 |  |  | -1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | -5 |
|  | 1 |  |  |  |  | -1 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | -9 |
|  |  |  |  |  |  | 1 |  |  | -1 |  |  |  |  |  |  |  |  | -9 |
|  |  | 1 |  |  |  |  |  |  | -1 |  |  |  |  |  |  |  |  | -6 |
|  |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  | -1 |  |  |  |  |  |  |  | -9 |
|  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  | -1 |  |  |  |  |  |  |  | -6 |
|  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  | -1 |  |  |  |  |  |  | -8 |
|  |  |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  | -1 |  |  |  |  |  |  | -9 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 |  | -1 |  |  |  |  | -8 |
|  |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  |  | -1 |  |  |  |  | -7 |
|  |  |  |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  | -1 |  |  |  |  | -6 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  | -1 |  |  |  |  | -8 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 | -1 |  |  |  |  |  | -8 |
|  |  |  |  |  | 1 |  |  |  |  |  |  | -1 |  |  |  |  |  | -7 |
|  |  |  |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  | -1 |  |  |  |  |  | -6 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 |  |  | -1 |  |  |  |  |  | -8 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 |  |  |  | -1 |  |  |  | -7 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 |  | -1 |  |  |  | -7 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 |  | -1 |  |  | -9 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 1 | -1 |  |  | -5 |

Код





Был получен следующий результат:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **t12** | **t13** | **t14** | **t23** | **t25** | **t26** | **t34** | **t35** | **t36** | **t46** | **t47** | **t56** | **t67** | **t68** | **t78** | **tend** |
| 0 | 0 | 0 | 7 | 7 | 7 | 12 | 12 | 12 | 21 | 21 | 21 | 29 | 29 | 36 | 41 |

Теперь нам известно полное расписание:

* В какое время начинается каждая работа
* Суммарное время выполнения всех работ = 41.

**2. Считать, что вместо длительностей работ Вам заданы трудоемкости работ. Длительность равна трудоемкость/интенсивность выполнения работы. Определить наиболее ранние моменты начала работ и назначенные работам интенсивности их выполнения при условии, что суммарная интенсивность не превышает 75% общего числа выполняемых работ.**

**Для этого составить задачу математического программирования и решить ее в МАТЛАБЕ, подобрав для этого подходящую функцию из оптимизационного тулбокса.**

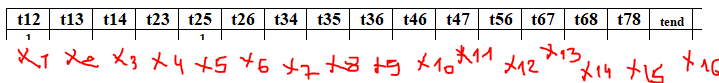
Мы сможем увеличить время выполнения всех работ за счет добавления интенсивностей работ, отличных от 1 – некоторые работы ускорим (интенсивность > 1), а некоторые замедлим (интенсивность < 1), если это потребуется.

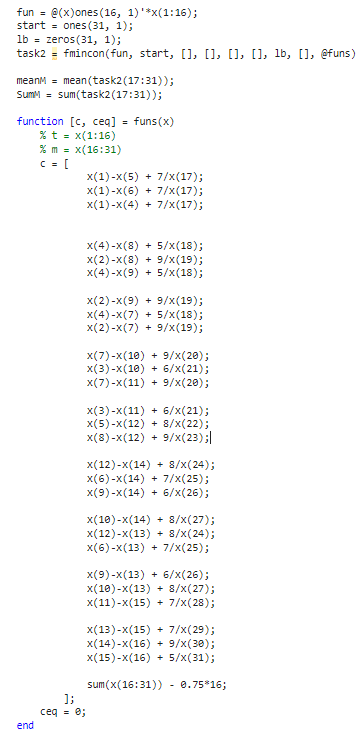
Изменим исходную систему неравенств согласно правилу:

mi,j – интенсивность работы при 75%

m2i,j – интенсивность работы при 100%

Эта задача не может быть решена с помощью метода **linprog**, так как ограничения нелинейные (). Поэтому решение будет производиться с помощью метода **fmincon**.





Были получены следующие результаты:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Моменты начала работ** | |  | **Интенсивности** | |
|  | 0.0000 |  |  | 1.8458 |
|  | 0.0000 |  |  | 1.1850 |
|  | 0.0000 |  |  | 1.1233 |
|  | 3.7924 |  |  | 1.1790 |
|  | 3.7924 |  |  | 0.3835 |
|  | 3.7924 |  |  | 0.5824 |
|  | 8.0119 |  |  | 0.9457 |
|  | 8.0119 |  |  | 0.8564 |
|  | 8.0119 |  |  | 0.3033 |
|  | 15.6453 |  |  | 0.3182 |
|  | 15.6453 |  |  | 0.7127 |
|  | 17.5283 |  |  | 0.3268 |
|  | 26.8700 |  |  | 0.6866 |
|  | 26.8700 |  |  | 0.3982 |
|  | 37.0654 |  |  | 0.4031 |
|  | 49.4708 |  |  |  |

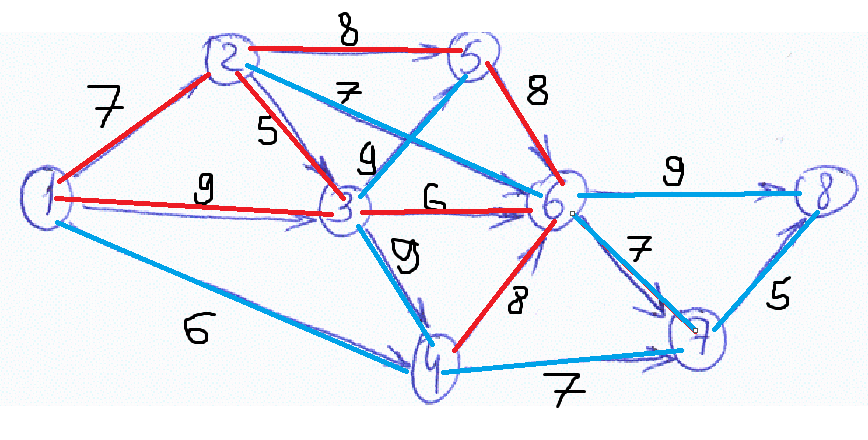
Средняя интенсивность = 

Суммарное значение всех интенсивностей =  (в первом задании сумма интенсивностей – 15). Получается, что задание было выполнено, так как 75% от 15 = 11.

Уменьшение суммарной интенсивности выполнения каждой работы до 75% от общего количества работ повлекло за собой увеличение суммарного времени выполнения всех работ (tend) примерно в 1.19 раза.

**3. Самостоятельно распределить работы между заданным числом исполнителей и сформулировать задачу математического программирования с бинарными индикаторными переменными . Определить число ограничений в этой задаче и дать формулировку части ограничений с бинарными переменными.**

Распределим все 16 работ поровну между 2 исполнителями следующим образом (каждому исполнителю был присвоен свой цвет):



Число дополнительных ограничений задачи с бинарными переменными равно:

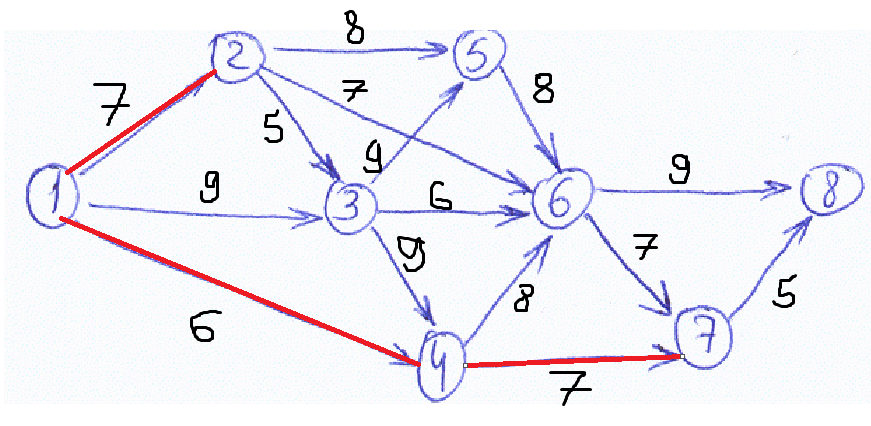
Число бинарных переменных будет равно удвоенному числу пар работ для всех исполнителей:

Приведем пример дополнительных ограничений с бинарными переменными. Возьмем работы 13 и 35 (они назначены на одного и того же исполнителя №1):

Эти ограничения гарантируют то, что время выполнения работ 14 и 47 не будут наложены друг на друга, так как они выполняются одним исполнителем.

**3.1. Изменить формулировку задачи так, чтобы число бинарных переменных не превышало 10. Решить полученную задачу с использованием функции intlinprog Matlab или другого математического пакета. Определить мощность множества бинарных переменных задачи и дать содержательную интерпретацию полученному решению.**

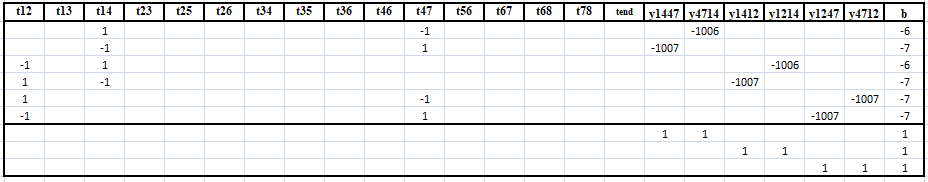
Чтобы уменьшить число бинарных переменных, переформулируем задачу распределения работ между исполнителями. Пусть на исполнителя №1 назначены работы 13, 14, 35, обозначенные цветом, а все остальные имеют своих исполнителей:



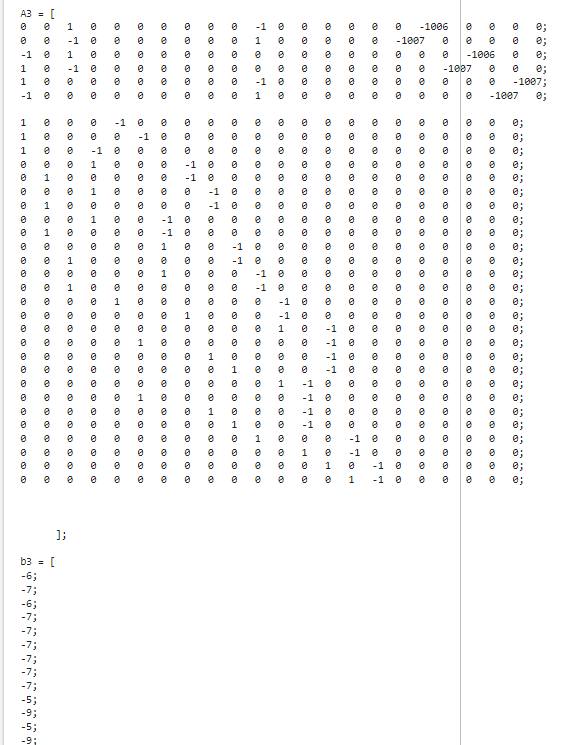
|  |  |
| --- | --- |
| **Дополнительные ограничения** | **Бинарные переменные** |
|  |  |

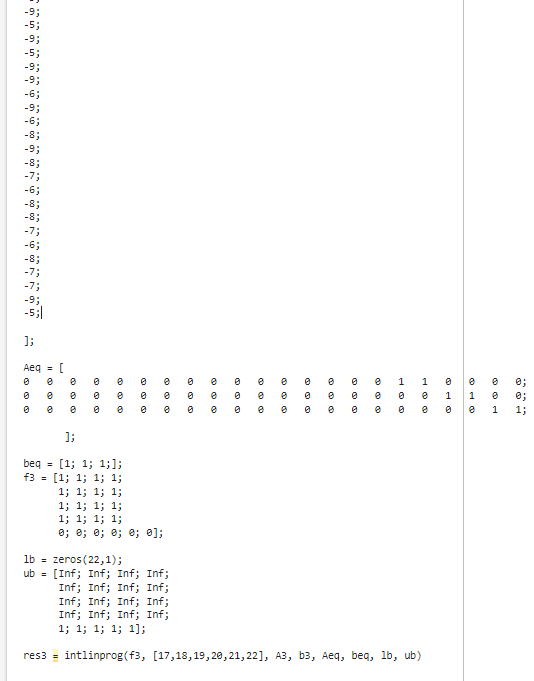
К задаче добавляются следующие 9 дополнительных ограничений с бинарными переменными:

Переведем эти условия в матричный вид (линией очерчены ограничения, выражаемые равенством, они запишутся в отдельную матрицу *Aeq* и *beq*):



Код





|  |  |
| --- | --- |
| t12 | 0 |
| t13 | 0 |
| t14 | 7.0000 |
| t23 | 7.0000 |
| t25 | 7.0000 |
| t26 | 7.0000 |
| t34 | 12.0000 |
| t35 | 12.0000 |
| t36 | 12.0000 |
| t46 | 21.0000 |
| t47 | 21.0000 |
| t56 | 21.0000 |
| t67 | 29.0000 |
| t68 | 29.0000 |
| t78 | 36.0000 |
| tend | 41.0000 |
| Y1447 | 1.0000 |
| Y4714 | 0 |
| t1412 | 0 |
| T1214 | 1.0000 |
| T1247 | 1.0000 |
| T4712 | 0.0000 |

Результат:

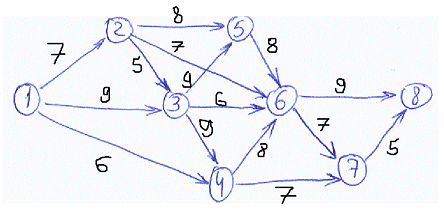
|  |  |
| --- | --- |
|  | По результатам видно, что работа 12 будет выполнена в нулевой момент времени, 14 – через 7 временных единиц, а 47 – через 21, то есть добавление исполнителя на все 3 работы не повлияло на нее время начала, из-за чего результат не изменился (41 сек). |

Таким образом, порядок выполнения работ для исполнителя №1 будет следующим:

**1-2 → 1-4 → 4-7**

### Задание 4. *Найти характеристики , и расписания выполнения комплекса работ с использованием метода динамического программирования. Привести соответствующие уравнения Беллмана. Определить критические пути на графе.*

Каждому узлу на графе можно сопоставить два момента: минимальное время, когда событие будет осуществлено (если все работы будут совершаться в тот момент, когда выполнены все необходимые условия) и наиболее поздний момент , который не увеличивает наиболее ранний момент осуществления конечного события (узел 8).



С помощью метода динамического программирования определим наиболее ранние моменты для каждого узла графа.

=12

=21

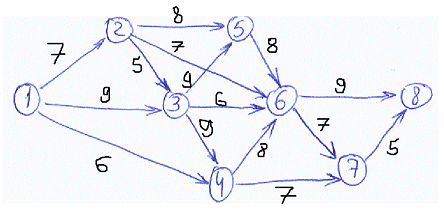
=21

=29

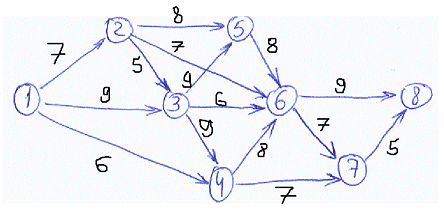
=36

=41

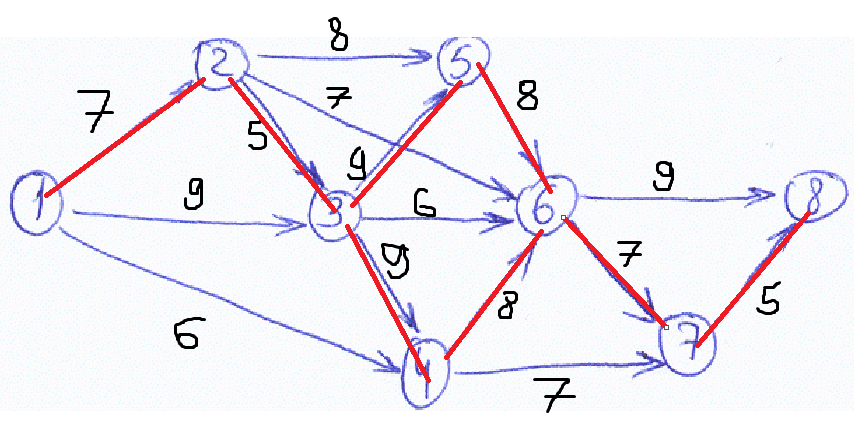
С помощью полученных значений определим наиболее поздние моменты времени :



По формуле определим резервы времени выполнения всех работ:

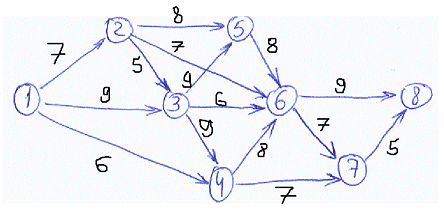


Те работы, резерв у которых равен 0, и составляют критический путь. Их длительность напрямую влияет на продолжительность выполнения всех работ.



### Задание 5. *Найти те же характеристики , и расписания выполнения комплекса работ с использованием математического программирования.*

Оптимизационная задача для поиска наиболее ранних моментов может быть сформулирована следующим образом:



Для исходного графа получим следующую оптимизационную задачу:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Исходя из этих ограничений сформируем матрицы *A* и *b*:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **t1** | **t2** | **t3** | **t4** | **t5** | **t6** | **t7** | **t8** | **t9** |  | **b** |
| 1 | -1 |  |  |  |  |  |  |  |  | -4 |
| 1 |  | -1 |  |  |  |  |  |  |  | -4 |
| 1 |  |  | -1 |  |  |  |  |  |  | -4 |
| 1 |  |  |  | -1 |  |  |  |  |  | -5 |
|  | 1 |  |  |  | -1 |  |  |  |  | -7 |
|  | 1 |  |  |  |  | -1 |  |  |  | -3 |
|  |  | 1 |  | -1 |  |  |  |  |  | -6 |
|  |  |  | 1 |  | -1 |  |  |  |  | -7 |
|  |  |  | 1 |  |  | -1 |  |  |  | -4 |
|  |  |  |  | 1 | -1 |  |  |  |  | -3 |
|  |  |  |  | 1 |  | -1 |  |  |  | -4 |
|  |  |  |  |  | 1 | -1 |  |  |  | -7 |
|  |  |  |  |  | 1 |  | -1 |  |  | -3 |
|  |  |  |  |  |  | 1 | -1 |  |  | -7 |
|  |  |  |  |  |  | 1 |  | -1 |  | -4 |
|  |  |  |  |  |  |  | 1 | -1 |  | -4 |

**Листинг 3**. Код программы

|  |
| --- |
| %% Задание 5  A5 = [1 -1 0 0 0 0 0 0 0;  1 0 -1 0 0 0 0 0 0;  1 0 0 -1 0 0 0 0 0;  1 0 0 0 -1 0 0 0 0;  0 1 0 0 0 -1 0 0 0;  0 1 0 0 0 0 -1 0 0;  0 0 1 0 -1 0 0 0 0;  0 0 0 1 0 -1 0 0 0;  0 0 0 1 0 0 -1 0 0;  0 0 0 0 1 -1 0 0 0;  0 0 0 0 1 0 -1 0 0;  0 0 0 0 0 1 -1 0 0;  0 0 0 0 0 1 0 -1 0;  0 0 0 0 0 0 1 -1 0;  0 0 0 0 0 0 1 0 -1;  0 0 0 0 0 0 0 1 -1;  ];  b5 = [-4; -4; -4; -5; -7; -3; -6; -7; -4; -3; -4; -7; -3; -7; -4; -4;];  f5 = ones(9,1);  lb5 = zeros(9,1);  task5 = linprog(f5, A5, b5, [], [], lb5, []) |

Были получены следующие результаты:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0 | 4 | 4 | 4 | 10 | 13 | 20 | 27 | 31 |

Они аналогичны тем же значениям, что были получены с помощью динамического программирования.

Сформулируем задачу для определения наиболее поздних моментов работ :

**Листинг 4**. Код программы

|  |
| --- |
| %% Задание 5\_2 - нахождение наиболее поздних моментов времени  f5\_2 = ones(9,1);  lb5\_2 = zeros(9,1);  Aeq5\_2 = [1 0 0 0 0 0 0 0 0;  -1 0 0 0 0 0 0 0 1];  beq5\_2 = [0; 31];  task5\_2 = linprog(-f5, A5, b5, Aeq5\_2, beq5\_2, lb5, []) |

Были получены следующие результаты:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0 | 6 | 4 | 6 | 10 | 13 | 20 | 27 | 31 |

Они аналогичны тем же значениям, что были получены с помощью динамического программирования.

Резервы времени могут быть вычислены по формуле аналогично заданию 4. Так как все исходные знания совпадают, результат будет таким же.

### Задание 6. *Определить помимо полных резервов времени работ резервы времени, относящиеся к событиям сетевого графа, а именно: .*

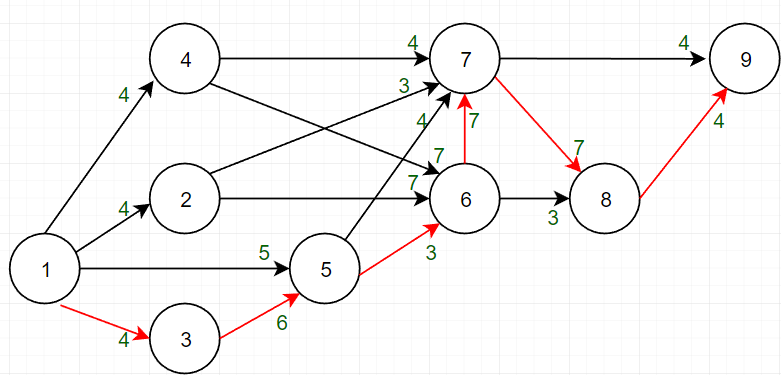
По формуле определим независимые резервы 1-го порядка:

По формуле свободные резервы времени:

По формуле определим независимые резервы 2-го порядка:

### Задание 7. *Рассмотреть вероятностную постановку задачи анализа расписания. Считать СКО времен выполнения работ равными 5% от их длительностей. Предполагая неизменным критический путь (оценить справедливость этого предположения) найти вероятность того, что время выполнения комплекса работ не превысит найденного для детерминированной задачи в п.1 на 10%.*

Оценим справедливость неизменности критического пути. Среднее значение длительности работ в графе равно 4.75 временных единиц. По условию СКО равно 5%, то есть . Следовательно, значение длительности работы может отклониться более чем на 1 с очень маленькой вероятностью (по правилу трех сигм). Так как минимальные временной резерв у работы, не лежащей на критическом пути равен 1, то вероятность изменения критического пути очень мала.



Математическое ожидание суммы случайных величин равно сумме математических ожиданий:

Дисперсия суммы равна сумме дисперсий:

Для суммы случайных величин длительностей работ имеем:

где – это функция Лапласа (табулированный интеграл вероятности):

По условию время выполнения комплекса работ не должно превышать детерминированное значение на 10%, то есть на .

Результат показывает, что шанс отклониться от математического ожидания времени выполнения более чем на 10% крайне мал.

### Задание 8. *Представить пошаговую процедуру имитационного моделирования расписания по схеме событий с учетом числа исполнителей и решающего правила ранжирования работ из числа возможных. По результатам моделирования построить диаграмму Гантта.*

Правило выбора работ:

* короткие работы – вперед
* число исполнителей: 2

Параметры:

– системное время

– ранжированный список возможных работ

– список выполняемых на момент времени Т работ: начатых, но не завершенных к этому моменту

– список времен освобождения ресурсов на момент времени Т

– список выполненных на момент времени T работ

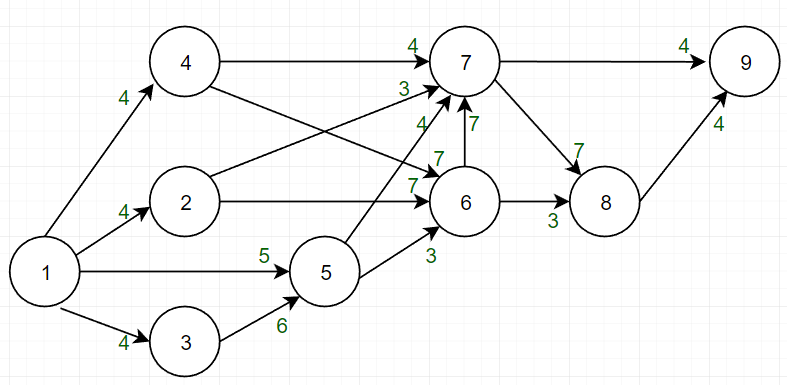
– список осуществленных событий

– множество дуг-работ, исходящих из осуществленных событий

– список работ, выполняемых ресурсом s

– список моментов начала работ, выполняемых ресурсом s

– список моментов окончания работ, выполняемых ресурсом s



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Что доступно | Выполняется сейчас | Время на выполнение | Список выполненных | Какие узлы закрыли | Все осущ работы+ доступ | Кто и что делает |  |  |
| 0 | 12, 13, 14, 15 |  |  |  | 1 | 12, 13, 14, 15 |  |  |  |
| 0 | 14, 15 | 12  13 | 4  4 |  | 1 | 12, 13, 14, 15 | 1: 12  2: 13 | 0  0 | 4  4 |
| 4 | 14, 15, 26, 27, 35 |  |  | 12, 13 | 1, 2, 3 | 12, 13, 14, 15, 26, 27, 35 | 1: -  2: - | -  - | -  - |
| 4 | 15, 26, 35 | 27  14 | 3  4 | 12, 13 | 1, 2, 3 | 12, 13, 14, 15, 26, 27, 35 | 1: 27  2: 13 | 4  4 | 7  8 |
| 7 | 15, 26, 35 | 14 | 4 | 12, 13, 27 | 1, 2, 3 | 12, 13, 14, 15, 26, 27, 35 | 1: -  2: 14 | -  4 | -  8 |
| 7 | 26, 35 | 15  14 | 5  4 | 12, 13, 27 | 1, 2, 3 | 12, 13, 14, 15, 26, 27, 35 | 1: 15  2: 14 | 7  4 | 12  8 |
| 8 | 26, 35, 46, 47 | 15 | 5 | 12, 13, 27, 14 | 1, 2, 3, 4 | 12, 13, 14, 15, 26, 27, 35, 46, 47 | 1: 15  2: - | 7  - | 12  - |
| 8 | 26, 35, 46 | 15  47 | 5  4 | 12, 13, 27, 14 | 1, 2, 3, 4 | 12, 13, 14, 15, 26, 27, 35, 46, 47 | 1: 15  2: 47 | 7  8 | 12  12 |
| 12 | 26, 35, 46 |  |  | 12, 13, 27, 14, 15, 47 | 1, 2, 3, 4 | 12, 13, 14, 15, 26, 27, 35, 46, 47 | 1: -  2: - | -  - | -  - |
| 12 | 46 | 35  26 | 6  7 | 12, 13, 27, 14, 15, 47 | 1, 2, 3, 4 | 12, 13, 14, 15, 26, 27, 35, 46, 47 | 1: 35  2: 26 | 12  12 | 18  19 |
| 18 | 46, 56, 57 | 26 | 7 | 12, 13, 27, 14, 15, 47, 35 | 1, 2, 3, 4, 5 | 12, 13, 14, 15, 26, 27, 35, 46, 47, 56, 57 | 1: -  2: 26 | -  12 | -  19 |
| 18 | 46, 57 | 56  26 | 3  7 | 12, 13, 27, 14, 15, 47, 35 | 1, 2, 3, 4, 5 | 12, 13, 14, 15, 26, 27, 35, 46, 47, 56, 57 | 1: 56  2: 26 | 18  12 | 21  19 |
| 19 | 46, 57 | 56 | 3 | 12, 13, 27, 14, 15, 47, 35, 26 | 1, 2, 3, 4, 5 | 12, 13, 14, 15, 26, 27, 35, 46, 47, 56, 57 | 1: 56  2: - | 18  - | 21  - |
| 19 | 46 | 56  57 | 3  4 | 12, 13, 27, 14, 15, 47, 35, 26 | 1, 2, 3, 4, 5 | 12, 13, 14, 15, 26, 27, 35, 46, 47, 56, 57 | 1: 56  2: 57 | 18  19 | 21  23 |
| 21 | 46 | 57 | 4 | 12, 13, 27, 14, 15, 47, 35, 26, 56 | 1, 2, 3, 4, 5 | 12, 13, 14, 15, 26, 27, 35, 46, 47, 56, 57 | 1: -  2: 57 | -  19 | -  23 |
| 21 |  | 46  57 | 7  4 | 12, 13, 27, 14, 15, 47, 35, 26, 56 | 1, 2, 3, 4, 5 | 12, 13, 14, 15, 26, 27, 35, 46, 47, 56, 57 | 1: 46  2: 57 | 21  19 | 28  23 |
| 23 |  | 46 | 7 | 12, 13, 27, 14, 15, 47, 35, 26, 56, 57 | 1, 2, 3, 4, 5 | 12, 13, 14, 15, 26, 27, 35, 46, 47, 56, 57 | 1: 46  2: - | 21  - | 28  - |
| 28 | 67, 68 |  |  | 12, 13, 27, 14, 15, 47, 35, 26, 56, 57, 46 | 1, 2, 3, 4, 5, 6 | 12, 13, 14, 15, 26, 27, 35, 46, 47, 56, 57, 67, 68 | 1: -  2: - | -  - | -  - |
| 28 |  | 68  67 | 3  7 | 12, 13, 27, 14, 15, 47, 35, 26, 56, 57, 46 | 1, 2, 3, 4, 5, 6 | 12, 13, 14, 15, 26, 27, 35, 46, 47, 56, 57, 67, 68 | 1: 68  2: 67 | 28  28 | 31  35 |
| 31 |  | 67 | 7 | 12, 13, 27, 14, 15, 47, 35, 26, 56, 57, 46, 68 | 1, 2, 3, 4, 5, 6 | 12, 13, 14, 15, 26, 27, 35, 46, 47, 56, 57, 67, 68 | 1: -  2: 67 | -  28 | -  35 |
| 35 | 78, 79 |  |  | 12, 13, 27, 14, 15, 47, 35, 26, 56, 57, 46, 68, 67 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 | 12, 13, 14, 15, 26, 27, 35, 46, 47, 56, 57, 67, 68, 78, 79 | 1: -  2: - | -  - | -  - |
| 35 |  | 79  78 | 4  7 | 12, 13, 27, 14, 15, 47, 35, 26, 56, 57, 46, 68, 67 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 | 12, 13, 14, 15, 26, 27, 35, 46, 47, 56, 57, 67, 68, 78, 79 | 1: 79  2: 78 | 35  35 | 39  42 |
| 39 |  | 78 | 7 | 12, 13, 27, 14, 15, 47, 35, 26, 56, 57, 46, 68, 67, 79 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 | 12, 13, 14, 15, 26, 27, 35, 46, 47, 56, 57, 67, 68, 78, 79 | 1: -  2: 78 | -  35 | -  42 |
| 42 | 89 |  |  | 12, 13, 27, 14, 15, 47, 35, 26, 56, 57, 46, 68, 67, 79, 78 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 | 12, 13, 14, 15, 26, 27, 35, 46, 47, 56, 57, 67, 68, 78, 79, 89 | 1: -  2: - | -  - | -  - |
| 42 |  | 89 | 4 | 12, 13, 27, 14, 15, 47, 35, 26, 56, 57, 46, 68, 67, 79, 78 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 | 12, 13, 14, 15, 26, 27, 35, 46, 47, 56, 57, 67, 68, 78, 79, 89 | 1: 89  2: - | 42  - | 46  - |
| 46 |  |  |  | 12, 13, 27, 14, 15, 47, 35, 26, 56, 57, 46, 68, 67, 79, 78, 89 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 | 12, 13, 14, 15, 26, 27, 35, 46, 47, 56, 57, 67, 68, 78, 79, 89 |  |  |  |
| I(46) = I – конец работы | | | | | | | | | |

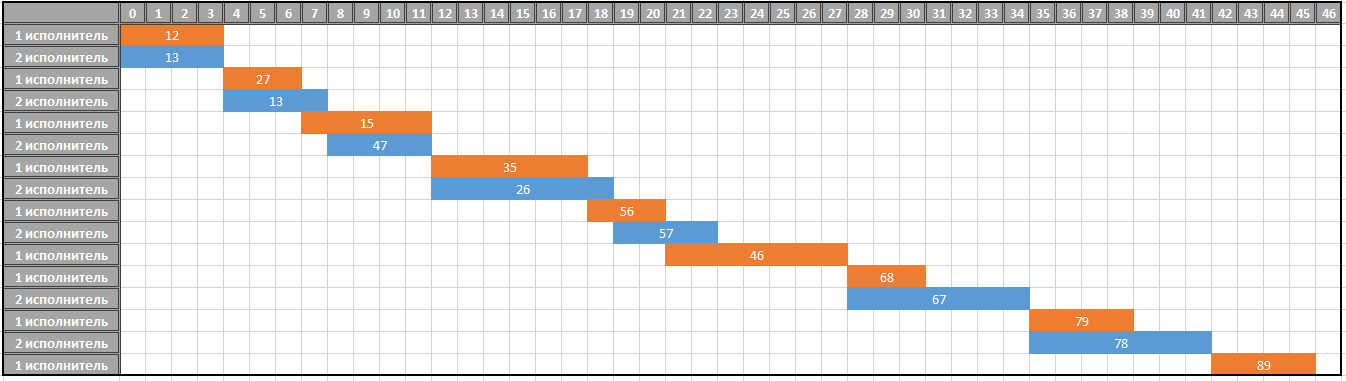


Диаграмма Гантта