

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИМ. И. И. ПОЛЗУНОВА»

А.В. Сорокин

МОДЕЛЬ ЗАДАЧИ УПОРЯДОЧЕНИЯ $N \times M$

Методические указания
к практической самостоятельной работе по дисциплине
«Моделирование»

Барнаул 2022

Сорокин А.В. Модель задачи упорядочения $n \times m$. Методические указания к практической самостоятельной работе по дисциплине «Моделирование» / А.В. Сорокин; Алт. госуд. технич. ун-т им. И.И. Ползунова. - Барнаул, 2022. – 17 с.

В методических указаниях изложен материал по дисциплине «Моделирование», используемый для выполнения практических заданий. Материал содержит описание задачи упорядочения на основе производственной задачи – обработки определенного количества деталей на более чем двух обрабатывающих станках. Рассматривается применение правил предпочтения Петрова на конкретном примере. В качестве альтернативного варианта поиска решения задачи упорядочения рассматривается «Генетический алгоритм». Материал снабжен большим количеством вариантов заданий для рассматриваемой задачи упорядочения. Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению «Программная инженерия», «Информатика и вычислительная техника».

Содержание

1. Задание к практической работе «Модель задачи упорядочения pxm».	4
2. Генетический алгоритм в теории расписаний.....	5
2.1. Постановка задачи теории расписаний	5
2.2. Решения задачи теории расписаний с использованием генетического алгоритма	5
3. Варианты заданий	12
4. Вопросы к практической работе.....	16
5. Список литературы	17

1.Задание к практической работе «Модель задачи упорядочения $p \times m$ »

1. Используя теоретический материал из Темы 1 Теории к упражнениям разобраться с правилами Петрова [1] для поиска субоптимального решения задачи упорядочения $p \times m$, где n – число деталей (партий деталей), m – число станков.
2. Ознакомиться с формулами построения параметров $P_{i1}, P_{i2}, \lambda_i$ и подмножеств D_1, D_0, D_2 .
3. Получить последовательности запуска деталей в обработку с использованием 4-правил Петрова.
4. Получить последовательность запуска деталей в обработку с использованием генератора случайных чисел. В качестве генератора можно использовать мешок, в котором будут находиться бумажки в виде квадратов в количестве n штук, с надписями цифр $1, 2, 3, \dots, n$. Доставая по одной бумажке из мешка, мы можем получить случайную последовательность запуска (СПЗ). Чтобы приблизиться к оптимальному решению, как можно ближе, в общем случае необходимо сгенерировать достаточно большое число таких последовательностей. Такой подход случаен и не основан на каких-то закономерностях природы. В качестве альтернативы такого подхода можно предложить, например следующие алгоритмы, основанные на закономерностях природы, которые можно назвать алгоритмами с направленным случайным поиском: «Генетический алгоритм», «Муравьиный алгоритм», Алгоритм имитации отжига». Реализовывать их здесь не надо, достаточно просто ознакомиться. Для этого в разделе приводится один из разновидностей «Генетического алгоритма».

В итоге таблицу исходных данных, параметров и найденных последовательностей можно представить в виде:

Таблица 1

	станки (оборудование)						параметры			последовательности				
$d_i \setminus j$	1	2	3	...	$m-1$	m	P_{i1}	P_{i2}	λ_i	1	2	3	4	спз
1	t_{11}	t_{12}	t_{13}		t_{1m-1}	t_{1m}	P_{11}	P_{12}	λ_1					
2	t_{21}	t_{22}	t_{23}		t_{2m-1}	t_{2m}	P_{21}	P_{22}	λ_2					
3	t_{31}	t_{32}	t_{33}		t_{3m-1}	t_{3m}	P_{31}	P_{32}	λ_3					
...														
$n-1$	t_{n-11}	t_{n-12}	t_{n-13}		t_{n-1m-1}	t_{n-1m}	P_{n-11}	P_{n-12}	λ_{n-1}					
n	t_{n1}	t_{n2}	t_{n3}		t_{nm-1}	t_{nm}	P_{n1}	P_{n2}	λ_n					

Здесь $P_{i1} = \sum_{j=1}^{\frac{m}{2}} t_{ij}$, если m – четно, $P_{i1} = \sum_{j=1}^{\frac{m}{2}+1} t_{ij}$, если m – нечетно,

$$P_{i2} = \sum_{j=\frac{m}{2}+1}^m t_{ij}, \text{ если } m - \text{четно}, P_{i2} = \sum_{j=\frac{m}{2}+1}^m t_{ij}, \text{ если } m - \text{нечетно},$$

$$\lambda_i = P_{i2} - P_{i1}.$$

Множества

$$D_1 = \{d_i \mid \lambda_i > 0\}, D_0 = \{d_i \mid \lambda_i = 0\}, D_0 = \{d_i \mid \lambda_i < 0\}, D_{1,0} = \{d_i \mid \lambda_i \geq 0\} = D_1 \cup D_0$$

необходимы для построения последовательностей по правилам Петрова (см. «Тема 2. Использование правил Петрова для решения задач упорядочения»)

5. Научиться высчитывать время окончания обработки всех n деталей на m станках с помощью табличного метода:

Таблица 2

$d_i \setminus j$	1	2	3	...	$m-1$	m	$T_i^{ож}$
1	t_{11}/T_{11}	t_{12}/T_{12}	t_{13}/T_{13}		$t_{1,m-1}/T_{1,m-1}$	t_{1m}/T_{1m}	$T_1^{ож}$
2	t_{21}/T_{21}	t_{22}/T_{22}	t_{23}/T_{23}		$t_{2,m-1}/T_{2,m-1}$	t_{2m}/T_{2m}	$T_2^{ож}$
3	t_{31}/T_{31}	t_{32}/T_{32}	t_{33}/T_{33}		$t_{3,m-1}/T_{3,m-1}$	t_{3m}/T_{3m}	$T_3^{ож}$
...							
$n-1$	$t_{n-1,1}/T_{n-1,1}$	$t_{n-1,2}/T_{n-1,2}$	$t_{n-1,3}/T_{n-1,3}$		$t_{n-1,m-1}/T_{n-1,m-1}$	$t_{n-1,m}/T_{n-1,m}$	$T_{n-1}^{ож}$
n	t_{n1}/T_{n1}	t_{n2}/T_{n2}	t_{n3}/T_{n3}		$t_{n,m-1}/T_{n,m-1}$	t_{nm}/T_{nm}	$T_n^{ож}$
T_j^{np}	T_1^{np}	T_2^{np}	T_3^{np}		T_{m-1}^{np}	T_m^{np}	$T^{np} \setminus T^{ож}$

Формулы для расчетов

$$T_{ij} = t_{ij} + \max(T_{i-1,j}; T_{i,j-1}),$$

при $T_{i,j-1}=0$, берется $T_{i,j-2}$, если $T_{i,j-2}=0$, то берется $T_{i,j-3}$ и т.д.

при $T_{i-1,j}=0$, берется $T_{i-2,j}$, если $T_{i-2,j}=0$, то берется $T_{i-3,j}$ и т.д.

$$T^{np} = \sum_{j=1}^m T_j^{np} - \text{суммарный простой всех станков},$$

$$T^{ож} = \sum_{i=1}^n T_i^{ож} - \text{суммарное время ожидания для всех деталей}.$$

Оптимальным считается последовательность с наименьшим значением T_{nm} – время окончания обработки всех n деталей на m станках. Если для несколько

последовательностей имеют одинаковое наименьшее время, то вторым критерием выбора является суммарное время ожидания $T^{ож}$, а третьим критерием суммарный простой $T^{пр}$.

6. Уметь строить график Ганта для задачи упорядочения $p \times m$ (с p деталями и m станками), например следующего вида.

График Ганта

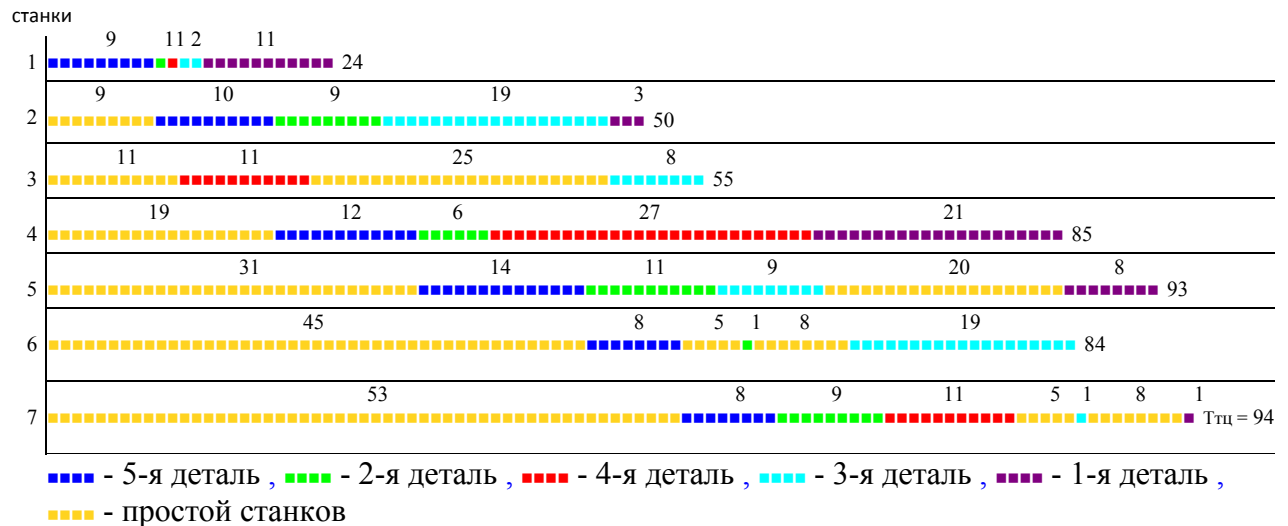


Рис.1 Графики Ганта для последовательности 5-2-4-3-1

Возьмем пример из литературы [1] пример 7-ю деталями и 7-ю станками

Таблица 3

$d_i \backslash$ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	10	8	5	12	11	0	6
2	3	0	6	10	13	2	7
3	4	5	15	0	20	3	1
4	7	10	0	8	11	9	12
5	9	11	3	7	0	5	4
6	5	7	11	3	13	10	0
7	3	6	7	5	10	9	4

Рассчитаем соответствующие параметры, последовательности запуска деталей в обработку [1] запишем их в таблицу

Таблица 4

d_i	станки							Параметры			Варианты последовательностей				
	1	2	3	4	5	6	7	P_{i1}	P_{i2}	λ_i	1	2	3	4	спз
1	10	8	5	12	11	0	6	35	29	-6	2	4	2	4	2
2	3	0	6	10	13	2	7	19	32	13	7	2	7	2	5
3	4	5	15	0	20	3	1	24	24	0	3	7	4	7	1
4	7	10	0	8	11	9	12	25	40	15	4	3	3	3	7
5	9	11	3	7	0	5	4	30	16	-14	6	6	6	1	4
6	5	7	11	3	13	10	0	26	26	0	1	1	1	6	6
7	3	6	7	5	10	9	4	21	28	7	5	5	5	5	3

Первая последовательность дает следующую таблицу и время окончания обработки

Таблица 5

$d_i \backslash$ станки	1	2	3	4	5	6	7	$T_i^{ожс}$
2	3 / 3	0 /	6 / 9	10 / 19	13 / 32	2 / 34	7 / 41	0
7	3 / 6	6 / 12	7 / 19	5 / 24	10 / 42	9 / 51	4 / 55	11
3	4 / 10	5 / 17	15 / 34	0 /	20 / 62	3 / 65	1 / 66	18
4	7 / 17	10 / 27	0 /	8 / 35	11 / 73	9 / 82	12 / 94	37
6	5 / 22	7 / 34	11 / 45	3 / 48	13 / 86	10 / 96	0 /	47
1	10 / 32	8 / 42	5 / 50	12 / 62	11 / 97	0 /	6 / 103	51
5	9 / 41	11 / 53	3 / 56	7 / 69	0 /	5 / 101	4 / 107	68
T_j^{np}	0	6	9	24	19	63	73	194/232

2-я последовательность:

Таблица 6

$d_i \backslash$ станки	1	2	3	4	5	6	7	$T_i^{ожс}$
4	7 / 7	10 / 17	0 /	8 / 25	11 / 36	9 / 45	12 / 57	0
2	3 / 10	0 /	6 / 16	10 / 35	13 / 49	2 / 51	7 / 64	23
7	3 / 13	6 / 23	7 / 30	5 / 40	10 / 59	9 / 68	4 / 72	28
3	4 / 17	5 / 28	15 / 45	0 /	20 / 79	3 / 82	1 / 83	35
6	5 / 22	7 / 35	11 / 56	3 / 59	13 / 92	10 / 102	0 /	53
1	10 / 32	8 / 43	5 / 61	12 / 73	11 / 103	0 /	6 / 109	57
5	9 / 41	11 / 54	3 / 64	7 / 80	0 /	5 / 107	4 / 113	74
T_j^{np}	0	7	17	35	25	69	79	232/270

3-я последовательность:

Таблица 7

$d_i \backslash$ станки	1	2	3	4	5	6	7	$T_i^{ож}$
2	3 / 3	0 /	6 / 9	10 / 19	13 / 32	2 / 34	7 / 41	0
7	3 / 6	6 / 12	7 / 19	5 / 24	10 / 42	9 / 51	4 / 55	11
4	7 / 13	10 / 23	0 /	8 / 32	11 / 53	9 / 62	12 / 74	17
3	4 / 17	5 / 28	15 / 43	0 /	20 / 73	3 / 76	1 / 77	29
6	5 / 22	7 / 35	11 / 54	3 / 57	13 / 86	10 / 96	0 /	47
1	10 / 32	8 / 43	5 / 59	12 / 71	11 / 97	0 /	6 / 103	51
5	9 / 41	11 / 54	3 / 62	7 / 78	0 /	5 / 101	4 / 107	68
T_j^{np}	0	7	15	33	29	63	45	192\223

4-я последовательность:

Таблица 8

$d_i \backslash$ станки	1	2	3	4	5	6	7	$T_i^{ож}$
4	7 / 7	10 / 17	0 /	8 / 25	11 / 36	9 / 45	12 / 57	0
2	3 / 10	0 /	6 / 6	10 / 25	13 / 49	2 / 51	7 / 64	23
7	3 / 13	6 / 23	7 / 30	5 / 35	10 / 59	9 / 68	4 / 72	28
3	4 / 17	5 / 28	15 / 45	0 /	20 / 79	3 / 82	1 / 83	35
1	10 / 27	8 / 36	5 / 50	12 / 62	11 / 90	0 /	6 / 96	49
6	5 / 32	7 / 43	11 / 61	3 / 65	13 / 103	10 / 113	0 /	64
5	9 / 31	11 / 54	3 / 64	7 / 72	0 /	5 / 118	4 / 122	83
T_j^{np}	0	7	17	27	35	80	88	254\282

Случайная последовательность запуска:

Таблица 9

$d_i \backslash$ станки	1	2	3	4	5	6	7	$T_i^{ож}$
2	3 / 3	0 /	6 / 9	10 / 19	13 / 32	2 / 34	7 / 41	0
5	9 / 12	11 / 23	3 / 26	7 / 33	0 /	5 / 39	4 / 45	6
1	10 / 22	8 / 31	5 / 36	12 / 48	11 / 59	0 /	6 / 65	13
4	7 / 29	10 / 41	0 /	8 / 56	11 / 70	9 / 79	12 / 91	34
7	3 / 32	6 / 47	7 / 54	5 / 61	10 / 80	9 / 89	4 / 95	51
6	5 / 37	7 / 54	11 / 65	3 / 68	13 / 93	10 / 103	0 /	54
3	4 / 41	5 / 59	15 / 80	0 /	20 / 113	3 / 115	1 / 116	68
T_j^{np}	0	12	33	23	35	77	82	262\226

из таблиц 5-9 видно, что оптимальной будет последовательность 1 из таблицы 5 и ее время окончания будет равно $T_{\text{тц}}=107$. Для нее график Ганта будет иметь вид

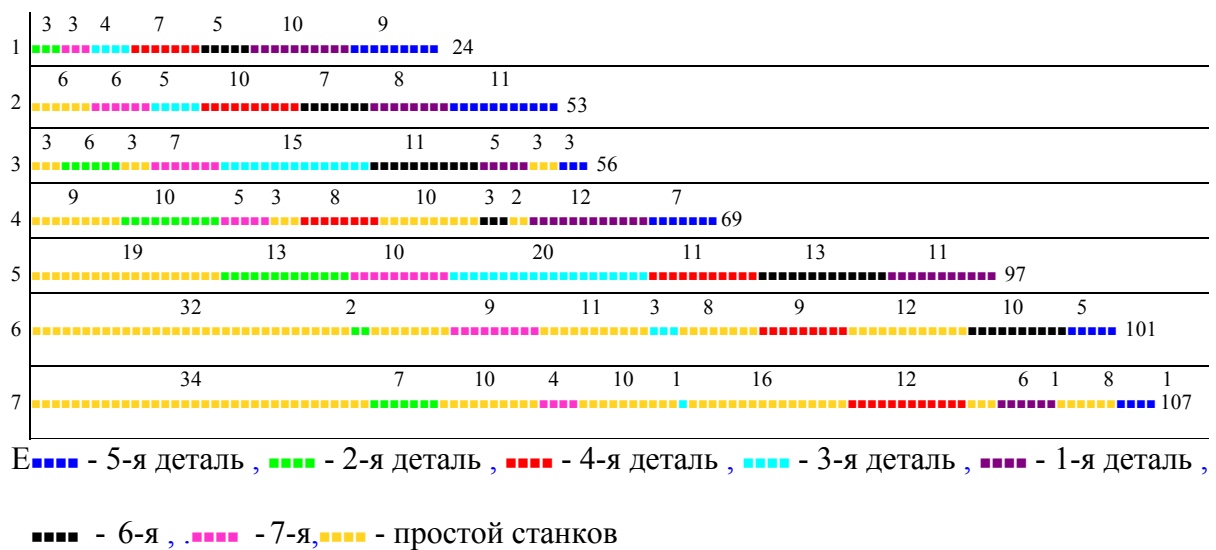


Рис.2 График Ганта для последовательности 2-7-3-4-6-1-5 с $T_{\text{тц}}=107$

Выводимая информация

При выполнении задания должны выводиться таблица с исходными значениями с исходным порядком согласно заданному варианту [1], и с вариантами последовательности построенными по правилам Петрова и случайной последовательности запуска, , график Ганта для исходной таблицы значений трудоемкостей обработки и для таблицы с оптимальным порядком.

2. Генетический алгоритм в теории расписаний

Для получения случайной последовательности можно использовать генетические алгоритмы. Примером такого алгоритма, является алгоритм, описанный ниже.

2.1. Постановка задачи теории расписаний

Рассматривается система обслуживания, состоящая из M машин (станков) и N работ (деталей). Очередность выполнения операций задаётся перестановкой. Для системы задана матрица длительностей выполнения работ (матрица трудоемкостей обработки деталей).

Необходимо найти расписание работ минимальной длины (Последовательность запуска деталей в обработку с минимальным временем окончания обработки).

2.2. Решения задачи теории расписаний с использованием генетического алгоритма

Особь — перестановка, соответствующая расписанию (порядку обработки).

1. В качестве функции приспособленности выступает длина расписания.
2. В алгоритме используется рулеточный отбор.
3. Все особи популяции делятся на две группы по принадлежности в определённом полу.
4. Четная перестановка считается женской особью, нечетная — мужской.
5. Родительская пара формируется из двух особей разного пола.
6. После выбора родителей происходит скрещивание со 100% вероятностью, при этом, если получившаяся особь уже существует в популяции, то происходит мутация путем случайной транспозиции в перестановке.
7. Потомки получаются умножением квадрата одной из перестановок на другую или простым умножением перестановок.
8. Такое скрещивание гарантирует получение до четырех различных перестановок (по две разной четности).
9. Затем и потомки, и родители возвращаются в популяцию, из которой были взяты родители.
10. Каждой особи популяции ставится в соответствие число — её возраст (изначально равный нулю).
11. При каждом скрещивании возраст всей популяции (кроме полученных на данном этапе потомков) возрастает на единицу.
12. Как только возраст особи достигает определенного порога, она заносится в так называемую критическую область.
13. При занесении в эту область особь сохраняет способность к скрещиванию, но подвержена риску смерти при каждом скрещивании особей популяции.
14. При этом на каждое скрещивание приходится смерть от одной до четырех особей критической области.
15. Если популяция вырождается, она принимает решение о слиянии с какой-нибудь другой популяцией или об объявлении войны, исход которой зависит от суммарной приспособленности мужчин и лидеров.

16. Если особей слишком много, то часть их может отделиться и образовать новую популяцию.
17. Если наблюдается слишком большая разница в количествах мужчин и женщин, то возможно объявление войны (как правило, если мужчин больше) или решение о молитве (в этом случае вероятность рождения мужчин при каждом скрещивании возрастает на некоторое время).

3. Варианты заданий

№1

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	6	1	16	2	7	5	11
2	3	11	3	16	4	2	6
3	12	12	14	0	14	15	9
4	5	10	9	13	7	10	12
5	9	8	17	14	15	9	1
6	3	10	10	15	3	2	4
7	0	10	4	8	1	4	15

№2

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	2	8	7	10	3	13	1
2	3	8	4	1	11	3	16
3	4	0	7	4	2	4	13
4	7	13	2	6	11	3	8
5	16	6	0	14	8	6	7
6	15	2	16	0	9	11	8
7	16	13	16	1	5	13	5

№3

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	9	5	4	3	15	4	7
2	9	10	5	4	7	1	9
3	14	16	8	7	7	12	1
4	1	5	4	0	2	4	4
5	11	9	14	16	4	2	14
6	6	11	0	7	12	5	0
7	14	10	4	3	10	5	16

№4

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	12	9	17	6	13	1	15
2	8	0	1	12	2	3	14
3	10	9	15	2	15	9	10
4	4	11	0	12	5	8	3
5	8	12	14	2	0	15	4
6	16	7	2	11	0	10	15
7	9	6	4	8	8	11	0

№5

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	3	13	6	10	2	12	8
2	11	4	2	9	1	15	8
3	12	0	15	12	6	16	14
4	6	9	10	8	0	3	8
5	3	9	2	11	6	2	6
6	7	14	10	3	12	1	11
7	13	8	9	7	0	2	12

№6

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	13	5	2	3	6	7	17
2	5	12	17	6	3	10	12
3	6	11	0	8	7	4	6
4	9	0	1	17	8	5	10
5	16	12	10	3	2	10	2
6	7	11	12	0	10	5	15
7	17	3	11	11	4	14	15

№7

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	9	6	11	14	13	9	4
2	4	7	1	12	7	8	11
3	10	0	11	16	0	15	5
4	7	13	5	9	5	9	11
5	7	8	9	6	3	6	12
6	5	12	11	2	0	11	1
7	3	12	0	10	7	16	4

№8

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	4	10	12	8	15	11	15
2	11	6	5	2	14	0	8
3	14	15	13	5	12	7	11
4	6	10	8	10	3	10	4
5	12	7	1	3	5	10	2
6	11	7	4	0	1	11	10
7	0	7	12	4	9	10	7

№9

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	3	13	6	10	2	12	8
2	11	4	2	9	1	15	8
3	12	0	15	12	6	16	14
4	6	9	10	8	0	3	8
5	3	9	2	11	6	2	6
6	7	14	10	3	12	1	11
7	13	8	9	7	0	2	12

№10

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	8	4	11	13	12	7	14
2	6	7	6	7	6	4	9
3	9	11	0	5	0	11	2
4	9	0	10	6	13	3	3
5	9	12	7	12	5	4	7
6	1	6	4	6	5	10	12
7	12	11	3	13	0	8	13

№11

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	13	8	15	14	8	11	12
2	5	8	11	10	14	1	9
3	9	0	9	16	0	10	15
4	9	2	13	8	4	11	9
5	2	10	0	8	2	1	0
6	2	14	16	13	0	14	2
7	11	9	0	4	4	16	14

№12

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	8	6	3	9	3	2	12
2	14	1	1	7	9	2	12
3	3	8	10	2	10	3	1
4	9	3	0	8	7	10	14
5	10	8	9	14	0	9	15
6	8	3	11	0	15	1	6
7	10	2	8	4	1	5	9

№13

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	13	11	5	4	12	2	1
2	9	10	7	1	8	0	12
3	4	7	2	8	8	1	4
4	2	0	15	11	2	10	10
5	3	13	5	9	0	9	8
6	0	3	4	1	9	8	6
7	11	7	7	1	4	11	1

№14

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	8	5	9	5	5	6	11
2	8	5	14	14	7	1	7
3	13	0	6	2	7	8	1
4	6	7	5	0	12	4	2
5	2	10	1	9	13	3	0
6	0	0	3	11	2	3	12
7	15	13	11	16	3	4	9

№15

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	12	7	12	10	11	9	6
2	16	13	0	5	5	2	8
3	9	12	10	10	13	6	3
4	11	0	3	11	1	3	10
5	2	1	11	9	5	11	7
6	2	4	2	11	6	0	2
7	8	1	2	4	10	3	12

№16

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	3	2	11	12	6	2	8
2	4	12	6	7	7	2	2
3	14	9	0	12	3	1	2
4	8	9	2	6	1	10	2
5	1	14	3	4	5	6	7
6	6	6	3	1	12	10	1
7	2	10	4	0	10	11	8

№17

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	5	11	7	4	9	4	5
2	3	8	5	1	6	8	2
3	7	9	2	10	4	12	8
4	14	13	9	6	10	0	11
5	6	11	0	15	13	10	6
6	4	15	3	6	5	8	2
7	4	13	4	9	10	9	2

№18

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	3	11	8	6	2	4	6
2	3	8	5	1	6	8	2
3	15	3	12	10	9	2	1
4	8	3	9	6	0	9	11
5	6	15	0	15	13	10	6
6	4	0	3	6	5	8	9
7	7	11	4	9	10	7	2

№19

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	3	2	13	11	6	3	9
2	4	13	6	7	8	6	2
3	5	4	8	2	9	11	9
4	8	11	12	6	7	9	1
5	4	14	3	3	5	6	7
6	7	6	3	1	2	5	9
7	2	10	7	5	6	11	8

№20

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	3	2	11	12	6	2	8
2	4	12	3	7	7	2	2
3	4	8	0	12	9	1	9
4	13	9	2	6	1	0	2
5	1	14	3	4	5	6	7
6	16	6	3	1	2	10	1
7	2	10	4	0	10	11	8

№21

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	3	2	13	11	6	3	9
2	4	13	6	7	8	6	2
3	5	4	8	2	9	5	9
4	8	11	12	6	7	9	1
5	4	4	3	3	5	6	7
6	7	6	3	1	2	5	9
7	2	10	7	5	6	2	8

№22

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	3	2	13	11	6	3	9
2	14	13	6	7	8	6	2
3	5	4	3	2	9	5	9
4	8	11	5	6	7	9	1
5	4	4	3	3	5	6	7
6	7	6	3	1	2	1	9
7	2	10	7	5	6	2	11

№23

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	3	1	13	11	6	3	9
2	4	12	6	7	8	5	2
3	5	4	8	2	9	5	7
4	8	11	12	6	7	8	0
5	4	4	3	3	5	6	8
6	7	2	3	1	2	5	5
7	3	10	7	5	6	0	8

№24

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	3	0	13	11	6	1	9
2	4	13	6	7	8	0	6
3	5	1	8	2	9	5	9
4	8	11	12	6	7	5	1
5	4	4	0	3	5	6	7
6	4	6	3	1	2	5	6
7	3	9	7	5	4	0	8

№25

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	9	5	4	3	15	6	7
2	9	11	5	4	7	1	9
3	14	15	8	7	7	12	1
4	1	5	3	0	2	3	4
5	11	9	14	16	4	2	14
6	7	11	0	7	13	5	0
7	14	10	4	3	10	6	16

№26

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	12	9	16	6	13	1	15
2	8	0	1	12	2	4	14
3	10	9	16	2	15	9	11
4	4	11	0	12	5	9	3
5	8	12	14	2	0	9	5
6	16	6	2	11	0	9	15
7	9	6	5	8	8	11	1

№27

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	8	5	4	3	15	5	7
2	9	9	6	4	7	0	9
3	14	15	8	7	7	12	1
4	1	3	3	0	2	1	4
5	9	9	14	16	4	2	12
6	6	11	0	7	13	4	0
7	14	10	3	3	10	5	16

№28

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	12	8	16	6	13	0	15
2	6	0	1	12	2	2	14
3	10	8	16	2	15	8	11
4	3	11	0	12	5	8	3
5	7	12	14	2	0	9	4
6	17	6	2	11	0	8	15
7	8	6	5	7	8	10	1

№29

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	6	5	4	3	15	3	7
2	9	11	2	4	7	1	6
3	10	15	8	7	3	12	1
4	1	3	3	0	2	3	2
5	11	5	14	16	4	2	10
6	4	11	0	7	13	1	0
7	11	10	4	3	10	3	16

№30

d_i \ станки	1	2	3	4	5	6	7
1	12	9	12	6	13	1	11
2	5	0	1	12	2	4	11
3	10	7	16	2	13	9	11
4	8	11	0	12	5	9	7
5	8	11	14	2	0	8	5
6	14	6	2	11	0	7	15
7	7	6	5	8	6	11	1

4. Вопросы к практической работе

1. Какие показатели производственного процесса можно выделить при решении задачи упорядочения, с использованием правил Петрова?
2. Какие ограничения имеются в задаче упорядочения, решаемой с помощью правил Петрова?
3. В чем суть подхода решения задачи упорядочения с использованием правил Петрова?
4. Как определяются параметры P_{i1} , P_{i2} , λ_i при решении упорядочения с использованием правил Петрова?
5. В чем суть правил Петрова?
6. Как избавиться от неопределенностей в правилах Петрова?
7. Какими способами можно определить время окончания обработки последней детали последовательности запуска на последнем станке ?
8. Как определить время простоя станка с использованием матричного метода ?
9. Как определить время ожидания (пролеживания) детали перед обработкой с использованием матричного метода ?
10. С каким экономическим показателем связана величина время ожидания детали перед обработкой ?
11. Сколько вариантов последовательностей запуска деталей в обработку может быть в задаче упорядочения для m станков и n деталей?
12. Достоинства и недостатки алгоритма с использованием правил Петрова по сравнению с алгоритмом Джонсона?
13. Цель использования «Генетического алгоритма» для поиска решения задачи упорядочения?
14. Какие способы можно использовать для поиска решения задачи упорядочения?

5. Список литературы

1. Сорокин А.В. Использование правил Петрова для решения задачи упорядочения. Методические указания к практической работе по дисциплине «Моделирование» / А.В. Сорокин; Алт. госуд. технич. ун-т им. И.И. Ползунова.. - Барнаул, 2022. – 16 с.
2. Гладков, Л.А. Генетические алгоритмы : учебник / Л.А. Гладков, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик ; под ред. В.М. Курейчик. – Москва : Физматлит, 2010. – 317 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68417> (дата обращения: 01.02.2021). – ISBN 978-5-9221-0510-1. – Текст : электронный.