

Министерство высшего и среднего специального образования
Р С Ф С Р

КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ АВИАЦИОННЫЙ
ИНСТИТУТ имени академика С.П.КОРОЛЕВА

И С С Л Е Д О В А Н И Е О П Е Р А Ц И Й

Методические указания

Рассмотрены и утверждены
редакционно-издательским советом
института 9.12.76 г.

Куйбышев 1977

Настоящие указания – первая часть методических указаний по курсу "Исследование операций". В ней изложены требования и рекомендации к выполнению курсовых работ, а также задания по 15 темам с вариантами. 16-30 темы рекомендуемая литература составляют содержание второй части.

Предназначенные для студентов специальности 0646 ("Автоматизированные системы управления"), указания могут быть использованы студентами специальности 0647 ("Прикладная математика") и других родственных специальностей.

С о с т а в и т е л и : Б.А.Есипов, В.П.Дерябкин

Р е ц е н з е н т ы : В.В.Камышников, А.Г.Тетерев

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Исследование операций, являясь одним из быстро развивающихся направлений общей теории сложных систем, играет важную роль в прикладной математической и системотехнической подготовке инженера по специальности АСУ. Многообразные методы исследования операций находят в настоящее время все большее применение как при проектировании, создании и эксплуатации АСУ, так и при решении сложных задач оптимизации различных технических и организационных систем.

Цель курсовой работы по исследованию операций – развить и закрепить полученные на лекциях теоретические знания, привить студентам навыки системного подхода при анализе и оптимизации операций, происходящих в сложных системах, какими являются современное производство, транспорт, системы обороны, строительство и т.д.

Важнейшими элементами исследования всякой операции является системный анализ всех факторов, влияющих на операцию, постановка задачи и математическое моделирование.

В данных методических указаниях предлагаются темы заданий к курсовой работе, а также дается содержательное описание операций. Выбор же переменных, критерия, формулировка ограничений и математическая постановка, – все это должно осуществляться студентом самостоятельно. После проверки преподавателем правильности построенной математической модели студент может приступать к решению задачи.

При выполнении курсовой работы следует помнить, что оптимизация одной и той же операции может проводиться различными методами. Поэтому студенту необходимо максимально учесть все особенности математической модели операции, обосновать и выбрать наиболее рациональный для этой операции метод решения.

Сложность математических моделей реальных операций такова, что аналитическое решение "вручную" подобных задач, как правило, невозможно. Вот почему важной особенностью применения методов и моделей исследования операций является необходимость глубокого и всестороннего знания возможностей современной вычислительной техники и умения ее использовать в практической деятельности. С этой целью одним из требований к курсовой работе по исследованию операций является постановка и решение задачи на ЭВМ.

Студент получает специальное задание преподавателя на программирование, использование стандартных программ (подпрограмм) или их модификацию. Порядок подготовки программ на машинных носителях и порядок решения на ЭВМ определен правилами пользования большими ЭВМ для выполнения обязательных заданий.

II. СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

Записка к курсовой работе должна составлять 20-30 страниц и содержать следующие разделы:

1. Номер варианта задания.
2. Название курсовой работы.
3. Формулировка задания в том виде, в каком она была предложена студенту.
4. Математическое моделирование.

(В этом разделе необходимо обсудить особенности задачи, выявить показатель эффективности операции, определить управляемые и неуправляемые переменные. Затем приступают к математической формулировке ограничений на управляемые переменные и устанавливают аналитическую зависимость между переменными и показателем эффективности операции. Далее уточняется математическая формулировка задачи и определяется, к какому классу относится модель. Анализируются особенности полученной модели, например, имеет ли она какой-нибудь общий или частный вид).

5. Обоснование и выбор методов решения.

(Здесь рассматриваются достоинства и недостатки методов решения задачи на полученной модели и тщательно обосновывается выбираемый метод решения).

6. Тексты решения задачи.

7. Блок-схема алгоритма решения на ЭВМ.

(Блок-схема должна быть составлена в соответствии с правилами оформления схем алгоритмов решения задачи на ЭВМ).

8. Запись и содержательная формулировка полученного решения.

(После получения результатов вычислений необходимо записать ответ в терминах и обозначениях, используемых в работе. Кроме того, следует охарактеризовать полученный результат, сопоставить его с условием задачи).

9. Приложения к курсовой работе.

(В приложениях к курсовой работе должны содержаться распечатки программ для ЭВМ на входном языке, распечатки числовых данных и результаты вычислений с необходимыми комментариями, написанными от руки).

10. Список использованной при выполнении курсовой работы литературы.

III. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ЗАЩИТЫ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа по исследованию операций выполняется во внеаудиторное время. Общий ресурс времени на выполнение курсовой работы предусмотрен планом в объеме 24 часов внеаудиторной работы и 16 часов консультаций с преподавателем (по расписанию занятий).

Выполненная и оформленная работа сдается на окончательную проверку преподавателю, после чего она допускается к защите или выдается студенту для исправления ошибок.

Защита курсовой работы производится в назначенное время, перед комиссией преподавателей из 2-х человек для групп студентов из 4-7 человек. Оценка за курсовую ставится с учетом глубины содержания и качества оформления записки, правильности и оригинальности решения, а также с учетом теоретических знаний и практических навыков по данной теме, которые проявляются при ответе автора работы на вопросы, поставленные комиссией.

IV. ТЕМЫ И ВАРИАНТЫ КУРСОВЫХ РАБОТ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ОПЕРАЦИЙ

- Тема 1. Исследование задачи оптимального распределения погрешностей в автоматизированной информационной системе.
- Тема 2. Исследование задачи минимизации отходов при раскрое материалов.
- Тема 3. Исследование задачи оптимального целераспределения.
- Тема 4. Исследование задачи о перевозках.
- Тема 5. Исследование задачи минимизации времени перевозок.
- Тема 6. Исследование задачи наилучшего распределения программы между несколькими предприятиями.

- Тема 7. Исследование задачи оптимизации операций по поражению целей противника.
- Тема 8. Исследование задачи оптимизации надежности многокомпонентного устройства.
- Тема 9. Исследование задачи оптимизации кооперации разработчиков.
- Тема 10. Исследование задачи оптимального размещения блоков аппаратуры системы сбора данных в замкнутой области.
- Тема 11. Исследование задачи оптимизации комплекта боеприпасов на борту самолета.
- Тема 12. Исследование задачи размещения программных модулей в памяти ЭВМ.
- Тема 13. Исследование задачи размещения станочного парка.
- Тема 14. Исследование задачи распределения ресурса времени на испытания двигателей.
- Тема 15. Исследование задачи распределения ресурса машинного времени между пользователями ЭВМ.
- Тема 16. Исследование задачи оптимальной комплектации парка ЭВМ.
- Тема 17. Исследование задачи рационального обслуживания оборудования вычислительного центра.
- Тема 18. Исследования задачи рациональной организации ремонта локомотивов.
- Тема 19. Оптимальное распределение активной нагрузки между энергоблоками теплоэлектростанции.
- Тема 20. Исследование задачи распределения ресурса энергии стайера на дистанции.
- Тема 21. Исследование операции по отражению налетов противника.
- Тема 22. Задача выбора оптимального комплекса технических средств доставки грузов.
- Тема 23. Задача определения оптимальной цены реализации продукции.
- Тема 24. Распределение самолетов между воздушными линиями.
- Тема 25. Оптимизация структуры энергетического баланса.
- Тема 26. Задача размещения производства строительных материалов между предприятиями.
- Тема 27. Распределение мощности вычислительного центра по пользователям.
- Тема 28. Составление оптимального плана профилактического ремонта.
- Тема 29. Определение оптимального плана поставок оборудования.
- Тема 30. Оптимизация комплектации грузов при авиаперевозках.

ТЕМА I. Исследование задачи оптимального распределения погрешностей при совокупных измерениях в автоматизированной информационной системе

Имеется автоматизированная многоканальная информационная система (АИС), предназначенная для измерения, обработки и передачи информации в реальном масштабе времени. Структура АИС представлена на рис. I.I. Система имеет N каналов измерения. Результат измерения по K -му каналу ($K = 1 \dots N$) S_K оценивается относительной погрешностью Δ_K . В процессе обработки информации с помощью ЭВМ вычисляются текущие значения некоторых обобщенных параметров $y_j(t)$, связанных с S_K непрерывными функциональными зависимостями f_j :

$$y_j(t) = f_j[\{S_K(t)\}_{K=1, N}]. \quad (I.1)$$

При этом известно, что оценка относительной погрешности $\Delta y_j^{(j)}$ вычисления обобщенного параметра y_j связана с погрешностями Δ_K линейной зависимостью и всегда больше истинного значения самой погрешности:

$$\Delta y_j^{(j)} \leq \widetilde{\Delta y_j^{(j)}} = \sum_{K=1}^N \alpha_K^{(j)} \Delta_K, \quad (I.2)$$

где $\alpha_K^{(j)}$ - безразмерные коэффициенты, подчиняющиеся условию

$$\sum_{K=1}^N \alpha_K^{(j)} \leq 1. \quad (I.3)$$

В системе существуют ограничения, связанные с точностью и быстродействием усилительно-преобразующей аппаратуры, пропускной способностью каналов связи, производительностью вычислительных средств системы:

I) ограничения по скорости ввода данных измерений в мини-ЦВМ АИС

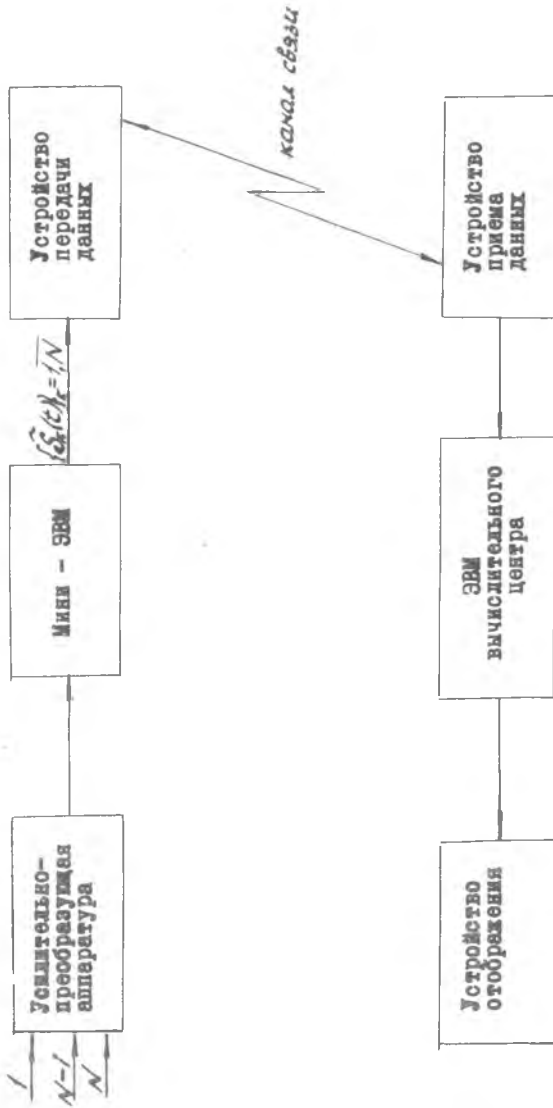
$$\sum_{K=1}^N \omega_K \sqrt{\frac{10 \alpha_K}{\Delta_K}} \leq V_1. \quad (I.4)$$

где $\omega_K = 2\pi F_K$ - конечная (эффективная) частота спектра K -го сигнала;

α_K - постоянный коэффициент, зависящий от номера канала K ;

e_K - степень алгебраического интерполирующего многочлена, осуществляющего приближение реального K -го сигнала

Источники первичной информации $\{s_r(t)\}_{r=1}^N$



Р и с. 1.1. Структурная схема автоматизированной информационной системы

да с относительной погрешностью на временных интервалах интерполяции при обработке данных с ЭВМ;
 V_1 - максимальная скорость ввода данных в мини - ЭВМ, [1/c];

2) ограничение по пропускной способности канала связи АИС

$$\sum_{k=1}^N \gamma_k (\Delta_k)^{2\alpha_k} \leq V_2, \quad (I.5)$$

где γ_k - постоянный коэффициент, зависящий от динамических характеристик k -го параметра, [1/c];
 α_k - показатель степени, зависящий от вида интерполирующего многочлена, причем
 $-1 \leq \alpha_k < 0$;

V_2 - пропускная способность канала связи, [1/c];

3) ограничение, связанное с определением понятия "относительная погрешность":

$$\frac{|\Delta_k|}{\kappa = 1, N} \leq 1. \quad (I.6)$$

В простейшем случае распределение погрешностей строится по принципу равных влияний: предполагается, что точность измерения по всем каналам одинакова, т.е.

$$\Delta_1 = \Delta_2 = \dots = \Delta_N = \Delta.$$

При этом

$$\Delta = \frac{\widetilde{\Delta y^{(j)}}}{\sum_{k=1}^N \alpha_k}. \quad (I.7)$$

Требуется оптимальным образом выбрать Δ_k так, чтобы:

1) достигался минимум оценки $\widetilde{\Delta y^{(j)}}$ (I.2) при ограничениях (I, 4; I,5; I,6);

2) достигался минимум суммарного показателя точности измерений

$$\delta J = \sum_{j=1}^P \beta_j \frac{\sum_{k=1}^N \alpha_k^{(j)} \Delta_k}{\widetilde{\Delta y^{(j)}}_{opt}}, \quad (I.8)$$

где $P=1$ - число обобщенных параметров измерения;

β_j - коэффициенты, характеризующие веса (ценности) каждого из обобщенных параметров, причем

$$\sum_{j=1}^p \beta_j = 1; \quad (1.9)$$

$\Delta y_{opt}^{(1)}$ - оптимальное значение $\Delta y^{(1)}$, вычисленное по п.1.

Определить, насколько данное оптимальное решение лучше решения, получаемого с использованием принципа равных влияний (1.7) и оценить целесообразность такого подхода при различных соотношениях λ_k , μ_k .

Конкретные числовые данные по вариантам приведены в табл. 1.1, 1.2, 1.3.

Таблица I.1.

Значения основных параметров автоматизированной информационной системы
по вариантам

Номер варианта	Число каналов N	Показатели степени по каналам						Пределы частоты по каналам, рад/с						Коэффициенты по каналам					
		β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	β_6	ω_1	ω_2	ω_3	ω_4	ω_5	ω_6	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6
1	6	0	1	1	1	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	5	0	0	1	1	1	-	1,0	0,1	0,5	2,0	0,5	-	0,500	0,5	0,175	0,175	0,175	-
3	3	1	0	1	-	-	-	0,5	1,0	1,0	-	-	-	0,125	0,5	0,125	-	-	-
4	3	0	0	1	-	-	-	2,0	0,1	0,5	-	-	-	0,500	0,5	0,125	-	-	-

Таблица I.2

Номер варианта	Коэффициенты δ_k по каналам, %						Коэффициенты ε_k по каналам						Весовые коэффициенты		V_1 %	V_2 %
	δ_1	δ_2	δ_3	δ_4	δ_5	δ_6	ε_1	ε_2	ε_3	ε_4	ε_5	ε_6	β_1	β_2		
1	1,0	1,0	0,1	0,1	0,1	0,5	-1,0	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-1,0	0,5	0,5	-	10
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8	0,2	50	-
3	1,0	0,1	0,1	-	-	-	-0,1	-0,5	-0,5	-	-	-	0,9	0,1	50	10
4	0,1	0,5	1,0	-	-	-	-0,1	-0,5	-0,5	-	-	-	0,2	0,8	50	10

Таблица I.3

Значения весовых коэффициентов $d_k^{(j)}$ по вариантам

Номер варианта	$d_1^{(1)}$	$d_2^{(1)}$	$d_3^{(1)}$	$d_4^{(1)}$	$d_5^{(1)}$	$d_6^{(1)}$	$d_1^{(2)}$	$d_2^{(2)}$	$d_3^{(2)}$	$d_4^{(2)}$	$d_5^{(2)}$	$d_6^{(2)}$
1	0,01	0,1	0,010	0,1	0,01	0,5	0,1	0,5	0	0	0	0
2	0,10	0,2	0,2	0,1	0,10	-	0,1	0,1	0,5	0,01	0,01	-
3	0,50	1,0	0,01	-	-	-	0,5	0	0	-	-	-
4	0,10	0,4	0,40	-	-	-	0,2	0,1	0,5	-	-	-

Примечание. Прочерк в таблице означает, что параметр для данного варианта не определяется.

ТЕМА 2. Исследование задачи минимизации
при раскрое материалов

Некоторый полуфабрикат (например, листы фанеры, водопроводные трубы и т.п.) поступает на предприятие в виде m различных партий, содержащих a_1, a_2, \dots, a_m единиц полуфабриката. Размер единицы полуфабриката одинаков в одной партии и равен d_1, d_2, \dots, d_m соответственно. На предприятии из полуфабриката каждой партии изготавливаются комплекты деталей, в каждый из которых входит K_1 деталей размера t_1 , K_2 деталей размера t_2 и т.д., K_ℓ деталей размера t_ℓ .

Требуется составить такой план раскроя полуфабриката, чтобы можно было из него изготовить максимальное число комплектов.

Конкретные числовые данные по вариантам приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Основные характеристики производства полуфабрикатов по вариантам

Номер варианта	m	a_1	a_2	a_3	d_1	d_2	d_3	e	K_1	K_2	K_3	t_1	t_2	t_3
5	2	150	200	0	1650	300	-	2	2	1	0	1200	125	-
6	2	45	38	0	130	89	-	2	9	7	0	17	23	-
7	1	75	0	0	92	-	-	3	p	5p	3p	12	17	32
8	3	113	264	48	250	190	150	3	12	4	5	30	42	54

Тема 3. Исследование задачи оптимального целераспределения

Имеется комплектов зенитных управляемых ракет (ЗУР), которые выполняют функцию обороны объекта от n налетающих целей противника. Вероятность поражения цели при одном залпе каждой ЗУР известна и задается таблицей 3.1, в которой числа P_{ij} означают вероятность поражения j -ой цели i -им ЗУР в случае закрепления его за этой целью.

После целераспределения производится залп, и цель, имеющая максимальную вероятность поражения, уничтожается, далее производится новое целераспределение и т.д.

Требуется найти план распределения ЗУР по целям для каждого залпа (при условии, что каждый комплекс закрепляется не более чем за одной целью), чтобы математическое ожидание числа пораженных целей при каждом залпе было максимальным.

Конкретные числовые условия задачи приведены в табл. 3.2 (4 варианта).

Примечание. В случае, если несколько целей имеют одинаковые максимальные вероятности поражения, все они считаются уничтоженными

Схема расположения чисел по вариантам в табл. 3.2:

9	10
11	12

Таблица 3.1

Вероятности поражения целей P_{ij}

Номер ЗУР	№ цели				
	I	...	j	...	n
I	P_{II}	...	P_{Ij}	...	P_{In}
...
i	P_{iI}	...	P_{ij}	...	P_{in}
...
m	P_{mI}	...	P_{mj}	...	P_{mn}

Таблица 3.2

Значения вероятностей P_{ij} по вариантам

Но- мер ЗУР	№ цели													
	I		2		3		4		5		6		7	
1	0,3	0,7	0,8	0,4	0,7	0,7	0,3	0,9	0,9	1,0	0,1	0,9	0,2	0,1
	0,6	0,7	0,9	0,6	0,8	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,5	1,0	0,7	0,9
2	1,0	0,9	0,4	0,9	0,9	0,4	0,8	1,0	0,1	0,6	0,4	0,3	0,1	1,0
	0,2	0,4	0,3	0,5	0,8	0,6	0,4	0,8	0,7	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7
3	0,4	0,3	0,2	0,4	0,5	0,7	0,3	0,4	0,6	0,3	0,4	0,1	0,2	0,8
	0,3	0,3	0,7	0,1	0,6	0,3	0,7	0,4	0,3	0,7	0,1	0,1	0,9	0,5
4	0,1	0,4	0,5	0,8	0,9	0,6	0,8	0,2	0,5	0,2	0,6	0,1	0,3	0,4
	0,2	0,9	0,2	0,3	0,7	0,3	0,4	0,6	0,4	0,3	0,3	0,5	0,5	0,6
5	0,1	0,4	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,5	0,1	0,3	0,6	0,5
	0,6	0,2	0,3	0,5	0,4	0,6	0,6	0,5	0,6	0,2	0,6	0,5	0,1	0,2
6	0,1	0,4	0,4	0,5	0,5	0,2	0,1	0,6	0,4	0,3	0,1	0,4	0,5	0,1
	0,5	0,3	0,2	0,3	0,3	0,6	0,3	0,2	0,1	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3
7	0,6	0,3	0,6	0,5	0,2	0,4	0,1	0,6	0,1	0,3	0,1	0,2	0,6	0,2
	0,5	0,4	0,4	0,3	0,6	0,1	0,2	0,5	0,4	0,6	0,5	0,3	0,4	0,5

ТЕМА 4. Исследование задачи о перевозках

Имеется m пунктов отправления, в каждом из которых сосредоточено определенное количество единиц однородного продукта, предназначенного к отправке: a_1 - в первом пункте; a_2 - во втором и т.д. Этот продукт следует отправить в n пунктов назначения в количестве: b_1 единиц в первый пункт; b_2 - во второй пункт и т.д.

Каждый пункт отправления соединен с каждым пунктом назначения некоторым маршрутом (число таких маршрутов равно $m \times n$), причем известна удельная стоимость c_{ij} перевозки одной единицы продукта из i -го пункта отправления в j -й пункт назначения. Общая стоимость перевозки по любому маршруту пропорциональна количеству перевозимого продукта.

Требуется составить план перевозок, устанавливающий наименьшую общую их стоимость. Построить график, иллюстрирующий сходимость решения к оптимальному.

Удельные стоимости c_{ij} для вариантов I3, I4, I5, I6 приведены в табл. 4.I. Схема расположения чисел по вариантам:

I3	I4
I5	I6

Таблица 4.1

Удельная стоимость c_{ij} , руб.

Пункты отправ- ления	Пункты назначения																		Запасы
	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	a_i									
A ₁	9	6	18	9	16	3	2	1	3	7	16	4	11	10	15	3	17	2	180
	3	2	6	13	12	10	12	10	18	8	15	7	21	11	4	15	15	10	
A ₂	16	14	5	17	7	16	20	19	21	8	2	11	7	10	14	3	11	14	140
	19	7	11	6	4	4	11	10	8	13	8	17	10	3	2	3	18	5	
A ₃	13	10	23	4	3	12	15	16	10	2	5	14	10	2	20	11	7	3	50
	36	22	7	11	10	12	10	23	3	6	9	18	13	17	10	29	14	4	
A ₄	2	1	12	9	16	13	6	10	12	14	20	4	8	3	12	7	15	10	150
	15	15	22	8	8	2	11	10	13	6	2	4	13	8	24	3	8	5	
A ₅	15	13	16	17	3	10	11	15	6	25	11	5	18	8	20	23	6	8	80
	15	7	23	1	7	9	5	13	20	6	13	4	28	8	2	10	13	7	
A ₆	7	33	3	13	12	2	6	6	18	8	8	4	20	13	14	15	8	11	40
	15	3	11	12	9	15	22	8	20	6	10	11	11	6	20	11	1	4	
A ₇	21	21	10	9	16	12	21	21	16	3	17	3	15	12	14	15	5	24	70
	9	4	8	13	5	7	13	14	4	2	7	3	11	6	13	1	16	9	
Заявки b_j	50	80	10	10	40	110	130	100	150										

ТЕМА 5. Исследование задачи минимизации времени перевозок

При условии задачи, изложенной в теме 4, задано время перевозок t_{ij} (табл.5.1), не зависящее от количества перевозимого груза. Требуется составить план, устанавливающий наименьшее время перевозок.

Таблица 5.1

Время перевозок t_{ij} , час.

Пункты отправления	Пункты назначения																		a_i
	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}	B_{13}	B_{14}	B_{15}	B_{16}	B_{17}	B_{18}	
A_1	15	6	12	2	12	2	3	23	24	13	12	8	6	1	5	14	14	5	100
	4	2	24	15	2	11	11	6	8	20	13	12	23	14	13	6	11	10	
A_2	12	16	23	21	3	21	14	16	2	7	21	16	14	21	23	6	13	2	150
	20	11	24	19	9	23	1	9	8	7	9	5	5	3	12	2	19	7	
A_3	14	3	13	12	21	6	14	17	3	19	2	21	24	16	6	18	13	5	120
	21	17	8	11	11	10	7	1	19	24	5	16	18	22	3	8	16	17	
A_4	17	21	19	14	3	5	23	18	3	16	6	9	13	15	10	17	18	2	110
	7	3	6	5	15	22	16	16	22	13	16	7	20	12	9	1	6	15	
A_5	3	3	24	1	16	14	20	9	17	18	15	16	7	9	9	14	4	24	150
	1	2	6	2	16	4	7	4	4	24	20	6	3	12	9	3	3	9	
A_6	1	21	8	14	18	7	7	13	10	20	17	16	12	23	19	11	24	16	100
	2	11	6	5	4	23	6	5	13	23	12	12	7	3	1	3	16	3	
A_7	3	14	19	12	21	6	8	6	4	24	11	21	14	9	4	10	12	22	170
	1	2	1	3	8	19	12	9	8	20	22	9	20	24	24	8	23	10	
A_8	17	16	8	12	7	6	3	5	3	4	7	8	8	7	12	14	10	11	160
	9	8	7	5	8	3	4	10	6	5	9	11	6	5	21	7	11	11	
A_9	3	7	6	4	11	14	10	9	3	11	7	8	4	3	8	9	13	11	110
	16	18	9	3	9	7	8	5	12	3	6	5	20	11	9	9	14	15	
A_{10}	16	17	7	8	16	14	17	18	7	8	20	14	16	14	7	8	3	4	130
	8	9	9	21	11	13	9	11	11	21	11	13	15	15	6	4	6	12	
A_{11}	14	13	5	4	17	18	12	13	10	20	6	7	24	16	6	18	19	7	140
	7	6	3	16	16	11	14	17	13	23	16	9	19	22	3	8	2	7	
A_{12}	21	17	8	12	11	19	12	2	25	13	17	19	11	6	2	7	14	21	150
	14	7	16	19	11	21	15	24	14	16	9	13	17	21	3	10	15	13	
B_j	170	165	135	190	135	135	140	190	100										

ТЕМА 6. Исследование задачи наилучшего распределения программы между несколькими предприятиями

Имеется S видов изделий, из которых комплектуется окончательная продукция. Любой вид изделий может быть поставлен на производство на любом из n типов предприятий (станков), причем имеется c_j предприятий (станков) j -го типа ($j = 1, 2, \dots, n$), каждое из которых может изготовить в месяц a_{sj} изделий s -го типа. Во все комплекты готовой продукции должно входить l_s изделий s -го типа ($s = 1, 2, \dots, S$).

Предприятие должно по плану выпускать продукцию лишь одного вида.

Требуется оптимальным образом распределить производственную программу между предприятиями, т.е. определить число предприятий j -го типа, которое необходимо специализировать на изготовлении изделий s -го вида, чтобы обеспечить максимальный выпуск комплектной продукции. Условия задачи представлены в общем виде в табл. 6.1, а конкретные числовые данные - в табл. 6.2.

Таблица 6.1

Табличная форма записи задачи планирования

Вид изделия	Тип предприятия					Число изделий в комплекте
	I	...	j	...	n	
I	a_{I1}	...	a_{Ij}	...	a_{In}	l_I
...
K	a_{K1}	...	a_{Kj}	...	a_{Kn}	l_K
...
S	a_{S1}	...	a_{Sj}	...	a_{Sn}	l_S
Число предприятий	c_1	...	c_j	...	c_n	

Схема расположения чисел по вариантам в табл. 6.2:

21	22
23	24

Таблица 6.2

Производительность предприятий тыс.шт. a_{ij}

Вид изделия	Тип предприятия										Число изделий в комплекте	
	1		2		3		4		5			
1	100	200	400	100	20	300	200	50	600	20	2	3
	300	80	200	300	50	100	30	300	500	100	3	2
2	15	70	200	100	45	300	50	100	250	400	1	4
	60	20	100	150	35	5	80	200	400	300	4	2
3	-	60	-	150	-	100	-	300	-	500	-	2
	100	50	150	300	200	50	2,5	100	350	400	1	2
Число предприятий	5	10	3	4	40	60	9	7	2	5		
	8	9	4	10	70	50	10	11	4	7		

ТЕМА 7. Исследование задачи оптимизации операции по поражению целей противника

В силу различия типов самолетов, расстояний до целей и различия высот полета, вес бомб, которые могут быть доставлены одним самолетом с любого аэродрома к любой цели, неодинаков и задается в табл.7.1.

Таблица 7.1

Вес бомб, доставляемых к i -й цели P_i , одним самолетом, m

Номер аэродрома	P_1		P_2		P_3		P_4		P_5		P_6		P_7	
	1	8	2	7	3	5	1	10	6	8	6	8	8	1
1	3	3	5	3	8	7	2	4	7	2	1	5	5	4
	4	4	5	8	6	2	8	9	9	8	9	6	3	6
2	5	10	2	4	6	8	3	7	6	6	6	7	9	9
	6	8	5	5	6	4	8	3	3	2	4	1	8	7
3	7	7	6	4	9	10	3	5	2	8	9	10	6	5
	2	7	5	6	10	4	7	9	5	5	2	7	4	4
4	8	3	4	7	9	10	1	9	1	4	5	8	2	1
	1	6	9	6	6	4	4	1	5	7	7	5	1	3
5	3	2	2	1	10	7	6	8	3	10	8	7	3	7
	6	8	9	5	3	7	8	4	5	4	7	9	3	4
6	3	6	1	4	2	2	4	4	3	8	5	3	5	7
	9	9	2	7	3	4	4	3	7	7	5	5	7	8
7	8	10	8	4	5	8	2	7	6	6	4	9	8	7
	8	8	4	3	7	8	5	1	9	8	6	1	4	7
8	7	6	2	1	4	4	4	7	10	5	4	2	5	6

Схема расположения чисел по вариантам в табл. 7.1

25	26
27	28

Максимально возможное количество самолето-вылетов с каждого аэродрома в день задается табл. 7.2

Таблица 7.2

№ аэродрома	1	2	3	4	5	6	7	8
Максимально возможное количество самолето-вылетов	132	98	73	147	50	93	102	79

Необходимое количество самолето-вылетов к каждой из целей задается табл. 7.3.

Таблица 7.3

№ цели	1	2	3	4	5	6	7
Необходимое количество самолето-вылетов	87	73	102	48	91	99	81

Определить план вылетов с каждого аэродрома к каждой цели, дающий максимальный общий вес бомб, доставляемых ко всем целям. Построить график сходимости решения к оптимальному.

ТЕМА 8. Исследование задачи оптимизации надежности многокомпонентного устройства

Техническое устройство состоит из N последовательно соединенных ступеней. С целью увеличения надежности в каждой ступени, компоненты могут дублироваться путем параллельной установки дополнительных. Известны стоимость и вес компонентов каждого типа, а также вероятность их безотказной работы (табл. 8.2).

Определить оптимальное число компонентов в каждой ступени из условия максимальной надежности всего устройства, если известно, что стоимость устройства не должна превышать величины C , а вес - не более G (табл. 8.1).

Таблица 8.1

Параметры	Номер варианта			
	29	30	31	32
C	115	140	95	105
G	120	105	135	150

Таблица 8.2

Тип компонента	Цена		Вес		Вероятность безотказной работы	
1	5	9	8	12	0,90	0,95
	6	10	9	13	0,85	0,95
2	4	7	9	13	0,75	0,80
	5	8	10	14	0,70	0,85
3	9	13	6	10	0,65	0,75
	10	14	7	11	0,65	0,80
4	7	8	7	8	0,80	0,85
	8	9	8	9	0,75	0,90
5	7	8	8	9	0,85	0,90
	8	9	9	10	0,80	0,85

Схема расположения чисел по вариантам в табл. 8.2.

29	30
31	32

ТЕМА 9. Исследование задачи оптимизации кооперации разработчиков

Для новой конструкции самолета требуется разработать n приборных систем. Имеется $m > n$ организаций, каждая из которых может выполнить разработку одной (любой) приборной системы. Поскольку затраты на разработку c_i (где i - номер типа системы) при этом неодинаковы, то они задаются табл. 9.1.

Таблица 9.1

Затраты на разработку, дес.тыс.руб.

Номер организации	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6
1	9 4	3 1	2 3	7 1	9 2	4 7
	5 9	6 5	3 4	5 6	4 9	4 3
2	4 7	2 6	4 3	2 9	5 2	2 8
	3 2	1 4	7 6	5 9	1 6	6 2
3	1 5	4 9	1 7	7 9	1 2	1 9
	7 3	2 3	7 2	8 6	4 3	2 9
4	5 4	3 5	2 9	3 1	1 5	9 6
	8 9	9 1	2 9	2 9	3 7	9 8
5	6 6	2 1	2 6	2 8	6 4	3 2
	6 6	5 8	7 7	1 6	7 9	7 7
6	5 8	8 5	7 7	6 1	9 7	7 7
	8 5	1 2	6 2	8 2	4 6	2 3
7	6 7	1 4	5 6	7 8	3 7	6 5
	6 3	7 5	4 3	5 9	10 7	7 8
8	8 6	7 8	3 4	5 6	3 7	6 6
	4 5	5 4	7 8	9 3	4 5	7 8
9	9 8	7 4	3 7	5 5	6 6	6 6
	3 4	7 9	9 1	3 2	7 8	6 9
10	2 2	4 9	3 4	7 1	9 2	3 4
	3 7	6 6	7 6	3 4	5 5	4 3
11	3 2	2 4	3 2	4 4	5 3	4 3
	7 7	8 7	7 6	6 3	4 5	6 7

Схема расположения чисел по вариантам в табл. 9.I

33	34
35	36

Требуется так распределить заказы, чтобы общие затраты на разработку всех приборных систем были минимальными.

Варианты 37,38,39,40,41,42,43,44

ТЕМА 10. Исследование задачи оптимального размещения блоков аппаратуры системы сбора данных в замкнутой области

Имеется система сбора данных, включающая N датчиков и один коммутатор. Координаты расположения датчиков $x_i^{(j)}$ заданы табл. 10.3 ($i = 1, 2, 3$; $j = 1, \dots, N$). Коммутатор может быть размещен в любой точке заданной области с учетом дополнительных ограничений (запрещенные области). Стоимость единицы длины линии связи C_i для i -го датчика известна.

Требуется найти координаты размещения коммутатора, доставляющие минимум общей стоимости линий связи с датчиками и изобразить полученное решение графически в трех проекциях.

Таблица 10.1

Условия размещения по вариантам

№ варианта	Область размещения	Условия трассировки
37,41	$a_1 \leq x_1 \leq b_1$ $a_2 \leq x_2 \leq b_2$ $a_3 \leq x_3 \leq b_3$	$L = x_1^d - x_1^{d+1} +$ $+ x_2^d - x_2^{d+1} + x_3^d - x_3^{d+1} $
38,42	$x_1^2 + x_2^2 \leq C^2$ $a_3 \leq x_3 \leq b_3$	

№ вар.	Область размещения	Условия трассировки
39,43	$a_1 \leq x_1 \leq b_1$ $a_2 \leq x_2 \leq b_2$ $a_3 \leq x_3 \leq b_3$	$L = \sqrt{(x_1^j - x_1^{j+1})^2 + (x_2^j - x_2^{j+1})^2} + (x_3^j - x_3^{j+1})^2$
40,44	$x_1^2 + x_2^2 \leq C^2$ $a_3 \leq x_3 \leq b_3$	То же

Дополнительные ограничения, определяющие запрещенные области :

$$a_1' \geq x_1 \geq b_1'; \quad a_2' \geq x_2 \geq b_2'; \quad a_3' \geq x_3 \geq b_3'$$

Таблица 10.2

Дополнительные ограничения

Пара мет-ры	Варианты		Пара мет-ры	Варианты		Пара мет-ры	Варианты		Пара мет-ры	Варианты	
	37+40	41+44		37+40	41+44		37+40	41+44		37+40	41+44
a_1	I	0,9	b_1	40	37	a_1'	10	9	b_1'	I5	I5
a_2	0,8	0,7	b_2	38	30	a_2'	8	7	b_2'	II	I0
a_3	I,5	I,2	b_3	23	2I	a_3'	2	2	b_3'	8	5
C	40	35									

Таблица 10.3

Координаты расположения датчиков и стоимость единицы линии связи

j	x_1^j	x_2^j	x_3^j	C_j
I	2	4,0	9	2
2	4	7	20	2
3	6	2	I,8	3
4	8	I3	I,6	4
5	9	36	15	4
6	I6	24	2I	3
7	I8	I2	22	2
8	2I	15	10	4
9	25	3	I4	3
IO	29	2	I,9	2
II	3I	35	IO,5	4

ТЕМА II. Исследование задачи оптимизации
комплекта боеприпасов на борту
самолета

Для выполнения боевой операции можно использовать два типа бомбардировщиков B_1 и B_2 . Для них необходимо сформировать бомбовый комплект. Известно, что B_1 имеет жесткое ограничение грузоподъемности G , а B_2 - по объему бомбохранилищ

V . Каждый из n типов бомб имеет различный вес g_j , занимаемый объем u_j и вероятность поражения цели p_j .

Определить, какой тип самолетов необходимо послать на задание, если эффективность операции прямо пропорциональна количеству бомб, поразивших цель. Найти оптимальный комплект бомб. Исходные данные приведены в табл. II.1

Таблица II.1

Значения параметров для задачи оптимизации комплекта боеприпасов

Номер варианта	G	V	Вес б/о/м/о по типам						Объемы по типам б/о/м/о					
			g ₁	g ₂	g ₃	g ₄	g ₅	g ₆	v ₁	v ₂	v ₃	v ₄	v ₅	v ₆
45	25,3	7,73	0,5	0,9	1,2	3,0	2,1	1,0	0,11	0,07	0,3	0,40	0,35	0,20
46	41,6	8,19	0,9	1,0	1,5	2,0	2,7	3,0	0,20	0,25	0,3	0,25	0,20	0,30
47	32,8	6,51	1,5	1,6	1,7	1,8	2,5	2,0	0,20	0,25	0,3	0,30	0,30	0,25
48	23,1	8,47	1,7	0,5	0,4	0,8	1,0	2,1	0,20	0,11	0,05	0,11	0,11	0,30

Таблица II.2

Вероятности порядений P_j по вариантам

Номер варианта	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆
45	0,3	0,4	0,45	0,7	0,6	0,5
46	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,55
47	0,5	0,53	0,55	0,6	0,7	0,63
48	0,6	0,35	0,3	0,4	0,5	0,8

ТЕМА 12. Исследование задачи размещения
программных модулей в памяти ЭВМ

Имеется постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) ограниченного объема памяти B (кбайт), которое можно использовать для размещения программных модулей. Всего имеется n модулей m типов. Каждый тип модуля отличается частотой использования при решении задачи определенного класса. Программный модуль занимает объем памяти $B_i, (i = 1, \dots, m)$. Частота использования каждого типа модуля известна и определяется соответствующими вероятностями $P_i, i = 1, \dots, m$. Значения величин для соответствующих вариантов приведены в табл. 12.1 - 12.4.

Требуется составить комплект модулей, размещенных в ПЗУ так, чтобы среднее число используемых модулей было максимально.

Таблица 12.1

Объем ПЗУ по вариантам

Номер варианта	(кбайт)
49	37
50	41
51	38,5
52	43

Таблица I2.2

Эксплуатационные характеристики модулей по вариантам

Номер варианта	Объем памяти, занимаемой отдельными модулем ζ -го типа B_{ζ} , кбайт											
	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7	B_8	B_9	B_{10}	B_{11}	B_{12}
49	1,0	1,5	0,5	2,0	1,3	0,7	0,8	1,3	4,5	6,0	3,8	9,0
50	0,8	0,7	0,5	1,5	0,7	1,3	4,5	3,0	3,6	4,1	0,9	1,7
51	0,9	1,5	2,0	3,1	4,0	8,1	7,0	5,0	2,0	1,5	2,1	2,7
52	0,9	2,0	3,1	4,0	7,0	6,0	5,0	4,0	3,0	1,7	3,5	4,0

Таблица I2.3

Количество программных модулей по вариантам

Номер варианта	Количество модулей ζ -го типа											
	π_1	π_2	π_3	π_4	π_5	π_6	π_7	π_8	π_9	π_{10}	π_{11}	π_{12}
49	1	2	4	6	1	2	5	3	3	5	1	6
50	2	4	3	1	6	5	2	4	3	1	5	6
51	1	2	3	4	5	6	1	3	4	4	4	4
52	1	6	6	5	4	3	3	2	2	1	1	4

Таблица 12.4

Эксплуатационные характеристики программных модулей

Номер варианта	Вероятность использования отдельных модулей P_i														
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	P_{10}	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}	
49	0,10	0,05	0,15	0,02	0,10	0,05	0,23	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,13	0,05	0,02
50	0,05	0,15	0,05	0,10	0,12	0,13	0,15	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,03	0,02
51	0,10	0,05	0,05	0,1	0,03	0,02	0,10	0,05	0,05	0,15	0,05	0,05	0,05	0,15	0,15
52	0,10	0,07	0,1	0,03	0,1	0,05	0,05	0,15	0,1	0,1	0,07	0,03	0,03	0,15	0,15

Варианты 53, 54, 55, 56

ТЕМА 13. Исследование задачи размещения станочного парка

Ограниченная площадь цеха B заполняется n типами различных станков. Каждый из n типов станков характеризуется площадью b_i цеха (m^2), занимаемой станком, его производительностью a_i (условных единиц) и стоимостью c (тыс.руб.).

Числовые данные для соответствующих вариантов представлены в табл. 13.1 - 13.3.

Таблица 13.1

Характеристики размещения станков

№ варианта	Площадь, занимаемая станком, b_i, m^2							Площадь цеха, m^2
	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	
53	12,0	14,5	13,5	14,0	13,0	15,0	14,5	267
54	13,5	13,0	14,0	12,5	15,0	14,5	12,0	301
55	12,0	14,5	14,0	13,0	15,0	13,5	14,5	193
56	14,5	13,5	14,0	15,0	12,0	12,5	13,0	167

Таблица 13.2

Производительность станков a_i усл.ед.

№ варианта	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
53	50	120	100	105	80	140	130
54	90	80	100	85	120	110	50
55	40	85	80	70	100	75	85
56	105	85	90	130	50	65	75

Таблица 13.3

Стоимость станков C_i , тыс.руб.

№ варианта	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
53	8,1	7,0	6,8	12,5	4,8	2,8	6,9
54	12,7	10,3	5,2	3,7	12,1	5,3	8,1
55	4,7	5,6	11,2	3,3	14,3	13,1	15,6
56	17,1	5,7	8,7	4,3	9,8	15,7	11,2

При размещении станков желательно максимизировать суммарную производительность цеха и минимизировать суммарную стоимость оборудования, а также следует исследовать множество допустимых решений и построить множество безусловно предпочтительных вариантов решения (множество Парето).

Применяя метод линейной свертки критериев производительности и стоимости с весами $\alpha_1 = 50$ (руб/усл.ед.) и $\alpha_2 = 1$ соответственно, найти оптимальное решение задачи.

ТЕМА I4. Исследование задачи распределения ресурса времени на испытания двигателей

Производятся испытания авиационного двигателя на l_0 режимах работы. Задан общий ресурс времени, отводимого на испытания T . При испытании i -го режима работы двигателей мы отлаживаем i -й агрегат двигателя, тем самым уменьшаем вероятность его отказа в реальной работе. Зависимость надежности q_i : i -го агрегата от времени его испытания t_i имеет вид:

$$q_i = 1 - a_i e^{-\lambda_i t_i}$$

Выход одного агрегата из строя выводит из строя весь двигатель. Известно, что при плане ресурса времени на испытание в i -ом режиме t_i , в среднем фактически тратится $b_i t_i$.

Распределить общий ресурс времени на испытание двигателя так, чтобы надежность испытанного двигателя была максимальной.

Числовые данные для соответствующего варианта даны в табл.

I4.1 - I4.3.

Таблица I4.1
 Значения коэффициентов траты ресурсов b_i по режимам испытаний

Номер варианта	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8	b_9	b_{10}
57	0,90	0,80	0,85	0,85	0,70	0,65	0,60	0,65	0,75	0,85
58	0,85	0,85	0,80	0,75	0,80	0,70	0,70	0,70	0,75	0,95
59	0,85	0,75	0,65	0,60	0,60	0,85	0,95	0,90	0,85	0,70
60	0,70	0,70	0,80	0,80	0,80	0,65	0,60	0,65	0,70	0,80

Таблица I4.2
 Значения коэффициентов a_i по агрегатам двигателя

Номер варианта	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}
57	0,20	0,20	0,30	0,50	0,10	0,10	0,40	0,10	0,20	0,30
58	0,30	0,20	0,30	0,20	0,40	0,40	0,40	0,40	0,30	0,20
59	0,40	0,40	0,50	0,20	0,20	0,20	0,40	0,35	0,30	0,40
60	0,50	0,30	0,20	0,20	0,10	0,10	0,20	0,40	0,30	0,30

Таблица 14.3

Интенсивность отказов агрегатов λ_i , 1/час

Номер варианта	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	λ_6	λ_7	λ_8	λ_9	Остаточный ресурс T , час
57	0,10	0,20	0,10	0,05	0,10	0,20	0,30	0,10	0,01	100
58	0,01	0,20	0,01	0,05	0,10	0,20	0,10	0,10	0,10	150
59	0,20	0,10	0,05	0,05	0,10	0,01	0,01	0,05	0,10	85
60	0,10	0,10	0,10	0,01	0,05	0,05	0,10	0,20	0,10	200

ТЕМА 15. Исследование задачи распределения ресурса машинного времени между пользователями ЭВМ

Требуется распределить ресурс машинного времени ЭВМ в количестве R часов между m пользователями ($m = 10$). Считается, что эффект от решения задачи на ЭВМ различными пользователями различен. Он зависит от специфики решаемой задачи и срочности получения результата решения.

Анализ процесса расчетов задач одного конкретного класса на ЭВМ показывает, что эффективность решения задачи f_i может быть выражена следующим образом:

$$f_i(t_i) = \begin{cases} a_i R^2 - a_i (t_i - R)^2, & 0 \leq t_i \leq \tau_i; \\ a_i R^2 - a_i (t_i - R)^2 - b_i (t_i - \tau_i)^2, & \tau_i \leq t_i \leq \kappa_i; \\ a_i R^2 - a_i (t_i - R)^2 - b_i (t_i - \tau_i)^2 - c_i (t_i - \kappa_i)^2, & t_i > \kappa_i, \end{cases}$$

- где R - общий ресурс машинного времени;
 i - номер пользователя;
 t_i - количество машинного времени (в часах), отведенное i -му пользователю;
 a_i - коэффициент, учитывающий полезность работы;
 b_i - коэффициент, учитывающий "холостую" работу ЭВМ;
 τ_i - время, необходимое (по мнению пользователя) для решения i -ой задачи;
 κ_i - момент времени, начиная с которого оказывает сильное влияние срочность вычисления на ЭВМ.

Интервал дискретности времени принять равным 1 часу.

Исходные данные для расчетов приведены в табл. 15.1-15.2.

Таблица 15.1

Параметры эффективности решения задач пользователей

Номер варианта	b	Коэффициенты эффективности										Требуемое время решения, час.									
		a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	a ₆	a ₇	a ₈	a ₉	a ₁₀	c ₁	c ₂	c ₃	c ₄	c ₅	c ₆	c ₇	c ₈	c ₉	c ₁₀
61	100	8	7	6	5	4	3	2	1	3	2	2	2	0,5	3	2,5	2	2	0,5	1	
62	105	8	10	7	6	5	3	3	4	7	4	2	3	0,5	2,5	2	3,5	2	1	1,5	
63	110	10	9	8	7	9	8	7	6	5	9	3	2	0,5	1,5	2	2	1,5	3	2,5	
64	95	8	8	9	9	7	6,5	5,5	6	4	3	2	2	3	2,5	2,5	3	3	2	1,5	

Таблица 15.2

Параметры, влияющие на эффективность решения задач

Номер варианта	Коэффициенты холостой работы										Критический моменты, час										
	c ₁	c ₂	c ₃	c ₄	c ₅	c ₆	c ₇	c ₈	c ₉	c ₁₀	k ₁	k ₂	k ₃	k ₄	k ₅	k ₆	k ₇	k ₈	k ₉	k ₁₀	Р час
61	20	20	14	15	12	20	10	10	16	12	3,0	3,5	3,0	2,0	4,0	3,0	3,0	4,0	1,0	1,0	20
62	15	20	14	16	18	15	10	10	15	13	2,0	4,0	1,0	3,0	4,0	3,5	2,5	2,0	2,5	2,5	18
63	20	18	17	16	12	13	15	14	13	16	4,0	3,0	3,0	1,5	3,0	3,0	2,0	4,0	3,0	3,5	17
64	18	13	17	14	16	15	15	12	13	19	3,0	3,0	4,0	3,0	3,0	4,0	4,0	2,0	2,0	2,0	23

СОДЕРЖАНИЕ

Основные требования к курсовой работе.....	3
Содержание пояснительной записки к курсовой работе	4
Порядок выполнения и защиты курсовой работы.....	5
Темы и варианты курсовых работ по исследованию операций.....	5

Есипов Борис Алексеевич,
Дерябкин Валентин Павлович

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ

Методические указания

Редактор О.Б.Хнырева
Техн.редактор Н.М.Каленюк

Подписано в печать 28.07.77 г. Формат издания 60x84 I/16.
Объем 2,5 п.л. Усл.п.л. 2,3. Уч.-изд.л. 2,2. Тираж 500 экз.
Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева,
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Ротапринтный цех областной типографии им. В.П.Мяги,
г. Куйбышев, ул. Венцека, 60. Заказ № 4113