

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»

ТЕОРИЯ СИСТЕМ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ

Рабочая тетрадь

Витебск
ВГУ имени П.М. Машерова
2021

УДК 003:001.8(076.5)

ББК 13я73

Т33

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 7 от 29.06.2021.

Составители: заведующий кафедрой геометрии и математического анализа ВГУ имени П.М. Машерова, кандидат физико-математических наук, доцент **М.Н. Подоксёнов**; преподаватель кафедры геометрии и математического анализа ВГУ имени П.М. Машерова **М.М. Чернявский**; доцент кафедры кибернетики Омского государственного университета им. Ф.М. Достоевского, кандидат физико-математических наук, доцент **И.П. Бесценный**

Р е ц е н з е н т :

старший преподаватель кафедры высшей математики
и информационных технологий УО «ВГТУ»

А.В. Коваленко

Теория систем и системный анализ : рабочая тетрадь / сост.:
Т33 М.Н. Подоксёнов, М.М. Чернявский, И.П. Бесценный. – Витебск :
ВГУ имени П.М. Машерова, 2021. – 12 с.

Данное учебное издание подготовлено в соответствии с типовой учебной программой по курсу «Теория систем и системный анализ» для студентов факультета математики и информационных технологий, обучающихся по специальности «Управление информационными ресурсами». Приводятся задания для лабораторных работ.

УДК 003:001.8(076.5)

ББК 13я73

© ВГУ имени П.М. Машерова, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Лабораторная работа № 1	5
Лабораторная работа № 2	5
Лабораторная работа № 3	6
Лабораторная работа № 4	6
Лабораторная работа № 5	7
Лабораторные работы № 6, 7	8
Лабораторная работа № 8	9
Лабораторная работа № 9	10
Лабораторная работа № 10	11
Лабораторная работа № 11	12
Лабораторная работа № 12	12
ЛИТЕРАТУРА	14

ВВЕДЕНИЕ

Данное учебное издание предназначено для студентов дневного отделения факультета математики и информационных технологий ВГУ имени П.М. Машерова, обучающихся по специальности «Управление информационными ресурсами». Цель: обеспечить лабораторные занятия по предмету «Теория систем и системный анализ».

Рукопись содержит задания на 12 лабораторных работ. Студенты должны самостоятельно изучить метод вычисления некоторых величин, характеризующих систему, по рекомендуемым пособиям и выполнить расчётное задание с помощью программы Excel. Варианты заданий выбираются согласно порядковому номеру студента в списке учебной подгруппы: номер варианта = остаток от деления номера на 4 (кроме работы № 1).

Студенты должны самостоятельно изучить метод вычисления некоторых величин, характеризующих систему, по рекомендуемым пособиям и выполнить расчётное задание с помощью программы Excel.

Для получения минимальной удовлетворительной оценки за работы, содержащие два задания, достаточно выполнить только первое из заданий. Средняя оценка за лабораторные занятия, с учётом посещаемости всех занятий (в т.ч. и лекционных), определяет СРД (средний рейтинг по дисциплине), который, в свою очередь, влияет на экзаменационную оценку.

Лабораторная работа № 1

Задание. Ознакомиться с различными классификациями систем путём самостоятельного изучения материала, изложенного в разделе 1.6 книги [1].

В качестве отчета представить конспект.

Лабораторная работа № 2

Любые совпадения с реальными системами в этом разделе являются случайными. Ряд подразделений и связей в описании системы опущены для упрощения схемы.

Задание. Построить графическую схему системы управления «университет», используя графические возможности текстового редактора «Word». Дать все возможные характеристики этой системе, согласно изученным классификациям. Построить матричную модель данной системы управления, присвоив всем элементам системы нумерацию до 4-х уровней. А именно: второй уровень – 1, 2, 3, 4, 5; третий уровень – 1.1, 1.2 и т.д. При этом не учитывайте связи «через уровень» (каждый уровень подчиняется только предыдущему уровню).

Описание системы управления.

1 уровень – ректор.

2 уровень – первый проректор, проректор по научной работе, проректор по учебной работе, проректор по воспитательной работе, проректор по АХЧ. В то время, когда первый проректор не замещает ректора – он выполняет ряд своих функций, наравне с другими проректорами. Все они подчиняются ректору, и имеет место обратная информационная связь.

3 уровень – деканы факультетов и начальники отделов. Факультеты: Математики и компьютерных наук, Естественных наук, Филологический. Все деканы факультетов подчиняются всем проректорам, и имеет место обратная информационная связь. Отделы: учебно-методический (подчиняется проректору по УР), научная часть (подчиняется проректору по НР), воспитательный (подчиняется проректору по воспитательной работе), закуп, охраны труда, АХЧ (все подчиняются проректору по АХЧ).

4 уровень – заместители деканов по учебной работе и по воспитательной работе. Все подчиняются деканам соответствующих факультетов и начальникам соответствующих отделов, и имеет место обратная информационная связь.

5 уровень – кафедры: математики, программирования и компьютерной безопасности, Информатики, Химии, Биологии и зоологии, Географии и экологии, Иностранных языков, Славянской филологии. Все заведующие кафедрами подчиняются деканам и заместителям деканов, а также непосредственно начальникам учебного отдела и научной части (подчинение начальнику воспитательного отдела происходит опосредованно через зам. декана во ВР).

Лабораторная работа № 3

Ознакомиться с понятием энтропии системы и энтропии сложной системы (для случая независимых систем) с. 148–151 из книги [2].

Задание. Даны таблицы вероятностей пребывания двух систем X и Y в определенных состояниях x_1, x_2, x_3 и y_1, y_2, y_3, y_4 . Создайте таблицу Excel для вычисления энтропии каждой из систем. Найдите энтропию объединённой системы (X,Y) , при условии, что данные системы независимы. Каждая из строк таблицы соответствует одному из вариантов.

Вар.	x_i	x_1	x_2	x_3
1	p_i	1/2	1/4	1/4
2	p_i	1/8	3/8	1/2
3	p_i	1/4	1/8	5/8
4	p_i	1/4	1/2	1/4

y_j	y_1	y_2	y_3	y_4
r_i	0,64	0,16	0,12	0,08
r_i	0,50	0,28	0,12	0,10
r_i	0,22	0,18	0,50	0,10
r_i	0,08	0,16	0,64	0,12

Лабораторная работа № 4

Ознакомиться с понятием энтропии сложной системы, для случая зависимых систем с. 148–151 из книги [2].

Задание. Даны таблицы вероятностей пребывания двух систем X и Y в определённых состояниях x_1, x_2, x_3 и y_1, y_2, y_3, y_4 . Создайте таблицы Excel для вычисления полных условных энтропий $H(X|Y)$ и $H(Y|X)$.

Рекомендуется сначала добавить к данной таблице дополнительные строку и столбец, в которых вычислить p_i и r_j . Затем составляем две отдельные таблицы, в которых делим элементы исходной таблицы на соответствующие числа из дополнительной строки или столбца. В четвёртой и пятой таблицах мы вычисляем логарифмы чисел из второй и третьей таблицы, умноженные на сами числа со знаком «минус». Для того чтобы обойти проблему вычисления $\log_2 0$, используем логическую функцию
`=ЕСЛИ (A7=0;0;A7*LOG(A7;2))`

Вариант 1			
	x_1	x_2	x_3
y_1	0,1	0,1	0,05
y_2	0	0,2	0,05
y_3	0	0,2	0,05
y_4	0,1	0,1	0,05
Вариант 3			
	x_1	x_2	x_3
y_1	0,05	0,1	0,05
y_2	0	0,25	0,05
y_3	0,1	0,15	0
y_4	0,05	0,1	0,1

Вариант 2			
	x_1	x_2	x_3
y_1	0,15	0,1	0
y_2	0,15	0,1	0
y_3	0,15	0,05	0,05
y_4	0,15	0,05	0,05
Вариант 4			
	x_1	x_2	x_3
y_1	0,1	0,05	0,1
y_2	0,05	0,2	0
y_3	0	0,05	0,2
y_4	0,05	0,1	0,1

Здесь вместо А7 будет стоять номер соответствующей ячейки из вашей таблицы. В четвёртой таблице рекомендуется добавить дополнительную строку (а в пятой – столбец), где будут стоять суммы элементов соответствующих столбцов (строк), умноженные на соответствующие p_i (r_j). В завершение, в отдельных клеточках будут получены результаты.

Лабораторная работа № 5

Ознакомиться с методикой вычисления энтропии системы с управлением с. 10–11 из книги [3].

Задание. Пусть $Y=\{y_1, y_2, y_3, y_4\}$ – управляющая система; $X=\{x_1, x_2, x_3, x_4\}$ – управляемая система. Состояние системы I: все управляющие действия возможны. Вероятности выбора управляющего действия $r_i=P(y_i)$ и вероятности состояний управляемой системы $p_i=P(x_i)$ даны в первой таблице.

1. Найти энтропии управляющих действий $HX(Y=y_i)$, $i=1,2,3,4$. Для этого применяют формулу Шеннона для вероятностей, стоящих в i -ой строке.

2. Вычислить энтропию управляющей системы. Для этого используем второй столбец.

3. Для расчета полной энтропии, сначала элементы каждой строки главной матрицы умножают на элемент из второго столбца соответствующей строки. Затем считают энтропию по всей преобразованной матрице (правая часть размера 4 на 4).

4. Найти остаточную энтропию, которая равна разнице между полной энтропией и энтропией управления.

Вариант 1

Y	$r_i=P(y_i)$	p_1	p_2	p_3	p_4
y_1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
y_2	0,25				1
y_3	0,25		0,5		0,5
y_4	0,25	0,25	0,25	0,5	

Вариант 2

Y	$r_i=P(y_i)$	p_1	p_2	p_3	p_4
y_1	0,1	0,25	0,25	0,25	0,25
y_2	0,5	0,25	0,25	0,5	
y_3	0,2	0,5		0,5	
y_4	0,2				1

Вариант 3

Y	$r_i=P(y_i)$	p_1	p_2	p_3	p_4
y_1	0,2	0,25	0,25		0,5
y_2	0,25	1			
y_3	0,3	0,5			0,5
y_4	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

Вариант 4

Y	$r_i=P(y_i)$	p_1	p_2	p_3	p_4
y_1	0,2		0,25	0,5	0,25
y_2	0,2	0,25	0,25	0,25	0,25
y_3	0,5	0,5		0,5	
y_4	0,1		1		

Лабораторные работы № 6, 7

Ознакомиться из раздела «Принципы решений неструктурированных проблем» с подразделами «Методы парных и последовательных сравнений» «Метод взвешивания экспертных оценок», с. 155–163 из книги [2].

Задание 1. Три эксперта $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \mathcal{E}_3$ оценивают шесть целей Z_1, Z_2, \dots, Z_6 по 100-балльной шкале. Предполагаем, что все эксперты одинаково компетентны. Вычислить веса целей

- а) без их корректировки;
- б) проводя их предварительную корректировку от имени каждого эксперта в отдельности (представьте, что вы и есть тот эксперт).

Создайте таблицы Excel, в которых вычисляются веса целей в случаях а) и б).

Задание 2. Три эксперта $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \mathcal{E}_3$ оценивают шесть целей Z_1, Z_2, \dots, Z_6 . Даны характеристики каждого эксперта, которые позволяют определить их абсолютные компетентности.

- а) Создайте таблицу Excel, которая вычисляет относительные компетентности;

- б) не проводя предварительную корректировку целей, вычислите веса целей с помощью таблицы Excel.

Проведите сравнительный анализ результатов, полученных в заданиях 1 и 2.

Варианты

1.

\mathcal{E}_j/Z_i	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6
\mathcal{E}_1	100	80	20	60	40	10
\mathcal{E}_2	90	100	50	40	60	20
\mathcal{E}_3	80	70	55	45	100	15

\mathcal{E}_1 : Старший научный сотрудник, кандидат наук;

\mathcal{E}_2 : заведующий лабораторией, доктор наук;

\mathcal{E}_3 : ведущий научный сотрудник, доктор наук.

2

\mathcal{E}_j/Z_i	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6
\mathcal{E}_1	90	100	50	20	50	20
\mathcal{E}_2	100	80	40	50	60	10
\mathcal{E}_3	85	100	50	55	70	10

3

\mathcal{E}_j/Z_i	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6
\mathcal{E}_1	80	80	45	60	40	25
\mathcal{E}_2	90	100	50	40	60	20
\mathcal{E}_3	100	80	35	50	30	10

4

\mathcal{E}_j/Z_i	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6
\mathcal{E}_1	50	80	40	100	15	60
\mathcal{E}_2	30	90	50	100	20	50
\mathcal{E}_3	55	100	45	90	10	65

Лабораторная работа № 8

Изучить подраздел «Метод полного попарного сопоставления» с. 167–170 из книги [2].

Задание 1. Два эксперта \mathcal{E}_1 и \mathcal{E}_2 проводят оценку пяти целей: Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5 . Вычислите веса целей методом полного попарного сравнения, размер шкалы равен 1. Создайте таблицы Excel, в которых вычисляются веса целей, сначала для каждого эксперта в отдельности (для этого добавьте дополнительную строку к уже имеющейся таблице). Затем вычислите веса целей путем усреднения весов для каждого эксперта (в предположении, что все эксперты одинаково компетентны).

Задание 2. Выполните то же задание, в предположении, что эксперты имеют разную компетентность, которая оценивалась не на основе занимаемой должности, а пропорционально стажу работы (не забудьте, сначала вычислить относительную компетентность).

Варианты

1	\mathcal{E}_1	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
	Z_1		0,9	0,7	1	0,95
	Z_2	0,1		0,5	1	1
	Z_3	0,3	0,5		0,8	0,9
	Z_4	0	0	0,2		0,55
	Z_5	0,05	0	0,1	0,45	
	\mathcal{E}_2	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
	Z_1		0,95	0,8	0,9	1
	Z_2	0,05		0,6	1	0,9
	Z_3	0,2	0,4		0,8	0,9
	Z_4	0,1	0	0,2		0,25
	Z_5	0	0,1	0,1	0,75	

Стаж работы: \mathcal{E}_1 – 15 лет; \mathcal{E}_2 – 25 лет.

2	\mathcal{E}_1	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
	Z_1		0,8	0,8	0,95	1
	Z_2	0,2		0,4	1	1
	Z_3	0,8	0,6		0,85	0,9
	Z_4	0,05	0	0,15		0,45
	Z_5	0	0	0,1	0,55	
	\mathcal{E}_2	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
	Z_1		0,9	0,7	0,9	1
	Z_2	0,1		0,5	0,9	0,9
	Z_3	0,3	0,5		0,8	0,9
	Z_4	0,1	0,1	0,2		0,35
	Z_5	0	0,1	0,1	0,65	

Стаж работы: \mathcal{E}_1 – 10 лет; \mathcal{E}_2 – 20 лет.

3	\mathcal{E}_1	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
	Z_1		0,6	1	0,9	1
	Z_2	0,4		0,6	0,8	0,9
	Z_3	0	0,4		0,85	0,9
	Z_4	0,1	0,2	0,15		0,45
	Z_5	0	0,1	0,1	0,55	
	\mathcal{E}_2	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
	Z_1		0,7	0,85	1	1
	Z_2	0,3		0,55	0,95	1
	Z_3	0,15	0,45		0,8	0,9
	Z_4	0	0,05	0,2		0,35
	Z_5	0	0	0,1	0,65	

Стаж работы: \mathcal{E}_1 – 8 лет; \mathcal{E}_2 – 18 лет.

4

\mathcal{Z}_1	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
Z_1		1	0,7	0,85	0,5
Z_2	0		0,4	0,85	1
Z_3	0,3	0,6		0,7	0,9
Z_4	0,15	0,15	0,3		0,55
Z_5	0,5	0	0,1	0,45	

\mathcal{Z}_2	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
Z_1		0,8	0,85	1	0,6
Z_2	0,2		0,5	0,75	0,9
Z_3	0,15	0,5		0,6	0,95
Z_4	0	0,25	0,4		0,5
Z_5	0,4	0,1	0,05	0,5	

Стаж работы: \mathcal{Z}_1 – 12 лет; \mathcal{Z}_2 – 20 лет.

Лабораторная работа № 9

Изучить подраздел «Ранжирование проектов методом парных сравнений» с. 170–171 из книги [2].

Вариант 1

\mathcal{Z}_j	$\pi_1 \leftrightarrow \pi_2$		$\pi_1 \leftrightarrow \pi_3$		$\pi_1 \leftrightarrow \pi_4$		$\pi_2 \leftrightarrow \pi_3$		$\pi_2 \leftrightarrow \pi_4$		$\pi_3 \leftrightarrow \pi_4$	
\mathcal{Z}_1	40	60	65	35	50	50	60	40	70	30	50	50
\mathcal{Z}_2	30	70	55	45	40	60	70	30	60	40	35	65
\mathcal{Z}_3	40	60	50	50	75	25	60	40	65	35	45	55
\mathcal{Z}_4	50	50	50	50	55	45	65	35	70	30	30	70

Вариант 2

\mathcal{Z}_j	$\pi_1 \leftrightarrow \pi_2$		$\pi_1 \leftrightarrow \pi_3$		$\pi_1 \leftrightarrow \pi_4$		$\pi_2 \leftrightarrow \pi_3$		$\pi_2 \leftrightarrow \pi_4$		$\pi_3 \leftrightarrow \pi_4$	
\mathcal{Z}_1	50	50	60	40	50	50	65	35	70	30	40	60
\mathcal{Z}_2	35	65	70	30	40	60	55	45	60	40	30	70
\mathcal{Z}_3	45	55	60	40	75	25	50	50	65	35	40	60
\mathcal{Z}_4	30	70	65	35	55	45	50	50	70	30	50	50

Вариант 3

\mathcal{Z}_j	$\pi_1 \leftrightarrow \pi_2$		$\pi_1 \leftrightarrow \pi_3$		$\pi_1 \leftrightarrow \pi_4$		$\pi_2 \leftrightarrow \pi_3$		$\pi_2 \leftrightarrow \pi_4$		$\pi_3 \leftrightarrow \pi_4$	
\mathcal{Z}_1	70	30	50	50	60	40	40	60	50	50	65	35
\mathcal{Z}_2	60	40	40	60	70	30	30	70	35	65	55	45
\mathcal{Z}_3	65	35	75	25	60	40	40	60	45	55	50	50
\mathcal{Z}_4	70	30	55	45	65	35	50	50	30	70	50	50

Вариант 4

\mathcal{Z}_j	$\pi_1 \leftrightarrow \pi_2$		$\pi_1 \leftrightarrow \pi_3$		$\pi_1 \leftrightarrow \pi_4$		$\pi_2 \leftrightarrow \pi_3$		$\pi_2 \leftrightarrow \pi_4$		$\pi_3 \leftrightarrow \pi_4$	
\mathcal{Z}_1	65	35	55	45	65	35	35	65	45	55	60	40
\mathcal{Z}_2	50	50	45	55	70	30	35	65	35	65	60	40
\mathcal{Z}_3	70	30	75	25	65	35	40	60	40	60	50	50
\mathcal{Z}_4	60	40	50	40	70	30	45	55	35	65	55	45

Задание 1. Эксперты осуществляют попарное сравнение четырех проектов, оценивая их важность по 100-балльной шкале (т.е. в процентах). Перевести оценки в шкалу «в долях единицы». В таблице Excel, отражающей эти оценки добавьте сразу дополнительную строку для суммирования элементов по столбцам (в предположении, что все эксперты одинаково компетентны).

Задание 2. Выполните то же задание, в предположении, что эксперты имеют разную относительную компетентность, которую вы нашли в лабораторной работе № 6.

Лабораторная работа № 10

Изучить подраздел «Метод усреднения индивидуальных оценок» с. 174–176 из книги [2].

Задание 1. Два эксперта по заданию муниципальных властей осуществляют попарное сравнение двух проектов по пяти критериям, оценивая их по 10-балльной шкале, либо дают им вербальные оценки.

K_1 – величина ожидаемой прибыли;

K_2 – стоимость строительства предприятия;

K_3 – количество дополнительных рабочих мест;

K_4 – обеспеченность предприятия сырьем местных источников;

K_5 – риск экологического ущерба от строительства.

Перевести вербальные оценки в числовые, с помощью таблицы Excel. Каждому проекту сопоставьте вектор агрегированных оценок, путем усреднения по столбцам (в предположении, что все эксперты одинаково компетентны). В таблице Excel для отражения этих векторов оценок добавьте две дополнительные строки. Затем добавьте дополнительный столбец, где вычислите агрегированную оценку каждого проекта, в предположении, что все критерии имеют одинаковую важность.

Задание 2. Выполните то же задание, в предположении, что эксперты имеют разную относительную компетентность, которую вы нашли в лабораторной работе № 6, а важность критериев задана по 10-балльной шкале (для этого надо найти сначала вес критериев, т.е. сумма весов должна быть равна 1).

Варианты

1

Проект	Эксперт	Критерии				
		K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
A_1	\mathcal{E}_1	2	6	4	8	с
	\mathcal{E}_2	6	2	4	7	в
A_2	\mathcal{E}_1	2	3	2	4	он
	\mathcal{E}_2	4	5	3	5	н

2

Проект	Эксперт	Критерии				
		K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
A_1	\mathcal{E}_1	4	7	5	7	в
	\mathcal{E}_2	5	4	5	8	ов
A_2	\mathcal{E}_1	3	4	4	7	н
	\mathcal{E}_2	5	6	2	5	он

3

Проект	Эксперт	Критерии				
		K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
A_1	\mathcal{E}_1	6	4	2	6	н
	\mathcal{E}_2	3	5	3	7	н
A_2	\mathcal{E}_1	5	3	4	5	в
	\mathcal{E}_2	7	4	5	6	с

4

Проект	Эксперт	Критерии				
		K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
A_1	\mathcal{E}_1	7	8	4	2	с
	\mathcal{E}_2	5	7	5	4	н
A_2	\mathcal{E}_1	8	6	5	4	в
	\mathcal{E}_2	6	6	4	3	ов

Лабораторная работа № 11

Изучить подраздел «Метод аддитивной свертки индивидуальных ценностей» с. 176–177 из книги [2].

Задание. Выполните задание из лабораторной работы № 10, используя изученный метод. Варианты заданий те же.

Лабораторная работа № 12

Изучить подраздел «Методы расчета ранговой корреляции» с. 14–16 из книги [3].

Задание. Два эксперта определили порядок 12 целей. В таблице определены порядки целей, указанные каждым из экспертов. Построить таблицу Excel, для вычисления ранговой корреляции по формуле Спирмена. Выяснить, верна ли гипотеза H_0 : «Выборки X и Y , отражающие мнения экспертов, не зависимы». Упорядоченную последовательность целей и вычисление рангов целей лучше сделать вручную. Также вручную можно вычислить T_1 , T_2 . В качестве отчета следует представить документ Word, в который вставлена таблица Excel.

Варианты

1

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}
\mathfrak{A}_1	3	1	7	3	5	4	2	10	8	2	6	9
\mathfrak{A}_2	1	4	8	7	5	9	1	10	6	1	11	12

2

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}
\mathfrak{A}_1	10	8	1	5	8	4	10	1	5	2	11	4
\mathfrak{A}_2	9	7	4	4	6	9	12	3	5	1	7	3

3

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}
\mathfrak{A}_1	2	6	1	4	6	8	3	10	12	5	9	7
\mathfrak{A}_2	2	7	1	5	8	7	4	11	9	5	9	6

4

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}
\mathfrak{A}_1	4	8	2	5	7	1	8	1	12	4	7	5
\mathfrak{A}_2	3	7	1	4	7	2	5	3	11	4	11	8

ЛИТЕРАТУРА

1. Чернышов, В.Н. Теория систем и системный анализ: учеб. пособие / В.Н. Чернышов, А.В. Чернышов. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 96 с. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/188/64188/files/chernyshov.pdf>.

2. Болодурина, И.П. Системный анализ: учеб. пособие / И.П. Болодурина, Т.Н. Тарасова, О.С. Арапова; Оренбургс. гос. ун-т. – Оренбург, 2013. – 193 с. – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259157>.

3. Кузнецова, И.А. Теория систем и системный анализ: практикум / И.А. Кузнецова. – Иркутск: Изд-во БГУ, 2017. – 58 с. (Ссылка на режим доступа находится в newsdo.vsu.by)

Учебное издание

ТЕОРИЯ СИСТЕМ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ

Рабочая тетрадь

Составители:

ПОДОКСЁНОВ Михаил Николаевич

ЧЕРНЯВСКИЙ Михаил Михайлович

БЕСЦЕННЫЙ Игорь Павлович

Технический редактор

Г.В. Разбоева

Компьютерный дизайн

Л.И. Ячменёва

Подписано в печать 14.09.2021. Формат 60х84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 0,87. Уч.-изд. л. 0,43. Тираж 20 экз. Заказ в/п.

Издатель и полиграфическое исполнение – учреждение образования
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

Свидетельство о государственной регистрации в качестве издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/255 от 31.03.2014.

Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.