

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Рубцовский институт (филиал) федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Алтайский государственный университет»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО НАПИСАНИЮ  
КУРСОВОГО ПРОЕКТА  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

**Рубцовск  
2019**

Разработчик:

*Жданова Е.А., доцент, канд. техн. наук*



(подпись)

Методические рекомендации составлены на основании учебного плана:

*09.03. 03 Прикладная информатика, профили «Прикладная информатика в экономике», утвержденного учёным советом вуза от 10.09.2019 протокол № 1*

Методические рекомендации одобрены на заседании кафедры

*Математики и прикладной информатики*

Протокол от 10.09.2019 № 1



(подпись)

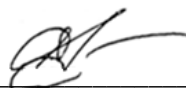
Заведующий кафедрой

*Жданова Е.А., доцент, канд. техн. наук*

Председатель методической комиссии

*Заместитель директора по учебной работе*

*Голева О.Г., доцент, канд. экон. наук*



(подпись)

## **СОДЕРЖАНИЕ**

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА .....	5
ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ .....	5
ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА .....	7
СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА .....	9
ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ КУРСОВОГО ПРОЕКТА .....	12
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	18

## **ВВЕДЕНИЕ**

Курсовой проект – это составная часть учебного процесса, предполагающая самостоятельную работу студента и содержащая элементы научно-исследовательской деятельности.

Курсовой проект является завершающим этапом в освоении дисциплин «Имитационное моделирование экономических процессов», «Имитационное моделирование задач в юриспруденции» у студентов направления подготовки 09.03.03 Прикладная информатика соответствующих профилей Прикладная информатика в юриспруденции и Прикладная информатика в экономике.

Курсовой проект выполняется студентом в течение изучаемого курса под руководством преподавателя кафедры, обеспечивающего данную дисциплину.

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Основные цели курсового проектирования:

- систематизация и закрепления теоретических знаний, полученных в процессе изучения дисциплин «Имитационное моделирование экономических процессов» и «Имитационное моделирование задач в юриспруденции»;
- приобретение практических навыков самостоятельного сбора и обобщения теоретического и практического материала;
- развитие навыков работы с научно-технической литературой, выполнения библиографического поиска и его использования при анализе возможных вариантов решений;
- формирование у студентов направления подготовки Прикладная информатика профессиональных компетенций, знаний, умений и навыков владения математическим аппаратом имитационного моделирования экономических социальных и юридических процессов для решения задач конечной структуры предметной области;
- привитие элементарных практических навыков формулирования прикладных математических моделей научно-исследовательского, производственного и экономического характера, их анализа и использования для принятия управленческих решений с применением современных методов имитационного моделирования экономических, социальных и юридических систем.

### ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Задание на курсовую работу включает три раздела и приложение:

- Теоретический раздел.
- Исследование линейной модели планирования производственной системы.
- Исследование нелинейной модели планирования производственной системы.

Теоретический раздел предполагает углубленное изучение математических методов и моделей по выбранной студентом теме, примерный список которых приведен ниже.

Допускается выбор темы теоретических исследований по инициативе студентов или преподавателя за пределами предложенных, или с иной формулировкой.

Теоретическое исследование имеет своим результатом подготовку реферата по теме, требования к которому являются общими. Текст реферата должен быть написан студентом самостоятельно. Ссылки на литературные источники должны быть адресными, с указанием номера источника из

приведенного в конце курсового проекта списка литературы и номера (номеров) страницы данного источника. Допускается включение в реферат цитат, которые выделяются в тексте, как прямая речь, в кавычках. Реферат готовится с использованием текстового редактора. Оформление курсового проекта по ссылке <https://rb.asu.ru/content/article/10575> на сайте в разделе Образование – кафедра МиПИ.

Особое внимание в курсовом проекте необходимо уделить иллюстрациям, графикам, диаграммам и приложениям к работе. Их количество и качество свидетельствуют, во-первых, о глубине изучения студентом теоретического и практического материала по избранной теме, во-вторых, показывает тщательность подбора материалов, в-третьих, что самое важное, они являются подтверждением обоснованности выводов и предложений.

Объем курсового проекта должен быть в пределах 30-40 страниц печатного текста.

Исследование математических моделей проводится в среде электронных таблиц Excel. Содержательные аспекты моделей и числовые данные для каждого варианта приведены ниже. В курсовом проекте по второму разделу необходимо привести отдельно по линейной и по нелинейной моделям следующее:

- Описание задачи планирования.
- Основные предположения при разработке модели.
- Математическая запись модели.
- Числовые значения параметров модели.
- Описание порядка и результатов поиска оптимального плана.
- Таблица показателей оптимального плана.
- Результаты исследования модели на чувствительность.
- Рекомендации по улучшению плановых показателей на основе данных анализа модели на чувствительность.

## ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

При выполнении курсового проекта студенты должны приобрести практические навыки использования основных методов математического и имитационного моделирования экономических, социальных и юридических процессов; уметь рассчитывать показатели эффективности операций с системами; осуществлять анализ результатов моделирования данных процессов и уметь проводить проверку модели на чувствительность.

### **Примерные темы курсового проекта для профиля «Прикладная информатика в экономике»:**

1. Детерминированные модели принятия решений.
2. Модели обоснования решений в условиях неопределенности.
3. Модели принятия решений в системе двух и более ЛПР (методы теории игр).
4. Оптимизация стимулирования персонала.
5. Математические модели системного анализа.
6. Статистические методы построения моделей процессов (на примере метода наименьших квадратов и регрессионного анализа).
7. Линейное программирование. Теория, основные приложения.
8. Двойственные задачи линейного программирования. Теория, основные приложения. Техника анализа моделей на чувствительность.
9. Нетрадиционная транспортная задача линейного программирования, решаемая через задачи управления запасами.
10. Обобщенная модель линейного программирования (планирования производства) Л.В. Канторовича.
11. Метод динамического программирования. Теория. Основные приложения. Уравнение Беллмана.
12. Задача о назначении. Задача о замене оборудования. Задача о загрузке.
13. Теория игр. Основные понятия. Классификация игр. Приложения к обоснованию решений в экономических системах.
14. Теория и приложения матричных игр.
15. Устойчивость по Нэшу.
16. Примеры нелинейных моделей исследования операций. Модель распределения ресурсов.
17. Моделирование производственных возможностей предприятий. Производственные функции.
18. Нахождение экстремумов функций многих переменных (нелинейное программирование).

19. Корпоративное управление и задача оптимального стимулирования исполнительской дирекции акционерного предприятия.
20. Имитационное моделирование на примере работы отделения банка по обслуживанию физических лиц.
21. Интегрирование методом Монте - Карло.
22. Имитационное моделирование управления портфелем ценных бумаг предприятия.
23. Сравнительный анализ имитационных систем моделирования.
24. Имитационное моделирование портфельных решений.

**Примерные темы курсового проекта для профиля «Прикладная информатика в юриспруденции»:**

1. Детерминированные модели принятия решений.
2. Выработка решений в условиях неопределенности ситуации, вызванной объективными обстоятельствами.
3. Выработка решений в условиях неопределенности ситуации, вызванной сознательными злонамеренными действиями конфликтующей стороны (например, при поиске преступников; при подготовке и рассмотрении дел в суде и др.).
4. Модели принятия решений в системе двух и более ЛПП (методы теории игр).
5. Расчеты показателей и выработка необходимых рекомендаций в массовых повторяющихся случайных процессах (например, организация работы нотариальной конторы, дежурной или спасательной службы, определение сил и средств охраны).
6. Механизмы функционирования организационных систем.
7. Математические модели системного анализа.
8. Статистические методы построения моделей процессов (на примере метода наименьших квадратов и регрессионного анализа).
9. Составление и реализация рациональных планов проведения операций, предусматривающих решение задачи в кратчайший срок и с наилучшими результатами (например, эффективная расстановка персонала по объектам и этапам работы)
10. Техника анализа моделей на чувствительность.
11. Теория игр. Основные понятия. Классификация игр. Приложения к обоснованию решений в экономических системах.
12. Теория и приложения матричных игр.
13. Устойчивость по Нэшу.
14. Примеры нелинейных моделей исследования операций. Модель распределения ресурсов.



15. Моделирование производственных возможностей предприятий. Производственные функции.
16. Нахождение экстремумов функций многих переменных (нелинейное программирование).
17. Имитационное моделирование на примере работы дежурной части полиции.
18. Интегрирование методом Монте - Карло.
19. Сравнительный анализ имитационных систем моделирования.

## СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект имеет следующую структуру:

Титульный лист

Реферат

Содержание

Введение

1. Аналитическая часть

2. Практическая часть

Заключение

Список используемых источников

Приложение

**Реферат** – краткое точное изложение содержания документа, включающее основные фактические сведения и выводы, без дополнительной интерпретации или критических замечаний автора реферата.

Он начинается с заголовка **Реферат** (без точки), напечатанного строчными буквами в середине строки. Ниже следует:

1. Выходные данные – сведения об объеме отчета (количество страниц), количестве иллюстраций, таблиц, приложений и использованных источников.

2. Перечень ключевых слов – должен включать от 5 до 15 слов или словосочетаний, которые в наибольшей мере характеризуют содержание отчета. Ключевые слова приводятся в именительном падеже и печатаются строчными буквами в строку через запятые.

3. Текст реферата (объемом 10–15 строк). Текст реферата должен отражать:

- объект, предмет исследования или разработки;
- цель работы;
- метод или методологию проведения работы;
- результаты работы и их новизну;
- область применения результатов;

- экономическую эффективность или значимость работы;
- дополнительную информацию.

**Содержание** включает введение, наименование всех глав, параграфов, разделов, подразделов, пунктов и подпунктов (если они имеют наименование), заключение, список литературы, приложения с указанием номера страниц, с которых эти элементы начинаются. Оно начинается с заголовка Содержание (без точки), напечатанного строчными буквами в середине строки. Сам перечень располагается далее столбцом: слева элементы отчета, справа – номера страниц. Для удобства пользования содержанием желательно проставлять отточие, соединяющее название части отчета и номер страницы.

**Введение** – вступительная часть курсового проекта, в котором необходимо:

- обосновать актуальность разрабатываемой темы, ее теоретическую и практическую значимость;
- определить границы исследования (объект, предмет исследования);
- назвать основную цель и задачи проекта;
- определить теоретические основы и указать избранный метод (или методы) исследования;
- описать ожидаемые результаты и область применения разработанного программного обеспечения.

Введение должно начинаться с обоснования актуальности выбранной курсового проекта. Освещение актуальности должно быть немногословным.

Обязательным элементом введения является формулировка объекта и предмета исследования. Объект и предмет исследования как категория научного процесса соотносятся между собой как общее и частное.

Объект исследования – это процесс или явление, порождающее проблемную ситуацию и избранное для изучения, носитель рассматриваемой проблемы.

Предмет исследования – это то, что находится в границах выбранного объекта исследования. Это предметная область, включающая в себя те стороны и свойства объекта, которые в наиболее полном виде выражают исследуемую проблему (скрывающиеся в ней противоречия) и подлежат изучению.

Цель – идеальное представление конечного результата, то чего нужно достичь в конечном итоге. Формулировка цели обязательно должна согласовываться с названием работы.

Для достижения поставленной цели следует сформулировать ряд задач (примерно 3-4). Это обычно делается в форме перечисления, используя ряд стандартных начальных слов: изучить..., уточнить..., описать..., рассмотреть..., установить..., выявить., сформулировать., построить., разработать., предложить и т.п.

Обязательным элементом введения курсового проекта является указание на методы исследования, которые служат инструментом в добывании фактического материала, являясь необходимым условием достижения поставленной в проекте цели.

По объему введение должно составлять 1-3 страницы.

Следует помнить, что по содержательности и качеству написания введения можно судить о степени компетентности автора, его знании освещаемой проблемы и во многом можно составить мнение о характере работы в целом.

Основная часть дипломного проекта содержит две главы, представляющих собой аналитическое и теоретическое исследования.

**Аналитическая часть** курсового проекта раскрывает теоретические основы выбранной темы.

Целью аналитической части является рассмотрение и анализ математических моделей выбранных для глубокого исследования студентом.

**Практическая часть** курсового проекта состоит из:

- Описания задач планирования производства.
- Основных предположений при разработке моделей.
- Математическая запись моделей.
- Числовые значения параметров моделей.
- Описание порядка и результатов поиска оптимального плана.
- Таблица показателей оптимального плана.
- Результаты исследования моделей на чувствительность

**Заключение** Заключительная часть курсового проекта содержит окончательные выводы, характеризующие итоги проекта в решении поставленных во введении задач, рассматривается их выполнение и достигнутые при этом результаты.

Заключение должно быть кратким (не более 3 страниц текста).

**Список используемых источников** должен содержать сведения обо всех источниках, на которые имеются ссылки в работе (книги, статьи, стандарты, публикации в Интернете и т.д.). Недопустимо включать в список те работы, которые фактически не были использованы.

**Приложения** содержат вспомогательный материал, не включенный в основную часть работы (таблицы, схемы, графики, рисунки, расчеты, и т.д.), а также результаты проверки моделей второй главы на чувствительность. Страницы приложений не входят в общий объем работы.

## **ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

### **ЛИНЕЙНАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА**

#### **Описание задачи планирования**

Рассмотрим следующую экономическую ситуацию. Предприятие выпускает продукцию  $n$  видов, потребляя ресурсы  $m$  видов. Предполагаются известными: матрица  $A$  норм потребления ресурсов (матрица имеет  $m$  строк и  $n$  столбцов); вектор  $B$  принадлежит  $R^m$  лимитов ресурсов (вектор имеет  $m$  строк); вектор  $P$  коэффициентов дохода от реализации продукции рассматриваемым предприятием (вектор имеет  $n$  столбцов). Требуется найти сбалансированный по ресурсам план выпуска продукции, дающей максимальный доход предприятию.

#### **Основные предположения при разработке модели.**

В данном случае предполагаются выполненными условия "линейной" экономики: затраты ресурсов и прибыль предприятия при выпуске продукции пропорционально возрастают по каждому изделию в отдельности; нормы расходов ресурсов и показатель прибыли по каждому изделию не зависят от масштабов производства в целом.

Кроме того, предполагается, что руководство предприятия при планировании номенклатуры выпускаемых изделий и их объемов руководствуется исключительно интересами получения максимальной прибыли. Считаем, что спрос на изделия неограничен, а "портфель заказов" формируется на основе оптимального плана.

#### **Математическая форма модели**

Перейдем к формированию условий модели планирования. Пусть неотрицательный вектор  $x$  принадлежит  $R^n$  в степени  $n$  - план предприятия, тогда ограничение по ресурсам записывается в виде:

$$A^*x \leq B, \quad (1)$$

Условие неотрицательности компонентов плана имеет вид:

$$x \geq 0, \quad (2)$$

Записываем целевую функцию задачи планирования. Условие максимизации прибыли примет вид:

$$z = P^*x - \rightarrow \max. \quad (3)$$

Задачи с условиями типа (1), (3) называются задачами производственного планирования. В общем случае они записываются с помощью задач выпуклого программирования. В данном случае (1), (3) является задачей линейного программирования.

### Числовые значения параметров модели.

Во всех вариантах задачи планирования выбраны: число  $n$  равное 8 и число  $m$  равное 10. Числовые данные каждого варианта отличаются целевой функцией, матрицей ограничений и значением вектора лимитированных ресурсов. Соответствующие данные приведены в таблицах 1-3

**Таблица 1. Задание вектора коэффициентов целевой функции**

№ варианта	Значения компонентов вектора коэффициентов целевой функции							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	6,16	3,90	2,82	4,54	5,08	4,28	5,27	4,69
2	6,07	5,49	3,79	5,45	6,30	2,37	4,32	2,69
3	3,82	3,66	6,00	4,97	2,94	6,29	3,99	4,73
4	3,41	5,08	4,43	6,31	4,60	4,33	2,81	6,35
5	4,80	4,93	3,79	5,15	3,19	5,33	2,54	5,59

**Таблица 2. Задание матрицы норм потребления ресурсов**

№ варианта	Значения компонентов матрицы норм потребления ресурсов							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0	0,71	0,79	0,53	0,74	0,60	0,52	0,51
	0	0,69	0,62	0,69	0,76	0,62	0,57	0,51
	0	0,58	0,65	0,67	0,54	0,64	0,60	0,57
	0	0,65	0,57	0,78	0,73	0,59	0,54	0,79
	0	0,60	0,68	0,79	0,56	0,76	0,58	0,56
	0	0,76	0,67	0,59	0,79	0,75	0,66	0,70
	0	0,74	0,57	0,52	0,50	0,70	0,68	0,69
	0	0,80	0,74	0,53	0,71	0,58	0,69	0,74
	0	0,66	0,58	0,70	0,54	0,61	0,79	0,68

	0	0,62	0,66	0,77	0,57	0,75	0,51	0,64	
2	0	0,59	0,73	0,67	0,67	0,73	0,58	0,68	
	0	0,58	0,70	0,71	0,57	0,72	0,77	0,59	
	0	0,66	0,61	0,50	0,67	0,78	0,72	0,53	
	0	0,53	0,67	0,75	0,61	0,61	0,52	0,65	
	0	0,57	0,64	0,52	0,70	0,74	0,61	0,74	
	0	0,55	0,77	0,52	0,56	0,73	0,55	0,76	
	0	0,50	0,65	0,75	0,75	0,70	0,73	0,61	
	0	0,58	0,60	0,57	0,60	0,64	0,56	0,75	
	0	0,58	0,51	0,71	0,78	0,6	0,74	0,63	
	0	0,60	0,61	0,65	0,78	0,57	0,66	0,50	
3	0	0,55	0,63	0,76	0,61	0,74	0,67	0,75	
	0	0,66	0,75	0,76	0,58	0,64	0,68	0,65	
	0,77	0,79	0,53	0,54	0,67	0,55	0,74	0,60	
	0,66	0,63	0,57	0,55	0,52	0,55	0,54	0,51	
	0,73	0,74	0,62	0,62	0,69	0,61	0,74	0,63	
	0,64	0,78	0,68	0,70	0,72	0,80	0,58	0,64	
	0,67	0,80	0,61	0,72	0,76	0,58	0,66	0,75	
	0,66	0,77	0,53	0,55	0,59	0,74	0,70	0,62	
	0,57	0,64	0,58	0,76	0,54	0,64	0,53	0,54	
	0,56	0,78	0,50	0,70	0,68	0,76	0,57	0,56	
4	0,63	0,69	0,78	0,55	0,53	0,58	0,67	0,78	
	0,63	0,53	0,69	0,60	0,60	0,59	0,52	0,74	
	0,52	0,68	0,66	0,55	0,67	0,77	0,64	0,59	
	0,72	0,76	0,79	0,57	0,58	0,59	0,52	0,74	
	0,65	0,70	0,50	0,67	0,68	0,72	0,50	0,69	
	0,73	0,52	0,79	0,64	0,74	0,51	0,61	0,75	
	0,63	0,52	0,73	0,56	0,57	0,65	0,59	0,52	
	0,67	0,69	0,75	0,62	0,75	0,60	0,62	0,54	
	0,51	0,74	0,62	0,79	0,57	0,62	0,61	0,70	
	0,78	0,71	0,56	0,56	0,57	0,76	0,78	0,73	
	5	0,52	0,54	0,74	0,64	0,73	0,50	0,78	0,65
		0,63	0,77	0,70	0,78	0,52	0,62	0,57	0,52
		0,59	0,52	0,72	0,51	0,55	0,72	0,67	0,57
0,57		0,74	0,58	0,64	0,67	0,56	0,52	0,69	
0,61		0,72	0,52	0,70	0,62	0,53	0,63	0,60	
0,65		0,55	0,62	0,54	0,61	0,60	0,51	0,79	
0,65		0,58	0,56	0,78	0,58	0,79	0,67	0,78	
0,57		0,60	0,77	0,64	0,75	0,64	0,59	0,67	
0,57		0,58	0,59	0,55	0,57	0,51	0,72	0,64	
0,66		0,54	0,72	0,52	0,80	0,56	0,69	0,72	

Таблица 3. Задание вектора лимита ресурсов

№ варианта	Значение коэффициентов вектора лимита ресурсов									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1		1	1	1	1	1	1	1	1
2	1		1	1	1	1	1	1	1	1
3	1		1	1	1	1	1	1	1	1
4	1		1	1	1	1	1	1	1	1
5	1		1	1	1	1	1	1	1	1

## НЕЛИНЕЙНАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ

### Описание задачи распределения ресурсов

Задача распределения ресурсов рассматривается для  $n$  предприятий. Центр осуществляет управление этими промышленными предприятиями, выпускающими однотипную продукцию. Обозначим через  $P_i$  объем продукции, выпускаемой предприятием  $i$ ,  $i=1, \dots, n$ . Результат функционирования центра определяется результатами функционирования отдельных производителей, т.к. центр сам не производит продукции.

Считаем, что величина продукции, произведенной  $i$ -ым предприятием, определяется объемом фондов  $F_i$  и количеством рабочей силы  $L_i$ , согласно производственной функции Кобба - Дугласа:

$$P_i = d_i * (F_i)^{k_i} * (L_i)^{1-k_i}, \quad \text{где } i=1, \dots, n \quad (4)$$

В выражении (4) ( $d_i$  и  $k_i$  характеристики предприятия  $i$  ( $i=1, \dots, n$ )) удовлетворяющие условиям:  $d_i > 0, i=1, \dots, n$ .

Пусть  $w_i$  - ставка заработной платы на предприятии  $i$ . Тогда доля дохода предприятия  $i$  в общей сумме прибыли объединения определится так :

$G_i = c_i * P_i - w_i * L_i$ ,  $i=1, \dots, n$ . Если величина фондов предприятия фиксирована, то объем продукции  $P_i$  однозначно определяется количеством рабочей силы  $L_i$ .

Центр влияет на работу предприятий распределением дополнительного ресурса, который полностью находится в его распоряжении. Если предприятие  $i$  получит дополнительный ресурс в количестве  $V_i$ , то оно сможет произвести продукцию в объеме

$$P_i = d_i * (F_i + V_i)^{k_i} * (L_i)^{1-k_i}, i=1, \dots, n \quad (5)$$

Задача центра состоит в распределении имеющегося в его распоряжении ресурса  $B$ , т. е. в определении оптимальных значений величин  $V_i$ ,  $i=1, \dots, n$ , обеспечивающих максимум суммарной прибыли объединения в целом.

### Математическая форма модели

В данной задаче считаем, что используется схема централизованного

планирования, в рамках которой центр рассчитывает оптимальное распределение ресурсов, оптимальные величины рабочей силы при заданных параметрах модели. Конкретно центр изменяет  $V_i$  и  $Li$ ,  $i = 1, \dots, n$ , из условий:

$$z = \max (G1 + G2 + \dots + Gn) \quad (6)$$

$$V1 + V2 + \dots + Vn = B \quad (7)$$

$$Vi, Vimin, Li \geq 0, i = 1, \dots, n \quad (8)$$

### Числовые значения параметров модели.

Во всех вариантах задачи оптимального распределения ресурсов выбрано число  $n$  (число предприятий) равное 10 и объем распределяемого ресурса 100 ед. Числовые данные каждого варианта отличаются коэффициентами целевой функции и ограничений.

Соответствующие данные приведены в таблицах 4-6

Таблица 4. Параметры  $ci$  и  $wi$  целевой функции (6) ( $i$  - индекс предприятия)

№ вар.	обознач.	Значение параметров $ci$ и $wi$ для каждого предприятия									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	$ci$	1.20	0.90	0.90	1.10	1.20	1.00	1.00	0.80	1.20	1.10
	$wi$	13.70	11.90	12.90	13.90	10.00	11.90	13.20	13.30	13.60	11.3
2	$ci$	1.00	1.20	0.90	1.10	1.20	0.80	1.10	0.90	0.90	0.90
	$wi$	13.40	10.80	11.70	12.90	11.90	12.00	10.50	11.30	12.30	14.6
3	$ci$	1,10	0,90	1,20	0,90	1,00	1,10	0,90	0,90	0,80	1,20
	$wi$	12,70	14,20	12,50	12,20	10,10	13,30	13,70	10,10	11,30	13,6
4	$ci$	1,10	1,10	1,00	1,00	1,10	0,90	1,10	0,90	1,10	1,20
	$wi$	11,70	11,90	11,80	13,10	13,80	14,00	13,20	10,60	11,60	11,2
5	$ci$	1,00	0,90	0,80	1,00	0,90	0,80	0,80	1,00	1,20	0,90
	$wi$	14,90	13,30	11,20	12,40	11,00	10,40	13,00	13,60	10,60	13,9

Таблица 5. Параметры  $di$  и  $ki$  производственной функции (5)

№ вар	обознач	Значение параметров $di$ и $ki$ для каждого предприятия									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	$di$	17,1	14,2	19,6	18,4	13,9	19,5	12,2	17,2	15,7	15,5
	$ki$	0,635	0,422	0,769	0,782	0,292	0,212	0,308	0,365	0,676	0,80
2	$di$	16,1	12,8	19,2	18	12,3	16,4	10,6	19,8	11,3	11,6
	$ki$	0,359	0,445	0,637	0,589	0,246	0,401	0,576	0,661	0,7	0,60
3	$di$	10,7	17,8	13,7	11,9	15,9	11,7	10,3	12,8	11,1	15,5
	$ki$	0,717	0,643	0,447	0,72	0,493	0,434	0,408	0,742	0,38	0,64
4	$di$	12,7	18,8	18,3	16,4	17,7	16	14,3	11,2	14,7	19,1
	$ki$	0,442	0,732	0,709	0,252	0,701	0,491	0,656	0,602	0,659	0,74
5	$di$	18,1	11,3	19,9	14,4	14,9	19,6	12,8	15,8	11,7	12,9



<i>ki</i>	0,491	0,412	0,332	0,714	0,207	0,492	0,782	0,409	0,638	0,37
-----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------

**Таблица 6. Параметры  $F_i$  и  $V_i \min$  целевой функции (6) ( $i$  - индекс предприятия)**

№ вар	обознач.	Значение параметров $F_i$ и $V_i \min$ для каждого предприятия									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	<b><math>F_i</math></b>	83	79.22	85,5	83,1	50,1	53	77,5	76,4	82,8	96,8
	<b><math>V_i \min</math></b>	5,41	6,64	7,12	7,56	9,32	6,01	6,04	9,22	7,28	7,98
2	<b><math>F_i</math></b>	97,8	83,4	59,7	85,5	72	61,4	85,7	78,6	74,2	80
	<b><math>V_i \min</math></b>	6,12	7,56	5,79	9,16	9,99	8,37	9,26	5,96	7,65	9,16
	<b><math>F_i</math></b>	57.1	95.6	75.9	82.9	78.5	99.4	82.8	79,1	53.7	99,6
	<b><math>V_i \min</math></b>	7.72	8.1	8.68	7.59	6.41	8.6	6	5.74	5.8	8.93
4	<b><math>F_i</math></b>	78,8	78,4	61,7	96,2	95	95	70,6	93,7	83,3	85,4
	<b><math>V_i \min</math></b>	9,42	6,91	5,68	8,61	7,06	8,67	6,45	8,66	9,77	9,35
5	<b><math>F_i</math></b>	77.4	92.7	86.3	74.5	62.9	82.8	88.7	61.1	70.6	93.9
	<b><math>V_i \min</math></b>	7.75	6.83	6.47	8.43	7.81	9.37	9.81	6.14	7.4	6.16

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вьюненко, Л. Ф. Имитационное моделирование : учебник и практикум для академического бакалавриата / Л. Ф. Вьюненко, М. В. Михайлов, Т. Н. Первозванская ; под ред. Л. Ф. Вьюненко. —М. : Издательство Юрайт, 2018. — 283 с. —(Серия : Бакалавр. Академический курс). —ISBN 978-5-534-01098-5. — Режим доступа: <https://biblio-online.ru/book/imitacionnoe-modelirovanie-412950>
2. Королев, А. В. Экономико-математические методы и моделирование : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / А. В. Королев. — М. : Издательство Юрайт, 2018. —280 с. —(Серия : Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-00883-8. — Режим доступа : <https://biblio-online.ru/book/ekonomiko-matematicheskie-metody-i-modelirovanie-414046>
3. Дубина, И. Н. Основы математического моделирования социально-экономических процессов : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / И. Н. Дубина. —М. : Издательство Юрайт, 2018. —349 с. —(Серия : Бакалавр и магистр. Академический курс). —ISBN 978-5-534-00501-1.—Режим доступа : <https://biblio-online.ru/book/osnovy-matematicheskogo-modelirovaniya-socialno-ekonomicheskikh-processov-4137242>
4. Косников, С. Н. Математические методы в экономике : учебное пособие для вузов / С. Н. Косников. —2-е изд., испр. и доп. —М. : Издательство Юрайт, 2018. —172 с. —(Серия : Университеты России). —ISBN 978-5-534-04098-2.—Режим доступа : <https://biblio-online.ru/book/matematicheskie-metody-v-ekonomike-415296>
5. Смагин, Б. И. Экономико-математические методы : учебник для академического бакалавриата / Б. И. Смагин. —2-е изд., испр. и доп. —М. : Издательство Юрайт, 2018. —272 с. —(Серия : Бакалавр. Академический курс). —ISBN 978-5-9916-9814-6. —Режим доступа : <https://biblio-online.ru/book/ekonomiko-matematicheskie-metody-415186>
6. Палий, И. А. Линейное программирование : учебное пособие для академического бакалавриата / И. А. Палий. —2-е изд., испр. и доп. —М. : Издательство Юрайт, 2018. —175 с. —(Серия : Бакалавр. Академический курс). —ISBN 978-5-534-04716-5.—Режим доступа : <https://biblio-online.ru/book/lineynoe-programmirovanie-415866>