

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
технический университет»

Кафедра экономической безопасности

МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭКОНОМИКИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к изучению дисциплины, выполнению лабораторных
работ и самостоятельной работы по дисциплине
«Методы моделирования и прогнозирования экономики»
для обучающихся по направлению 38.03.01 "Экономика",
профилям "Экономика и финансы предприятий" и
"Экономика предприятий и организаций (машиностроение)"
всех форм обучения



Воронеж 2022

УДК 330 (075.8)
ББК

Составитель

д-р. экон. наук, проф. С.В. Амелин

Методические указания по изучению дисциплины, выполнению лабораторных работ и самостоятельной работы по дисциплине "Методы моделирования и прогнозирования экономики" для обучающихся по направлению 38.03.01 «Экономика», профилям "Экономика и финансы предприятий" и "Экономика предприятий и организаций (машиностроение)" всех форм обучения / ФГБОУ ВО «ВГТУ»; сост. С.В. Амелин. Воронеж, 2022. 36 с.

Основной целью указаний является изучение ключевых понятий дисциплины, приобретение умений и навыков обоснования принятия решений посредством применения экономико-математического моделирования в целях обеспечения и повышения эффективности деятельности предприятий и организаций.

Предназначены для изучения дисциплины «Методы моделирования и прогнозирования экономики» и выполнения самостоятельной работы для магистрантов, обучающихся по направлению 38.03.01. «Экономика».

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ_ММиПЭ_2022. pdf.

Табл. 4 . Ил. 8 . Библиогр.: 19 назв.

УДК 330 (075.8)
ББК

Рецензент - И.Ф. Елфимова, канд. экон. наук, доц.
кафедры экономической безопасности ВГТУ

*Издается по решению учебно–методического совета
Воронежского государственного технического университета*

ВВЕДЕНИЕ

Целью изучения дисциплины является формирование у обучающихся комплекса знаний, умений и практических навыков использования современной теории и практики экономико-математического моделирования при обосновании решения профессиональных задач в сфере экономики и финансов предприятия.

Задачами дисциплины «Методы моделирования и прогнозирования экономики» являются:

- изучение теоретических основ и развитие практических навыков применения математического аппарата методов экономико-математического моделирования бизнес-процессов предприятия с использованием современных информационных технологий;

- освоение будущим магистром методов поиска и обоснованного выбора наилучших организационно-экономических решений с использованием методов системного анализа;

- развитие навыков использования методов оптимизации в процессе математического моделирования экономических процессов предприятия.

Методические указания включают содержание тем изучаемой дисциплины в соответствии с рабочей программой, перечень лабораторных работ, рекомендации по выполнению самостоятельной работы, а также перечень рекомендуемой литературы и вопросы к зачёту и задания для самопроверки.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Методы моделирования в экономике и финансах.

Методологические основы моделирования производственно-экономических систем и бизнес-процессов. Процесс системного моделирования производственных систем и процессов. Математическое моделирование в экономике. Этапы экономико-математического моделирования. Постановка экономической проблемы и ее качественный анализ. Построение математической модели. Математический анализ модели. Подготовка исходной информации. Численное решение. Анализ численных результатов и их применение.

Тема 2. Классификация моделей производственных систем и процессов

Материальные модели и абстрактные. Модели производственно-экономических систем, региональных комплексов, отраслевые модели, модели народного хозяйства. Модели перспективного, стратегического планирования, текущего и оперативно-календарного. Модели линейные и нелинейные. Модели детерминированные и стохастические. Модели статические и динамические. Имитационные модели. Эвристические методы в моделировании. Графические модели. Элементы теории графов

Тема 3. Системный подход к производству, как объекту моделирования.

Понятие системы. Большие сложные системы. Производственно-экономические системы. Иерархические системы. Свойство эмерджентности. Целенаправленность систем. Процессы передачи информации и управления в сложно организованных системах. Понятие цели. Классификация целей. Дерево целей. Требования к компонентам сложных систем. Понятие обратной связи. Моделирование обратных связей. Метод анализа иерархий.

Тема 4. Моделирование структур производственных систем.

Функциональное, морфологическое и информационное описание систем. Понятие структуры. Организационная структура, функциональная, техническая. Моделирование структур. Типы организационных структур и их модели. Последовательная структура, кольцевая, звездочная, многосвязная, иерархическая, смешанная. Количественные параметры моделей организационных структур. Критерий оптимальности. Моделирование структур производственных систем на основе теории графов. Матричное моделирование структур производственных систем. Информационный подход в моделировании сложных производственно-экономических систем. Энтропийные методы моделирования производственных систем.

Тема 5. Методы отбора существенных факторов моделей.

Использование методов экспертного опроса и статистического анализа. Этапы процедуры экспертного исследования. Формирование списка факторов моделей исследователем. Подготовка анкеты. Формирование группы экспертов. Постановка задачи экспертам. Проведение опроса экспертов. Составление сводной таблицы результатов опроса. Ранжирование оценок экспертов. Оценка согласованности мнений экспертов. Оценка статистической значимости коэффициента

конкордации. Отыскание параметров эмпирических математических моделей производственно-экономических систем. Моделирование с использованием метода "черного ящика". Понятие об интерполяции, аппроксимации и экстраполяции. Экономико-математические модели для аппроксимации опытных данных. Метод наименьших квадратов. Корреляционно-регрессионный анализ

Тема 6. Имитационное моделирование

Имитационное моделирование как метод исследования и анализа производственно-экономических систем и процессов. Аналитическое и имитационное моделирование. Случаи использования имитационного моделирования. Классификация имитационных моделей. Порядок построения имитационной модели производственно-экономической системы и проведения машинных имитационных экспериментов. Планирование эксперимента. Полный и неполный факторный эксперимент.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Методические указания к проведению лабораторных работ представлены в пособии 3.65(ББК) А 615 Амелин, С.В. Методы моделирования управленческих, экономических и бизнес-процессов [Электронный ресурс] : Лабораторный практикум: Учеб. пособие. - Электрон. текстовые, граф. дан. (1,83 Мб). - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2015. - 1 файл. - 30-00. <http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>

Перечень лабораторных работ.

1. Моделирование процессов массового обслуживания. Система обслуживания с одним прибором и очередью
2. Отбор существенных факторов моделей производственно-экономических систем с помощью методов экспертного опроса, статистического анализа, оптимизационных моделей
3. Моделирование многоканальных систем массового обслуживания. Моделирование работы банковского учреждения
4. Моделирование многоканальных систем массового обслуживания. Моделирование работы подразделения предприятия - фирменного торгового дома
5. Моделирование действия производственно-экономической системы в условиях рыночной ситуации с использованием игровых моделей теории игр
6. Методы поиска решений с помощью имитационной модели участка производства. Имитационное моделирование процессов контроля на участке производства

Отчёты по лабораторным работам оформляются индивидуально на листах формата А4 с титульным листом и подписью. Отчёты должны включать: цель и задачи лабораторной работы, краткие исходные положения, исходные данные для расчёта, расчётные формулы, скриншоты расчётов на компьютере, анализ полученных результатов и выводы. Все таблицы и иллюстрации должны иметь названия.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Рабочей программой дисциплины «Методы моделирования и прогнозирования экономики» предусмотрена самостоятельная работа студентов. Виды самостоятельной работы:

1. подготовка к лекциям и самостоятельная проработка материала;
2. подготовка к лабораторным занятиям;
3. самоподготовка к итоговой проверке знаний;

Подготовка к лекциям и самостоятельная проработка материала является обязательным видом самостоятельной работы и предполагает предварительное ознакомление студента с вопросами предстоящей лекции с целью наиболее эффективного усвоения материала. Особое внимание следует уделить вопросам, выносимым на самостоятельное изучение.

Подготовка к лабораторным занятиям заключается в проработке теоретического материала к каждой лабораторной работе. Защита лабораторных работ является обязательной и оценивается преподавателем как элемент общей успеваемости студента.

Отчёты по лабораторным работам оформляются как индивидуальный отчет студента, на листах формата А4 в соответствии с требованиями нормоконтроля ВГТУ. Наличие титульного листа обязательно.

Самоподготовка к итоговой проверке знаний предполагает самостоятельную проработку материала, опираясь на содержание лекций и практических занятий, вопросы, выносимые на самостоятельное изучение.

Студент допускается к итоговой аттестации (экзамену) на основании посещения лекций, а также выполнения лабораторных работ. На экзамен выносятся основные вопросы, изучаемые в течение семестра. Экзамен предполагает ответы на теоретические вопросы, выполнение стандартного и прикладного задания.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Выбор вариантов каждой части задания производится преподавателем согласно спискам студентов по группам.

Задание № 1. МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУР ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

При изучении методов моделирования структур производственных систем необходимо рассмотреть следующие вопросы: определение основных структурных характеристик; определение структурных параметров органов управления организации. При этом можно использовать следующую информацию.

Моделирование формальной структуры ПС включает сбор информации, характеризующий её в статике (тип организационной структуры, распределение прав и обязанностей и т.п.), и изучение её в динамике (определение эффективно-

сти организационной структуры с позиций достижения конечных результатов деятельности).

При моделировании организационной структуры большое значение имеет фиксирование формальных каналов коммуникаций, которые представляют интерес для рационального распределения функций и обязанностей в ходе подготовки и принятия решений. Необходимо изучать также неформальную структуру ПС. Сбор информации для моделирования ведется посредством наблюдения за групповыми и межличностными отношениями и их изменениями, проведения серий интервью, что дает возможность определить морально-психологический климат на предприятии.

Информация собирается по подразделениям, отделам, у должностных лиц предприятия, об их взаимодействии между собой, способах принятия и выполнения решений, их деятельности по обеспечению работоспособности предприятия. Информация для данной работы относится к «внутреннему» типу. Ее получение возможно частично из документов предприятия, а частично - в беседе с сотрудниками.

Моделирование позволяет определять некоторые характеристики структуры ПС и давать им количественную оценку, оценивать качество структуры ПС и её элементов с позиций системного анализа, а также сравнивать различные варианты организационных структур между собой.

Рассмотрим, например, линейно-функциональную структуру управления, в которой каждый структурный элемент (отдел, служба, производственное подразделение) выполняет конкретные задачи и обладает определенными правами и обязанностями.

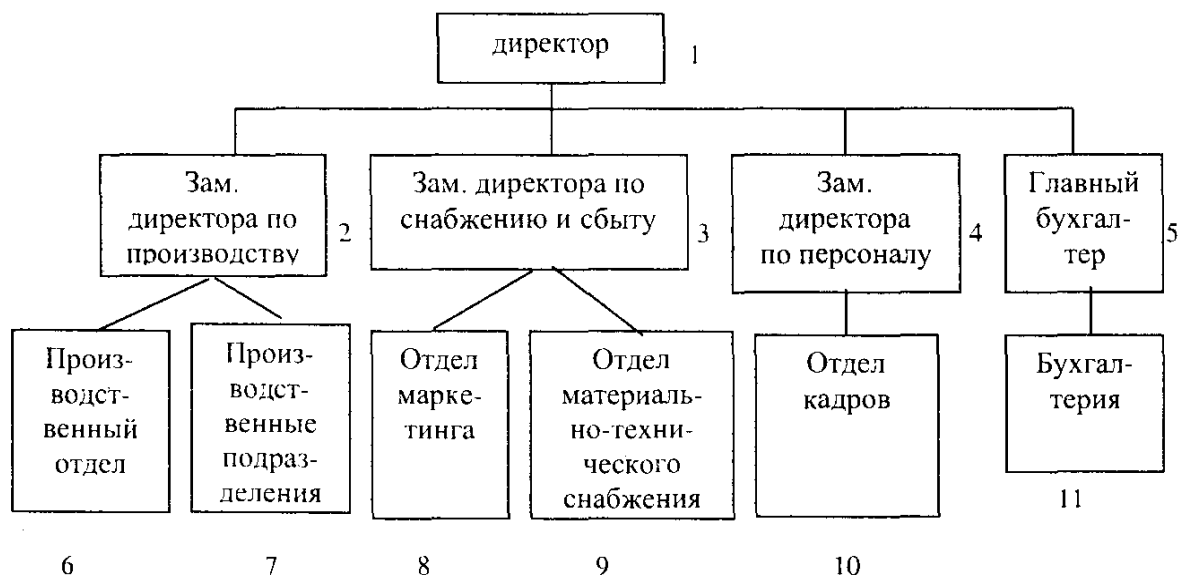


Рис. 1. Организационная структура предприятия

Для проведения структурного анализа организационной структуры предприятия представим ее в виде графа $G = \{X, U\}$, где X - множество вершин ($|X| = n$), соответствующее множеству структурных элементов; U - мно-

жество рёбер ($|U| = m$), соответствующее множеству связей между структурными элементами предприятия.

Граф G , соответствующий данному предприятию, показан на рис. 5, где цифры обозначают: 1 - директор предприятия; 2 - зам. директора по производству; 3 - зам. директора по снабжению и сбыту; 4 - зам. директора по персоналу; 5 - главный бухгалтер; 6 - производственный отдел; 7 - производственные подразделения; 8 - отдел маркетинга; 9 - отдел материально-технического снабжения; 10 - отдел кадров; 11 - бухгалтерия.

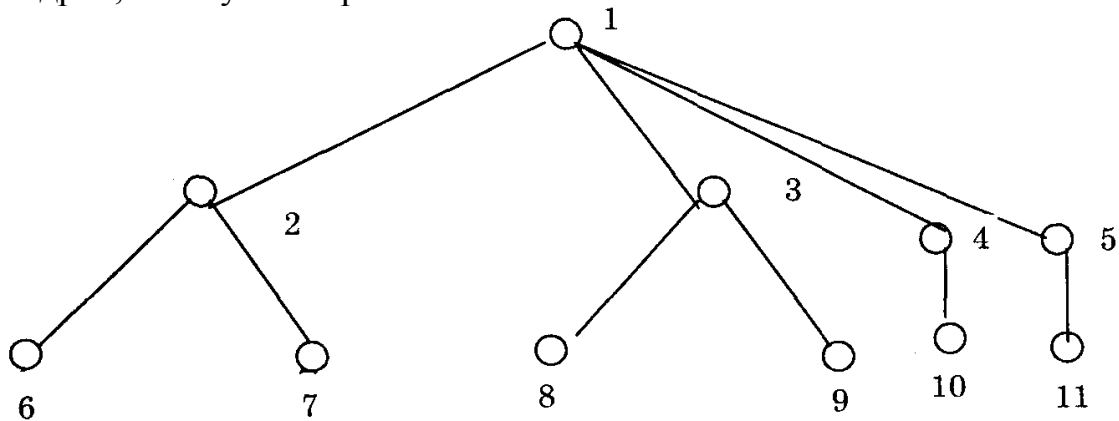


Рис. 2. Структурный граф предприятия

Для описания графа G построим матрицу смежности (табл. 1), которая для неориентированного графа имеет вид $A = \|a_{ij}\|$, где a_{ij} - элементы матрицы смежности, определяемые следующим образом:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 - \text{при наличии связи между элементами } i \text{ и } j, \\ 0 - \text{при отсутствии связи.} \end{cases}$$

Таблица 1

Матрица смежности

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	ρ_i	ρ_i^2	r_i
1		1	1	1	1							4	16	0,2
2	1					1	1					3	9	0,15
3	1							1	1			3	9	0,15
4	1									1		2	4	0,1
5	1										1	2	4	0,1
6		1										1	1	0,05
7		1										1	1	0,05
8			1									1	1	0,05
9			1									1	1	0,05
10				1								1	1	0,05
11					1							1	1	0,05

1. По матрице смежности определим ранг каждого элемента

$$r_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij}},$$

где a_{ij} – элементы матрицы смежности, n – количество вершин (элементов) структуры.

Например, $r_1 = 4/20 = 0,2$. Ранги структурных элементов приведены в последнем столбце табл. 1.

Чем выше ранг элемента, тем более сильно он связан с другими элементами и тем более тяжёлыми будут последствия при потере качества его функционирования. В рассматриваемом случае наиболее высокий ранг (0,2) имеет первый элемент структуры (директор).

2. Проверим *связность* структуры. Для связных структур (не имеющих обрывов и висячих элементов) должно выполняться условие

$$m = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} \geq n-1,$$

где m – множество рёбер графа ($1/2$ от количества связей в матрице смежности).

Правая часть неравенства определяет необходимое минимальное число связей в структуре графа, содержащего n вершин.

Для нашего случая n (количество структурных элементов) равно 11 и условие $(1/2) \cdot 20 = 11-1$ выполняется, т.е. структура является связной.

3. Проведем оценку *структурной избыточности* R , отражающей превышение общего числа связей над минимально необходимым:

$$R = \frac{m}{n-1} - 1.$$

Данная характеристика является косвенной оценкой экономичности и надёжности исследуемой структуры и определяет принципиальную возможность функционирования и сохранения связей системы при отказе некоторых её элементов. Система с большей избыточностью R потенциально более надёжна, но менее экономична. Возможны три варианта: если $R < 0$, то система несвязная; $R = 0$, система обладает минимальной избыточностью; $R > 0$, система имеет избыточность; чем выше R , тем выше избыточность.

Для рассматриваемого случая $R = [(1/2) \cdot 20 / (11-1)] - 1 = 0$, т.е. структура имеет минимальную избыточность.

4. Определим неравномерность распределения связей - E . Данный показатель характеризует недоиспользование возможностей данной структуры, имеющей m рёбер и n вершин, в достижении максимальной связности. Величина E определяется по формуле

$$E = \sqrt{\sum_{i=1}^n \rho_i^2 - \frac{4m^2}{n}},$$

где $\rho_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}$ - вес i -го элемента, или количество связей i -го элемента со всеми остальными.

Для рассматриваемого случая $E = \sqrt{48 - 4 \cdot 10^2 / 11} = 3,41$.

Однако для сравнения различных структур по неравномерности связей используют относительную величину:

$$E_{\text{отн}} = E / E_{\text{max}},$$

где E_{max} - максимальное значение неравномерности связей, которое достигается в системе, имеющей максимально возможное число вершин, имеющих одну связь.

Величину E определяют по эмпирической формуле

$$E_{\text{max}} = \sqrt{\frac{1}{4} \cdot (x^2 - 2y - 3x)^2 - 1 + 2y(y+1) + n(n-1) - \frac{4m^2}{n}},$$

где $y = m - n$; $x = (-1 + \sqrt{8y + 9}) / 2$.

Для рассматриваемого случая

$$y = 10 - 11 = -1; \quad x = (-1 + \sqrt{8 \cdot (-1) + 9}) / 2 = 0.$$

Тогда

$$E_{\text{max}} = \sqrt{\frac{1}{4} \cdot (2 \cdot (-1))^2 - 1 + 2 \cdot (-1) \cdot (-1 + 1) + 11 \cdot (11 - 1) - \frac{4 \cdot (10)^2}{11}} = 8,58.$$

Определим величину E для рассматриваемого случая.

$$E_{\text{отн}} = 3,41 / 8,58 = 0,4.$$

Величина E для различных типов структур изменяется от 0 (для структур с равномерным распределением связей) до 1.

В рассматриваемом случае распределение связей в структуре довольно равномерное.

5. Определим *структурную компактность* структуры Q , которая отражает общую структурную близость элементов между собой. Для этого используется формула

$$Q = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij}, \quad i \neq j,$$

где d_{ij} - расстояние от элемента i до элемента j , т.е. минимальное число связей, соединяющих элементы i и j .

Для определения величины общей структурной компактности построим матрицу расстояний $D = \|d_{ij}\|$ - (табл. 2). По таблице определяем $Q = 288$.

Таблица 2

Матрица расстояний D

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Σ
1	—	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	16
2	1	—	2	2	2	1	1	3	3	3	3	21
3	1	2	—	2	2	3	3	1	1	3	3	21
4	1	2	2	—	2	3	3	3	3	1	3	23
5	1	2	2	2	—	3	3	3	3	3	1	23
6	2	1	3	3	3	—	2	4	4	4	4	30
7	2	1	3	3	3	2	—	4	4	4	4	30
8	2	3	1	3	3	4	4	—	2	4	4	30
9	2	3	1	3	3	4	4	2	—	4	4	30
10	2	3	3	1	3	4	4	4	4	—	4	32
11	2	3	3	3	1	4	4	4	4	4	—	32

Однако для количественной оценки структурной компактности и возможности объективного сравнения различных организационных структур чаще используют относительный показатель определяемый по формуле:

$$Q_{отн} = \frac{Q}{Q_{min}} - 1,$$

где $Q_{min} = n \cdot (n - 1)$ - минимальное значение компактности для структуры типа «полный граф» (каждый элемент соединен с каждым).

Для нашей структуры $Q_{min} = 11 \cdot (11 - 1) = 110$. Тогда

$$Q_{отн} = 288 / 110 - 1 = 1,62.$$

Структурную компактность можно характеризовать и другой характеристикой - *диаметром структуры*: $d = \max d_{ij}$, равным максимальному значению расстояния d_{ij} в матрице расстояний. Для рассматриваемой структуры $d = 4$.

С увеличением $Q_{отн}$ и d увеличиваются средние временные задержки при обмене информацией между подразделениями, что вызывает снижение общей надёжности. С этой точки зрения, структура исследуемого предприятия имеет надёжность среднего уровня (максимальную надёжность имеет полный граф, для которого $Q_{отн} = 0$, а $d = 1$).

6. Для характеристики *степени централизации* системы используется показатель центральности структурного элемента:

$$Z_i = \frac{Q}{2 \cdot \sum_{j=1}^n d_{ij}},$$

который характеризует степень удаленности i -го элемента от других элементов структуры.

Чем меньше удален i -й элемент от других, тем больше его центральность и тем большее количество связей осуществляется через него. В рассматриваемом случае наиболее центральным является первый элемент (директор), для которого

$\Sigma d_{ij} = 16 = \min$, то есть он обладает максимальным коэффициентом центральности $Z_{\max} = 288 / (2 \cdot 16) = 9$.

Степень центральности в структуре в целом может быть охарактеризована индексом центральности:

$$\delta = \frac{(n-1)(2 \cdot Z_{\max} - n)}{(n-2) \cdot Z_{\max}} = \frac{(11-1)(2 \cdot 9 - 11)}{(11-2) \cdot 9} = 0,87.$$

Значение степени центральности находится в диапазоне $1 \geq \delta \geq 0$, при этом для структур с равномерным распределением связей $\delta = 0$, для структур, имеющих максимальную степень централизации, $\delta = 1$.

Для рассматриваемого случая высокое значение степени центральности структуры ($\delta = 0,87$) предъявляет высокие требования к пропускной способности центра (элемент 1), через который устанавливается большое число связей по приему и переработке информации, и надёжности его функционирования, так как отказ центрального элемента ведет к полному разрушению структуры.

Данная методика оценки может быть использована при сравнительной оценке свойств структур ПС. С точки зрения топологии внутренних связей, выделяют следующие основные виды структур (рис. 6): а) последовательная; б) кольцевая; в) радиальная; г) древовидная; д) типа «полный граф»; е) несвязная.

Рассмотрим применение количественных характеристик к анализу свойств этих структур. Результаты вычислений представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты сравнительного анализа

вид	R	Q	d	Z	δ	E	$E_{\text{отн}}$
а	0	1,0	4	3,3	0,7	1,1	0,41
б	0,25	0,5	2	2,5	0	0	0
в	0	0,6	2	4	1,0	2,7	1
г	0	0,75	3	3,5	0,76	1,8	0,67
д	1,5	0	1	2,5	0	0	0
е	-0,25	—	—	—	—	—	—

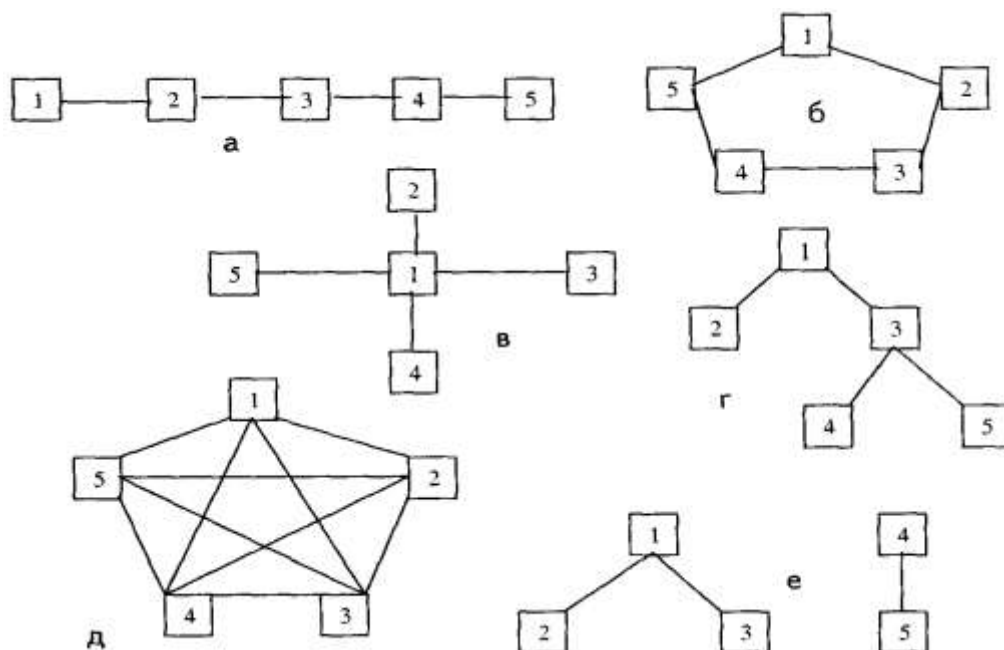


Рис. 3. Основные виды моделей структур

Из табл. 3 видно:

1) для несвязных структур $R < 0$; для структур без избыточности (последовательное, радиальная, древовидная) $R = 0$; для структур с избыточностью по связям (кольцевая, полный граф) – $R > 0$;

2) наибольшую близость элементов (показатель Q) имеет структура типа «полный граф»; наименьшую - последовательная; радиальная и кольцевая структуры, неразличимые по показателю d , имеют различные значения Q ;

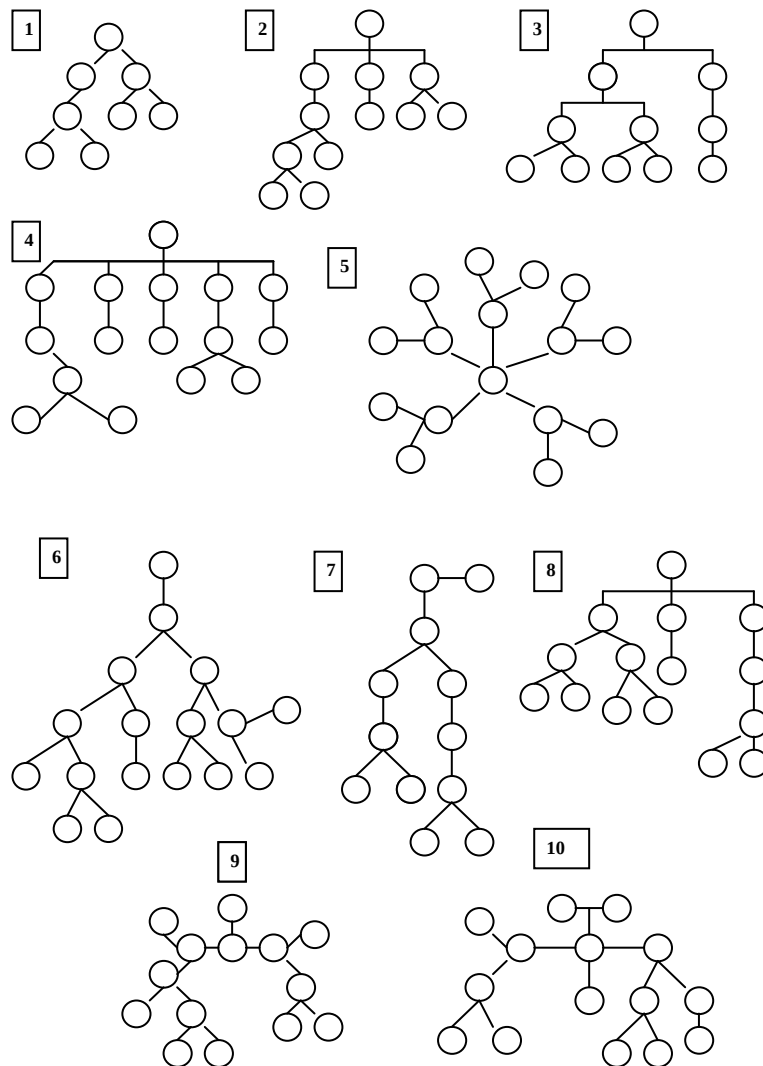
3) радиальная и древовидная структуры, имеющие одинаковые или близкие значения R , Q , d , значительно отличаются по показателю δ , что соответствует физическому смыслу, ибо отход от полной централизации, характерной для радиальной структуры, ведет к большей равномерности распределения связей по элементам;

4) наивысшую неравномерность распределения связей ($E = 1$) имеет радиальная структура, а наименьшую ($E = 0$) - кольцевая структура и полный граф.

Анализируя значения структурных параметров, полученных в результате структурной диагностики, можно выявить основные недостатки структуры организации и внести некоторые коррективы в организационную структуру предприятия.

Задание. Рассмотрев предложенную организационную структуру проанализируйте её эффективность с использованием методов моделирования производственных систем

Варианты заданий:



Задание № 2. МЕТОД КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА

Метод корреляционного и регрессионного анализа широко используется для определения тесноты связи между показателями, не находящимися в функциональной зависимости. Теснота связи между изучаемыми явлениями измеряется корреляционным отношением (для криволинейной зависимости). Для прямолинейной зависимости исчисляется коэффициент корреляции.

Одной из распространенных аналитических задач, решаемых с применением корреляционного метода, является задача на запуск-выпуск. Допустим, что имеются фактические данные о запуске и выпуске промышленных изделий (в тыс. шт.).

Запуск x_i	18	22	13	20	15	14	$\Sigma x_i = 102$
Выпуск y_i	17	20	11	18	14	12	$\Sigma y_i = 92$

Требуется определить зависимость выпуска изделий в среднем от их запуска, составив соответствующее уравнение регрессии. По исходным данным построим в системе координат точки, соответствующие значениям переменных x и y . Проведем линию теоретической зависимости между показателями (рис.4).

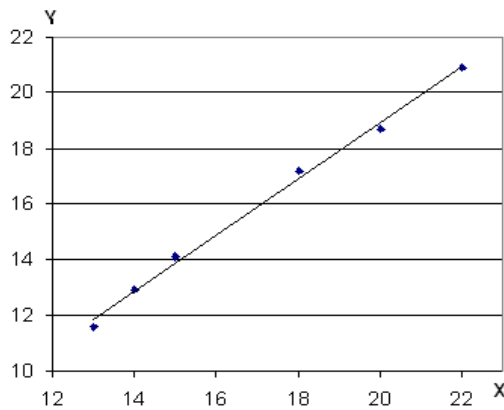


Рис. 4. Линия регрессии

Значения $\bar{x}$ и $\bar{y}$ определяются по формулам:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}; \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}; \quad n = 6, \quad i = 1, 2, \dots, 6;$$

$$\bar{x} = 102 / 6 = 17; \quad \bar{y} = 92 / 6 = 15,33.$$

Дальнейшим вычислениям придается табличная форма:

$(x_i - \bar{x})$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(y_i - \bar{y})$	$(y_i - \bar{y})^2$	$(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$
1	1	1,67	2,78	1,67
5	25	4,67	21,78	2,33
-4	16	-4,33	18,78	17,33
3	9	2,67	7,11	8
-2	4	-1,33	1,78	2,67
-3	9	-3,33	11,11	10

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = 64 \quad \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = 63,33 \quad \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = 63$$

Теснота связи между показателями запуска и выпуска измеряется коэффициентом корреляции, который вычисляется по формуле

$$r = \frac{\sigma_{xy}^2}{\sigma_x \sigma_y}.$$

Подставляя соответствующие значения, получим:
выборочные средние квадратические отклонения

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} = \sqrt{64/6} = 3,27;$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n}} = \sqrt{63,33/6} = 3,25;$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = 64 \quad \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 = 63,33 \quad \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = 63$$

ковариация

$$\sigma_{xy}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = 63/6 = 10,5;$$

парный коэффициент корреляции

$$r = 10,5 / (3,27 \cdot 3,25) = 0,988.$$

Считая формулу связи линейной ($y = a_0 + a_1 x$) определим зависимость выпуска промышленных изделий от их запуска. Для этого решается система нормальных уравнений:

$$\begin{cases} na_0 + a_1 \sum_i x_i = \sum_i y_i; \\ a_0 \sum_i x_i + a_1 \sum_i x_i^2 = \sum_i x_i y_i. \end{cases}$$

Величины $\sum x_i^2$ и $\sum x_i y_i$ представлены в следующей таблице

x_i^2	324	454	169	400	225	196	$\sum x_i^2 = 1798$
$x_i y_i$	306	440	143	360	210	168	$\sum x_i y_i = 1627$

Значение a_0 определяем из первого уравнения:

$$\begin{aligned} 6 a_0 + 102 a_1 &= 92; \\ 102 a_0 + 1798 a_1 &= 1627; \\ a_0 &= (92 - 102 a_1) / 6, \text{ или } a_0 = 15,33 - 17 a_1. \end{aligned}$$

Подставляя найденное выражение a_0 во второе уравнение, находим значение a_1 :

$$\begin{aligned} 102 (15,33 - 17 a_1) + 1798 a_1 &= 1627; \\ 1564 - 1734 a_1 + 1798 a_1 &= 1627; \\ 64 a_1 &= 1627 - 1564 = 63; a_1 = 0,984; \\ a_0 &= 15,33 - 17 \cdot 0,984 = -1,4. \end{aligned}$$

Итак, уравнение регрессии в окончательном виде получило следующий вид:

$$y = -1,4 + 0,984 x.$$

Полученный результат можно интерпретировать как выход годных изделий в размере 98,4% от объема запуска за вычетом ещё 1,4 в принятых единицах измерения объёма выпуска изделий (для данного примера в тыс. шт.).

Проверка:

$$\begin{aligned} \bar{y} &= -1,4 + 0,984 \bar{x}. \\ \bar{y} &= -1,4 + 0,984 \cdot 17 = 15,33. \end{aligned}$$

Таким образом, при запуске в производство 17000 изделий, выход годных изделий составит 15330 штук.

Значение коэффициента корреляции: $r = 0.988$ свидетельствует о наличии тесной связи между факторной и зависимой переменными.

Варианты заданий.

По данным, представленным по вариантам, построить графическую зависимость между двумя показателями, определить уравнение регрессии и коэффициент корреляции. Проанализировать полученные результаты.

Вариант 1. Известны данные о количестве слесарей-ремонтников на машиностроительных заводах и данные о количестве станко-смен.

Количество слесарей-ремонтников	37	18	23	36	44	73	56	48	143	207
Количество станкосмен 1000 ед.	0,8	0,5	0,8	0,8	0,8	2,2	1,4	2,3	6,4	6,3

Вариант 2. В таблице приведены данные о численности работников по предприятиям.

Предприятие	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Среднее годовое число работников	193	243	247	278	284	318	370	382	412
Общая сумма производственных затрат	186	243	229	288	316	320	356	395	396

Вариант 3. В таблице приведены данные анализа зависимости себестоимости 1 тонны угля от среднемесячной производительности труда рабочего на шахтах-комбинатах

Среднемесячная производительность рабочего, м	21	24	28	30	34	35	36	39	40
Себестоимость 1 т угля, ден.ед	2,0	1,3	1,2	1,3	1,1	1,1	1,0	1,1	1,0

Вариант 4. В таблице приведены данные о численности работников по предприятиям.

Предприятие	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Среднее годовое число работников	123	133	147	193	244	247	267	272	277
Общая сумма производственных затрат	117	129	135	186	243	229	250	239	254

Вариант 5. Имеются данные по объему выпускаемой продукции и ее себестоимости.

Объем выпускаемой продукции, тыс.шт	21	29	20	28	27	26	25	24	23	22
Себестоимость, ден.ед	3,9	2,8	4,8	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,7

Вариант 6. В таблице приведены данные о численности работников по предприятиям.

Предприятие	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Среднее годовое число работников	278	284	318	338	360	337	372	380	417
Общая сумма производственных затрат	289	316	320	345	389	370	358	393	397

Вариант 7. В таблице приведены данные по выработке на одного работающего и фондовооружённость.

Предприятие	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фондовооруженность, ден.ед./чел	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,4	2,6	2,6	2,6
Выработка на 1 работающего, ден.ед./чел	3,3	4,3	3,4	5,5	4,0	5,1	3,0	4,2	3,8

Вариант 8. В таблице приведены данные о численности работников по предприятиям связи.

Предприятие	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Среднее годовое число работников	382	415	420	468	481	523	565	613	657
Общая сумма производственных затрат	395	396	418	464	484	524	580	605	656

Вариант 9. Известны данные о количестве слесарей-ремонтников на машиностроительных заводах и данные о количестве единиц ремонтной сложности.

Данные приведены в таблице.

Количество слесарей-ремонтников	37	18	23	36	44	73	56	48	143	207
Количество единиц ремонтной сложности 1000 ед.	3,1	3,5	3,5	4,4	4,9	6,1	6,8	10,4	18,4	19,6

Вариант 10. В таблице приведены данные о численности работников по предприятиям.

Предприятие	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Среднее годовое число работников	272	277	278	284	318	338	360	367	370
Общая сумма производственных затрат	239	254	288	316	320	345	389	370	356

Задание № 3. РЕШЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ

Многочисленные проблемы, связанные с распределением и использованием финансовых, трудовых и других ресурсов, планированием, управлением и оценкой эффективности производства, управлением запасами, календарным планированием работ, могут быть формализованы и решены с использованием специальных математических методов, объединенных общим названием - математическое программирование.

Наиболее общая математическая постановка задачи математического программирования - определить значения переменных $x_1, x_2, \dots, x_n$, доставляющих максимум (минимум) заданной функции

$$F = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1)$$

при условиях

$$g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq, \geq, = b_i \quad i = \overline{1, m}$$

Функцию F принято называть целевой функцией или показателем эффективности исследуемой экономической операции.

Пример выполнения задания

Содержательная постановка задачи математического программирования.

Предприятие выпускает два вида изделий. Суточные ресурсы предприятия

следующие: 700 единиц производственного оборудования; 800 единиц сырья; 600 единиц энергоресурсов. Расходы каждого вида ресурсов на единицу изделий каждого типа представлены в табл. 4

Таблица 4

Исходные данные задачи оптимизации

Ресурсы	Виды изделий	
	А	В
Оборудование	2	4
Сырьё	1	5
Э/ресурсы	3	2

Цена единицы изделия первого вида равна 8 ден. ед., изделия второго вида - 6 ден. ед.

Сколько продукции каждого вида необходимо производить в сутки, чтобы выручка от её реализации была наибольшей?

Допущение: вся произведенная продукция реализуется. В данной задаче показателем эффективности F является выручка; переменными x_1, x_2, x_3 - физические объемы производимой ткани первого, второго и третьего вида соответственно; ограничения $q_i (i = 1, 2, 3)$ связаны с располагаемыми ресурсами.

Общая характеристика задачи линейного программирования

Задача линейного программирования (ЛП) в общей постановке состоит в отыскании значений n переменных $x_1, x_2, \dots$, доставляющих экстремум функции:

$$f(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max$$

при условиях

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad (i = \overline{1, m})$$

условие неотрицательности получаемого решения

$$x_j \geq 0 \quad (j = \overline{1, n})$$

ИЛИ

$$\begin{aligned} F &= c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \rightarrow \max \\ a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &\leq b_1; \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &\leq b_2; \\ &\vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n &\leq b_m. \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n &\geq 0. \end{aligned}$$

Как следует из приведенных выражений, условия (ограничения) представляют собой систему нестрогих линейных неравенств, а показатель эффективности F является аддитивной линейной функцией n переменных.

Формально-математическая постановка задачи соответствует общей постановке задачи линейного программирования.

Требуется определить значения переменных x_1, x_2, x_3 , доставляющие максимум целевой функции

$$f(x) = 8x_1 + 6x_2 \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$2x_1 + 4x_2 \leq 700;$$

$$x_1 + 5x_2 \leq 800;$$

$$3x_1 + 2x_2 \leq 600.$$

Ограничения-неравенства в задачах линейного программирования замещают равенствами, введя дополнительные переменные. Тогда, получим

$$2x_1 + 4x_2 + x_3 = 700;$$

$$x_1 + 5x_2 + x_4 = 800;$$

$$3x_1 + 2x_2 + x_5 = 600,$$

где x_3, x_4, x_5 - дополнительные переменные.

С учетом последнего положения постановка задачи линейного программирования в канонической форме может быть записана в виде:

найти значения n переменных $x_1, x_2, \dots, x_n$, доставляющие экстремум функции

$$F = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \rightarrow \max$$

при условиях

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n + X_{n+1} = b_1;$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n + X_{n+2} = b_2;$$

$$\dots\dots\dots$$

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n + X_{n+m} = b_m.$$

Кроме того, дополнительно вводится условие неотрицательности всех переменных

$$\forall X_i \geq 0, i = \overline{1, (n+m)}.$$

Последнее условие требует, чтобы решение задачи было допустимым, т.е. неотрицательным.

В ряде случаев система ограничений может отличаться от представленной. Однако следует помнить о том, что приведенная постановка задачи линейного программирования является общей, а значит, остальные случаи могут быть сведены к ней.

Допустимое решение $(x_1, x_2, \dots, x_n)$, при котором функция (показатель) F принимает оптимальное (наилучшее) значение, называют оптимальным.

Частное решение представленной системы уравнений, получаемое приравнением нулю n из $(n + m)$ переменных, называют базисным. При этом переменные, приравненные нулю, принято называть неосновными, или свободными. Оставшиеся переменные называют основными.

Оптимальное решение задачи ЛП ищут среди допустимых базисных решений. Для этого используют специфические свойства задачи ЛП, которые вводят рядом теорем. Из этих теорем непосредственно следует справедливость следующего положения:

Экстремум целевой функции является абсолютным и достигается хотя бы в одной крайней точке многогранника, задающего область определения задачи ли-

нейного программирования; данная точка соответствует допустимому базисному решению системы - уравнений ограничений.

Для решения задач линейного программирования в зависимости от их специфики применяют различные методы:

геометрический метод; симплекс-метод; распределительный метод и др.

Геометрический подход к решению задач линейного программирования

Если система ограничений задачи ЛП задана в виде системы линейных неравенств с двумя переменными, то такая задача может быть решена геометрически.

Если размерность задачи линейного программирования позволяет представить область определения переменных в виде многоугольника, расположенного в первом квадранте системы координат, то экстремум целевой функции находится в одной из его вершин, а её координаты соответствуют оптимальному решению.

В системе координат $(x_1, 0, x_2)$ строим график линейной зависимости, полученной переходом от первого неравенства к равенству (рис. 5):

$$2X_1 + 4X_2 \leq 700 \rightarrow 2X_1 + 4X_2 = 700 \rightarrow X_2 = 175 - \frac{1}{2}X_1.$$

Для построения графика прямой линии достаточно определить координаты двух точек, через которые проходит эта линия. Например, приравняв x_1 к нулю, получим $x_2 = 175$, а придав переменной x_1 значение 350, получим $x_2 = 175 - 350/2 = 0$. Итак, координаты искомых точек $(x_1 = 0, x_2 = 175)$ и $(x_1 = 350, x_2 = 0)$.

По аналогии получаем выражения для двух других линейных зависимостей

$$X_2 = 160 - \frac{1}{5}X_1;$$

$$X_2 = 300 - \frac{3}{2}X_1.$$

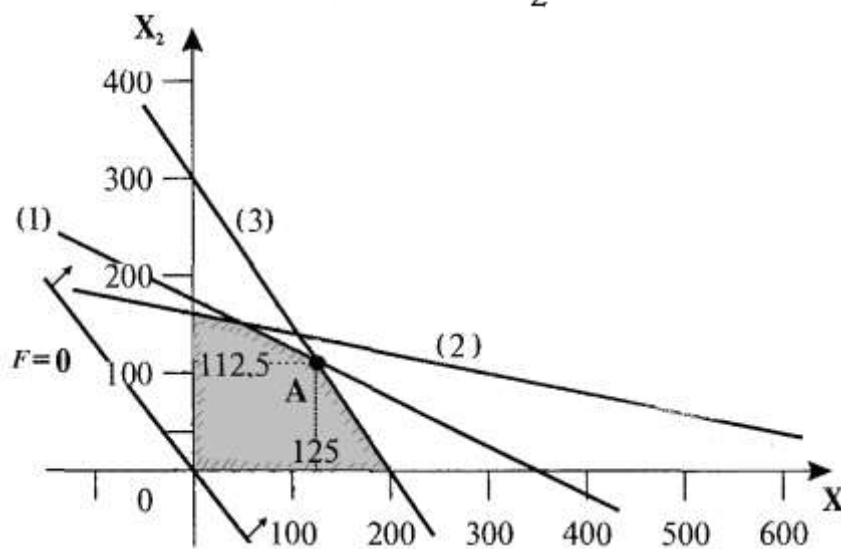


Рис. 5. Графическая интерпретация решения оптимизационной задачи

Изображаем графики данных зависимостей в той же системе координат и штриховкой выделяем область определения рассматриваемой задачи.

Затем на том же рисунке (рис. 5) изображаем прямую, полученную с использованием целевой функции для случая $F = 0$.

$$F = 8x_1 + 6x_2 = 0; \quad x_2 = -\frac{4}{3}x_1.$$

График данной линейной зависимости перемещаем параллельно самому себе до вершины с максимальным значением целевой функции (при поиске минимума - линию, соответствующую функции цели перемещаем в противоположном направлении).

Координаты данной вершины (точка А) и соответствуют оптимальному решению задачи.

В этой точке пересекаются линии (1) и (3). Решая совместно систему из двух уравнений, соответствующих этим линиям, получаем координаты точки А:

$$x_2 = 300 - \frac{3}{2}x_1.$$

$$x_2 = 175 - \frac{1}{2}x_1.$$

Вычтем из первого уравнения второе и получим:

$$0 = 125 - x_1$$

отсюда

$$x_1 = 125.$$

Подставляя найденное значение в одно из уравнений, получим

$$x_2 = 175 - \frac{1}{2} 125$$

отсюда

$$x_2 = 112,5.$$

Подставляя значения переменных в целевую функцию, получим

$$F = 8 \cdot 125 + 6 \cdot 112,5 = 1675.$$

Выводы: продукции первого вида должно быть произведено 125 единиц, второго вида – 112,5. Максимальная выручка от реализации продукции составит 1675 ден.ед.

Варианты заданий

Вариант 1. Предприятие, располагающее ресурсами сырья четырех видов А, В, С и D, может производить продукцию двух видов P_1 , P_2 . В таблице указаны затраты ресурсов на изготовление 1 т продукции, объем ресурсов и прибыль, получаемая от продажи 1 т соответствующей продукции.

Вид сырья	Вид продукции		Объем ресурсов, т
	P1	P2	
А	4	1	7
В	1	2	10
С	3	1	6
Д	6	1	10
Прибыль, д.е.	7	2	

Определить ассортимент выпускаемой продукции, при котором полученная прибыль будет максимальной.

Вариант 2. Для изготовления двух видов изделий А и В завод использует в качестве сырья алюминий и медь. На изготовление изделий заняты токарные и фрезерные станки. Исходные данные задачи приведены в таблице:

Вид сырья	Объём ресурсов	Нормы расходов на 1 изд..	
		А	В
Алюминий, кг	4	0	1
Медь, кг	7	4	1
Токарные станки, станко-час	5	2	1
Фрезерные станки, станко-час	10	6	1
Прибыль на 1 изд, д.е.		4	3

Определить ассортимент выпускаемой продукции, при котором полученная прибыль будет максимальной.

Вариант 3. Фирма производит два вида продуктов K_1 и K_2 . Для изготовления продуктов применяются машины А, В, С и D. Время необходимое для изготовления продуктов K_1 и K_2 на разных машинах, допустимое время использования машин, а также прибыль от продажи продуктов приведены в таблице:

Машины	Допустимое время, час	Необходимое время, час	
		K_1	K_2
А	10	5	1
В	9	4	2
С	5	1	2
Д	7	1	3
Прибыль, д.е.		5	2

Какое количество каждого продукта необходимо произвести, чтобы прибыль была максимальной?

Вариант 4. Для изготовления двух видов изделий А и В завод использует в качестве сырья алюминий и медь. На изготовление изделий заняты токарные и фрезерные станки. Исходные данные задачи приведены в таблице:

Вид сырья	Объём ресурсов	Нормы расходов на 1 изд..	
		А	В
Алюминий, кг	2	1	0
Медь, кг	6	1	1
Токарные станки, станко-час	7	2	1
Фрезерные станки, станко-час	10	4	1
Прибыль на 1 изд, д.е.		4	3

Определить ассортимент выпускаемой продукции, при котором полученная прибыль будет максимальной.

Вариант 5. Фирма производит два вида продуктов K_1 и K_2 . Для изготовления продуктов применяются машины А, В, С и D. Время необходимое для изготовления продуктов K_1 и K_2 на разных машинах, допустимое время использования машин, а также прибыль от продажи продуктов приведены в таблице:

Машины	Допустимое время, час	Необходимое время, час	
		K_1	K_2

A	4	0	1
B	7	4	1
C	5	2	1
D	10	6	1
Прибыль, д.е.		10	4

Какое количество каждого продукта необходимо произвести, чтобы прибыль была максимальной?

Вариант 6. Предприятие, располагающее ресурсами сырья четырех видов А, В, С и D, может производить продукцию двух видов P_1 , P_2 . В таблице указаны затраты ресурсов на изготовление 1 т продукции, объем ресурсов и прибыль, получаемая от продажи 1 т соответствующей продукции.

Вид сырья	Вид продукции		Объем ресурсов, т
	P_1	P_2	
A	0	1	5
B	1	0	4
C	2	1	9
D	2	1	6
Прибыль, д.е.		2	5

Определить ассортимент выпускаемой продукции, при котором полученная прибыль будет максимальной.

Вариант 7. Для изготовления двух видов изделий А и В завод использует в качестве сырья алюминий и медь. На изготовление изделий заняты токарные и фрезерные станки. Исходные данные задачи приведены в таблице:

Вид сырья	Объем ресурсов	Нормы расходов на 1 изд..	
		A	B
Алюминий, кг	12	3	2
Медь, кг	20	1	4
Токарные станки, станко-час	7	2	1
Фрезерные станки, станко-час	3	1	0
Прибыль на 1 изд, д.е.		4	1

Определить ассортимент выпускаемой продукции, при котором полученная прибыль будет максимальной.

Вариант 8. Фирма производит два вида продуктов K_1 и K_2 . Для изготовления продуктов применяются машины А, В, С и D. Время необходимое для изготовления продуктов K_1 и K_2 на равных машинах, допустимое время использования машин, а также прибыль от продажи продуктов приведены в таблице:

Машины	Допустимое время, час	Необходимое время, час	
		K_1	K_2
A	4	0	1
B	5	2	1
C	7	4	1
D	3	2	0
Прибыль, д.е.		2	3

Какое количество каждого продукта необходимо произвести, чтобы прибыль была максимальной?

Вариант 9. Предприятие, располагающее ресурсами сырья четырех видов А, В, С и D, может производить продукцию двух видов P_1 , P_2 . В таблице указаны затраты ресурсов на изготовление 1 т продукции, объем ресурсов и прибыль, получаемая от продажи 1 т соответствующей продукции.

Вид сырья	Вид продукции		Объем ресурсов, т
	P1	P2	
А	0	1	5
В	2	1	4
С	4	1	7
Д	2	0	3
Прибыль, д.е.	6	2	

Определить ассортимент выпускаемой продукции, при котором полученная прибыль будет максимальной.

Вариант 10. Для изготовления двух видов изделий А и В завод использует в качестве сырья алюминий и медь. На изготовление изделий заняты токарные и фрезерные станки. Исходные данные задачи приведены в таблице:

Вид сырья	Объем ресурсов	Нормы расходов на 1 изд..	
		А	В
Алюминий, кг	4	0	1
Медь, кг	5	2	1
Токарные станки, станко-час	7	4	1
Фрезерные станки, станко-час	3	2	0
Прибыль на 1 изд, д.е.		6	1

Определить ассортимент выпускаемой продукции, при котором полученная прибыль будет максимальной.

Задание № 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Допустим, что производственная система S состоит из n элементов $e_1, e_2, \dots, e_n$. Надёжности элементов (вероятности безотказной работы) известны $p_1, p_2, \dots, p_n$. Для безотказной работы системы, состоящей из нескольких последовательно соединённых элементов (например станков, объединённых в технологическую линию), нужно, чтобы работал безотказно каждый из её элементов. Тогда по правилу умножения вероятностей независимых событий надёжность P системы равна

$$P = \prod_{i=1}^n p_i = p_1 \cdot p_2 \cdot \dots \cdot p_n.$$



Рис. 6. Система из последовательно соединённых элементов

Задача. Определить надёжность системы, состоящей из десяти последовательно соединённых элементов, надёжность каждого из которых равна $p = 0,95$. Поскольку вероятности безотказной работы для всех элементов одинаковы, то вместо произведения используем возведение в степень

$$P = p^n = 0,95^{10} \approx 0,6.$$

Одним из путей повышения надёжности системы является резервирование её элементов. При этом дублирующие элементы включаются в систему параллельно тем, надёжность которых недостаточна. В этом случае надёжность P системы определяется из выражения

$$P = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i) = 1 - (1 - p_1)(1 - p_2) \cdot \dots \cdot (1 - p_n).$$

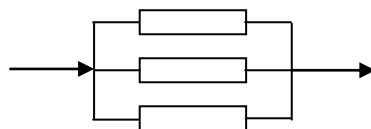


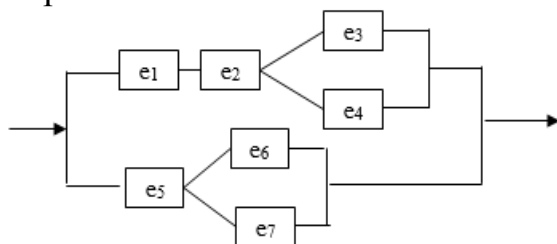
Рис. 7. Система из параллельно соединённых элементов

Задача. Определить надёжность системы, состоящей из трёх дублирующих друг друга элементов, надёжность каждого из которых составляет $p = 0,9$. Поскольку вероятности безотказной работы для всех элементов одинаковы, то вместо произведения используем возведение в степень

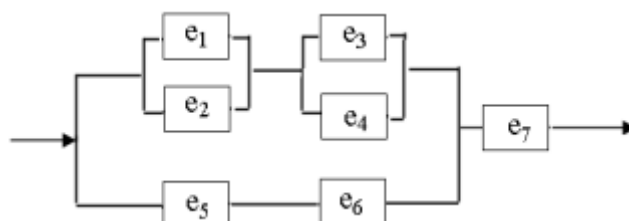
$$P = 1 - (1 - 0,9)^3 = 0,999.$$

Задание. Определить надёжность производственной системы из семи элементов, представленной следующими схемами.

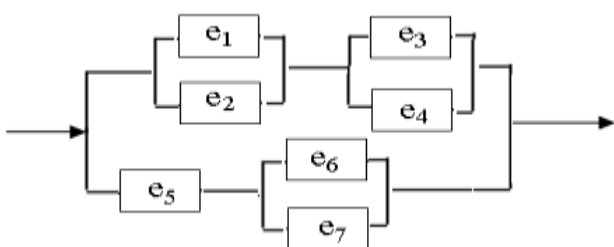
Вариант 1.



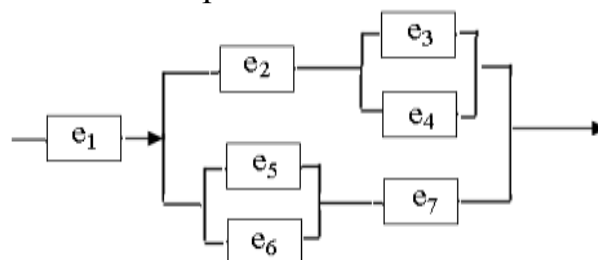
Вариант 2.



Вариант 3.

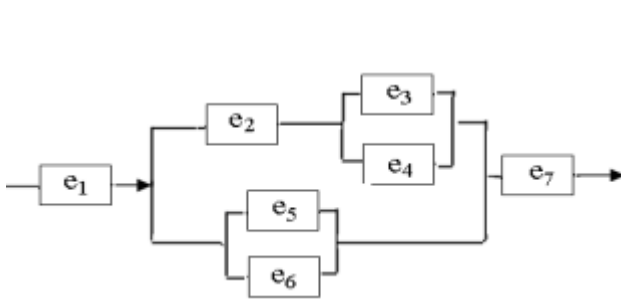


Вариант 4.

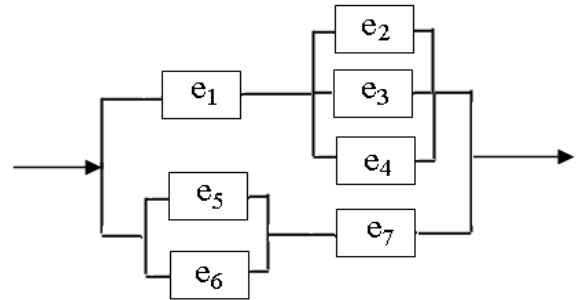


Вариант 5.

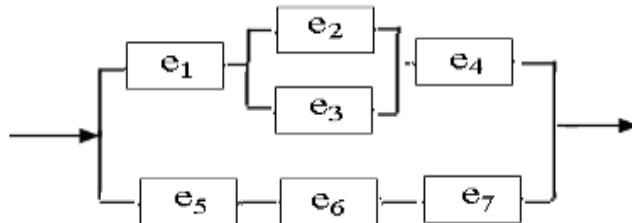
Вариант 6.



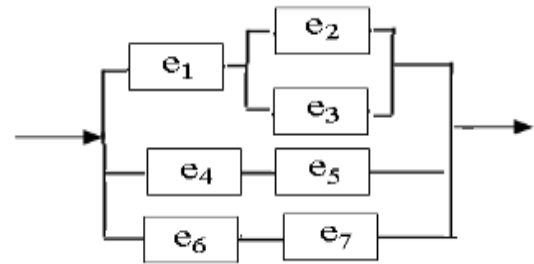
Вариант 7.



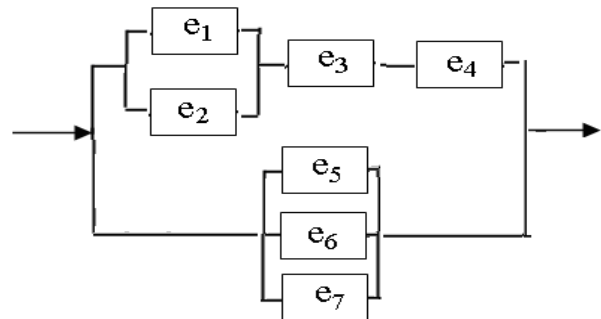
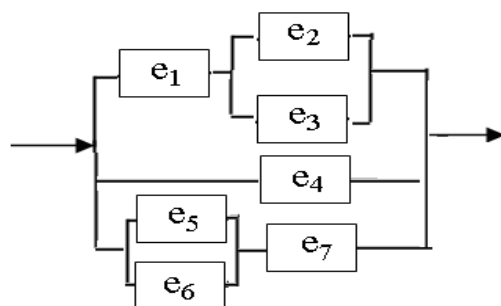
Вариант 8.



Вариант 9.



Вариант 10.



Варианты вероятностей безотказной работы элементов

Варианты	e ₁	e ₂	e ₃	e ₄	e ₅	e ₆	e ₇
1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,75
2	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,75	0,8
3	0,85	0,8	0,75	0,7	0,75	0,8	0,85
4	0,8	0,75	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9
5	0,75	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95
6	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	0,9
7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	0,9	0,85
8	0,8	0,85	0,9	0,95	0,9	0,85	0,8
9	0,85	0,9	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75
10	0,9	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7

4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

4.1 Тесты

1. Все экономические модели:

а) изоморфные б) гомогенные в) изогенные е) гомоморфные

2. Выберите наиболее подходящие ответы. К математическому моделированию производственно-экономических систем и процессов прибегают если:

а) математическая модель абсолютно адекватна моделируемому объекту

б) есть достаточно времени для проведения модельных экспериментов для всех возможных вариантов развития объекта

в) натурное экспериментирование занимает много времени

г) реальный объект труднодоступен

д) в штате фирмы состоит модельер

е) натурное экспериментирование дорогостояще

3. Обратная связь бывает:

а) одного типа, б) двух типов, в) трех типов, г) четырех типов

4. Цикломатическое число графа определяют по формуле

а) $V = N + n + 1$

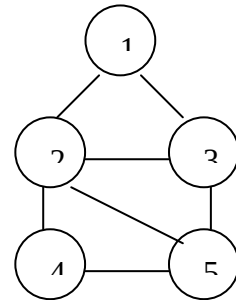
б) $V = N - n - 1$

в) $V = N - n + 1$

г) $V = N + n - 1$

д) $V = N - n - 1$

е) $V = n - N + 1$



5. Рассчитать цикломатическое число для следующего графа, имеющего 5 вершин и 7 рёбер

а) 12 б) -3 в) 1 г) -1 д) 3 е) 11

6. Энтропия – это

а) мера неопределенности экономической ситуации

б) мера колеблемости исследуемого параметра

в) профессиональное качество менеджера

7. Энтропия рассчитывается следующим образом:

а) $y = ax + b$

б) $t = \frac{3t_{\max} + 2t_{\min}}{5}$

в) $H = -\sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i$

г) $H = \log_2 n$

8. При повышении уровня организованности экономической системы энтропия
 а) растет б) уменьшается в) не изменяется
9. Регрессия это
 а) снижение квалификации управленческого персонала
 б) линия, вид зависимости средней результативного признака от факторного
 в) показатель разброса наблюдаемой величины вокруг среднего значения
10. Уравнение регрессии имеет вид:
 а) $AX + Y = X$ б) $Y = A_0 + A_1X$ в) $\sigma^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}$
11. Параметры уравнения регрессии геометрически представляют собой:
 а) смещение по оси абсцисс и синус угла наклона линии
 б) смещение по оси ординат и косинус угла наклона линии
 в) смещение по оси ординат и тангенс угла наклона линии
 г) смещение по оси абсцисс и тангенс угла наклона линии
12. Каковы возможные границы изменения коэффициента корреляции ?
 1) $-1 \leq r \leq 1$; 2) $-1 < r < 1$; 3) $0 \leq r \leq 1$.
13. Если коэффициент корреляции положителен, то в линейной модели:
 1) с ростом x уменьшится y ;
 2) с ростом x увеличится y ;
 3) с уменьшением x растет y .
14. Если коэффициент корреляции отрицателен, то в линейной модели:
 1) с ростом x уменьшится y ;
 2) с ростом x увеличится y ;
 3) с уменьшением x уменьшается y .
15. В задачах линейного программирования вектор-градиент показывает
 1) направление наискорейшего убывания значения целевой функции
 2) направление наискорейшего возрастания целевой функции
 3) направление в котором целевая функция не изменяет своего значения
16. Допустимое решение задачи линейного программирования:
 1) должно одновременно удовлетворять всем ограничениям задачи;
 2) должно удовлетворять некоторым, не обязательно всем, ограничениям задачи;
 3) должно быть вершиной множества допустимых решений;
 4) должно обеспечивать наилучшее значение целевой функции;
 5) не удовлетворяет указанным выше условиям.

17. При расчёте надёжности производственно-экономической системы, состоящей из последовательно соединённых элементов, используется выражение

1) $P = p_1 * p_2 * p_3$ 2) $P = p_1 + p_2 + p_3$ 3) $P = 1 - (1 - p_1)*(1 - p_2)*(1 - p_3)$

18. При расчёте надёжности производственно-экономической системы, состоящей из параллельно соединённых элементов, используется выражение

1) $P = p_1 * p_2 * p_3$ 2) $P = p_1 + p_2 + p_3$ 3) $P = 1 - (1 - p_1)*(1 - p_2)*(1 - p_3)$

19. Производственная система состоит из двух последовательно соединённых элементов, имеющих надёжность 0,9 и 0,8 – тогда надёжность системы равна

1) 0,1 2) – 0,1 3) 1,125 4) 0,89 5) 0,72 6) 1,7 7) 0,98

20. Производственная система состоит из двух параллельно соединённых элементов, имеющих надёжность 0,9 и 0,8 – тогда надёжность системы равна

1) 0,1 2) – 0,1 3) 1,125 4) 0,89 5) 0,72 6) 1,7 7) 0,98

4.2. Стандартные задания

Задание 1. В таблице приведены данные о численности работников по предприятиям и сумме производственных затрат (в д.е.).

Предприятие	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Среднее годовое число работников	272	277	278	284	318	338	360	367	370
Общая сумма производственных затрат	289	316	320	345	389	370	358	393	397

Задание 2. Имеются данные по объёму выпускаемой продукции и ее себестоимости.

Объём выпускаемой продукции, тыс.шт	21	29	20	28	27	26	25	24	23	22
Себестоимость, ден.ед	3,9	2,8	4,8	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,7

Задание 3. Известны данные о количестве слесарей-ремонтников на машиностроительных заводах и данные о количестве станко-смен.

Количество слесарей-ремонтников	37	18	23	36	44	73	56	48	143	207
Количество станкосмен 1000 ед.	0,8	0,5	0,8	0,8	0,8	2,2	1,4	2,3	6,4	6,3

Задание 4. В таблице приведены данные анализа зависимости себестоимости 1 тонны угля от среднемесячной производительности труда рабочего на шахтах-комбинатах

Среднемесячная производительность рабочего, м	21	24	28	30	34	35	36	39	40
Себестоимость 1 т угля, ден.ед	2,0	1,3	1,2	1,3	1,1	1,1	1,0	1,1	1,0

Задание 5. В таблице приведены данные по выработке на одного работающего и фондовооружённость. Определить уравнение связи и корреляционное отношение.

Предприятие	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фондовооружённость, ден.ед./чел	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,4	2,6	2,6	2,6
Выработка на 1 работающего, ден.ед./чел	3,3	4,3	3,4	5,5	4,0	5,1	3,0	4,2	3,8

4.3. Прикладные задания

Задание 1. Предприятие, располагающее ресурсами сырья четырех видов А, В, С и D, может производить продукцию двух видов P_1 , P_2 . В таблице указаны затраты ресурсов на изготовление 1 т продукции, объем ресурсов и прибыль, получаемая от продажи 1 т соответствующей продукции.

Вид сырья	Нормы расходов на 1 изд..		Объем ресурсов
	А	В	
Алюминий, кг	0	1	4
Медь, кг	2	1	5
Токарные станки, станко-час	4	1	7
Фрезерные станки, станко-час	2	0	3
Прибыль на 1 изд, д.е.	6	1	

Определить ассортимент выпускаемой продукции, при котором полученная прибыль будет максимальной.

Задание 2. Фирма производит два вида продуктов K_1 и K_2 . Для изготовления продуктов применяются машины А, В, С и D. Время необходимое для изготовления продуктов K_1 и K_2 на разных машинах, допустимое время использования машин, а также прибыль от продажи продуктов приведены в таблице:

Машины	Необходимое время, час		Допустимое время, час
	K_1	K_2	
А	0	1	4
В	2	1	5
С	4	1	7
Д	2	0	3
Прибыль, д.е.	2	3	

Какое количество каждого продукта необходимо произвести, чтобы прибыль была максимальной?

Задание 3. Фирма производит два вида продуктов K_1 и K_2 . Для изготовления продуктов применяются машины А, В, С и D. Время необходимое для изготовления продуктов K_1 и K_2 на разных машинах, допустимое время использования машин, а также прибыль от продажи продуктов приведены в таблице:

Машины	Необходимое время, час		Допустимое время, час
	K_1	K_2	
А	5	1	10
В	4	2	9

C	1	2	5
D	1	3	7
Прибыль, д.е.	5	2	

Какое количество каждого продукта необходимо произвести, чтобы прибыль была максимальной?

Задание 4. Машиностроительное предприятие для производства 2-х видов продукции использует 4 группы оборудования. Наличие оборудования, количество единиц каждого типа оборудования, необходимого для производства единицы продукции каждого вида, указаны в таблице:

Вид продукции	Группы оборудования			
	1	2	3	4
I	2	0	3	1
II	2	2	0	2
Наличие оборудования	18	12	21	18

Предприятие получает от одной единицы продукции А - 6 ден.ед., а от одной единицы продукции В - 4 ден.ед. прибыли. Сколько единиц продукции каждого вида должно производить предприятие, чтобы получить наибольшую прибыль?

Задание 5. Для производства двух видов продукции А и В завод использует 4 группы оборудования. Наличие оборудования, количество единиц каждого типа оборудования, необходимого для производства единицы продукции каждого вида указаны в таблице:

Вид продукции	Группы оборудования			
	I	II	III	IV
A	1	0	5	2
B	1	1	0	2
Наличие оборудования	18	12	24	18

Завод получает от одной единицы продукции А - 6 ден.ед., а от одной единицы продукции В - 4 ден.ед. прибыли. Сколько единиц продукции каждого вида должен производить завод, чтобы получить наибольшую прибыль ?

4.4. Вопросы для подготовки к зачёту

1. Дайте определение понятиям модель и моделирование
2. Что называется гипотезой и аналогией в моделировании систем
3. Какие современные средства вычислительной техники используются для моделирования систем
4. В чем сущность понятия системного подхода к моделированию систем на ЭВМ
5. В каком соотношении находятся понятия эксперимент и машинное моделирование
6. Каковы основные характерные черты машинной модели
7. В чем заключается цель моделирования на ЭВМ

8. Какие существуют классификационные понятия видов моделирования систем
9. Что собой представляет математическое моделирование систем
10. Какие особенности характеризуют имитационное моделирование систем
11. В чем суть методов статистического моделирования на ЭВМ
12. Чем определяется эффективность моделирования систем на ЭВМ
13. Что является экзогенными и эндогенными переменными в модели объекта
14. Что называется статической и динамической моделями объекта
15. В чем суть машинного моделирования на ЭВМ
16. Какие требования предъявляет пользователь к машинным моделям
17. Что называется концептуальной моделью системы
18. Каковы характерные особенности машинного эксперимента по сравнению с другими видами экспериментов
19. Какие виды факторов бывают в имитационном эксперименте с моделями систем
20. Что называется полным факторным экспериментом
21. Какова цель планирования машинных экспериментов
22. Что называется точностью и достоверностью результатов моделирования систем на ЭВМ
23. Как повысить точность результатов статистического моделирования
24. Каковы особенности имитационного эксперимента на ЭВМ при обработке результатов
25. Какие методы математической статистики используются для анализа результатов имитационного моделирования систем
26. Какова цель применения сетей Петри
27. Что такое позиция, переход, маркер, дуга
28. Каковы правила срабатывания переходов в сетях Петри
29. Какие методы используются при прогнозировании тенденций развития систем
30. Дайте определение понятиям интерполяция, аппроксимация, экстраполяция
31. Какие модели используются для аппроксимации опытных данных
32. Как определяются параметры уравнения регрессии и какова их интерпретация
33. Каким образом ранжируются оценки, данные экспертами
34. Как оценивается согласованность мнений экспертов и подтверждается статистическая значимость коэффициента согласованности
35. Как определить надежность сложных производственных систем
36. Понятие информации и энтропии в моделировании систем
37. Каковы методы моделирования структур производственных систем
38. Как формулируется оптимизационная модель линейного программирования
39. Как находится графическое решение задачи линейной оптимизации

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение дисциплины «Методы моделирования и прогнозирования экономики» направлено на получение знаний и общих представлений о современной теории и практики экономико-математического моделирования экономических процессов предприятия.

Кроме того, дисциплина «Методы моделирования и прогнозирования экономики» ориентирована на развитие умений и навыков обучающихся в части применения математического аппарата, методов оптимизации, системного анализа для принятия решений в области прогнозирования и моделирования при обосновании управленческих решений.

Изучение дисциплины «Методы моделирования и прогнозирования экономики» является одним из основных этапов в формировании высококвалифицированных кадров, которые необходимы предприятиям и организациям в современных условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 65(ББК) А 615 Амелин, С.В. Методы моделирования управленческих, экономических и бизнес-процессов [Электронный ресурс] . - Электрон. текстовые, граф. дан. (3,41 Мб). - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2015. - 1 файл. - 30-00. <http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>

2. Лихтенштейн В.Е. Математическое моделирование экономических процессов и систем : учебное пособие / Лихтенштейн В.Е., Росс Г.В.. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2018. — 129 с. — ISBN 978-5-4486-0350-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/74969.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей. до 13.06.2028 - DOI: <https://doi.org/10.23682/74969>

3. 65(ББК) А 615 Амелин, С.В. Методы моделирования управленческих, экономических и бизнес-процессов [Электронный ресурс] : Лабораторный практикум: Учеб. пособие. - Электрон. текстовые, граф. дан. (1,83 Мб). - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2015. - 1 файл. - 30-00. <http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>

4. Салмина Н.Ю. Моделирование социально-экономических систем и процессов : учебное пособие / Салмина Н.Ю.. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016. — 198 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/72139.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей. Лицензия: весь срок охраны авторского права

5. Байдаков А.Н. Моделирование бизнес-процессов : учебное пособие / А.Н. Байдаков [и др.]. — Ставрополь : Ставропольский государственный аграрный университет, 2017. — 180 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/76036.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей. Лицензия: весь срок охраны авторского права

6. Бояркин Г.Н. Моделирование бизнес-процессов : учебное пособие / Бояркин Г.Н., Кравченко К.В.. — Омск : Омский государственный технический университет, 2020. — 94 с. — ISBN 978-5-8149-3034-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/115430.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей. Лицензия: весь срок охраны авторского права

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.....	5
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ	6
4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ	28
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	33
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	34

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к изучению дисциплины, выполнению лабораторных работ и самостоятельной работы по дисциплине «Методы моделирования и прогнозирования экономики» для обучающихся по направлению 38.03.01 "Экономика", профилям "Экономика и финансы предприятий" и "Экономика предприятий и организаций (машиностроение)" всех форм обучения

Составитель:
Амелин Станислав Витальевич

В авторской редакции

Подготовлено к изданию 20.11.2021.
Уч.-изд. л. 2,8.

ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет"

394026 Воронеж, Московский просп., 14