

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ИВАНОВСКАЯ ПОЖАРНО-
СПАСАТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ
СЛУЖБЫ МИНИСТЕРСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И
ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ»**



**Методические рекомендации
для самостоятельной работы
обучающихся по дисциплине
«Основы математического
моделирования социально-экономических
процессов»**

(направление подготовки 38.03.04 «Государственное и муниципальное
управление»)

Иваново

Печникова А.Г.

Методические рекомендации по изучению дисциплины «Основы математического моделирования социально-экономических процессов» для обучающихся (далее – методические рекомендации) по направлению подготовки 38.03.04 «Государственное и муниципальное управление» – Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2021. – 28 с.

Методические рекомендации содержат краткое изложение дисциплины «Основы математического моделирования социально-экономических процессов» в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования и основной профессиональной образовательной программы высшего образования по направлению подготовки 38.03.04 «Государственное и муниципальное управление», советы по планированию и организации времени, необходимого на изучение дисциплины, пожелания по изучению отдельных тем курса, рекомендации по использованию материалов учебно-методического комплекса, рекомендации по работе с литературой; советы по подготовке к промежуточной аттестации.

Методические рекомендации рассмотрены на заседании кафедры основ экономики функционирования РСЧС.

Протокол № 4 от «20» ноября 2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

№ п/п	Наименование раздела	Стр.
1.	Введение	4
2.	Методические рекомендации по изучению тем дисциплины	6
2.1	Тема 1. Основные понятия математического моделирования социально-экономических процессов и систем	6
2.2	Тема 2. Основы линейного программирования	8
2.3	Тема 3. Транспортная задача	12
2.4	Тема 4. Целочисленное программирование	15
2.5	Тема 5. Понятие об игровых моделях	17
3.	Методические рекомендации для подготовки к промежуточной аттестации	21
4.	Словарь терминов по дисциплине «Основы математического моделирования социально-экономических процессов»	24

ВВЕДЕНИЕ

Целями освоения дисциплины «Основы математического моделирования социально-экономических процессов» являются:

- формирование у обучающихся знаний по формулированию экономико-математических моделей, их анализу и использованию для принятия управленческих решений;
- формирование у обучающихся знаний и представлений о методах познания социально-экономических процессов.

Дисциплина «Основы математического моделирования социально-экономических процессов» относится к обязательной части блока дисциплин Б1 образовательной программы по направлению подготовки 38.03.04 Государственное и муниципальное управление (уровень бакалавриата), профиль «Управление в МЧС».

При изучении дисциплины планируется проведение лекций, практических занятий, лабораторных работ, контроля самостоятельной работы. Основное учебное время отводится на проведение лекционных, практических занятий.

Кроме основной и дополнительной литературы, приведенной ниже, при изучении дисциплины рекомендуется использовать справочную литературу, научные издания, сборники публикаций научных конференций и др.

Литература

а) основная литература:

1. Исследование операций в экономике [Текст]: учебное пособие для вузов / ред. Н. Ш. Кремер. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2013. - 438 с.
2. Орлова И. В. Экономико-математические методы и модели: компьютерное моделирование: учеб. пособие / И. В. Орлова, В. А. Половников. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Вузовский учебник, 2018. - 389 с.
3. Экономико-математические методы и прикладные модели: учебник для бакалавров/В.В. Федосеев, А.Н. Гармаш, И.В.Орлова; Под ред. В.В. Федосеева. -3-е изд., перераб. и доп.-М.: Юрайт, 2013. -328с.

б) дополнительная литература:

4. Информационные системы и технологии в экономике и управлении: учебник /под ред. Проф. В.В. Трофимова. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2011. – 512 с.
5. Высшая математика для экономического бакалавриата [Текст]: учебник и практикум / ред. Н. Ш. Кремер. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Юрайт, 2012. - 909 с.

в) нормативная литература:

6. Налоговый кодекс Российской Федерации часть первая от 31 июля 1998 г. № 146-ФЗ и часть вторая от 5 августа 2000 г. N 117-ФЗ (с изменениями и дополнениями).
7. ГОСТ ISO 9000-2011 Системы менеджмента качества (с изменениями и дополнениями).

8. О размещении заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных и муниципальных нужд [Электронный ресурс]: федер. закон от 21.07.2005 № 94-ФЗ в ред. от 07.12.2011. – Режим доступа: Консультант Плюс.

г) базы данных, поисковые системы, электронно-библиотечные системы (электронные библиотеки) и электронные образовательные ресурсы:

9. Образовательный сервер Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России. – Режим доступа: <http://192.168.32.106/eduserver/>

10. Электронная библиотека академии <http://Bibliomchs37.ru>.

11. Единая ведомственная электронная библиотека МЧС России сеть Интранет по адресу: 10.46.0.45.

12. ЭБС «Юрайт».

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Основные понятия математического моделирования социально-экономических процессов и систем

1. Цель: изучить основные понятия, связанные с системным анализом и моделированием социально-экономических систем, этапы экономико-математического моделирования, классификация экономико-математических методов и моделей.

Методические рекомендации по изучению темы

В данной теме изложены вопросы, связанные с математическим моделированием. Рассмотрено моделирование как метод научного познания, сущность экономико-математического моделирования, понятие математической модели.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите, что такое модель?
2. Назовите, что называется моделированием?
3. Перечислите, где применяются модели?
4. В чем состоит особенность моделирования как методологии?
5. Каковы основные преимущества моделирования?
6. Как классифицируются модели?
7. В чем состоят преимущества и недостатки математических моделей по сравнению с натурными моделями?
8. Как классифицируются математические модели?
9. Чем объясняется широкое распространение математических
10. Какие бывают математические модели в зависимости от используемого математического аппарата?
11. В чем заключаются отличия линейных моделей от нелинейных?

Тесты для самоконтроля

№ п/п	Вопросы	Варианты ответов
1.	Какие модели описывают процессы в которых отсутствуют всякие случайные величины и даже случайные процессы.	а) Детерминированные; б) Стахостические; в) Стахостические; г) Физические.
2.	Математическая модель используется:	а) При исследовании виртуального нематематического объекта; б) При исследовании реального нематематического объекта; в) При исследовании абстрактного нематематического объекта; г) При исследовании эффективного нематематического объекта.

№ п/п	Вопросы	Варианты ответов
3.	Различают следующие классы моделей:	а) По использованному при построении модели графическому материалу, по характеру неопределенности целей операции и по числу критериев, характеризующих операцию; б) По использованному при построении модели графическому материалу, по характеру определенности целей операции и по числу критериев, характеризующих операцию; в) По использованному при построении модели математическому аппарату, по характеру неопределенности целей операции и по числу критериев, характеризующих операцию; г) По использованному при построении модели графическому материалу, по характеру неопределенности целей операции и по числу входных каналов.
4.	Модель – это	а) аналог (образ) оригинала, но построенный средствами и методами отличными от оригинала; б) подобие оригинала; в) копия оригинала; г) нет правильного ответа.
5.	Экономико-математическая модель – это:	а) математическое представление экономической системы (объектов, задачи, явлений, процессов и т. п.); б) качественный анализ и интуитивное представление объектов, задач, явлений, процессов экономической системы и ее параметров; в) эвристическое описание экономической системы (объектов, задачи, явлений, процессов и т. п.); г) нет правильного ответа.
6.	Вид моделирования, в котором отображаются вероятностные процессы:	а) Детерминированное; б) Динамическое ; в) Стахостическое; г) Физическое.

Вопросы для самостоятельного изучения

Используя материал, изложенный [1, 2, 3, 4, 5] изучить вопросы.

1. Принцип гомоморфизма – научная основа моделирования.
2. Свойства сложных систем.

Темы докладов и рефератов

1. Роль и место моделирования в создании и исследовании систем.
2. Критерии качества математических моделей.
3. Основы математического моделирования: требования к моделям, свойства моделей, составление моделей, примеры.
4. Классификация методов построения моделей систем.
5. Построение моделей идентификации поисковыми методами.

6. Оценка точности и достоверности результатов моделирования.
7. Технология построения моделей (в общем случае и для конкретных схем).
8. Математическое моделирование как наука и искусство.

Перечень литературы и учебно-методических материалов для самостоятельной подготовки по теме

а) основная литература:

1. Исследование операций в экономике [Текст]: учебное пособие для вузов / ред. Н. Ш. Кремер. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2013. - 438 с.
2. Орлова И. В. Экономико-математические методы и модели: компьютерное моделирование: учеб. пособие / И. В. Орлова, В. А. Половников. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Вузовский учебник, 2018. - 389 с.
3. Экономико-математические методы и прикладные модели: учебник для бакалавров/В.В. Федосеев, А.Н. Гармаш, И.В.Орлова; Под ред. В.В. Федосеева. -3-е изд., перераб. и доп.-М.: Юрайт, 2013. -328с.

б) дополнительная литература:

4. Информационные системы и технологии в экономике и управлении: учебник /под ред. Проф. В.В. Трофимова. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2011. – 512 с.
5. Высшая математика для экономического бакалавриата [Текст]: учебник и практикум / ред. Н. Ш. Кремер. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Юрайт, 2012. - 909 с.

Тема 2. Основы линейного программирования

1. **Цель:** изучить Принцип оптимальности в планировании и управлении, формы записи задачи линейного программирования и ее экономическая интерпретация, основные теоремы линейного программирования, геометрический метод решения ЗЛП, симплексный метод решения ЗЛП, суть и теоремы двойственной задачи.

Методические рекомендации по изучению темы

В данной теме рассмотрены примеры экономических задач, решаемых методами математического программирования. Классификация основных методов математического программирования. Симплекс-метод и графический метод решения задач линейного программирования. Двойственные задачи, экономическая интерпретация пары двойственных задач; теоремы двойственности, их экономическая интерпретация.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите основные предположения, которым должна удовлетворять модель линейного программирования (ЛП).
2. Назовите основные этапы формализации задачи ЛП.
3. Сформулируйте проблему, которую можно формализовать как задачу ЛП.
4. Дайте определение задачи ЛП.

5. Дайте определение допустимого решения задачи ЛП и допустимого множества решений задачи ЛП.
6. Что понимают под оптимальным решением задачи ЛП?
7. Дайте определение выпуклого множества.
8. Что такое крайняя (экстремальная) точка множества?
9. Какую структуру имеет множество допустимых решений задачи ЛП?
10. Сформулируйте алгоритм геометрического метода решения задачи ЛП.
11. В чем отличие решения задачи ЛП максимизации от задачи ЛП минимизации при геометрическом методе?
12. Сколько решений может иметь задача ЛП?

Тесты для самоконтроля

№ п/п	Вопросы	Варианты ответов
1.	Найти экстремум функции $f(x)$ при выполнении ограничений $R_i(x) = a_i$, $f(x) \leq b_j$, наложенных на параметры функции – это задача:	а) условной оптимизации; б) линейного программирования; в) безусловной оптимизации; г) нелинейного программирования.
2.	Задача, включающая целевую функцию f и функции Φ , входящие в ограничения, является задачей линейного программирования, если:	а) все Φ и f являются линейными функциями относительно своих аргументов; б) все Φ являются линейными функциями относительно своих аргументов, а функция f – нелинейна; в) функция f является линейной относительно своих аргументов, а функции Φ – нелинейны; г) только часть функций Φ и функция f являются линейными относительно своих аргументов.
3.	В задачах линейного программирования решаемых симплекс-методом искомые переменные должны быть:	а) неотрицательными; б) положительными; в) свободными от ограничений; г) любыми.
4.	Симплексный метод решения задач линейного программирования включает:	а) определение одного из допустимых базисных решений поставленной задачи (опорного плана); б) определение правила перехода к не худшему решению; в) проверку оптимальности найденного решения; г) определение одного из допустимых базисных решений поставленной задачи (опорного плана), определение правила перехода к не худшему решению, проверка оптимальности найденного решения.
5.	Критерием остановки вычислений в алгоритме поиска оптимального решения методами одномерной оптимизации является условие:	а) отношение длины текущего интервала неопределенности к длине первоначального интервала меньше заданной величины ε ; б) значение целевой функции (ЦФ), вычисленное в текущей точке, меньше значения ЦФ, вычисленного в последующей точке; в) отношение длины текущего интервала

№ п/п	Вопросы	Варианты ответов
		неопределенности к длине первоначального интервала больше заданной величины ε ; г) значение ЦФ, вычисленное в текущей точке, меньше значения ЦФ, вычисленного в предыдущей точке.
6.	Графический способ решения задачи линейного программирования – это:	а) построение прямых, уравнения которых получаются в результате замены в ограничениях знаков неравенств на знаки точных равенств; б) нахождение полуплоскости, определяемой каждым из ограничений задачи; в) построение прямой $F = h = \text{const} \geq 0$, проходящей через многоугольник решений; г) все перечисленные ответы.
7.	Задача линейного программирования не имеет конечного оптимума, если:	а) в точке А области допустимых значений достигается максимум целевой функции F; б) в точке А области допустимых значений достигается минимум целевой функции F; в) система ограничений задачи несовместна; г) целевая функция не ограничена сверху на множестве допустимых решений.
8.	Модель задачи линейного программирования, в которой целевая функция исследуется на максимум и система ограничений задачи является системой уравнений, называется:	а) стандартной; б) канонической; в) общей; г) основной.
9.	Задача линейного программирования может достигать максимального значения:	а) только в одной точке; б) в двух точках; в) во множестве точек; г) в одной или двух точках.
10.	Если в прямой задаче, какое-либо ограничение является неравенством, то в двойственной задаче соответствующая переменная:	а) неотрицательна; б) положительна; в) свободна от ограничений; г) отрицательна.

Практические задания для самостоятельного выполнения

Задание 1.

Решить задачу графическим методом.

$$\begin{aligned}
 &L(x) = 2x_1 - x_2 \rightarrow \max \\
 &\begin{cases} x_1 - 2x_2 \leq 0 \\ -x_1 - 2x_2 + 2 \leq 0 \\ 2x_1 + x_2 - 10 \leq 0 \\ x_1 - 1 \geq 0 \\ x_2 \leq 6 \\ x_1, x_2 \geq 0 \end{cases}
 \end{aligned}$$

Задание 2.

Решить симплекс-методом задачу линейного программирования.

$$F(x) = 9x_1 + 5x_2 + 4x_3 + 3x_4 + 2x_5 \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} x_1 - 2x_2 + 2x_3 \leq 6 \\ x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 = 24 \\ 2x_1 + x_2 - 4x_3 + x_5 = 30 \\ x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \geq 0 \end{cases}$$

Задание 3.

Составить задачу, двойственную данной.

$$L(x) = 3x_1 - 2x_2 \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} 2x_1 + x_2 \leq 2 \\ x_1 - 2x_2 \geq -1 \end{cases}$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

Вопросы для самостоятельного изучения

Используя материал, изложенный [1, 2, 3, 4, 5] изучить вопросы.

1. Математический аппарат: матрицы и определители, решение систем линейных уравнений и линейные векторные пространства.
2. Постановка задач линейного программирования.
3. Три типа задач анализа чувствительности.
4. Методика графического анализа чувствительности оптимального решения.

Темы докладов и рефератов

1. Сети массового обслуживания и их применение.
2. Типовые математические модели сетей массового обслуживания (открытых и замкнутых).
3. Анализ сложных систем с помощью моделей клеточных автоматов.
4. Эволюционное моделирование и генетические алгоритмы.
5. Современные подходы имитационного моделирования.
6. Распределенные системы имитационного моделирования.
7. Моделирование и анализ распределенных информационных систем.

**Перечень литературы и учебно-методических материалов
для самостоятельной подготовки по теме**

а) основная литература:

1. Исследование операций в экономике [Текст]: учебное пособие для вузов / ред. Н. Ш. Кремер. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2013. - 438 с.
2. Орлова И. В. Экономико-математические методы и модели: компьютерное моделирование: учеб. пособие / И. В. Орлова, В. А. Половников. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Вузовский учебник, 2018. - 389 с.
3. Экономико-математические методы и прикладные модели: учебник для

бакалавров/В.В. Федосеев, А.Н. Гармаш, И.В. Орлова; Под ред. В.В. Федосеева. -3-е изд., перераб. и доп.-М.: Юрайт, 2013. -328с.

б) дополнительная литература:

4. Информационные системы и технологии в экономике и управлении: учебник /под ред. Проф. В.В. Трофимова. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2011. – 512 с.

5. Высшая математика для экономического бакалавриата [Текст]: учебник и практикум / ред. Н. Ш. Кремер. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Юрайт, 2012. - 909 с.

Тема 3. Транспортная задача

Цель: изучить постановку и виды транспортных задач (ТЗ), ограничения и критерии оптимизации, а так же составление математической модели ТЗ, методы решения ТЗ.

Методические рекомендации по изучению темы

В данной теме изучаются экономическая и математическая формулировки транспортной задачи. Метод потенциалов. Основные способы построения начального опорного решения. Постановка задачи.

Вопросы для самоконтроля

1. Какова принципиальная суть транспортной задачи и ее особенностей?
2. Какая экономико-математическая модель транспортной задачи называется открытой (закрытой)? Структура экономико-математической модели транспортной задачи.
3. Какие специальные методы используются для получения допустимого базисного и оптимального решения транспортной задачи?
4. Охарактеризовать суть и алгоритм метода северо-западного угла. Почему он так называется?
5. В чем состоит проверка исходного плана транспортной задачи на вырожденность?
6. Пояснить суть и алгоритм метода минимального элемента и метода Фогеля.
7. Охарактеризовать суть и алгоритм метода потенциалов.
8. Что называется потенциалом строки (столбца) транспортной таблицы?
9. Пояснить понятие цикла в транспортной таблице метода потенциалов.
10. Назвать правила построения цикла транспортной таблицы.

Тесты для самоконтроля

№ п/п	Вопросы	Варианты ответов
1.	Транспортная задача является задачей Программирования	а) динамического; б) нелинейного; в) линейного; г) целочисленного.
2.	Если в транспортной задаче объем спроса равен объему предложения, то такая задача называется:	а) замкнутой; б) закрытой; в) сбалансированной; г) открытой.
3.	Критерий оптимизации транспортной задачи:	А) минимум затрат на продукцию; Б) удовлетворение всех затрат потребителей; В) максимум прибыли; Г) минимум затрат на доставку продукции.
4.	При построении опорного плана транспортной задачи методом северо-западного угла первой подлжет заполнению:	А) Клетка, расположенная в левом верхнем углу таблицы планирования; Б) Клетка, расположенная в правом верхнем углу таблицы планирования; В) Клетка с минимальным значением тарифа; Г) Клетка с максимальным значением тарифа.
5.	Особенности системы ограничений математической модели закрытой транспортной задачи:	А) коэффициенты при всех неизвестных по 1; Б) каждая переменная встречается только в двух уравнениях; В) система уравнений транспортной задачи симметрична относительно всех переменных; Г) все ответы верны;

Практические задания для самостоятельного выполнения

Задание 1.

Требуется составить:

- экономико-математическую модель задачи;
- найти оптимальное распределение поставок и минимальные затраты на перевозку, выполнив первоначальное распределение поставок методом северо-западного угла.

Таблица - Матрица условий (перевозок)

Пункты	В	В	В	В	Запасы
	1	2	3	4	
A ₁	1	2	4	1	50
A ₂	2	3	1	5	30
A ₃	3	2	4	4	10
Потребности	3 0	3 0	1 0	2 0	

Задание 2.

Требуется составить:

- экономико-математическую модель задачи;
- найти оптимальное распределение поставок и минимальные затраты на перевозку, выполнив первоначальное распределение поставок методом северо-западного угла.

Таблица - Матрица условий (перевозок)

Пункты	B_1	B_2	B_3	B_4	Запасы
A_1	5	8	1	2	210
A_2	2	5	4	9	170
A_3	9	2	3	1	65
Потребности	125	90	130	100	

Задание 3.

Требуется составить:

- экономико-математическую модель задачи;
- найти оптимальное распределение поставок и минимальные затраты на перевозку, выполнив первоначальное распределение поставок методом северо-западного угла.

Таблица 1- Матрица условий (перевозок)

Пункты	B_1	B_2	B_3	B_4	Запасы
A_1	1	2	3	5	50
A_2	4	1	1	2	40
A_3	1	2	5	10	60
Потребности	30	20	50	50	

Вопросы для самостоятельного изучения

Используя материал, изложенный [1, 2, 3, 4, 5] изучить вопросы.

1. Специальные случаи транспортных задач.
2. Решение открытой модели ТЗ методом потенциалов.

Темы докладов и рефератов

1. Специальные случаи транспортных задач.
2. Решение транспортной задачи при помощи табличного редактора Excel.

Перечень литературы и учебно-методических материалов для самостоятельной подготовки по теме

а) основная литература:

1. Исследование операций в экономике [Текст]: учебное пособие для вузов / ред. Н. Ш. Кремер. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2013. - 438 с.
2. Орлова И. В. Экономико-математические методы и модели: компьютерное моделирование: учеб. пособие / И. В. Орлова, В. А. Половников. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Вузовский учебник, 2018. - 389 с.
3. Экономико-математические методы и прикладные модели: учебник для бакалавров/В.В. Федосеев, А.Н. Гармаш, И.В.Орлова; Под ред. В.В. Федосеева. -3-е изд., перераб. и доп.-М.: Юрайт, 2013. -328с.

б) дополнительная литература:

4. Информационные системы и технологии в экономике и управлении: учебник /под ред. Проф. В.В. Трофимова. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2011. – 512 с.
5. Высшая математика для экономического бакалавриата [Текст]: учебник и практикум / ред. Н. Ш. Кремер. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Юрайт, 2012. - 909 с.

Тема 4. Целочисленное программирование

Цель: изучить элементы нелинейного программирования, задачу целочисленного программирования, методы решения задач целочисленного программирования.

Методические рекомендации по изучению темы

В данной теме представлены примеры задач целочисленного программирования, рассмотрены методы решения задач целочисленного программирования, метод ветвей и границ. Метод Гомори.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите сферы применения целочисленных моделей.
2. Представьте характеристику следующим понятиям: неделимость; целочисленная задача; целочисленная и булева переменные; взаимоисключение и взаимообусловленность.
3. Назовите классы задач дискретного программирования.
4. Какие задачи принадлежат к классу целочисленных задач линейного программирования?
5. Назовите, что такое экстремальные комбинаторные задачи?
6. Какие методы используют для решения целочисленных задач?

Тесты для самоконтроля

№ п/п	Вопросы	Варианты ответов
1.	Сколько допустимых планов может иметь задача линейного программирования (не целочисленная)?	а) 0 или 1 б) всегда 1 в) 0, 1 или бесконечное множество г) нет правильного ответа
2.	Задачей дискретного линейного программирования называется:	а) Задача линейного программирования без условий неотрицательности переменных; б) Задача линейного программирования с дополнительным условием целочисленности некоторых переменных; в) Задача линейного программирования без ограничений типа равенств; г) Задача линейного программирования без ограничений типа неравенств.
3.	Частично целочисленной задачей дискретного линейного программирования называется:	а) Задача дискретного программирования без условий неотрицательности переменных; б) Задача дискретного программирования, в которой условия целочисленности накладываются не на все переменные; в) Задача дискретного программирования без ограничений типа равенств; г) Задача дискретного программирования без ограничений типа неравенств.
4.	Сечение Гомори 1-го рода используется для решения:	а) Задач дискретного линейного программирования на минимум; б) Задач дискретного линейного программирования на максимум; в) Частично целочисленных задач дискретного линейного программирования; г) Целочисленных задач дискретного линейного программирования.

Практические задания для самостоятельного выполнения

Задание 1.

Решить целочисленную задачу линейного программирования методом Гомори.

В цехе размещены 100 станков 1-го типа и 200 станков 2-го типа, на каждом из которых можно производить детали A1 и A2. Производительность станков в сутки, стоимость 1 детали каждого вида и минимальный суточный план их выпуска представлен в таблице.

Таблица – Исходные данные

Детали	Производительность, деталей, сутки		Стоимость одной детали, руб.	Минимальный суточный план
	Тип 1	Тип 2		
A1	20	15	6	1510
A2	35	30	4	4500

Найти количество станков каждого типа, который необходимо выделить для производства деталей A_j , $j=1,2$, с таким расчетом, чтобы стоимость продукции производимой в сутки, была максимальной.

Вопросы для самостоятельного изучения

Используя материал, изложенный [1, 2, 3, 4, 5] изучить вопросы.

1. Методы полного перебора решения задач целочисленного программирования: последовательность основных этапов решения задачи.
2. Метод ветвей и границ: последовательность основных этапов решения задач.

Темы докладов и рефератов

1. Нелинейные математические модели
2. Квазилинейные модели
3. Феноменологические модели

Перечень литературы и учебно-методических материалов для самостоятельной подготовки по теме

а) основная литература:

1. Исследование операций в экономике [Текст]: учебное пособие для вузов / ред. Н. Ш. Кремер. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2013. - 438 с.
2. Орлова И. В. Экономико-математические методы и модели: компьютерное моделирование: учеб. пособие / И. В. Орлова, В. А. Половников. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Вузовский учебник, 2018. - 389 с.
3. Экономико-математические методы и прикладные модели: учебник для бакалавров/В.В. Федосеев, А.Н. Гармаш, И.В.Орлова; Под ред. В.В. Федосеева. -3-е изд., перераб. и доп.-М.: Юрайт, 2013. -328с.

б) дополнительная литература:

4. Информационные системы и технологии в экономике и управлении: учебник /под ред. Проф. В.В. Трофимова. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2011. – 512 с.
5. Высшая математика для экономического бакалавриата [Текст]: учебник и практикум / ред. Н. Ш. Кремер. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Юрайт, 2012. - 909 с.

Тема 5. Понятие об игровых моделях

Цель: изучить основные понятия, сокращение порядка платежных матриц, понятие смешанных стратегий и методы решения игр типа 2×2 , аналитический метод решения игры типа 2×2 , приведение игры к задаче линейного программирования.

Методические рекомендации по изучению темы

В данной теме изучаются игра как математическая модель конфликта, основные понятия теории игр: ход, стратегия, оптимальная стратегия, игрок,

конфликт, выигрыш, формальное представление игры, классификация игр, платежная матрица, нижняя и верхняя цена игры, минимаксная и максиминная стратегии, принципы решения задач с седловой точкой. Рассмотрены классификация игр, матричные игры, смешанные стратегии, матричные игры и линейное программирование.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите, что такое игра с точки зрения теории?
2. Перечислите основные виды игр? Их различия.
3. Какие игры называются антагонистическими?
4. Какие игры называются матричными?
5. Опишите, как представляется игра в нормальной форме?
6. Какие игры называются биматричными?
7. Какая ситуация в игре называется равновесной?
8. В каком случае в матричной игре есть равновесие в чистых стратегиях?
9. Что такое «максимин» и как его найти?
10. Что такое «минимакс» и как его найти?
11. Что такое нижняя цена игры и как её найти?
12. Что такое верхняя цена игры и как её найти?
13. Опишите, как найти решение матричной игры, если в ней нет равновесия в чистых стратегиях?

Тесты для самоконтроля

№ п/п	Вопросы	Варианты ответов
1.	Методы теории игр предназначены для решения задач:	А) с конфликтными ситуациями в условиях неопределенности Б) с полностью детерминированными условиями В) статистического моделирования Г) нет правильного ответа
2.	Стратегия игрока – это совокупность правил, определяющих выбор его действий при:	А) каждом ходе в зависимости от сложившейся ситуации в одном сеансе игры Б) одном ходе игры В) всех сеансах игры Г) нет правильного ответа
3.	Нижняя цена игры – это:	А) максимин, т.е. максимальный выигрыш по всем стратегиям одного из игроков среди минимальных значений выигрышей каждой его стратегии Б) гарантированный выигрыш одного из игроков при любой стратегии другого игрока В) минимакс, т.е. минимальный проигрыш по всем стратегиям одного из игроков среди максимальных значений проигрышей каждой его стратегии Г) нет правильного ответа

№ п/п	Вопросы	Варианты ответов
4.	Верхняя цена игры – это:	<p>А) минимакс, т.е. минимальный проигрыш по всем стратегиям одного из игроков среди максимальных значений проигрышей каждой его стратегии</p> <p>Б) гарантированный проигрыш одного из игроков при любой стратегии другого игрока</p> <p>В) максимин, т.е. максимальный выигрыш по всем стратегиям одного из игроков среди минимальных значений выигрышей каждой его стратегии</p> <p>Г) нет правильного ответа</p>
5.	Решение игры в чистых стратегиях определяется:	<p>А) ценой игры, равной нижней цене игры</p> <p>Б) ценой игры, равной верхней цене игры</p> <p>В) наличием седловой точки</p> <p>Г) всем перечисленным в ответах на это задание</p>

Практические задания для самостоятельного выполнения

Задание 1.

Найти верхнюю и нижнюю цену матричной игры, заданной матрицей

$$\begin{bmatrix} 4 & -12 & 12 & 3 \\ 16 & 4 & 17 & 1 \\ 7 & -3 & -11 & -1 \\ 7 & 19 & 5 & 7 \\ 1 & 17 & 9 & -1 \end{bmatrix}.$$

Имеет ли игра решение в чистых стратегиях? Если да, то найти его.

Задание 2.

Найти верхнюю и нижнюю цену матричной игры, заданной матрицей

$$\begin{bmatrix} 14 & -7 & -2 & -11 \\ 13 & -9 & -1 & -15 \\ 14 & -9 & 10 & 19 \\ -1 & 15 & 13 & -20 \\ 15 & -15 & 0 & -20 \end{bmatrix}$$

Имеет ли игра решение в чистых стратегиях? Если да, то найти его.

Задание 3.

Найти верхнюю и нижнюю цену матричной игры, заданной матрицей

$$\begin{bmatrix} 10 & 8 & 2 & -12 \\ 7 & 3 & 18 & 5 \\ 19 & -11 & 7 & -9 \\ 17 & 10 & -1 & 15 \\ 0 & 2 & 18 & 7 \end{bmatrix}$$

Имеет ли игра решение в смешанных стратегиях? Если да, то найти его.

Вопросы для самостоятельного изучения

Используя материал, изложенный [1, 2, 3, 4, 5] изучить вопросы.

1. Игры с бесконечным множеством чистых стратегий.
2. Игры, не имеющие цены.
3. Игры, связанные с выбором времени или распределением средств.
4. Стохастические игры.
5. Рекурсивные игры.

Темы докладов и рефератов

1. Теория игр и её практическое применение
2. История теории игр.
3. Классификация игр.
4. Позиционные игры.
5. Игры на выживание.
6. Теория игр и социология.
7. Матричные игры.
8. Игры со строгим соперничеством и с нестрогим соперничеством.
9. Игры с уравновешенными парами.

Перечень литературы и учебно-методических материалов для самостоятельной подготовки по теме

а) основная литература:

1. Исследование операций в экономике [Текст]: учебное пособие для вузов / ред. Н. Ш. Кремер. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Юрайт, 2013. - 438 с.
2. Орлова И. В. Экономико-математические методы и модели: компьютерное моделирование: учеб. пособие / И. В. Орлова, В. А. Половников. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Вузовский учебник, 2018. - 389 с.
3. Экономико-математические методы и прикладные модели: учебник для бакалавров/В.В. Федосеев, А.Н. Гармаш, И.В.Орлова; Под ред. В.В. Федосеева. -3-е изд., перераб. и доп.-М.: Юрайт, 2013. -328с.

б) дополнительная литература:

4. Информационные системы и технологии в экономике и управлении: учебник /под ред. Проф. В.В. Трофимова. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2011. – 512 с.
5. Высшая математика для экономического бакалавриата [Текст]: учебник и практикум / ред. Н. Ш. Кремер. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Юрайт, 2012. - 909 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Критерии оценки устного опроса

Отметка «5» ставится, если обучающийся глубоко и прочно усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, приводит примеры, не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами и практическими заданиями, не допускает ошибок.

Отметка «4» ставится, если обучающийся твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных ошибок в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических заданий, допускает неточности в ответе.

Отметка «3» ставится, если обучающийся усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, не совсем правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения в выполнении практических заданий.

Отметка «2» ставится, если обучающийся обнаруживает незнание большей части соответствующего раздела изучаемого материала, допускает ошибки в формулировке определений понятий, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «2» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению последующим материалом.

Критерии оценки тестовых работ

Отметка «5» ставится, если обучающийся выполнил все задания верно.

Отметка «4» ставится, если обучающийся выполнил правильно не менее 3/4 заданий.

Отметка «3» ставится, если обучающийся выполнил не менее половины заданий.

Отметка «2» ставится, если обучающийся выполнил менее половины заданий.

Критерии оценки доклада

Под докладом подразумевается итог самостоятельной исследовательской работы обучающегося. Чтобы его подготовить, необходимо не только познакомиться с определенной научной литературой, но и выдвинуть свою гипотезу, провести сбор эмпирического материала, используя самостоятельные наблюдения, применяя устные опросы, анкеты, тесты, изучить необходимые документы и т.д., проверить гипотезу, прийти к обоснованным выводам, доказать правильность собственного решения проблемы и оформить полученные результаты в виде письменной работы. Максимальное количество баллов – 5. При выставлении оценки за доклад должны учитываться следующие критерии:

- полное раскрытие темы и соблюдение логичности изложения – 2 балла;

- наличие собственных выводов и предложений, обобщений, критического анализа - 1 балл;
- использование широкой информационной базы, правильность оформления, соблюдение правил цитирования - 1 балл;
- качество устного выступления: умение говорить публично, заинтересовать слушателей, владение речью, ясность, образность, живость речи - 1 балл.

По сумме баллов и степени реализации каждого из критериев выставляется отметка за доклад.

Критерии оценки реферата

Одним из видов текущего контроля по окончании изучения темы является выполнение обучающимися рефератов.

Рефераты изначально направлены на сбор информации о каком-то объекте, явлении, на ознакомление участников проекта с этой информацией, ее анализ и обобщение фактов, предназначенных для широкой аудитории.

Критерии оценки рефератов (примерные):

- четкость поставленных цели и задач;
- тематическая актуальность и объем использованной литературы;
- полнота раскрытия выбранной темы;
- обоснованность выводов и их соответствие поставленным задачам;
- анализ полученных данных;
- наличие в работе вывода или практических рекомендаций;
- качество оформления работы (наличие таблиц, схем, графиков, фотоматериалов, зарисовок, списка используемой литературы и т.д.).

Максимальное количество баллов – 5. При выставлении оценки за реферат должны учитываться следующие критерии:

- полное раскрытие темы и соблюдение логичности изложения – 2 балла;
- наличие собственных выводов и предложений, обобщений, критического анализа – 1 балл;
- использование широкой информационной базы - 1 балл;
- правильность оформления, соблюдение правил цитирования - 1 балл.

По сумме баллов и степени реализации каждого из критериев выставляется отметка за реферат.

Перечень вопросов и заданий для промежуточной аттестации (в форме дифференцированного зачета) по итогам освоения дисциплины «Основы математического моделирования социально-экономических процессов»

1. Место и роль математических методов и моделей при принятии управленческих решений.
2. Понятие математической модели и моделирования.
3. Классификация математических моделей.

4. Понятие оптимальности. Критерий оптимальности. Возможность решения задач с различными целевыми функциями на одной и той же области допустимых решений.

5. Графический метод решения задач линейного программирования. Область допустимых решений. Случаи множества равноценных оптимальных планов.

6. Краткая характеристика симплексного метода линейного программирования.

7. Геометрическая интерпретация симплексного метода.

8. Правила составления исходной матрицы и первого (опорного, базисного) плана при симплексном методе решения задач линейного программирования.

9. Правила нахождения коэффициентов новой симплексной таблицы. Оценка оптимальности плана при решении задач на максимум и минимум целевой функции.

10. Метод искусственного базиса.

11. Двойственная задача линейного программирования. Характеристика основных соотношений оптимальных планов двойственной пары.

12. Двойственные двойственных задач и их экономический смысл.

13. Транспортная задача линейного программирования. Математическая модель закрытой транспортной задачи.

14. Расчет опорного (базисного) плана транспортной задачи методом «северо-западного угла».

15. Расчет опорного (базисного) плана транспортной задачи методом минимальных тарифов.

16. Выбор наиболее эффективного пути улучшения плана при решении закрытой транспортной задачи методом потенциалов. Характеристика задач, решаемых этим методом.

17. Математическая модель открытой транспортной задачи. Условный потребитель (получатель). Характеристика задач, решаемых этим методом.

18. Транспортная задача с ограничением на объем перевозок. Виды ограничений и способы решения таких задач.

19. Общая задача нелинейного программирования. Методы решения задач нелинейного программирования.

20. Задача целочисленного программирования. Методы целочисленного программирования.

21. Методы отсечения. Суть метода Гомори и метода ветвей и границ.

22. Понятие об игровых моделях.

23. Теория игр. Доминирование стратегий.

24. Смешанные стратегии. Аналитический метод решения игр.

25. Геометрическая интерпретация игры.

26. Приведение матричной игры к задаче линейного программирования.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОСНОВЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»

Аддитивность - свойство величин, состоящее в том, что значение величины, соответствующее целому объекту, равно сумме значений величин, соответствующих его частям при любом разбиении объекта на части. Характеристика системы аддитивна, если она равна сумме тех же характеристик для всех составляющих систему подсистем и элементов.

Адекватность модели - ее соответствие моделируемому объекту или процессу. При моделировании имеется в виду адекватность не вообще, а по тем свойствам модели, которые для исследования считаются существенными.

Аппроксимация - приближенное выражение сложной функции с помощью более простых, что часто значительно упрощает решение задачи.

Вариантные прогнозы - прогнозы, основанные на сопоставлении различных вариантов возможного развития экономики при разных предположениях относительно того, как будет развиваться техника, какие будут приниматься экономические меры и т. д.

Векторная оптимизация - решение задач математического программирования, в которых критерий оптимальности представляет собой вектор, компонентами которого являются в свою очередь различные несводимые друг к другу критерии оптимальности подсистем, входящих в данную систему, например критерии разных социальных групп в социально-экономическом планировании.

Верификация имитационной модели - проверка соответствия ее поведения предположениям экспериментатора.

Вероятностная модель - модель, которая в отличие от детерминированной модели содержит случайные элементы. Таким образом, при задании на входе модели некоторой совокупности значений, на её выходе могут получаться различающиеся между собой результаты в зависимости от действия случайного фактора.

Взаимозаменяемость ресурсов - возможность использования разных ресурсов для достижения оптимума. Именно этим обусловлена проблема выбора: там, где нет заменяемости, нет и выбора, и тогда фундаментальное понятие оптимальности теряет смысл.

Генетический прогноз («поисковый») - прогноз, показывающий, к каким состояниям придет прогнозируемый объект в заданное время при определенных начальных условиях.

Глобальное моделирование или моделирование глобального развития - область исследований, посвященная разработке моделей наиболее масштабных социальных, экономических и экологических процессов, охватывающих земной шар.

Градиентные методы решения задач математического программирования - методы, основанные на поиске экстремума (максимума или минимума) функции путем последовательного перехода к нему с помощью градиента этой функции.

Декомпозиционные методы решения оптимальных задач - основанные на рациональном расчленении сложной задачи и решении отдельных подзадач с последующим согласованием частных решений для получения общего оптимального решения.

Дескриптивная модель - модель, предназначенная для описания и объяснения наблюдаемых фактов или прогноза поведения объектов - в отличие от нормативных моделей, предназначенных для нахождения желательного состояния объекта (например, оптимального).

Детерминированная модель - аналитическое представление закономерности, операции и т. п., при которых для данной совокупности входных значений на выходе системы может быть получен единственный результат. Такая модель может отображать как вероятностную систему (тогда она является некоторым ее упрощением), так и детерминированную систему.

Детерминированная система - такая система, выходы которой (результаты действия, конечные состояния и т.п.) однозначно определяются оказанными на нее управляющими воздействиями.

Динамическая система - всякая система, которая изменяется во времени (в отличие от статической системы). Математически это принято выражать через переменные (координаты), изменяющиеся во времени. Процесс изменения характеризуется траекторией (т. е. наборами координат, каждая из которых является функцией времени).

Динамические модели межотраслевого баланса - частный случай динамических моделей экономики, основаны на принципе межотраслевого баланса, в который дополнительно вводятся уравнения, характеризующие изменения отраслевых связей во времени.

Итеративные (итерационные) методы решения задач - заключаются в том, что вычислительный процесс начинают с некоторого пробного (произвольного) допустимого решения, а затем применяют алгоритм, обеспечивающий последовательное улучшение этого решения.

Итерация - повторное применение математической операции (с измененными данными) при решении вычислительных задач для постепенного приближения к нужному результату. Итеративные расчеты на ЭВМ характерны для решения экономических (особенно оптимизационных и балансовых) задач. Чем меньше требуется пересчетов, тем быстрее сходится алгоритм.

Коэффициенты прямых затрат (технологические коэффициенты) в межотраслевом балансе - средние величины непосредственных затрат продукции одной отрасли (в качестве средств производства) на выпуск единицы продукции другой отрасли. Они могут быть выражены в натуральной форме (кВт/ч и т. д.) или стоимостной (руб.).

Критерий оптимальности - показатель, выражающий меру экономического эффекта принимаемого хозяйственного решения для сравнительной оценки возможных решений (альтернатив) и выбора наилучшего из них (например, максимум прибыли, минимум трудовых затрат, кратчайшее время достижения цели и т. д.)

Коэффициенты полных материальных затрат в межотраслевом балансе - средние затраты i -го продукта на производство конечного продукта j по всей цепи сопряженных производств. Таким образом, они складываются из прямых затрат каждой отрасли на данный продукт и косвенных затрат.

Коэффициенты прямых затрат (технологические коэффициенты) в межотраслевом балансе - средние величины непосредственных затрат продукции одной отрасли (в качестве средств производства) на выпуск единицы продукции другой отрасли. Они могут быть выражены в натуральной форме (кВт/ч и т. д.) или стоимостной (руб.).

Математическое программирование (оптимальное программирование) -- область математики, объединяющая различные математические методы и дисциплины: линейное программирование, нелинейное программирование, динамическое программирование, выпуклое программирование и др. Общая задача математического программирования состоит в нахождении оптимального (максимального или минимального) значения целевой функции, причем значения переменных должны принадлежать некоторой области допустимых значений.

Матричные модели - модели, построенные в виде таблиц (матриц). Они отображают соотношения между затратами на производство и его результатами, нормативы затрат, производственную и экономическую структуру хозяйства. Применяются в межотраслевом балансе, матричном плане предприятия и др.

Машинная имитация - экспериментальный метод изучения объекта с помощью электронных вычислительных машин. Процесс имитации заключается в следующем: сначала строится математическая модель изучаемого объекта (имитационная модель), затем эта модель преобразуется в программу работы ЭВМ.

Межотраслевой баланс (МОБ) - каркасная модель экономики, таблица, в которой показываются многообразные натуральные и стоимостные связи в народном хозяйстве. Анализ МОБ дает комплексную характеристику процесса формирования и использования совокупного общественного продукта в отраслевом разрезе.

Объективно обусловленные (оптимальные) оценки - одно из основных понятий линейного программирования. Это оценки продуктов, ресурсов, работ, вытекающие из условий решаемой оптимизационной задачи. Их называют также двойственными оценками, разрешающими множителями, множителями Лагранжа и целым рядом других терминов.

Ограничения модели - запись условий, в которых действительны расчеты, использующие эту модель. Обычно представляя собою систему уравнений и неравенств, они в совокупности определяют область допустимых решений (допустимое множество). Распространены линейные и нелинейные ограничения (на графике первые изображаются прямыми, вторые -- кривыми линиями).

Определенность в системе - ситуация, когда имеется точная информация о возможных состояниях системы в случае принятия тех или иных решений.

Оптимальное планирование - комплекс методов, позволяющих выбрать из многих возможных (альтернативных) вариантов плана или программы один

оптимальный вариант, т. е. наилучший с точки зрения заданного критерия оптимальности и определенных ограничений.

Оптимальное программирование - применение в экономике методов математического программирования.

Оптимальное управление - основное понятие математической теории оптимальных процессов (принадлежащей разделу математики под тем же названием: оптимальное управление); означает выбор таких управляющих параметров, которые обеспечивали бы наилучшее, с точки зрения заданного критерия, протекание процесса, или, иначе, наилучшее поведение системы, ее развитие к цели по оптимальной траектории.

Оптимизационная задача - экономико-математическая задача, цель которой состоит в нахождении наилучшего (с точки зрения ка-кого-то критерия) распределения наличных ресурсов. Решается с помощью оптимизационной модели методами математическо-го программирования.

Оптимизация - 1) процесс нахождения экстремума функции, т. е. выбор наилучшего варианта из множества возможных; 2) процесс приведения системы в наилучшее (оптимальное) состояние. Очередь -- в теории массового обслуживания -- последовательность требований или заявок, которые, заставляя систему обслуживания занятой, не выбывают, а ожидают ее освобождения (затем они обслуживаются в том или ином порядке). Очередью можно назвать также и совокупность ожидающих (простаивающих) каналов или средств обслуживания.

Пассивный (безусловный) статистический прогноз - прогноз развития, основанный на изучении статистических данных за прошлый период и переносе выявленных закономерностей на будущее. При этом внешние факторы, воздействующие на систему, принимаются неизменными и считается, что ее развитие основывается только на собственных, внутренних тенденциях.

Предельные и приростные величины в экономике. Предельная величина характеризует не состояние (как суммарная или средняя величины), а процесс, изменение. Поскольку в экономике большинство процессов (например, рост производства или изменение его эффективности) являются функциями ряда аргументов (факторов), то предельные величины здесь обычно выступают как частные производные процесса по каждому из факторов.

Прогнозирование - система научных исследований качественного и количественного характера, направленных на выяснение тенденций развития народного хозяйства и поиск *оптимальных* путей достижения *целей* этого развития.

Прогнозирование спроса - исследование будущего (возможного) спроса на товары и услуги в целях лучшего обоснования соответствующих производственных планов. Прогнозирование под-разделяется на краткосрочное (конъюнктурное), среднесрочное и долгосрочное.

Производственная функция - экономико-математическое уравнение, связывающее переменные величины затрат (ресурсов) с величинами продукции (выпуска). Математически производственные функции (ПФ) могут быть представлены в различных фор-мах -- от столь простых, как линейная зависимость результата производства от одного исследуемого фактора, до весьма сложных

систем уравнений, включающих рекуррентные соотношения, которыми связываются состояния изучаемого объекта в разные периоды времени. Широко распространены мультипликативные формы ПФ.

Равновесие - состояние экономической системы, которое характеризуется равенством спроса и предложения всех ресурсов.

Регрессия - зависимость среднего значения какой-либо случайной величины от некоторой другой величины или нескольких величин. Распределение этих значений называется условным распределением у при дан-ном x . Множественная регрессия в определенных условиях позволяет исследовать влияние причинных факторов.

Рекурсия - в общем смысле вычисление функции по определенному алгоритму. Примерами таких алгоритмов являются рекуррентные формулы, выводящие вычисление заданного члена последовательности (чаще всего числовой) из вычисления не-скольких предыдущих ее членов.

Статистическое моделирование - способ исследования процессов повеления вероятностных систем в условиях, когда неизвестны внутренние взаимодействия в этих системах.

Стохастическая имитация -- вид машинной имитации, отличающийся от детерминированной тем, что включает в модель в том или ином виде случайные возмущения, отражающие вероятностный характер моделируемой системы.

Устойчивость решения -- обычно, говоря об устойчивости решения задачи, имеют в виду, что малые изменения каких-либо характеристик, например, начальных условий, ограничений или целевого функционала, не приводят к качественному изменению решения.

Целевая функция в экстремальных задачах - функция, минимум или максимум которой нужно найти. Это ключевое понятие оптимального программирования. Найдя экстремум целевой функции и, следовательно, определив значения управляемых переменных, которые к нему приводят, мы тем самым находим оптимальное решение задачи.

Шкалы -- системы чисел или иных элементов, принятых для оценки или измерения каких-либо величин. Шкалы используются для оценки и выявления связей и отношений между элементами систем. Особенно широко их применение для оценки величин, выступающих в роли критериев качества функционирования систем, в частности, критериев оптимальности при решении экономико-математических задач.