

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»  
в г. Смоленске**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

---

Направление подготовки: **09.03.03 «Прикладная информатика»**

Профиль: **«Прикладная информатика в топливно-энергетическом комплексе»**

Уровень высшего образования: **бакалавриат**


Нормативный срок обучения: **4 года**

Форма обучения: **очная**

Год набора: **2023**

*Направление подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика»  
Профиль «Прикладная информатика в топливно-энергетическом комплексе»  
Методическое обеспечение РПД Б1.О.05 «Моделирование экономических процессов»*

**Методические материалы составили**

канд. экон. наук, доцент кафедры  
информационных технологий в экономике и управлении \_\_\_\_\_  А.А. Тютюнник

«20» \_\_\_\_\_ января \_\_\_\_\_ 2023 г.

**Заведующий кафедрой информационных технологий в экономике и управлении:**

  
\_\_\_\_\_

подпись

д-р техн. наук, профессор М.И. Дли  
\_\_\_\_\_

ФИО

«08» февраля 2023 г.

## МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛЕКЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Комплект слайдов к лекциям

# Моделирование экономических процессов

---

## Основными направлениями моделирования являются

---

- оценка состояния экономического объекта;
- прогнозирование состояния экономического объекта и внешней среды, в которой он находится;
- планирование состояния экономического объекта

## 1. Необходимость моделирования

---

## 2. Применение экономико- математического моделирования для прогнозирования

---

### Ошибки при принятии решений возникают по нескольким причинам:

---

- отсутствие информации о ситуации;
- неадекватная оценка полученной информации;
- неадекватная оценка ситуации на основе воспринятой информации;
- неправильный метод решения;
- неправильная оценка последствий принимаемых решений.

### При проведении прогнозирования предполагается:

---

- как максимум определение состояния внешней среды, на которую организация не может оказывать влияние;
- как минимум прогнозирование состояния организации при отсутствии изменений во внешней среде и сохранении ее деятельности без изменения величины и структуры используемых ресурсов.

Проверка гипотез осуществляется тремя способами:

1. Статистическое наблюдение и изучение действительных процессов, происходящих в экономике.
2. Проверка с помощью специально поставленного экономического эксперимента.
3. Машинная имитация, «протирание модели» на компьютере.

## 4. Специфика планирования

## 3. Основные предпосылки планирования и прогнозирования

Планирование специфично в трех отношениях:

1. Планирование начинается перед началом действий, т. е. планирование – это предварительное принятие решений. Этот процесс определения того, что и как делать, происходит до момента, когда нужно действовать. Если требуется добиться определенного положения дел через какое-то время в будущем и, если для принятия решения о том, что и как нужно делать, требуется время, решение необходимо принять заблаговременно.

Под планированием понимается:

1. Процесс принятия решений по выбору целей и их согласованию с имеющимися ресурсами.
2. Деятельность, результат которой обеспечивает согласованный характер использования ресурсов системой и ее элементами в соответствии с определенной общей целью.
3. Прикладная наука, изучающая:
  - методы выбора целей;
  - методы согласования целей и ресурсов;
  - механизмы принятия решений.

Планирование специфично в трех отношениях:

2. Потребность в планировании возникает тогда, когда достоянием желаемого состояния зависит от целого набора взаимосвязанных решений, т. е. от системы решений. Набор решений образует систему, если влияние решения в наборе на соответствующий результат зависит, по крайней мере, от одного-другого решения в наборе. Одно решение в наборе может быть сложным, другим – простым. Но принципиальная трудность планирования проистекает скорее от взаимосвязанности решений, чем от сложности решений.

### Планирование специфично в трех отношениях:

3. Процесс планирования направлен на достижение такого состояния в будущем, которое желательнее, но от которого нельзя ожидать, что оно возникнет само собой. Поэтому планирование связано, с одной стороны, с предотвращением отдельных действий, а с другой – с увеличением числа исполняемых возможностей.

### Основными элементами планирования являются:

- Результаты: определение целей и задач.
- Средства: выбор политик, программ, процедур и способов действий, служащих достижению целей и выполнению задач. Под политикой в данном случае понимается определенное правило выбора способов действий.
- Ресурсы: определены виды требуемых ресурсов, их количества, а также того, как их произвести или приобрести и как их распределить.
- Внедрение: построение процедур принятия решений и способа их организации для выполнения плана.
- Контроль: разработка методов предсказаний для обнаружения отклонения плана и его сроков, а также предотвращения или исправления на опережающей основе.

## 5. Относительные различия между тактическим и стратегическим планированием

## 7. Экономическое программирование

## 6. Составные элементы планирования и прогнозирования

### Определение:

**Экономическое программирование** – это наиболее развитая форма перспективного регулирования национальной экономики, осуществляемого государством. Государственное экономическое программирование по своему характеру является плановым, означая, что предприятия не получают директивных заданий по номенклатуре и количеству производимой продукции. Поэтому экономическое программирование представляет не прямое (производственное), а косвенное (по преимуществу финансовое и кредитно-денежное) воздействие государства на экономику.

Индикативное программирование предполагает наличие в обществе трех следующих элементов:

- 1) развитых рыночных отношений;
- 2) экономической самостоятельности предприятий;
- 3) использования государством по отношению к самостоятельным предприятиям экономических стимулов.

Цель индикативного программирования заключается в формировании представления о будущей экономической структуре и ведущих направлениях развития.

## 8. Определение системы. Эмерджентность

Экономическое программирование представляет сочетание трех взаимосвязанных процессов

- 1) составление экономического прогноза;
- 2) разработка мер по реализации составленных прогнозов (по существу, этап планирования);
- 3) формулировка общих целей экономического развития.

Существует много определений термина «система», которые, можно условно разделить на три группы:

1. системы рассматриваются как комплекс процессов и явлений, а также связей между ними, существующих объективно, независимо от исследователя. Задача исследователя состоит в выделении этой системы из окружающей среды;
2. система как инструмент, способ исследования процессов и явлений;
3. третий подход – это компромисс между двумя первыми определениями.

Процедура программирования включает следующие основные этапы:

- 1) сбор первичной информации о процессах, происходящих в народном хозяйстве в целом, а также в отдельных отраслях и рынках;
- 2) выбор целей программы, которая может быть как краткосрочной, так и среднесрочной или долгосрочной;
- 3) трансформация всей собранной информации во взаимосвязанную программу развития в соответствии с поставленными целями.

## 9. Свойства систем

#### Аксиомы общей теории систем формулируются следующим образом:

1. Системы синтезируются и конструируются. Необходимым условием синтеза является способность к оценке. Следовательно, системы можно оценивать и сравнивать предлагаемые альтернативные варианты с исходным с точки зрения их эффективности. Конструирование означает практическую реализацию синтезированной системы, а также изменение структуры и параметров на основе накопленного опыта.
2. Системы синтезируются по частям. Конструктор разбивает общую задачу синтеза на множество частных, решение каждой из которых определяет составную часть (компонент) более крупной системы.

## 10. Системный анализ в моделировании

#### Аксиомы общей теории систем формулируются следующим образом:

3. Компоненты систем также являются системами. Это означает, что каждый компонент можно оценивать и разрабатывать в указанном выше смысле. Процесс расчленения компонента на более мелкие бесконечен, хотя на практике конструктор останавливается по своему усмотрению, считая компоненты, соответствующие этому уровню, «элементарными блоками системы».

### Прямая связь

Это способ соединения элементов в системе, при котором выходное воздействие одного элемента передается на вход другого элемента и общий выход системы не оказывает влияния на ее вход. Противоположным понятием является обратная связь, в которой общий выход системы передается на ее вход. Другим словом, обратная связь характеризует использование в управлении информации, поступающей от объекта управления. Обратная связь считается положительной, если возмущающие результаты усиливают сам процесс, и отрицательной – если ослабляют.

#### Аксиомы общей теории систем формулируются следующим образом:

4. Система замкнута, если ее оценка не зависит от характеристик окружающей среды. Конструктор стремится получить некоторую устойчивую систему, сохраняющую свои свойства даже при изменении условий окружающей среды. Если возмущения окружающей среды способны ухудшить функционирование системы, то в ходе ее разработки конструктор будет стремиться синтезировать такую систему, которая устойчива к этим возмущениям. Когда все возможности такого рода учтены в достаточной мере, то созданная система считается замкнутой.
5. Обобщенная система есть замкнутая система, остающаяся замкнутой во всех возможных средах. Иными словами, обобщенная система характеризуется абсолютной устойчивостью к изменению окружающей среды.

### Рекурсивная связь

Необходимая связь между экономическими явлениями и объектами, при которой становится ясно, где причина, а где следствие. Например, затраты в экономике всегда выступают в качестве причины, а их результаты – в качестве следствия. Таким образом, между затратами и результатами существует рекурсивная связь.

### Синергетическая связь

В кибернетике и общей теории систем определяется как связь, которая при совместных действиях независимых элементов системы обеспечивает увеличение общего эффекта до величины большей, чем сумма эффектов этих же элементов, действующих независимо. Следовательно, это усиливающая связь элементов системы.

### Параметры экономико-математических моделей

Параметры экономико-математических моделей подразделяются на два вида:

- описывающие поведение системы;
- управляющие, среди которых особенно важны инструментальные.

Инструментальные параметры (инструментальные переменные, инструментальные величины) широко применяются в экономической литературе для характеристики экономических мероприятий и экономической политики правительства. В экономико-математическом моделировании обычно предочитается термин «управляемые переменные», или, что то же самое, независимые переменные или аргументы функции. Кроме того, параметры экономико-математических моделей подразделяются на три группы:

- параметры среды;
- параметры управляющих воздействий;
- параметры внутреннего состояния системы

### Циклическая связь

Это связь между элементами системы, при которой выход одного элемента является входом другого, выход которого, в свою очередь, оказывается входом первого. Циклическая связь является разновидностью (причем усложненной и опосредованной) обратной связи. Циклическая связь весьма распространена в экономических системах, причем в разных формах и сочетаниях.

## 12. Основные понятия моделирования

## 11. Параметры системы

### Моделирование

Моделирование – один из наиболее распространенных способов изучения материальных процессов и явлений. Моделирование основывается на принципе аналогии и позволяет изучать объект при определенных условиях и с учетом неизбежной односторонней точки зрения. Объект, труднодоступный для изучения, изучается не непосредственно, а через рассмотрение другого, подобного ему и более доступного – модели. По свойствам модели обычно оказывается невозможным судить о свойствах изучаемого объекта. Но не обо всех свойствах, а лишь о тех, которые аналогичны и в модели, и в объекте, и при этом важны для исследования. Такие свойства называются существенными.

### Моделирование

Экономико-математическая модель создается в этих условиях основным средством экспериментального исследования экономики, т. е. обладает следующими свойствами:

- имитирует реальный экономический процесс (или поведение объекта);
- обладает относительно низкой стоимостью;
- может многократно использоваться;
- учитывает различные условия функционирования объекта.

Модель может и должна отразить внутреннюю структуру экономического объекта с заданных (определенных) точек зрения, а если она неизвестна, то лишь его поведение, используя при этом принцип «Черного ящика».

## 13. Экзогенные и эндогенные переменные модели

### Моделирование

Различается характер связи между моделируемым объектом и моделью:

- физическое – объект и модель имеют одинаковую или сходную физическую природу;
- структурное – наблюдается сходство между структурой объекта и структурой модели;
- функциональное – объект и модель выполняют сходные функции при соответствующем воздействии;
- динамическое – существует соответствие между последовательно изменяющимися состояниями объекта и модели;
- вероятностное – существует соответствие между процессами вероятностного характера в объекте и модели;
- геометрическое – существует соответствие между пространственными характеристиками объекта и модели.

**Переменная модели** – величина, исключение в модель и принимающая различные значения в процессе решения экономико-математической задачи. Независимые переменные модели принимают значения координат моделируемой системы. Они могут быть управляемыми или управляемыми.

**Управляемые переменные** – это переменные модели, значения которых подбираются специально в процессе поиска решения. Собственно наличие управляемых переменных отличает модели нормативного или конструктивного типа, в том числе оптимизационные от описательных (дискретных) моделей. Смысл решения любой задачи состоит в отыскании такого набора значений управляемых переменных, при котором моделируемая система ведет себя адекватно именно среде в которой она находится. Частным случаем оценки адекватности поведения системы является ее отклик, т. е. экстремальное значение целевой функции.

### Возможны и другие определения экономико-математической модели

1. Специальная конструкция показателей и параметров, объединенная (в явном или неявном виде) системой уравнений в единое целое.
2. Некоторое математическое выражение, состоящее из совокупности связанных между собой математических (количественных) зависимостей математических величин, все или часть из которых являются экономическими величинами.
3. Математическое описание внешне-экономической задачи, позволяющее осуществить законченный цикл расчета ее параметров на основе известных (исходных) данных.

**Управляемые параметры** – переменные величины (обычно функции времени), определения направлены и скорость изменения управляемой системы. Математические параметры характеризуют решения, которые надо осуществлять в каждый момент времени, исходя из интервала между начальным и конечным состоянием системы. Например, предпочтительно целесообразно показывать наличие прибыли только в определенные периоды времени, когда предстоит выплата дивидендов. В остальные периоды, исходя из основных положений фискальной политики, величина прибыли должна быть минимальна, чтобы минимизировать налоговые платежи. Кроме того, значения управляемых параметров определяют область допустимых решений. Эти значения должны удовлетворять ограничениям задачи, иначе эта задача будет сформулирована некорректно, что приведет к отсутствию какого-либо решения.

## 14. Агрегирование и дезагрегирование решений по системе моделей

### Процесс экономико-математического моделирования включает:

- идентификацию объекта или процесса;
- спецификацию модели;
- идентификацию и оценку параметров модели;
- установление зависимостей между параметрами модели;
- проверку модели.

**Агрегирование** – объединение, укрупнение показателей по какому-либо признаку. С математической точки зрения агрегирование рассматривается как преобразование исходной модели в модель с меньшей числом переменных и/или ограничений. Сущность агрегирования состоит в соединении однородных элементов в более крупные.

**Дезагрегирование** – процедура, противоположная агрегированию, применяется в случае переход к более мелким элементам при описании какого-либо объекта, по отношению к которому единицы исходного описания представляют агрегаты, либо к показателям, дезагрегированию таких элементов, вместо показателей, соответствующих их агрегатам в исходном описании. Целесообразность дезагрегирования всегда обусловлена желанием или необходимостью получить более детальное, чем исходное описание.

## 16. Классификация экономико-математических моделей

## 15. Этапы экономико-математического моделирования

Для удобства рассмотрения можно выделить следующие классификационные признаки:

- 1) по способу отражения действительности;
- 2) по предельности (или отделимости признаков);
- 3) по способу логико-математического описания моделируемых экономических систем;
- 4) по временному и пространственному признаку;
- 5) по уровню моделируемого объекта в хозяйственной парадигме;
- 6) по внутренней структуре модельного описания системы;
- 7) по сфере применения.

**по способу отражения действительности**

- **аналитическая модель** – модель, свойства которой определяются законами, аналитическими законами изучаемой системы;
- **экономическая модель** (то же, что экономическая модель) – точная количественная структура объекта и отношения между его элементами;
- **языковая модель** – модель, в которой используются символы (языки). Соответствия между вычислительными характеристиками моделируемый объект, описывается с помощью уравнений, символически эти символы (другое название – символическая модель);
- **интуитивная модель** – первоначально основа экономико-математической модели, предназначенной для реализации различных математических и физических средств, и следовательно для непосредственного решения задачи; это один из этапов формирования модели;
- **структурная модель**. Является одним из основных типов экономико-математических моделей при их классификации по способам выражения соотношений между внешними условиями, внутренними параметрами и основными характеристиками;
- **функциональная модель**. Описывает поведение системы безотносительно к ее внутренней структуре.

**по способу логико-математического описания моделируемых экономических систем различаются**

- **линейная модель**, отображающая системные или функциональные системы таким образом, что все зависимости представляются линейными. Такая модель может формулироваться в виде одного линейного уравнения или системы линейных уравнений. В ряде случаев нелинейность может приводиться к линейной форме путем математических преобразований переменных;
- **матрично-статистическая модель**, описывающая зависимости между внутренними и внешними параметрами. При этом первоначально возможны две точки зрения на моделируемый процесс. Если считается, что для процесса характерны причинно-следственные связи, аксиоматически функциональными то модель является детерминированной. Если считается, что рассматриваемый процесс носит вероятностный характер то соответствующая модель называется стохастической;
- **матричная модель**, построенная в форме таблицы (матриц) отображающая отношения между элементами системы (наиболее частый случай – рассматриваются соотношения между затратами и результатами);
- **нелинейная модель**, отражающая состояние или функционирование системы (нелинейной или стохастической) таким образом, что все или некоторые зависимости представляются нелинейными;

**по предметной области (бизнес-процессов и производств)**

- **балансовая модель**, представляющая систему уравнений (балансов: счетоводный), которые удовлетворяют требованиям наличия ресурса и его использования;
- **эконометрическая модель** (эконометрическая модель), предназначенная для описания и объяснения поведения фактов или процессов в заданных областях, в отличие от нормативных моделей, служащих для определения желательного состояния объекта;
- **имитационная модель** – модель, предназначенная для экспериментального выявления закономерностей функционирования системы и обычно включает не только факты, описывающие формальные уравнения и неравенства, но и логические связи, определяющие значения переменных, формируемых в процессе реализации принятого решения. Такие модели используются для описания сложных, трудно формализуемых процессов с целью выявления основных закономерностей поведения системы;
- **переходная модель** (то же самое, что дискретно-временная модель), предназначенная для определения желательного состояния объекта и способа достичь из возможной ситуации системы. Переходная модель должна считаться с дискретно-временными (опережающими) моделями;

**по способу логико-математического описания моделируемых экономических систем различаются**

- **непрерывная модель**, содержащая непрерывные переменные;
- **модель равновесия**, которая может пониматься двояко с одной стороны, в такой модели предполагается, что участники экономической системы самостоятельно принимают решения, а с другой – всей системы находит при согласовании их интересов, т. е. оптимальное состояние системы приравнивается к ее равновесию, другое название – модель экономического климатодействия;
- **нормативная модель**, описывающая экономическую систему, в которой не соблюдаются условия равновесия. Например, цены не уравновешивают объема спроса и предложения. Отсюда такие явления, как дефицитность или избыточность ресурсов;
- **регрессионная модель**, основанная на уравнении регрессии или системе регрессионных уравнений;

**по способу логико-математического описания моделируемых экономических систем различаются**

- **аналитическая модель**, представляющая математические зависимости в константы и фиксирующая функциональную зависимость результатов от значений переменных и параметров модели;
- **вероятностная модель** (статистическая модель), содержащая случайные элементы. Такая модель предполагает, что несмотря на один и те же значения переменных и параметров, результаты расчета по такой модели различаются. Более того, они образуют некоторую область значений, подчиняющуюся некоторым закономерностям;
- **детерминированная модель**, характеризующаяся аналитическим представлением закономерности для которой для определенной совокупности исходных значений параметров и переменных параметров дан и тот же единственный результат;
- **дискретная модель**, все переменные и параметры которой являются дискретными величинами. Такая модель может отображать как дискретные системы, так и непрерывные системы, которые для этого приводятся к дискретному виду с помощью представления непрерывных величин в качестве дискретных путем введения такса балансов, оценок;

**по способу логико-математического описания моделируемых экономических систем различаются**

- **сетевая модель**, способная отобразить с любой степенью детализации состав и взаимосвязи работ во времени на основе графического сетевого графика;
- **числовая модель**, основными элементами которой являются конкретные численные значения характеристик моделируемой системы;
- **монетарная модель**, в которой параметры оцениваются с помощью методов математической статистики. Такие модели используются в качестве средств анализа и прогнозирования конкретных экономических процессов как на макро-, так и на микроэкономическом уровне.

*по времени и пространственному уровню различаются*

- **пространственная модель** – модель взаимодействия между пространственными объектами в пространственном анализе экономики. Такая модель используется при исследовании процессов урбанизации, размещения промышленности, экспортно-импортных операций, миграции населения. Общей чертой этих моделей является в том, что сила взаимодействия (интенсивность потоков) в них зависит от значимости (величины) объектов и расстояния между ними;
- **динамическая модель**, которая должна содержать как минимум одну переменную, которая относится к периоду отсчета времени и которую относят другие переменные, т. е. описывает экономику в развитии;
- **модели с «обязательным временем»**, которые трактуются как модели с проблемой «олигополия». Эта проблема призвана учесть ресурсы, которые требуют инвестиций, но дают отдачу за пределами планового периода. Если в заданном периоде делается вклад на минимуме затрат при заданных объемах прибыли, то оптимальное решение получается при оптимальном инвестировании, отдача от которых будет за пределами рассматриваемого периода. Но, если не предусмотреть в модели доинвестиционных ограничений, связанных с проблемой «олигополия», то основной капитал как бы «инфантилизируется» и рентабельность производства падает. Определены оптимального размера инвестиций в моделях развития экономики как рдл и рассматривается в моделях с «обязательным временем»;

Фазы исследований, связанные с содержательными изучением и формализацией экономических систем, называются **концептуальным анализом**.

Концептуальный анализ – это процесс выявления:

- элементов системы, определяющих ее поведение;
- свойств элементов, влияющих на поведение системы;
- взаимодействия элементов системы;
- границ экономической системы.

Результатом концептуального анализа является представление экономической системы в виде некоторой модели, которая соответственно называется концептуальной моделью изучаемого объекта. Концептуальная модель должна содержать всю необходимую для достояния некоторой цели информацию об изучаемой системе.

*по времени и пространственному уровню различаются*

- **статистическая модель**, в которой все зависимости отнесены к одному моменту времени. С помощью таких моделей описываются не только статистические системы, но и динамические, для которых фиксируется их состояние в заданный момент. При статистическом подходе изучается отраслевая (мезоотраслевой баланс) или производственная структура, развитие производства, состояние экономики в целом (система национальных счетов);
- **точечная модель** – упрощенная модель экономической системы без учета процесса транспортировки, связанных с распределением по территории страны экономических объектов или удаленности стран. Этот вид модели целесообразно использовать для плановых расчетов и, особенно, в теоретических исследованиях экономики;
- **тенденциальная модель** – динамическая модель, в которой развитие экономической системы отражается через тренд ее основных экономических показателей (в частности, тренд средних величин этих показателей, их дисперсия, минимальных и максимальных уровней).

Концептуальный анализ можно охарактеризовать как процесс, результатом которого является:

- анализ требований к информации об интересующей нас системе как части реального мира, называемой предметной областью;
- моделирование объектов предметной области и их связей;
- определение различных источников на информацию о предметной области;
- формализацию результатов перечисленных действий в виде некоторых концептуальных моделей.

**Предметная область** – это информация о конкретной системе и окружающей ее внешней среде, которая должна найти свое отражение в экономико-математической модели, определяющей цели функционирования, основные элементы экономической системы и их взаимодействия.

**Информационная модель** – это набор специально подобранных переменных и их конкретных значений, характеризующих управляемый объект и поступающих к менеджеру, выполняющему функции управления.

## 17. Сущность концептуального анализа

## 18. Цели концептуального анализа экономических систем

Построение и анализ концептуальной модели системы могут иметь следующие цели:

- дать общую основу для поведения поведения системы;
- определить допустимые операции над информацией в системе;
- дать основу для интерпретации данных, которые предоставляет систему;
- обеспечить соответствие внешних форм представления информации пользователю и внутренних форм реализации данных в компьютере.

Концептуальная модель объектной системы должна удовлетворять некоторым общим требованиям:

- описывать классы объектов предметной области, а не отдельные экземпляры;
- описывать правила и ограничения, включая постоянный, модальный и/или характер;
- создавать правила и ограничения, действующие в предметной области.

## 19. Статические системы и модели

Существует много возможностей выбора состава концептуальной модели, но во всех случаях следует руководствоваться двумя принципами:

- все относящиеся к рассматриваемой проблеме описаны, правила и ограничения должны быть описаны в концептуальной модели (так называемый принцип 100% охвата), т. е. создаваемая модель системы должна отвечать только за те описания, которые содержатся в ней самой;
- концептуальная модель должна содержать только концептуально важные аспекты (принцип концептуализации). После соображения реализации модели системы остаются за пределами этой модели.

Эти принципы требуют, чтобы концептуальная модель содержала необходимую и достаточную совокупность описаний объектной системы, не касаясь способов предоставления результатов и данных пользователю, организации данных в памяти или прочих аспектов реализации модели.

Большинство экономико-математических моделей характеризуются статическим подходом к изучению экономики, когда ее состояние изучается на заданный момент времени.

Под статическим экономическим анализом понимается такая система, координаты которой на изучаемом отрезке времени могут рассматриваться как постоянные. Соответственно, при формулировке статического экономико-математического анализа предполагается, что все зависимости относятся к одному моменту времени, а моделируемая система неизменна во времени.

Кроме того, предполагается, что все интересующие процессы, происходящие в системе, не требуют при своем описании разбивки на время, т. е. могут быть с достаточной степенью точности охарактеризованы независимо от времени возникновения, как известные, так и неизвестные. Поэтому в статической модели время не вводится явно. Статические модели характеризуют моделируемую систему на каком-либо фиксированный момент времени.

Концептуальная модель должна предусматривать и создавать:

- переменные, ограничения, параметры, условия и критерии оценки моделируемой системы;
- область именения и область действия модели;
- информационные аспекты функционирования моделируемой системы;
- возможности развития информационно-математического и программного комплексов;
- технические возможности средств вычислительной техники, включая быстрдействие и необходимость, оперативность получения результатов, объем информации и возможность ее обработки и хранения;
- возможность перспективного использования как информационной системы, так и экономико-математической модели; выбор методов как решения задач математического программирования, так и информационно-вычислительных, т. е. формирования описания на запрос;
- принципы проектирования базы данных (говорит такое, что создание концептуальной модели представляет концептуальное проектирование базы данных);
- создание вычислительных моделей производственных систем, которые, в свою очередь, могут иметь разнообразное применение: при проектировании информационной или управляющей систем, постоянном автоматическом оптимизации, динамическое и статическое проектирование систем.

## 20. Динамические системы и модели

Под *динамической системой* понимается всякая система, изменяющаяся во времени. Среди таких систем наиболее простыми являются *линейные динамические системы*, в которых связи между координатными величинами, параметрами состояния и выходными величинами носят характер линейных зависимостей.

В *экономико-математических моделях* динамические системы могут отражаться двумя:

1. С помощью описания состояния системы в определенные моменты времени. Получаются как бы моментальные снимки (или кадры фильма о ее развитии), называемые статическими моделями.
2. С помощью *динамических дифференциальных уравнений*, описывающих сам процесс развития системы.

В общем виде динамическая модель должна содержать:

- начальное состояние экономического объекта;
- технологические способы производства (каждый способ содержит рецепт получения из заданного набора ресурсов определенного количества продуктов);
- критерий оптимальности (для первого подхода).

Диалоговая система обеспечивает решение задач в режиме диалога пользователя с экономико-математической моделью.

Под диалогом понимается поочередный обмен сообщениями между пользователем и моделью в соответствии с установленными видами и формами обмена в Теме, согласованном с темпом обработки данных микропроцессором.

Режим диалога связан с взаимодействием пользователя в процессе решения модели, выполняющим ответную реакцию процесса, и относится к так называемым интерактивным режимам, а диалоговая система, соответственно, является интерактивной системой.

Математическое описание динамических моделей производится, как правило:

- системами дифференциальных уравнений (где время выступает в качестве непрерывной переменной);
- разностными уравнениями (где время – дискретная величина);
- системами обыкновенных алгебраических уравнений.

С помощью динамических моделей, в частности, решаются задачи планирования и прогнозирования экономических процессов:

- определения траектории развития экономической системы и ее состояний в заданные моменты времени;
- анализа экономической системы на устойчивость;
- анализа структурных сдвигов.

Характерной чертой *диалоговой системы* является ориентация на создание так называемого дружелюбного интерфейса, основу которого составляют следующие факторы:

- гибкость диалога, т. е. способность системы учитывать различные потребности и уровень квалификации пользователей;
- ясность поведения системы для пользователя в любой стадии диалога;
- простота пользования;
- простота обучения работе с системой;
- доступность системы в любой необходимый пользователю момент;
- обеспечение идентификации и защиты данных;
- самостоятельность, т. е. способность системы самостоятельно разбираться в «ненормальных» ситуациях.

## 21. Диалоговые системы

## 22. Сетевая модель

Сетевая модель представляет ориентированный антисимметричный конечный граф, отображающий технологию осуществления сложного проекта. Сетевые модели используются в экономическом анализе, планировании и управлении и позволяют:

- определить последовательность выполнения работ;
- оценить, выполнение каких работ определит завершение проекта;
- оценить резервы времени для каждой работы сетевого графика.

**Сетевые модели** – это эффективный инструмент разработки календарных графиков, позволяющий осуществлять:

- оптимальное распределение имеющихся ресурсов (либо сводящее к минимальной потребности в них при своевременном осуществлении проекта, либо приближающее дату этого настолько, насколько допускают их наличные объемы);
- контроль за выполнением работ в соответствии с заданной технологией;
- поиск наилучших путей компенсации возникающих отклонений.

Развитие простейшей гравитационной модели происходило в нескольких направлениях:

1. Кроме показателей численности населения и расстояний в модели включались и другие факторы, например отклонение приростов инвестиций в районах, число вакантных рабочих мест или, наоборот, доля безработных в численности трудоспособного населения, число вакантных мест на пути следования из одного района в другой (модель производственных возможностей).
2. Гравитационная модель применяется в случаях, когда показатели численности населения районов придают некоторые веса.
3. Конструкции типа гравитационных моделей широко включаются в самые разнообразные модельные комплексы для описания процессов городского и регионального развития.

Кроме указанного выше использования гравитационные модели используются в логистике, например, для поиска места размещения единичного складского помещения, из которого снабжается несколько складов розничной торговли.

## 23. Назначение и сфера применения гравитационных моделей

## 24. Производственные функции. Определение и назначение

Гравитационные модели применяются для описания и прогнозирования социальных и экономических взаимосвязей между районами города, населенными пунктами и базируется на предположении, что величина (сила) взаимосвязей пропорциональна произведению показателей численности населения районов и обратно пропорциональна расстоянию между ними.

Гравитационные модели при соответствующем подборе параметров широко используются для описания процессов миграционного взаимодействия. Они широко применяются для междугородных телефонных разговоров, поездок за покупками, массовой миграции.

**Производственная функция (функция производства)** представляет уравнение, связывающее переменные величины затрат (ресурсы, факторы производства) с величиной выпуска продукции (в дальнейшем просто «выпуском»). Понятия выпуска и факторов производства конкретизируются в зависимости от масштаба и масштаба рассматриваемой производственной единицы, цели исследования, доступной информации.

В экономической моделировании наиболее широко представлены макроэкономические производственные функции. Эти функции являются агрегированными производственными функциями, характеризующими зависимость показателя совокупного общественного продукта или иного обобщающего показателя от основных факторов производства.

**Производственные функции** применяются для анализа влияния различных значимых факторов на объем выпуска и решения типовых и плановых задач в следующих случаях:

- для анализа влияния различных сочетаний факторов на объем выпуска в определенный момент времени (статический анализ, который отражает текущие связи между экономическими показателями);
- для анализа и прогнозирования соотношения объемов факторов и объемов выпуска в разные моменты времени (динамический анализ, т. е. анализ временной экономической динамики).

Полный комплект лекций по дисциплине «Моделирование экономических процессов» в формате мультимедийных презентаций расположен на кафедральных ресурсах в аудитории 210. Преподаватель, ведущий лекционные занятия, выдает раздаточный материал в начале семестра

На лекцию студент должен принести распечатанные выдачи демонстрационных слайдов лекций. В ходе лекционных занятий студент должен вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации.

Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность студента. Краткие записи лекций, их конспектирование помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим студентом. При конспектировании лекционных курсов желательно использовать тетради большого формата или листы формата А4. Это создает возможность рационально размещать записи на листе. Удобно пользоваться также отдельными, разлинованными в клетку листами, которые можно легко и быстро соединить и разъединить. Меняя при необходимости их порядок, легко сравнивать, устанавливая связи, обобщать изложенное. При любом способе конспектирования целесообразно оставлять свободную площадь для последующих добавлений и вспомогательных отметок, необходимых при подготовке к последующим лекциям и лабораторным работам, а также к промежуточной аттестации (к зачету) по дисциплине.

## МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**Лабораторная работа.** Двухиндексные задачи линейного программирования. Транспортная задача (4 часа).

*Цель работы:* приобретение навыков построения математических моделей транспортных задач ЛП и решения их в Microsoft Excel.

*Предмет и содержание работы:*

1. Согласно номеру своего варианта выберите условие задачи.
2. Постройте модель задачи, включая транспортную таблицу.
3. Найдите оптимальное решение задачи в Excel.
4. Результаты работы занести в отчёт.

Варианты:

Вариант №1

		Заводы-потребители								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Базы-поставщики	1	8	5	9	4	8	1	1	6	150
	2	12	5	9	7	2	10	1	9	180
	3	4	3	4	1	8	4	3	10	190
	4	9	5	7	4	9	4	2	9	260
	5	2	7	6	9	8	6	9	10	200
		130	120	140	80	190	120	140	60	

Вариант №2

		Заводы-потребители								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Базы-поставщики	1	10	8	7	2	8	5	4	8	260
	2	2	6	3	4	4	9	5	2	180
	3	8	5	1	6	2	9	4	6	190
	4	1	7	1	6	2	8	7	3	160
	5	3	9	3	9	7	3	2	5	120
		220	120	90	80	90	110	140	60	

Вариант №3

		Заводы-потребители								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Базы-поставщики	1	10	9	5	1	4	3	6	7	250
	2	4	2	7	4	6	4	9	5	130
	3	10	7	8	10	6	5	4	1	190
	4	8	8	7	10	10	4	5	1	210
	5	7	2	10	2	4	9	9	4	190
		230	120	80	80	90	110	140	120	

Вариант №4

		Заводы-потребители								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Базы-поставщики	1	8	9	8	9	5	6	6	6	250
	2	3	8	4	3	7	10	5	5	130
	3	7	3	9	3	9	8	8	9	180
	4	9	4	7	1	10	9	10	2	180
	5	7	10	7	6	7	5	8	3	180
		210	90	80	80	90	110	140	120	

Вариант №5

		Заводы-потребители								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Базы-поставщики	1	10	8	10	3	7	1	3	1	250
	2	10	4	1	8	3	10	4	6	130
	3	1	6	5	1	3	1	3	4	180
	4	3	8	4	1	3	6	8	9	180
	5	9	10	7	3	8	8	9	8	320
		240	160	120	80	90	110	140	120	

Вариант №6

		Заводы-потребители								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Базы-поставщики	1	12	8	10	5	4	8	10	10	260
	2	9	9	10	8	4	1	10	6	130
	3	9	7	1	5	6	8	2	10	180
	4	5	1	3	10	9	5	8	4	180
	5	4	7	4	9	7	3	1	4	390
		290	190	120	80	90	110	140	120	

Вариант №7

		Заводы-потребители								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Базы-поставщики	1	10	12	7	9	4	8	6	9	240
	2	7	10	8	1	7	9	3	4	130
	3	10	14	7	2	3	1	5	7	180
	4	2	3	10	6	8	9	8	7	180
	5	9	8	1	3	4	3	4	1	280
		160	190	120	80	90	110	140	120	

Вариант №8

		Заводы-потребители								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Базы-поставщики	1	14	16	9	10	1	1	2	1	340
	2	9	4	9	7	6	1	3	7	130
	3	2	9	3	9	3	7	8	6	260
	4	4	10	4	5	6	2	3	9	280
	5	7	6	3	4	6	2	1	4	320
		290	220	240	120	90	110	140	120	

Вариант №9

		Заводы-потребители								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Базы-поставщики	1	8	9	7	10	6	6	7	4	340
	2	7	6	1	6	5	3	4	10	130
	3	7	2	1	6	7	7	3	2	260
	4	6	4	8	3	6	9	9	1	280
	5	3	2	5	8	10	8	1	3	350
		320	220	240	120	90	110	140	120	

Вариант №10

		Заводы-потребители								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Базы-поставщики	1	9	4	9	7	10	7	10	6	320
	2	8	4	8	3	10	3	10	7	130
	3	8	1	1	2	1	3	10	10	260
	4	7	4	4	1	6	1	7	2	280
	5	1	7	7	6	2	1	9	4	350
		340	180	240	120	90	110	140	120	

**Лабораторная работа. Двухиндексные задачи линейного программирования. Задача о назначении (4 часа).**

*Цель работы:* приобретение навыков построения математических моделей задач о назначении и решения этих задач в Microsoft Excel.

*Предмет и содержание работы:*

Задача о назначениях - это РЗ, в которой для выполнения каждой работы требуется один и только один ресурс (один человек, одна автомашина и т.д.), а каждый ресурс может быть использован на одной и только одной работе. То есть ресурсы не делимы между работами, а работы не делимы между ресурсами. Таким образом, задача о назначениях является частным случаем ТЗ. Задача о назначениях имеет место при назначении людей на должности или работы, автомашин на маршруты, водителей на машины, при распределении групп по аудиториям, научных тем по научно-исследовательским лабораториям и т.п.

1. Согласно номеру своего варианта выберите условие задачи.
2. Постройте модель задачи, включая транспортную таблицу.
3. Найдите оптимальное решение задачи в Excel.
4. Результаты работы занести в отчёт.

Варианты:

1. Решить задачу о назначениях в постановке на «узкие» места.

8	7	1	5	7	9
7	9	3	7	9	9
6	3	8	7	8	5
5	4	5	8	6	3
5	9	1	1	3	5
9	7	5	1	3	6

2. Решить задачу о назначениях в постановке на «узкие» места.

1	8	3	8	3	8
3	4	9	5	3	1
1	7	4	7	7	5
2	2	3	3	5	5
4	6	9	3	6	9
8	8	4	9	2	2

3. Решить задачу о назначениях в постановке на «узкие» места.

7	2	5	9	2	1
6	9	4	7	2	1
3	2	4	1	3	5
8	6	3	9	1	4
9	6	9	2	2	6
2	7	4	7	3	5

4. Решить задачу о назначениях в постановке на «узкие» места.

3	9	2	9	7	2
3	9	5	6	6	5
1	1	7	6	9	8
6	6	4	3	1	8
5	4	1	3	4	3
2	6	2	5	7	9

5. Решить задачу о назначениях в постановке на «узкие» места.

7	1	9	6	1	3
6	5	6	1	4	3
2	5	2	9	6	9
8	2	5	6	4	9
3	8	8	9	6	4
2	3	4	1	3	6

6. Решить задачу о назначениях в постановке на «узкие» места.

5	8	5	9	2	2
1	7	1	8	1	5
7	1	4	2	3	4
4	1	3	7	6	6
5	4	1	3	4	1
1	9	3	3	6	7

7. Решить задачу о назначениях в постановке на «узкие» места.

1	5	9	9	5	3
9	7	8	3	7	9
9	6	6	9	4	3
5	5	9	1	8	9
2	6	8	7	9	8
4	7	7	7	2	5

8. Решить задачу о назначениях в постановке на «узкие» места.

2	5	7	8	5	8
9	4	2	8	3	8
2	1	1	9	5	6
9	9	5	6	7	7
3	2	4	6	4	7
6	5	8	3	4	1

9. Решить задачу о назначениях в постановке на «узкие» места.

9	8	7	6	7	9
9	7	6	5	7	1
2	5	7	5	7	6
5	9	6	8	1	6
9	8	6	4	9	1
4	5	4	1	7	5

10. Решить задачу о назначениях в постановке на «узкие» места.

5	7	7	1	8	4
5	6	9	1	6	2
9	5	9	4	6	2
6	4	7	3	9	2
7	2	2	6	4	7
9	2	9	1	3	8

### Лабораторная работа. Задача коммивояжера (4 часа).

*Цель работы:* приобретение навыков построения математических моделей задач коммивояжера и решения этих задач в Microsoft Excel.

*Предмет и содержание работы:*

К задачам с булевыми переменными относятся задачи, переменные в которых могут принимать только два значения: 0 или 1. К таким задачам относится задача коммивояжера. Рассмотрим постановку задачи коммивояжера.

Имеется  $n$  городов. Расстояния между любой парой городов  $i$  и  $j$  известны и составляют  $c_{ij}$ . Коммивояжер выезжает из какого-либо города и должен посетить все города, побывав в каждом только один раз и вернуться в исходный город. Ставится задача определить такую последовательность объезда городов, или маршрут, при которой суммарная длина маршрута была бы минимальной.

1. Согласно номеру своего варианта выберите условие задачи.
2. Постройте модель задачи, включая транспортную таблицу.
3. Найдите оптимальное решение задачи в Excel.
4. Результаты работы занести в отчёт.

Варианты:

Вариант №1

Номер города	1	2	3	4	5	6	7
1	М	274	809	367	952	632	215
2	793	М	745	552	672	519	466
3	618	475	М	378	213	558	485
4	791	503	863	М	268	374	285
5	621	866	660	717	М	480	582
6	924	146	600	427	711	М	731
7	692	359	375	606	140	943	М

Вариант №2

Номер города	1	2	3	4	5	6	7
1	М	816	979	412	355	284	485
2	978	М	790	970	916	204	136
3	403	847	М	693	646	494	915
4	135	947	436	М	632	781	271
5	457	385	417	576	М	213	782

6	585	200	135	454	491	М	626
7	909	132	427	617	975	733	М

Вариант №3

Номер города	1	2	3	4	5	6	7
1	М	160	147	389	476	155	388
2	964	М	235	219	490	202	127
3	870	413	М	705	854	535	195
4	919	677	426	М	480	647	865
5	808	491	968	934	М	837	158
6	607	617	582	845	642	М	372
7	918	661	794	934	473	920	М

Вариант №4

Номер города	1	2	3	4	5	6	7
1	М	806	572	679	764	354	236
2	974	М	972	659	460	716	392
3	580	662	М	961	861	570	672
4	323	280	578	М	981	454	645
5	290	132	247	148	М	186	693
6	645	344	395	386	170	М	912
7	708	920	474	215	945	224	М

Вариант №5

Номер города	1	2	3	4	5	6	7
1	М	862	394	218	172	193	836
2	455	М	975	255	316	962	410
3	242	743	М	867	619	610	765
4	152	973	655	М	977	376	559
5	556	613	975	841	М	238	502
6	150	819	781	849	315	М	555

7	703	555	271	130	304	213	М
---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	---

Вариант №6

Номер города	1	2	3	4	5	6	7
1	М	934	946	958	347	529	541
2	980	М	265	375	194	721	519
3	803	321	М	882	581	262	852
4	523	423	848	М	147	435	869
5	428	984	784	548	М	370	817
6	342	348	400	944	389	М	588
7	693	492	547	421	598	373	М

Вариант №7

Номер города	1	2	3	4	5	6	7
1	М	742	393	918	441	847	782
2	525	М	660	938	922	736	508
3	516	277	М	429	335	630	772
4	929	362	208	М	557	138	795
5	136	367	345	335	М	141	436
6	817	371	338	989	312	М	461
7	406	229	504	313	207	860	М

Вариант №8

Номер города	1	2	3	4	5	6	7
1	М	394	276	749	747	767	448
2	803	М	534	767	247	760	955
3	663	874	М	418	946	496	582
4	541	530	379	М	727	603	335
5	804	530	383	398	М	149	479
6	296	339	204	481	276	М	469
7	560	802	883	906	416	909	М

Вариант №9

Номер города	1	2	3	4	5	6	7
1	М	978	789	652	743	293	929
2	918	М	399	529	960	120	625
3	714	421	М	459	122	480	290
4	204	743	328	М	512	192	625
5	683	883	164	555	М	243	502
6	255	566	507	713	728	М	921
7	892	333	725	343	730	629	М

Вариант №10

Номер города	1	2	3	4	5	6	7
1	М	579	336	952	589	310	917
2	192	М	914	425	332	983	403
3	256	553	М	902	671	900	231
4	143	713	611	М	758	196	902
5	882	290	776	791	М	177	819
6	432	250	756	454	450	М	855
7	723	980	738	674	220	494	М

**Лабораторная работа. Определение наикратчайшего пути между вершинами ориентированного графа с циклами (4 часа).**

*Цель работы:* научиться определять наикратчайший путь между вершинами ориентированного графа с циклами

*Предмет и содержание работы:*

Сеть (граф) состоит из множества вершин (узлов) и множества дуг (ребер), соединяющих вершины. Длины дуг могут определять различные характеристики: расстояние, стоимость, время, пропускную способность и т.д. С помощью сетевых моделей можно поставить и решить большое число практически важных задач. Такие задачи можно сформулировать решить как задачи линейного программирования. Но, учитывая их специфику, разработаны более эффективные методы решения.

Пример. Определить наикратчайший путь между вершиной 1 и вершиной 7 на графе с циклами, представленном на рис.1.

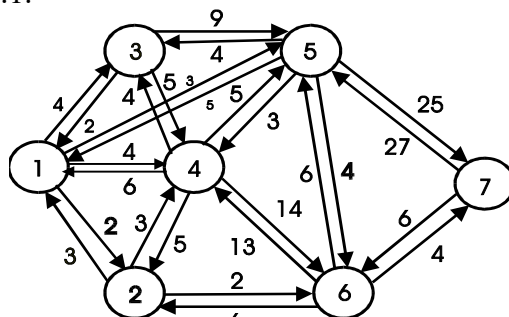


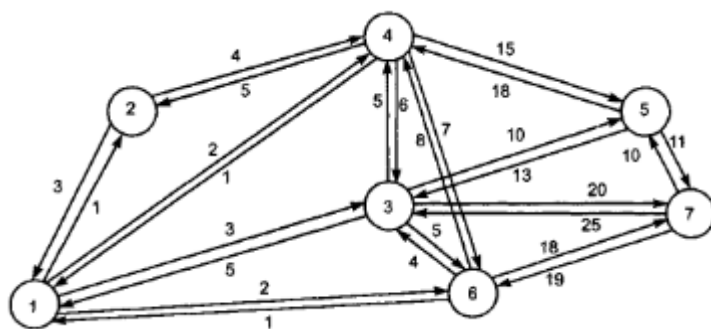
Рис.1

Для решения задачи в процедуре EXCEL «Поиск решения», представим ее как транспортную задачу с промежуточными пунктами. Будем считать, что транспортные расходы при перевозке одной единицы груза равны (в условных единицах) расстояниям между вершинами. Одна единица груза отправляется из вершины 1 (исходный пункт) и должна прибыть в вершину 7 (пункт назначения). Вершины 2, 3, 4, 5, 6 рассматриваются как промежуточные пункты, которые являются одновременно и исходными пунктами, и пунктами назначения.

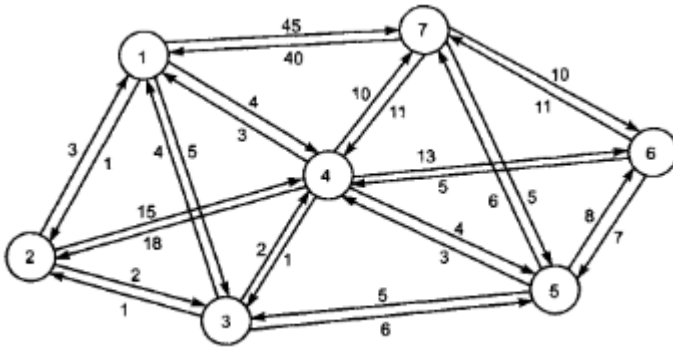
Требуется определить такую последовательность вершин, по которым должна перемещаться единица груза, отправленная из вершины 1, при которой стоимость транспортных расходов будет минимальна и груз попадет в вершину 7.

Варианты:

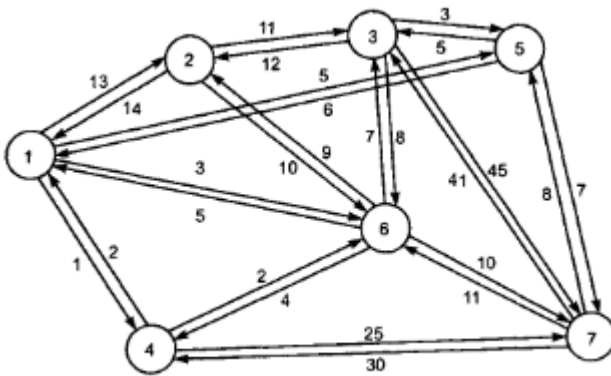
Вариант 1



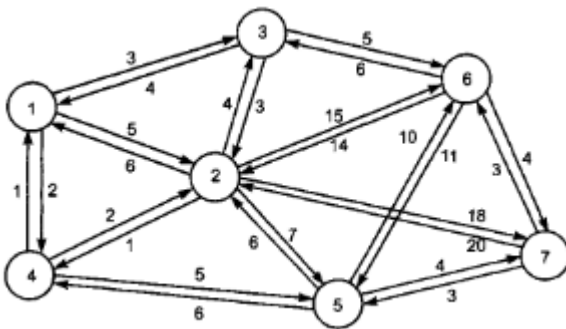
Вариант 2



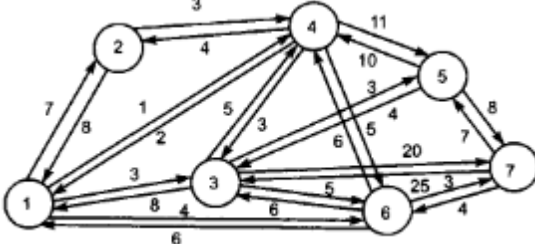
Вариант 3



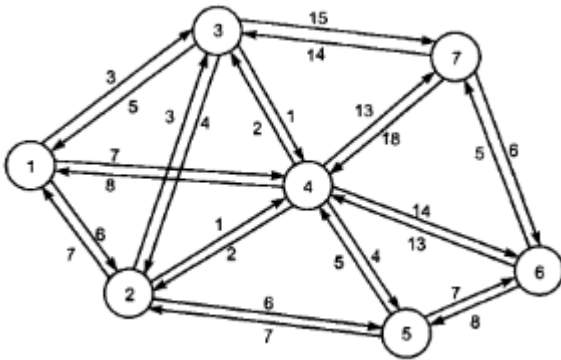
Вариант 4



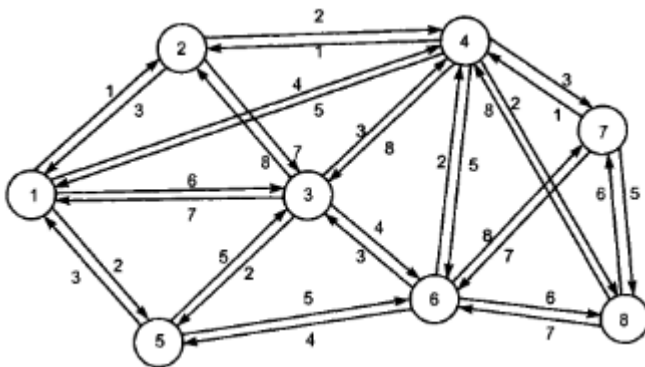
Вариант 5



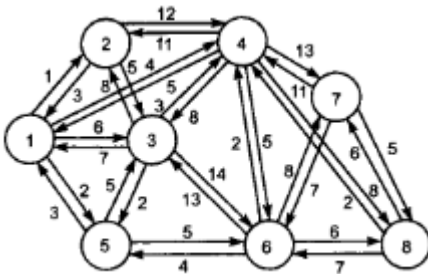
Вариант 6



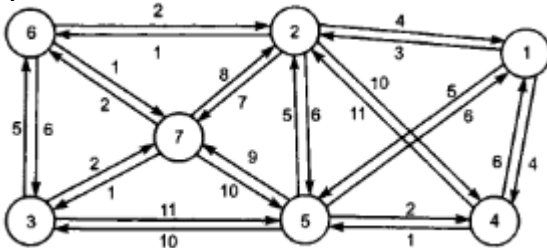
Вариант 7



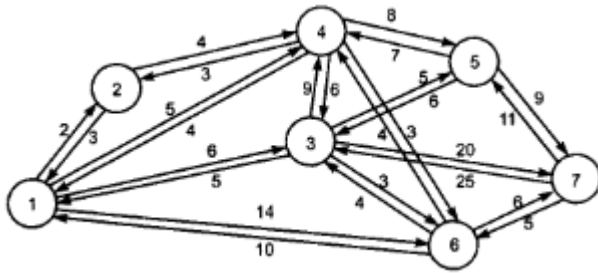
Вариант 8



Вариант 9



Вариант 10



**Лабораторная работа. Динамическое программирование. Задача распределения средств (4 часа).**

*Цель работы:* знакомство с задачей динамического программирования – задачей распределения средств, изучение различных методов решения в системе компьютерной математики

*Предмет и содержание работы:*

Общая схема решения задач динамического программирования.

Для решения задач динамического программирования необходимо выполнить следующие действия:

1. Определить этапы.
2. Определить на каждом этапе вариантов решения (альтернатив).
3. Определить состояния на каждом этапе.

Из перечисленных выше элементов понятие состояния, как правило, представляется весьма сложным для восприятия. Определение состояния меняется в зависимости от моделируемой ситуации.

В основе решения задачи лежит принцип оптимальности Беллмана: на каждом этапе принимается такое решение, которое обеспечивает оптимальность с данного этапа до конца процесса, то есть на каждом этапе необходимо принимать решение, просматривая его последствия до самого конца процесса. Так как последовательность решений следует просматривать до самого конца процесса, то варианты анализируются с конца процесса.

Варианты:

Задание 1

x	0	1	2	3	4	5
g1(x)	0	3,7	6,0	7,4	7,9	8,1
g2(x)	0	3,6	4,3	5,9	8,0	8,7
g3(x)	0	3,9	5,6	6,1	7,4	9,2

Задание 2

x	0	1	2	3	4	5
g1(x)	0	3,2	5,1	6,1	6,9	8,5
g2(x)	0	3,8	5,9	7,5	9,2	10,0
g3(x)	0	3,1	4,6	6,2	8,0	8,7

Задание 3

x	0	1	2	3	4	5
g1(x)	0	4,1	6,2	7,0	7,2	8,0

$g_2(x)$	0	3,8	3,9	5,9	6,2	8,3
$g_3(x)$	0	3,1	3,8	4,2	6,3	7,8

Задание 4

x	0	1	2	3	4	5
$g_1(x)$	0	3,2	5,3	6,0	7,3	8,7
$g_2(x)$	0	3,4	3,5	4,8	5,5	6,4
$g_3(x)$	0	3,4	4,1	4,6	5,8	7,6

Задание 5

x	0	1	2	3	4	5
$g_1(x)$	0	3,7	4,2	4,9	6,1	6,5
$g_2(x)$	0	4,2	6,2	6,4	8,7	9,8
$g_3(x)$	0	4,2	4,4	5,1	5,2	5,4

Задание 6

x	0	1	2	3	4	5
$g_1(x)$	0	3,1	3,7	3,9	6,0	6,6
$g_2(x)$	0	3,6	4,8	6,4	7,0	7,4
$g_3(x)$	0	4,0	4,1	4,9	5,9	8,1

Задание 7

x	0	1	2	3	4	5
$g_1(x)$	0	4,0	5,2	5,8	7,9	9,9
$g_2(x)$	0	3,5	4,7	5,2	5,9	7,6
$g_3(x)$	0	4,1	5,7	7,8	10,1	10,8

Задание 8

x	0	1	2	3	4	5
$g_1(x)$	0	4,1	4,3	6,0	7,6	7,7
$g_2(x)$	0	3,5	3,9	5,6	6,8	8,1
$g_3(x)$	0	3,6	5,8	7,3	9,3	11,1

Задание 9

x	0	1	2	3	4	5
$g_1(x)$	0	3,3	3,6	5,4	6,5	7,1
$g_2(x)$	0	4,2	5,3	7,1	8,9	11,0
$g_3(x)$	0	4,0	5,1	5,8	6,3	8,2

Задание 10

x	0	1	2	3	4	5
---	---	---	---	---	---	---

*Направление подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика»  
Профиль «Прикладная информатика в топливно-энергетическом комплексе»  
Методическое обеспечение РПД Б1.О.05 «Моделирование экономических процессов»*

$g_1(x)$	0	3,8	5,9	6,4	7,0	7,2
$g_2(x)$	0	3,8	4,0	5,1	6,7	8,0
$g_3(x)$	0	3,1	4,2	4,7	7,0	7,6

### **Лабораторная работа. Нелинейные модели. Коэффициент детерминации (4 часа).**

*Цель работы:* научиться строить нелинейные модели и находить коэффициент детерминации.

*Предмет и содержание работы:*

Если между экономическими явлениями существуют нелинейные соотношения, то они выражаются с помощью соответствующих нелинейных функций.

Различают два класса нелинейных регрессий:

1. Регрессии, нелинейные относительно включенных в анализ объясняющих переменных, но линейные по оцениваемым параметрам.

2. Регрессии, нелинейные по оцениваемым параметрам.

Используя данные функции СЛЧИСЛ, построить линейную, степенную, показательную, экспоненциальную, полулогарифмическую, гиперболическую и обратную модели и с помощью коэффициента детерминации сравнить эти модели. Для чего необходимо:

1. Найти уравнение регрессии.
2. Найти общую сумму квадратов отклонений и остаточную сумму квадратов отклонений.
3. Найти коэффициент детерминации.
4. Найти параметры регрессии с помощью статистической функции ЛИНЕЙН

### **Лабораторная работа. Динамическое программирование. Задача о замене оборудования (4 часа).**

*Цель работы:*

Решение задачи замены оборудования с помощью метода динамического программирования, который заключается в поэтапном планировании многошагового процесса, где на каждом этапе оптимизируется только один шаг. Управление на каждом шаге должно выбираться с учетом всех его последствий в будущем.

Задача замены оборудования, таким образом, сводится к определению оптимального срока его эксплуатации.

*Предмет и содержание работы:*

Решить задачу замены оборудования с помощью формул в Excel.

Задача состоит в том, чтобы найти такую стратегию управления, определенной решениями, принимаемыми к началу каждого года, чтобы общая прибыль предприятия за весь период является максимальной. В качестве управлений выступают решения о замене и сохранении оборудования, принимаемые в начале каждого года:

$U_c$  – решение о сохранении оборудования;

$U_z$  – решение о замене оборудования.

Решение найдем с помощью алгоритма решения задач динамического программирования, включающего в себя 2 этапа:

1) при движении от начала 6-го года к началу 1-го года для каждого допустимого состояния оборудования находим условное оптимальное управление;

2) при движении от начала 1-го года к началу 6-го года из условных оптимальных решений составляем для каждого года оптимальный план замены оборудования.

Варианты:

Вариант №1

Время использования	0	1	2	3	4	5
---------------------	---	---	---	---	---	---

оборудования (t)						
Прибыль $r(t)$	90	85	81	77	70	68
Затраты $c(t)$	21	28	31	33	42	51
Замена $s(t)$		46	46	51	57	59

Вариант №2

Время использования оборудования (t)	0	1	2	3	4	5
Прибыль $r(t)$	90	88	83	80	90	90
Затраты $c(t)$	28	27	40	34	46	44
Замена $s(t)$		45	49	54	53	60

Вариант №3

Время использования оборудования (t)	0	1	2	3	4	5
Прибыль $r(t)$	88	89	85	87	82	85
Затраты $c(t)$	27	26	40	38	49	41
Замена $s(t)$		46	45	50	50	59

Вариант №4

Время использования оборудования (t)	0	1	2	3	4	5
Прибыль $r(t)$	87	90	82	88	88	82
Затраты $c(t)$	30	30	38	31	49	50
Замена $s(t)$		49	47	57	60	50

Вариант №5

Время использования оборудования (t)	0	1	2	3	4	5
Прибыль $r(t)$	89	81	80	90	84	86
Затраты $c(t)$	24	24	32	37	47	43
Замена $s(t)$		50	42	50	55	55

Вариант №6

Время использования оборудования (t)	0	1	2	3	4	5
Прибыль $r(t)$	84	80	84	87	89	80
Затраты $c(t)$	20	30	34	35	42	43
Замена $s(t)$		45	40	52	50	51

Вариант №7

Время использования оборудования (t)	0	1	2	3	4	5
Прибыль $r(t)$	90	81	82	88	89	90
Затраты $c(t)$	26	22	40	34	44	47
Замена $s(t)$		41	44	57	57	57

Вариант №8

Время использования оборудования (t)	0	1	2	3	4	5
Прибыль r(t)	87	86	80	88	90	83
Затраты c(t)	30	26	40	39	40	50
Замена s(t)		48	50	53	60	59

Вариант №9

Время использования оборудования (t)	0	1	2	3	4	5
Прибыль r(t)	89	88	80	88	84	86
Затраты c(t)	28	24	30	36	42	44
Замена s(t)		45	44	51	57	53

Вариант №10

Время использования оборудования (t)	0	1	2	3	4	5
Прибыль r(t)	80	85	80	86	80	82
Затраты c(t)	23	27	37	34	46	40
Замена s(t)		42	49	51	53	58

**Лабораторная работа.** Балансовые экономико-математические модели и их моделирование на Excel (4 часа).

*Цель работы:* приобретение навыков построения балансовых экономико-математических моделей и решения их в Microsoft Excel.

*Предмет и содержание работы:*

Представлен межотраслевой баланс отчетного периода: конечная продукция отраслей (У) и межотраслевые потоки (Х). Определить

1. Недостающие данные в таблице.
2. Определить коэффициенты прямых материальных затрат (а у).
3. Составить плановый межотраслевой баланс, исходя из предположения, что конечный продукт в первой и во второй отраслях возрастет по сравнению с отчетным периодом на 5%, а в третьей отрасли на 2%. (Коэффициенты прямых материальных затрат те же, что и в отчетном периоде).
4. Результаты работы занести в отчет.

Варианты:

Вариант 1

Производящие отрасли отрасли	Потребляющие отрасли			Конечная продукция	Валовая продукция
	1	2	3		
1	34	34	31		
2	42	40	35		
3	37	42	49		
Условно-чистая про-					

продукция					
Валовая продукция					

Вариант 2

Производящие отрасли	Потребляющие отрасли			Конечная продукция	Валовая продукция
	1	2	3		
1	40	33	22		
2	25	39	42		
3	48	24	20		
Условно-чистая продукция					
Валовая продукция					

Вариант 3

Производящие отрасли	Потребляющие отрасли			Конечная продукция	Валовая продукция
	1	2	3		
1	50	29	40		
2	29	48	39		
3	45	31	50		
Условно-чистая продукция					
Валовая продукция					

Вариант 4

Производящие отрасли	Потребляющие отрасли			Конечная продукция	Валовая продукция
	1	2	3		
1	38	25	24		
2	47	46	42		
3	22	38	32		
Условно-чистая продукция					
Валовая продукция					

Вариант 5

Производящие отрасли	Потребляющие отрасли			Конечная продукция	Валовая продукция
	1	2	3		
1	44	38	39		
2	47	29	42		
3	39	46	27		
Условно-чистая продукция					
Валовая продукция					

Вариант 6

Производящие отрасли	Потребляющие отрасли	Конечная продукция	Валовая продукция
----------------------	----------------------	--------------------	-------------------

отрасли				продукция	продукция
	1	2	3		
1	49	39	23		
2	34	49	29		
3	45	35	44		
Условно-чистая продукция					
Валовая продукция					

Вариант 7

Производящие отрасли	Потребляющие отрасли			Конечная продукция	Валовая продукция
	1	2	3		
1	50	50	33		
2	47	34	50		
3	48	48	44		
Условно-чистая продукция					
Валовая продукция					

Вариант 8

Производящие отрасли	Потребляющие отрасли			Конечная продукция	Валовая продукция
	1	2	3		
1	23	42	47		
2	20	48	24		
3	40	41	25		
Условно-чистая продукция					
Валовая продукция					

Вариант 9

Производящие отрасли	Потребляющие отрасли			Конечная продукция	Валовая продукция
	1	2	3		
1	29	31	31		
2	41	47	30		
3	22	28	22		
Условно-чистая продукция					
Валовая продукция					

Вариант 10

Производящие отрасли	Потребляющие отрасли			Конечная продукция	Валовая продукция
	1	2	3		
1	44	46	31		
2	30	47	41		

3	24	32	47		
Условно-чистая продукция					
Валовая продукция					

### Лабораторная работа. Анализ сезонных колебаний (4 часа).

*Цель работы:* научиться строить аддитивную и мультипликативную модели временных рядов.

*Предмет и содержание работы:*

Модели, построенные по данным, характеризующим один объект за ряд последовательных моментов (периодов), называются моделями временных рядов.

Временной ряд - это совокупность значений какого-либо показателя за несколько последовательных моментов или периодов.

Каждый уровень временного ряда формируется из трендовой (Т), циклической (сезонной) (S) и случайной (Е) компонент.

Модели, в которых временной ряд представлен как сумма перечисленных компонент, - аддитивные модели, как произведение - мультипликативные модели временного ряда.

Аддитивная модель имеет вид:  $Y=T+S+E$ .

Мультипликативная модель:  $Y=T \cdot S \cdot E$ .

Построение аддитивной и мультипликативной моделей сводится к расчету значений Т, S, и E для каждого уровня ряда.

Построение модели включает следующие шаги:

- 1) выравнивание ряда методом скользящей средней;
- 2) расчет значений сезонной компоненты S;
- 3) устранение сезонной компоненты из исходных уровней ряда и получение выровненных данных в аддитивной (Т+Е) или в мультипликативной (Т·Е) модели;
- 4) аналитическое выравнивание уровней (Т+Е) или (Т·Е) и расчет значений Т с использованием полученного уравнения тренда;
- 5) расчет полученных по модели значений (Т+S) или (Т·S);
- 6) расчет абсолютных и или относительных ошибок.

Порядок выполнения работы.

Для каждого из двух заданных временных рядов:

1. Построить график временного ряда.
2. Определить вид модели и период сезонных колебаний.
3. Произвести выравнивание исходного ряда методом скользящей средней.
4. Найти значения сезонной компоненты S.
5. Устранить сезонную компоненту из исходных уровней ряда и получить выровненные данные в аддитивной (Т+Е) или в мультипликативной (Т·Е) модели.
6. Произвести аналитическое выравнивание уровней (Т+Е) или (Т·Е) и рассчитать значения Т с использованием полученного уравнения тренда.
7. Получить расчетные значения: (Т+S) или (Т·S).
8. Определить абсолютные и относительные ошибки.
9. Найти прогноз двух последующих уровней временного ряда.

Варианты:

Вариант 1

Квартал	Год			
	1	2	3	4

I	41	47	24	23
II	23	26	40	44
III	25	44	25	38
IV	31	44	32	28

Вариант 2

Квартал	Год			
	1	2	3	4
I	49	21	25	21
II	36	29	22	22
III	31	44	20	34
IV	27	26	31	44

Вариант 3

Квартал	Год			
	1	2	3	4
I	23	41	41	29
II	50	29	20	47
III	21	32	34	40
IV	42	26	31	20

Вариант 4

Квартал	Год			
	1	2	3	4
I	49	28	23	44
II	32	44	35	48
III	38	31	22	26
IV	24	41	43	24

Вариант 5

Квартал	Год			
	1	2	3	4
I	42	44	44	44
II	43	41	32	21
III	20	23	26	37
IV	23	34	24	22

Вариант 6

Квартал	Год			
	1	2	3	4
I	42	34	27	31
II	23	46	43	50
III	50	39	39	50
IV	46	39	46	42

Вариант 7

Квартал	Год			
	1	2	3	4

I	26	24	48	39
II	33	49	30	20
III	30	22	26	36
IV	23	24	45	40

Вариант 8

Квартал	Год			
	1	2	3	4
I	33	26	43	37
II	23	45	44	50
III	35	30	48	30
IV	33	40	50	49

Вариант 9

Квартал	Год			
	1	2	3	4
I	22	25	27	42
II	27	24	50	50
III	32	45	23	24
IV	41	46	30	24

Вариант 10

Квартал	Год			
	1	2	3	4
I	34	33	45	26
II	34	45	23	45
III	41	45	31	46
IV	20	25	36	49