1. Этапы решения инженерной задачи.
2. Методика разработки динамической модели объекта или процесса.
3. Натурный эксперимент. Вычислительный эксперимент.
4. Характеристики инженерных задач. Понятия инженерного эксперимента и математического моделирования.
5. Процесс создания математической модели. Построение математической модели.
6. Процесс создания математической модели. Постановка, исследование и решение соответствующих вычислительных задач.
7. Процесс создания математической модели. Проверка качества моделей на практике и модификация модели.
8. Имитационное моделирование. Технология моделирования сложных систем.
9. Моделирование сложных систем.
10. Основные понятия имитационного моделирования.
11. Понятие модельного времени.
12. Способы выбора модельного времени.
13. Транзактный способ организации квазипараллелизма в имитационных моделях.
14. Агентный способ организации квазипараллелизма в имитационных моделях.
15. Организация квазипараллелизма в имитационных моделях способом просмотра активностей.
16. Организация квазипараллелизма в имитационных моделях способом составления расписаний событий.
17. Организация квазипараллелизма в имитационных моделях агрегатным способом.
18. Процессный способ организации квазипараллелизма в имитационных моделях.
19. Планирование эксперимента. История развития научного направления.
20. Планирование эксперимента. Виды планов. Критерии оптимальности планов.
21. Вычислительная задача. Корректность вычислительной задачи.
22. Вычислительная задача. Обусловленность вычислительной задачи.
23. Вычислительный алгоритм. Корректность вычислительного алгоритма.
24. Вычислительный алгоритм. Требования, предъявляемые к вычислительному алгоритму.
25. Причины и классификация погрешностей, возникающих при моделировании на ЭВМ.

26. Правила записи приближенных чисел. Абсолютная, относительная погрешности.

27. Погрешность арифметических операций над приближенными числами. Сложение. Умножение.

28. Погрешность арифметических операций над приближенными числами. Вычитание. Деление.

29. Погрешность функции.

30. Представление целых и вещественных чисел в ЭВМ.

31. Вычислительная погрешность. Особенности машинной арифметики.

32. Арифметические операции над числами с плавающей точкой. Вычисление машинной погрешности .

33. Эквивалентность задач решения нелинейного уравнения и задачи одномерной минимизации функции.

34. Классификация вычислительных методов. Методы аппроксимации.

35. Различные подходу к анализу ошибок (прямой, обратный, статистический).

36. Вычислительный алгоритм. Обусловленность вычислительного алгоритма.

37. Классификация вычислительных методов. Методы эквивалентных преобразований.

38. Классификация вычислительных методов. Итерационные методы.

39. Классификация вычислительных методов. Прямые методы.

40. Современные инструментальные средства моделирования. Пример решения прикладной задачи планирования эксперимента (самостоятельно).

1. **Этапы решения инженерной задачи.**

1) постановка задачи
2) выбор и построение математической модели
3) постановка вычислительной задачи
4) предварительный анализ свойств вычислительной задачи
5) выбор или построение численного метода
6) алгоритмизация и программирование

7) отладка и тестирование
8) счёт по программе
9) обработка и интерпретация результата
10) использование результатов или коррекция математической модели

1. *Постановка задачи.*

Имеется общая предварительная формулировка. На данном этапе формулируется конкретная с учётом цели исследования. Определяется система координат, входные и выходные данные, начальные или условия. Задача формулируется на языке данной предметной области, с учётом возможностей современной вычислительной техники. Сложность и уровень исследования вычислительной модели определяется предварительно в результате переговоров специалиста предметной области, математика и IT-специалиста.

2. *Выбор и построение математической модели*

Если имеется модель в данной предметной области, то необходимо использовать её или модифицировать. В противном случае создаётся новая модель. Находится компромисс: полнота описания - сложность моделирования. Выбирается уровень исследования. С учётом классификации уровня исследования выбирается тип математической модели.

Если объект или система меняют состояние во времени, то говорят о динамической модели.

Если рассматривают состояние системы в конкретный момент времени, то говорят о построении статичной модели.

Если данные на входе системы определены, детерминированы, не носят случайного характера как и алгоритм преобразования входных данных в выходные, то говорят о детерминированной модели.

Если входные данные описаны случайными величинами, векторами, а алгоритм преобразования входных данных в выходные - случайными функциями (в том числе случайными процессами), то говорят о стохастических (случайных) моделях.

Как правило, детерминированная модель является аналитической (формализованной в виде равенств, неравенств, систем уравнений и т.п.), применяется для простых динамических систем.

Стохастические модели зависят от постановки основной задачи (задача теории вероятностей) или одной из основных задач математической статистики.

(Стохастические (случайные) модели делятся на вероятностные и статистические.)

Вероятностные модели, как правило, ориентированы на оценку вероятности того или иного события. В ряде случаев говорят о гипотетических моделях - модель, основанная на гипотезе, ещё не подтверждённой на практике.

Статистическую модель тоже можно отнести к классу гипотетических, но ориентированных на получение оценок точечных, доверительных, исследуемых величин.

Альтернативной классификацией стохастической модели являются модели, построенные на основе натурных и полунатурных экспериментов. Такие модели используют для прогнозирования состояния системы в заданный или формируемый промежуток времени.

Имитационная модель - модель, позволяющая имитировать поведение реальной системы на ЭВМ при заданных исходных данных. Имитация - численный метод проведения вычислительного эксперимента в течение заданного или формируемого промежутка времени.

3. Постановка вычислительной задачи

Математическая модель декомпозируется на одну или более вычислительных задач. Предварительно задачи классифицируются как прямые, обратные и задачи идентификации. Определяется цель численного исследования с учётом требуемой точности решения.

4. Предварительный анализ свойств вычислительной задачи

Анализируется корректность постановки каждой задачи по Адамару-Петровскому. Изучаются упрощённые постановки задач, позволяющие получить аналитическое решение. Исследуются качественные результаты решённой задачи, полученные при упрощённой модели, если упрощённая модель не соответствует заданной точности.

5. Выбор или построение численного метода

Решение инженерной задачи сводится к последовательному решению стандартных вычислительных задач, для которых разработаны стандартные вычислительные методы. Но существуют ситуации, когда алгоритм необходимо адаптировать к решению задачи или предложить принципиально новое решение. Часто модификация сводится к комбинированию двух и более известных подходов, а также к применению других известных методов к другим форматам данных. В то же время, изменение возможностей вычислительной техники, а также изменение элементарной структуры программного инструментария может приводить к модификации известных алгоритмов. Возможен выбор единственного из нескольких численных методов, для чего проводится сравнительный анализ. На основе обработанных данных выбирается оптимальный вычислительный метод.

6. Алгоритмизация и программирование

Численный метод содержит только принципиальную схему решения. Разработка алгоритма (в том числе параллельного) и перевод его на математический язык - основная работа этого этапа.

7. Отладка и тестирование

Непосредственный поиск ошибок (в том числе синтаксических), отладка вычислительных задач на тестовых системах (имеющих известное решение).

8. *<u>Счёт по программе</u>*

Автоматический счёт по программе называется <u>вычислительным процессом</u>. Носит итерационный характер, требует инициирования стартовых значений и формулирования условий окончания счёта. Счёт повторяется многократно для различных наборов входных данных.

9. *<u>Обработка и интерпретация</u>*

Результаты выводятся в виде графиков, таблиц, диаграмм, удобных для восприятия; в нотации, принятой в предметной области решаемой задачи

10. *<u>Использование результатов или коррекция математической модели</u>*

Предварительный анализ корректности используемой математической модели на основе тестовых систем. В случае корректности - внедрение результатов и проведение крупномасштабных экспериментов.

2. Методика разработки динамической модели объекта или процесс.

1. Рисуется графическая схема, иллюстрирующая процесс (например, схема перемещения объекта в заданной системе координат). Указывается положение объекта в начальный t_0 , конечный T и некоторый фиксированный момент времени $t \in [t_0, T]$.

Возможно использование традиционных структурных схем алгоритмов, диаграмм для графической интерпретации системы.

2. На схеме уточняются и обозначаются начальные и конечные входные данные, а также промежуточные переменные, которые являются выходными для одного этапа модели и входными для другого.
3. Определяется физико-химическое взаимодействие на объект в заданный период времени (влияющий на процесс).
4. Оценивается возможность упрощения модели (ряд воздействий не учитывается).
5. На языке математики формулируется общее уравнение (равенство, неравенство, система уравнений), связывающее входные и выходные данные и описывающее процесс.
6. Конкретизирующее описание каждого отдельного воздействия на язык математики. Определяются неизвестные (выходные данные и параметры системы).
7. Повторно оценивается возможность упрощения модели для обеспечения соответствующего числа уравнений в системе и переменных (неизвестных), входящих в описание. Уточняются значения параметров и коэффициентов уравнений.

3. Натурный эксперимент. Вычислительный эксперимент.

Натурный эксперимент - эксперимент с реальными объектами или системами в реальных условиях

- Преимущества: Высокая точность эксперимента
- Недостатки:
    - ряд характеристик не может быть измерен непосредственно
    - процессы функционирующей системы часто носят сложный динамических характер и подвержены влияниям изменяющихся условий внешней среды
    - при использовании сложных комплексов необходимо учитывать влияние испытат регистрирующего и управляющего оборудования (погрешность измерений)
    - эксперимент может оказаться длительным, либо слишком кратковременным и дорогостоящим

- Достоинства и недостатки полунатурного эксперимента:

    Полунатурный эксперимент - реальный объект или система заменены физической моделью, а условия эксперимента созданы лабораторно (камерно).

    Достоинства:

    - дешевле натурного, можно провести в ряде случаев, когда натурный не подходит
    - Приветствуется в случае экспериментов с аэродинамической трубой

    Недостатки:

    - низкая точность

- Альтернатива натурному и полунатурному эксперименту - вычислительный эксперимент в основе которого лежит замена реального объекта или системы на их математические модели.

Достоинства: дёшево, всегда возможно

Недостатки: проверка адекватности на практике. (модель проверяют путём проведения натурного эксперимента)

4. Характеристики инженерных задач. Понятия инженерного эксперимента и математического моделирования.

Инженерным -- называется эксперимент, использующий в качестве объекта исследования непосредственно сам объект, или его физическую модель. (Математическая модель ляжет в основу вычислительного эксперимента, это если она попросит дополнить)

В ответе на билет, нужно упомянуть следующие моменты

- Характеристика инженерной задачи (отличия от экономических, исследовательских, исследовательские, научные задачи)
    - экономическая задача - **мало вычислений** (при этом может быть много данных)
    - научная задача - большой объём вычислений. возможно результат вычислений не подтвердит выдвинутую гипотезу.
    - характеристика инженерных задач:
        - имеют ярко-выраженную практическую направленность (создание новой конструкции, разработка топологии математической сети)
        - необходимость конечного результата, представленного количественно (в виде набора чисел, графиков, диаграмм). на основе количественного результата нужно принимать решения
        - значительный объём вычислительной работы
        - необходимость создания математических моделей с применением современного и традиционного вычислительного аппарата
        - решаются как правило специалистами имеющими техническое образование (не математиками, не программистами)
- Определение выше
- Достоинства и недостатки натурного эксперимента

  Натурный эксперимент - эксперимент с реальными объектами или системами в реальных условиях
    - Преимущества: Высокая точность эксперимента
    - Недостатки:
        - ряд характеристик не может быть измерен непосредственно
        - процессы функционирующей системы часто носят сложный динамических характер и подвержены влияниям изменяющихся условий внешней среды
        - при использовании сложных комплексов необходимо учитывать влияние испытат регистрирующего и управляющего оборудования (погрешность измерений)
        - эксперимент может оказаться длительным, либо слишком кратковременным и дорогостоящим
- Достоинства и недостатки полунатурного эксперимента

  Полунатурный эксперимент - реальный объект или система заменены физической моделью, а условия эксперимента созданы лабораторно (камерно).

  Достоинства:

- дешевле натурного, можно провести в ряде случаев, когда натурный не подходит
- Приветствуется в случае экспериментов с аэродинамической трубой

  Недостатки:
- низкая точность

Математическое моделирование - метод исследования объектов, систем и процессов реального мира с помощью их приближённых описаний (математических моделей)
Математическая модель - формализация объектов, представленная в виде равенств, неравенств (в том числе логических), систем алгебраических уравнений, систем дифференциальных уравнений и логических структур.

5. Процесс создания математической модели. Построение математической модели.

Процесс создания модели условно разделяют на 3 этапа:

- Формализация объекта, системы, процесса реального мира
- Постановка, исследование и решение соответствующих вычислительных задач
- Проверка качества модели на практике и, при необходимости, модификация модели

Формализация…

Математическая модель - это компромисс между сложностью изучения явления и желаемой простотой его описания: с одной стороны модель должна быть достаточно точной, чтобы являться адекватной объектам реального мира, с другой стороны, при реализации на ЭВМ алгоритмически сложные задачи приводят к накоплению вычислительной погрешности, что снижает точность моделирования.

Для корректного учета факторов, существенно влияющих на результат вычислительного эксперимента, предварительно выбирают тип математической модели, исходя их следующей классификации:

- аналитическая модель - учитывает наиболее существенные физико-хим. процессы, протекающие в объекте или системе, причем воздействие легко формализуемо.

Различают статические и динамические модели:

- статическая модель - описывает явление в предположении, что процесс завершен
- динамическая модель - описывает, как протекает явление (происходит изменен. от одного сост. к другому) то есть в динамике. При использовании дин. моделей как правильно используют начальное состояние, а затем исследуют переходы в последующие состояния. Пример: модель Галилея, модель Ньютона (простые динамические системы).
    - простая динамич. система - система, поведение кот. задаётся совокупностью обыкновенных дифф. уравнений в форме Коши с достаточно гладкими правыми частями
    - структурно-сложная динамич. система - в основе модели лежат эл-ты-блоки со скрытой от внешнего наблюдателя внутренней структурой. Об объекте может быть известно не всё, но выделяется набор регистрируемых или рассчитываемых переменных, характеризующих объект. Такие переменные называются контактными.
    - сложная динамич. система - система, подразумевающая эксплуатацию в разных условиях

(имитация - точно повторение, эмуляция - входные и выходные состояния идентичные, но промежуточные преобразования другие)

- **имитационная модель** - модель, позволяющая имитировать поведение реальной системы на ЭВМ при заданных исходных данных
- **гипотетическая модель** - исследователем закладывается некоторая гипотеза о закономерностях протекания процесса в реальном объекте, которая отражает уровень знаний исследователя об объекте и базируется на причинно-следственных связях между входом и выходом изучаемого объекта. Гипотетическое моделирование используется, когда знаний об объекте недостаточно для построения формальных моделей.

6. Процесс создания математической модели. Постановка, исследование и решение соответствующих вычислительных задач.

Процесс создания модели условно разделяют на 3 этапа:

- Формализация объекта, системы, процесса реального мира
- Постановка, исследование и решение соответствующих вычислительных задач
- Проверка качества модели на практике и, при необходимости, модификация модели

Постановка…

Задачи, требующие привлечения вычислительной техники для решения называются вычислительными. Методы решения вычислительных задач (в том числе не имеющие методологической погрешности) имеют накапливаемую вычислительную погрешность. Такие методы называют вычислительными.

Если метод при привлечении вычислительной техники имеет низкое быстродействие и / или низкую сходимость вычислительным не считается. Кроме того существуют методы, требующие дополнительный анализ работы в процессе реализации (метод Крамера). Такие методы относятся к нереализуемым на ЭВМ.

Модель включает в себя величины, которые можно разбить на 3 группы:

1) входные данные (вектор $\overline{x}$)
2) параметры системы (вектор $\overline{a}$)
3) выходные данные (вектор $\overline{y}$)

Если по $\overline{x}$, при фиксированном $\overline{a}$, нужно найти $\overline{y}$, то задача называется прямой.

Если по $\overline{y}$, при фиксированном $\overline{a}$, нужно найти $\overline{x}$, то задача называется обратной.

Если известны $\overline{x}$ и $\overline{y}$, но неизвестна форма преобразования $\overline{x} \to \overline{y}$, то говорят о задаче идентификации в широком смысле. Если форма преобразования известна, а требуется оценить только $\overline{a}$, то говорят об идентификации в узком смысле

7. Процесс создания математической модели. Проверка качества моделей на практике и модификация модели.

Процесс создания модели условно разделяют на 3 этапа:

- Формализация объекта, системы, процесса реального мира
- Постановка, исследование и решение соответствующих вычислительных задач
- Проверка качества модели на практике и, при необходимости, модификация модели

Требования к математической модели:

- Модель должна быть достаточно полной, чтобы быть информативной для изучения свойств исследуемого явления или процесса, одновременно с этим достаточно простой для лёгкой реализации на ЭВМ
- Необходимо оценивать вносимую погрешность для своевременной корреляции модели

Проверка…

На этом этапе выясняется пригодность математической модели для описания исследуемого явления. Теоретические выводы и конкретные результаты, вытекающие из гипотетических математических моделей сопоставляются с экспериментальными данными, полученными дополнительно. Иногда на практике выявляется, что модель наиболее точно описывает результаты лишь в частных случаях, тогда возникает необходимость создания новой модели, либо модификации старой.

8. Имитационное моделирование. Технология моделирования сложных систем.

- Имитационная модель - модель, позволяющая имитировать поведение реальной системы при заданных исходных данных.

- Имитационное моделирование — это метод исследования, при котором изучаемая система заменяется **имитационной моделью**, которая с достаточной точностью описывает реальную систему и способна имитировать эту систему при заданных входных данных. Имитация есть численный метод, используемый для проведения вычислительного эксперимента, описывающий на компьютере поведение реальной системы без учёта конкретных физико-химических явлений, протекающих в ней..

- Технологии, перечислить виды систем, и сказать, что в зависимости от выбранной характеристики, мы выбираем способ организации квазипараллелизма:
    - 5 способов реализации квазипараллелелизма (вопросы 15-17):
        - Событийная
        - Агрегатная
        - Активностями
        - Процессами
        - Транзакциями
    - Моделирование сложных систем происходит в модельном времени (в отличие от вычислительного, и реального времени)
- Пример дополнительного вопроса:
    - Какую систему нужно применить для решения задачи?
    - Какой метод будете использовать для описания?
        - Активностей

Т.о. здесь подробно о классификации!

Классификация:
- методы статистических испытаний
- стохастические методы
    - вероятностные
    - статистические
    - феномен.
- система массового обслуживания
    - агентное моделирование (вопрос 14)

- дискретно-событийное моделирование (вопрос 13)

В настоящее время в мире выделяются следующие направления в имитационном моделировании - это агентное моделирование и дискретно-событийное моделирование.

Цель агентных моделей - получить представление об общем поведении системы на основе анализа поведения отдельных компонент системы.

Дискретно-событийный подход к моделированию предполагает абстрагироваться от непрерывной природы события и рассматривать только значимые для системы события.

9. Моделирование сложных систем

- Моделирование проводится в модельном времени (в альтернативу -- аналитическому)
- Выбираем один из способов организации квазипараллелизма, и чем мы в этом случае пренебрегаем.
- Виды сложных систем:
    - Понятие простых систем
    - Альтернатива простым -- сложные
        - Структурно-сложные
        - По поведению
        - Гибридные

10. Основные понятия имитационного моделирования.

- Определение имитационного моделирования

Имитационная модель - модель, позволяющая имитировать поведение реальной системы при заданных исходных данных.

Имитационное моделирование — это метод исследования, при котором изучаемая система заменяется **имитационной моделью**, которая с достаточной точностью описывает реальную систему и способна имитировать эту систему при заданных входных данных.

- Понятие имитационной модели
    - Определение: Модель, позволяющая имитировать поведение реальной системы, при заданных исходных данных, т.е. имитация -- рассматривается как чис. метод, исп. для проведения выч. эксперимента, описыв поведение реальной системы без учета конкретных физ/хим явлений, протекающих в ней.
    - Модели бывают 3 типов:
        - Аналитические
        - Имитационные
        - Эвристические - без строгого обоснования, но дающие приемлемое решение (основанные на догадках)
    - Понятие модельного времени.

        - Временная координата, с помощью которой можно выполнять внутреннюю и внешнюю синхронизацию компонент модели, а также обеспечивать вычисление нужных временных интервалов $t = t_0 + i\Delta t_k$
    - Понятие способов организации квазипараллелизма
        -
- Понятие способов организации моделирования:
    - Имитация -- математическое и программное обеспечение
    - Эмуляция --аппаратно программное обеспечение

11. Понятие модельного времени.

- Модельное время
    - Временная координата, с помощью которой можно выполнять внутреннюю и внешнюю синхронизацию компонент модели, а также обеспечивать вычисление нужных временных интервалов $t = t_0 + i\Delta t_k$
    - дискретная модель реального времени
- Реальное время
    - Аналитические модели имеет смысл строить в этом времени
    - изменяется непрерывно
- Вычислительные время
    - Используется в курсовых и дипломных работах, для определения ресурсозатрат. (Оценки сложности для времени работы программы, оценка используемой памяти, и т.д.)
    - не принимает участия в моделировании
    - имеет прикладное значение для оценки быстродействия, оценки качества псевдопараллельности вычислений, для генерации стартовых случайных величин и прочее
    - с моделью связано косвенно, ко времени вычисления может быть привязано изменение кванта модельного времени при организации псевдопараллельных и квазипараллельных вычислений.
- Понимание разницы:
    - имитационное моделирование использует модельное время,
        - Модельное время выбирается (см вопрос 12):
    - аналитическое моделирование -- реальное время

//определение: реальное, вычислит, машинное. имитационное и модельное

12. Способы выбора модельного времени. (Нужны определения)

- Постоянный шаг - отсчет системного времени ведётся через фиксированные, выбранные исследователем интервалы времени.

- Переменный шаг - применяются переменные интервалы изменения модельного времени, при этом величина шага измеряется интервалом до следующего события.
- Переменно-постоянный шаг (самый лучший способ)

<u>Схема выбора постоянного шага:</u>

на числовой оси τ - общее модельное время задаются k одинаковых интервалов, в каждый из которых должно попасть не более одного события, относящегося к каждому объекту системы. В пределах одного интервала изменение объектов (компонент) системы происходит независимо от последовательности изменений компонент в реальном времени.

Организация взаимодействия компонент (реинициализация переменных в зависимости от состояния других компонент системы) происходит в момент коррекции модельного времени, т.е. пред. значение модельного времени $(\tau_i = \tau_{i-1} + \Delta\tau)$

В момент коррекции модельного времени обеспечивается внутренняя и внешняя синхронизация модели, а также проверка условия окончания моделирования.

Проблемой выбора постоянного шага модели является попадание в один квант времени 2х или более событий, связанных с одним объектом. Либо возникновение кванта времени, в который не произошло ни одно событие. Приводит к дополнительным вычислительным затратам в управлении моделированием.

Возможно подобрать такой шаг моделирования, но рекомендуется формальная оценка кванта времени независимо от субъективного мнения исследователя.

<u>Выбор границ при переменном шаге</u> может вычисляться от события к событию. В худшем случае: один интервал - одно событие. Таким образом, управляющая программа игнорирует интервалы, в которые не попало ни одно событие (достоинство метода). С другой стороны, не очень рентабельно вычисление одного события одного объекта за один квант времени.

Если события для разных компонент хотя бы частично происходят одновременно и длительное время система находится без изменений такой подход предпочтителен.

Если система длительное время оказывается неизменной, а в периоды изменений разные компоненты изменяются не одновременно, то используют комбинированный вариант с <u>постоянно-переменным шагом:</u>

на графике выбирают событие с минимальной координатой τ после чего формируется интервал $[\tau^*, \tau^* + \Delta\tau]$, $\Delta\tau$ выбирается таким образом, чтобы в интервал модельного времени попало не более одного события для каждого объекта.

далее проводится коррекция модельного времени $\tau^* + \Delta\tau$.

Определяется новое событие, модельное время которого $> \tau^*$, но < остальных моментов времени в массиве и алгоритм повторяется.

Для удобства $\Delta\tau$ не изменяется.

13. Транзактный способ организации квазипараллелизма в имитационных моделях.

- Квазипараллельность заключается в том, что программа, соответствующая процессу, составляется из последовательности программ событий независимо от других процессов (если отсутствуют явные указания взаимодействия), а исполняется с прерываниями, во время которых исполняются другие процессы. Это вызвано тем, что события в модельном времени происходят "мгновенно", и могут выполняться при событийно-ориентированном подходе последовательно в соответствии с упорядоченностью моментов времени наступления события, а процессы обладают "протяженностью" в модельном времени и не могут исполняться последовательно, так как момент времени наступления события одного процесса может оказаться между моментами времени последовательных событий другого процесса. Таким образом, в каждый момент исполнения модели выполняется только один процесс, называемый активным, остальные процессы находятся в приостановленном состоянии.
- Транзактный подход -- дискретно событийный
    - Системы массового обслуживания -- частный случай транзактного подхода
        - Внутренняя и внешняя синхронизация не требуется
        - Нужно заполнить стартовую таблицу (*А* - таблица активности, столбцы которой -- это алгоритмы обработки, а строки -- коррекция кванта модельного времени).
        - Проверить условие окончания моделирования, и осуществить деинициализацию
    - Ориентирован на системы, обслуживающие большое кол-во однотипных заявок (транзактов). Составляется, или формируется расписание обработки заявок с учетом процедур обработки разных групп заявок.
    - Упрощение систем осуществляется путем:
        - Введение понятия прибора (устройства)
        - Очереди **(механизм внутренней синхронизации).** Поэтому доп. управл. потоков моделирования (УПМ) не требуется.
        - Приоритетов
        - Семафоров
    - В литературе, вытесняет собой абстрактный способ организации.
    - Тесная связь с GPSS (личное мнение)

14. Агентный способ организации квазипараллелизма в имитационных моделях.

- Агентный подход, моделирование:
    - Можем двигаться от общего к частному, или наоборот. Агент собирает сведения, и обобщает результат на основе нескольких частных примеров. Пример: Действие агента -- проведение анализа (точечного), и реакцию на нарушение локальной структуры системы.
    - Один пример может быть не показательным, поэтому это моделирование ориентировано на несколько примеров с разными входными данными, и обобщение на основе неск. экспериментов.
- Альтернативные подходы
    - событийные (транзактный)
- Исторически. Не развивался за рубежом, так они не описывали сложные системы. Этот подход был преимущественно советский подход, в соответствии с политической обстановкой, был выбран свой путь. Признанная в нашей стране методология моделирования, охватывала от простых поведений системы до гибридных.
    - На западе:
        - Упрощение систем, декомпозиция на описываемые
        - Сведение к транзактному подходу

15. Организация квазипараллелизма в имитационных моделях способом просмотра активностей.

Способ, основанный на просмотре активностей, применяется, когда все действия для элементов исследуемой системы различны и приводят к наступлению различных событий. При этом каждое действие характеризуется набором условий его выполнения. Моделирующий алгоритм, основанный на просмотре активностей, реализует просмотр всех наборов условий, а также обрабатывает активности, условия для которых выполняются, т.е. моделирует время выполнения соответствующего действия и реализует само действие.

1) При организации квазипараллелизма активностями вводят одноименную величину(активность), для каждого j-ого состояния (j=1, .., n) каждой i-ой компоненты системы.
Активность представляет собой совокупность алгоритмов функционирования i-ой компоненты в j-ом режиме без учета взаимодействия компонент.
Метод предполагает аналитическое моделирование изменения состояния каждой компоненты в системе, что позволяет получить достаточно точную модель. При этом взаимодействие компонент не учитывается, либо

учитывается опосредованно (через изменение параметров внешней среды, например).
В общей схеме имитации активностями коррекция стандартной УПМ требуется на этапах:
1) Синхронизация управления хранением информации. Внешняя синхронизация осуществляется стандартно.
2) При уточнении исходной информации моделирования организуют специальную активность-лидер, инициирующую модель и устанавливающую другие активности.
3) На этапе контроля за ходом имитации вводится специальная активность-контролер, отслеживающая условия окончания счета.
4) На этапе окончания счета (имитации) вводится стоп-активность, деинициализирующая имитацию. Имитация активностями выбирается, когда алгоритмы функционирования компонент должны быть описаны подробно, а взаимодействием между компонентам можно пренебречь.

16. Организация квазипараллелизма в имитационных моделях способом составления расписаний событий.

Событийный способ организации квазипараллелизма используется, когда элементы изучаемой системы выполняют одни и те же функциональные действия, которые приводят к одним и тем же событиям. Множество событий можно разбить на небольшое число типов событий. Для каждого типа событий определена последовательность действий, приводящая к изменению состояния системы, а также определены условия перехода от одного события к другому для всех типов событий.

17. Организация квазипараллелизма в имитационных моделях агрегатным способом.

Агрегатный способ организации квазипараллелизма используется, когда имеет место тесное взаимодействие между функциональными действиями элементов системы. При агрегатном способе все элементы исследуемой системы представляют собой агрегаты, обменивающиеся сигналами. Выходной сигнал от одного агрегата является входным сигналом для другого. Моделирование поведения агрегата - это последовательная цепь переходов из одного состояния в другое под воздействием поступающих сигналов.

18. Процессный способ организации квазипараллелизма в имитационных моделях.

Процессный способ сочетает в себе черты событийного способа и способа, основанного на просмотре активностей. Он применяется, когда поведение элементов исследуемой системы может быть описано фиксированными для некоторого класса систем последовательностями событий и действий, так называемыми процессами.

Процессный подход часто используется при моделировании бизнес-процессов, документооборота, техпроцессов. В таких задачах схема решения может быть представлена ключом должно быть, а входные данные – как есть и как было. Необходимо обоснование выбора схемы организации квазипараллелизма в зависимости от области исследования и требований к детализации описания функционирования компонент в системе (структуры компонента и процесса, протекающего в системе).

19. Планирование эксперимента. История развития научного направления.

- Планирование эксперимента (определение):
  - комплекс мероприятий, построеный на достижении максимальной точности измерения, при минимальном кол-ве проведенных опытов, и созранении статистической достоверности результатов.
- Как промышленное направление:
  - Теория развивалась с конца 50х и до конца 70х годов в СССР.
- Как научное направление:
  - Возникла в 70 из потребности сократить ошибки в С/Х.
  - Первоначальная основная идея -- уменьшения дисперсии оцениваемых пар-ров, но в процессе развития -- ориентировалась на рандомизированность условий проведений эксперимента, относительно сопутств., случ. образом, изменяющихся факторов эксперимента.
- $A_{m,n} * x_{n,1} = d_{m,1}$
  - m<n -- требуется доопределение системы
  - m=n - $\exists !$ решение
  - m>n, то домножение на транспонированную матрицу:
    - $A^T{}_{n*m} * A_{m,n} * x_{n,1} = A_{n*m} * d_{m,1}$. Упростим, и получим:
    - $W_{n,n} * x_{n,1} = g_{n,1}$
- Зачем нужна рандомизация?
  - При недостатке информации, мы получаем линейную комбинацию (то есть решение СЛАУ будет неоднозначным)

20. Планирование эксперимента. Виды планов. Критерии оптимальности планов. (Нужны определения)

- Немного есть в лекциях 12-13
- что-то есть здесь http://window.edu.ru/resource/438/18438/files/Mtdukm8.pdf
- Виды:
  - Полный
  - Дробный

- Факторный:
  - Требует проведения ограниченного числа реплик, что позволило существенно сократить число опытов, и открыло возможность технического применения планирования эксперимента.
- Критерии оптимальности (по 1 критерию хотя бы):
  - http://opds.sut.ru/old/electronic_manuals/pe/f012.htm
  -

21. Вычислительная задача. Корректность вычислительной задачи.

Задачи, требующие привлечения вычислительной техники для решения, называются вычислительными. Методы решения вычислительных задач (в том числе не имеющие методологической погрешности) имеют накапливаемую вычислительную погрешность. Такие методы называются вычислительными.

Если метод при привлечении вычислительной техники имеет низкое быстродействие и/или низкую сходимость вычислительным не считается. Кроме того существуют методы, требующие дополнительной аналитической работы в процессе реализации (метод Крамера). Такие методы относятся к нереализуемым на ЭВМ.

Под вычислительной задачей понимают одну из задач: прямая, обратная и идентификации.

1) входные данные (вектор $\overline{x}$)
2) параметры системы (вектор $\overline{a}$)
3) выходные данные (вектор $\overline{y}$)

Если по $\overline{x}$, при фиксированном $\overline{a}$, нужно найти $\overline{y}$, то задача называется прямой.

Если по $\overline{y}$, при фиксированном $\overline{a}$, нужно найти $\overline{x}$, то задача называется обратной.

Если известны $\overline{x}$ и $\overline{y}$, но неизвестна форма преобразования $\overline{x} \to \overline{y}$, то говорят о задаче идентификации в широком смысле. Если форма преобразования известна, а требуется оценить только $\overline{a}$, то говорят об идентификации в узком смысле

Вычислительная задача является корректной по Адамару-Петровскому, если

1) существует $\overline{y} \in Y$, соответствующий $\overline{x} \in X \quad \forall x \in X$
2) решение единственно
3) решение устойчиво по отношению к малым возмущениям входных данных

Существование решения

Если решения задачи не существует, то задача переформулируется таким образом, чтобы решение было определено. Как правило изменяется область определения решения или изменяются ограничения, накладываемые на решение задачи.

Моделирование предполагает описание системы реального мира в связи с чем возможна ситуация, когда поставленная задача решение имеет, а вычислительная - нет.

Вычислительная задача обязательно имеет решение, в противном случае можно говорить о дефекте в её постановке и необходимости переформулировки.

Единственность решения

Неединственность решения также может быть причиной дефекта поставленной задачи или неудачно выбранной математической модели.

Единственность обеспечивается сужением множества решений (все решения кроме одного исключаются) либо за решение принимается весь набор решений, отвечающий входным данным. Этот набор представляется в виде вектора решения, который считается единственным.

Устойчивость решения

$$\forall \varepsilon > 0 : \ \exists \gamma = \gamma(\varepsilon) > 0 : \ \forall x^* : \ \Delta x^* < \gamma, \ \exists \ y^* : \ \Delta y^* < \varepsilon$$

В тех задачах, где абсолютная погрешность входных и выходных данных оказывается неинформативной формулируют понятие относительной устойчивости решения.

22. Вычислительная задача. Обусловленность вычислительной задачи.

Задачи, требующие привлечения вычислительной техники для решения, называются вычислительными. Методы решения вычислительных задач (в том числе не имеющие методологической погрешности) имеют накапливаемую вычислительную погрешность. Такие методы называются вычислительными.

Если метод при привлечении вычислительной техники имеет низкое быстродействие и/или низкую сходимость вычислительным не считается. Кроме того существуют методы, требующие дополнительной аналитической работы в процессе реализации (метод Крамера). Такие методы относятся к нереализуемым на ЭВМ.

Под вычислительной задачей понимают одну из задач: прямая, обратная и идентификации.

1) входные данные (вектор $\overline{x}$)
2) параметры системы (вектор $\overline{a}$)
3) выходные данные (вектор $\overline{y}$)

Если по $\overline{x}$, при фиксированном $\overline{a}$, нужно найти $\overline{y}$, то задача называется прямой.

Если по $\bar{y}$, при фиксированном $\bar{a}$, нужно найти $\bar{x}$, то задача называется обратной.

Если известны $\bar{x}$ и $\bar{y}$, но неизвестна форма преобразования $\bar{x} \to \bar{y}$, то говорят о задаче идентификации в широком смысле. Если форма преобразования известна, а требуется оценить только $\bar{a}$, то говорят об идентификации в узком смысле

Под обусловленностью задачи понимают чувствительность его решения по отношению к малым погрешностям входных данных. Если малым погрешностям входных данных отвечают малые погрешности решения, то говорят о хорошей обусловленности системы. В противном случае говорят о плохо обусловленной системе.

Меру степени обусловленности вычислительной задачи называют числом обусловленности. Эту величину можно интерпретировать как коэффициент возможного возрастания погрешности решения по отношению к вызвавшим их погрешностям входных данных.

$\Delta y^* \le \nu_\Delta * \Delta x^*$, ν_Δ - абсолютное число обусловленности $(*)$

$\delta y^* \le \nu_\delta * \delta x^*$, ν_δ - относительное число обусловленности $(**)$

В $(*)$ и $(**)$ значения абсолютной и относительной погрешности могут быть заменены на границы:

$$\bar{\Delta} y^* \le \nu_\Delta * \bar{\Delta} x^* \qquad (***)$$

$$\bar{\delta} y^* \le \nu_\delta * \bar{\delta} x^* \qquad (4*)$$

I. ν_Δ:

$\nu_\Delta < 1$ - решение устойчиво, система хорошо обусловлена

$\nu_\Delta > 1$ - требует дополнительного исследования

$\nu_\Delta \gg 1$ - система плохо обусловлена, имеет место потеря точности

$\nu_\Delta \to \infty$- катастрофическая потеря точности, неустойчивое решение, некорректная задача

II. ν_δ: аналогично

Поскольку число обусловленности интерпретируется как максимальный коэффициент возможного возрастания ошибок - для конкретных задач это значение несколько ниже.

Если вычислительная погрешность превосходит методологическую, оцениваемую по числу обусловленности, то считается, что система хорошо обусловлена. Иначе говорят о плохо обусловленной системе и возможной потере точности результата.

Задача называется хорошо обусловленной, если малым входным погрешностям соответствуют малые погрешности решения. Устойчивым считается решение, не изменяющееся при сколь угодно малых погрешностях на входе.

Но не всегда можно обеспечить сколь угодно малые погрешности, потому что присутствуют погрешности вычислительные и инструментальные.

В связи с чем, обычно, оперируют понятием малых погрешностей и обосновывают хорошую обусловленность вычислительной задачи.

$\Delta y^* \le \nu_\Delta * \Delta x^*$

ν_Δ - коэффициент - абсолютное число обусловленности. Эту величину можно интерпретировать как коэффициент возможного роста погрешностей в решении по отношению к вызвавшим их данным.

23. Вычислительный алгоритм. Корректность вычислительного алгоритма.

Вычислительный алгоритм - точное предписание действий над входными данным, определяющее вычислительный процесс, направленный на преобразование набора входных данных в решение $\bar{x} \in X \rightarrow \bar{y} \in Y$.

Вычислительный алгоритм можно рассматривать как метод высокой степени детализации.

Вычислительный алгоритм корректен, если:

1) После выполнения **конечного** числа операций, элементарных для вычислительной машины, входной набор преобразуется в результат
2) Результат $\bar{y}$ устойчив по отношению к малым возмущениям входных данных $\bar{x} \in X \rightarrow \bar{y} \in Y$
3) Результат $\bar{y}$ обладает вычислительной устойчивостью

24. Вычислительный алгоритм. Требования, предъявляемые к вычислительному алгоритму.

Вычислительный алгоритм - точное предписание действий над входными данным, определяющее вычислительный процесс, направленный на преобразование набора входных данных в решение $\bar{x} \in X \rightarrow \bar{y} \in Y$.

Вычислительный алгоритм можно рассматривать как метод высокой степени детализации.

Алгоритм называется вычислительно устойчивым, если вычислительная погрешность результата стремится к 0 при $\varepsilon_M \rightarrow 0$, ε_M - погрешность представления чисел в ЭВМ.

Требования, предъявляемые к вычислительным алгоритмам:

1) Экономичность алгоритма (алгоритмическая сложность)
2) Точность алгоритма (методологическая точность включает алгоритмическую точность, которую можно оценить априорно (до опыта) и апостериорно (опытно))

В ряде случаев погрешность метода оказывается меньше погрешности соответствующего алгоритма, что приводит к “дорогим” решениям.

В ряде случаев говорят о простоте алгоритмов, предполагая количественную меру - алгоритмическую сложность. Чаще, понятие простоты связано с понятием экономичности.

Надёжность программы (не содержит ошибок и вычисляет требуемый результат)

Работоспособность алгоритма включает понятие надёжности, подходы к обнаружению недопустимых исходных данных и исключительных ситуаций.

3) Портабельность (мобильность) - возможность работать на ЭВМ разной архитектуры без изменений или с незначительными изменениями.
4) Поддерживаемость
5) Эргономичность программы (простота её эксплуатации)

25. Причины и классификация погрешностей, возникающих при моделировании на ЭВМ.

- δ -- обозначение погрешности
- неустранимая погрешность :
    - Можем управлять до начала эксперимента
    - δ инструментальная (встроенная в инструмент погрешность)
    - δ моделирования (регулировка до начала вычисления)
- устранимая:
    - Можем управлять в процессе эксперимента
    - δ методологическая (можно регулировать шаг, и другие параметры метода)
    - δ вычислительная (можно регулировать во время)

26. Правила записи приближенных чисел. Абсолютная, относительная погрешности.

- Берем точное значение, приближенное, вводим понятие разности
    - Чем отличается понятие точности и погрешности?
        - точность это степень совпадения полученного результата, с правильным
        - погрешность это отклонение полученного значение от истинного.
    - Количественная мера точности решаемой задачи
        - Абсолютная погрешность - оценка абсолютной ошибки измерения.
        - Относительная погрешность - погрешность измерения, выраженная отношением абсолютной погрешности измерения к действительному или среднему значению измеряемой величины.
- понятие точности, погрешности(количественная мера точности), ошибки
- Ошибка решения (отличие от точности и погрешности):
    - Погрешность -- количественная мера точности
    - Самостоятельно понять, чем ошибка отличается от погрешности. (Сказала, что не будет сильно придираться к ответу)
- Границы: δ с чертой, и Δ с чертой

Пусть z - некоторое точное значение, а z^* - приближённое значение. Ошибка - разница точного и приближённого значения: z - z^* (можно сказать погрешность).

$\Delta z^* = |z - z^*|$ - абсолютная погрешность z^*.

$\delta z^* = \frac{|z - z^*|}{|z|}$ - относительная погрешность z^* (используется в случаях разнопорядковых величин, оцениваемых в рамках вычислительного эксперимента).

$\Delta z^* \le \overline{\Delta} z^*$ - верхняя грань абсолютной погрешности

$\delta z^* \le \overline{\delta} z^*$ - верхняя грань относительной погрешности

27. Погрешность арифметических операций над приближенными числами. Сложение. Умножение.

- **нужно добавить про умножение**
- **лекция номер 6**
- **Будет как доп. вопрос !!!**
- Источник погрешностей:
    - Арифметические операции над числами, содержащие t разрядов, приводят как привило к результату, содержащему более t разрядов. Округление результатов операций до t разрядов -- источник погрешностей.
- Рез-т вып. маш. операции совпадает с рез-том точного выполнения, со следующей погрешностью представления:
    - $\Delta(a(+)b) = \Delta(a^* + b^*)$. Здесь (+) -- это операция с погрешностью представления результата.
    - Тогда, из формулы выше будет следовать:
        - $\Delta(a^* + b^*) = \Delta(a(+)b) <= (a^* + b^*)\varepsilon_m$ (ε_m - машинная погрешность)
            - Далее, оценки такие (Поясните кто знает, как получаем):
                - $\Delta(a^*(+)\, b^*) <= \overline{\Delta}(a^* + b^*)$
                - $\Delta(a^*(-)\, b^*) <= \overline{\Delta}(a^* - b^*)$
                - $\Delta(a^*(*)\, b^*) <= \overline{\Delta}(a^* * b^*)$
                - $\Delta(a^*(/)\, b^*) <= \overline{\Delta}(a^*/b^*)$
- Будем считать, что операция на ЭВМ реализуется точно, но над приближенно представленными операндами.
    i. $\Delta(a^* + b^*) = \ldots = \Delta a^* + \Delta b^*$
    ii. $\Delta(a^* - b^*) = \ldots = \Delta a^* + \Delta b^*$
    iii. Для условной погрешности
        1. $\delta(a^* + b^*) <= \frac{|a - a^*| + |b - b^*|}{|a+b|} <= \frac{\delta_{max}||a| + |b||}{|a + b|} = \delta_{max}$
        2. $\delta(a^* - b^*) <= \frac{|a - a^*| + |b - b^*|}{|a-b|}$
        3. Анализ погрешности:

a. $v = |a+b|/|a+-b|$. $v_{max} = 1,\ v_{min} = |a+b|/|a-b|$ --таким образом, операция вычитания приближенно одинаковых значений, может выдавать сильную погрешность.
b. Такая же ситуация может быть при сложении a и b сразными знаками, но очень близких по абс. значению.
c. В остальных случаях: $\delta_{max} = max\{\delta a^*,\ \delta b^*\}$

28. Погрешность арифметических операций над приближенными числами. Вычитание. Деление.

Смотри Предыдущий вопрос (исправьте, если не так)

нужно добавить про деление

- **лекция номер 6**

29. Погрешность функции.

- Здесь про вычисление интеграла лекция 8
- Немного теории другими словами http://alnam.ru/book_bcm.php?id=7
- Рассматриваем интеграл $I = \int_0^1 x^n d(-e^{1-x}) = ...$ интегрирование по частям, и получаем в итоге решение:
    - $I_n = nI_{n-1} - 1$
- Далее, на основе полученного рекуррентного решения интеграла, пытаемся вычислить результат.
    - Для n=0 справедливо строгое равенство.
    - Рассматриваем $x^n < 1$, то ограничим сверху I_n:
        - $\int_0^1 x^n e^{1-n} dx <= \int_0^1 e^{1-x} dx = -e^{1-x}|dx = 1.71828$
    - Раскручиваем результат, и получаем, что с 9 - 10 шага, интеграл будет отрицательным, так как погрешность для $I_9 = 9!$, что приводит к плохой обусловленности алгоритма, и требует его переформулировки.

30. Представление целых и вещественных чисел в ЭВМ.

- здесь хорошо про вещественные: http://goo.gl/zQuVc1
- Изобразить байт целочисленных данных
    - Учет знакового бита.
    - Диапазон: $[-(2^{n-1}-1)..\ 2^{n-1}]$ (Вроде так, но могу ошибаться)
- Вещественные числа
    - Вещественное число = $\mu * 2^p$
    - Мантисса μ = $= -\alpha_1 * 2^{-1} + ... + \alpha_{t-1} 2^{-(t-1)}$, t -- число разрядов
        - Не является полноценным целым числом, потому что в ЭВМ представляется **нормализованное число**

        - десятичная цифра
        - “.” - точка
        - и все что после точки.
    - Диапазон: $1/2 < \mu < 1$
        - без учета знакового бита, одна цифра мантиссы всегда = 1. Если на этом месте в результате должен оказаться 0, то производится сдвиг влево на 1, и коррекция величины порядка
- Порядок $p = +- (\beta_s 2^s + \beta_{s-1} 2^{s-1} + ... + \beta_0)$, s -- число разрядов
    - Если результат вызывает знаковое переполнение, мы должны регулировать это порядком
    - $P_{max} = 2^{s+2} - 1$ - максимально представимое целое число. Минимальное $-P_{max}$
        - На ЭВМ представимы не все числа, а лишь конечный набор рациональных чисел специального вида.
        - Погрешности такого представления называют ε_m (машинная погрешность)
- Максимально представимое целое число (в вещ. арифметике) $X_{max} = 2^{P_{max}} - 1$. Диапазон представлений зависит **только от порядка числа**.
- Про переполнения:
    - число > Xmax, то оно рассматривается как машинная бесконечность. В этом случае говорят о переполнении.
    - число < Xmin, nто как машинный ноль. В таких случаях говорят о исчезновении порядка, и антипереполнении.
-

31. **Вычислительная погрешность. Особенности машинной арифметики.**
    -
    - http://khpi-iip.mipk.kharkiv.edu/library/datastr/book_sod/structura/chapter3.htm

- понятие вычислительной погрешности, зависит от что происходит с мантиссой и порядком при реализации арифметических операций
-

32. Арифметические операции над числами с плавающей точкой. Вычисление машинной погрешности.

- здесь хорошо про вещественные: http://goo.gl/zQuVc1
- Самыми простыми для восприятия арифметическими операциями над числами с плавающей запятой являются умножение и деление. Для того, чтобы умножить два вещественных числа в нормализованной форме

необходимо перемножить их мантиссы, сложить порядки, округлить и нормализовать полученное число.

- Соответственно, чтобы произвести деление нужно разделить мантиссу делимого на мантиссу делителя и вычесть из порядка делимого порядок делителя. Затем точно так же округлить мантиссу результата и привести его к нормализованной форме.
- Идея метода сложения и вычитания чисел с плавающей точкой заключается в приведении их к одному порядку. Сначала выбирается оптимальный порядок, затем мантиссы обоих чисел представляются в соответствии с новым порядком, затем над ними производится сложение/вычитание, мантисса результата округляется и, если нужно, результат приводится к нормализированной форме.
- http://khpi-iip.mipk.kharkiv.edu/library/datastr/book_sod/structura/chapter3.htm
- $\varepsilon_{м}$ (машинная погрешность) - особый статус (является абсолютной, но используется как относительная)
- Оценка этой погрешности: $\varepsilon_{м}$ - число не превышает величины данного разряда
    - Берем эту погрешность, делим на 2, и складываем с 1 и сравниваем с 1. И так, повторяем до тех пор, пока не закончатся биты. Когда это произойдет, то $\varepsilon_m + 1$ = 1, то получим оценку

33. Эквивалентность задач решения нелинейного уравнения и задачи одномерной минимизации функции.

- См. **Вопрос 34, метода аппроксимации** (поправьте, если ошибаюсь, но скорее всего это то)

34. Классификация вычислительных методов. Методы аппроксимации.

Методы, используемые в вычислительной математике для преобразования задач к виду, удобному для реализации на ЭВМ, и позволяющие конструировать вычислительный алгоритм, называются вычислительными.

Классификация:

1) прямые (точные методы)
    a) Пример: Модель Галилея (так как формулой определятся дальность полета, а не итеративным методом, как в случае Ньютоновского метода).
2) методы эквивалентных преобразований -- позволяют 1 исходную задачу другой, имеющей тоже самое решение.

        a) Пример: Решение квадратного уравнения -- к выделению полного квадрата. Поиск Экстремума ф-ции -- к решению задачи нелинейного уравнения, и т.д.
3) методы аппроксимации -- приближенная замена исходной непрерывной задачи на конечномерную задачу.
    a) Линеаризация -- замена исх задачи более простой, линейной задачей.
    b) Пример: кусочно-линейная интерполяция ф-ций. Решение нелинейных уравнений f(x) = 0
        i) Выбираем окрестность, в которой кривую заменяем на линейную касат., а затем ищем точку пересечения с осью OX. Далее, итеративно продолжаем процесс (это также пример итеративного метода).
4) итеративные методы -- построение последовательного приближения к решению задачи
    a) Преимущества: высокая v решения
    b) Недостатки: при малой v сходимости к решению задачи, метод непригоден.
5) методы статистических преобразований (метод Монте-Карло) - численный метод, основанный на моделировании величин, и построении стат. оценок решения задач.
    a) Пример: подсчет интеграла

Методы аппроксимации классифицируются как методы дискретизации (приближённая замена исходной непрерывной задачи на конечномерную задачу)

Пример:

- замена разностным аналогом производной
- Параметром метода является шаг *h*. Чем меньше *h*, тем выше точность приближения.

35. Различные подходу к анализу ошибок (прямой, обратный, статистический).

- Прямой анализ ошибки (исследование погрешности):
    - γ_x - разница между точным и приближенным решениями
    - погрешность решения.
    - по γ_x найдем погрешность выходных данных ε_y.
    - по изв. прибл. y, и оцененной ε_y, найдем y
- Обратный анализ ошибки (оцениваем влияние изменения входных данных):
    - Неизвестно точное решение, и единственное, что можем -- это предполагать, что y* -- приближенное, оно соответствует точному набору данных.
- Статистический анализ ошибки:

- Рассм. выборку случайных величин на входе, и , соответственно, выборку рез-тов. Находят стат. хар-ки (выборочное среднее, или выб. дисперсию для x_n, y_n, и/или выборочную СКО (среднеквадратичное отклонение), являющ. количественной мерой ошибки), и применяют для коррекции приближенного решения.
- Рисунки.

36. Вычислительный алгоритм. Обусловленность вычислительного алгоритма.

Вычислительный алгоритм - точное предписание действий над входными данным, определяющее вычислительный процесс, направленный на преобразование набора входных данных в решение $\bar{x} \in X \to \bar{y} \in Y$.

Вычислительный алгоритм можно рассматривать как метод высокой степени детализации.

Мерой обусловленности вычислительного алгоритма является величина $\nu_A \varepsilon_M \geq \delta y^*$, δy^* - относительная погрешность результата, ε_M фактически является абсолютной погрешностью входных данных.

Таким образом, ν_A может быть занижен при оценке, по сравнению с оценкой относительного числа обусловленности вычислительной задачи. Что тем более означает необходимость переформулировки алгоритма, если величина $\nu_A > 1$.

При $\nu_A < 1$ алгоритм вычислительно устойчив и корректен, на основе его хорошей обусловленности.

37. Классификация вычислительных методов. Методы эквивалентных преобразований.

Методы, используемые в вычислительной математике для преобразования задач к виду, удобному для реализации на ЭВМ, и позволяющая конструировать вычислительный алгоритм, называются вычислительными.

Методы эквивалентных преобразований:

Позволяют заменить 1 исходную задачу другой, имеющей то же самое решение.

В фундаментальной математике задач, заменённых на эквивалентные достаточно мало. Гораздо чаще метод эквивалентных преобразований применяется в прикладных областях, где унифицируется постановка задачи, что позволяет применять решение задач в одной предметной области к задачам другой предметной области.

Но в этом случае, упрощения этих задач часто приводят к получению лишь приблизительного решения. В этом случае говорят о методах аппроксимации.

38. Классификация вычислительных методов. Итерационные методы.

Методы, используемые в вычислительной математике для преобразования задач к виду, удобному для реализации на ЭВМ, и позволяющая конструировать вычислительный алгоритм, называются вычислительными.

Итерационные методы - методы построения последовательных приближений к решению задачи.

Принципиален выбор начального приближения.

Кроме того, для обеспечения корректности вычислительного алгоритма, необходимо формулировать условия окончания счёта.

Недостаток итерационных методов - при малой скорости сходимости к решению задачи метод оказывается непригодным.

Достоинство - высокая скорость решения

39. Классификация вычислительных методов. Прямые методы.

- См. **вопрос 34,**
- Прямые методы – это методы, которые приводят к решению за конечное число арифметических операций. Если операции реализуются точно, то и решение будет точным (поэтому к классу прямых методов применяют еще название *точные методы*).
- Прямые методы решения обладают слабой устойчивостью, в то время как итерационные методы более устойчивы и обеспечивают быструю сходимость.

40. Современные инструментальные средства моделирования. Пример решения прикладной задачи планирования эксперимента (самостоятельно).

gpss + Планирование эксперимента 2015 г.pdf