МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное автономное образовательное

учреждение высшего образования

«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт компьютерных технологий и информационной безопасности

Кафедра математического обеспечения и применения ЭВМ

**Учебно-методическое пособие**

**СПЛАЙНОВЫЕ КРИВЫЕ И ПОВЕРХНОСТИ НА ОСНОВЕ**

**ДЕЛЬТА-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА**

**по дисциплине**

**СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ**

**ОБРАБОТКИ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Направление подготовки

**09.04.04 «ПРОГРАММНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ»**

Уровень образования

магистратура

|  |
| --- |
|  |
|  |
|  |
|  |
| Кравченко П.П., Прокопенко А.В. |
|  |

Таганрог, 2015

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ

1. Математические основы построения сплайнов на основе дельта-преобразований второго порядка…………………………………
2. Алгоритмизация и программная реализация построения одномерных сплайновых кривых на основе дельта-преобразований второго порядка (Лабораторная работа №1)………….
   1. Алгоритмизация построения плоских сплайновых кривых на основе дельта-преобразований второго порядка………
   2. Алгоритмизация построения сплайн-функций на основе дельта-преобразований второго порядка с возможностью использования изменяющегося шага дискретизации между узлами интерполяции дискретизации (в функции от *t*)…….
   3. Алгоритмизация построения сплайн-функций на основе дельта-преобразований второго порядка с постоянным шагом дискретизации ……………………
   4. Алгоритмизация построения сплайн-функций на основе дельта-преобразований второго порядка с постоянным шагом дискретизации без использования операций умножения…
   5. Варианты заданий к лабораторной работе №1…………

2.6. Контрольные вопросы……………………………

1. Алгоритмизация и программная реализация построения параметрических дельта-сплайнов (Лабораторная работа №2)…
   1. Алгоритмизация построения параметрических дельта-сплайнов…
   2. Варианты заданий к лабораторной работе №2………
   3. Контрольные вопросы

4. Алгоритмизация и программная реализация построения сплайновых поверхностей и трехмерных кривых на основе дельта-преобразований второго порядка (Лабораторная работа №3)…

4.1. Алгоритмизация построения сплайновых поверхностей…..

4.2. Алгоритмизация построения трехмерных кривых с использованием параметрических дельта-сплайнов……………………………………

4.3. Варианты заданий по лабораторной работе №3……..

4.4. Контрольные вопросы……………………………….

5. Требования к выполнению и оформлению лабораторных работ…..

5.1. Требования к выполнению лабораторных работ…..

5.2. Требования к отчетам по лабораторным работам……

Библиографический список

Приложение 1 – Алгоритм построения плоских сплайновых кривых на основе дельта-преобразований второго порядка с постоянным шагом дискретизации на псевдокоде…………..

Приложение 2 – Алгоритм построения параметрического дельта-сплайна ………… на псевдокоде …………..

Приложение 3 – Алгоритм построения сплайновой поверхности с использованием дельта-сплайнов на псевдокоде …….

**ВВЕДЕНИЕ**

Интенсивное развитие современных технологий всё в большей мере базируется на использовании средств моделирования и высокопроизводительной компьютерной графики. Данные средства представляют возможности формирования и отображения в реальном времени сложных по конфигурациям динамических двух- и трёхмерных имеющих сложную форму объектов: самолётов, ракет, судов и т.п.. Возникает также необходимость моделирования в масштабе реального и ускоренного времени различного рода траекторий со специфичными требованиями к гладкости линии траекторного пути (траектории полета летательных аппаратов, снарядов, движения судов и других объектов), интерполирования сложных функций и пр.

Разработка алгоритмов и программных средств построения графических объектов на основе сплайн-функций представляет собой актуальную, но и достаточно сложную задачу [1-4].

Решение этой задачи связано с необходимостью знания известных методов построения сплайн-функций, с умением выполнять сравнительный анализ характеристик этих методов. Практическая сторона включает разработку математической модели и ее алгоритмизацию, разработку непосредственно программных средств, реализующих построение сплайнов и сплайновых поверхностей.

В процессе решения данной задачи возникает необходимость использования для построения сплайн-функций простого с достаточными функциональными возможностями математического аппарата, позволяющего снизить вычислительные затраты, повысить скорость формирования изображений.

Одними из важнейших показателей алгоритмов, реализующих сплайн-функции, являются: вычислительная трудоемкость, характеризующая быстродействие алгоритмов; объем информации, необходимый для хранения параметров кривой; возможности определения значений производных в узлах интерполяции и некоторые другие [5-6].

Целью данной лабораторной работы является ознакомление с новыми алгоритмами построения сплайновых кривых и поверхностей, базирующихся на дельта-преобразованиях второго порядка. Предлагается также выполнить разработку демонстрационных программ, подтверждающих работоспособность и эффективность по быстродействию новой методики.

**1. Математические основы построения сплайнов на основе дельта-преобразований второго порядка**

В основе дельта-преобразований лежит выполняющееся с достаточно малым шагом дискретизации построение непрерывной или дискретной функции, у которой производные определенного (первого, второго) порядка на интервале преобразования одинаковы по модулю и различаются по знаку. Использование дельта-преобразования позволяет заменить операции, выполняющиеся над многоразрядными кодами представления ординат функций, более простыми операциями над квантами, которые могут принимать значения, например, +1 и –1. Благодаря этому при проектировании различных программных средств, цифровых систем и устройств оказывается возможным сократить объемы пересылаемой и хранимой информации, повысить производительность, точность обработки информации, уменьшить затраты на проектирование и производство, повысить пропускную способность каналов связи [1].

В качестве сплайна на основе дельта-преобразований второго порядка (дельта-сплайна) будем понимать локально независимую одномерную функцию, проходящую через узлы интерполяции, которые задают общую форму кривой, обладающую гладкостью первого порядка. Локальная независимость означает, что значения отсчетов фрагмента сплайна между базовыми отсчетами можно определять независимо от других фрагментов сплайна. Эта функция характеризуется следующим краевым условиям и особенностями (рис. 1.1):

* фрагменты соседних сплайнов пересекаются (конечная точка одного фрагмента совпадает с начальной точкой следующего фрагмента);
* первые производные двух последовательно идущих фрагментов сплайна равны в точке (узле) их соединения, что гарантирует гладкость перехода от одного фрагмента к другому.
* Модуль второй производной интерполирующей функции (кванта преобразования) между узлами интерполяции являются постоянной величиной.
* На интервале между узлами имеется два участка знакопостоянства (с противоположными знаками) кванта преобразования.

В общем случае участок сплайна между соседними отсчетами включает две траектории (рис. 1.1), которые реализуют участки «разгона» (траектория *B*) и «торможения» (траектория *A*). Исходные, соответствующие этим участкам, дифференциальные уравнения можно записать в виде:



.

Здесь   интерполирующая функция;   значение второй производной (кванта преобразования); – точка переключения знака кванта преобразования;  – краевые условия в узлах интерполяции; *T* – интервал между узлами интерполяции; *D* – расположение точки  переключения знака кванта преобразования.





























Рис. 1.1. Интерполяционная кривая, включающая траектории *А* и *В*

В качестве исходных данных для расчёта сплайна используются значения отчётов в узлах интерполяции и интервалы между узлами. Возможно также априорное задание значений производных в узлах, а так же значения шага дискретизации Δt формируемой интерполируемой кривой на интервале между узлами.

Алгоритмически решение данной задачи можно представить в виде следующей последовательности действий:

1. Определение (при необходимости)  и , шага Δt;

2. Нахождение параметров *P* (модуль кванта преобразования) и *D*;

3. Построение собственно сплайна на основе найденных параметров.

Подробное освещение алгоритмизации и возможностей программной реализации построения сплайновых одномерных и многомерных кривых, а так же поверхностей на основе дельта-преобразований второго порядка приведены в приложениях 1, 2 и 3 данного учебного пособия.

**2. Алгоритмизация и программная реализация построения одномерных сплайновых кривых на основе дельта-преобразований второго порядка (Лабораторная работа №1)**

**2.1. Алгоритмизация построения одномерных сплайновых кривых на основе дельта-преобразований второго порядка**

Сущность построения сплайна (рис. 2.1) как интерполирующей функции одной переменной состоит в следующем. Задаются значения отсчетов и значения первых производных в узлах интерполяции, причем производные в точке пересечения двух последовательно идущих фрагментов сплайна должны быть равными. Рассчитываются параметры *P* и *D* для каждого участка и выполняется построение сплайна. Сплайн на рисунке 2.1 представляет соединенные интерполяционными кривыми последовательности отсчётов в узлах (см. также рисунок 1.1).



Рисунок 2.1. Пример сплайновой кривой

Построение участка сплайна между двумя соседними базовыми отсчетами осуществляется в три этапа:

1. Задано количество базовых отсчетов M+1 (на рисунке 2.1 M+1=8). Расстояния между всеми базовыми отсчетами (длины участков сплайна) равны T (для рисунка 2.1 принимаем эту длину за единицу). Возможны два варианта задания шага :

- принимаем количество шагов дискретизации для всех участков сплайна, равным K; тогда величина шага дискретизации для каждого участка сплайна определяется в виде:

*;*

- принимаем значение шага дискретизации в качестве постоянной величины для всех участков сплайнов; тогда количество шагов дискретизации для каждого участка сплайна определится в виде

.

2. Формируется массив базовых отсчетов . Вычисляются производные для базовых отсчетов по одной из трех формул (см. ниже в данном разделе), и формируется соответствующий массив производных Производные в крайних точках задаются априорно (например,0). Выполняется расчет параметров сплайна и формируются массивы для этих параметров.

3. Производится построение сплайновой кривой: строится массив для интерполируемых отсчетов длиной *M\*K*, вычисляются значения отсчетов на каждом интервале сплайна для каждого дискретного отсчета по одной из трех формул интерполяции (см. разделы 2.2, 2.3, 2.4 в соответствии с вариантом задания).

Для упрощения и более обобщенного представления используемых формул будем использовать обозначение пары координат узловых точек в виде , где *n*  номер узла интерполяции, при этом расположение (обозначение) значений независимой переменной между соответствующей парой узлов (на участке интерполяции) должно соответствовать используемой формуле интерполяции.

Производные в узлах могут быть исходно заданы или определены с использованием следующего алгоритма для *M* узлов:

1. Задать значения производных для первого узла и последнего , где *(M+1)*  количество узлов; например,

и .

1. В случае, если для промежуточного узла выполняются соотношения

или

то принимать

В противном случае значения производных в узлах определять как среднее арифметическое двух производных для узлов слева и справа от узла в соответствии с выражением

; .

Выражения для вычисления значения кванта преобразования *P****n*** , и расстояние от узла *n* до точки переключения знака кванта преобразования *D****n*** вычислять по следующим формулам:



,

где

;

.

В случае  или *L*=0 принимается .

Перед построением сплайна задается порядок дискретного изменения независимой переменной *t* между узлами интерполяции; в частном случае независимая переменная может изменяться с некоторым постоянным, по крайней мере между парой узлов, шагом . При этом следует учитывать ограничения изменения независимой переменной в пределах соответствующих траекторий *А* и *B* ( в пределах  для траектории *А* и  для траектории *B*).

**2.2. Алгоритмизация построения сплайн-функций на основе дельта-преобразований второго порядка с возможностью использования изменяющегося шага дискретизации между узлами интерполяции** (в функции от *t*)

При выполнении лабораторных работ 1 и 2 перед построением сплайна задаются значения дискретного изменения независимой переменной *t* между узлами интерполяции (например, в виде массивов). Для упрощения количество отсчетов между соседними узлами может быть выбрано одинаковым (достаточно большим для обеспечения графического качества непрерывных линий). Процесс формирования сплайна между каждой парой узлов может реализовываться в соответствии с приводимой ниже последовательностью. Возможно также формирование значений дискретного изменения независимой переменной *t* между узлами интерполяции на основе определенных постоянных значений в пределах участков сплайнов, как это описано в п. 2.1.

При выполнении лабораторной работы 3 значения дискретного изменения независимой переменной *t*  формировать с учетом рассмотренных в разделе 4 особенностей построения поверхностей и трехмерных кривых.

Из узла *n*+1 по траектории *А* строится кривая с движением влево на расстояние *Dn* до точки переключения кванта преобразования. Расчет выполняется по формуле:

; 

Далее из узла *n* по траектории *В* строится кривая при движении вправо с шагом на расстояние () до точки  переключения кванта преобразования. Расчет выполняется по формуле:

;  

**2.3. Алгоритмизация построения сплайн-функций на основе дельта-преобразований второго порядка с постоянным шагом дискретизации** 

Перед построением сплайна задается значение дискретного изменения независимой переменной *t* между узлами интерполяции; в частном случае независимая переменная может изменяться с некоторым постоянным, по крайней мере, между парой узлов шагом .

Пусть  – постоянный шаг дискретизации независимой переменной, – количество дискретных шагов по траектории *А*,  – количество дискретных шагов по траектории *В*.

Из узла *n*+1 по траектории *А* строится кривая с движением влево с шагом  на расстояние *Dn* до точки переключения кванта преобразования  шагов. Расчет выполняется по формулам:

; ;

; ;

; ;

где *i* = 0,... , .

Далее из узла *n* по траектории *В* строится кривая при движении вправо с шагом  на расстояние () до точки переключения кванта преобразования  шагов. Расчет выполняется по формулам:

; ;



; ;

;

,

где *i* = 0,..,, .

**2.4. Алгоритмизация построения сплайн-функций на основе дельта-преобразований второго порядка с постоянным шагом дискретизации** **без использования операций умножения**

Можно показать, что интерполяция может быть реализована без использования операций умножения полноразрядных чисел; при этом на один интерполируемый отсчет (шаг) требуется три операции сложения, что характеризует, вероятно, предельно достижимую по нижнему уровню вычислительную трудоемкость выполнения данных действий для сплайнов.

Предположим, что на подготовительном этапе помимо отмеченных выше значений  ,  и  определены также , , . Теперь формулы по соответствующим траекториям A и B можно представить в следующем виде (порядок движения по траекториям А и В, как и в п. 2.4 и 2.5):

;

;

,

где *i* = 0,... , .

;

;

,

где *i* = 0,..,, .

**2.5. Варианты заданий к лабораторной работе №1**

Разработать и реализовать на компьютере программу построения и графического отображения интерполирующих одномерных сплайновых кривых на основе дельта-преобразований второго порядка в соответствии с заданным вариантом.

|  |  |
| --- | --- |
| Вариант | Задание |
| 1 | Дельта-сплайны с различным изменением шага дискретизации дискретизации (в функции от *t*) между узлами интерполяции |
| 2 | Дельта-сплайны с постоянным шагом дискретизации между узлами интерполяции с использованием операций умножения |
| 3 | Дельта-сплайны с постоянным шагом дискретизации между узлами интерполяции без использования операций умножения |

**2.6. Контрольные вопросы**

1. В чем состоит практический интерес использования сплайнов в компьютерной графике?
2. Поясните алгоритическую последовательность действий в формирования одномерного сплайна?
3. Поясните сущность построения двумерного параметрического сплайна?
4. В чем состоит специфика требований к алгоритмам построения сплайнов для компьютерной графики?
5. В чем состоит сущность метода построения сплайна на основе принципов дельта-преобразований второго порядка?
6. Объяснить смысл процедуры расчета производных при построении сплайнов на снове дельта-преобразований второго порядка.
7. Какой минимальный набор исходных данных необходим для реализации расчета и построения сплайнов на основе дельта-преобразований второго порядка?
8. Поясните сущность параметрических компонент  и  алгоритма для построения сплайна.
9. Оцените трудоемкость формирования интерполяционных отсчетов при движении с дискретным шагом  на основе известных (заблаговременно рассчитанных) значений  и .
10. Поясните возможность формирования интерполяционных отсчетов при движении с дискретным шагом без использования операций умножения полноразрядных чисел.
11. В чем состоят достоинства и недостатки рассматриваемых алгоритмов на основе дельта-преобразований второго порядка?
12. Предложите наиболее перспективные с точки зрения эффективности по вычислительной трудоемкости варианты практического использования рассматриваемых алгоритмов построения сплайнов в компьютерной графике при разделении процессов расчета параметров ,  и выполнения собственно интерполяции.
13. **Алгоритмизация и программная реализация построения параметрических дельта-сплайнов (Лабораторная работа №2)**

**3.1. Алгоритмизация построения параметрических дельта-сплайнов**

Выше рассматривались массивы узлов, точки которых были занумерованы так, что абсциссы и их ординаты образовывали строго возрастающие последовательности; это обстоятельство определяло и способ их построения.

В случаях, когда эти условия не могут быть выполнены, построение базируется на параметрическом представлении кривой.

Пусть задан массив узлов  (рис. 3.1, узлы обозначены жирными точками). Формируем для каждой точки  и , массивы в порядке возрастания n (независимая переменная представлена ). Соответствующие расположение узлов по  (рис.3.1,б) и по(рис.3.1,в) принимают вид при возрастающих значениях независимой переменной.

а)

б)

в)

Рис. 3.1. Параметрическое представление двумерной кривой

На основе рассмотренной в разделе 2 данного пособия методологии построения одномерных сплайнов строятся две интерполяционные кривые:

-  с использованием узлов 

-  с использованием узлов 

Для вырисовывания кривой на экране компьютера может быть достаточным задание базовых узлов только в экстремальных точках перегиба (жирные точки обозначения этих узлов выделены окружностью). Рекомендуется выбирать количество шагов *K* на всех шагах интерполяции (между узлами) постоянным. Необходимое количество уточняется в процессе моделирования путем визуальной качественной оценки.

**3.2. Варианты заданий к лабораторной работе №2**

Разработать на основе изложенных в данном разделе и в разделе 2 методологии и алгоритмов программу, реализующую построение и графическое представление двумерной кривой на основе дельта-преобразований в соответствии с вариантом.

|  |  |
| --- | --- |
| Вариант | Задание |
| 1 | Параметрические дельта-сплайны с различным изменением шага дискретизации (в функции от *t*) между узлами интерполяции. |
| 2 | Параметрические дельта-сплайны с постоянным шагом дискретизации между узлами интерполяции с использованием операций умножения |
| 3 | Параметрические дельта-сплайны с постоянным шагом дискретизации между узлами интерполяции без использования операций умножения |

**3.3. Контрольные вопросы**

1. Поясните сущность построения двумерного параметрического сплайна.
2. В чем состоит специфика требований к алгоритмам построения сплайнов для компьютерной графики.
3. Объяснить смысл процедуры расчета производных при построении сплайнов на снове дельта-преобразований второго порядка при построении параметрического сплайна.
4. Какой минимальный набор исходных данных необходим для реализации расчета и построения сплайнов на основе дельта-преобразований второго порядка при построении при построении параметрического сплайна.
5. Поясните сущность параметрических компонент  и  алгоритма для построения параметрического сплайна.
6. Оцените трудоемкость формирования интерполяционных отсчетов при движении с дискретным шагом  на основе известных (заблаговременно рассчитанных) значений  и  при построении параметрического сплайна.
7. Поясните возможность формирования интерполяционных отсчетов при движении с дискретным шагом без использования операций умножения многоразрядных чисел при формировании параметрического сплайна.
8. Предложите наиболее перспективные с точки зрения эффективности по вычислительной трудоемкости варианты практического использования рассматриваемых алгоритмов построения сплайнов в компьютерной графике при разделении процессов расчета параметров ,  и выполнения собственно интерполяции при формировании параметрического сплайна..

**4. Алгоритмизация и программная реализация построения сплайновых поверхностей и трехмерных кривых на основе дельта-преобразований второго порядка (Лабораторная работа №3)**

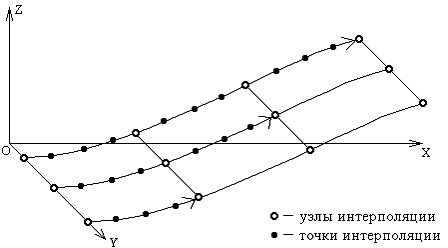
**4.1. Алгоритмизация построения сплайновых поверхностей**

Воспроизведение поверхностей трехмерного объекта играет важную роль при использовании систем обработки графической информации для решения таких прикладных задач, в которых пользователю необходимо взаимодействовать с различными видами твердых тел, а также тогда, когда объекты задаются множеством расположенных в пространстве точек [1-4].

Поверхности могут быть слишком сложны для того, чтобы описать их одним уравнением во всей области их определения, и, следовательно, возникает потребность в кусочной аппроксимации/интерполяции поверхностей. Простейшими являются кусочно-линейные интерполяции поверхностей, в частности, построенные посредством использования многогранника с треугольными гранями (триангуляции). К сожалению, во многих случаях число треугольников, необходимое для получения приемлемого результата, оказывается слишком большим, и поэтому приходится использовать поверхности более высокого порядка (т.е. не кусочно-*линейные*). Вследствие этого возникают проблемы представления таких кусочных поверхностей.

Одним из вариантов решения указанной проблемы являются методы, в которых предусматривается задание на поверхности множества базовых кривых (сплайнов), интерполирующих участки поверхностей.

В рамках лабораторной работы поверхность задается в виде совокупности узлов, располагаемых в точках пересечения данной поверхности с плоскостями, параллельными осям OXZ и OYZ (рис. 4.1).



а)



б)



в)

Рис. 4.1. Построение поверхности на основе дельта-преобразований второго порядка

Для построения поверхности выполняются следующие действия:

1. В плоскостях, параллельных оси OXZ (рис.4.1,а) выполняется построение одномерных кривых (разд.2), которые интерполируют участки между соседними узлами. Ось OX рассматривается как независимая переменная .

2. В плоскостях, параллельных оси OYZ (рис.4.1,б) выполняется построение одномерных кривых (разд.2), которые интерполируют участки между соседними узлами. Ось OY рассматривается как независимая переменная .

3. Каждый из полученных четырехугольников разбивается на два треугольника, после чего производится их построение (рис.4.1,в.).

Количество шагов на всех интервалах интерполяции принимается постоянным, необходимое количество уточняется в процессе моделирования путем визуальной качественной оценки.

**4.2. Алгоритмизация построения трехмерных кривых с использованием параметрических дельта-сплайнов**

Построение трехмерной кривой сводится обычно к построению кривой по ее двум проекциям. Действительно, зная координаты точек на плоскостях *XOZ* и *YOZ*, можно получить трехмерные координаты каждой точки пространственной кривой.

Лабораторная работа №3 может быть выполнена в следующем порядке. Проекция пространственной кривой на плоскость строится по алгоритму построения параметрических дельта-сплайнов, а ось *Z* используется как ось аргумента (перемещение по ней подчиняется правилу , где *N* — количество интерполирующих точек, находящихся между *i*-м и *(i-1)*-м узлами интерполяции).

**4.3. Варианты заданий по лабораторной работе №3**

Разработать на основе изложенных в данном разделе, в разделах 2 и 3 методологии и алгоритмов программу, реализующую построение и графическое представление поверхности или трехмерной кривой на основе дельта-преобразований второго в соответствии с вариантом.

|  |  |
| --- | --- |
| Вариант | Задание |
| 1 | Создать программу, позволяющую строить интерполирующую *трехмерную кривую* на основе дельта-сплайнов с различным изменением шага дискретизации(в функции от *t*) между узлами интерполяции |
| 2 | Создать программу, позволяющую строить интерполирующую *трехмерную кривую* на основе дельта-сплайнов с постоянным шагом дискретизации между узлами интерполяции с использованием операций умножения |
| 3 | Создать программу, позволяющую строить интерполирующую *трехмерную кривую* на основе дельта-сплайнов с постоянным шагом дискретизации между узлами интерполяции без использования операций умножения |
| 4 | Создать программу, позволяющую строить интерполирующую *поверхность* на основе дельта-сплайнов с различным изменением шага дискретизации (в функции от *t*) между узлами интерполяции |
| 5 | Создать программу, позволяющую строить интерполирующую *поверхность* на основе дельта-сплайнов с постоянным шагом дискретизации между узлами интерполяции с использованием операций умножения |
| 6 | Создать программу, позволяющую строить интерполирующую *поверхность* на основе дельта-сплайнов с постоянным шагом дискретизации между узлами интерполяции без использования операций умножения |

**4.4. Контрольные вопросы**

1. В чем состоит практический интерес использования сплайнов для построения поверхностей в компьютерной графике.
2. Поясните алгоритмическую последовательность действий в формирования сплайновых поверхностей.
3. Поясните алгоритмическую последовательность действий в формирования сплайновых трехмерных кривых.
4. В чем состоит специфика требований к алгоритмам построения сплайнов для компьютерной графики при построении поверхностей и трехмерных кривых.
5. В чем состоит сущность метода построения сплайна на основе принципов дельта-преобразований второго порядка при построении поверхностей и трехмерных кривых.
6. Объяснить смысл процедуры расчета производных при построении сплайнов на снове дельта-преобразований второго порядка.
7. Какой минимальный набор исходных данных необходим для реализации расчета и построения сплайнов на основе дельта-преобразований второго порядка при построении поверхностей и трехмерных кривых.
8. Поясните сущность компонент  и  алгоритма для построения параметрического сплайна.
9. Оцените трудоемкость формирования интерполяционных отсчетов при движении с дискретным шагом  на основе известных (заблаговременно рассчитанных) значений  и  при формировании поверхностей и трехмерных кривых.
10. Поясните возможность формирования интерполяционных отсчетов при движении с дискретным шагом без использования операций умножения многоразрядных чисел при формировании поверхностей и трехмерных кривых.
11. В чем состоят достоинства и недостатки рассматриваемых алгоритмов на основе дельта-преобразований второго порядка?
12. Предложите наиболее перспективные с точки зрения эффективности по вычислительной трудоемкости варианты практического использования рассматриваемых алгоритмов построения сплайнов в компьютерной графике при разделении процессов расчета параметров ,  и выполнения собственно интерполяции при формировании поверхностей и трехмерных кривых.

**5. Требования к выполнению и оформлению лабораторных работ**

**5.1. Требования к выполнению лабораторных работ**

При выполнении лабораторных работ №1, №2 и №3 следует учесть, что программы, реализующие заданный вариант, должны удовлетворять следующим требованиям:

1. работоспособность;
2. наличие функционального интерфейса, позволяющего обеспечивать загрузку, редактирование и (по возможности) сохранение данных, необходимых для демонстрации работоспособности программы;
3. наличие возможности производить наглядное графическое отображение результатов работы программы;
4. возможность обзора трехмерных объектов (в лабораторной работе №3) из разных точек пространства, для демонстрации *трехмерности* данного объекта (выполнение пункта по согласованию с преподавателем.

Кроме указанного выше, *рекомендуется* проявить смекалку и изобретательность в разработке программ и оформлении интерфейса с целью повышения функциональности данных программ, а также увеличения эффективности взаимодействия пользователя и ПО.

**5.2. Требования к отчетам по лабораторным работам**

Отчет по проделанным лабораторным работам должен содержать:

1. Номер варианта.
2. Задание и цель работы.
3. Теоретический материал, на основе которого должна проводиться практическая работа.
4. Выводы о проделанной работе.
5. Рисунки, отображающие результаты работы программы.
6. Листинг программы.

**Библиографический список**

1. Методы сплайн-функций. Завьялов Ю.С., Квасов Б.И., Мирошниченко В.Л.- М: Наука, Главная редакция физико-математической науки, 1980. - 355 с.
2. Шикин Е.В., Плис А.И. Кривые и поверхности на экране компьютера. Руководство по сплайнам для пользователей. - М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 1996. - 240 с.
3. Скворцов А.В., Мирза Н.С. Алгоритмы построения и анализа триангуляции. – Томск: Изд-во Том. Ун-та, 2006. -168 с.
4. Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики: Пер. с англ. - М.: Мир, 2001. - 604 с.
5. Кравченко П.П. Обработка информации и цифровое управление на основе оптимизированных дельта-преобразований второго порядка: Учебное пособие. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2013. – 98 с.
6. Кравченко П.П. Оптимизированные дельта-преобразований второго порядка. Теория и применение: Монография. - М.: Радиотехника, 2010. — 288 с.