# Практическая работа № 12. Классы-коллекции, создаваемые пользователем

Цель работы: Получить практические навыки создания классов, реализующих коллекции.

### Динамические структуры данных

**Абстрактный тип данных** — это тип данных, который предоставляет для работы с элементами этого типа определённый набор функций, а также возможность создавать элементы этого типа при помощи специальных функций. Вся внутренняя структура такого типа спрятана от разработчика программного обеспечения — в этом и заключается суть абстракции. Абстрактный тип данных определяет набор функций, независимых от конкретной реализации типа, для оперирования его значениями. Конкретные реализации АТД называются **структурами данных.**

Во многих задачах требуется использовать данные, у которых конфигурация, размеры и состав могут меняться в процессе выполнения программы. Для их представления используют **динамические информационные структуры**. К таким структурам относят:

* однонаправленные списки;
* двунаправленные списки;
* бинарные деревья.

Они отличаются способом связи отдельных элементов и/или допустимыми операциями. Динамическая структура может занимать несмежные участки динамической памяти.

### Однонаправленные списки

Наиболее простой динамической структурой является однонаправленный список, элементами которого служат объекты структурного типа (рис.1).

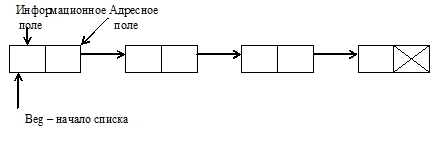


Рис.1. Линейный однонаправленный список

Описание простейшего элемента такого списка выглядит следующим образом:

class имя\_типа

{

информационное поле;

адресное поле;

};

* информационное поле – это поле любого, ранее объявленного или стандартного, типа;
* адресное поле – это указатель на объект того же типа, что и определяемая структура, в него записывается адрес следующего элемента списка.

// простейшее определение элемента списка

class Point

{

public int data; //информационное поле

public Point next;//адресное поле

}

Информационных полей может быть несколько.

Для удобства работы с элементом списка добавим в класс Point конструктор без параметров, конструктор с параметрами и перегрузим метод ToString() для вывода информационного поля.

class Point

{

public int data;//информационное поле

public Point next;//адресное поле

public Point()//конструктор без параметров

{

data=0;

next=null;

}

public Point(int d)//конструктор с параметрами

{

data=d;

next=null;

}

public override string ToString()

{

return data+" ";

}

}

Для того, чтобы создать список, нужно создать сначала первый элемент списка, а затем в цикле добавить к нему остальные элементы. Добавление может выполняться как в начало, так и в конец списка.

//создание элемента списка

static Point MakePoint(int d)

{

Point p = new Point(d);

return p;

}

//добавление в начало однонаправленного списка

static Point MakeList(int size)

{

Random rnd = new Random();

int info = rnd.Next(0, 11);

Console.WriteLine("The element {0} is adding...", info);

Point beg = MakePoint(info);//создаем первый элемент

for (int i = 1; i < size; i++)

{

info = rnd.Next(0, 11);

Console.WriteLine("The element {0} is adding...", info);

//создаем элемент и добавляем в начало списка

Point p = MakePoint(info);

p.next = beg;

beg = p;

}

return beg;

}

//добавление в конец списка

static Point MakeListToEnd(int size)

{

Random rnd = new Random();

int info = rnd.Next(0, 11);

Console.WriteLine("The element {0} is adding...", info);

Point beg = MakePoint(info);//первый элемент

Point r = beg;//переменная хранит адрес конца списка

for (int i = 1; i < size; i++)

{

info = rnd.Next(0, 11);

Console.WriteLine("The element {0} is adding...",info);

//создаем элемент и добавляем в конец списка

Point p = MakePoint(info);

r.next = p;

r = p;

}

return beg;

}

Для обработки списка организуется цикл, в котором нужно переставлять указатель p с помощью оператора p=p.next на следующий элемент списка до тех пор, пока указатель p не станет равен 0, т. е. будет достигнут конец списка.

static void ShowList(Point beg)

{

//проверка наличия элементов в списке

if (beg == null) {

Console.WriteLine("The List is empty");

return;

}

Point p = beg;

while (p!=null)

{

Console.Write(p);

p = p.next;//переход к следующему элементу

}

Console.WriteLine();

}

В динамические структуры легко добавлять элементы и из них легко удалять элементы, т. к. для этого достаточно изменить значения адресных полей.

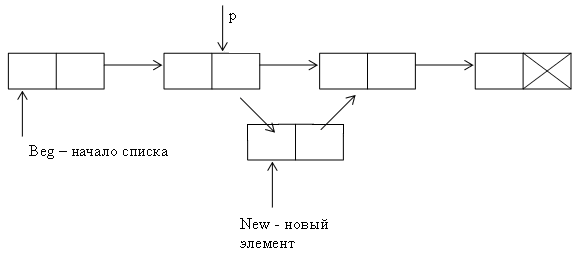


Рис.2. Добавление элемента в список

static Point AddPoint(Point beg, int number)

{

Random rnd = new Random();

int info = rnd.Next(10, 100);

Console.WriteLine("The element {0} is adding...", info);

//создаем новый элемент

Point NewPoint = MakePoint(info);

if (beg == null)//список пустой

{

beg = MakePoint(rnd.Next(10, 100));

return beg;

}

if (number == 1) //добавление в начало списка

{

NewPoint.next = beg;

beg = NewPoint;

return beg;

}

//вспом. переменная для прохода по списку

Point p = beg;

//идем по списку до нужного элемента

for (int i = 1; i < number-1 && p != null; i++)

p = p.next;

if (p == null)//элемент не найден

{

Console.WriteLine("Error! The size of List less than Number");

return beg;

}

//добавляем новый элемент

NewPoint.next = p.next;

p.next = NewPoint;

return beg;

}

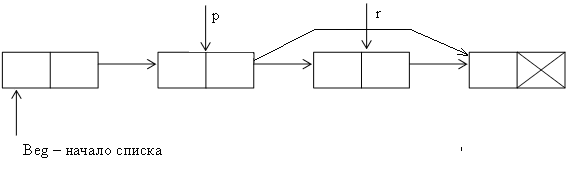


Рис.3. Удаление элемента из списка

static Point DelElement(Point beg, int number)

{

if (beg == null)//пустой список

{

Console.WriteLine("Error! The List is empty");

return null;

}

if (number == 1)//удаляем первый элемент

{

beg = beg.next;

return beg;

}

Point p = beg;

//ищем элемент для удаления и встаем на предыдущий

for (int i = 1; i < number - 1 && p != null; i++)

p = p.next;

if (p == null)//если элемент не найден

{

Console.WriteLine("Error! The size of List less than Number");

return beg;

}

//исключаем элемент из списка

p.next = p.next.next;

return beg;

}

### Двунаправленные списки

Двунаправленный список имеет два адресных поля, которые указывают на следующий элемент списка и на предыдущий. Поэтому двигаться по такому списку можно как слева направо, так и справа налево.

//определение двунаправленного списка

class Point

{

public int data;

public Point next, //адрес следующего элемента

pred;//адрес предыдущего элемента

public Point()

{

data = 0;

next = null;

pred = null;

}

public Point(int d)

{

data = d;

next = null;

pred = null;

}

public override string ToString()

{

return data + " ";

}

}

//формирование двунаправленного списка

static Point MakeList(int size) //добавление в начало

{

Random rnd = new Random();

int info = rnd.Next(0, 11);

Console.WriteLine("The element {0} is adding...", info);

Point beg = MakePoint(info);

for (int i = 1; i < size; i++)

{

info = rnd.Next(0, 11);

Console.WriteLine("The element {0} is adding...", info);

Point p = MakePoint(info);

p.next = beg;

beg.pred = p;

beg = p;

}

return beg;

}

### Бинарные деревья

Бинарное дерево – это динамическая структура данных, состоящая из узлов, ка­ждый из которых содержит, кроме данных, не более двух ссылок на различные бинарные деревья. На каждый узел имеется ровно одна ссылка.

Описать такую структуру можно следующим образом:

class Point

{

public int data;

public Point left,//адрес левого поддерева

right;//адрес правого поддерева

public Point()

{

data = 0;

left = null;

right = null;

}

public Point(int d)

{

data = d;

left = null;

right = null;

}

public override string ToString()

{

return data + " ";

}

}

Начальный узел называется корнем дерева. Узел, не имеющий поддеревьев, называется листом. Исходящие узлы называются предками, входящие — потом­ками. Высота дерева определяется количеством уровней, на которых располага­ются его узлы.

Если дерево организовано таким образом, что для каждого узла все ключи его ле­вого поддерева меньше ключа этого узла, а все ключи его правого поддерева — больше, оно называется деревом поиска. Одинаковые ключи не допускаются. В дереве поиска можно найти элемент по ключу, двигаясь от корня и переходя на левое или правое поддерево в зависимости от значения ключа в каждом узле. Такой поиск гораздо эффективнее поиска по списку, поскольку время поиска определяется высотой дерева, а она пропорциональна двоичному логарифму ко­личества узлов.

В идеально сбалансированном дереве количество узлов справа и сле­ва отличается не более чем на единицу.

Линейный список можно представить как вырожденное бинарное дерево, в котором каждый узел имеет не более одной ссылки. Для списка среднее время поиска равно половине длины списка.

Деревья и списки являются рекурсивными структурами, т. к. каждое поддерево также является деревом. Таким образом, дерево можно определить как рекурсивную структуру, в которой каждый элемент является:

* либо пустой структурой;
* либо элементом, с которым связано конечное число поддеревьев.

Действия с рекурсивными структурами удобнее всего описываются с помощью рекурсивных алгоритмов.

### Обход дерева

Для того, чтобы выполнить определенную операцию над всеми узлами дерева, все узлы надо обойти. Такая задача называется обходом дерева. При обходе узлы должны посещаться в определенном порядке. Существуют три принципа упорядочивания. Рассмотрим дерево, представленное на рис.

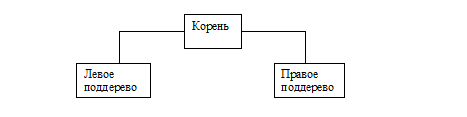


Рис.4. Бинарное дерево

На этом дереве можно определить три метода упорядочивания:

* Слева направо: Левое поддерево – Корень – Правое поддерево;
* Сверху вниз: Корень – Левое поддерево – Правое поддерево;
* Снизу вверх: Левое поддерево – Правое поддерево – Корень.

Эти три метода можно сформулировать в виде рекурсивных алгоритмов.

void Run(Point p)

//обход сверху вниз

{

if(p!=null)

{

<обработка p.data>

Run(p.left);//переход к левому поддереву

Run(p.right);//переход к правому поддереву

}

}

Если в качестве операции обработки узла поставить операцию вывода информационного поля, то мы получим функцию для печати дерева.

/\*рекурсивная функция для печати дерева по уровням с обходом слева направо\*/

static void ShowTree(Point p, int l)

{

if(p!=null)

{

ShowTree(p.left,l+3);//переход к левому поддереву

//формирование отступа

for (int i = 0; i < l; i++) Console.Write(" ");

Console.WriteLine(p.data);//печать узла

ShowTree(p.right,l+3);//переход к правому поддереву

}

}

### Формирование дерева

//построение дерева поиска

//формирование первого элемента дерева

static Point first(int d)

{

Point p=new Point(d);

return p;

}

//добавление элемента d в дерево поиска

static Point Add(Point root, int d)

{

Point p = root; //корень дерева

Point r = null;

//флаг для проверки существования элемента d в дереве

bool ok = false;

while (p!=null && !ok)

{

r = p;

//элемент уже существует

if (d == p.data) ok = true;

else

if (d < p.data) p = p.left; //пойти в левое поддерево

else p = p.right; //пойти в правое поддерево

}

if (ok) return p;//найдено, не добавляем

//создаем узел

Point NewPoint = new Point(d);//выделили память

// если d<r.key, то добавляем его в левое поддерево

if (d < r.data) r.left = NewPoint;

// если d>r.key, то добавляем его в правое поддерево

else r.right = NewPoint;

return NewPoint;

}

//построение идеально сбалансированного дерева

static Point IdealTree(int size, Point p)

{

Point r;

int nl, nr;

if(size==0){p=null;return p;}

nl=size/2;

nr=size-nl-1;

int number=Convert.ToInt32(Console.ReadLine());

r = new Point(d);

i++;

r.left=IdealTree(nl,r.left);

r.right=IdealTree(nr,r.right);

return r;

}

### Обобщенные коллекции. Пространство имен System.Collections.Generic.

Многие алгоритмы не зависят от типов данных, с которыми они работают. Простейшими примерами могут служить сортировка и поиск. Возможность отделить алгоритмы от типов данных предоставляют *классы-прототипы* (generics) — классы, имеющие в качестве параметров типы данных. Чаще всего эти классы применяются для хранения данных, то есть в качестве контейнерных классов, или коллекций.

Начиная с версии .NET 2.0, язык программирования С# был расширен поддержкой средства, которое называется ***обобщением (generic)***. Вместе с ним библиотеки базовых классов пополнились совершенно новым пространством имен, связанным с коллекциями — System.Collections.Generic.

Общая форма объявления обобщенного класса:

*class имя\_класса<список\_параметров\_типа> {...}*

Ссылка на обобщенный класс:

*имя\_класса<список\_аргументов\_типа> имя\_переменной =*

*new имя\_класса<список\_параметров\_типа> (список\_аргументов\_конструктора);*

Во вторую версию библиотеки .NET добавлены параметризованные коллекции для представления основных структур данных, применяющихся при создании программ, — стека, очереди, списка, словаря и т. д. Эти коллекции, расположенные в пространстве имен **System.Collections.Generic**, дублируют аналогичные коллекции пространства имен **System.Collections.**

**Параметризованные коллекции библиотеки .NET**

|  |  |
| --- | --- |
| Класс- прототип | Обычный класс |
| Comparer <T> | Comparer |
| Dictionary <K,T> | HashTable |
| LinkedList <T> | - |
| List <T> | ArrayList |
| Queue<T> | Queue |
| SortedDictionary <K,T> | SortedList |
| Stack <T> | Stack |

**Параметризованные интерфейсы библиотеки .NET.**

|  |  |
| --- | --- |
| Параметризованный интерфейс | Обычный интерфейс |
| ICollection<T> | ICollection |
| IComparable<T> | IComparable |
| IDictionary<Т> | IDictionary |
| IEnumerable<T> | I Enumerable |
| IEnumerator<T> | I Enumerator |
| IList<T> | IList |

Параметром класса-прототипа является тип данных, с которым он работает (T – это тип, который является параметром коллекции, т. е. вместо него можно подставить любой другой тип данных).

### Доступ к элементам коллекции с помощью нумератора

**Нумератор –** это объект, который используется для перебора коллекции циклом foreach. Нумератор представляет собой «курсор», который перемещается по коллекции только в одну сторону.

**Нумератор** реализует интерфейс IEnumerator. В интерфейсе IEnumerator определены:

* object Current { get; }- свойство, которое позволяет получить элемент, соответствующий текущему значению нумератора. Поскольку свойство Current предназначено только для чтения, нумератор можно использовать только для считывания значения объекта в коллекции, а не для его модификации.
* bool MoveNext() – метод, при каждом обращении к которому текущая позиция нумератора перемещается к следующему элементу коллекции. Метод возвращает значение true , если к следующему элементу можно получить доступ, или значение false, если достигнут конец коллекции. До выполнения первого обращения к методу MoveNext () значение свойства Current неопределено.
* void Reset() – метод, который устанавливает нумератор в начало коллекции. После вызова метода Reset() нумерация элементов начнется с начала коллекции, и для доступа к первому ее элементу необходимо вызвать метод MoveNext ().

Класс коллекции, который реализует интерфейс IDictionary, предназначен для хранения пар ключ/значение. Для опроса элементов в такой коллекции используется интерфейс IDictionaryEnumerator, а не IEnumerator. Класс DictionaryEnumerator является производным от класса IEnumerator и дополнительно определяет три свойства.

* DictionaryEntry Entry { get; }- позволяет получить следующую пару ключ/значение в форме структуры типа DictionaryEntry.
* object Key { get; } - позволяет получить прямой доступ к ключу.
* object Value { get; }- позволяет получить прямой доступ к значению.

Интерфейс IDictionaryEnumerator используется подобно обычному нумератору за исключением того, что текущие значения элементов здесь можно получить с помощью свойств Entry, Key или Value, а не свойства Current. Таким образом, реализовав IDictionaryEnumerator-нумератор, вы должны вызвать метод MoveNext(), чтобы получить первый элемент. Остальные элементы коллекции опрашиваются путем последующих вызовов метода MoveNext (). Когда все элементы коллекции будут исчерпаны, метод MoveNext () возвратит значение false.

**Перечислимый объект**– это объект, по которому движется нумератор. Перечислимый объект (коллекция) либо реализует интерфейс IEnumerable, либо содержит метод GetEnumerator, который возвращает нумератор.

Интерфейсы IEnumerator и IEnumerable почти всегда реализуются в сочетании со своими обобщенными версиями:

public interface IEnumerator<T>:IEnumerator, IDisposable

{

T Current {get;}

}

public interface IEnumerable<T>:IEnumerable

{

IEnumerator<T> GetEnumerator();

}

Например, можно реализовать локальный класс MyNumerator, объект которого будет выполнять перебор коллекции. Данный класс должен реализовывать обобщенный интерфейс IEnumerator<T> для обобщенных коллекций (интерфейс IEnumerator для необобщенных коллекций).

class MyEnumerator : IEnumerator<T>

{

Point<T> beg;//начало коллекции

Point<T> current;//текущий элемент коллекции

public MyEnumerator(MyGenericCollection<T> c)//конструктор

{

beg = c.beg;

current = c.beg;

}

/\*свойство, которое возвращает информационное поле текущего элемента, реализует свойство интерфейса IEnumerator<T>\*/

public T Current

{

get { return current.Data; }

}

/\*свойство, которое реализует интерфейс IEnumerator и преобразует Т в object\*/

object IEnumerator.Current

{

get { return Current; }

}

/\*метод для перехода к следующему элементу списка, реализует интерфейс IEnumerator \*/

public bool MoveNext()

{

if (current.next == null)//конец списка

{

Reset();//переход на начало коллекции

return false;

}

else

{

//переход к следующему элементу коллекции

current = current.next;

return true;

}

}

/\*метод, который ставит текущий элемент на начало коллекции, реализует интерфейс IEnumerator \*/

public void Reset()

{

current = this.beg;

}

/\*метод для удаления ресурсов нумератора, реализует интерфейс IEnumerator<T> \*/

public void Dispose() { }

}

В самой коллекции необходимо реализовать интерфейс IEnumerable<T>:

/\*метод необобщенного интерфейса IEnumerable, который возвращает объект-нумератор\*/

IEnumerator IEnumerable.GetEnumerator()

{

return GetEnumerator();

}

/\*метод обобщенного интерфейса IEnumerable<T>, который возвращает обобщенный объект-нумератор \*/

public IEnumerator<T> GetEnumerator()

{

return new MyEnumerator(this);

}

Метод foreach получит объект-нумератор с помощью метода IEnumerator<T> GetEnumerator() и с его помощью будет перебирать элементы коллекции.

foreach (Person p2 in c)//Person подставляется вместо Т

Console.WriteLine(p2.ToString());

В версию C#2.0 были введены средства, облегчающие выполнение перебора в объекте — итераторы. Итератор представляет собой блок кода, задающий последовательность перебора элементов объекта. На каждом проходе цикла foreach выполняется один шаг итератора, заканчивающийся выдачей очередного значения.

Выдача значения выполняется с помощью ключевого слова yield.

Итератор использует две специальных инструкции:

* yield return: определяет возвращаемый элемент;
* yield break: указывает, что последовательность больше не имеет элементов.

Таким образом, при получении каждого элемента в цикле foreach будет срабатывать оператор yield return, который будет возвращать один элемент и запоминать текущую позицию.

С помощью итераторов реализовать интерфейс IEnumerable<T> для коллекции можно следующим образом:

//реализовать необобщенный нумератор

IEnumerator IEnumerable.GetEnumerator()

{

return GetEnumerator();

}

//реализовать обобщенный нумератор

public IEnumerator<T> GetEnumerator()

{

Point<T> current = beg;

while (curr != null)

{

yield return current.Data;

current = current.next;

}

}

## Постановка задачи

### 2.1. Задание 1.

1. Сформировать однонаправленный список, в информационное поле записать объекты из иерархии классов лабораторной работы №10.
2. Распечатать полученный список.
3. Выполнить обработку списка в соответствии с заданием.
4. Распечатать полученный список.
5. Удалить список из памяти.
6. Сформировать двунаправленный список, в информационное поле записать объекты из иерархии классов лабораторной работы №10.
7. Распечатать полученный список.
8. Выполнить обработку списка в соответствии с заданием.
9. Распечатать полученный список.
10. Удалить список из памяти.
11. Сформировать идеально сбалансированное бинарное дерево, в информационное поле записать объекты из иерархии классов лабораторной работы №10.
12. Распечатать полученное дерево.
13. Выполнить обработку дерева в соответствии с заданием, вывести полученный результат.
14. Преобразовать идеально сбалансированное дерево в дерево поиска.
15. Распечатать полученное дерево.
16. Удалить дерево из памяти.

### 2.2. Задание 2

Реализовать обобщенную коллекцию, указанную в варианте. Для этого:

1. Реализовать конструкторы:

* public MyCollection() - предназначен для создания пустой коллекции.
* public MyCollection (int capacity*)* - создает пустую коллекцию с начальной емкостью, заданной параметром capacity.
* public MyCollection (MyCollection c) - служит для создания коллекции, которая инициализируется элементами и емкостью коллекции, заданной параметром с.

1. Для всех коллекций реализовать:
   * свойство Count, позволяющее получить количество элементов в коллекции;
   * методы для добавления одного или нескольких элементов в коллекцию;
   * методы для удаления одного или нескольких элементов из коллекции (кроме деревьев);[[1]](#footnote-1)
   * метод для поиска элемента по значению;
   * метод для клонирования коллекции;
   * метод для поверхностного копирования;
   * метод для удаления коллекции из памяти.
2. Для всех коллекций реализовать интерфейсы IEnumerable и IEnumerator.
3. Написать демонстрационную программу, в которой создаются коллекции, и демонстрируется работа всех реализованных методов, в том числе, перебор коллекции циклом foreach.

При работе с коллекцией использовать объекты из иерархии классов, разработанной в работе №10.

## 4. Варианты

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №  варианта | Однонаправленный список | Двунаправленный список | Бинарное дерево | Коллекция |
| 1 | Удалить из списка все элементы с четными информационными полями. | Добавить в список элемент с заданным номером. | Найти количество элементов с заданным ключом. | Однонаправленный список |
| 2 | Удалить из списка все элементы с четными номерами (2, 4, 6 и. т. д.). | Добавить в список элементы с номерами 1, 3, 5 и т. д. | Найти максимальный элемент в дереве. | Однонаправленный кольцевой список |
| 3 | Удалить из списка первый элемент с четным информационным полем. | Добавить в список элемент после элемента с заданным информационным полем. | Найти количество листьев в дереве. | Двунаправленный список |
| 4 | Удалить из списка последний элемент с четным информационным полем. | Добавить в список элемент с заданным номером. | Найти минимальный элемент в дереве. | Двунаправленный кольцевой список |
| 5 | Добавить в список элемент после элемента с заданным информационным полем. | Удалить из списка все элементы с четными информационными полями. | Найти высоту дерева. | Стек на базе однонаправленного списка |
| 6 | Добавить в список элемент с заданным номером. | Удалить из списка все элементы с четными номерами (2, 4, 6 и. т. д.). | Найти среднее арифметическое элементов дерева. | Стек на базе двунаправленного списка |
| 7 | Добавить в список после каждого элемента с отрицательным информационным полем элемент с информационным полем равным 0. | Удалить из списка первый элемент с четным информационным полем. | Найти количество элементов дерева, начинающихся с заданного символа. | Очередь на базе однонаправленного списка |
| 8 | Добавить в список элементы с номерами 1, 3, 5 и т. д. | Удалить из списка последний элемент с четным информационным полем. | Найти количество элементов с заданным ключом. | Хеш-таблица |
| 9 | Удалить из списка все элементы с четными информационными полями. | Добавить в список элементы с номерами 1, 3, 5 и т. д. | Найти максимальный элемент в дереве. | Идеально-сбалансированное дерево |
| 10 | Удалить из списка все элементы с четными номерами (2, 4, 6 и. т. д.). | Добавить в список элемент после элемента с заданным информационным полем. | Найти количество листьев в дереве. | Дерево поиска |
| 11 | Удалить из списка первый элемент с четным информационным полем. | Добавить в список элемент с заданным номером. | Найти минимальный элемент в дереве. | Однонаправленный список |
| 12 | Тип информационного поля int.  Удалить из списка последний элемент с четным информационным полем. | Тип информационного поля string.  Добавить в список элемент с заданным номером. | Тип информационного поля char.  Найти высоту дерева. | Однонаправленный кольцевой список |
| 13 | Тип информационного поля string.  Добавить в список элемент после элемента с заданным информационным полем. | Тип информационного поля double.  Удалить из списка все элементы с отрицательными информационными полями. | Тип информационного поля int.  Найти среднее арифметическое элементов дерева. | Двунаправленный список |
| 14 | Тип информационного поля string.  Добавить в список элемент с заданным номером. | Тип информационного поля int.  Удалить из списка последний элемент с четным информационным полем. | Тип информационного поля char.  Найти количество элементов с заданным ключом. | Хеш-таблица |
| 15 | Тип информационного поля double.  Добавить в список после каждого элемента с отрицательным информационным полем элемент с информационным полем равным 0. | Тип информационного поля int.  Удалить из списка все элементы с четными номерами (2, 4, 6 и. т. д.). | Тип информационного поля string.  Найти количество элементов дерева, начинающихся с заданного символа | Стек на базе однонаправленного списка |
| 16 | Добавить в список элементы с номерами 1, 3, 5 и т. д. | Удалить из списка первый элемент с четным информационным полем. | Найти максимальный элемент в дереве. | Стек на базе двунаправленного списка |
| 17 | Удалить из списка все элементы с четными информационными полями. | Добавить в список элемент с заданным номером. | Найти количество листьев в дереве. | Очередь на базе однонаправленного списка |
| 18 | Удалить из списка все элементы с четными номерами (2, 4, 6 и. т. д.). | Добавить в список элемент с заданным номером. | Найти минимальный элемент в дереве. | Хеш-таблица |
| 19 | Удалить из списка первый элемент с четным информационным полем. | Добавить в список элементы с номерами 1, 3, 5 и т. д. | Найти высоту дерева. | Идеально-сбалансированное дерево |
| 20 | Удалить из списка последний элемент с четным информационным полем. | Добавить в список элемент после элемента с заданным информационным полем. | Найти среднее арифметическое элементов дерева. | Дерево поиска |
| 21 | Добавить в список элемент после элемента с заданным информационным полем. | Удалить из списка все элементы с четными информационными полями. | Найти количество элементов дерева, начинающихся с заданного символа. | Очередь на базе однонаправленного списка |
| 22 | Добавить в список элемент с заданным номером. | Удалить из списка все элементы с четными номерами (2, 4, 6 и. т. д.). | Найти количество элементов с заданным ключом. | Очередь на базе двунаправленного списка |
| 23 | Добавить в список после каждого элемента с отрицательным информационным полем элемент с информационным полем равным 0. | Удалить из списка первый элемент с четным информационным полем. | Найти количество листьев в дереве. | Идеально-сбалансированное дерево |
| 24 | Добавить в список элементы с номерами 1, 3, 5 и т. д. | Удалить из списка последний элемент с четным информационным полем. | Найти максимальный элемент в дереве. | Дерево поиска |
| 25 | Удалить из списка все элементы с четными информационными полями. | Добавить в список элементы с номерами 1, 3, 5 и т. д. | Найти минимальный элемент в дереве. | Однонаправленный список |

## 5. Методические указания

1. Рекомендуется задания 1,2,3 сразу же оформлять в виде коллекций, чтобы коллекцию из 4-го задания реализовать на базе уже выполненной программы.
2. Интерфейс реализовать в виде текстового меню.

## 6. Содержание отчета

1. Постановка задачи (общая и для конкретного варианта).
2. Диаграмма классов.
3. Методы, реализующие формирование коллекции (конструкторы), вполнение задания.
4. Для 4 задачи привести методы реализующие нумератор.
5. Тесты (черный ящик).

1. за реализацию метода для удаления элемента из дерева ставятся дополнительные баллы [↑](#footnote-ref-1)