Итераторы и LINQ

Интерфейс IEnumerable и IEnumerator

Любая коллекция реализует интерфейс IEnumerable.

```
public interface IEnumerable<out T> : IEnumerable
{
   IEnumerator<T> GetEnumerator();
}
```

Объект, возвращаемый методом GetEnumerator(), называется итератор. Итератор реализует интерфейс IEnumerator<T>:

```
public interface IEnumerator<out T> : IDisposable, IEnumerator
{
   T Current { get; }
   bool MoveNext();    // false, когда дальше ехать некуда
   void Reset();
}
```

Замечание. Интерфейс IEnumerator<T> не связан с какой-то коллекцией.

Ключевое слово yield

Главным в интерфейсе IEnumerator<T> является метод MoveNext(), поэтому итератор можно объявить, запрограммировав одну эту функцию, остальное компилятор доделает сам.

Для этого в C# существует слово yield.

```
IEnumerator<int> M() {
    yield return 1;
    yield return 2;
    yield return 3;
}
```

```
for (var iter = M(); iter.MoveNext(); )
     Console.WriteLine(iter.Current);
```

Более практично возвращать не IEnumerator а IEnumerable.

```
IEnumerable<int> M() {
    yield return 1;
    yield return 2;
    yield return 3;
}
```

```
foreach (var i in M())
    Console.WriteLine(i);
```

Здесь компилятор реализует сразу два интерфейса – `IEnumerator и IEnumerable`.

Примеры итераторов

Итератор может сам вырабатывать последовательность значений.

```
static IEnumerable<int> Range(int a, int b)
{
    for (int i = a; i < b; i++)
        yield return i;
}
```

Итератор может основываться на входной последовательности.

```
static IEnumerable<int> Filter(IEnumerable<int> it)
{
    foreach (var x in it)
        if (x % 2 == 0)
            yield return x;
}
```

...или на нескольких входных последовательностях.

Задание 0

1. Реализовать итератор, который позволит проходить любой целый массив в обратном порядке.
2. Реализовать обобщенный итератор, который позволит проходить любой массив в обратном порядке.
3. Сделать обобщенный итератор, который обходит двумерный массив по столбцам.
4. Объявить итератор, который получает один целочисленный массив в качестве аргумента и вырабатывает все уникальные значения из входного массива.
   { 2, 3, 4, 3 ,3, 1 ,2 } => {2, 3, 4, 1}
5. Объявить итератор, который получает два целочисленных массива в качестве аргументов и вырабатывает только те значения, которые есть в первом массиве и в то же время отсутствуют во втором массиве. {1, 2, 3, 5, 6}, {4, 5, 1 } => {2, 3, 6}

Что такое LINQ to Objects

Итератор IEnumerable<T> можно преобразовать в другой итератор, в число, в объект, в массив, в коллекцию, во что угодно.

Набор готовых методов-преобразователей, который содержится в статическом классе System.Linq.Enumerable, и составляет основное содержание LINQ to Objects.

Большинство преобразователей имеют форму методов, расширяющих тип IEnumerable<T>, например

```
public static int Count<TSource>(this IEnumerable<TSource> source);
```

Это нужно, чтобы была возможность составлять цепочечные выражения.

```
int n = Enumerable.Range(1, 10).Where(x => x % 2 == 0).Count();
```

```
Enumerable.Count(Enumerable.Where(Enumerable.Range(1, 10), x => x % 2 == 0));
```

Выражения запросов

Верхний уровень LINQ составляют выражения запросов.

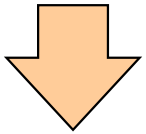
```
using System;
using System.Linq;
using System.Collections.Generic;

class Program
{
   static void Main() {

      string[] names = { "Burke", "Connor", "Frank",
         "Everett", "Albert", "George", "Harris", "David" };

      var query = from name in names
                  where name.Length == 5
                  orderby name
                  select name.ToUpper();

      foreach (string item in query)
         Console.WriteLine(item);
   }
}
```

```
BURKE
DAVID
FRANK
```

Компиляция выражений

Компилятор переводит выражения запроса в цепочку вызовов расширяющих методов.
Аргументами методов являются лямбда-выражения.

```
var query = from name in names
            where name.Length == 5
            orderby name
            select name.ToUpper();
```



```
var query = names.Where (name => name.Length == 5)
            .OrderBy (name => name)
            .Select (name => name.ToUpper());
```

Делегаты Func

Методы LINQ, принимающие делегаты в качестве параметров, должны быть объявлены с указанием типа параметров-делегатов.

```
public static IEnumerable<TSource> Where<TSource>
   (this IEnumerable<TSource> source, Func<TSource, bool> predicate);
```

Для указания типа параметров используется обобщенный делегат Func, объявленный в пространстве имен System.

```
public delegate TResult Func<in T, out TResult>(T arg);
```

Делегат перегружен и может принимать от 0 до 9 входных параметров-типов (T1, T2, T3,…).

Запросы Where() и Select()

Where() – фильтр

Пример: отфильтровать все четные числа

```
IEnumerable<int> result = m.Where(a => a % 2 == 0);
```

Пример: отфильтровать все числа, стоящие на четных местах

```
IEnumerable<int> result = m.Where((a, i) => i % 2 == 0);
```

Select() – проекция

Пример: увеличить все числа в 1000 раз

```
IEnumerable<int> result = m.Select(a => a * 1000 );
```

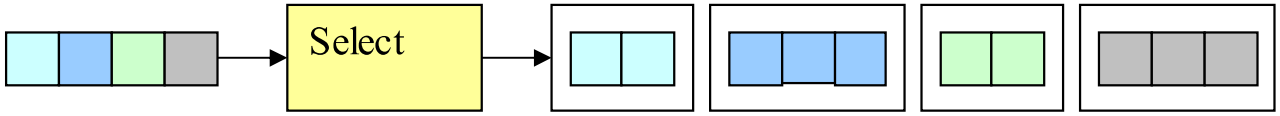
Пример: цепочка вызовов.

```
result = m.Where(a => a % 2 == 0).Select(a => a * 1000 );
```

Запрос SelectMany()

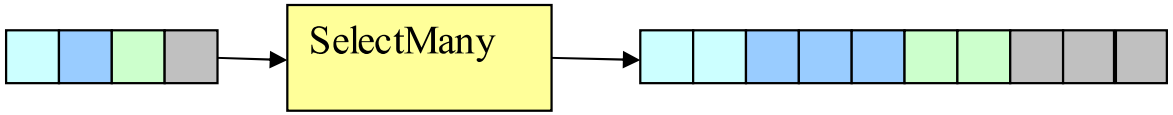
```
string[] input = { "SELECT", "FROM", "WHERE", "ORDER BY" };
```

```
var output = input.Select(s => s.ToCharArray());
```




```
foreach (var array in output) {
   foreach (var v in array) {
      Console.Write(v + " ");
   }
}
```

```
var output = input.SelectMany(s => s.ToCharArray());
```




```
foreach (var v in output) {
    Console.Write(v + " ");
}
```

Упорядочение – OrderBy(), ThenBy()

```
string[] input = { "Select", "Where", "OrderBy", "GroupBy" };
```

Так можно упорядочить строки по алфавиту:

```
var output = input.OrderBy(s => s);
```

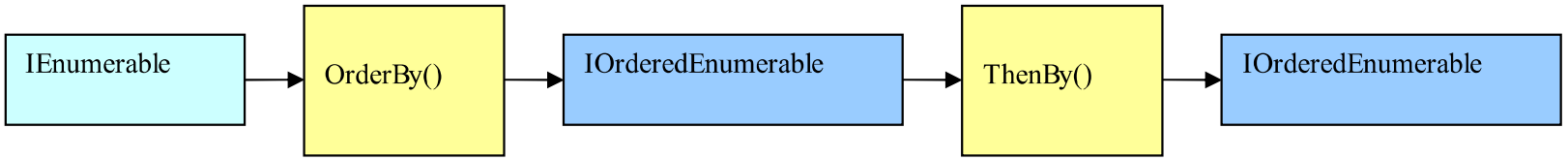
по длине:

```
var output = input.OrderBy(s => s.Length);
```

по последней букве слова:

```
var output = input.OrderBy(s => s[s.Length - 1]);
```

После упорядочения тип итератора меняется.



Пример. Упорядочим книги в первую очередь по фамилии автора, во вторую очередь – по названию.

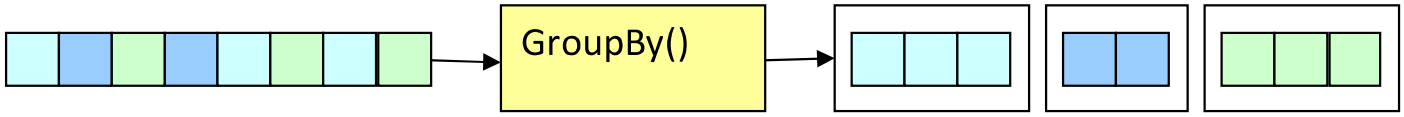
```
var result = books.OrderBy(b => b.Author).ThenBy(b => b.Title);
```

Группирование – запрос GroupBy()

```
string[] input = { "Select", "Where", "OrderBy", "GroupBy" };
```

Пример: сгруппировать строки по длине.

```
var result = input.GroupBy(s => s.Length);
```




```
foreach (IGrouping<int, string> group in result) {
   Console.WriteLine("Strings of length {0}", group.Key);
   foreach (string value in group)
      Console.WriteLine("  {0}", value);
}
```

Запрос GroupBy() может не только сгруппировать данные, но и выполнить их проекцию. Выражение для проекции задается во втором параметре запроса.

```
var result = input.GroupBy(s => s.Length, s => s.ToUpper());
```

Задание 1

Имеется список книг – объектов класса Book:

```
class Book
{
    public string Name;
    public int Year;
}
```

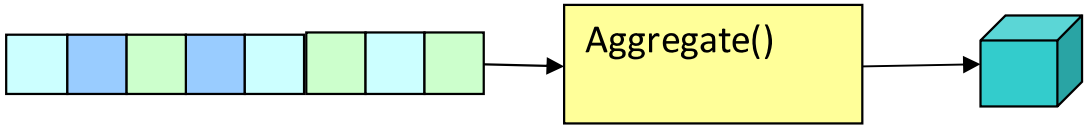
1. Выберите все книги, в названии которых есть слово LINQ, а год издания високосный.

2. Дана последовательность русских слов. Сколько букв алфавита понадобилось для написания этих слов?

3. Дан массив целых двузначных чисел. Упорядочить их по возрастанию старшего разряда, а затем по убыванию младшего, например, { 14, 12, 23, 20, 33, 32 }.

4. Дан массив книг books. Сколько книг написал каждый автор (распечатать в два столбца: Автор, Количество)?

Агрегация – Agregate, Sum, Average, Max, Min



Суммирование:

```
int[] m = { 2, 6, 4, 9, 1 };
int result = m.Sum(s => s);
```

Усреднение:

```
var result = m.Average(s => s);
```

Наибольший и наименьший элемент:

```
var result = m.Max(s => s);
var result = m.Min(s => s);
```

Параметр у всех запросов означает преобразование перед агрегированием

```
books.Max(s => s.Year)
```

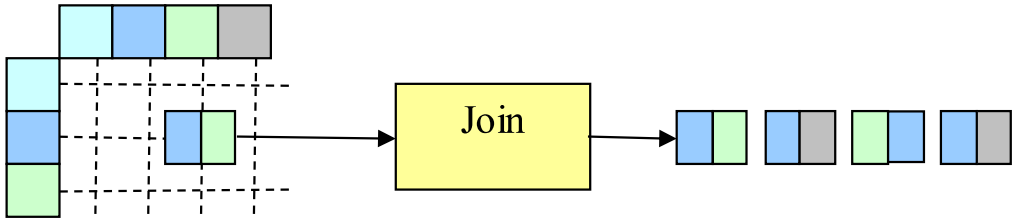
Обобщенный запрос на агрегацию

```
public static U Aggregate<T, U>(this IEnumerable<T> source,
                                U seed,
                                Func<U, T, U> func)
```

```
var sum = m.Aggregate(0, (s, i) => s += i);
```

Соединение – Join

Все элементы одной последовательности попарно сравниваются с элементами второй последовательности, и для каждой пары проверяется условие соединения.



Параметры запроса:

- вторая последовательность,
- функция для построения первого ключа,
- функция для построения второго ключа,
- функция для образования проекции.

```
string[] boys  = { "Alex", "Bob", "Charley", "Dick"};
string[] girls = { "Caroline", "Barbara", "Ann", "Adel"};
```

Образуем пары с именами на одну букву.

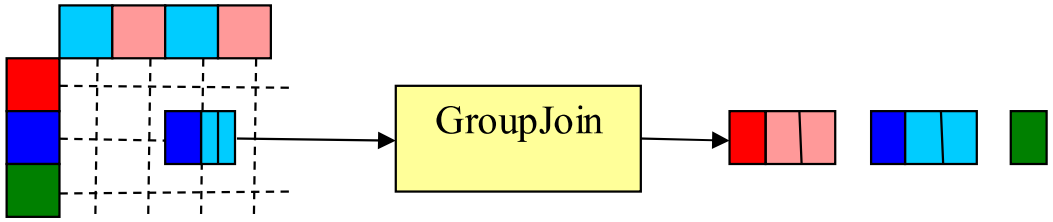
```
var result = boys.Join(girls,
                       x => x[0],
                       y => y[0],
                       (x, y) => new {Boy = x, Girl = y}
                       );
```

```
foreach (var r in result)
  Console.WriteLine("{0} + {1}", r.Boy, r.Girl);
```

Alex + Ann
Alex + Adel
Bob + Barbara
Charley + Caroline

Групповое соединение - GroupJoin

Пару составляют элемент первой последовательности и все соответствующие ему элементы второй последовательности.



Образуем групповое соединение имен на одну букву.

```
string[] boys  = { "Alex", "Bob", "Charley", "Dick"};
string[] girls = { "Caroline", "Barbara", "Ann", "Adel"};

var result = boys.GroupJoin(girls, x => x[0], y => y[0],
             (x, matches) => new { Boy = x, Girls = matches });
```

```
foreach (var r in result) {
   Console.WriteLine(r.Boy);
   foreach (var g in r.Girls) {
      Console.WriteLine("   " + g);
   }
}
```

```
Alex
    Ann
    Adel
Bob
    Barbara
Charley
    Caroline
Dick
```

Задание 2

1. Выразите через запрос Agregate() запросы Count(), Max() и Average().

2. Дан массив книг books. Сколько книг написал каждый автор (получить последовательность пар: автор – число книг)?

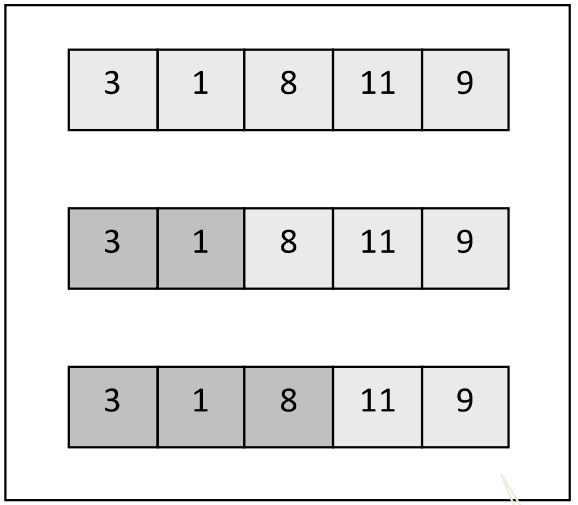
3. Дан массив чисел. Составьте все пары …
   а) из всевозможных чисел;
   б) из чисел, не равных между собой;
   в) исключив пару (a, b), если пара (b, a) уже есть в результате.

Остальные запросы

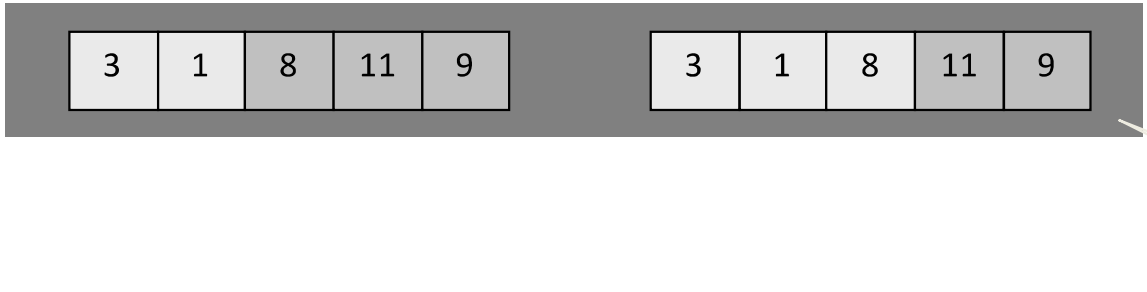
Группа	**Методы**
Разбиение	*Take, Skip, TakeWhile, SkipWhile*
Множества	*Union, Intersect, Except, Distinct*
Отдельные элементы	*First, Last, ElementAt, Single (-OrDefault)*
Генераторы	*Repeat, Range, Empty*
Преобразования	*ToArray, ToList, ToDictionary, ToLookup, AsEnumerable*
Преобразования элементов	*OfType, Cast*
Кванторы	*All, Any, Contains*
Разное	*Concat, Reverse, SequenceEqual, DefaultIfEmpty*

Разбиение: Take, Skip, TakeWhile, SkipWhile

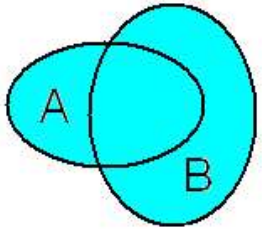
```
int[] m = { 3, 1, 8, 11, 9 };

var result = m.Take(2);


var result = m.TakeWhile(a => a < 10);
```



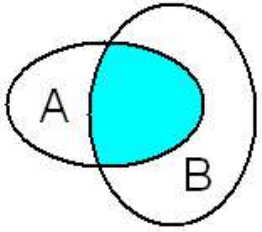
Запросы Skip и SkipWhile – противоположность запросам Take и TakeWhile



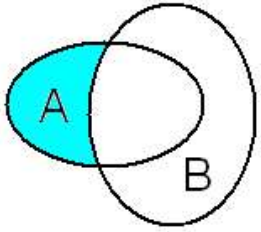
Union, Intersect, Except, Distinct



A.Union(B)



A.Intersect(B)



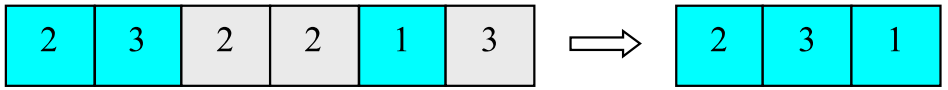
A.Except(B)

Дубликаты игнорируются

```
int[] m = { 2, 1, 3, 2 },    m1 = { 2, 12, 13, 12};
var result = m.Except(m1); // result = { 1, 3}
```

Distinct() устраняет дубликаты.

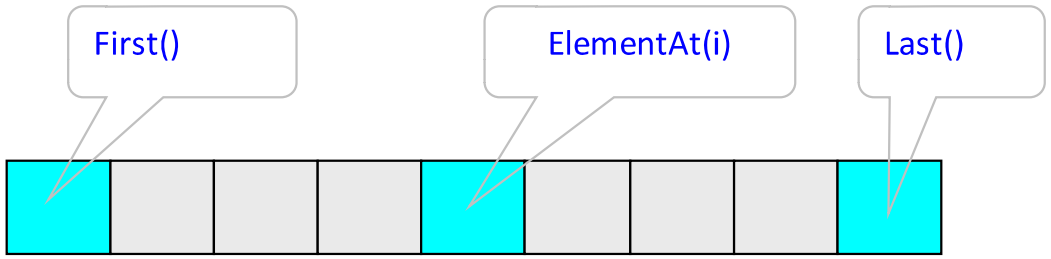
```
int[] m = {2, 3, 2, 2, 1, 3};
var result = m.Distinct();
```




```
class MyComparer: EqualityComparer<int>  {
   public override bool  Equals(int x, int y)
   { return x % 10 == y % 10; }
   public override int  GetHashCode(int obj)
   { return obj % 10; }
}
```

```
int[] m = { 12, 13, 12, 2, 1, 3 };
var result = m.Distinct(new MyComparer());
// result = { 2, 3, 1}
```

Отдельные элементы: First, Last, ElementAt, Single



У всех запросов есть условный вариант:

First OrDefault
Last OrDefault
Single OrDefault
ElementAt OrDefault

Генераторы: Repeat, Range, Empty

Repeat() – последовательность из повторений.

```
IEnumerable<string> strings = Enumerable.Repeat("GL", 10);
```

Range() – отрезок целых чисел.

```
IEnumerable<int> squares = Enumerable.Range(1, 10);
```

Empty() – пустая последовательность.

```
IEnumerable<decimal> empty = Enumerable.Empty<decimal>();
```

Пустую последовательность можно использовать как начальное значение агрегата в запросе Agregate().

ToArray, ToList, ToDictionary, ToLookup, AsEnumerable

Запросы ToArray() и ToList() просто возвращают массив или коллекцию, составленную из элементов исходной последовательности.

Запрос ToDictionary() преобразует последовательность в словарь – коллекцию пар (ключ, значение). При этом можно задать функцию выбора ключа, функцию выбора значения и функцию-компаратор, которая принимает решение об эквивалентности ключей.

Запрос ToLookup() преобразует последовательность в мультисловарь. От словаря он отличается тем, что одному ключу может соответствовать любое количество значений, в том числе и ни одного.

Метод AsEnumerable() позволяет привести тип, наследующий интерфейс IEnumerable<T> (например, IQueryable<T>), к типу IEnumerable<T>. Это может понадобиться для того, чтобы компилятор выбрал реализацию запросов из класса Enumerable, а не из класса Queryable.

Преобразования элементов: OfType, Cast

Запрос OfType<TResult>() выбирает из входной последовательности элементы, которые могут быть приведены к типу TResult. В результате на выходе получается последовательность типа IEnumerable<TResult>.
Запрос OfType<TResult>() применим не только к IEnumerable<T>, но и к IEnumerable. Благодаря этому LINQ способен работать с коллекциями старого типа: ArrayList, SortedList, Hashtable.

```
static void Main() {
    Book[] books = {
       new Book {Author = "Албахари", Title = "LINQ: карманный справочник", Year = 2009 },
       new Book {Author = "Раттц", Title = "LINQ: язык запросов", Year = 2008 },
       new Book {Author = "Kimmel", Title = "LINQ Unleashed", Year = 2008 }
    };
    ArrayList bookList = new ArrayList(books);

    var result1 = bookList.OfType<Book>().Take(2);
    var result2 = books.OfType<Book>().Take(2);
    var result3 = books.Take(2);
}
```

Запрос Cast<TResult>() отличается от запроса OfType тем, что пытается привести к типу TResult все элементы входной последовательности. Если с каким-то элементом это не получается, выбрасывается исключение InvalidCastException (запрос OfType исключения не выбрасывает, он просто пропускает неподходящий элемент)

Кванторы: All, Any, Contains

Эти запросы возвращают логическое значение и называются кванторами, как аналогичные функции на множествах.

Квантор **All** возвращает true, если все элементы последовательности удовлетворяют заданному условию. Условие задается при помощи функции – параметра запроса.

Квантор **Any** возвращает true, если в последовательности есть хотя бы один элемент, удовлетворяющий заданному условию.

Квантор **Contains** возвращает true, если последовательность содержит заданный элемент. При этом можно задать собственное правило сравнения в виде объекта-компаратора.

Разное: Concat, Reverse, SequenceEqual, DefaultIfEmpty

Последовательности можно не только разрезать, но и сшивать запросом Concat().

```
int[] m = {3, 1, 8,};
var result = m.Concat(m);  // result = { 3, 1, 8, 3, 1, 8, }
```

Запрос Reverse() придает элементам последовательности обратный порядок.

```
int[] m = {10, 20, 30};
var result = m.Reverse();  // result = { 30, 20, 10}
```

Запрос SequenceEqual() сравнивает две последовательности поэлементно. Сравнение элементов может выполняться при помощи пользовательского объекта – компаратора.

Запрос DefaultIfEmpty<T>() подменяет пустую последовательность нулевым элементом базового типа T. При желании вместо нулевого может быть подставлено любое другое фиксированное значение базового типа.