

Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана

Факультет «Информатика и системы управления»
Кафедра «Системы обработки информации и управления»

Э.Н. Самохвалов, Г.И. Ревунков, Ю.Е. Гапанюк

**ВВЕДЕНИЕ В ПРОЕКТИРОВАНИЕ
И РАЗРАБОТКУ
ИНТЕРНЕТ-ПРИЛОЖЕНИЙ
Часть I**

Черновик электронного учебного издания

*Учебное пособие по дисциплине
«Базовые компоненты интернет-технологий»*

Москва

(С) 2017 МГТУ им. Н.Э. БАУМАНА

Самохвалов Э.Н., Ревунков Г.И., Гапанюк Ю.Е.

Введение в проектирование и разработку интернет-приложений. Часть I. Электронное учебное издание. – М.: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2017. 260 с.

Издание предназначено для ознакомления с основами языка программирования C#. Рассматриваются основы среды исполнения .NET, основные конструкции языка C#, основы объектно-ориентированного программирования в C#, основы работы с коллекциями, файловой системой, рефлексией, основы параллельной обработки данных, введение в технологию разработки оконных пользовательских интерфейсов Windows Forms.

Для студентов МГТУ имени Н.Э. Баумана, обучающихся по специальности «Информатика и вычислительная техника».

Электронное учебное издание

Самохвалов Эдуард Николаевич

Ревунков Георгий Иванович

Гапанюк Юрий Евгеньевич

**ВВЕДЕНИЕ В ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКУ
ИНТЕРНЕТ-ПРИЛОЖЕНИЙ. ЧАСТЬ I**

Предисловие

Данное учебное пособие предназначено для ознакомления с основами языка программирования C#.

В издании изложены основы среды исполнения .NET, конструкции языка C#, объектно-ориентированное программирование в C#, работа с коллекциями, файловой системой, рефлексией, параллельная обработка данных, введение в технологию разработки оконных пользовательских интерфейсов Windows Forms.

В пособии используется принцип обучения на основе примеров. Все изучаемые технологии рассмотрены в виде последовательности примеров, архив с примерами предоставляется в виде приложения на диске. Диск содержит набор пронумерованных примеров проектов. Ссылки на номера примеров даны в тексте.

В качестве среды разработки в пособии используется Visual Studio Community 2017. В соответствии с лицензионным соглашением на данный программный продукт «любое количество ваших пользователей могут использовать это программное обеспечение для разработки и тестирования приложений в рамках сетевого дистанционного или аудиторного обучения и образования, а также для проведения академических исследований»¹.

Дисциплину «Базовые компоненты интернет-технологий» читает кафедра «Системы обработки информации и управления» в третьем семестре. Основной предмет изучения в рамках данной дисциплины – язык программирования C#. Это обусловлено следующим:

- в первых двух семестрах студенты кафедры изучают языки программирования C и C++, поэтому к третьему семестру они знакомы с синтаксисом языка C++ и основами объектно-

¹ Условия лицензионного соглашения на использование программного обеспечения Microsoft Visual Studio Community 2017 – <https://www.visualstudio.com/ru/license-terms/mlt553321/>

ориентированного программирования на C++. Язык программирования C# имеет много общих особенностей с C++. Чтение языка C# непосредственно после C++ позволяет сконцентрироваться на сходствах и различиях между ними;

- в отличие от объектно-ориентированного языка программирования C++, считающегося классическим, C# содержит ряд конструкций, присущих объектно-ориентированным языкам следующего поколения, например, таких как делегаты и рефлексия;
- для языка C# реализовано большое количество прикладных технологий, применяющихся при создании промышленных приложений; Windows Forms и WPF для разработки оконного пользовательского интерфейса; LINQ и Entity Framework для обработки данных; ASP.NET MVC для разработки веб-приложений. Использование языка C++ возможно только с ограниченным набором прикладных технологий, например с Windows Forms, разработка веб-приложений на основе ASP.NET MVC не предполагает использования языка C++;
- дисциплина «Разработка интернет-приложений», которую читают преподаватели кафедры «Системы обработки информации и управления» в пятом семестре, включает изучение технологии ASP.NET MVC, для чего требуется знание языка «C#».

Цель преподавания дисциплины «Базовые компоненты интернет-технологий» – содействие формированию у обучающихся следующих компетенций:

- способности разрабатывать и отлаживать компоненты аппаратно-программных комплексов с помощью современных автоматизированных средств проектирования (ПК-7);

- умению разрабатывать интерфейсы «человек - ЭВМ» (ПК-12);

В результате изучения дисциплины «Базовые компоненты интернет-технологий»:

студент должен знать:

- основы языка программирования C#;

уметь:

- разрабатывать консольные и оконные приложения с использованием C#;
- разрабатывать интерфейсы человек-ЭВМ с использованием технологии Windows Forms;

иметь навыки:

- разработки консольных и оконных приложений с использованием C#;
- разработки интерфейсов человек-ЭВМ с помощью Windows Forms.

Материал данного учебного пособия в целом соответствует содержанию дисциплины «Базовые компоненты интернет-технологий», которую читают в третьем семестре преподаватели кафедры «Системы обработки информации и управления».

Введение

Особенность современного состояния дел в области разработки интернет-приложений – большое количество используемых технологий.

На стороне веб-браузера – язык разметки HTML, технология каскадных таблиц стилей CSS, язык программирования JavaScript. На стороне веб-сервера – большое количество фреймворков (каркасов) для веб-разработки на различных языках программирования, из которых наиболее известны PHP, Python, Perl, C#, Java, JavaScript.

Для использования какого-либо фреймворка необходимо знать соответствующий язык программирования. В настоящее время в сообществе веб-разработчиков достаточно популярен фреймворк ASP.NET MVC, который предполагает знание языка C#.

Поэтому именно изучению языка C# авторы и посвятили данное пособие.

1 Краткая характеристика языка программирования C#

Современный объектно-ориентированный язык программирования общего назначения C# разработан компанией Microsoft для платформы .NET.

С его помощью можно разрабатывать консольные приложения, оконные приложения с использованием технологий Windows Forms и WPF, веб-приложения с помощью технологий ASP.NET и ASP.NET MVC. Для обработки данных предназначены технологии LINQ и Entity Framework.

Первая версия C# появилась в начале 2000 годов. Создателем языка C# является Андерс Хейлсберг, который до работы над языком C# был разработчиком компилятора с языка Паскаль и среды разработки Delphi. Это безусловно сказалось на C#, который, не смотря на синтаксис, унаследованный от C++, впитал в себя лучшие структурные черты Паскаля.

В 2005 году вышла версия 2.0, включавшая средства и библиотеки для разработки оконных приложений на основе технологии Windows Forms.

В 2008 году была выпущена версия 3.5, содержащая средства и библиотеки для разработки оконных приложений на основе технологии WPF. Также в нее была добавлена технология LINQ, представлявшая собой SQL-подобный язык запросов, встроенный в C#. Этот новаторский подход Андерса Хейлсберга до сих пор не имеет развитых аналогов в других языках программирования. Фактически, именно версия 3.5 сформировала основную концепцию языка, которая с тех пор не претерпела принципиальных изменений, хотя в его новые версии добавлено большое количество новых синтаксических конструкций и библиотек, особенно для параллельной и асинхронной обработки данных.

Язык C# продолжает активно развиваться. Из новых проектов следует отметить проект модульного компилятора Roslyn, предоставляющий разработчикам API для различных этапов компиляции, что облегчает создание новых языков программирования для платформы .NET.

Нужно подчеркнуть, что Андерсу Хейлсбергу удалось не только решить сложную техническую задачу по созданию быстрого компилятора, но и, главное – создать концептуально удачный язык программирования, который подходит как для задач обучения, так и для практической разработки крупных проектов. Основные черты языка программирования C#:

- синтаксис, в целом унаследованный от C++ и Java;
- некоторые конструкции языка, унаследованные из Паскаля, но «обернутые» в синтаксис подобный тому, что у C++.
- хорошая читаемость кода, что очень важно при разработке больших проектов;
- технология LINQ, облегчающая обработку сложных структур данных;
- большое количество библиотек, что полезно для решения различных задач.

Конечно, в рамках небольшого пособия можно рассмотреть только основы языка программирования C#. Для его углубленного изучения можно рекомендовать книги [1-3].

Хочется также отметить, что среда исполнения .NET и язык программирования C# детально документированы в справочной системе MSDN (Microsoft Developer Network) – <https://msdn.microsoft.com>.

2 Среда исполнения .NET

2.1 Краткое описание среды исполнения .NET

Среда исполнения .NET представляет собой виртуальную среду исполнения программ, или, говоря упрощенно, программно-реализованную модель микропроцессора, которая исполняет команды на специфическом машинном языке. Этот язык называется MSIL (Microsoft Intermediate Language) или иногда IL (Intermediate Language). Данный язык машинных команд подобен другим языкам, например, языку команд микропроцессора Intel.

Как для команд микропроцессора Intel существует язык ассемблера, так и для MSIL есть специфический язык ассемблера. Программу на нем можно получить путем дизассемблирования исполняемого файла .NET.

Основной компонент .NET, который используется для выполнения MSIL-кода – Common Language Runtime (CLR) или .NET runtime. Код, исполняемый под управлением CLR, иногда называют управляемым (managed) кодом.

Другая важнейшая составляющая платформы .NET – сборщик мусора (garbage collector). В программах на C++ память выделяется с помощью оператора new и освобождается посредством оператора delete. В языках платформы .NET существует оператор выделения памяти (в C# он также называется new), но оператор освобождения памяти принципиально отсутствует. Среда .NET сама следит за тем, нужна ли программе выделенная память и если не нужна, то память автоматически освобождается сборщиком мусора. Поэтому в среде исполнения .NET невозможны ошибки утечки памяти из-за того, что разработчик пропустил вызов оператора delete.

Среда исполнения .NET архитектурно очень похожа на среду исполнения Java, которая исторически появилась первой. В Java язык

MSIL называется байт-кодом (byte code). На платформе Java также реализован сборщик мусора, в языке Java как и в C# существует оператор new и отсутствует оператор delete.

Платформа .NET часто подвергается критике по той причине, что она может быть запущена только под управлением операционной системы Windows. Преимуществом платформы Java является то, что она может быть запущена под управлением операционных систем Windows, macOS, различных версий Linux, а также некоторых других, менее распространенных операционных систем.

Для преодоления данного ограничения .NET, открытым сообществом была начата разработка аналога платформы .NET, который мог бы выполняться под управлением различных операционных систем. Эта платформа получила название Mono, ее первая версия появилась в 2004 году. Официальный сайт Mono – <http://www.mono-project.com>. Платформа Mono, как и Java, может быть запущена под управлением операционных систем Windows, macOS, различных версий Linux.

Интересным является тот факт, что компания Microsoft практически с самого начала поддержала разработку платформы Mono, официально признала ее версией .NET для macOS и Linux, и, даже ограничила действие некоторых патентов, для того чтобы платформа Mono могла беспрепятственно развиваться.

Также компания Microsoft, в том числе для поддержки проекта Mono, раскрыла некоторые технологии и языки, связанные с .NET, и сделала их международными стандартами. В частности версия 4 языка C# была опубликована в виде международных стандартов ECMA-334 и ISO/IEC 23270:2006.

В настоящее время разработчикам платформы Mono удалось добиться очень хорошей совместимости с .NET. В большинстве случаев бинарные

файлы проекта, который был скомпилирован в MSIL в среде .NET под ОС Windows, могут быть перенесены на ОС Linux и запущены в среде Mono.

Однако необходимо учитывать, что не все библиотеки и фреймворки .NET поддерживаются в Mono. Поэтому, если читатель захочет разработать проект, который предполагается запускать и в .NET и в Mono, то необходимо проверить, что все библиотеки и фреймворки, которые предполагается использовать, поддерживаются обеими платформами.

Несмотря на вполне гармоничное сосуществование платформ .NET и Mono, наличие двух платформ все-таки нельзя было признать идеальным вариантом. Поэтому в настоящее время компания Microsoft начала разработку платформы .NET Core. Версия 1.0 была выпущена в июне 2016 года. Платформа .NET Core, как и Mono является проектом с открытым исходным кодом, который располагается в репозитории GitHub.

Разработка платформы .NET Core преследует две цели. Первая цель – создание единой платформы, которая может выполняться под управлением различных операционных систем. Вторая цель – создание платформы нового поколения, которая учтет основные ошибки при проектировании .NET и Mono, станет более модульной и производительной платформой, вберет в себя лучшие особенности платформ .NET и Mono, и постепенно заменит их.

В настоящее время все три платформы: .NET, Mono и .NET Core активно развиваются. Такая «конкуренция» не создает проблем разработчикам, потому что проект на C# может быть с минимальными доработками скомпилирован под все три платформы. Проблемой при компиляции может стать только наличие определенной библиотеки или фреймворка под конкретную платформу.

В нашем пособии мы постараемся дать читателю базовые знания языка C#, которые позволят разрабатывать приложения под все три платформы.

2.2 Особенность компиляции и исполнения приложений для среды исполнения .NET

В данном разделе на примере среды исполнения .NET мы на концептуальном уровне рассматриваем процесс компиляции и компоновки. Приведенные рассуждения также справедливы для платформ Mono и .NET Core.

Рассмотрим процесс компиляции и компоновки для языков без использования среды исполнения, который приведен на рис. 1.

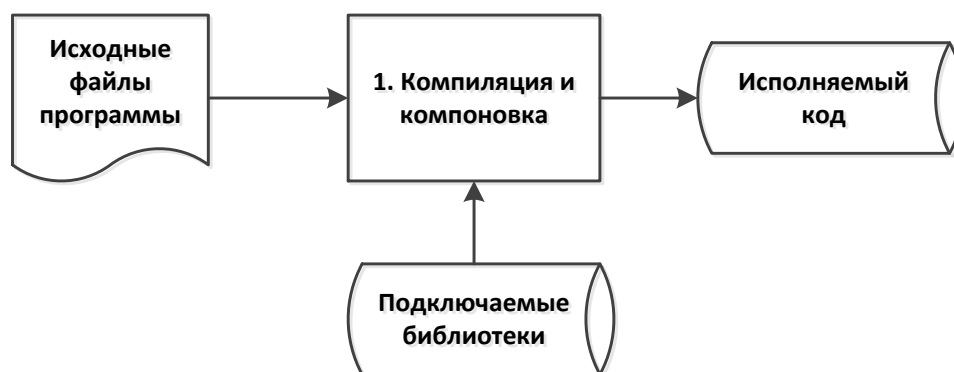


Рис. 1. Процесс компиляции и компоновки без использования среды исполнения.

В этом случае исходные файлы программы сначала компилируются, затем скомпилированные модули компонуются, к ним присоединяются библиотеки и получается исполняемый код, который представляет собой машинные команды для конкретного микропроцессора.

Безусловно, процесс на рис. 1 представлен схематично, он может существенно различаться в деталях для конкретных языков и технологий.

Если считать компиляцию и компоновку частями одного процесса, то можно принять что такой процесс для языков без использования среды исполнения выполняется в одну фазу. Процесс компиляции и компоновки на платформе .NET выполняется в две фазы (рис. 2).

В этом случае в результате формируется MSIL-код, так называемый файл сборки (.dll или .exe).

При запуске файла сборки происходит процесс JIT-компиляции (JIT – Just In Time компиляция, преобразование MSIL-кода в исполняемый код

для конкретного микропроцессора на данном компьютере). JIT-компиляция производится в памяти, исполняемый код запускается немедленно и не сохраняется на жесткий диск.

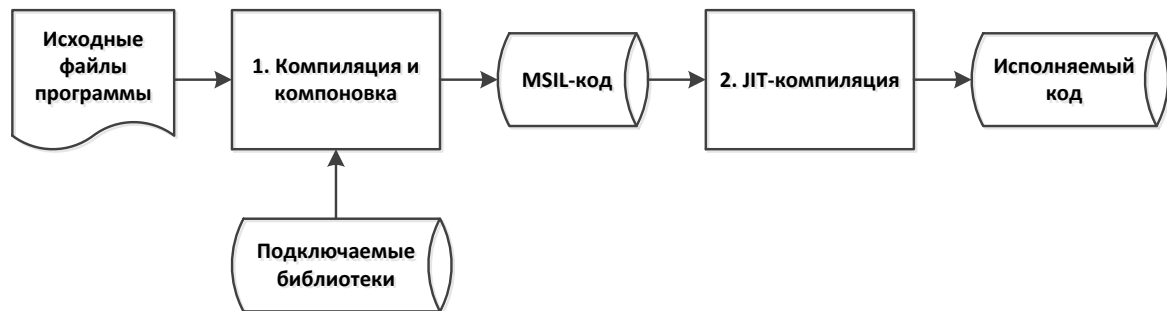


Рис. 2. Процесс компиляции, компоновки и исполнения программы для .NET-платформы.

Разработчику, не знакомому с виртуальными средами исполнения .NET или Java подобная схема может показаться на первый взгляд совершенно бессмысленной. Действительно, ведь при использовании, например, языка C++ в результате компиляции и компоновки получается «быстрый» машинный код, который сразу же исполняется. В случае виртуальной среды сначала генерируется «ненужный» промежуточный код, затем он переводится в быстрый машинный код и выполняется. Складывается впечатление, что вторая схема в плане исполнения кода должна быть медленнее первой. Но парадокс в том, что она обычно оказывается быстрее. Для этого есть две причины.

Первая состоит в том, что для программы на C++ обычно неизвестно на какой платформе (на каком конкретно микропроцессоре) будет исполняться код. Поэтому компилятор обычно генерирует то подмножество машинных команд, которое будет выполняться на большинстве микропроцессоров, то есть приоритет при генерации кода отдается совместимости с микропроцессором в ущерб производительности. В случае же виртуальной среды такой проблемы не возникает – JIT-компилятор способен определить, какой микропроцессор

установлен на данном компьютере и может генерировать команды, оптимальные по производительности для данного микропроцесса.

Вторая причина заключается в том, что JIT-компилятор имеет встроенный профилировщик кода, то есть он оценивает качество и скорость выполнения сгенерированного кода. При необходимости JIT-компилятор повторно генерирует машинный код, который будет выполняться быстрее.

JIT-компиляторы впервые появились на Java-платформе. В первых версиях Java исполняемый код (байт-код) интерпретировался, что значительно снижало производительность. Затем появились JIT-компиляторы, которые на лету преобразовывали байт-код в машинный код, что повышало производительность Java-машины. В среде .NET JIT-компилятор существовал изначально, поэтому даже у первых версий платформы .NET практически никогда не возникало проблем с производительностью.

2.3 Контрольные вопросы к разделу 2

1. Что такое MSIL?
2. Что такое CLR?
3. Для чего используется сборщик мусора?
4. В чем различие между платформами .NET, Mono и .NET Core?
5. Опишите процесс компиляции, компоновки и исполнения программы для .NET-платформы.
6. В чем различие между процессами компиляции и компоновки для языков без использования среды исполнения и для .NET-платформы?
7. Что такое JIT-компиляция?

8. Почему машинный код, сформированный JIT-компилятором, будет в некоторых случаях выполняться быстрее, чем машинный код, сформированный обычным компилятором?

3 Основы языка C#

3.1 Организация типов данных в языке C#

Особенность типов данных языка C# заключается в том, что для всей среды исполнения .NET используется единая общая система типов – CTS (Common Type System), причем как в C#, так и в Visual Basic .NET и других языках .NET-платформы.

Все типы данных разделяются на типы-значения (value type) и ссылочные типы (reference type).

Типы-значения хранятся в области памяти, доступ к которой организован в виде стека. К ним относятся:

- базовые типы данных;
- перечисления (enum);
- структуры (struct).

Если переменная типа-значения передается как параметр в метод, то в стеке делается копия значения и передается в метод, а исходное значение не изменяется. В частности, такой порядок копирования значений удобен для примитивных типов.

Ссылочные типы хранятся в динамически распределяемой области памяти, которую принято называть кучей (heap). Для работы с ней используются ссылки, фактически являющиеся указателями. Ссылочными типами являются:

- классы;
- интерфейсы;
- массивы;

- делегаты.

Если переменная ссылочного типа передается в метод как параметр, то фактически передается указатель на эту переменную, при этом не делается копия значения (как в случае типа-значения). Поэтому если значение переменной, переданное по ссылке, изменяется в методе, то исходное значение вследствие этого также меняется. Такой порядок копирования значений удобен, в частности, для передачи объектов классов.

В отличие от C++, в языке C# использование типов-значений и ссылочных типов практически ничем не различается, для обозначения ссылок не применяют специальные символы «&». Использовать указатели (которые как и в C++ обозначаются символом «*») можно в так называемом небезопасном (unsafe) режиме. Этот режим подходит для взаимодействия с аппаратными средствами, оптимизации производительности, в обычных приложениях применять unsafe-режим категорически не рекомендуется. В данном издании unsafe-режим не рассматривается.

Структура – это механизм языка, который представляет собой аналог класса, но реализован на основе стека. Синтаксически структуры и классы в программе на C# мало различаются. Однако в некоторых случаях использование структур вместо классов позволяет повысить производительность приложения, иногда очень значительно. Например, массив структур хранится в стеке последовательно, обработка такого фрагмента данных не требует дополнительных переходов. Массив объектов классов хранится в виде массива указателей, при их обработке необходимо выполнить дополнительные переходы по указателям, что может существенно увеличить время обработки данных. Поскольку в современном варианте языка C# структуры в основном являются

механизмом оптимизации производительности приложений, то в данном издании они не рассматриваются, их описание можно найти в [1, 2].

3.2 Базовые типы данных

Базовые типы данных являются типами-значениями и хранятся в стеке.

Полная система базовых типов описана в [1]. Ниже будут рассмотрены только наиболее часто используемые типы.

У каждого типа есть полное наименование, принятое в CTS, а также краткое, используемое в C#. Допустимы оба варианта наименований, но для удобства разработчики обычно предпочитают краткие наименования.

Целочисленные типы данных представлены в таблице 1.

Таблица 1

Целочисленные типы данных

Наименование в C#	Наименование в CTS	Описание
sbyte	System.SByte	Целое 8-битное число со знаком
short	System.Int16	Целое 16-битное число со знаком
int	System.Int32	Целое 32-битное число со знаком
long	System.Int64	Целое 64-битное число со знаком
byte	System.Byte	Целое 8-битное число без знака
ushort	System.UInt16	Целое 16-битное число без знака
uint	System.UInt32	Целое 32-битное число без знака
ulong	System.UInt64	Целое 64-битное число без знака

Типы данных с плавающей точкой представлены в таблице 2.

Таблица 2

Типы данных с плавающей точкой

Наименование	Наименование	Описание
--------------	--------------	----------

в C#	в CTS	
float	System.Single	32-битное число с плавающей точкой одинарной точности, около 7 значащих цифр после запятой
double	System.Double	64-битное число с плавающей точкой двойной точности, около 15 значащих цифр после запятой
decimal	System.Decimal	128-битное число с плавающей точкой повышенной точности, около 28 значащих цифр после запятой

Внутреннее представление типа decimal отличается от внутреннего представления типов float и double.

Описание логического типа представлено в таблице 3.

Таблица 3

Логический тип данных

Наименование в C#	Наименование в CTS	Описание
bool	System.Boolean	Может принимать значения true или false.

В условных операторах C# и Java, как и в Паскале используется логический тип. В классических C и C++ он отсутствует, его роль выполняет целочисленный тип, но в некоторых современных диалектах C++ логический тип применяется.

Описание символьного и строкового типов данных представлено в таблице 4.

Символьный и строковый типы данных

Наименование в C#	Наименование в CTS	Описание
char	System.Char	Символ Unicode
string	System.String	Строка символов Unicode

Тип string является не типом-значением, а ссылочным типом.

В языке C# ограничителем для символа служит одинарный апостроф, а для строки двойная кавычка. Пример объявления символа и строки:

```
char c = '1';
string str = "строка";
```

Корневой тип в CTS – тип System.Object (в C# – object). От него наследуются все ссылочные типы и типы-значения. Сам тип object является ссылочным.

Большинство базовых типов являются типами-значениями, но типы string и object стали исключением из этого правила.

3.3 Преобразования типов

Преобразование типов выполняется аналогично тому, как это происходит в C++ и Java с использованием оператора приведения типов – круглые скобки.

Пример преобразования переменной типа double в тип int:

```
double d1 = 123.45;
int i1 = (int)d1;
```

Очень часто, особенно при консольном вводе, необходимо преобразовать строковое представление числа (введенное с клавиатуры) в числовой формат. Это можно сделать тремя способами.

Первый состоит в том, что у каждого класса-типа существует статический метод `Parse`, преобразующий строку в числовой тип данных.

Пример преобразования типов с использованием метода `Parse`:

```
int i2 = int.Parse("123");
double d2 = double.Parse("123,45");
```

Метод `Parse` использует настройки локализации операционной системы, в частности для переменной типа `double` в качестве разделителя целой и дробной части используется запятая. Если строка не содержит корректного представления числа, метод `Parse` генерирует исключение `FormatException` (исключения подробнее рассмотрены ниже).

При втором способе вместо метода `Parse` используется `TryParse`. В случае неудачного преобразования данный метод не генерирует исключение, но возвращает логическое значение `false`. Возвращаемое число представляется выходным параметром (out-параметр).

Пример использования метода `TryParse`:

```
int i3;
bool result = int.TryParse("123", out i3);
```

Третий способ заключается в применении класса `Convert`, который содержит большое количество статических методов и может преобразовать значения большинства базовых между собой.

Пример использования класса `Convert`:

```
int i4 = Convert.ToInt32("123");
```

Если же строка не содержит корректное представление числа, класс `Convert`, как и метод `Parse`, генерирует исключение `FormatException`.

3.4 Использование массивов

Для объявления массивов в C# используется синтаксис:

```
int[] array;
```

В языке C++ квадратные скобки должны ставить не после имени типа, а после имени переменной: `int array[]`. В Java допустимы оба варианта объявления.

Если необходимо присвоить начальные значения элементам массива, то форма объявления следующая:

```
int[] array = new int[3] {1, 2, 3};
```

Аналогично для строкового типа:

```
string[] strs =  
    new string[3] { "строка1", "строка2", "строка3" };
```

Многомерные массивы в языке C# бывают двух видов — прямоугольные и зубчатые (jagged).

Объявление прямоугольных массивов очень похоже на их объявление в Паскале.

Пример объявления прямоугольного массива:

```
int[,] matrix = new int[2, 2] { { 1, 2 }, { 3, 4 } };
```

или:

```
int[,] matrix = { {1,2}, {3,4} };
```

или:

```
int[,] matrix = new int[2, 2];  
matrix[0, 0] = 1;  
matrix[0, 1] = 2;  
matrix[1, 0] = 3;  
matrix[1, 1] = 4;
```

Объявление зубчатых массивов похоже на их объявление в языках C++ и Java.

Пример объявления зубчатого массива:

```
int[][] jagged = new int[3][];  
jagged[0] = new int[3] { 1, 2, 3 };  
jagged[1] = new int[2] { 4, 5 };  
jagged[2] = new int[4] { 6, 7, 8, 9 };
```

В случае зубчатого массива каждый подмассив может иметь собственную размерность.

3.5 Консольный ввод-вывод

Средства консольного ввода-вывода в C# напоминают аналогичные средства в Java и очень уступают по возможностям консольному вводу-выводу в C++.

Ввод-вывод в консоль осуществляется посредством класса `Console`, у которого предусмотрены статические методы ввода-вывода данных:

- `Console.WriteLine` – вывод данных с переводом строки;
- `Console.Write` – вывод данных без перевода строки;
- `Console.Read` – чтение текущего символа;
- `Console.ReadKey` – чтение текущего символа или функциональной клавиши;
- `Console.ReadLine` – чтение строки до нажатия ввода.

У класса `Console` также есть методы для чтения и изменения цвета текста, размеров окна и другие.

Для ввода данных в консоли существует только метод `Console.ReadLine`, позволяющий ввести только строковый тип данных, но не позволяющий вводить числовые типы данных. Здесь язык C# уступает по возможностям консольной библиотеке C++. Поэтому в языке C# при разработке консольных приложений актуальным является преобразование строкового типа данных в другие типы.

Методы `Console.WriteLine` и `Console.Write` имеют большое количество перегрузок для вывода данных различных типов.

Также существует перегрузка для форматированного вывода, когда первым параметром указывается строка формата, а далее передается произвольное количество параметров, которые подставляются в строку формата.

Пример использования метода `WriteLine` со строкой формата:

```
int p1 = 2;  
int p2 = 4;
```

```
Console.WriteLine("{0} умножить на {1} = {2}", p1, p2, p1*p2);
```

В консоль будет выведено:

```
2 умножить на 4 = 8
```

Фигурные скобки в строке формата означают ссылку на соответствующий параметр, причем параметры нумеруются с нуля. Таким образом, вместо {0} будет подставлена переменная p1, вместо {1} – переменная p2, вместо {2} – выражение p1*p2.

Пример, содержащий форматирование параметра:

```
double d3 = 1.12345678;
Console.WriteLine("{0} округленное до 3 разрядов = {0:F3}", d3);
```

В консоль будет выведено:

```
1,12345678 округленное до 3 разрядов = 1,123
```

Выражение {0:F3} означает, что нулевой параметр нужно вывести в виде числа с плавающей точкой, округлив до 3 знаков после разделителя разрядов.

3.6 Основные конструкции программирования языка C#

Данный раздел основан на **примере 1**, приведенном целиком. В дальнейшем в основном будут даны только фрагменты примеров.

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

namespace Structures
{
    class Program
    {
        /// <summary>
        /// Использование основных операторов
        /// </summary>
        /// <param name="args"></param>
        static void Main(string[] args)
        {
            string str = "строка1";
            //+++++
            // Условия
            //+++++
            //Условный оператор (в отличие от C++ в условии используется логический тип)
            if (str == "строка1")
```

```

{
    Console.WriteLine("if: str == \"строка1\"");
}
else
{
    Console.WriteLine("if: str != \"строка1\"");
}
//Условная операция
string Result = (str == "строка1" ? "Да" : "Нет");
Console.WriteLine("?: Равна ли строка '" + str + "' строке 'строка1' - " + Result);
//Оператор switch
string Result2 = "";
switch (str)
{
    case "строка1":
        Result2 = "строка1";
        break;
    case "строка2":
    case "строка3":
        Result2 = "строка2 или строка3";
        break;
    default:
        Result2 = "другая строка";
        break;
}
Console.WriteLine("switch: " + Result2);
//+++++
// Циклы
//+++++
//Цикл for
Console.Write("\nЦикл for: ");
for (int i = 0; i < 3; i++)
    Console.Write(i);
//Цикл foreach
Console.Write("\nЦикл foreach: ");
int[] array1 = { 1, 2, 3 };
foreach(int i2 in array1)
    Console.Write(i2);
//Цикл while
Console.Write("\nЦикл while: ");
int i3 = 0;
while (i3 < 3)
{
    Console.Write(i3);
    i3++;
}
//Цикл do while
Console.Write("\nЦикл do while: ");
int i4 = 0;
do
{
    Console.Write(i4);
    i4++;
} while (i4 < 3);
//+++++
// Обработка исключений
//+++++
Console.WriteLine("\n\nДеление на 0:");
try
{

```



```

int num1 = 1;
int num2 = 1;
string zero = "0";
int.TryParse(zero, out num2);
int num3 = num1 / num2;
}
catch (DivideByZeroException e)
{
    Console.WriteLine("Попытка деления на 0");
    Console.WriteLine(e.Message);
}
catch (Exception e)
{
    Console.WriteLine("Собственное исключение");
    Console.WriteLine(e.Message);
}
finally
{
    Console.WriteLine("Это сообщение выводится в блоке finally");
}
Console.WriteLine("\nСобственное исключение:");
try
{
    throw new Exception("!!! Новое исключение !!!");
}
catch (DivideByZeroException e)
{
    Console.WriteLine("Попытка деления на 0");
    Console.WriteLine(e.Message);
}
catch (Exception e)
{
    Console.WriteLine("Собственное исключение");
    Console.WriteLine(e.Message);
}
finally
{
    Console.WriteLine("Это сообщение выводится в блоке finally");
}
//+++++
// Константы
//+++++
const int int_const = 333;
//Ошибка
//int_const = 1;
Console.WriteLine("Константа {0}", int_const);
//+++++
// Параметры функций
//+++++
//В C# по умолчанию аргументы обычных типов передаются по значению, а объектов по ссылке
//Аргументы ref всегда передаются по ссылке
//Аргументы out являются только выходными параметрами
string RefTest = "Значение до вызова функций";
ParamByVal(RefTest);
Console.WriteLine("\nВызов функции ParamByVal. Значение переменной: " + RefTest);
ParamByRef(ref RefTest);
Console.WriteLine("Вызов функции ParamByRef. Значение переменной: " + RefTest);
int x = 2, x2 = 0, x3 = 0;
ParamOut(x, out x2, out x3);
Console.WriteLine("Вызов функции ParamOut. x={0}, x^2={1}, x^3={2}", x, x2, x3);

```

```

ParamArray("Вывод параметров: ", 1, 2, 333);
//+++++
// Использование yield
//+++++
Console.WriteLine("\nИспользование yield: ");
foreach (string st in YieldExample())
    Console.WriteLine(st);
Console.ReadLine();
}

/// <summary>
/// Передача параметра по значению
/// </summary>
static void ParamByVal(string param)
{
    param = "Это значение НЕ будет передано в вызывающую функцию";
}

/// <summary>
/// Передача параметра по ссылке
/// </summary>
static void ParamByRef(ref string param)
{
    param = "Это значение будет передано в вызывающую функцию";
}

/// <summary>
/// Выходные параметры объявляются с помощью out
/// </summary>
static void ParamOut(int x, out int x2, out int x3)
{
    x2 = x * x;
    x3 = x * x * x;
}

/// <summary>
/// Переменное количество параметров задается с помощью params
/// </summary>
static void ParamArray(string str, params int[] ArrayParams)
{
    Console.WriteLine(str);
    foreach (int i in ArrayParams)
        Console.WriteLine(" {0} ", i);
}

/// <summary>
/// Значения, возвращаемые с помощью yield воспринимаются как значения массива
/// их можно перебирать с помощью foreach
/// </summary>
static IEnumerable YieldExample()
{
    yield return "1 ";
    yield return "2 ";
    yield return "333";
}
}
}

```

На основе данного примера рассмотрим основные конструкции языка C#.

3.6.1 Пространства имен и сборки

Программа начинается с операторов `using`, каждый из которых указывает пространство имен для библиотечных классов. Любой класс в языке `C#` должен быть объявлен в каком-либо пространстве имен с использованием оператора `namespace`.

Пространства имен представляют собой древовидную структуру. В каждой ее ветви содержатся вложенные классы и вложенные пространства имен. Если с помощью оператора `using` подключаются классы какого-либо пространства имен, например

```
using System;
```

то классы вложенных пространств имен при этом автоматически не подключаются. Поэтому их необходимо подключать отдельными директивами:

```
using System;  
using System.Collections;  
using System.Linq;  
using System.Text;
```

Пространства имен представляют собой логическую структуру для систематизации классов. Выясним, как эта структура соотносится с откомпилированными классами.

Откомпилированный бинарный код для платформы `.NET` хранится в файлах сборок (`assembly`). Файл может иметь расширение `.dll` или `.exe` по аналогии с библиотеками и исполняемыми файлами ОС `Windows`. Но данные файлы содержат бинарный код, выполняющийся только на платформе `.NET`. Если же она не установлена, то ОС `Windows` не запустит такой исполняемый файл.

Файлы сборок следует подключать в разделе `References` проекта (рис. 3). В русской версии `Visual Studio` раздел `References` называется Ссылки. При нажатии правой кнопкой мыши на пункт `References` открывается диалог по добавлению новых сборок.

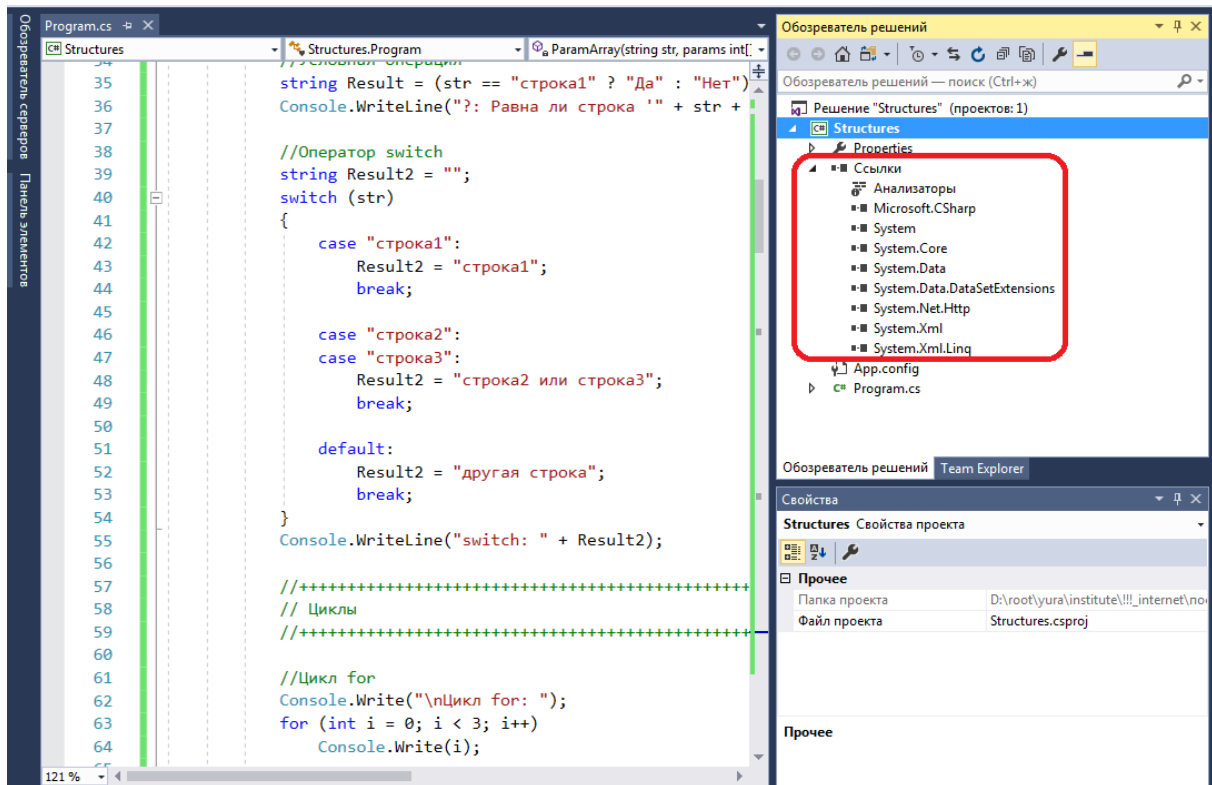


Рис. 3. Файлы сборки.

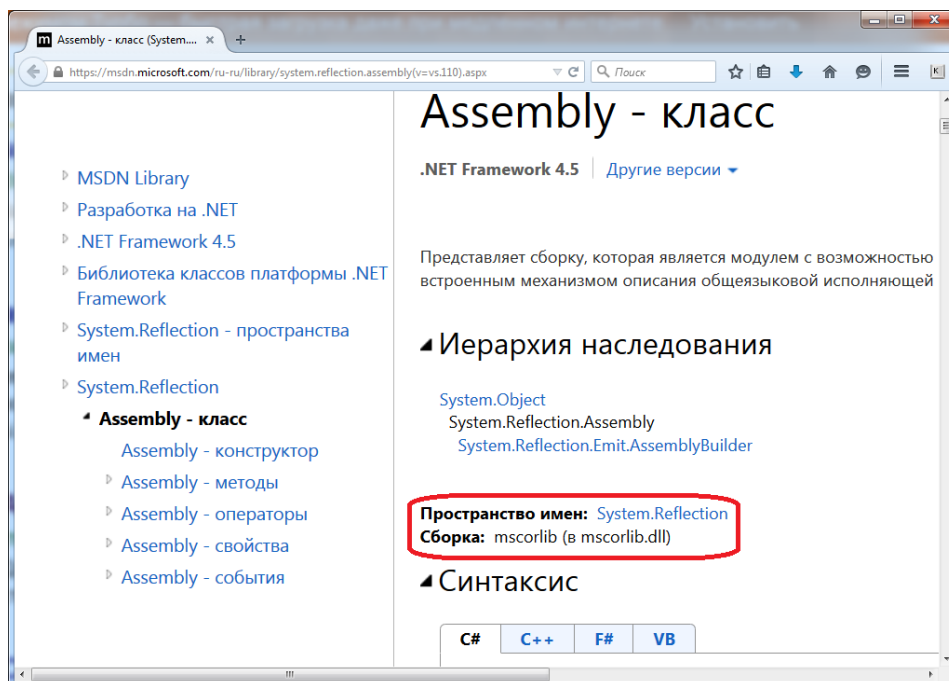


Рис. 4. Указание пространства имен и сборки в справочной системе.

Из рисунка 3 видно, что раздел References содержит те же значения что и операторы using. Однако это принципиально разная информация. В разделе References находятся имена физических файлов сборки – файлов,

которые содержат бинарный код, присоединяемый к проекту. Секция `using` ссылается на логическое название в дереве пространства имен.

При этом возможна ситуация, когда классы из одного и того же пространства имен находятся в разных сборках, и наоборот, одна сборка содержит классы из разных пространств имен. Поэтому в справочной системе Microsoft для каждого класса указано как имя сборки, так и пространство имен (рис 4).

Стоит отметить, что концепция пространства имен – специфика Microsoft.

В классическом языке C++ пространства имен отсутствуют, вместо них применяется подключение заголовочных файлов. Однако в версии языка C++, предлагаемой Microsoft, используется такой же механизм пространств имен как и в C#.

В Java существует концепция похожая на пространства имен – пакеты (package). По аналогии с пространством имен каждый класс может быть включен в пакет. Но в данной концепции существуют ограничения – пакет является каталогом файловой системы, в который вложены файлы классов. Если имя пакета составное (содержит точку), то это предполагает вложенность соответствующих каталогов. Один файл в Java не может содержать более одного класса, следовательно, файл-класс однозначно соответствует пакету-каталогу. Пространства имен в языке C# – более гибкий механизм, однако сторонники Java полагают, что подобная жесткость позволяет избежать ошибок и несоответствий, встречающихся в пространствах имен.

Далее в тексте программы приведены конструкции:

```
namespace Structures
{
    class Program
    {
        ...
    }
}
```

Команда namespace объявляет пространство имен, а class – класс. Команда namespace может содержать несколько классов. Чтобы сослаться на класс Program следует применить директиву:

```
using Structures;
```

Основной исполняемый метод консольного приложения – метод Main:

```
static void Main(string[] args)
{
    ...
}
```

Строковый массив параметров метода args содержит параметры (аргументы) командной строки, которые могут быть заданы при вызове консольного приложения.

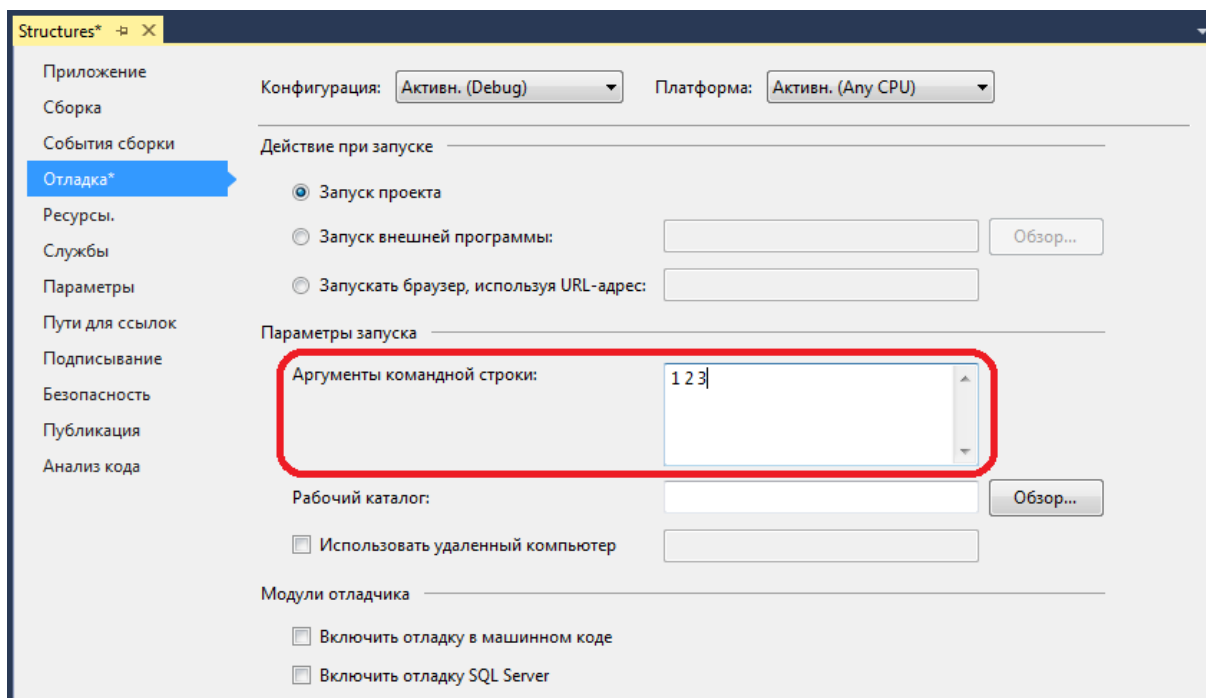


Рис. 5. Задание аргументов командной строки при отладке.

В Visual Studio в целях отладки данные параметры можно указать в свойствах проекта. Для этого нужно нажать правую кнопку мыши на названии проекта Structures, выбрать в контекстном меню пункт Свойства и установить параметры командной строки, что показано на рис. 5.

Далее в методе Main рассматриваются основные виды конструкций языка C#, которые очень похожи на соответствующие конструкции языков C++ и Java.

3.6.2 Условные операторы

Пример условного оператора if:

```
if (str == "строка1")
{
    Console.WriteLine("if: str == \"строка1\"");
}
else
{
    Console.WriteLine("if: str != \"строка1\"");
}
```

В качестве условия проверяется значение логического типа, который отсутствует в стандартном C++, но есть в Паскале, Java, C#.

Условный оператор вопрос-двоеточие выполняется аналогично тому, что в C++ и Java. До знака вопроса указывается логическое выражение. Если оно истинно, то выполняется код от вопроса до двоеточия, если ложно – код после двоеточия.

Пример оператора вопрос-двоеточие:

```
string Result = (str == "строка1" ? "Да" : "Нет");
```

Оператор switch выполняется аналогично тем, что в C++ и Java.

Пример оператора switch:

```
switch (str)
{
    case "строка1":
        Result2 = "строка1";
        break;

    case "строка2":
    case "строка3":
        Result2 = "строка2 или строка3";
        break;

    default:
        Result2 = "другая строка";
        break;
}
```

```
}
```

В круглых скобках после switch указывается проверяемое выражение, а после case – возможные варианты проверяемых значений.

Если значения после switch и case совпадают, то выполняются операторы, указанные в case до первого оператора break. Если оператор break не указан, то выполняются операторы следующей по порядку секции case, поэтому обычно каждую секцию case завершает оператор break. Если ни один оператор case не удовлетворяет условию, то выполняются операторы секции default.

3.6.3 Операторы сопоставления с образцом

Операторы сопоставления с образцом (pattern matching) – это классическая особенность языков программирования, использующих функциональный подход, таких как F#, Scala, Erlang, Haskell.

В языке C# данная возможность появилась, начиная с версии 7. Сопоставление с образцом похоже на условные операторы и поэтому построено на их основе.

Пусть дан массив объектов, который содержит строки и целые числа:

```
object[] array1 = { 1, "строка 1", 2, "строка 2", 3 };
```

Для того чтобы расширить условный оператор до оператора сопоставления с образцом в язык C# была добавлена конструкция is.

Пример сопоставления с образцом на основе условного оператора if:

```
foreach(object obj in array1)
{
    if(obj is int i1)
    {
        Console.WriteLine("Число -> " + i1.ToString());
    }
    else if (obj is string s1)
    {
        Console.WriteLine("Строка -> " + s1);
    }
}
```


В данном примере в цикле `foreach` по очереди перебираются элементы массива.

Если элемент массива соответствует целому числу «obj is int i1», то он автоматически приводится к целому типу и помещается в переменную `i1`. Далее с ним можно выполнять необходимые действия, в примере это вывод в консоль.

Если элемент массива соответствует строке «obj is string s1», то он автоматически приводится к строке и помещается в переменную `s1`.

Результаты вывода в консоль:

Число -> 1

Строка -> строка 1

Число -> 2

Строка -> строка 2

Число -> 3

Вторым вариантом сопоставления с образцом в C# является использование оператора `switch`.

Пример сопоставления с образцом на основе оператора `switch`:

```
foreach (object obj in array1)
{
    switch(obj)
    {
        case string s1:
            Console.WriteLine("Строка -> " + s1);
            break;
        case int i1 when i1 > 2:
            Console.WriteLine("Число большее 2 -> " +
i1.ToString());
            break;
        case int i1:
            Console.WriteLine("Число -> " + i1.ToString());
            break;
    }
}
```

В этом случае в каждом операторе `case` указывается проверяемый тип и переменная, в которую сохраняется результат приведения типа.

С использованием ключевого слова `when` можно задавать так называемые «охранные выражения» (`guards`), которые накладывают

дополнительные ограничения на проверку. В данном примере возможность приведения к целому типу проверяется дважды, случай $i1 > 2$ рассматривается отдельно и возникновение такого случая проверяется с помощью охранного выражения.

Результаты вывода в консоль:

Число -> 1

Строка -> строка 1

Число -> 2

Строка -> строка 2

Число больше 2 -> 3

3.6.4 Операторы цикла

Счетный цикл `for` такой же как в C++ и Java. В круглых скобках после `for` указываются три оператора – начальное присвоение значения переменной цикла; условие выхода из цикла; оператор, который выполняется при переходе к следующему шагу цикла. Операторы разделяются точкой с запятой.

Пример цикла for:

```
for (int i = 0; i < 3; i++)
    Console.Write(i);
```

В данном примере оператор вывода переменной `i` не вложен в фигурные скобки, использование скобок не является обязательным, так как это единственный оператор цикла. Если бы в цикле выполнялось несколько действий, то их необходимо было бы вложить в фигурные скобки.

В языке C# также существует форма счетного цикла, предназначенная для перебора коллекции – `foreach`. В классическом языке C++ такой цикл отсутствует (однако он появился в новых версиях). В языке Java этот цикл имеет синтаксис `for(переменная : коллекция)`.

Пример цикла foreach:

```
int[] array1 = { 1, 2, 3 };
```

```
foreach(int i2 in array1)
    Console.WriteLine(i2);
```

В данном примере `int i2` является объявлением переменной цикла, `in` отделяет переменную цикла от имени коллекции.

Следует отметить, что цикл `foreach` является одним из наиболее часто используемых видов цикла в C#. Это обусловлено тем, что в языке C# существует развитый набор коллекций, а реализация многих алгоритмов связана с перебором коллекций.

Циклы с предусловием и постусловием также очень похожи на те, что в C++ и Java.

Пример цикла с предусловием:

```
int i3 = 0;
while (i3 < 3)
{
    Console.WriteLine(i3);
    i3++;
}
```

Пример цикла с постусловием:

```
int i4 = 0;
do
{
    Console.WriteLine(i4);
    i4++;
} while (i4 < 3);
```

3.6.5 Обработка исключений

Если потребовалось бы написать на чистом языке C приложение, выполняющее критически важные действия, то оно было бы написано в следующем стиле: выполняется вызов функции, функция возвращает код возврата (код ошибки), производится анализ кода возврата с помощью оператора `switch...case`, в зависимости от кода возврата выполняются действия по обработке ошибок. Не возникает сомнений в том, что такое программирование будет очень трудоемко.

Для решения данной проблемы в современных языках программирования (C#, Java, современные версии C++) существуют конструкции обработки исключений.

В блоке `try` записываются операторы, которые могут привести к возникновению ошибок. Собственно, термин «ошибка» употреблять не совсем корректно – то что в программе на чистом языке C было критической ошибкой теперь называют «исключением», исключительной ситуацией которая может быть обработана в программе.

Если возникает ошибка (исключение) определенного вида, то она обрабатывается в блоке `catch`. Все исключения в C# – классы, унаследованные от класса `Exception`. В скобках после `catch` указывают класс исключения и переменную этого класса, из которой можно получить конкретные сведения о произошедшем исключении.

Блоков `catch` может быть несколько, каждый из них осуществляет перехват исключения определенного вида. В этом случае срабатывает только один, первый по порядку блок `catch`, поэтому последовательность обработки исключений очень важна. Необходимо, чтобы первыми располагались наиболее детальные исключения, те, которые размещаются на наиболее детальном уровне в дереве наследования от класса `Exception`. Если первым в списке поставить наиболее общий класс `Exception`, то любое исключение будет приведено к этому типу, и остальные блоки `catch` никогда не будут выполнены. Такое приведение типов является следствием полиморфизма классов в ООП – дочерний тип (класс) может быть приведен к родительскому типу (классу).

Необязательный блок `finally` располагается после блоков `catch`. Действия в блоке `finally` выполняются всегда, вне зависимости от того произошло исключение в блоке `try` или нет. Если, например, в блоке `try` происходит работа с файлами, то в блоке `finally` можно расположить

оператор закрытия файла, который будет закрыт вне зависимости от того были ошибки при работе с файлом или нет.

Пример блока обработки исключений:

```
Console.WriteLine("\n\nДеление на 0:");
try
{
    int num1 = 1;
    int num2 = 1;

    string zero = "0";
    int.TryParse(zero, out num2);

    int num3 = num1 / num2;
}
catch (DivideByZeroException e)
{
    Console.WriteLine("Попытка деления на 0");
    Console.WriteLine(e.Message);
}
catch (Exception e)
{
    Console.WriteLine("Собственное исключение");
    Console.WriteLine(e.Message);
}
finally
{
    Console.WriteLine("Это сообщение выводится в блоке finally");
}
```

В данном примере сначала обрабатывается детальное исключение деления на ноль (класс `DivideByZeroException`), а затем все остальные исключения, которые приводятся к наиболее общему классу `Exception`.

Кроме стандартных классов исключений, предусмотренных в .NET, разработчик может создавать собственные исключения, унаследованные от класса `Exception`. Однако такие исключения не будут вызываться автоматически, ведь никаких критичных действий вроде деления на ноль не происходит. Поэтому разработчик должен искусственно сгенерировать ошибку с помощью команды `throw`, причем можно генерировать и стандартные исключения, существующие в .NET.

Пример генерации исключения:

```
Console.WriteLine("\nСобственное исключение:");
```

```

try
{
    throw new Exception("!!! Новое исключение !!!");
}
catch (DivideByZeroException e)
{
    Console.WriteLine("Попытка деления на 0");
    Console.WriteLine(e.Message);
}
catch (Exception e)
{
    Console.WriteLine("Собственное исключение");
    Console.WriteLine(e.Message);
}
finally
{
    Console.WriteLine("Это сообщение выводится в блоке finally");
}

```

3.6.6 Вызов методов, передача параметров и возврат значений

Вызов методов происходит также как и в языках C++ и Java. Метод вызывается по имени, параметры передаются в круглых скобках после его имени. При объявлении метода указываются формальные параметры, при вызове в них выполняется подстановка фактических параметров, с которыми метод осуществляет работу при данном вызове.

В языке C# есть особенность, связанная с передачей параметров – ключевые слова `ref` и `out`.

Если перед параметром указывается ключевое слово `ref`, то значение передается по ссылке, то есть передается ссылка на параметр. Если параметр изменяется в методе, то эти изменения сохраняются в вызывающем методе. При этом необходимо учитывать, что все значения ссылочных типов (объекты классов) автоматически передаются по ссылке даже без указания ключевого слова `ref`, их изменения в методе автоматически сохраняются. Таким образом, ключевое слово `ref` актуально прежде всего для типов-значений. Оно является аналогом передачи

параметра по указателю в языке C++, хотя в современных вариантах C++ также используется понятие ссылки.

Если перед параметром указывается ключевое слово `out`, то значение параметра обязательно должно быть инициализировано в вызываемом методе, что проверяется на этапе компиляции. До передачи в вызываемый метод значение переменной может быть не инициализировано. Инициализированное значение параметра становится доступно в вызывающем методе.

Ключевые слова `ref` и `out` должны быть указаны и при объявлении параметров в методе, и при вызове метода. Их указание при вызове метода, очевидно, излишне для компилятора, которому достаточно информации при объявлении метода. Однако это позволяет программисту избежать ошибок, связанных с незапланированным изменением значений параметров в методе.

Пример вызова методов:

```
string RefTest = «Значение до вызова функций»;

ParamByVal(RefTest);
Console.WriteLine(«\nВызов функции ParamByVal. Значение переменной:
« + RefTest);

ParamByRef(ref RefTest);
Console.WriteLine(«Вызов функции ParamByRef. Значение переменной: «
+ RefTest);

int x = 2, x2, x3;
ParamOut(x, out x2, out x3);
Console.WriteLine(«Вызов функции ParamOut. X={0}, x^2={1}, x^3={2}»,
x, x2, x3);
```

Пример объявления методов:

```
/// <summary>
/// Передача параметра по значению
/// </summary>
static void ParamByVal(string param)
{
    param = «Это значение НЕ будет передано в вызывающую функцию»;
}
```

```

/// <summary>
/// Передача параметра по ссылке
/// </summary>
static void ParamByRef(ref string param)
{
    param = «Это значение будет передано в вызывающую функцию»;
}

/// <summary>
/// Выходные параметры объявляются с помощью out
/// </summary>
static void ParamOut(int x, out int x2, out int x3)
{
    x2 = x * x;
    x3 = x * x * x;
}

```

В версии языка C# 7 реализовано синтаксическое усовершенствование, которое позволяет объявлять out-параметры непосредственно при вызове функции. Ранее для передачи out-параметров использовался следующий синтаксис:

```

int i;
OutFunction(out i);

```

Теперь можно использовать упрощенную конструкцию:

```

OutFunction(out int i);

```

Использование упрощенной конструкции позволяет существенно сократить код при большом количестве out-параметров.

В метод может быть передано переменное количество параметров, для этого при объявлении параметра метода используется ключевое слово `params`.

Пример вызова метода с переменным количеством параметров:

```

ParamArray("Вывод параметров: ", 1, 2, 333);

```

Пример объявления метода с переменным количеством параметров:

```

/// <summary>
/// Переменное количество параметров задается с помощью params
/// </summary>
static void ParamArray(string str, params int[] ArrayParams)
{
    Console.Write(str);
    foreach (int i in ArrayParams)
        Console.Write(" {0} ", i);
}

```


Параметр с ключевым словом `params` должен быть объявлен последним в списке параметров.

Для возврата значений из методов, так же как и в языках C++ и Java, используется ключевое слово `return`. Но в языке C# также существует возможность возвращать из метода несколько значений с помощью конструкции `yield return`. В этом случае метод возвращает последовательность значений, которые могут быть обработаны в вызывающем методе.

Пример вызова метода с использованием `yield return`:

```
Console.WriteLine("\nИспользование yield: ");
foreach (string st in YieldExample())
    Console.WriteLine(st);
```

Пример объявления метода с использованием `yield return`:

```
/// <summary>
/// Значения, возвращаемые с помощью yield воспринимаются как
/// значения массива
/// их можно перебирать с помощью foreach
/// </summary>
static IEnumerable YieldExample()
{
    yield return "1 ";
    yield return "2 ";
    yield return "333";
}
```

Следует отметить, что конструкцию `yield return` применяют сравнительно редко, так как существует возможность вернуть из метода коллекцию.

3.7 XML-комментарии

При объявлении классов, методов и других структур возможно задать комментарии к ним в виде XML-тэгов.

Такие комментарии сохраняются в откомпилированной сборке и используются Visual Studio для работы технологии дополнения кода IntelliSense.

Пример метода с XML-комментариями:

```

/// <summary>
/// Метод сложения двух целых чисел
/// </summary>
/// <param name="p1">Первое число</param>
/// <param name="p2">Второе число</param>
/// <returns>Результат сложения</returns>
static int Sum(int p1, int p2)
{
    return p1 + p2;
}

```

Перед XML-комментарием ставится три прямых слеша, далее указывается соответствующий тэг XML. Существует довольно большое количество XML-тэгов комментариев, но наиболее часто используются три из них:

- summary – краткое описание;
- param – описание входного параметра;
- returns – описание возвращаемого значения.

При работе в Visual Studio не нужно вводить полную структуру XML-комментариев. Чтобы добавить блок XML-комментариев, необходимо установить курсор на строку кода перед объявлением функции (класса и т.д.) и три раза набрать прямой слеш «/». После этого автоматически добавляется заголовок XML-комментария. Visual Studio автоматически определяет, для какой структуры добавляется XML-комментарий, и генерирует набор тэгов, подходящих для данного случая.

Пример автоматически сгенерированных XML-комментариев для метода:

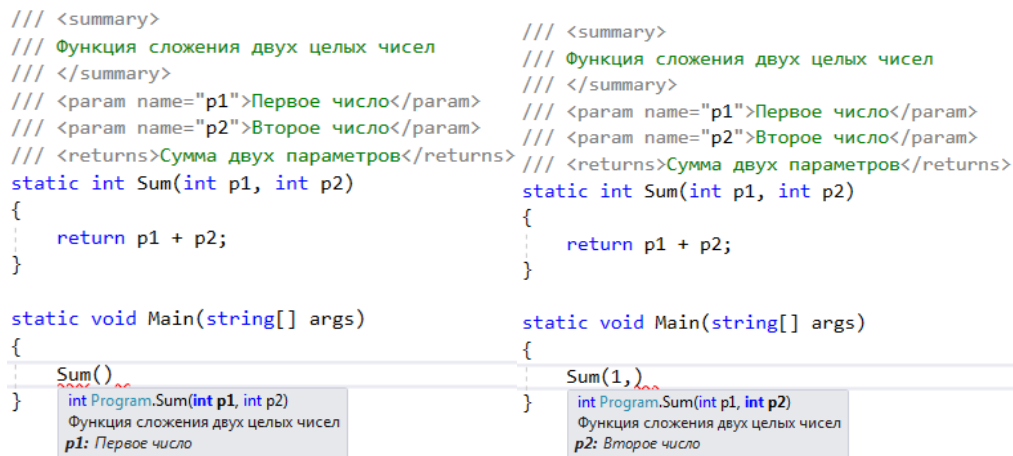
```

/// <summary>
///
/// </summary>
/// <param name="p1"></param>
/// <param name="p2"></param>
/// <returns></returns>
static int Sum(int p1, int p2)
{
    return p1 + p2;
}

```

Информация о наборе параметров при генерации комментария формируется автоматически, однако в случае изменения параметров после

добавления XML-комментария невозможна повторная генерация комментария, информация о новых параметрах должна быть добавлена в XML-комментарий вручную.



```

/// <summary>
/// Функция сложения двух целых чисел
/// </summary>
/// <param name="p1">Первое число</param>
/// <param name="p2">Второе число</param>
/// <returns>Сумма двух параметров</returns>
static int Sum(int p1, int p2)
{
    return p1 + p2;
}

static void Main(string[] args)
{
    Sum()
    int Program.Sum(int p1, int p2)
    Функция сложения двух целых чисел
    p1: Первое число
}

```

Рис. 6. Использование XML-комментариев при вызове функции Sum.

При вызове функции Sum на основе XML-комментариев будет автоматически сгенерирована подсказка, которая выводится с помощью IntelliSense (рис. 6).

Использование механизма XML-комментариев позволяет разработчику создавать хорошо документируемый код, при этом документация автоматически используется механизмом IntelliSense при вызове кода. Поэтому использование XML-комментариев чрезвычайно желательно при разработке проектов.

3.8 Директивы препроцессора

В языке C# как и в C++ существуют директивы препроцессора, однако они применяются существенно реже чем в C++.

В языке C# можно использовать директивы #define и #undef для определения и удаления символа, #if, #elif, #else, #endif – для организации условий, #warning и #error – для организации выдачи предупреждений и ошибок во время компиляции.

Примеры использования перечисленных директив:

```
#define debug
```

```

#if debug
#warning "Это предупреждение выдается в режиме debug"

#elif release
#error "Эта ошибка выдается в режиме release"

#else
#error "Должны быть включены debug или release"

#endif

#undef debug

```

Директивы `#region` и `#endregion` задают блок кода, который в Visual Studio может быть свернут или развернут.

Пример использования директив `#region` и `#endregion`:

```

#region Блок кода

    int int1 = 10;

#endregion

```

Результат работы директивы `region` в развернутом и свернутом виде показан на рис. 7.

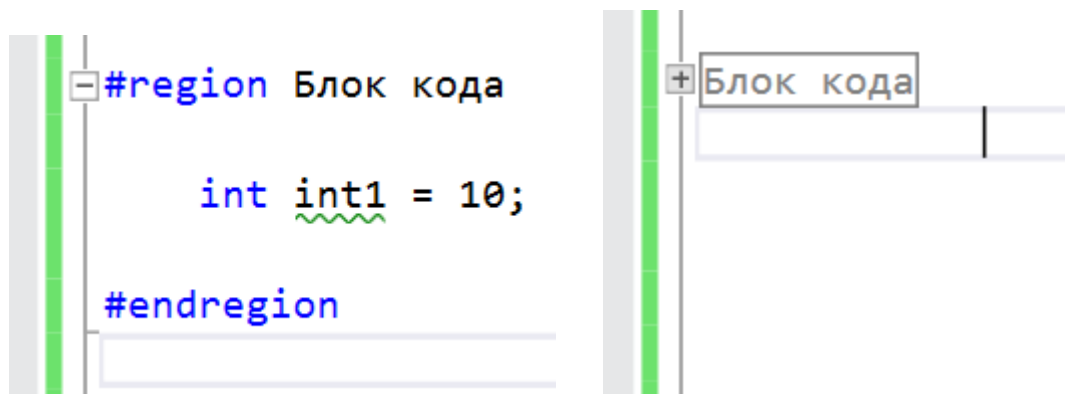


Рис. 7. Результат работы директивы `region` в развернутом и свернутом виде.

3.9 Консольный ввод-вывод с преобразованием типов данных

В качестве обобщающего примера приведен **пример 2** программы, реализующей консольный ввод-вывод с преобразованием типов данных. В нем содержатся управляющие конструкции языка C# (условные

операторы, обработка исключений, вызов методов), а также преобразование типов данных при консольном вводе-выводе. Кроме того, в примере 2 содержатся подробные комментарии.

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

namespace ConsoleInputOutput
{
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            double d;

            Console.Write("Введите число: ");
            string str = Console.ReadLine();

            //Преобразование строки в число - вариант 1
            Console.WriteLine("Преобразование строки в число 1");
            bool ConvertResult = double.TryParse(str, out d);
            if (ConvertResult)
            {
                Console.WriteLine("Вы ввели число " + d.ToString("F5"));
            }
            else
            {
                Console.WriteLine("Вы ввели не число");
            }

            //Преобразование строки в число - вариант 2
            Console.WriteLine("Преобразование строки в число 2");
            try
            {
                d = double.Parse(str);
                Console.WriteLine("Вы ввели число " + d.ToString("F5"));
            }
            catch (Exception e)
            {
                Console.WriteLine("Вы ввели не число: " + e.Message);
                Console.WriteLine("\nПодробное описание ошибки: " + e.StackTrace);
            }

            //Преобразование строки в число - вариант 3
            Console.WriteLine("Преобразование строки в число 3");
            try
            {
                d = Convert.ToDouble(str);
                Console.WriteLine("Вы ввели число " + d.ToString("F5"));
            }
            catch (Exception e)
            {
                Console.WriteLine("Вы ввели не число: " + e.Message);
                Console.WriteLine("\nПодробное описание ошибки: " + e.StackTrace);
            }
        }
    }
}
```

```

//Вывод параметров командной строки
CommandLineArgs(args);

double a = ReadDouble("Введите коэффициент: ");
Console.WriteLine("Вы ввели коэффициент = " + a);

Console.ReadLine();
}

/// <summary>
/// Вывод параметров командной строки
/// </summary>
static void CommandLineArgs(string[] args)
{
    //Вывод параметров командной строки - вариант 1
    Console.WriteLine("\nВывод параметров командной строки 1:");
    for (int i = 0; i < args.Length; i++)
    {
        Console.WriteLine("Параметр [{0}] = {1}", i, args[i]);
    }

    //Вывод параметров командной строки - вариант 2
    Console.WriteLine("\nВывод параметров командной строки 2:");
    int i2 = 0;
    foreach (string param in args)
    {
        Console.WriteLine("Параметр [{0:F5}] = {1}", i2, param);
        i2++;
    }
}

/// <summary>
/// Ввод вещественного числа с проверкой корректности ввода
/// </summary>
/// <param name="message">Подсказка при вводе</param>
static double ReadDouble(string message)
{
    string resultString;
    double resultDouble;
    bool flag;

    do
    {
        Console.Write(message);
        resultString = Console.ReadLine();

        //Первый способ преобразования строки в число
        flag = double.TryParse(resultString, out resultDouble);

        //Второй способ преобразования строки в число
        /*
        try
        {
            resultDouble = double.Parse(resultString);
            //resultDouble = Convert.ToDouble(resultString);
            flag = true;
        }
        catch
        {
            //Необходимо присвоить значение по умолчанию

```

```

        resultDouble = 0;
        flag = false;
    }
    */

    if (!flag)
    {
        Console.WriteLine("Необходимо ввести вещественное число");
    }
    while (!flag);
    return resultDouble;
}
}
}

```

В этом примере следует обратить внимание на функцию ReadDouble, осуществляющую ввод строки с клавиатуры. Также она пытается преобразовать строку в вещественное число. Если это невозможно, то строка вводится повторно до тех пор, пока преобразование строки в число не пройдет успешно.

3.10 Контрольные вопросы к разделу 3

1. Что такое CTS?
2. Что такое типы-значения?
3. Что такое ссылочные типы?
4. Какие целочисленные типы данных существуют в языке C#?
5. Какие типы данных с плавающей точкой есть в языке C#?
6. Какие символьные и строковые типы данных существуют в языке C#?
7. Что такое тип object?
8. Какими способами можно преобразовать значение строкового типа в значение числового типа?
9. Как объявляются одномерные массивы в языке C#?
10. Как объявляются прямоугольные и зубчатые многомерные массивы в языке C#? В чем разница между ними?

11. Какие средства консольного ввода-вывода существуют в языке C#?
12. Как работает форматированный вывод в консоль?
13. Что такое пространства имен и сборки, как они соотносятся друг с другом?
14. Как задаются и обрабатываются аргументы командной строки в консольном приложении?
15. Какие условные операторы существуют в языке C#?
16. Как реализованы операторы сопоставления с образцом в языке C#?
17. Какие операторы цикла существуют в языке C#?
18. Как работает цикл foreach?
19. Как работает механизм обработки исключений в языке C#?
20. В чем особенность порядка расположения блоков catch в операторе обработки исключений?
21. Как работают ref-параметры в языке C#?
22. Как работают out-параметры в языке C#?
23. Как передать в метод переменное количество параметров?
24. В чем разница между операторами return и yield return?
25. Как применяются XML-комментарии в языке C#?
26. Как используются директивы препроцессора в языке C#?

4 Основы объектно-ориентированного программирования в C#

Если языки C++ и Java довольно схожи в плане синтаксиса основных конструкций, то в плане объектно-ориентированного программирования (ООП) они довольно сильно различаются.

Подход к ООП в языке C# в целом намного ближе к Java чем к C++. Как и в Java в языке C# нет множественного наследования классов, оно реализуется с помощью интерфейсов.

Разберем основы ООП в языке C# на основе фрагментов **примера 3**, которые рассматриваются далее в этом разделе.

4.1 Объявление класса и его элементов

Классы в языке C# объявляются с использованием ключевого слова class.

Рассмотрим более детально базовый класс примера – BaseClass:

```

/// <summary>
/// Базовый класс
/// </summary>
class BaseClass
{
    private int i;

    //Конструктор
    public BaseClass(int param) { this.i = param; }
    //Методы с различными сигнатурами
    public int MethodReturn(int a) { return i; }
    public string MethodReturn(string a) { return i.ToString(); }

    //Свойство
    //private-значение, которое хранит данные для свойства
    private int _property1 = 0;
    //объявление свойства
    public int property1
    {
        //возвращаемое значение
        get { return _property1; }
        //установка значения, value - ключевое слово
        set { _property1 = value; }
        //private set { _property1 = value; }
    }

    /// <summary>
    /// Вычисляемое свойство
    /// </summary>
    public int property1mul2
    {
        get { return property1 * 2; }
    }
}

```

```
//Автоматически реализуемые свойства
//поддерживающая переменная создается автоматически
public string property2 { get; set; }
public float property3 { get; private set; }
}
```

4.1.1 Объявление конструктора

Класс содержит конструктор:

```
public BaseClass(int param) { this.i = param; }
```

Имя конструктора совпадает с именем класса. Конструктор принимает один параметр и присваивает его переменной класса, доступ к которой выполняется с помощью ключевого слова `this`. Если конструктор не определен в классе явно, то считается, что у него есть пустой конструктор без параметров.

4.1.2 Объявление методов

Также класс содержит методы с одинаковыми именами, но различными сигнатурами, что допустимо в языке C#:

```
public int MethodReturn(int a) { return i; }
public string MethodReturn(string a) { return i.ToString(); }
```

Как и в Java, в языке C# модификаторы видимости указываются перед каждым элементом класса, в языке C++ они задаются в виде секций с двоеточием, например «public:».

В языке C# используются следующие модификаторы видимости:

- `public` – элемент виден и в классе и снаружи класса;
- `private` – элемент виден только в классе;
- `protected` – элемент виден только в классе и наследуемых классах;
- `internal` – элемент виден в текущей сборке;
- `protected internal` – элемент виден в наследуемых классах текущей сборки.

4.1.3 Объявление свойств

Важное понятие языка C# – свойства. Оно отсутствует в языках C++ и Java в явном виде, вернее реализуется в этих языках с помощью данных и методов.

Если бы в языке C# не было свойств, также как и в C++ и Java, то можно было бы написать следующий код:

```
//объявление переменной
private int i;
//метод чтения
public int get_i() { return this.i; }
//метод записи
public void set_i(int value) { this.i = value; }
```

Смысл этого кода вполне понятен – к закрытой переменной можно обратиться на чтение и запись с помощью открытых методов. Но в языке C# для реализации такой задачи существует специальный вид конструкции – свойство.

Пример объявления простого свойства:

```
//private-значение, которое хранит данные для свойства
private int _property1 = 0;

//объявление свойства
public int property1
{
    //возвращаемое значение
    get { return _property1; }
    //установка значения, value - ключевое слово
    set { _property1 = value; }
}
```

Переменная `_property1` является закрытой (private) и содержит данные для свойства. Такую переменную принято называть опорной переменной свойства. Как правило, опорные переменные всегда имеют область видимости private или protected, чтобы к ним не было внешнего доступа. Для опорных переменных принято следующее соглашение по наименованию – опорная переменная имеет то же имя что и свойство, но перед ним ставится подчеркивание «`_`».

Далее следует объявление свойства «public int property1». Внешне оно очень похоже на объявление переменной, но после него ставятся фигурные скобки и указываются секции `get` и `set`, которые принято называть аксессорами (accessors), поскольку они обеспечивают доступ к свойству.

Get-аксессор (аксессор чтения) – метод, который вызывается при чтении значения свойства. Как правило, он содержит конструкцию `return`, возвращающую значение опорной переменной. Конечно, в `get`-аксессоре может выполняться и более сложный код.

Тип возвращаемого значения `get`-аксессора, который не задается в коде в явном виде, совпадает с типом свойства.

Set-аксессор (аксессор записи) является методом, который вызывается при присвоении значения свойству. Как правило, он содержит оператор присваивания значения опорной переменной «`_property1 = value`». В этом случае ключевое слово `value` обозначает то выражение, которое стоит в правой части от оператора присваивания.

Тип возвращаемого значения `set`-аксессора, который не задается в коде в явном виде, это тип `void`.

Объявленное свойство ведет себя как переменная, которой можно присвоить или прочесть значение.

Пример использования свойства:

```
//Создание объекта класса для работы со свойством
BaseClass bc = new BaseClass(333);
//Присвоение значения свойству (обращение к set-аксессору)
bc.property1 = 334;
//Чтение значения свойства (обращение к get-аксессору)
int temp = bc.property1;
```

Таким образом, свойство «кажется» обычной переменной, которой можно присвоить или прочесть значение. Однако при этом происходит обращение к соответствующим аксессорам свойства.

Области видимости аксессоров по умолчанию совпадают с областью видимости свойства, как правило, используется область видимости `public`.

Однако для каждого аксессуора можно указать свою область видимости, например:

```
public int property1
{
    get { return _property1; }
    private set { _property1 = value; }
}
```

В этом случае область видимости аксессуора чтения совпадает с областью видимости свойства (public), а область видимости аксессуора записи ограничена текущим классом (private). То есть прочитать значение такого свойства можно из любого места программы, а присвоить – только в текущем классе.

Рассмотренный код аксессуаров используется очень часто. Чтобы облегчить написание кода, в языке C# для таких «стандартных» свойств принята упрощенная форма синтаксиса, называемая автоопределяемым свойством:

```
public string property2 { get; set; }
```

Такая упрощенная форма синтаксиса эквивалентна следующему описанию:

```
private string _property2;

public string property2
{
    get { return _property2; }
    set { _property2 = value; }
}
```

В автоопределяемом свойстве опорная переменная «_property2» в исходном коде явно не задается, а автоматически генерируется на этапе компиляции и позволяет хранить значение свойства на этапе выполнения программы.

Для аксессуаров как автоопределяемого свойства, так и обычного свойства, можно явно указывать собственные области видимости:

```
public float property3 { get; private set; }
```

Свойство может содержать только один из аксессоров. Например, можно создавать вычисляемые свойства, которые используются для вычисления значений и базируются на опорных переменных других свойств:

```
/// <summary>
/// Вычисляемое свойство
/// </summary>
public int property1mul2
{
    get { return property1 * 2; }
}
```

Вычисляемые свойства, как правило, содержат только аксессоры чтения. Следует отметить, что для данного свойства также задан XML-комментарий.

Для программистов, работающих на C++ или Java, может быть не совсем понятно, почему в языке C# свойствам придается такое важное значение. В языке C# в классах вообще не принято использовать public переменные, вместо них употребляются автоопределяемые свойства.

Свойства позволяют придавать программам на языке C# дополнительную гибкость, особенно при модификации кода. Например, если изменились правила вычисления какой-либо переменной (допустим, нужно возвращать значение переменной, умноженной на 2), то можно модифицировать get-аксессор не внося изменений в вызывающий код. Если же при присвоении переменной нужно производить дополнительный контроль (допустим, целочисленной переменной можно присваивать значения только от 1 до 1000), его можно поместить в set-аксессор (если условие не выполняется, то генерируется исключение) не внося изменений в вызывающий код.

Поэтому в языке C# принято объявлять public-переменные класса как автоопределяемые свойства, а при необходимости свойство может быть переписано в полной форме с расширением кода аксессоров.

В версии C# 6 появились новые возможности работы со свойствами.

При объявлении свойства возможна его непосредственная инициализация:

```
public string String1 { get; set; } = "строка 1";
```

Возможно объявление автоопределяемых свойств, предназначенных только для чтения. Такие свойства могут быть инициализированы в конструкторе класса или непосредственно при объявлении свойства.

```
public int Int1 { get; } = 333;
public int Int2 { get; }
```

```
/// <summary>
/// Конструктор класса
/// </summary>
public PropertyExample()
{
    this.Int2 = 45;
}
```

Попытка изменить такое свойство, например, в методе класса приводит к ошибке:

```
public void Method1()
{
    //Ошибка
    this.Int1 = 123;
}
```

Компилятор выдает следующий текст ошибки: *«Невозможно присвоить значение свойству или индексактору "PropertyExample.Int1" — доступ только для чтения»*.

4.1.4 Объявление деструкторов

Классы C# могут содержать деструкторы, которые объявляются аналогично деструкторам в языке C++.

Пример объявления деструктора:

```
~BaseClass()
{
    Console.WriteLine("\nДеструктор класса BaseClass");
}
```

Однако на практике деструкторы используются редко, потому что основной задачей деструкторов в языке C++ является очистка памяти. А в

среде .NET очистка памяти выполняется автоматически с помощью сборщика мусора, поэтому надобность в деструкторах практически отпадает.

4.1.5 Объявление статических элементов класса

Элемент класса в языке C# может быть объявлен как статический с помощью ключевого слова `static`. Это означает, что данный элемент (поле данных, свойство, метод) принадлежит не объекту класса, а классу в целом, и для работы с такими элементами не нужно создавать объект класса.

Вызов статического метода выполняется в формате «Имя_класса.имя_метода(параметры)». Таким образом, для вызова как статических, так и нестатических методов используется символ «.». Но в случае статического метода перед символом «.» ставится имя класса, а в случае нестатического метода перед символом «.» ставится имя объекта. Аналогично создаются и вызываются статические методы в Java, а в языке C++ вместо точки используется символ удвоенного двоеточия «::».

В языке C# весь класс может быть объявлен как статический. В этом случае ключевое слово `static` указывается перед именем класса, а все элементы класса должны быть статическими.

4.1.6 Конструкция «using static»

В версии C# 6 появилась новая разновидность конструкции `using` – `using static`, которая позволяет импортировать все методы из статического класса.

До появления этой конструкции для вычисления квадратного корня необходимо было написать следующий код:

```
using System;

namespace UsingExample
{
```



```

class Program
{
    static void Main(string[] args)
    {
        double number = 4.0;
        double root = Math.Sqrt(number);
    }
}

```

Класс Math объявлен в пространстве имен System, которое подключается с помощью директивы using. С использованием конструкции Math.Sqrt мы обращаемся к методу Sqrt статического класса Math.

В версии C# 6 возможно использование следующей конструкции:

```

using static System.Math;

namespace UsingExample
{
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            double number = 4.0;
            double root = Sqrt(number);
        }
    }
}

```

В этом случае в конструкции using указывается, что мы импортируем все методы из статического класса Math. Поэтому к функции Sqrt мы обращаемся так, как будто она объявлена локально в текущем классе. Использовать префикс с именем класса перед функцией для вызова функции не нужно.

4.2 Наследование класса от класса

В языке C# наследовать класс можно только от одного класса. В данном примере класс ExtendedClass1 наследуется от класса BaseClass:

```

/// <summary>
/// Наследуемый класс 1
/// </summary>
class ExtendedClass1 : BaseClass

```

```

{
    private int i2;
    private int i3;

    //Конструкторы
    //base(pi) - вызов конструктора базового класса
    public ExtendedClass1(int pi, int pi2) : base(pi) { i2 = pi2; }

    //this(pi, pi2) - вызов другого конструктора этого класса
    public ExtendedClass1(int pi, int pi2, int pi3) : this(pi, pi2)
    { i3 = pi3; }

    /// <summary>
    /// Метод виртуальный, так как он объявлен в самом базовом классе
    /// object
    /// поэтому чтобы его переопределить добавлено ключевое слово
    /// override
    /// </summary>
    public override string ToString()
    {
        return "i=" + MethodReturn("1")
            + " i2=" + i2.ToString() + " i3=" + i3.ToString();
    }
}

```

Синтаксис наследования в языке C# аналогичен синтаксису языка C++. Для обозначения наследования используется символ двоеточия при объявлении класса, а затем указывается имя базового класса «class ExtendedClass1 : BaseClass».

4.2.1 Вызов конструкторов из конструкторов

При наследовании может возникнуть проблема, связанная с доступом к private полям базового класса, и в первую очередь она может появиться в конструкторе. Наследуемый класс имеет доступ к protected полям базового класса, но не имеет доступа к private полям. Инициализация private полей может быть реализована с помощью вызова конструктора базового класса:

```

public ExtendedClass1(int pi, int pi2) : base(pi)
{
    i2 = pi2;
}

```

Ключевое слово base обозначает вызов конструктора базового класса. В качестве параметров в круглых скобках указываются параметры,

передаваемые в конструктор базового класса. После вызова конструктора базового класса (инициализация `private` полей базового класса) выполняются действия указанные в фигурных скобках в теле текущего конструктора.

Аналогично может быть вызван другой конструктор текущего класса, но в этом случае вместо ключевого слова `base` используется ключевое слово `this`.

Пример использования ключевого слова `this`:

```
public ExtendedClass1(int pi, int pi2, int pi3) : this(pi, pi2)
{
    i3 = pi3;
}
```

В этом случае посредством ключевого слова `this` вызывается рассмотренный ранее конструктор класса с двумя параметрами «`public ExtendedClass1(int pi, int pi2)`», затем выполняются действия указанные в фигурных скобках в теле текущего конструктора.

4.2.2 Виртуальные методы

Пример переопределения виртуального метода `ToString`:

```
public override string ToString()
{
    return "i=" + MethodReturn("1")
        + " i2=" + i2.ToString() + " i3=" + i3.ToString();
}
```

Метод `ToString` объявлен в классе `Object`, который является базовым в иерархии классов `C#`.

Подход к виртуальным методам в языках `Java` и `C#` существенно различается.

В `Java` все нестатические метода класса – виртуальные. Разработчики языка `C#` полагают, что это приводит к снижению производительности, так как адрес для выполнения виртуального метода должен динамически вычисляться на этапе выполнения.

Поэтому в языке C# виртуальные методы должны быть явно объявлены с помощью ключевых слов `virtual` или `abstract` (абстрактные методы – аналог чистых виртуальных методов в C++). Детали объявления абстрактных методов будут рассмотрены ниже.

Для переопределения виртуального метода необходимо использовать ключевое слово `override`. Очевидно, что его применение избыточно, ведь компилятор и так «знает» что в базовом классе объявлен виртуальный метод с таким именем.

Здесь, как и в случае передачи параметров `ref` и `out` используется синтаксис языка C#, «дисциплинирующий» разработчика. Разработчик должен явно указать, что он «понимает» что реализует данный метод как виртуальный.

Если пропустить объявление ключевого слова «`override`», то компилятор выдает не ошибку, а предупреждение, приведенное на рис 8.

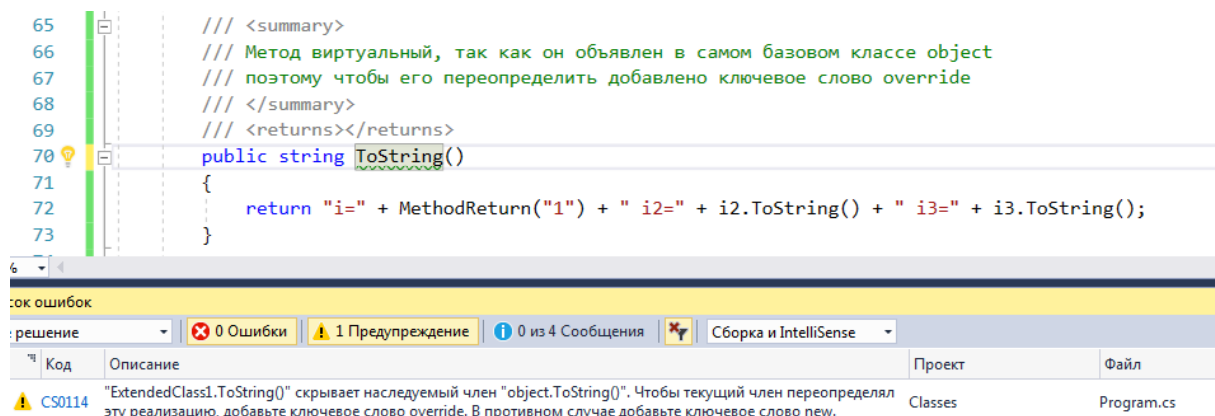


Рис. 8. Предупреждение в случае отсутствия ключевого слова «`override`».

Текст предупреждения: «*"Classes.ExtendedClass1.ToString()" скрывает наследуемый член "object.ToString()". Чтобы текущий член переопределял эту реализацию, добавьте ключевое слово `override`. В противном случае добавьте ключевое слово `new`.*».

Таким образом, компилятор требует, чтобы программист явно указал ключевое слово `override`, если он считает, что данный метод следует использовать как виртуальный. Если программист хочет показать что

данный метод не должен применяться как виртуальный, но имеет имя, совпадающее с именем виртуального метода, то он должен указать ключевое слово `new`.

Принято считать, что при использовании ключевого слова `new` происходит «сокрытие» виртуального метода. В этом случае код будет выглядеть так:

```
public new string ToString()
{
    return "i=" + MethodReturn("1")
        + " i2=" + i2.ToString() + " i3=" + i3.ToString();
}
```

В теле метода формируется текстовая строка, которая возвращается с помощью оператора `return`. Для конкатенации фрагментов строки используется оператор «+». Метод `MethodReturn`, возвращающий строковое значение, унаследован из базового класса. Выражение «`i2.ToString()`» возвращает строковое представление целочисленной переменной `i2`.

4.3 Абстрактные классы и методы

В языке C# как и в языках C++ и Java можно объявлять абстрактные классы.

Следует напомнить, что абстрактным считается класс, который содержит хотя бы один виртуальный метод без реализации, такой метод должен быть переопределен в наследуемом классе. Абстрактные классы используются в цепочке наследования, но создавать объекты абстрактных классов нельзя.

В языке C++ абстрактным считается класс, содержащий хотя бы одну чистую виртуальную функцию. Это такая функция, которой присваивается значение 0, пример: «`virtual void Function1() = 0;`». Никаких специальных объявлений на уровне класса при этом не делается.

В языках Java и в C# чистые виртуальные методы называются абстрактными, перед их объявлением указывается ключевое слово `abstract`. Если хотя бы один из методов объявлен абстрактным, то весь класс должен быть объявлен как абстрактный, поэтому ключевое слово `abstract` также должно быть указано при объявлении класса.

Пример класса геометрической фигуры:

```

/// <summary>
/// Класс геометрической фигуры
/// </summary>
abstract class Figure
{
    /// <summary>
    /// Тип фигуры
    /// </summary>
    public string Type { get; set; }

    /// <summary>
    /// Вычисление площади
    /// </summary>
    public abstract double Area();

    /// <summary>
    /// Приведение к строке, переопределение метода Object
    /// </summary>
    public override string ToString()
    {
        return this.Type + " площадью " + this.Area().ToString();
    }
}

```

Класс содержит абстрактный метод вычисления площади:

```
public abstract double Area();
```

Объявление метода как абстрактного автоматически делает его виртуальным, поэтому в наследуемом классе абстрактный метод должен переопределяться с ключевым словом `override`.

Поскольку класс `Figure` содержит хотя бы один абстрактный метод, то весь класс также объявлен как абстрактный.

В случае наследования от абстрактных классов Visual Studio позволяет автоматически генерировать заглушки для абстрактных методов. Создадим класс прямоугольник, наследуемый от фигуры. В этом случае

при нажатии правой кнопки мыши на имени базового класса в контекстном меню появляется пункт автоматической реализации абстрактного класса (рис 9).

Если выбрать данный пункт меню, то будет сгенерирован следующий код:

```
class Rectangle2 : Figure
{
    public override double Area()
    {
        throw new NotImplementedException();
    }
}
```

В наследуемый класс добавлена «заглушка» метода. Метод правильно объявлен, но вместо реализации генерируется исключение NotImplementedException.

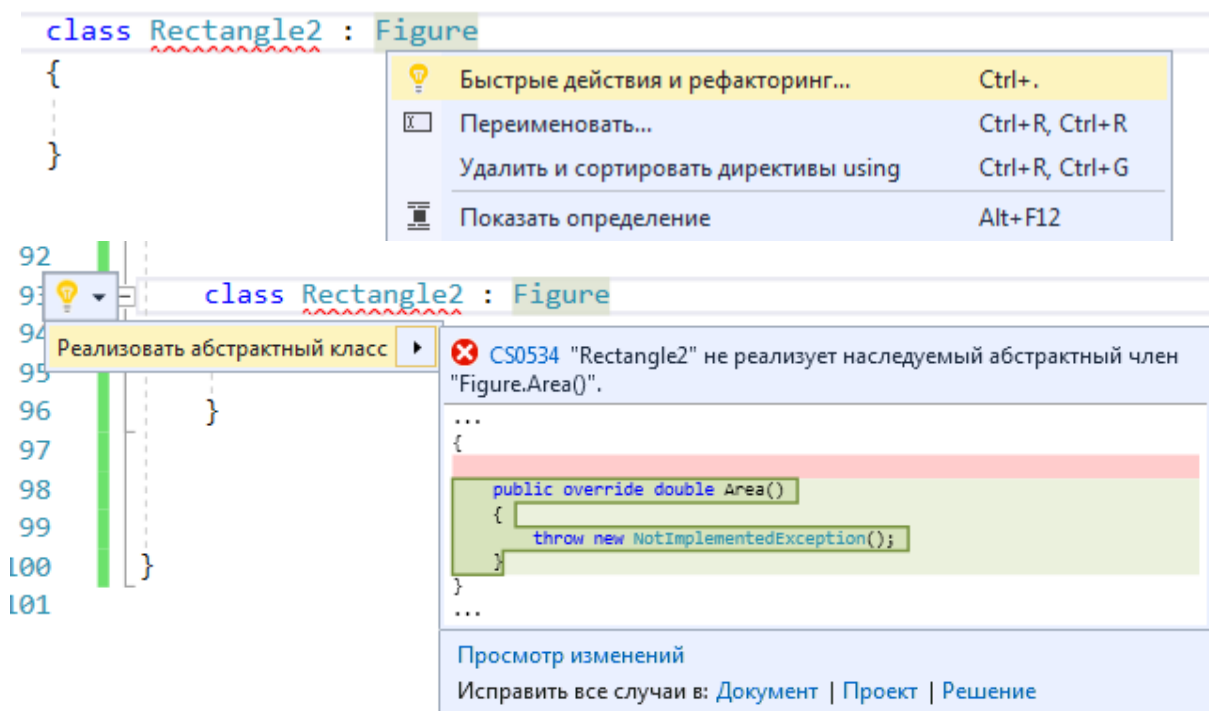


Рис. 9. Реализация абстрактного класса.

4.4 Интерфейсы

Абстрактный класс может содержать как абстрактные, так и обычные методы. Обычные методы содержат реализацию в виде кода языка С# и могут быть вызваны в наследуемом классе.

Интерфейс является «предельным случаем» абстрактного класса и не содержит реализации.

Интерфейс может содержать только объявления методов и свойств без указания области видимости.

В языке С# допустимо наследование от нескольких интерфейсов, но только от одного класса.

Наследование от нескольких классов может порождать ряд проблем, из которых наиболее известной является проблема «ромбовидного наследования». На рис 10 приведена диаграмма наследования, представляющая собой ромб. В этом случае классы В и С наследуются от класса А. Класс D наследуется от классов В и С.

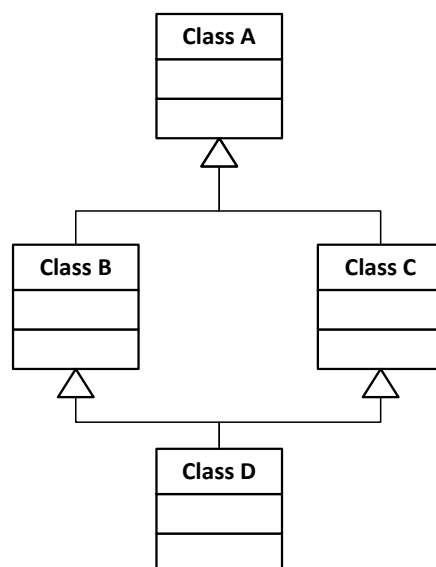


Рис. 10. Пример ромбовидного наследования.

При этом возникает вопрос о том, что делать с полями класса А. Они дублируются при наследовании в классах В и С и могут изменяться различным образом. Класс D может получить доступ к полям класса А, но

к какой же копии полей при этом он получит доступ – к копии класса В или класса С?

Чтобы избежать подобных проблем в языках Java и С# используется наследование только от одного класса. Почему же при этом возможно наследование от нескольких интерфейсов?

Наследование от интерфейсов отличается от наследования классов. При наследовании классов класс-наследник получает все реализованные методы от базового класса. При наследовании от интерфейсов класс-наследник обязуется реализовать методы, объявленные в интерфейсе. Поэтому в некоторых объектно-ориентированных языках программирования интерфейсы называют контрактами, а класс-наследник обязуется выполнить контракт по реализации нужной функциональности.

Также в некоторых объектно-ориентированных языках программирования интерфейсы называют примесями. Предполагается, что при наследовании есть основная функциональность, наследуемая от базового класса и вспомогательная функциональность, наследуемая от примесей.

При проектировании больших программных систем интерфейсам отводится несколько иная роль. В этом случае они рассматриваются не просто как средство нижнего уровня для устранения ромбовидного наследования, но как высокоуровневое средство, позволяющее независимо проектировать отдельные подсистемы. Производится декомпозиция системы на подсистемы, а интерфейсы определяют контракты взаимодействия между различными подсистемами, после чего проектирование подсистем может проводиться независимо.

Пример объявления интерфейса:

```
interface I1
{
    string I1_method();
}
```

В интерфейсе I1 объявлен метод I1_method, который не принимает параметров и возвращает строковое значение.

Данный метод можно рассматривать как аналог абстрактного метода.

Область видимости методов в интерфейсе не указывается, она определяется в наследуемом классе, реализующем методы.

Имена интерфейсов в языке C# принято начинать с большой латинской буквы I (сокращение от Interface), что позволяет в цепочке наследования отличать имена интерфейсов от имен классов.

Интерфейсы могут наследоваться от интерфейсов.

Пример наследования интерфейса от интерфейса:

```
interface I2 : I1
{
    string I2_method();
}
```

В этом случае интерфейс I2 содержит объявление метода I2_method а также объявление метода I1_method, унаследованного от интерфейса I1.

4.5 Наследование классов от интерфейсов

Рассмотрим пример класса, который наследуется как от класса, так и от интерфейсов.

```
class ExtendedClass2 : ExtendedClass1, I1, I2
{
    //В конструкторе вызывается конструктор базового класса
    public ExtendedClass2(int pi, int pi2, int pi3)
        : base(pi, pi2, pi3) {}

    //Реализация методов, объявленных в интерфейсах
    public string I1_method() { return ToString(); }
    public string I2_method() { return ToString(); }
}
```

В языке C# по аналогии с языком C++ для наследования как от классов так и от интерфейсов используется двоеточие. Базовый класс и интерфейсы перечисляются через запятую. В Java для наследования от классов используется ключевое слово extends, а для наследования от

интерфейсов ключевое слово `implements`. Аналогичный код на Java выглядел бы следующим образом «`class ExtendedClass2 extends ExtendedClass1 implements I1, I2`».

Обратите внимание, что для объявления методов, унаследованных от интерфейса, не используется ключевое слово `override`. Методы, унаследованные от интерфейса, не виртуальные, они как бы собственные методы класса.

Как и в случае наследования от абстрактных классов Visual Studio позволяет автоматически генерировать заглушки для методов интерфейсов. Создадим класс `ClassForI1`, наследуемый от интерфейса `I1`. В этом случае при нажатии правой кнопки мыши на имени интерфейса в контекстном меню появляется пункт автоматической реализации интерфейса (рис 11).

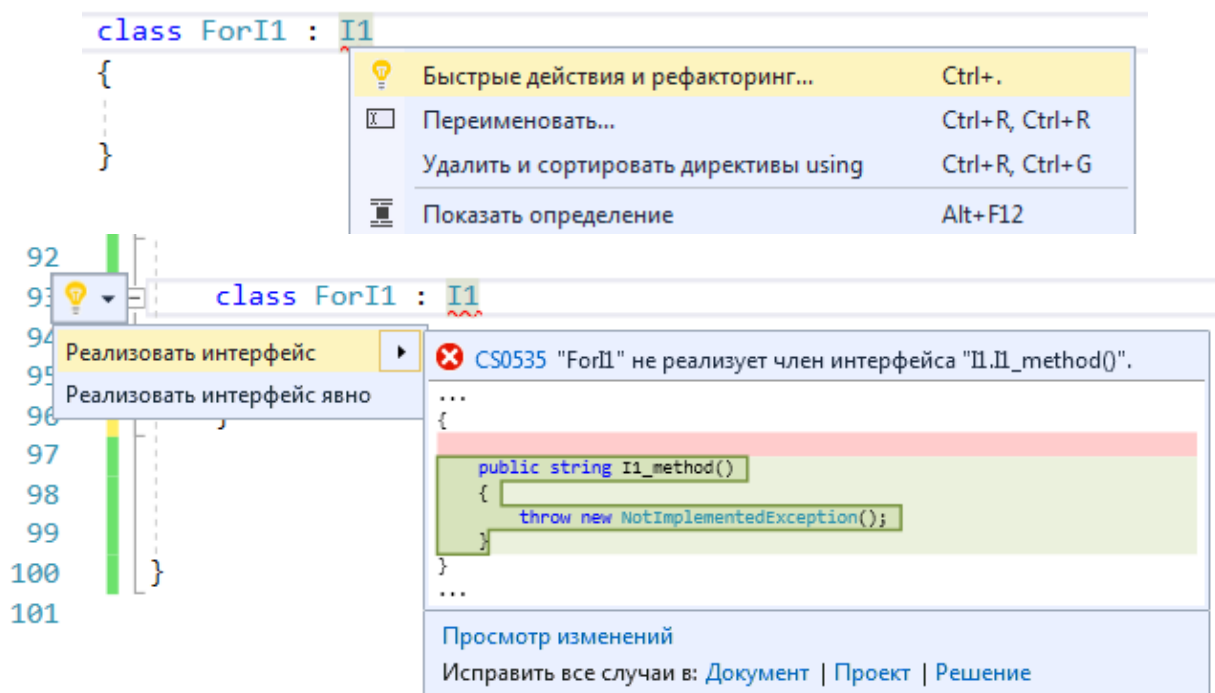


Рис. 11. Реализация интерфейса.

Отличие от абстрактного класса состоит в том, что в случае наследования от интерфейса подменю содержит два пункта «реализовать интерфейс» и «реализовать интерфейс явно». В случае выбора обоих

пунктов будет сгенерирован следующий код, комментарий перед методом соответствует пункту меню:

```
class ClassForI1 : I1
{
    // реализовать интерфейс
    public string I1_method()
    {
        throw new NotImplementedException();
    }

    // реализовать интерфейс явно
    string I1.I1_method()
    {
        throw new NotImplementedException();
    }
}
```

Возникает вопрос, чем реализация интерфейса отличается от явной реализации, когда вызывается каждый из методов?

Можно сформулировать данный вопрос в виде практического примера. Дана следующая реализация класса:

```
class ClassForI1 : I1
{
    // реализовать интерфейс
    public string I1_method()
    {
        return "1";
    }

    // явно реализовать интерфейс
    string I1.I1_method()
    {
        return "2";
    }
}
```

Каким образом, используя данную реализацию, можно вывести в консоль число «12»?

Ответ на данный вопрос приведен в виде следующего фрагмента кода:

```
ClassForI1 c1 = new ClassForI1();
string str1 = c1.I1_method();
I1 i1 = (I1)c1;
string str2 = i1.I1_method();
Console.WriteLine(str1 + str2);
```

Рассмотрим данный код более подробно:

Сначала создается объект класса ClassForI1:

```
ClassForI1 c1 = new ClassForI1();
```

Через объект класса c1 вызывается метод I1_method, соответствующий пункту «реализовать интерфейс». Метод возвращает «1»:

```
string str1 = c1.I1_method();
```

Производится приведение переменной класса c1 к интерфейсному типу I1, для того чтобы вызвать метод явной реализации интерфейса:

```
I1 i1 = (I1)c1;
```

Затем через объект интерфейсного типа i1 вызывается метод I1.I1_method, соответствующий пункту «реализовать интерфейс явно». Метод возвращает «2»:

```
string str2 = i1.I1_method();
```

Таким образом, чтобы вызвать метод, соответствующий пункту «реализовать интерфейс явно», необходимо привести объект класса к интерфейсному типу.

4.6 Методы расширения

В языке C# существует уникальный механизм, который позволяет добавлять новые методы к уже реализованным классам, в том числе классам стандартной библиотеки. Сами разработчики .NET активно его используют, многие методы стандартных библиотек реализованы как методы расширения.

Причем методы стандартной библиотеки могут находиться в одной сборке (файле .dll), а методы расширения – в другой сборке. Важно чтобы они принадлежали к одному пространству имен.

Предположим, что нужно расширить класс ExtendedClass2 новым методом, однако по каким-либо причинам невозможно внести изменения в исходный код класса.

Тогда можно создать метод расширения следующим образом:

```
static class ExtendedClass2Extension
{
    public static int ExtendedClass2NewMethod(this ExtendedClass2 ec2, int i)
    {
        return i + 1;
    }
}
```

Данный класс является обычным классом, однако у него есть некоторые особенности. Метод расширения должен быть объявлен в статическом классе и должен быть статическим методом. Первый параметр метода расширения – объект расширяемого класса, перед которым указывается ключевое слово `this`.

Если откомпилировать класс `ExtendedClass2Extension`, то IntelliSense для класса `ExtendedClass2` будет работать так, как показано на рис. 12.

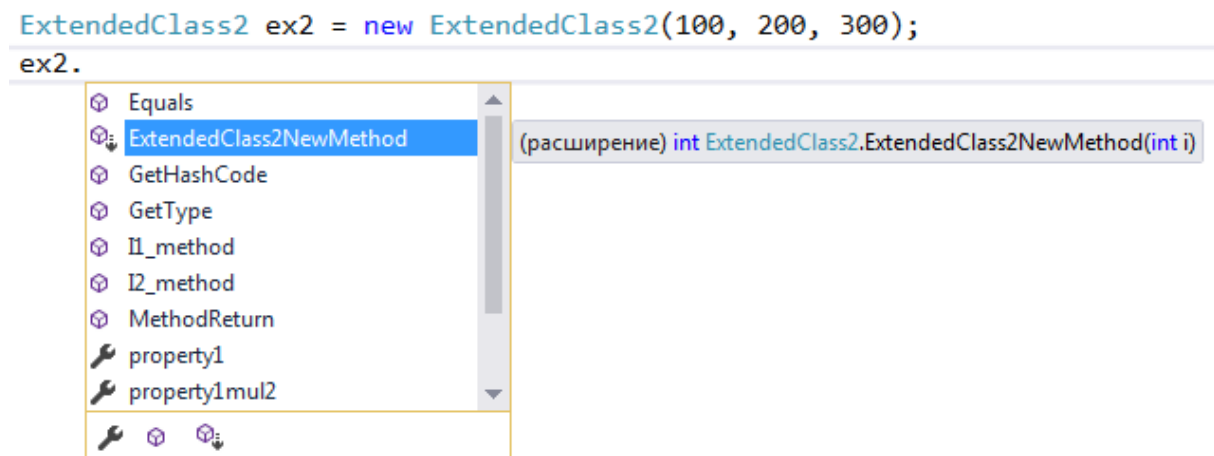


Рис. 12. Работа IntelliSense для метода расширения.

В этом случае метод расширения обозначен как обычный метод, но с дополнительной стрелкой, указывающей на то, что это метод расширения.

Таким образом, разработчику «кажется», что у класса `ExtendedClass2` появился новый метод `ExtendedClass2NewMethod`, однако, данный метод объявлен в отдельном классе и возможно даже в отдельной сборке. Для успешной реализации метода расширения, пространства имен у базового класса и класса, содержащего метод расширения, должны совпадать.

4.7 Частичные классы

Еще один уникальный механизм, существующий в языке C#, это механизм частичных классов. Этот механизм позволяет объявить класс в нескольких файлах.

В языке C# этот механизм используется вместе со средствами автоматической генерации кода. В Visual Studio существует много средств, которые автоматически генерируют код для обращения к базе данных (технология Entity Framework), для сетевого взаимодействия (технология WCF) и другие.

Если класс автоматически генерируется с помощью какого-либо средства, то он по умолчанию создается как частичный с помощью ключевого слова `partial`. Это позволяет создать другую «часть» данного класса в отдельном файле и вручную дописать необходимые методы к автоматически сгенерированному классу.

Казалось бы что эта возможность есть в языке C++, ведь в нем предусмотрено разделение класса на заголовочный файл и реализацию. Но в языке C++ невозможно разделить заголовочный файл на несколько файлов. В Java это принципиально невозможно, поскольку действует правило один класс – один файл. Поэтому когда в Java возникла необходимость создания заглушек для сетевого взаимодействия, то для этого создали специальный шаблон проектирования из нескольких классов.

Пример объявления частичного класса. Файл «PartialClass1.cs»:

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

namespace Classes
{
    partial class PartialClass
    {
        int i1;
```

```

        public PartialClass(int pi1, int pi2) { i1 = pi1; i2 = pi2;
    }

    public int MethodPart1(int i1, int i2)
    {
        return i1 + i2;
    }
}

```

Данная часть класса содержит закрытую переменную класса, метод MethodPart1 и конструктор.

Пример объявления частичного класса. Файл «PartialClass2.cs»:

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;

namespace Classes
{
    partial class PartialClass
    {
        int i2;

        public override string ToString()
        {
            return "Частичный класс. i1=" + i1.ToString()
                + " i2=" + i2.ToString();
        }

        public string MethodPart2(string i1, string i2)
        {
            return i1 + i2;
        }
    }
}

```

Данная часть класса содержит закрытую переменную класса, метод MethodPart2 и переопределение виртуального метода ToString.

Работа механизма IntelliSense для частичного класса показана на рис 13.

Компилятор успешно соединил части частичного класса в нескольких файлах. Методы MethodPart1 и MethodPart2, объявленные в разных файлах, показаны в едином откомпилированном классе.

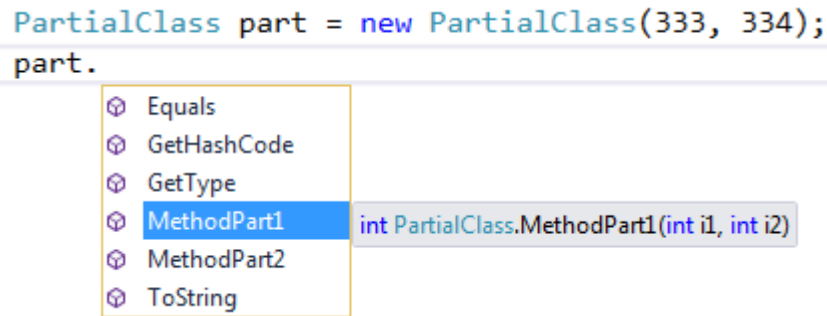


Рис. 13. Работа IntelliSense для частичного класса.

4.8 Создание диаграммы классов в Visual Studio

Для удобства разработки в Visual Studio существует возможность создания диаграммы классов.

Для добавления диаграммы классов необходимо добавить в проект элемент «диаграмма классов», как показано на рис. 14, 15.

Нужно нажать правую кнопку мыши на проекте в дереве проектов и выбрать в контекстном меню пункты «Добавить/Создать элемент».

Затем в диалоге добавления нового элемента следует выбрать пункт меню «диаграмма классов» (файл с расширением .cd).

Схема классов открывается в виде белого «холста», на который нужно переносить файлы из обозревателя решений. При этом все классы данного файла автоматически попадают на диаграмму. Пример такой диаграммы приведен на рис. 16.

Нотация диаграмм классов в Visual Studio практически полностью соответствует нотации диаграмм классов UML (Unified Modelling Language). Наследование классов показано незаштрихованной треугольной стрелкой, реализация интерфейсов – стрелкой в виде незаштрихованной окружности.

При нажатии на холсте правой кнопки мыши предоставляется возможность выбрать в контекстном меню пункт «экспорт схемы как изображения». В этом случае вся диаграмма классов экспортируется как

изображение в графическом формате (jpeg, png, другие форматы), что удобно для оформления документации.

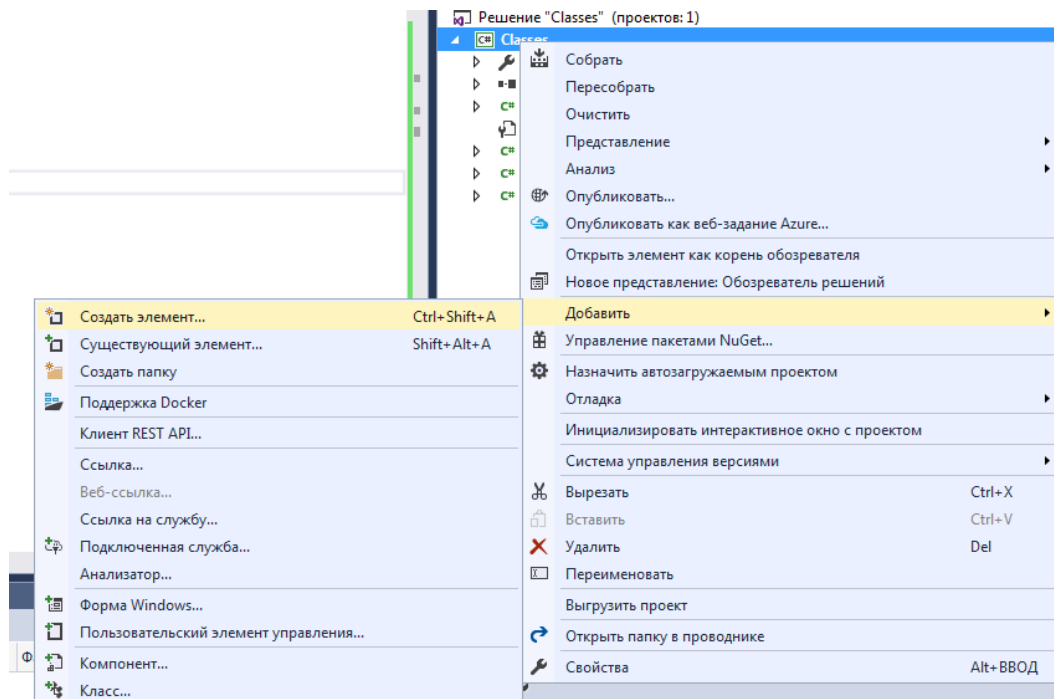


Рис. 14. Добавление диаграммы классов (шаг 1).

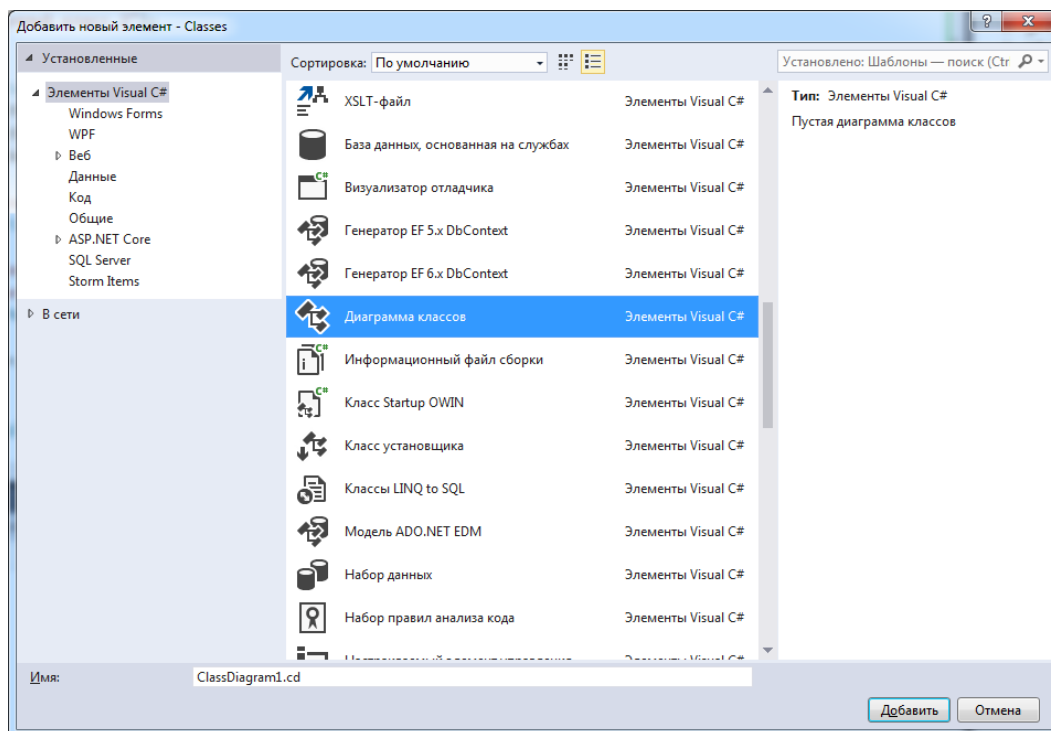


Рис. 15. Добавление диаграммы классов (шаг 2).

В панели кнопок диаграммы классов предусмотрены различные варианты отображения информации о полях классов (рис. 17):

- только имена полей;

- имена и типы полей;
- полная сигнатура.

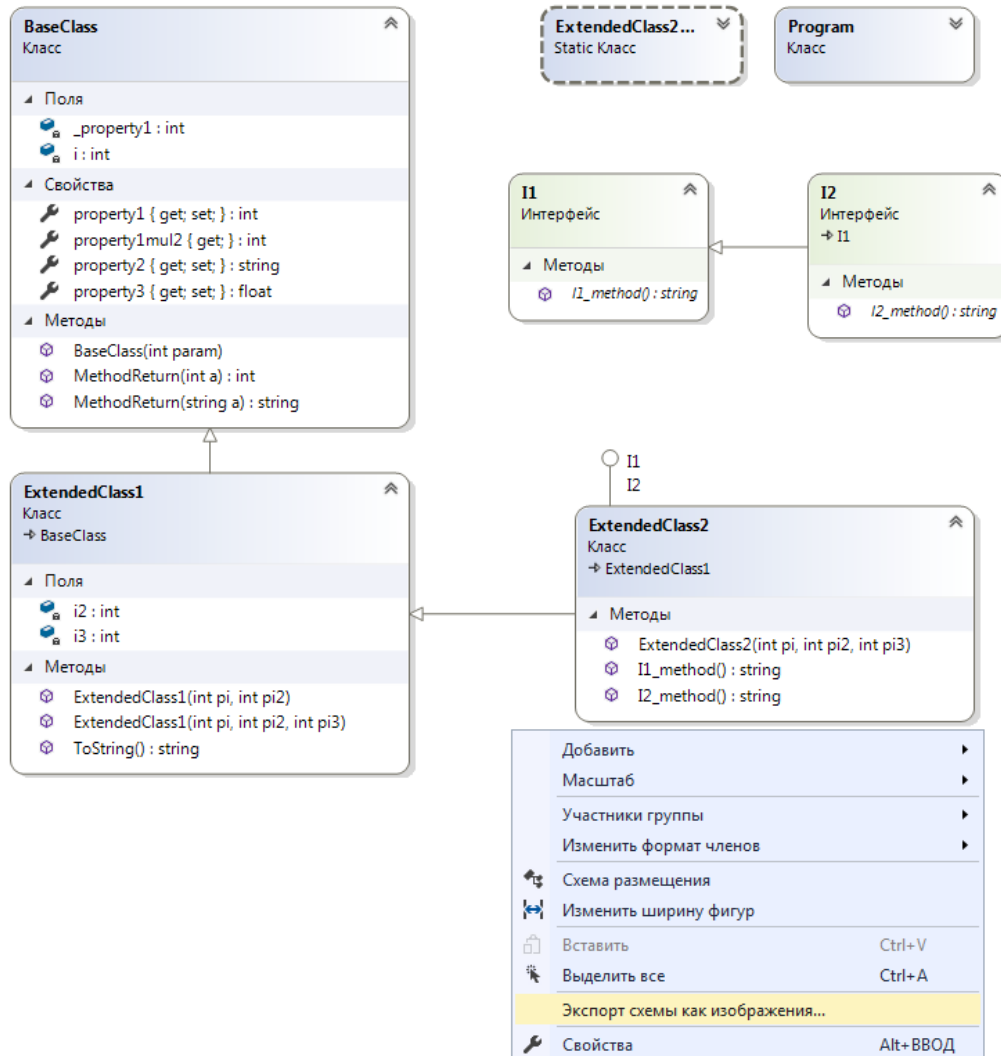


Рис. 16. Фрагмент диаграммы классов.

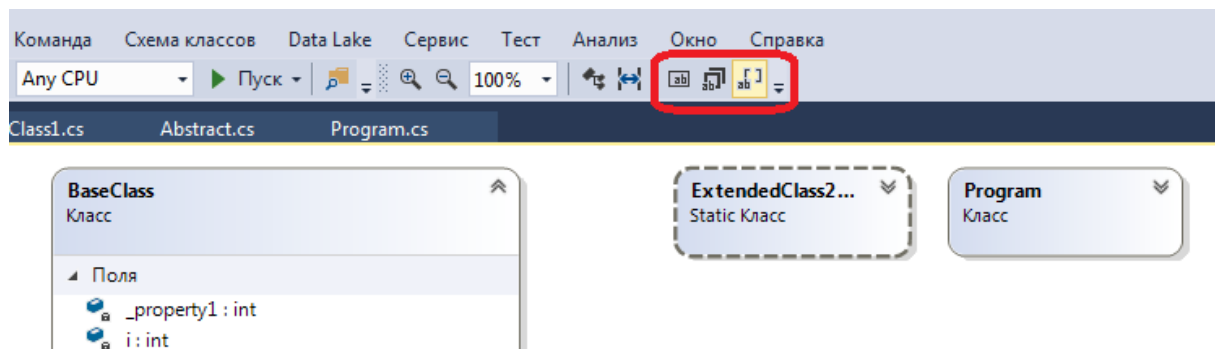


Рис. 17. Кнопки отображения информации о полях классов.

4.9 Пример классов для работы с геометрическими фигурами

В качестве обобщающего примера в данном разделе приведены фрагменты **примера 4** – программы, реализующей работу с геометрическими фигурами.

4.9.1 Абстрактный класс «Геометрическая фигура»

Основа системы классов для работы с геометрическими фигурами – абстрактный класс «Геометрическая фигура»:

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

namespace Figures
{
    /// <summary>
    /// Класс фигура
    /// </summary>
    abstract class Figure
    {
        /// <summary>
        /// Тип фигуры
        /// </summary>
        public string Type
        {
            get
            {
                return this._Type;
            }
            protected set
            {
                this._Type = value;
            }
        }
        string _Type;

        /// <summary>
        /// Вычисление площади
        /// </summary>
        public abstract double Area();
        /// <summary>
        /// Приведение к строке, переопределение метода Object
```

```

    /// </summary>
    public override string ToString()
    {
        return this.Type + " площадью " +
this.Area().ToString();
    }
}

```

Класс объявлен как абстрактный с помощью ключевого слова `abstract`.

Далее объявляется строковое свойство (property) `Type`, содержащее строковое наименование фигуры. Данное свойство объявлено в полной форме, хотя оно содержит стандартный код и могло бы быть объявлено как автоопределяемое свойство:

```
public string Type { get; protected set; }
```

Set-аксессор свойства объявлен с областью видимости `protected`, то есть присваивать значение данному свойству можно только в текущем классе и в классах-наследниках.

Далее объявляется абстрактный метод вычисления площади «double `Area()`», который должен быть определен в классах-наследниках. Он возвращает значение площади (тип `double`) и не принимает параметров, так как площадь должна вычисляться на основе внутренних данных классов геометрических фигур.

Затем переопределяется виртуальный метод `ToString` из класса `Object` для приведения к строковому типу.

4.9.2 Интерфейс `IPrint`

Интерфейс `IPrint` предназначен для вывода информации о геометрической фигуре:

```

namespace Figures
{
    interface IPrint
    {
        void Print();
    }
}

```

Интерфейс содержит метод Print(), который не принимает параметров и возвращает void.

В дальнейшем классы Прямоугольник, Квадрат и Круг будут реализовывать интерфейс IPrint. Переопределяемый метод Print() будет выводить в консоль информацию, возвращаемую переопределенным методом ToString().

4.9.3 Класс «Прямоугольник»

Класс Прямоугольник наследуется от абстрактного класса Геометрическая фигура и реализует интерфейс IPrint:

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

namespace Figures
{
    class Rectangle : Figure, IPrint
    {
        /// <summary>
        /// Высота
        /// </summary>
        double height;

        /// <summary>
        /// Ширина
        /// </summary>
        double width;

        /// <summary>
        /// Основной конструктор
        /// </summary>
        /// <param name="ph">Высота</param>
        /// <param name="pw">Ширина</param>
        public Rectangle(double ph, double pw)
        {
            this.height = ph;
            this.width = pw;
            this.Type = "Прямоугольник";
        }

        /// <summary>
        /// Вычисление площади
```

```

    /// </summary>
    public override double Area()
    {
        double Result = this.width * this.height;
        return Result;
    }

    public void Print()
    {
        Console.WriteLine(this.ToString());
    }
}

```

Класс содержит поля данных для высоты и ширины. Так как данные поля не доступны снаружи класса, они объявлены в виде обычных полей, а не в виде свойств.

Класс включает в себя конструктор, присваивающий значение ширины и высоты полям данных класса. Также инициализируется свойство Type, унаследованное от абстрактного класса.

Далее объявлен унаследованной от абстрактного класса Геометрическая фигура метод Area. Поскольку данный метод был объявлен как абстрактный, то он автоматически является виртуальным и должен быть переопределен с ключевым словом `override`.

Затем объявлен метод Print, унаследованный от интерфейса IPrint. Данный метод выводит в консоль результат работы метода ToString. Поскольку метод ToString не переопределялся в текущем классе, то его реализация берется из родительского класса, которым в данном случае является абстрактный класс Геометрическая фигура.

4.9.4 Класс «Квадрат»

Класс Квадрат наследуется от класса Прямоугольник и реализует интерфейс IPrint:

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;

```

```

namespace Figures
{
    class Square : Rectangle, IPrint
    {
        public Square(double size)
            : base(size, size)
        {
            this.Type = "Квадрат";
        }
    }
}

```

Данный класс использует геометрическое определение квадрата, как прямоугольника с одинаковыми сторонами.

В этом классе фактически реализован только конструктор, принимающий сторону квадрата в качестве параметра. В начале работы конструктор класса Квадрат вызывает конструктор базового класса «base(size, size)», которым в данном случае является класс Прямоугольник. Сторона квадрата передается как длина и ширина прямоугольника в конструктор базового класса. В теле конструктора инициализируется только свойство Type.

Не смотря на то, что класс реализует интерфейс IPrint, в нем не содержится метода Print, так как этот метод унаследован от родительского класса.

4.9.5 Класс «Круг»

Класс Круг наследуется от абстрактного класса Геометрическая фигура и реализует интерфейс IPrint:

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;

namespace Figures
{
    class Circle : Figure, IPrint
    {
        /// <summary>

```



```

    /// Ширина
    /// </summary>
    double radius;

    /// <summary>
    /// Основной конструктор
    /// </summary>
    /// <param name="ph">Высота</param>
    /// <param name="pw">Ширина</param>
    public Circle(double pr)
    {
        this.radius = pr;
        this.Type = "Круг";
    }

    public override double Area()
    {
        double Result = Math.PI * this.radius * this.radius;
        return Result;
    }

    public void Print()
    {
        Console.WriteLine(this.ToString());
    }
}

```

Реализация данного класса очень похожа на реализацию класса Прямоугольник, но в качестве полей данных хранится только радиус окружности, а площадь определяется по формуле площади круга.

4.9.6 Основная программа

Основная программа содержит примеры создания объектов классов и вывод информации о них с помощью метода Print, унаследованного от интерфейса IPrint:

```

using System;
using System.Linq;
using System.Text;

namespace Figures
{
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)

```

```

{
    Rectangle rect = new Rectangle(5, 4);
    Square square = new Square(5);
    Circle circle = new Circle(5);

    rect.Print();
    square.Print();
    circle.Print();

    Console.ReadLine();
}
}

```

В консоль будет выведено:

Прямоугольник площадью 20

Квадрат площадью 25

Круг площадью 78,5398163397448

4.10 Контрольные вопросы к разделу 4

1. Как объявить конструктор класса в языке C#?
2. Как объявить метод класса в языке C#?
3. Какие области видимости существуют в языке C#?
4. Что такое свойства и для чего они используются?
5. Что такое опорная переменная свойства?
6. Как используются get-аксессор и set-аксессор свойства?
7. Как задаются области видимости для свойств и аксессоров?
8. Приведите пример задания автоопределяемого свойства.
9. Приведите пример задания вычисляемого свойства.
10. Как объявить деструктор класса в языке C#?
11. Как объявить статические элементы класса в языке C#?
12. Как используется конструкция using static в языке C#?
13. Как реализуется наследование класса от класса?
14. Как из конструктора класса вызвать конструктор базового класса?

15. Как из конструктора класса вызвать другой конструктор текущего класса?
16. Как переопределить виртуальный метод?
17. В чем разница между ключевыми словами `override` и `new` при переопределении виртуального метода?
18. В чем сходства и различия между виртуальными и абстрактными методами?
19. Что такое абстрактный класс?
20. Как в Visual Studio сгенерировать заглушки методов при наследовании от абстрактного класса?
21. Что такое интерфейсы и для чего они используются в языке C#?
22. В чем сходства и различия между интерфейсами и абстрактными классами?
23. Можно ли в языке C# унаследовать класс от нескольких классов? От нескольких интерфейсов? Почему?
24. Как реализуется наследование класса от класса и интерфейсов?
25. Являются ли методы, унаследованные от интерфейсов, виртуальными?
26. Как в Visual Studio сгенерировать заглушки методов при наследовании от интерфейса?
27. В чем разница между «реализацией интерфейса» и «явной реализацией интерфейса»?
28. Что такое методы расширения и как они реализуются в языке C#?
29. Что такое частичные классы и как они реализуются в языке C#?
30. Как создать диаграмму классов в Visual Studio?

5 Расширенные возможности объектно-ориентированного программирования в языке C#

Помимо базовых возможностей ООП, связанных с созданием классов и интерфейсов и их наследованием, в языке C# существует большое количество расширенных возможностей, и некоторые из них являются уникальными особенностями языка C#.

5.1 Перечисления

Перечисление (enumeration, enum) – это множество целых чисел, за каждым из которых закреплена строковая константа.

Перечисление позволяет перечислить множество значений какого-либо свойства.

В классическом языке C аналогом перечислений были объявления констант с помощью директивы препроцессора `#define`. Достаточно быстро программисты на языке C стали объявлять константы с «иерархическими» именами, в имя константы входили и наименование перечисления и наименование конкретного значения. В дальнейшем это привело к появлению перечислений, используемых в языках C++, Java и C#.

Рассмотрим работу с перечислениями на основе фрагментов **примера 5.**

Пример объявления перечисления в C#:

```
/// <summary>
/// Перечисление
/// </summary>
public enum СтороныСвета
{
    Север, Юг, Запад, Восток
}
```

При таком объявлении символьным константам Север, Юг, Запад, Восток присваиваются целые значения, начиная с 0.

Поскольку в языке C# используются символы в формате Unicode, то имена переменных, классов, перечислений и других структур можно задавать на русском языке, как сделано в данном примере.

Присваивать значения символическим константам можно явно.

Пример перечисления с присвоением значений:

```
/// <summary>
/// Перечисление с присвоением значений
/// </summary>
public enum СтороныСвета2
{
    Север = 0,
    Юг = 1,
    Запад = 3,
    Восток = 4
}
```

Использование перечислений облегчает понимание кода при проверке условий.

Пример использования перечислений при проверке условия:

```
СтороныСвета temp1 = СтороныСвета.Восток;
if (temp1 == СтороныСвета.Восток)
{
    Console.WriteLine("Восток");
}
```

Перечисления в языке C# имеют интересную возможность – значение перечисления можно получить по текстовой строке, содержащей текст символической константы:

```
СтороныСвета temp2 = (СтороныСвета)Enum.Parse(typeof(СтороныСвета),
"СЕВЕР", true);
```

Метод Enum.Parse преобразует строковое значение в значение перечисления. Первым параметром является тип данных перечисления, вторым – преобразуемая строка, третьим – логическое значение которое показывает нужно ли игнорировать регистр символов строки при преобразовании.

В данном случае регистр символов строки «СЕВЕР» не точно соответствует значению перечисления, но преобразование будет

выполнено успешно, так как третий параметр содержит истинное значение. В результате преобразования переменная temp2 будет содержать значение «СтороныСвета.Север».

5.2 Перегрузка операторов

По возможностям перегрузки операторов язык C# занимает промежуточное значение между Java и C++.

В языке Java перегрузка операторов не используется. Предполагается, что программист на языке Java должен применять методы классов вместо перегруженных операторов.

Язык C++ обладает богатыми возможностями перегрузки операторов. Перегрузка операторов в C++ разделяется на внутреннюю (когда перегружаемый оператор объявляется как метод экземпляра класса) и внешнюю (когда перегружаемый оператор объявляется как статический метод класса).

В языке C# есть только аналог внешней перегрузки операторов C++.

Рассмотрим перегрузку операторов на основе фрагментов **примера 6**.

Пример класса, в котором перегружены основные операторы:

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

namespace Operators
{
    /// <summary>
    /// Пример класса для перегрузки операторов
    /// </summary>
    public class Number
    {
        /// <summary>
        /// Целое число
        /// </summary>
        public int Num { get; protected set; }

        /// <summary>
        /// Конструктор
    }
}
```

```

/// </summary>
public Number(int param)
{
    this.Num = param;
    Console.WriteLine("Вызов конструктора для {0}", param);
}

/// <summary>
/// Приведение к строке
/// </summary>
public override string ToString()
{
    return this.Num.ToString();
}

/// <summary>
/// Перегрузка унарного оператора
/// Префиксную и постфиксную формы компилятор
/// различает автоматически
/// </summary>
public static Number operator ++(Number lhs)
{
    //Не нужно изменять вызываемый объект
    //lhs.Num++;
    //return lhs;

    return new Number(lhs.Num+1);
}

/// <summary>
/// Перегрузка бинарного оператора для (Number + Number)
/// </summary>
public static Number operator + (Number lhs, Number rhs)
{
    int newNum = lhs.Num + rhs.Num;
    Number Result = new Number(newNum);
    return Result;

    //return new Number(lhs.Num + rhs.Num);
}

/// <summary>
/// Перегрузка бинарного оператора для (Number + int)
/// </summary>
public static Number operator +(Number lhs, int rhs)
{
    return new Number(lhs.Num + rhs);
}

/// <summary>

```

```

    /// Метод как аналог внутренней перегрузки
    /// </summary>
    public void AddInt(int param)
    {
        this.Num += param;
    }

    /// <summary>
    /// Аналог внутренней перегрузки
    /// без создания нового объекта
    /// </summary>
    public static Number operator *(Number lhs, int rhs)
    {
        lhs.Num = lhs.Num * rhs;
        return lhs;
    }

    //Перегрузка операторов сравнения должна производиться попарно
    // == и !=
    // > и <
    // => и <=
    public static bool operator ==(Number lhs, Number rhs)
    {
        return lhs.Num == rhs.Num;
    }

    public static bool operator !=(Number lhs, Number rhs)
    {
        return !(lhs == rhs);
    }

    //Если переопределяется оператор ==, то необходимо переопределить
    следующие методы
    public override bool Equals(object obj)
    {
        Number param = (Number)obj;
        return this == param;
    }

    public override int GetHashCode()
    {
        return this.Num.GetHashCode();
    }

    //Перегрузка операторов неравенства
    public static bool operator <(Number lhs, Number rhs)
    {
        return lhs.Num < rhs.Num;
    }

```



```

}
public static bool operator > (Number lhs, Number rhs)
{
    return lhs.Num > rhs.Num;
}

public static bool operator <= (Number lhs, Number rhs)
{
    return lhs.Num <= rhs.Num;
}
public static bool operator >= (Number lhs, Number rhs)
{
    return lhs.Num >= rhs.Num;
}

```

//Операторы приведения типов

//Для одного типа можно задать или явное или неявное приведение

```

/// <summary>
/// Оператор явного приведения типа Number к типу int
/// </summary>
public static explicit operator int(Number lhs)
{
    return lhs.Num;
}

/// <summary>
/// Оператор неявного приведения типа Number к типу double
/// </summary>
public static implicit operator double(Number lhs)
{
    return (double)lhs.Num;
}

/// <summary>
/// Пример индексатора
/// </summary>
public int this[int i]
{
    get
    {
        //Возможный доступ к i-му элементу встроенного массива
        return this.Num + i;
    }
    set
    {
        //Возможный доступ к i-му элементу встроенного массива
        this.Num = value + i;
    }
}

```

```
    }
}
```

Класс содержит свойство Num, которое используется в качестве основы для перегруженных операторов и конструктор, инициализирующий данное свойство. Далее следуют метод приведения к строке ToString и методы, соответствующие перегруженным операторам.

В большинстве перегруженных операторов для обозначения параметров методов применяют следующие сокращения: lhs – left hand side (левый оператор), rhs – right hand side (правый оператор).

Как и в языке C++, здесь для перегрузки операторов используется ключевое слово operator. В частности объявление метода:

```
public static Number operator ++(Number lhs)
```

означает, что данный метод соответствует реализации перегруженного оператора ++. Перегрузка операторов в языке C# может быть реализована только в виде статического метода, который принимает параметр типа Number и возвращает значение типа Number.

Интересно то, что компилятор автоматически различает префиксную и постфиксную форму оператора ++. В языке C++ для того, чтобы различались префиксная и постфиксная перегрузки, используется специальный фиктивный параметр типа int. Аналогично реализуется перегрузка оператора --.

В случае перегрузки оператора, содержащего левую и правую части в метод передается два параметра:

```
public static Number operator + (Number lhs, Number rhs)
```

Методы перегрузки операторов поддерживают полиморфизм. Например, можно перегрузить оператор +, который в качестве второго параметра будет принимать тип не Number, а int:

```
public static Number operator + (Number lhs, int rhs)
```

Перегрузка операторов в языке C# предполагает, что возвращаемое значение будет новым объектом, например при перегрузке оператора + новый объект создается прямо в операторе return:

```
return new Number(lhs.Num + rhs);
```

Контрпример реализован при перегрузке оператора *. В этом случае результат сохраняется в левый операнд, который возвращается из метода. Это – плохая практика, так как если левый операнд параметр ссылочного типа, то получается, что оператор неявно меняет один из операндов. Поэтому при хорошей практике перегрузки операторов предполагается, что возвращаемое значение будет новым объектом, а параметры оператора не изменяются.

Операторы сравнения принимают два операнда, и в этом смысле их перегрузка ничем не отличается от рассмотренной в приведенных выше примерах. Однако их необходимо перегружать попарно:

- операторы == (равно) и != (не равно);
- операторы > (больше) и < (меньше);
- операторы >= (больше или равно) и <= (меньше или равно).

Если один из этих операторов перегружен, а другой нет, то компилятор выдает ошибку, например: *«Для оператора "Operators.Number.operator <(Operators.Number, Operators.Number)" требуется, чтобы был определен соответствующий оператор ">"»*.

Если перегружены операторы равенства и неравенства, то необходимо также переопределить виртуальные методы Equals и GetHashCode. Если они не переопределены, то компилятор выдает предупреждения:

- *"Operators.Number" определяет оператор == или оператор !=, но не переопределяет Object.GetHashCode().*
- *"Operators.Number" определяет оператор == или оператор !=, но не переопределяет Object.Equals(object o).*

Операторы приведения типов переопределяются несколько необычным способом.

Пример оператора приведения к типу int:

```
public static explicit operator int(Number lhs)
```

Здесь вместо оператора указан тип данных int, и к нему будет осуществляться приведение типа.

Перед ключевым словом operator указывается ключевое слово explicit или implicit. Слово explicit означает, что данный метод должен явно применяться при использовании оператора приведения, а implicit – что данный метод может использоваться неявно при вычислении выражений.

Особенным случаем перегрузки операторов является перегрузка оператора «квадратные скобки». В языке C# для такой перегрузки используется отдельная конструкция языка, называемая индексатором. Индексатор напоминает свойство (property), однако у данного свойства предусмотрены параметры, которые указываются в квадратных скобках.

Пример объявления индексатора:

```
public int this[int i]
{
    get
    {
        return this.Num + i;
    }
    set
    {
        this.Num = value + i;
    }
}
```

В этом случае вместо имени свойства указывается ключевое слово this, а после него в квадратных скобках даются параметры. Параметров может быть произвольное количество, причем их использование никак не ограничено. Однако большинство программистов интуитивно воспринимают квадратные скобки как оператор для доступа к массиву или коллекции. Поэтому в качестве параметра обычно передают какой-либо

ключ в числовой или символьной форме или набор ключей в случае многомерного массива.

Почему в языке C# не используется оператор перегрузки квадратных скобок в обычной форме? Потому что форма индексатора позволяет перегрузить сразу два оператора чтения и записи, что является наиболее привычным для программиста поведением при перегрузке квадратных скобок.

Рассмотрим пример вызова перегруженных операторов:

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;

namespace Operators
{
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            Number a = new Number(1);

            Console.WriteLine("\nУнарный оператор");

            a++;
            Console.WriteLine("a={0}", a);

            ++a;
            Console.WriteLine("a={0}", a);

            Console.WriteLine("\nБинарный оператор");
            Number b = new Number(100);

            Number c = a + b;
            Console.WriteLine("c={0}", c);

            int i = 333;
            Number d = a + i;
            Console.WriteLine("d={0}", d);

            //Ошибка, так как не перегружен оператор (int + Number)
            //Number d1 = i + d;

            Console.WriteLine("\nАналог \"внутренней перегрузки\"")
```

```

        оператора *");
Number mul1 = new Number(5);
Number mul2 = mul1 * 4;
Console.WriteLine("mul1={0}", mul1);
Console.WriteLine("mul2={0}", mul2);

Console.WriteLine("\nПерегрузка операторов сравнения");
Number eq1 = new Number(3);
Number eq2 = new Number(2);

Console.WriteLine("{0} == {1} ----> {2}",
    eq1, eq2, (eq1 == eq2));
Console.WriteLine("{0} != {1} ----> {2}",
    eq1, eq2, (eq1 != eq2));
Console.WriteLine("{0} > {1} ----> {2}",
    eq1, eq2, (eq1 > eq2));
Console.WriteLine("{0} < {1} ----> {2}",
    eq1, eq2, (eq1 < eq2));
Console.WriteLine("{0} >= {1} ----> {2}",
    eq1, eq2, (eq1 >= eq2));
Console.WriteLine("{0} <= {1} ----> {2}",
    eq1, eq2, (eq1 <= eq2));

Console.WriteLine("\nОператоры приведения типов");
Console.WriteLine("Явное приведение типов");
int intEq1 = (int)eq1;
Console.WriteLine("{0} ----> {1}", eq1, intEq1);
Console.WriteLine("Неявное приведение типов");
double doubleEq1 = eq1;
Console.WriteLine("{0} ----> {1}", eq1, doubleEq1);

Console.WriteLine("\nИндексатор");
Number index = new Number(1);
index[330] = 3;
Console.WriteLine("index[{0}] = {1}", 0, index[0]);

Console.ReadLine();
    }
}
}

```

Результат вывода в консоль:

Вызов конструктора для 1

Унарный оператор

Вызов конструктора для 2

a=2

Вызов конструктора для 3

a=3

Бинарный оператор

Вызов конструктора для 100

Вызов конструктора для 103

c=103

Вызов конструктора для 336

d=336

Аналог "внутренней перегрузки" оператора *

Вызов конструктора для 5

mul1=20

mul2=20

Перегрузка операторов сравнения

Вызов конструктора для 3

Вызов конструктора для 2

3 == 2 ---> False

3 != 2 ---> True

3 > 2 ---> True

3 < 2 ---> False

3 >= 2 ---> True

3 <= 2 ---> False

Операторы приведения типов

Явное приведение типов

3 ---> 3

Неявное приведение типов

3 ---> 3

Индексатор

Вызов конструктора для 1

index[0] = 333

Ниже будет рассмотрен пример разреженной матрицы, который использует индексатор.

5.3 Обобщения

Обобщения (generics) являются аналогом механизма языка C++ который называется шаблонами (templates).

Как и шаблоны, обобщения позволяют одинаковым способом производить одинаковые действия для различных типов данных.

Однако реализация обобщений в .NET несколько отличается от реализации шаблонов в компиляторе языка C++. Если программа на языке C# содержит обобщенный класс, то он будет скомпилирован в MSIL с обобщенным типом. Подстановка реальных типов вместо обобщенного типа будет произведена уже на этапе JIT-компиляции. Таким образом, работу с обобщениями поддерживает не только компилятор, но и сама среда .NET runtime.

В языке Java существует механизм, аналогичный тому, что и в языке C#, который также называется обобщениями.

Рассмотрим работу с обобщениями на фрагментах **примера 7**.

Пример обобщенного класса:

```
/// <summary>
/// Обобщенный класс
/// </summary>
/// <typeparam name="T">Обобщенный тип</typeparam>
class GenericClass1<T>
{
    private T i;

    /// <summary>
    /// Конструктор
    /// </summary>
    public GenericClass1()
    {
        this.i = default(T);
    }

    /// <summary>
```



```

    /// Метод инициализации значения
    /// </summary>
    public void SetValue(T param)
    {
        this.i = param;
    }

    /// <summary>
    /// Приведение к строке
    /// </summary>
    public override string ToString()
    {
        return i.ToString();
    }
}

```

Как и шаблоны в языке C++, обобщенные типы в языке C# указываются в треугольных скобках после имени класса. Обобщенные типы принято обозначать прописными латинскими буквами или начинать с прописной буквы.

В данном примере обобщенным является тип T.

В классе `GenericClass1` объявлено поле данных `i` обобщенного типа T. Класс содержит конструктор без параметров, в котором полю `i` присваивается начальное значение.

Для присваивания начальных значений переменным обобщенных типов в языке C# используется специальный оператор «`default(тип)`», а в качестве параметра передается обобщенный тип. Данный оператор возвращает значение по умолчанию в зависимости от того, какой тип будет подставлен в обобщенный тип, например для числовых типов это 0, для ссылочных типов – `null`.

Метод `SetValue` присваивает значение полю `i`. Метод `ToString` возвращает строковое представление поля `i`.

Этот обобщенный класс фактически является контейнером для одного поля обобщенного типа. На практике использование такого контейнера не имеет большой необходимости, данный пример является учебным. Далее будут рассмотрены примеры коллекций на основе обобщенных типов.

Пример создания объектов класса *GenericClass1* на основе типов *int* и *string*:

```
GenericClass1<int> g1 = new GenericClass1<int>();
g1.SetValue(333);
Console.WriteLine("Обобщенный класс 1: " + g1);

GenericClass1<string> g1Str = new GenericClass1<string>();
g1Str.SetValue("строка");
Console.WriteLine("Обобщенный класс 1: " + g1);
```

Здесь объект *g1* создан в результате подстановки в обобщенный тип типа *int*, а объект *g1Str* – в результате подстановки в обобщенный тип типа *string*.

В языке C# реализован интересный механизм ограничений, позволяющий накладывать их на обобщенный тип *T* (табл. 5).

Таблица 5

Список ограничений, поддерживаемых обобщениями

Ограничение	Описание
where T: struct	Тип T должен быть типом-значением
where T: class	Тип T должен быть ссылочным типом
where T: Class1	Тип T должен наследоваться от класса Class1
where T: Interface1	Тип T должен реализовывать интерфейс Interface1
where T1: T2	При подстановке реальных типов в обобщенные типы T1 и T2, тип подставленный в T1 должен наследоваться от типа, подставленного в T2
where T: new()	Тип T должен иметь конструктор без параметров

Рассмотрим пример ограничения на основе реализации интерфейса.

Создадим интерфейс:

```
interface I1
{
```

```

    string I1_method();
}

```

Создадим обобщенный класс, содержащий ограничение:

```

class GenericClass2<T> where T : I1
{
    private T i;

    //Конструктор
    public GenericClass2(T param) { this.i = param; }

    //Приведение к строке
    public override string ToString()
    {
        return i.I1_method();
    }
}

```

Ограничение задается непосредственно при объявлении класса:

```

class GenericClass2<T> where T : I1

```

Для того чтобы создать объект класса GenericClass2 необходимо сначала создать класс, реализующий интерфейс I1:

```

class I1_class : I1
{
    string str;

    public I1_class(string param)
    {
        this.str = param;
    }

    public string I1_method() { return this.str; }
}

```

Теперь можно создать объект класса GenericClass2:

```

GenericClass2<I1_class> g2 =
    new GenericClass2<I1_class>(
        new I1_class("Обобщенный класс с ограничением"));

```

Кроме обобщенных классов в языке C# можно создавать обобщенные методы.

Пример обобщенного метода с ограничением:

```

static void GenericMethod1<T>(T param) where T : I1
{
    Console.WriteLine(param.I1_method());
}

```

```
}
```

Пример вызова обобщенного метода:

```
GenericMethod1<I1_class>(new I1_class("Вызов обобщенного метода"));
```

Обобщенные классы и методы могут содержать несколько обобщенных типов.

Пример использования нескольких обобщенных типов:

```
static void GenericMethod2<T, Q>(T param1, Q param2)
{
    Console.WriteLine("Обобщенный метод с двумя типами");
}
```

Пример вызова метода с несколькими обобщенными типами:

```
GenericMethod2<I1_class, int>(new I1_class("строка"), 333);
```

Обобщения являются важным и часто используемым механизмом в программах на C#. Наряду с обобщенными классами и методами можно создавать другие обобщенные структуры, например интерфейсы и делегаты.

5.4 Делегаты

Концепция делегата может показаться несколько незнакомой программисту на языке C++. Пожалуй, наиболее близким аналогом в C и C++ являются указатели на функцию.

Однако эта концепция будет понятна программисту на языке Паскаль. Это практически точная копия процедурных типов языка Паскаль.

Преимущество процедурных типов Паскаля и делегатов языка C# перед указателями на функции языка C++ состоит в том, что корректность процедурных типов и делегатов проверяется компилятором, который, в частности, способен выявить ошибки, связанные с несоответствием параметров. В языке C++ при работе с указателем на функцию подобные проверки не выполняются, что создает возможность для возникновения ошибок.

В языке Java нет языковой конструкции, подобной делегатам в языке C#.

Если кратко описывать сущность делегата, то он является аналогом типа данных для методов. Класс является типом данных, экземпляром класса является объект, содержащий конкретные данные. Делегат является типом методов, экземпляром делегата является метод, соответствующий делегату.

Рассмотрим работу с делегатами, групповыми делегатами и лямбда-выражениями на основе фрагментов **примера 8**.

Пример объявления делегата:

```
delegate int PlusOrMinus(int p1, int p2);
```

Данное описание очень напоминает описание метода (без реализации). В его начале ставится ключевое слово `delegate`, далее указывается тип возвращаемого значения, затем имя делегата, потом в круглых скобках указываются входные параметры. Имена входных параметров могут быть произвольными, и при работе с делегатами они не используются.

Пример методов, соответствующих рассмотренному делегату:

```
class Program
{
    static int Plus(int p1, int p2)
    {
        return p1 + p2;
    }

    static int Minus(int p1, int p2)
    {
        return p1 - p2;
    }
}
```

Методы `Plus` и `Minus` соответствуют делегату `PlusOrMinus`, потому что их сигнатуры совпадают с сигнатурой делегата. То есть они имеют набор параметров тех же типов, и тот же тип возвращаемого значения, которые объявлены в делегате. Для входных параметров важно, чтобы именно их

типы совпадали с типами входных параметров делегата. Имена входных параметров делегата могут быть другими, но это не имеет значения при проверке.

Однако при создании объектов классов с помощью ключевого слова `new` программист явно указывает, экземпляр какого класса он создает, то есть при создании объектов явно указывается имя класса.

При объявлении методов `Plus` и `Minus` не задается никаких ссылок на делегат `PlusOrMinus`. Как же компилятор определяет, что методы соответствуют делегату? Это делается с помощью так называемой неявной типизации.

Компилятор сравнивает сигнатуры (типы входных параметров и тип возвращаемого значения) метода и делегата. Если они совпадают, то считается, что метод соответствует делегату.

В некоторых языках программирования, например в `Ruby`, неявная типизация используется также для классов и объектов. Ее иногда называют «утиной» в соответствии с высказыванием, именуемым «утиным тестом»: «если это выглядит как утка, плавает как утка, и крякает как утка, то вероятно это утка». То есть если экземпляр имеет те же признаки что и тип, то он подобен этому типу и может считаться экземпляром этого типа.

Следующий вопрос состоит в том, где можно применять делегаты. Особенность языка `C#` состоит в том, что делегатный тип может быть использован в качестве параметра метода.

Пример объявления метода с делегатным параметром:

```
static void PlusOrMinusMethod(
    string str,
    int i1,
    int i2,
    PlusOrMinus PlusOrMinusParam)
{
    int Result = PlusOrMinusParam(i1, i2);
    Console.WriteLine(str + Result.ToString());
}
```

У метода `PlusOrMinusMethod` есть несколько интересных особенностей. Его последний параметр – это параметр делегатного типа. В теле метода имя этого параметра используется как функция, производится ее вызов:

```
int Result = PlusOrMinusParam(i1, i2);
```

Однако метода `PlusOrMinusParam` в программе нет. Реально будет вызван метод, переданный в качестве параметра в функцию `PlusOrMinusMethod`.

Таким образом, параметр делегатного типа вызывается как еще не известный метод, который в будущем будет передан в качестве параметра.

Сигнатура вызова `PlusOrMinusParam` соответствует сигнатуре делегата: передаются два входных параметра целого типа, возвращается значение целого типа.

Пример вызова метода с делегатным параметром:

```
int i1 = 3;
int i2 = 2;
PlusOrMinusMethod("Плюс: ", i1, i2, Plus);
PlusOrMinusMethod("Минус: ", i1, i2, Minus);
```

Результат вывода в консоль:

```
Плюс: 5
Минус: 1
```

В данном примере в качестве последнего параметра `PlusOrMinusMethod` передаются имена функций `Plus` и `Minus`.

Рассмотрим способы создания переменных делегатного типа. С использованием конструктора делегатного типа:

```
PlusOrMinus pm1 = new PlusOrMinus(Plus);
```

Или в сокращенной форме, которую называют «предположением делегата»:

```
PlusOrMinus pm2 = Plus;
```

Создание анонимного метода на основе делегата:

```
PlusOrMinus pm3 = delegate(int param1, int param2)
{
```

```
    return param1 + param2;
};
```

Создание анонимных методов применялось в языке C# до версии 3.0, хотя рассмотренный код будет корректно компилироваться и в текущих версиях. Но в языке C# версии 3.0 для работы с делегатными типами появилось новое средство – лямбда-выражения.

5.5 Лямбда-выражения

Лямбда-выражения или лямбда-функции пришли в язык C# из функционального программирования. Потребность в них появилась в связи с реализацией технологии LINQ.

Если описывать суть лямбда-выражений кратко, то это «одноразовые функции». Казалось бы, что такое определение противоречиво. Ведь в любом классическом учебнике информатики можно прочесть, что методы (процедуры, функции) пишутся один раз и многократно вызываются по имени, что обеспечивает повторное использование кода. Зачем же могут потребоваться одноразовые функции? И почему функцию нельзя объявить традиционным способом и вызывать только один раз, а если потребуется, то и большее количество раз?

Традиционный метод обладает двумя важными свойствами:

- именованностью – имеет имя, по которому метод может быть вызван;
- сигнатурностью – имеет сигнатуру, то есть набор входных параметров с указанием их типов и тип возвращаемого значения.

Лямбда-выражение обладает свойством сигнатурности, но у него нет свойства именованности. То есть у лямбда-выражения есть набор входных параметров и тип возвращаемого значения, но нет имени. Оно записывается в том месте, где должно вызываться.

Пример объявления лямбда-выражения (лямбда-выражение выделено подчеркиванием):

```
PlusOrMinus pm4 = (int x, int y) =>
{
    int z = x + y;
    return z;
};
```

Лямбда-выражение напоминает по объявлению обыкновенный метод. Объявление начинается со списка входных параметров, которые записываются в скобках. Имя метода в случае лямбда-выражения не указывается. Тип возвращаемого значения автоматически определяется компилятором, используется так называемый механизм вывода типов (англ. type inference).

После скобок указывается стрелка «`=>`», которая отделяет список параметров от тела лямбда-выражения. Стрелка является характерным синтаксическим элементом, по которому всегда можно определить лямбда-выражение. Необходимо отметить, что оператор сравнения «больше-или-равно» записывается как «`>=`» и его синтаксис не совпадает с синтаксисом лямбда-выражения.

За стрелкой записывается тело метода, которое в данном примере ничем не отличается от тела обычного метода.

После такого объявления лямбда-выражение может быть вызвано как метод через определенную переменную pm4:

```
int test = pm4(1, 2);
```

Однако чаще всего лямбда-выражение передают в качестве параметра делегатного типа.

Пример передачи лямбда-выражения в качестве параметра (лямбда-выражение выделено подчеркиванием):

```
PlusOrMinusMethod(
    "Создание экземпляра делегата на основе лямбда-выражения 1: ",
    i1,
    i2,
```

```

    (int x, int y) =>
    {
        int z = x + y;
        return z;
    }
);

```

В примере лямбда-выражение передается в качестве параметра делегатного типа `PlusOrMinus`.

Соответствие сигнатуры делегата и сигнатуры лямбда-выражения проверяется путем неявной типизации.

Например, зададим в лямбда-выражении третий входной параметр, что нарушит соответствие между сигнатурой лямбда-выражения и сигнатурой делегата (третий параметр подчеркнут):

```

PlusOrMinusMethod(
    "Создание экземпляра делегата на основе лямбда-выражения 1: ",
    i1,
    i2,
    (int x, int y, int k) =>
    {
        int z = x + y ;
        return z;
    }
);

```

При этом компилятор выдаст в строке определения лямбда-выражения следующую ошибку: *«Делегат "Delegates.PlusOrMinus" не принимает "3" аргументов»*.

Язык C# предоставляет возможность упростить синтаксис лямбда-выражений. Например, вместо исходного лямбда-выражения:

```

(int x, int y) =>
{
    int z = x + y;
    return z;
}

```

можно записать:

```

(x, y) =>
{
    return x + y;
}

```

В данном случае у входных параметров не указываются типы, компилятор определяет их автоматически с помощью механизма вывода типов. Возвращаемое значение вычисляется в операторе `return`. В том случае, когда результат лямбда-функции может быть задан в виде единого выражения, синтаксис можно еще более упростить:

$(x, y) \Rightarrow x + y$

Тогда компилятор автоматически определяет, что выражение $x + y$ является возвращаемым значением лямбда-функции.

Еще одна интересная особенность лямбда-выражений – возможность использования в них внешних переменных. Такая особенность в языках программирования называется замыканием (closure). Суть замыкания состоит в том, что в каком-то блоке кода (чаще всего это обычная функция или лямбда-выражение) используются ссылки на переменные, которые объявлены снаружи этого блока кода, при этом такие внешние переменные не передаются явным образом в блок кода как параметры. То есть блок кода непосредственно «видит» переменные из внешнего контекста.

Пример замыкания на основе лямбда-выражения:

```
int outer = 100;
PlusOrMinus pm5 = (int x, int y) =>
{
    int z = x + y + outer;
    return z;
};
```

Переменная `outer`, объявленная на уровне внешней функции, видна в лямбда-выражении, и она может быть использована в вычислениях.

Таким образом, лямбда-выражение можно рассматривать как фрагмент кода, которым прикладной программист может дополнить функциональность какого-либо библиотечного метода. При этом данный код не пишется произвольно, а имеет интерфейс с библиотечным методом в виде соответствующего делегатного типа.

5.6 Локальные функции

Говоря об использовании замыканий в лямбда-выражениях, хочется отметить одну из новых особенностей, которая появилась в языке C# версии 7. Это локальные функции, то есть функции, которые могут быть объявлены внутри других функций.

Пример локальной функции:

```
/// <summary>
/// Объявление и вызов локальной функции
/// </summary>
static void LocalFunctionExample()
{
    //Переменная, используемая в замыкании
    int p0 = 1;

    //Объявление локальной функции
    int Sum2(int p1, int p2)
    {
        return p0 + p1 + p2;
    }

    //Вызов локальной функции
    int sum2 = Sum2(1, 2);
    Console.WriteLine(sum2);
    Console.ReadLine();
}
```

В данном примере локальная функция Sum2 объявлена внутри функции LocalFunctionExample.

При вызове функции LocalFunctionExample в консоль выводится число «4».

Как видно из примера, локальные функции, как и лямбда-выражения, поддерживают замыкания.

Следует отметить, что локальные функции используется во многих языках программирования, особенно популярны они в языке JavaScript. Теперь эта возможность доступна также и в языке C#.

5.7 Члены класса, основанные на выражениях

Синтаксис лямбда-выражений настолько прижился в сообществе программистов на языке C#, что разработчики языка решили добавить возможность объявления элементов класса (конструкторов, методов, свойств) с использованием лямбда-подобного синтаксиса. Эту возможность называли «члены класса, основанные на выражениях» (expression-bodied members). Данная возможность появилась в версии C# 6 и была расширена в версии 7.

Пример класса, использующего члены класса, основанные на выражениях:

```
class ExpressionBodiedClass
{
    private int i;

    /// <summary>
    /// Конструктор класса
    /// </summary>
    public ExpressionBodiedClass(int iParam) => this.i = iParam;

    /// <summary>
    /// Метод класса
    /// </summary>
    public int Sum(int a, int b) => a + b;

    /// <summary>
    /// Свойство
    /// </summary>
    public int Property1
    {
        get => this.i;
        set => this.i = value;
    }
}
```

Рассмотренный пример содержит объявление конструктора, метода и свойства. Вместо фигурных скобок используется стрелка, которая напоминает синтаксис лямбда-выражения.

Члены класса, основанные на выражениях, делают код более компактным, и удобным для восприятия.

5.8 Строковая интерполяция

Строковая интерполяция (string interpolation) – это еще одна возможность упрощения синтаксиса, которая появилась в версии C# 6.

Строковая интерполяция позволяет указывать в строке шаблон для ее форматирования на основе переменных. Необходимо отметить, что похожие возможности есть в других языках программирования, в частности в Python и PHP.

Пример класса, использующего строковую интерполяцию:

```
class StringInterpolation
{
    private string City = "Moscow";
    private string Country = "Russia";

    /// <summary>
    /// Использование старого синтаксиса для форматирования строк
    /// </summary>
    public string Address1
    {
        get
        {
            return string.Format("{0}, {1}", City, Country);
        }
    }

    /// <summary>
    /// Использование строковой интерполяции
    /// </summary>
    public string Address2
    {
        get => $"{City}, {Country}";
    }
}
```

Данный класс содержит два вычисляемых свойства Address1 и Address2. Данные свойства возвращают одинаковые значения, содержащие фрагмент адреса. Первое свойство реализовано с помощью традиционного синтаксиса, второе с использованием строковой интерполяции. Второе свойство также использует синтаксис членов класса, основанных на выражениях.

Признаком использования строковой интерполяции является то, что при объявлении строки перед кавычками ставится символ доллара. Если в такой строке указано выражение в фигурных скобках, то оно автоматически вычисляется.

Пример создания объекта класса и вывода свойств:

```
StringInterpolation si1 = new StringInterpolation();
Console.WriteLine(si1.Address1);
Console.WriteLine(si1.Address2);
```

Результаты вывода в консоль:

Moscow, Russia

Moscow, Russia

5.9 Обобщенные делегаты Func и Action

Появление лямбда-выражения в языке C# облегчило создание параметров делегатного типа. Однако сами делегаты при этом по-прежнему необходимо создавать отдельно. Нельзя ли облегчить решение и этой задачи? Это сделано в версии 3.5 языка C# с использованием обобщенных делегатов Func и Action.

Ранее был объявлен обычный делегат:

```
delegate int PlusOrMinus(int p1, int p2);
```

Ему соответствует такое объявление делегата Func:

```
Func<int, int, int>
```

Рассмотренный ранее метод:

```
static void PlusOrMinusMethod(
    string str,
    int i1,
    int i2,
    PlusOrMinus PlusOrMinusParam)
{
    int Result = PlusOrMinusParam(i1, i2);
    Console.WriteLine(str + Result.ToString());
}
```

может быть переписан с использованием обобщенного делегата Func следующим образом (параметры делегатного типа подчеркнуты в примерах):

```
static void PlusOrMinusMethodFunc(
    string str,
    int i1,
    int i2,
    Func<int, int, int> PlusOrMinusParam)
{
    int Result = PlusOrMinusParam(i1, i2);
    Console.WriteLine(str + Result.ToString());
}
```

Вызов делегатного параметра в теле обоих методов производится совершенно одинаково: параметр вызывается как функция, которой передаются два целочисленных параметра и возвращается целочисленный параметр.

В качестве значения параметра, соответствующего обобщенному делегату, может быть использовано имя обычного метода (в примере применяется ранее рассмотренный метод Plus):

```
PlusOrMinusMethodFunc(
    "Создание экземпляра делегата на основе метода: ",
    i1,
    i2,
    Plus
);
```

Однако чаще для этих целей используется лямбда-выражение (подчеркнуто в примере):

```
PlusOrMinusMethodFunc(
    "Создание экземпляра делегата на основе лямбда-выражения 3:",
    i1,
    i2,
    (x, y) => x + y
);
```


Таким образом, применение обычного делегата и обобщенного делегата Func позволяет получить одинаковые результаты. Однако преимущество использования Func состоит в том, что его, в отличие от обычного делегата, не нужно объявлять в тексте программы, он уже объявлен в библиотечных классах языка C#.

Если нажать правую кнопку мыши на ключевом слове Func и выбрать в контекстном меню пункт «перейти к определению», то Visual Studio осуществит переход к следующему определению, объявленному в пространстве имен System:

```
public delegate TResult Func<in T1, in T2, out TResult>(T1 arg1, T2 arg2);
```

В языке C# делегаты могут быть обобщенными, и Func – имя обобщенного делегата. При объявлении обобщенного делегата обобщенные типы в треугольных скобках задаются после его имени. В данном случае используются три обобщенных типа: два первых типа – это типы входных параметров, а последний – тип возвращаемого значения.

Таким образом, в объявлении Func<int, int, int> последний параметр задает тип возвращаемого значения, а предыдущие – задают входные типы. Общее правило при использовании обобщенного делегата Func – последний параметр определяет тип выходного значения.

Если перейти к определению аналогичного делегата Action

```
Action<int, int, int>
```

то оно будет следующим:

```
public delegate void Action<in T1, in T2, in T3>(T1 arg1, T2 arg2, T3 arg3);
```

В отличие от делегата Func, у которого последний обобщенный параметр задает тип выходного значения, все обобщенные параметры делегата Action задают типы входных параметров. Обобщенный делегат Action возвращает значение типа void.

По сравнению с разбиравшимися выше примерами обобщенных классов и методов у данных обобщенных делегатов есть еще одна

особенность – перед обобщенными типами указаны ключевые слова `in` и `out`.

Данная особенность обобщенных делегатов, появившаяся в версии 4.0 языка C#, и называется ковариантностью и контрвариантностью. Кроме обобщенных делегатов эта особенность может также применяться в обобщенных интерфейсах.

Обобщенный делегат или интерфейс ковариантен, если обобщенный тип аннотирован ключевым словом `out`. Обобщенный тип `T` ковариантен, если для подставленного в него конкретного типа `t`, в параметр типа `T` может быть передано значение типа `t` или любого типа, производного от `t`, то есть данные более конкретного типа, чем изначально заданный. Использование ключевого слова `out` также означает, что тип `T` разрешен только в качестве типа возвращаемого значения.

Обобщенный делегат или интерфейс контрвариантен, если обобщенный тип аннотирован ключевым словом `in`. Обобщенный тип `T` контрвариантен, если для подставленного в него конкретного типа `t`, в параметр типа `T` может быть передано значение типа `t` или любого типа, базового для `t`, то есть данные более общего типа, чем изначально заданный. Использование ключевого слова `in` также означает, что тип `T` разрешен лишь в качестве типа входного параметра.

Если ключевые слова `in` или `out` не заданы, то обобщенный тип `T` инвариантен, то есть для подставленного в него конкретного типа `t`, в параметр типа `T` может быть передано значение только типа `t` и никакого другого типа.

Использование ковариантных и контрвариантных делегатов и интерфейсов детально рассмотрено в работах [1, 2].

5.10 Групповые делегаты

Если делегат имеет тип возвращаемого значения `void`, то на его основе может быть создан групповой делегат, которому соответствуют сразу несколько методов. В частности этому условию удовлетворяет обобщенный делегат `Action`.

Рассмотрим пример использования групповых делегатов. Определим методы в виде лямбда-выражений, соответствующих делегату `Action<int, int>`, то есть принимающих два входных параметра типа `int` и тип возвращаемого значения `void`:

```
Action<int, int> a1 =
    (x, y) =>
        { Console.WriteLine("{0} + {1} = {2}", x, y, x + y); };

Action<int, int> a2 =
    (x, y) =>
        { Console.WriteLine("{0} - {1} = {2}", x, y, x - y); };
```

Теперь на основе данных методов можно определить групповой делегат:

```
Action<int, int> group = a1 + a2;
```

Если вызвать данный групповой делегат:
`group(5, 3);`

то будут вызваны методы `a1` и `a2`. В консоль будет выведено:

```
5 + 3 = 8
5 - 3 = 2
```

Необходимо учитывать, что очередность вызовов метода в групповом делегате не гарантируется. То есть разработчик может быть уверен, что оба метода `a1` и `a2` будут вызваны, но они могут быть вызваны в произвольном порядке.

Для добавления вызова метода к групповому делегату может быть использован оператор «+=», а для удаления вызова метода из группового делегата оператор «-=».

Пример добавления и удаления вызова методов для группового делегата:

```
Action<int, int> group2 = a1;
Console.WriteLine("Добавление вызова метода к групповому делегату");
group2 += a2;
group2(10, 5);

Console.WriteLine("Удаление вызова метода из группового делегата");
group2 -= a1;
group2(20, 10);
```

Результат вывода в консоль:

Добавление вызова метода к групповому делегату

10 + 5 = 15

10 - 5 = 5

Удаление вызова метода из группового делегата

20 - 10 = 10

Групповые делегаты являются основой для реализации механизма событий.

5.11 События

События в языке C# реализуют механизм подписки/публикации.

Любой класс может объявить события и вызывать их в необходимые моменты времени. Внешние классы могут прикрепить методы в качестве обработчиков событий, иначе говоря «подписаться на событие».

События основаны на обобщенных делегатах, следовательно, обработчики событий должны соответствовать сигнатуре обобщенного делегата для события.

В языках C++ и Java существует большое количество библиотек, реализующих подход подписки/публикации, однако они реализованы в виде внешних библиотек, а не в виде конструкции, встроенной в язык программирования.

Особенность событий языка C# заключается в том, что они соответствуют механизму событий .NET-фреймворка. Например, событие нажатия на кнопку в технологии Windows Forms является событием языка

C#, создание обработчика события нажатия на кнопку происходит с использованием стандартного механизма событий в языке C#.

Рассмотрим работу с событиями на основе фрагментов **примера 9**.

Объявим делегат, на котором основано событие:

```
public delegate void NewEventDelegate(string str);
```

Делегат принимает один строковый параметр. Делегат, на котором основано событие, должен возвращать значение void.

Событие объявлено в классе консольного приложения Program:

```
public static event NewEventDelegate NewEvent;
```

Событие объявляется как обычный элемент класса, NewEvent фактически является специализированной переменной.

Для события указана область видимости (public). Объявление static означает, что данное поле статическое, события также могут быть объявлены в виде нестатических полей. Далее указывается ключевое слово event, затем идет наименование делегата, на котором основано событие, в данном примере NewEventDelegate. После наименования делегата указывается имя события NewEvent, фактически, это имя переменной.

События отображаются в IntelliSense в виде пиктограммы с «молнией» (рис. 18).

Чтобы прикрепить обработчик к событию используется перегруженный оператор «+=», для открепления от события (удаления обработчика события) – перегруженный оператор «-=»:

Поскольку механизм событий основан на механизме групповых делегатов, к событию может быть прикреплено несколько обработчиков.

Гарантируется, что при вызове события будут вызваны все обработчики, но порядок их вызова не гарантируется. Таким образом, при написании обработчиков событий, программист не должен рассчитывать, что обработчики событий обязательно будут вызваны в порядке их прикрепления к событию.

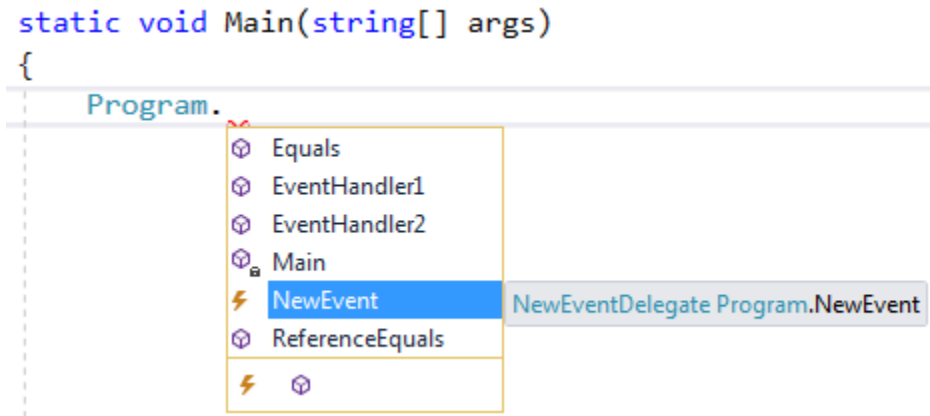


Рис. 18. Отображение события в IntelliSense.

Вызов события производится как вызов обыкновенного метода, в скобках указываются параметры вызова. Однако при вызове событий существует одна особенность: если вызвать событие, к которому не прикреплен ни один обработчик, то возникнет исключение `NullReferenceException`. Для решения этой проблемы у событий переопределено сравнение с `null`. Если оператор сравнения события с `null` возвращает истину, значит к нему не прикреплен ни один из обработчиков. Поэтому перед вызовом события необходимо проводить проверку на сравнение с `null`.

Пример объявления обработчиков событий:

```
public static void EventHandler1(string str)
{
    Console.WriteLine("Первый обработчик события: " + str);
}

public static void EventHandler2(string str)
{
    Console.WriteLine("Второй обработчик события: " + str);
}
```

Пример прикрепления обработчиков и вызова события:

```
//Этот вызов не сработает, так как не прикреплены обработчики события
//NewEvent != null - проверка того, что к событию прикреплены обработчики
if (NewEvent != null) NewEvent("вызов события 0");

//Прикрепление обработчика события
Program.NewEvent += EventHandler1;
if (Program.NewEvent != null) Program.NewEvent("вызов события 1");

//Прикрепление второго обработчика события
//Вызываются оба обработчика
```

```

Program.NewEvent += EventHandler2;
if (Program.NewEvent != null) Program.NewEvent("вызов события 2");

//Удаление второго обработчика события
Program.NewEvent -= EventHandler2;
if (Program.NewEvent != null) Program.NewEvent("вызов события 3");

```

Результаты вывода в консоль:

Первый обработчик события: вызов события 1

Первый обработчик события: вызов события 2

Второй обработчик события: вызов события 2

Первый обработчик события: вызов события 3

Рассмотренный пример, содержащий основы работы с событиями, необходим для понимания основ работы с событиями, однако, нужно отметить следующее:

- как правило, событие объявляется внутри класса и не является статическим, а обработчики события прикрепляются снаружи класса;
- событие основывают на библиотечном делегате EventHandler или других специализированных делегатах;
- обработчики событий часто задают в виде лямбда-выражений.

Рассмотрим пример создания события с учетом данных особенностей. Он основан на стандартном делегате EventHandler, объявленном в пространстве имен System:

```
public delegate void EventHandler<TEventArgs>(object sender, TEventArgs e);
```

Данный делегат – обобщенный. Он возвращает тип void, что является необходимым условием для делегата события, и принимает два параметра. Первый параметр sender типа object содержит ссылку на объект, инициировавший событие (напомним, что object – ссылочный тип). Второй параметр e обобщенного типа TEventArgs содержит произвольные параметры события. В качестве обобщенного типа TEventArgs может использоваться любой тип, включающий в себя описание параметров события.

Пример класса, предназначенного для описания параметров события:

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

namespace Events
{
    /// <summary>
    /// Параметры события
    /// </summary>
    public class NewGenericEventArgs : EventArgs
    {
        /// <summary>
        /// Конструктор
        /// </summary>
        /// <param name="param"></param>
        public NewGenericEventArgs(string param)
        {
            this.NewGenericEventArgsParam = param;
        }

        /// <summary>
        /// Свойство, содержащее параметр
        /// </summary>
        public string NewGenericEventArgsParam { get; private set; }
    }
}
```

Класс `NewGenericEventArgs` – наследник класса `EventArgs`. Библиотечный класс `EventArgs` базовый для классов, содержащих данные о событии, и объявлен в пространстве имен `System.Runtime.InteropServices`.

Класс `NewGenericEventArgs` содержит автоопределяемое свойство `NewGenericEventArgsParam` типа `string`, предназначенное для хранения строкового параметра. Также класс содержит конструктор, который инициализирует данное свойство.

Пример класса издателя события `NewGenericEventPublisher`:

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

namespace Events
{
    /// <summary>
```



```

/// Класс, содержащий событие
/// </summary>
public class NewGenericEventPublisher
{
    /// <summary>
    /// Событие создается через обобщенный делегат
    /// </summary>
    public event EventHandler<NewGenericEventArgs> NewGenericEvent;

    /// <summary>
    /// Вызов события
    /// </summary>
    public void RaiseNewGenericEvent(string param)
    {
        //Если у события есть подписчики
        if (NewGenericEvent != null)
        {
            //Вызов события
            NewGenericEvent(this, new NewGenericEventArgs(param));
        }
    }
}

```

Для объявления события применяется обобщенный делегат EventHandler. Класс NewGenericEventArgs используется в качестве класса-обобщения для хранения параметров события.

```
public event EventHandler<NewGenericEventArgs> NewGenericEvent;
```

Класс NewGenericEventPublisher не содержит конструктор, поэтому применяется конструктор по умолчанию, не содержащий аргументов.

Вызов события тестируется с помощью метода RaiseNewGenericEvent. Метод принимает строковый аргумент, который используется при создании параметра события, экземпляра класса NewGenericEventArgs. В методе проверяется, что для события заданы обработчики «NewGenericEvent != null», если обработчики заданы, то производится вызов события.

Данный класс является учебным примером, в нем вызов события выполняется с помощью тестового метода. В реальных проектах вызовы событий могут производиться внутри методов класса при достижении определенных условий.

Классом слушателя события будет основной класс Program консольного приложения. Работа с событием происходит в основном методе Main консольного приложения.

Для вызова события необходимо сначала создать объект класса:

```
NewGenericEventPublisher ne = new NewGenericEventPublisher();
```

Далее к событию, являющемуся полем объекта класса, прикрепляется обработчик, который здесь задается в виде лямбда-выражения:

```
ne.NewGenericEvent += new EventHandler<NewGenericEventArgs>(
    (sender, e) =>
    {
        Console.WriteLine(e.NewGenericEventArgsParam);
    }
);
```

Лямбда-выражение соответствует делегату EventHandler. В лямбда-выражении в консоль выводятся строки параметров, передаваемых через объект класса NewGenericEventArgs.

Для вызова события в этом случае используется метод RaiseNewGenericEvent:

```
ne.RaiseNewGenericEvent("Событие NewGenericEventPublisher");
```

В данном упрощенном примере вызов события происходит в результате внешнего вызова метода RaiseNewGenericEvent. Однако, это не совсем естественный путь использования событий. Предполагается, что событие будет вызываться внутри класса при срабатывании определенных условий, характеризующих, например, изменение состояния класса.

В завершении рассмотрения событий нужно отметить, что несмотря на то, что данный механизм активно используется в языке C#, он может вызывать проблему при сборке мусора. Проблема возникает за счет того, что издатель и слушатель события соединяются напрямую. Для решения этой проблемы применяется более сложный шаблон так называемых «слабых событий» (weak events), который использует более гибкий механизм соединения между издателем и слушателем события и не создает

проблем при сборке мусора. Этот механизм применяется в частности для обработчиков событий в Windows Presentation Foundation.

5.12 Контрольные вопросы к разделу 5

1. Что такое перечисление?
2. Как получить значение перечисления на основе строки?
3. Как реализуется перегрузка операторов в языке C#?
4. Что такое индексатор?
5. Как создать обобщенный класс в языке C#?
6. Как создать обобщенный метод в языке C#?
7. Что такое делегат?
8. Что такое неявная типизация и как она используется для делегатов?
9. Как передать в метод параметр типа делегат?
10. Что такое лямбда-выражения и как они используются?
11. Что такое замыкания?
12. Как реализованы локальные функции в языке C#?
13. Что такое члены класса, основанные на выражениях?
14. Как используется строковая интерполяция в языке C#?
15. Как используется обобщенный делегат Func?
16. Как применяется обобщенный делегат Action?
17. Что такое групповой делегат?
18. Как реализуется механизм событий в языке C#?

6 Работа с коллекциями

Коллекции – важная часть любого языка программирования. В языке C# существует развитая система коллекций. В данном разделе сначала рассмотрены примеры использования стандартных коллекций, а затем примеры создания нестандартных коллекций.

6.1 Стандартные коллекции

Подходы к работе с коллекциями в языках C++, Java и C# в целом совпадают. Все коллекции можно разделить на две большие категории – обобщенные (шаблонизированные в C++) и необобщенные.

Использование обобщенной коллекции предполагает, что **в нее помещаются элементы обобщенного типа, следовательно все элементы коллекции должны быть одного и того же типа, который указывается при создании обобщенной коллекции**. В соответствии с принципами ООП, вместо указанного обобщенного типа могут применяться производные типы. **Классы обобщенных коллекций находятся в пространстве имен System.Collections.Generic.**

Использование необобщенной коллекции предполагает, что в нее помещаются элементы типа `object` – самого базового типа в иерархии типов, а значит, элементы различных типов. Основные классы необобщенных коллекций находятся в пространстве имен `System.Collections`. Список основных классов коллекций приведен в таблице 6.

Таблица 6

Список основных классов коллекций

Коллекция	Обобщенный класс	Необобщенный класс
Список	<code>List<T></code>	<code>ArrayList</code>
Стек	<code>Stack<T></code>	<code>Stack</code>
Очередь	<code>Queue<T></code>	<code>Queue</code>
Множество	<code>HashSet<T></code>	–
Ассоциативный массив, хранящий пары ключ-значение. Такую структуру называют	<code>Dictionary<TKey, TValue></code>	<code>Hashtable</code>

также словарем или хэш-таблицей		
---------------------------------	--	--

Обобщенные коллекции на практике используются чаще, поэтому в шаблоне консольного приложения в Visual Studio по умолчанию подключено **пространство имен обобщенных коллекций System.Collections.Generic**, а пространство имен необобщенных коллекций **System.Collections** не подключено. В случае необходимости его следует добавить вручную с помощью ключевого слова `using`.

В таблице 6 приведены только основные коллекции. В .NET существуют десятки классов коллекций, в том числе различные специализированные, предназначенные для решения конкретных задач (например, битовые коллекции), коллекции для безопасного многопоточного доступа и т.д. Здесь они не рассмотрены. Информация о них приведена в работах [1, 2].

Далее рассмотрим работу со стандартными коллекциями на основе фрагментов **примера 10**.

6.1.1 Обобщенный список

Рассмотрим пример работы с обобщенным списком. Создание объекта списка:

```
List<int> li = new List<int>();
```

Добавление элементов в список:

```
li.Add(1);
li.Add(2);
li.Add(3);
```

В версии языка C# 6 появился более удобный синтаксис для инициализации списков:

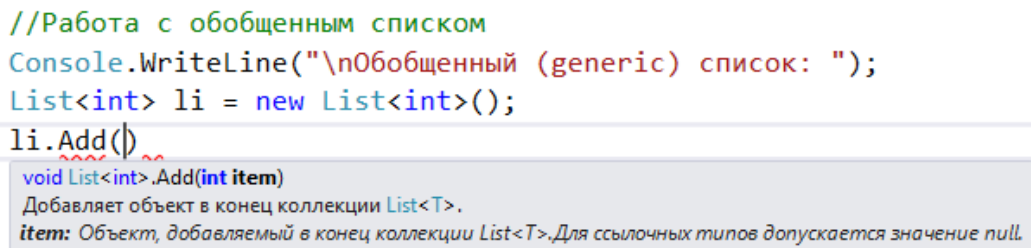
```
List<int> li1 = new List<int>
{
    1, 2, 3
};
```

```
List<string> li1_str = new List<string>
{
    "строка 1",
    "строка 2",
    "строка 3"
};
```

Вывод элементов списка:

```
foreach (int i in li)
{
    Console.WriteLine(i);
}
```

В данном примере в качестве класса-обобщения используется `int`, поэтому создается список целых чисел. Преимущества применения обобщенной коллекции состоят в том, что тип элемента известен как при добавлении, так и при выводе. При добавлении Visual Studio подсказывает тип добавляемого элемента с помощью механизма IntelliSense (рис. 19). Тип элемента уже известен, так как он был ранее указан при создании списка.



```
//Работа с обобщенным списком
Console.WriteLine("\nОбобщенный (generic) список: ");
List<int> li = new List<int>();
li.Add()
```

void List<int>.Add(int item)
Добавляет объект в конец коллекции List<T>.
item: Объект, добавляемый в конец коллекции List<T>. Для ссылочных типов допускается значение null.

Рис. 19. Работа IntelliSense для добавления в обобщенный список.

При выводе с использованием цикла `foreach` тип переменной `i` также заранее известен.

Для обобщенного списка перегружен индексатор, который позволяет получить элемент по его номеру в коллекции, элементы нумеруются с нуля. Пример:

```
int item2 = li[1];
```

Свойство `Count` возвращает количество элементов в коллекции:

```
int count = li.Count;
```

Метод `Contains` позволяет проверить существование элемента в коллекции. В данном примере проверяется существование в коллекции числа «3»:

```
bool is3 = li.Contains(3);
```

Метод `Remove` позволяет удалить элемент из коллекции, здесь из списка удаляется число «2»:

```
li.Remove(2);
```

Основное преимущество стандартных коллекций языка C# состоит в том, что для их обработки может быть использован интегрированный язык запросов LINQ. Это чрезвычайно облегчает обработку сложных данных в C#.

Ограничение рассмотренного примера заключается в том, что в такой список можно поместить только целые числа и нельзя — элементы других типов.

Если в список необходимо сохранять элементы различных типов, то можно использовать необобщенный список.

6.1.2 Необобщенный список

Рассмотрим работу с необобщенным списком. Создание объекта списка:

```
ArrayList al = new ArrayList();
```

Добавление элементов различных типов в список:

```
al.Add(333);
al.Add(123.123);
al.Add(«строка»);
```

Вывод элементов списка:

```
foreach (object o in al)
{
    //Для определения типа используется механизм рефлексии
    string type = o.GetType().Name;
    if (type == «Int32»)
    {
        Console.WriteLine(«Целое число: « + o.ToString());
    }
}
```

```

    }
    else if (type == «String»)
    {
        Console.WriteLine(«Строка: « + o.ToString());
    }
    else
    {
        Console.WriteLine(«Другой тип: « + o.ToString());
    }
}

```

Преимущество необобщенного списка – возможность добавления элементов различных типов.

Однако при чтении элементов возникает проблема, связанная с тем, что точно неизвестен тип элемента, который получен из списка, потому что список возвращает элемент базового типа object. Решить эту проблему можно с использованием механизма рефлексии.

Механизм рефлексии подробнее будет рассмотрен ниже, здесь же используется возможность получения информации о реальном типе элемента, получаемого из списка. Вызов метода `o.GetType()` для объекта возвращает информацию о его типе данных, а свойство `Name` позволяет получить строковое имя типа. Далее осуществляется ветвление по строковому имени типа и выполняются различные действия в зависимости от различных значений типа данных.

6.1.3 Обобщенные стек и очередь

Стек и очередь отличаются от списка в первую очередь тем, что здесь производится не перебор элементов коллекции, а доступ к первому или последнему элементу коллекции. Принцип работы стека и очереди показан на рис 20.

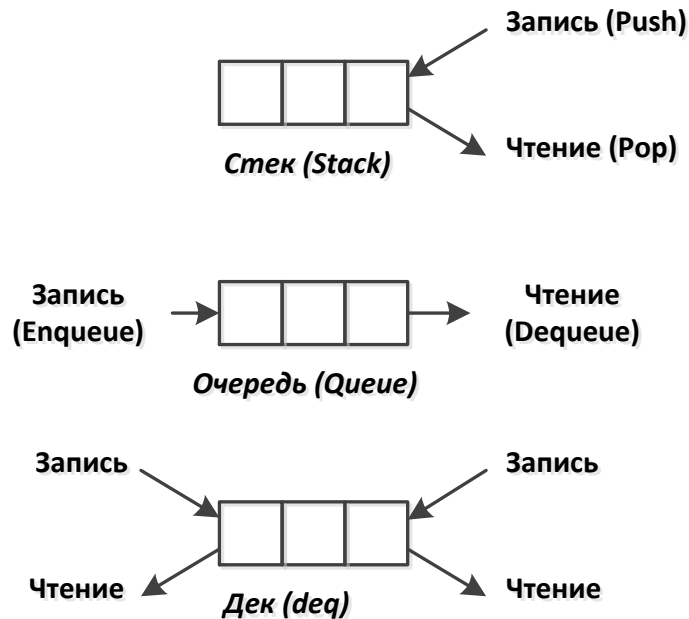


Рис. 20. Стек, очередь и дек.

В случае стека (класс `Stack`) работа происходит с так называемой вершиной стека, которую условно можно считать первым или последним элементом списка данных. Запись (`Push`) производится в вершину стека, чтение (`Pop`) также производится из вершины стека. При чтении элемент автоматически удаляется из стека. Стек реализует принцип работы LIFO (last in, first out – последний вошел, первый вышел).

В случае очереди (класс `Queue`) запись (`Enqueue`) выполняется в конец очереди, а чтение (`Dequeue`) – из начала очереди. При чтении элемент автоматически удаляется из очереди. Очередь реализует принцип работы FIFO (first in, first out – первый вошел, первый вышел).

Стек и очередь являются частным случаем структуры, которую принято называть дек (`deq` – double ended queue, двунаправленная очередь). В этом случае чтение и запись элементов могут проводиться с обоих концов списка данных. В .NET не существует стандартного библиотечного класса, реализующего дек.

Рассмотрим работу со стеком.

Создание стека:

```
Stack<int> st = new Stack<int>();
```

Добавление элементов в стек:

```
st.Push(1);
st.Push(2);
st.Push(3);
```

В реализации стека для .NET возможен перебор элементов с помощью foreach, хотя в классическом стеке такое действие предусматривать не обязательно:

```
foreach(int i in st)
{
    Console.WriteLine(i);
}
```

С использованием метода Peek возможно чтение элемента из вершины стека без удаления (прочитанный элемент не удаляется из вершины стека):

```
int i3 = q.Peek();
```

С применением метода Pop выполняется чтение элемента из вершины стека и его удаление:

```
while (st.Count > 0)
{
    int i = st.Pop();
    Console.WriteLine(i);
}
```

Рассмотрим работу с очередью.

Создание очереди:

```
Queue<int> q = new Queue<int>();
```

Добавление элементов в очередь:

```
q.Enqueue(11);
q.Enqueue(22);
q.Enqueue(33);
```

В реализации очереди для .NET возможен перебор элементов с помощью foreach:

```
foreach (int i in q)
{
    Console.WriteLine(i);
}
```

С использованием метода Peek возможно чтение элемента из начала очереди без удаления:

```
int i3 = q.Peek();
```

С применением метода Dequeue осуществляется чтение элемента из начала очереди и его удаление:

```
while (q.Count > 0)
{
    int i = q.Dequeue();
    Console.WriteLine(i);
}
```

Результаты вывода в консоль для стека и очереди:

Стек:

Перебор элементов стека с помощью foreach:

3

2

1

Получение верхнего элемента без удаления:3

Чтение с удалением элементов из стека:

3

2

1

Очередь:

Перебор элементов очереди с помощью foreach:

11

22

33

Получение первого элемента без удаления:11

Чтение с удалением элементов из очереди:

11

22

33

Необходимо отметить, что чтение данных из стека выполняется в обратном порядке (в соответствии с принципом LIFO), а чтение данных из очереди – в прямом (в соответствии с принципом FIFO).

6.1.4 Обобщенный словарь

Работа со словарем отличается от работы со списком в основном только тем, что в словарь добавляются пары ключ-значение.

В других языках программирования словарь могут также называть ассоциативным (или ассоциированным) массивом или хэш-таблицей.

Создание объекта словаря:

```
Dictionary<int, string> d = new Dictionary<int, string>();
```

При создании словаря указывается два обобщенных типа – тип ключа и тип значения.

Добавление элементов:

```
d.Add(1, "строка 1");
d.Add(2, "строка 2");
d.Add(3, "строка 3");
```

В версии языка C# 6 появился более удобный синтаксис для инициализации словарей:

```
Dictionary<int, string> d1 = new Dictionary<int, string>
{
    [1] = "строка 1",
    [2] = "строка 2",
    [3] = "строка 3"
};
```

Вывод элементов:

```
foreach (KeyValuePair<int, string> v in d)
{
    Console.WriteLine(v.Key.ToString() + "-" + v.Value);
}
```

При выводе элементов возникает проблема, связанная с тем, что в цикле `foreach` необходимо объявить тип данных, который содержит пару ключ-значение, читаемые из словаря. В качестве такого типа в .NET используется тип `KeyValuePair<TKey, TValue>`. Объект такого типа содержит свойства `Key` и `Value`, возвращающие ключ и значение пары соответственно.

У объекта класса словаря существуют коллекции ключей и значений: `Keys` и `Values`.

Пример вывода ключей и значений:

```
Console.Write("\nКлючи: ");
foreach (int i in d.Keys)
{
    Console.Write(i.ToString() + " ");
}

Console.Write("\nЗначения: ");
foreach (string str in d.Values)
{
    Console.Write(str + " ");
}
```

Для получения значения по ключу можно использовать перегруженный индексатор, что аналогично применению индексатора для списка.

Пример получения значения по ключу:

```
int key = 3;
string val = d[key];
Console.WriteLine("\nДля ключа '" + key.ToString() +
    "' значение '" + val + "'");
```

Однако если указать ключ, отсутствующий в словаре, то это приведет к возникновению исключения `KeyNotFoundException`.

Для решения данной задачи можно также использовать метод `TryGetValue`. Он не генерирует исключение, а возвращает логическое значение: `true` если удалось прочитать значение по ключу и `false` если не удалось.

Пример использования метода `TryGetValue`:

```
string val2 = "";
bool res = d.TryGetValue(key, out val2);
if (res)
{
    Console.WriteLine("\nДля ключа '" + key.ToString()
        + "' значение '" + val2 + "'");
}
```

Обобщенные словари, как и обобщенные списки, часто используются в программах на C#.

6.1.5 Кортеж

Кортеж – это сравнительно новый вид коллекции, который появился в C# 4.0. Кортеж является не совсем классической коллекцией. Если, например, список можно представить в виде таблицы из одного столбца и множества строк, а словарь в виде таблицы из двух столбцов и множества строк, то кортеж можно представить в виде таблицы из одной строки и множества столбцов. Если список и словарь имеют фиксированную ширину и могут расти только «по вертикали», то кортеж, наоборот, имеет фиксированную высоту и может расти только «по горизонтали».

Столбцы определяются динамически с помощью обобщенных типов. Пример объявления кортежа:

```
Tuple<int, string, string> group =  
    new Tuple<int, string, string>(1, "ИУ", "ИУ-5");
```

Если лямбда-выражения позволяют на лету объявлять методы, то кортежи – структуры, подобные объектам классов.

Когда программист хочет объявить какую-либо вспомогательную структуру данных и не желает объявлять класс, он может воспользоваться кортежем. Однако, недостаток кортежей состоит в том, что поля кортежа в IntelliSense представляются не в виде имен (как в классе) а в виде номеров полей (Item1 ... ItemN). Пример представлен на рис. 21.

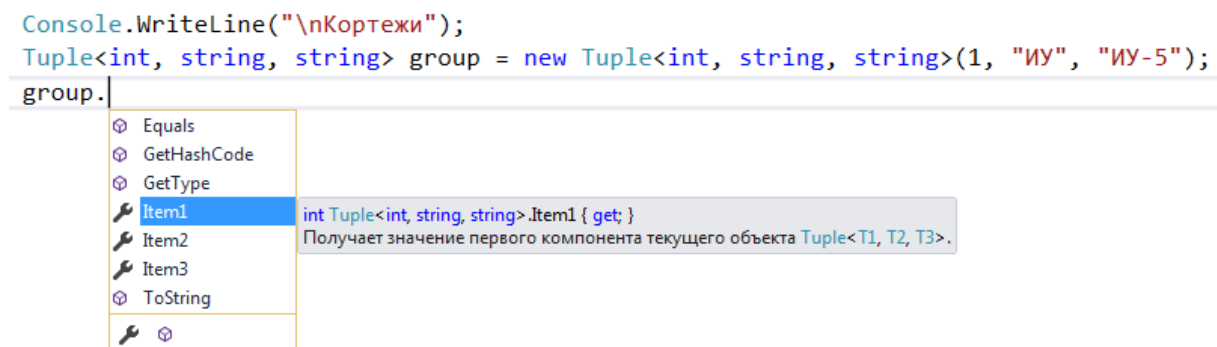


Рис. 21. Работа IntelliSense для кортежа.

Кортеж не может содержать более восьми обобщенных типов, однако обобщенный тип может быть кортежем. Значит, если требуется

использовать более восьми полей, то можно создавать вложенные кортежи.

Пример объявления вложенных кортежей:

```
Tuple<int, int, int, int, int, int, int, Tuple<string, string, string>> tuple =
new Tuple<int, int, int, int, int, int, int, Tuple<string, string, string>>
(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, new Tuple<string, string, string>("str1", "str2", "str3"));
```

Кортеж может выступать в качестве обобщенного типа для других коллекций.

Пример объявления списка, элементом которого является кортеж:

```
List<Tuple<int, int, int>> tupleList =
    new List<Tuple<int, int, int>>();
tupleList.Add(new Tuple<int, int, int>(1, 1, 1));
tupleList.Add(new Tuple<int, int, int>(2, 2, 2));
tupleList.Add(new Tuple<int, int, int>(3, 3, 3));
```

Вместо кортежа в данном примере можно было создать отдельный класс, содержащий три целочисленных поля, и помещать в список объекты данного класса.

6.1.6 Новый синтаксис кортежей

В предыдущем разделе мы рассмотрели классический для языка C# синтаксис кортежей. В последнее время язык C# часто подвергался критике за то, что в нем не поддерживается упрощенный синтаксис для работы с кортежами который используется в языке Python и многих языках, поддерживающих функциональный подход, таких как Haskell и F#. В версии C# 7.0 этот подход был наконец реализован и мы рассматриваем его в данном разделе.

Для работы с новым синтаксисом кортежей необходимо подключить пакет «**System.ValueTuple**» с помощью диспетчера пакетов NuGet.

Теперь кортеж может быть объявлен следующим образом с именованными параметрами:

```
(string strParam, int intParam) tuple1 = ("строка", 333);
Console.WriteLine(tuple1.strParam);
Console.WriteLine(tuple1.intParam);
```

Результаты вывода в консоль:

строка

333

Таким образом, тип-кортеж создается на лету и инициализируется значениями. В отличие от старого синтаксиса кортежей, где у полей были имена Item1 ... ItemN, в новом синтаксисе все поля имеют собственные имена.

Имена полей можно указывать в правой части, в этом случае компилятор автоматически выводит типы полей. Следующий пример аналогичен предыдущему:

```
var tuple2 = (strParam: "строка", intParam: 333);
Console.WriteLine(tuple2.strParam);
Console.WriteLine(tuple2.intParam);
```

Кортеж является изменяемым типом данных, полям можно присваивать новые значения:

```
tuple2.strParam = "новая строка";
```

Кортежи можно использовать в качестве входных параметров функций. Например, пусть объявлена следующая функция:

```
public static void InputTuple((string strP, int intP) tupleParam) {}
```

Ее можно вызвать следующим образом:

```
InputTuple(tuple2);
```

Обратите внимание, что имена параметров кортежей tuple2 и tupleParam не совпадают. Но ошибки не возникает, потому что совпадают сигнатуры этих кортежей (у обоих два параметра, первый типа string, а второй типа int).

Кортежи также можно использовать в качестве выходных параметров функций. Например, пусть объявлена следующая функция, которая возвращает кортеж:

```
public static (string strParam, int intParam) OutputTuple()
{
    return ("строка", 333);
}
```


Ее можно вызвать следующим образом, в этом случае переменная tuple3 будет кортежем:

```
var tuple3 = OutputTuple();
```

Можно при вызове произвести разыменование кортежа, в этом случае переменные str1 и int1 будут заполнены значениями из соответствующих полей кортежа:

```
(string str1, int int1) = OutputTuple();
```

Обратите внимание, что имена параметров кортежей (string strParam, int intParam) и (string str1, int int1) не совпадают. Но ошибки не возникает, так как совпадают сигнатуры кортежей.

Новый синтаксис кортежей упрощает создание типов, их передачу в функции и возвращение из функций.

6.1.7 Сортировка коллекций

Для большинства коллекций определен метод Sort, выполняющий сортировку коллекции. Если обобщенная коллекция основана на типе-значении то это не вызывает проблемы, так как правила упорядочивания элементов для них известны.

Пример сортировки коллекции для целых чисел:

```
Console.WriteLine("\nСортировка списка целых чисел:");
List<int> s1 = new List<int>();
s1.Add(5);
s1.Add(3);
s1.Add(2);
s1.Add(1);
s1.Add(4);
Console.WriteLine("\nПеред сортировкой:");
foreach (int i in s1) Console.Write(i.ToString() + " ");
//Сортировка
s1.Sort();
Console.WriteLine("\nПосле сортировки:");
foreach (int i in s1) Console.Write(i.ToString() + " ");
```

Результаты вывода в консоль:

Сортировка списка целых чисел:

Перед сортировкой:

5 3 2 1 4

После сортировки:

1 2 3 4 5

Однако в случае использования объектов ссылочного типа в качестве элементов коллекции возникает вопрос о том, как сортировать объекты сложных классов.

Рассмотрим дальнейшую работу с коллекциями на фрагментах **примера 11**, который базируется на рассмотренных в примере 4 классах геометрических фигур.

Создание объектов классов фигур:

```
Rectangle rect = new Rectangle(5, 4);
Square square = new Square(5);
Circle circle = new Circle(5);
```

Добавление в список:

```
List<Figure> fl = new List<Figure>();
fl.Add(circle);
fl.Add(rect);
fl.Add(square);
```

При вызове метода сортировки:

```
fl.Sort();
```

генерируется исключение `InvalidOperationException` с сообщением «сбой при сравнении двух элементов массива».

Возникновение этого исключения связано с тем, что в классе геометрической фигуры и ее наследниках нет информации о том, как сравнить элементы, что необходимо для сортировки элементов.

Использование для коллекции метода `Sort` предполагает, что элементы коллекции реализуют интерфейс `Comparable`. Наследование от данного интерфейса предполагает реализацию метода `CompareTo`, осуществляющего сравнение двух объектов.

Реализуем данный метод для класса «Геометрическая фигура»:

```
public int CompareTo(object obj)
{
    //Приведение параметра к типу "фигура"
    Figure p = (Figure)obj;
    //Сравнение
```

```

    if (this.Area() < p.Area()) return -1;
    else if (this.Area() == p.Area()) return 0;
    else return 1; //(this.Area() > p.Area())
}

```

В данном методе предполагается, что сравниваются два параметра, которые стоят слева и справа от оператора сравнения.

Левый параметр – текущий объект класса (this), правый параметр – аргумент, передаваемый в метод (obj).

Вначале obj приводится к типу «Геометрическая фигура». Затем производится сравнение площади объекта this с площадью объекта obj. Если площадь this меньше, то метод возвращает -1, если площади равны то 0, если площадь this больше, то 1. Правила формирования возвращаемых значений определяются интерфейсом IComparable, метод CompareTo возвращает -1, 0, 1 потому что он должен делать это в соответствии с требованиями разработчиков интерфейса IComparable.

В рассмотренном примере необходимо отметить несколько неочевидную комбинацию использования абстрактных и конкретных классов и методов. **Абстрактный класс «Геометрическая фигура» содержит абстрактный метод Area, который должен быть реализован в классах-наследниках.** Напомним, что абстрактный метод автоматически является виртуальным. **Метод Area вызывается в методе CompareTo, который является конкретным методом (содержит реализацию), при этом метод CompareTo также объявлен в абстрактном классе «Геометрическая фигура».**

В классах, наследуемых от абстрактного класса «Геометрическая фигура», необходимо реализовать метод Area, который рассчитывает площадь для конкретного типа фигуры (например, прямоугольника, окружности). А метод CompareTo реализовывать не нужно, его реализация автоматически наследуется из абстрактного класса «Геометрическая фигура». **При этом метод CompareTo будет автоматически использовать**

реализацию метода Area из текущего класса, потому что абстрактный метод Area автоматически является виртуальным.

Пример класса «Геометрическая фигура» с учетом реализации метода сравнения:

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

namespace FigureCollections
{
    /// <summary>
    /// Класс фигура
    /// </summary>
    abstract class Figure : IComparable
    {
        /// <summary>
        /// Тип фигуры
        /// </summary>
        public string Type
        {
            get
            {
                return this._Type;
            }
            protected set
            {
                this._Type = value;
            }
        }
        string _Type;

        /// <summary>
        /// Вычисление площади
        /// </summary>
        /// <returns></returns>
        public abstract double Area();

        /// <summary>
        /// Приведение к строке, переопределение метода Object
        /// </summary>
        /// <returns></returns>
        public override string ToString()
        {
            return this.Type + " площадью " + this.Area().ToString();
        }

        /// <summary>
        /// Сравнение элементов (для сортировки)
        /// this - левый параметр сравнения
        /// </summary>
    }
}
```

```

    /// <param name="obj">правый параметр сравнения</param>
    /// <returns>
    /// -1 - если левый параметр меньше правого
    /// 0 - параметры равны
    /// 1 - правый параметр меньше левого
    /// </returns>
    public int CompareTo(object obj)
    {
        //Приведение параметра к типу "фигура"
        Figure p = (Figure)obj;
        //Сравнение
        if (this.Area() < p.Area()) return -1;
        else if (this.Area() == p.Area()) return 0;
        else return 1; //(this.Area() > p.Area())
    }
}

```

Наследование класса Figure от интерфейса IComparable является **обязательным**. Если просто реализовать метод CompareTo без наследования от интерфейса, то ошибка при сортировке все равно будет возникать. Можно сделать вывод, что **метод Sort проверяет не просто наличие у класса элемента списка метода CompareTo** (с помощью неявной или «утиной» типизации), **а проверяет факт наследования класса элемента списка от интерфейса IComparable**. В .NET такие проверки реализуются достаточно просто с помощью механизма рефлексии.

Отметим, что **использование интерфейса IComparable имеет существенное ограничение – метод CompareTo может быть реализован единственным образом**. То есть для класса данных можно задать только **одну метрику сравнения, которая «встраивается» в класс данных**. Например, в технологии LINQ для решения аналогичной задачи предложен более гибкий подход на основе классов-компараторов, которые реализуются «поверх» классов данных, что позволяет создавать несколько классов-компараторов для одного класса данных.

После наследования класса Figure от интерфейса IComparable метод сортировки может быть вызван без возникновения исключений:

```

List<Figure> f1 = new List<Figure>();
f1.Add(circle);
f1.Add(rect);

```

```
f1.Add(square);
Console.WriteLine("\nПеред сортировкой:");
foreach (var x in f1) Console.WriteLine(x);
//сортировка
f1.Sort();
Console.WriteLine("\nПосле сортировки:");
foreach (var x in f1) Console.WriteLine(x);
```

Результаты вывода в консоль:

Перед сортировкой:

Круг площадью 78,5398163397448

Прямоугольник площадью 20

Квадрат площадью 25

После сортировки:

Прямоугольник площадью 20

Квадрат площадью 25

Круг площадью 78,5398163397448

Следовательно, для сортировки коллекций, содержащих объекты классов, необходимо реализовывать в данных классах интерфейс `Comparable`.

6.2 Создание нестандартной коллекции на основе стандартной коллекции

В том случае, когда необходимой стандартной коллекции в библиотеке нет, прикладному программисту нужно самостоятельно реализовывать требуемую коллекцию.

В этом случае возможны два подхода:

1. Использовать стандартную коллекцию и написать «надстройку» над ней для реализации требуемого поведения. Данный способ предпочтителен, так как требует относительно небольших ресурсов при кодировании.
2. Если предыдущий подход невозможен, то приходится создавать коллекцию полностью с нуля.

В данном разделе рассмотрен первый подход на примере класса «Разреженная матрица».

Разреженная матрица – тип данных, который достаточно часто используется в информатике. Это матрица большой размерности, которая может быть заполнена на 3-5%, остальные ячейки матрицы пусты. Использование в этом случае обычной матрицы нецелесообразно, так как потребует выделения очень больших объемов памяти для хранения пустых значений.

Разреженную матрицу можно реализовать «поверх» стандартной коллекции. В приведенном ниже примере разреженная матрица реализована на основе словаря. Ключом элемента словаря является комбинация индексов ячейки матрицы по строке и столбцу, значением элемента словаря – значение элемента матрицы.

Класс «Разреженная матрица» реализован в виде обобщенной коллекции, класс-обобщение T соответствует типу ячейки матрицы.

Пример реализации класса «Разреженная матрица»:

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

namespace FigureCollections
{
    public class Matrix<T>
    {
        /// <summary>
        /// Словарь для хранения значений
        /// </summary>
        Dictionary<string, T> _matrix = new Dictionary<string, T>();

        /// <summary>
        /// Количество элементов по горизонтали (максимальное
        количество столбцов)
        /// </summary>
        int maxX;

        /// <summary>
        /// Количество элементов по вертикали (максимальное
        количество строк)
```

```

/// </summary>
int maxY;

/// <summary>
/// Реализация интерфейса для проверки пустого элемента
/// </summary>
IMatrixCheckEmpty<T> checkEmpty;

/// <summary>
/// Конструктор
/// </summary>
public Matrix(int px, int py,
              IMatrixCheckEmpty<T> checkEmptyParam)
{
    this.maxX = px;
    this.maxY = py;
    this.checkEmpty = checkEmptyParam;
}

/// <summary>
/// Индексатор для доступа к данным
/// </summary>
public T this[int x, int y]
{
    set
    {
        CheckBounds(x, y);
        string key = DictKey(x, y);
        this._matrix.Add(key, value);
    }
    get
    {
        CheckBounds(x, y);
        string key = DictKey(x, y);
        if (this._matrix.ContainsKey(key))
        {
            return this._matrix[key];
        }
        else
        {
            return this.checkEmpty.getEmptyElement();
        }
    }
}

/// <summary>
/// Проверка границ
/// </summary>
void CheckBounds(int x, int y)
{

```



```

    if (x < 0 || x >= this.maxX)
    {
        throw new ArgumentOutOfRangeException("x",
            "x=" + x + " выходит за границы");
    }
    if (y < 0 || y >= this.maxY)
    {
        throw new ArgumentOutOfRangeException("y",
            "y=" + y + " выходит за границы");
    }
}

/// <summary>
/// Формирование ключа
/// </summary>
string DictKey(int x, int y)
{
    return x.ToString() + "_" + y.ToString();
}

/// <summary>
/// Приведение к строке
/// </summary>
/// <returns></returns>
public override string ToString()
{
    StringBuilder b = new StringBuilder();
    for (int j = 0; j < this.maxY; j++)
    {
        b.Append("[");
        for (int i = 0; i < this.maxX; i++)
        {
            //Добавление разделителя-табуляции
            if (i > 0)
            {
                b.Append("\t");
            }
            //Если текущий элемент не пустой
            if (!this.checkEmpty.checkEmptyElement(this[i, j]))
            {
                //Добавить приведенный к строке текущий элемент
                b.Append(this[i, j].ToString());
            }
            else
            {
                //Иначе добавить признак пустого значения
                b.Append(" - ");
            }
        }
        b.Append("]\n");
    }
}

```

```

    }
    return b.ToString();
}
}
}

```

Рассмотрим работу данного класса более подробно. Основная структура данных для хранения разреженной матрицы – словарь `_matrix`. Ключ словаря – строка, которая содержит комбинацию индексов ячейки матрицы по строке и столбцу, значение словаря – обобщенный тип `T`, который является типом значения элемента матрицы.

Поля данных `maxX` и `maxY` используются для хранения размеров матрицы.

Поле `checkEmpty` содержит объект класса, реализующего интерфейс `IMatrixCheckEmpty<T>` для работы с пустыми значениями.

Пример интерфейса `IMatrixCheckEmpty`:

```

using System;

namespace FigureCollections
{
    /// <summary>
    /// Проверка пустого элемента матрицы
    /// </summary>
    public interface IMatrixCheckEmpty<T>
    {
        /// <summary>
        /// Возвращает пустой элемент
        /// </summary>
        T getEmptyElement();

        /// <summary>
        /// Проверка что элемент является пустым
        /// </summary>
        bool checkEmptyElement(T element);
    }
}

```

Интерфейс содержит два метода:

- `getEmptyElement`, возвращающий пустой элемент разреженной матрицы;

- `checkEmptyElement`, проверяющий, что переданное в качестве параметра метода значение является пустым элементом матрицы.

Методы данного интерфейса используются при создании разреженной матрицы.

Вернемся к классу разреженной матрицы `Matrix<T>`. Он содержит конструктор, в который в качестве параметров передаются размеры матрицы по горизонтали и вертикали и объект класса, реализующего интерфейс `IMatrixCheckEmpty<T>`. Конструктор сохраняет параметры в соответствующих полях класса.

Наиболее важной частью реализации является индексатор «`public T this[int x, int y]`». В качестве параметров индексатору передаются координаты `x` и `y` – столбец и строка текущей ячейки матрицы.

`Set`-аксессор индексатора выполняет запись элемента в матрицу.

Вначале выполняется проверка границ матрицы с помощью метода `CheckBounds`. Данный метод проверяет, что координаты текущей ячейки `x` и `y` находятся в диапазоне от 0 до границы по `x` или `y` соответственно. В случае выхода за границы генерируется исключение `ArgumentOutOfRangeException` с соответствующим сообщением.

Если координаты текущей ячейки находятся в пределах требуемых границ, то вычисляется ключ для записи в словарь с помощью функции `DictKey`. Данная функция осуществляет строковую конкатенацию координат `x` и `y` ячейки. Функция `DictKey` является устойчивой – всегда возвращает одинаковый результат для одного и того же набора параметров. Поэтому данная функция может быть использована как для записи, так и для чтения данных.

После вычисления ключа проводится запись значения, присваиваемого в `Set`-аксесоре (`value`), в словарь `_matrix`. В данной реализации не проверяется, существует ли уже в словаре ячейка с таким

ключом, как и в случае обычного массива, элементы перезаписываются. Однако, если необходимо, то можно добавить дополнительную проверку на наличие элемента в словаре и запретить перезапись элементов, поскольку при попытке перезаписи может генерироваться исключение.

Get-аксессор индексатора осуществляет чтение элемента из матрицы.

Как и в случае записи, при чтении сначала проверяются границы матрицы с помощью метода `CheckBounds`, и если координаты текущей ячейки находятся в пределах требуемых границ, то вычисляется ключ для чтения из словаря посредством функции `DictKey`.

Далее проверяется существование ключа в словаре с помощью метода `_matrix.ContainsKey`. Если элемент с вычисленным ключом существует, то Get-аксессор возвращает значение элемента. Если элемент не существует, то возвращается пустое значение с использованием поля `checkEmpty`.

В классе разреженной матрицы также переопределен метод `ToString`, выводящий значение матрицы в строковом представлении. Алгоритм работы данного метода является обычным, в нем с использованием двух вложенных циклов выполняется перебор и вывод в строку ячеек матрицы.

Для работы со строками в данном методе используется класс `StringBuilder`. Зачем необходим этот класс, ведь можно создавать объекты класса `String` путем их конкатенации с помощью оператора «+»? Но класс `String` содержит неизменяемые строки, а применение оператора «+» приводит к порождению новых объектов, что плохо сказывается на производительности приложения.

Когда класс `String` и оператор «+» используются в небольших фрагментах кода, то это не вызывает проблемы. Но если этот способ активно применять в приложении, например для формирования больших текстовых отчетов, то будет создаваться большое количество ненужных строковых объектов, которые практически сразу должен будет удалить сборщик мусора.

Разработчики платформы .NET предупреждают, что это может существенно снизить производительность приложения, поэтому в таком случае необходимо использовать класс `StringBuilder`, который позволяет формировать сложные строки без возникновения проблем с производительностью. У класса `StringBuilder` существует метод `Append`, который позволяет дописать в конец внутренней строки `StringBuilder` практически любые данные. Также для класса `StringBuilder` перегружен метод `ToString`, который возвращает внутреннюю строку `StringBuilder` в виде объекта класса `String`.

Рассмотрим пример использования класса «Разреженная матрица». Вначале необходимо создать класс, реализующий интерфейс `IMatrixCheckEmpty`:

```
using System;

namespace FigureCollections
{
    class FigureMatrixCheckEmpty : IMatrixCheckEmpty<Figure>
    {
        /// <summary>
        /// В качестве пустого элемента возвращается null
        /// </summary>
        public Figure getEmptyElement()
        {
            return null;
        }

        /// <summary>
        /// Проверка что переданный параметр равен null
        /// </summary>
        public bool checkEmptyElement(Figure element)
        {
            bool Result = false;
            if (element == null)
            {
                Result = true;
            }
            return Result;
        }
    }
}
```

Пример создания и вывода в консоль объекта класса «Разреженная матрица»:

```
Console.WriteLine("\nМатрица");
Matrix<Figure> matrix = new Matrix<Figure>(3, 3,
                                         new FigureMatrixCheckEmpty());
matrix[0, 0] = rect;
matrix[1, 1] = square;
matrix[2, 2] = circle;
Console.WriteLine(matrix.ToString());
```

Результаты вывода в консоль:

Матрица

```
[Прямоугольник площадью 20      -      - ]
[ -      Квадрат площадью 25      - ]
[ -      -      Круг площадью 78,5398163397448]
```

Таким образом, память в разреженной матрице выделяется только для реально существующих элементов. Пустые элементы не хранятся в памяти, вместо них возвращается заданное по умолчанию пустое значение.

6.3 Создание нестандартной коллекции без использования стандартных коллекций

В данном разделе разбирается пример создания коллекции в том случае, когда использовать стандартные коллекции нецелесообразно. Например, это реализация нестандартных деревьев, что достаточно трудно сделать на основе стандартных коллекций.

Однако сама по себе реализация дерева – сложная задача. Поэтому здесь в качестве учебного примера создается простой однонаправленный список и в качестве его наследника реализуется класс стека. Рассматриваемые классы создаются полностью с нуля без использования стандартных коллекций.

Рассматриваемые здесь классы, как и классы предыдущего раздела, являются фрагментами **примера 11**.

6.3.1 Классы простого списка

Класс SimpleListItem – контейнер элемента списка:

```
using System;

namespace FigureCollections
{
    /// <summary>
    /// Элемент списка
    /// </summary>
    public class SimpleListItem<T>
    {
        /// <summary>
        /// Данные
        /// </summary>
        public T data { get; set; }

        /// <summary>
        /// Следующий элемент
        /// </summary>
        public SimpleListItem<T> next { get; set; }

        ///конструктор
        public SimpleListItem(T param)
        {
            this.data = param;
        }
    }
}
```

Тип-обобщение T – тип данных списка. Класс SimpleListItem содержит свойство data обобщенного типа, предназначенное для хранения данных.

В классе SimpleListItem также содержится свойство next типа SimpleListItem, являющееся аналогом указателя на следующий элемент. Данное объявление может показаться несколько странным по сравнению с языком C++, где при создании собственных структур данных используются указатели. Здесь свойство next кажется скорее вложенным в предыдущий элемент, так что получается своеобразная матрешка из вложенных элементов списка. Однако синтаксис в этом случае не совсем точно отражает работу с памятью. Классы в .NET являются ссылочными

типами, следовательно, при объявлении переменной типа объект класса в данной переменной данные будут храниться именно как ссылка на объект класса, то есть фактически как указатель. Поэтому в памяти последовательность объектов класса SimpleListItem будет представлена в виде цепочки ссылок.

Класс SimpleList реализует список:

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

namespace FigureCollections
{
    /// <summary>
    /// Список
    /// </summary>
    public class SimpleList<T> : IEnumerable<T>
        where T : IComparable
    {
        /// <summary>
        /// Первый элемент списка
        /// </summary>
        protected SimpleListItem<T> first = null;

        /// <summary>
        /// Последний элемент списка
        /// </summary>
        protected SimpleListItem<T> last = null;

        /// <summary>
        /// Количество элементов
        /// </summary>
        public int Count
        {
            get { return _count; }
            protected set { _count = value; }
        }
        int _count;

        /// <summary>
        /// Добавление элемента
        /// </summary>
        public void Add(T element)
        {
            SimpleListItem<T> newItem =
                new SimpleListItem<T>(element);
            this.Count++;
        }
    }
}
```



```

//Добавление первого элемента
if (last == null)
{
    this.first = newItem;
    this.last = newItem;
}
//Добавление следующих элементов
else
{
    //Присоединение элемента к цепочке
    this.last.next = newItem;
    //Присоединенный элемент считается последним
    this.last = newItem;
}
}

/// <summary>
/// Чтение контейнера с заданным номером
/// </summary>
public SimpleListItem<T> GetItem(int number)
{
    if ((number < 0) || (number >= this.Count))
    {
        //Можно создать собственный класс исключения
        throw new Exception("Выход за границу индекса");
    }
    SimpleListItem<T> current = this.first;
    int i = 0;
    //Пропускаем нужное количество элементов
    while (i < number)
    {
        //Переход к следующему элементу
        current = current.next;
        //Увеличение счетчика
        i++;
    }
    return current;
}

/// <summary>
/// Чтение элемента с заданным номером
/// </summary>
public T Get(int number)
{
    return GetItem(number).data;
}

/// <summary>
/// Для перебора коллекции
/// </summary>

```

```

public IEnumerator<T> GetEnumerator()
{
    SimpleListItem<T> current = this.first;

    //Перебор элементов
    while (current != null)
    {
        //Возврат текущего значения
        yield return current.data;
        //Переход к следующему элементу
        current = current.next;
    }
}

```

//Реализация обобщенного IEnumerator<T> требует реализации
необобщенного интерфейса
//Данный метод добавляется автоматически при реализации интерфейса

```

System.Collections.IEnumerator
System.Collections.IEnumerable.GetEnumerator()
{
    return GetEnumerator();
}

```

```

/// <summary>
/// Сортировка
/// </summary>
public void Sort()
{
    Sort(0, this.Count - 1);
}

```

```

/// <summary>
/// Алгоритм быстрой сортировки
/// </summary>
private void Sort(int low, int high)
{
    int i = low;
    int j = high;
    T x = Get((low + high) / 2);
    do
    {
        while (Get(i).CompareTo(x) < 0) ++i;
        while (Get(j).CompareTo(x) > 0) --j;
        if (i <= j)
        {
            Swap(i, j);
            i++; j--;
        }
    } while (i <= j);
}

```

```

        if (low < j) Sort(low, j);
        if (i < high) Sort(i, high);
    }

    /// <summary>
    /// Вспомогательный метод для обмена элементов при
    сортировке
    /// </summary>
    private void Swap(int i, int j)
    {
        SimpleListItem<T> ci = GetItem(i);
        SimpleListItem<T> cj = GetItem(j);
        T temp = ci.data;
        ci.data = cj.data;
        cj.data = temp;
    }
}

```

Рассмотрим сначала поля и методы, отвечающие за внутреннее устройство списка.

Поля first и last содержат контейнеры (вернее, ссылки на контейнеры) для первого и последнего элемента списка.

Свойство Count содержит количество элементов. Для чтения оно доступно везде, в том числе и снаружи класса (область видимости public), а для записи — только в классе и его наследниках (область видимости protected).

Метод добавления нового элемента в конец списка Add создает новый контейнер элемента на основе переданных данных (объект класса SimpleListItem), увеличивает количество элементов списка на единицу, а затем добавляет контейнер к цепочке контейнеров. В результате этого поле first будет содержать ссылку на первый, а last — на последний элементы списка.

Метод GetItem используется для получения контейнера по его порядковому номеру, в частности для контейнера с номером N метод перебирает в цикле N-1 контейнеров и возвращает N-ый контейнер. Метод Get возвращает данные, находящиеся в контейнере.

Рассмотренные свойства и методы являются основными для работы списка. Кроме этого, для класса списка реализована дополнительная функциональность.

Данные списка можно перебирать в цикле `foreach`. Чтобы в .NET элементы коллекции можно было перебирать в цикле `foreach`, класс коллекции должен реализовывать интерфейс `IEnumerable`. Класс `SimpleList<T>` реализует обобщенный интерфейс `IEnumerable<T>`.

Реализация данного интерфейса требует реализации у класса методов `GetEnumerator`.

Обобщенный метод `«public IEnumerator<T> GetEnumerator()»` осуществляет перебор всех элементов списка и их возврат с помощью конструкции `«yield return»`. Реализация обобщенного интерфейса `IEnumerator<T>` требует реализации необобщенного интерфейса `IEnumerator`. Поэтому класс `SimpleList` также реализует необобщенный метод `«System.Collections.IEnumerator System.Collections.IEnumerable.GetEnumerator()»`, который вызывает обобщенную реализацию `GetEnumerator`.

Также для простого списка реализована сортировка методом быстрой сортировки (Quick Sort). Метод `Sort` без параметров выполняет сортировку, метод `Sort` с параметрами применяется для внутренних рекурсивных вызовов. Вспомогательный метод `Swar` используется для перестановки элементов.

Алгоритм быстрой сортировки разработал Чарльз Хоар во время стажировки в МГУ имени М.В. Ломоносова в 1960 году. Интересно то, что алгоритм изначально создавался для сортировки данных на магнитной ленте (устройстве с последовательным доступом), однако, в результате он оказался одним из самых эффективных и для сортировки коллекций с произвольным доступом к элементам.

Идея алгоритма состоит в том, что выбирается некоторый средний элемент коллекции и предполагается, что он находится на своем месте. Далее перебираются все элементы коллекции слева и справа от него. Если слева расположен больший элемент, а справа меньший, то они меняются местами. В результате такого прохода выбранный элемент действительно оказывается на своем месте, слева от него находятся все меньшие, а справа все большие элементы, однако элементы справа и слева не упорядочены. Поэтому далее алгоритм вызывается отдельно для левой и для правой части, где также выбираются средние элементы и работа алгоритма рекурсивно повторяется до тех пор, пока размер сортируемого подмассива не будет равен одному элементу.

Несмотря на кажущуюся простоту алгоритма, доказано, что он оказался одним из самых эффективных алгоритмов сортировки. Одной из проблем алгоритма является большое количество рекурсивных вызовов, что может переполнить стек вызовов. Поэтому в некоторых реализациях данного алгоритма рекурсию заменяют на цикл, а вместо стека вызовов используют отдельный стек данных, где хранят индексы начала и конца сортируемого подмассива.

Рассмотрим пример использования класса SimpleList:

```
SimpleList<Figure> list = new SimpleList<Figure>();
list.Add(circle);
list.Add(rect);
list.Add(square);
Console.WriteLine("\nПеред сортировкой:");
foreach (var x in list) Console.WriteLine(x);
//сортировка
list.Sort();
Console.WriteLine("\nПосле сортировки:");
foreach (var x in list) Console.WriteLine(x);
```

В данном примере метод Add обеспечивает добавление данных в список. Использование списка в цикле foreach приводит к вызову обобщенного метода GetEnumerator. Метод Sort осуществляет сортировку данных списка.

Результаты вывода в консоль:

Список

Перед сортировкой:

Круг площадью 78,5398163397448

Прямоугольник площадью 20

Квадрат площадью 25

После сортировки:

Прямоугольник площадью 20

Квадрат площадью 25

Круг площадью 78,5398163397448

6.3.2 Класс стека

Класс стека наследуется от класса списка:

```
using System;

namespace FigureCollections
{
    /// <summary>
    /// Класс стек
    /// </summary>
    class SimpleStack<T> : SimpleList<T> where T : IComparable
    {
        /// <summary>
        /// Добавление в стек
        /// </summary>
        public void Push(T element)
        {
            //Добавление в конец списка уже реализовано
            Add(element);
        }

        /// <summary>
        /// Удаление и чтение из стека
        /// </summary>
        public T Pop()
        {
            //default(T) - значение для типа T по умолчанию
            T Result = default(T);
            //Если стек пуст, возвращается значение по умолчанию для типа
            if (this.Count == 0) return Result;
            //Если элемент единственный
            if (this.Count == 1)
            {
                //то из него читаются данные
            }
        }
    }
}
```

```

        Result = this.first.data;
        //обнуляются указатели начала и конца списка
        this.first = null;
        this.last = null;
    }
    //В списке более одного элемента
    else
    {
        //Поиск предпоследнего элемента
        SimpleListItem<T> newLast = this.GetItem(this.Count - 2);
        //Чтение значения из последнего элемента
        Result = newLast.next.data;
        //предпоследний элемент считается последним
        this.last = newLast;
        //последний элемент удаляется из списка
        newLast.next = null;
    }
    //Уменьшение количества элементов в списке
    this.Count--;
    //Возврат результата
    return Result;
}
}
}

```

Класс стека наследует от списка все необходимые методы, за исключением собственно методов стека – Push (запись в стек) и Pop (чтение с удалением из стека).

При реализации стека на основе списка необходимо решить, что будет вершиной стека – начало или конец списка. В данной реализации в качестве вершины стека выбран конец списка.

Метод Push просто вызывает метод Add для добавления данных в конец списка.

Метод Pop в готовом виде в списке не реализован. Метод Pop возвращает последний элемент списка, а затем удаляет его из списка. Реализация метода зависит от количества элементов в списке. Если список не содержит элементов, то возвращается значение по умолчанию для обобщенного типа default(T). Если список содержит один элемент, то он возвращается, а список переводится в состояние пустого списка. Если список содержит более одного элемента, то возвращается и удаляется из

списка последний элемент, а предпоследний элемент устанавливается в качестве последнего.

Рассмотрим пример использования класса SimpleStack:

```
SimpleStack<Figure> stack = new SimpleStack<Figure>();
//добавление данных в стек
stack.Push(rect);
stack.Push(square);
stack.Push(circle);
//чтение данных из стека
while (stack.Count > 0)
{
    Figure f = stack.Pop();
    Console.WriteLine(f);
}
```

Результаты вывода в консоль:

Стек

Круг площадью 78,5398163397448

Квадрат площадью 25

Прямоугольник площадью 20

В соответствии с ожидаемым алгоритмом работы метод Pop извлекает элементы из вершины стека в обратном порядке.

6.4 Контрольные вопросы к разделу 6

1. В чем сходство и различие между обобщенными и необобщенными коллекциями?
2. Как выполняется работа с обобщенным списком?
3. Как происходит работа с необобщенным списком?
4. Как осуществляется работа с обобщенным стеком?
5. Как проводится работа с обобщенной очередью?
6. Как осуществляется работа с обобщенным словарем?
7. Как выполняется работа с кортежем?
8. В чем особенности работы с новым синтаксисом кортежей в C# 7.0?
9. Как реализуется сортировка коллекций?

10. Как используется интерфейс `Comparable` при сортировке коллекций?
11. Как можно реализовать класс разреженной матрицы на основе класса словаря?
12. Как можно реализовать классы списка и стека без применения стандартных коллекций?

7 Работа с файловой системой

Платформа .NET и язык C# предоставляют широкие возможности для работы с файловой системой. В данном разделе рассматриваются некоторые из этих возможностей на основе фрагментов **примера 12**.

7.1 Получение данных о файлах и каталогах

Наиболее простой способ получения информации о файловой системе — использование статического класса `Directory`. Если класс является статическим, то предполагается, что все его свойства и методы являются статическими.

Класс `Directory`, объявленный в пространстве имен `System.IO`, позволяет осуществлять работу с каталогами: создание (метод `CreateDirectory`), удаление (метод `Delete`), перемещение (метод `Move`) каталогов, получение списка файлов и подкаталогов.

Пример вывода списка файлов и каталогов в корне диска «C»:

```
string catalogName = @"c:\";
Console.WriteLine("\nСписок файлов каталога " + catalogName);
string[] files = Directory.GetFiles(catalogName);
foreach (string file in files)
{
    Console.WriteLine(file);
}

Console.WriteLine("\nСписок подкаталогов каталога " + catalogName);
string[] dirs = Directory.GetDirectories(catalogName);
foreach (string dir in dirs)
{
```

```

    Console.WriteLine(dir);
}

```

Метод `Directory.GetFiles` получает список файлов, а метод `Directory.GetDirectories` – список подкаталогов указанного каталога.

Обратите внимание на объявление переменной `catalogName`. Как и в языке C++ в C# символ «\» внутри строки используется для создания специальных символов, например «\n» – перевод строки. В соответствии с правилами языка C# имя каталога должно быть объявлено как «с:\», при этом символ «\» как и в C++ удваивается. Но особенностью языка C# является то, что если перед строковым значением стоит символ «@», то специальные символы игнорируются и удваивать символ «\» не требуется.

Результаты вывода в консоль:

Список файлов каталога c:\

c:\AVScanner.ini

c:\pagefile.sys

c:\SecurityScanner.dll

Список подкаталогов каталога c:\

c:\\$Recycle.Bin

c:\apps

c:\Documents and Settings

c:\Program Files

c:\Program Files (x86)

c:\Temp

c:\Windows

7.2 Чтение и запись текстовых файлов

В данном разделе рассмотрен наиболее простой способ работы с текстовыми файлами на основе класса `File`.

Класс `File` обладает достаточно широкой функциональностью. С его помощью возможно копирование (метод `Copy`), перемещение (метод `Move`), удаление (метод `Delete`) файлов в файловой системе.

У класса `File` существует достаточно большое количество методов для работы с файлами на основе файловых потоков, для файловых потоков используется класс `FileStream`. Класс `FileStream` позволяет выполнять с файлами данных большое количество действий, однако данный подход является достаточно низкоуровневым и здесь детально не рассматривается. Он детально рассмотрен в работах [1, 2]. Следует отметить, что данный подход пришел в язык `C#` из стандартных библиотек языка `Java`.

Для работы с бинарными файлами у класса `File` существуют упрощенные по сравнению с потоками методы чтения (`ReadAllBytes`) и записи (`WriteAllBytes`). Их можно применять для обработки последовательности байтов. Данные методы также можно использовать для бинарной сериализации/десериализации объектов, однако для этой задачи существуют более эффективные классы, которые разобраны в следующем разделе. Рассмотрим более детально методы чтения и записи текстовых файлов.

Метод `File.ReadAllText` возвращает считанный текстовый файл в виде переменной типа `string`. Метод `File.WriteAllText` записывает переменную типа `string` в качестве содержимого текстового файла.

Для дальнейшей обработки текстовых файлов необходимо получать путь к файлу, расположенному в каталоге рядом с исполняемой программой:

```

    /// <summary>
    /// Возвращает путь к текущему исполняемому файлу
    /// </summary>
    static string GetExecPath()
    {
        //Получение пути и имени текущего исполняемого файла
        //с помощью механизма рефлексии
        string exeFileName =
System.Reflection.Assembly.GetExecutingAssembly().Location;
        //Получение пути к текущему исполняемому файлу
        string Result = Path.GetDirectoryName(exeFileName);
        return Result;
    }

```

Имя исполняемого файла получается с использованием механизма рефлексии как имя текущей исполняемой сборки – `System.Reflection.Assembly.GetExecutingAssembly().Location`. Далее метод `GetDirectoryName` класса `Path` из полного имени каталога и файла возвращает только имя каталога. Класс `Path` используется для действий с именами каталогов и файлов.

Пример ввода строки и сохранения в файл:

```
//Текущий каталог
string currentPath = GetExecPath();
Console.Write("Введите текст для записи в файл:");
//Ввод содержимого файла
string file1Contents = Console.ReadLine();
//Формирование имени файла
string file1Name = Path.Combine(currentPath, "file1.txt");
//Запись строки в файл
File.WriteAllText(file1Name, file1Contents);
//Чтение строки из файла
string file1ContentsRead = File.ReadAllText(file1Name);
Console.Write("Чтение строки из файла:");
Console.WriteLine(file1ContentsRead);
```

В данном примере содержимое строки вводится с клавиатуры, затем с помощью метода `File.WriteAllText` записывается в текстовый файл. Для формирования имени файла используется метод `Path.Combine`, корректно соединяющий строку пути к текущему исполняемому файлу и имя создаваемого текстового файла. Если указанный текстовый файл существует, то метод `File.WriteAllText` удаляет предыдущее содержимое файла, а метод `File.ReadAllText` возвращает считанный текстовый файл в виде строки. В данном примере файл содержит только одну строку, однако метод `File.ReadAllText` может считать текстовый файл большого размера, содержащий произвольное количество переводов строк.

Результаты вывода в консоль:

Введите текст для записи в файл: пример текста

Чтение строки из файла: пример текста

При этом в каталоге, содержащем исполняемый файл, действительно создается текстовый файл file1.txt с указанным содержимым.

В классе File также есть методы, способные записать (WriteAllLines) или прочитать (ReadAllLines) массив строк.

Пример использования методов для чтения и записи строк:

```
Console.WriteLine("Введите строки для записи в файл (пустая строка -
окончание ввода):");
string tempStrTrim = "";
//Список строк
List<string> list = new List<string>();
do
{
    //Временная переменная для хранения строки
    string tempStr = Console.ReadLine();
    //Удаление пробелов из введенной строки
    tempStrTrim = tempStr.Trim();
    if (tempStrTrim != "")
    {
        //Непустая строка сохраняется в список
        list.Add(tempStrTrim);
    }
}
while (tempStrTrim != "");

//Формирование имени файла
string file2Name = Path.Combine(currentPath, "file2.txt");
//Запись в файл массива строк
File.WriteAllLines(file2Name, list.ToArray());

//Чтение строк из файла
string[] file2ContentsRead = File.ReadAllLines(file2Name);
Console.WriteLine("Чтение строк из файла:");
foreach (string str in file2ContentsRead)
{
    Console.WriteLine(str);
}
```

Для хранения строк при вводе используется обобщенный список. Ввод строк осуществляется с помощью цикла с постусловием, в условии проверяется ввод пустой строки. Таким образом, ввод строк осуществляется до ввода пустой строки. Для введенной строки с использованием метода Trim удаляются пробелы в начале и конце строки. Если строка не является пустой, то она добавляется в список.

В данном примере для проверки пустоты строки выполняется сравнение с пустой строкой (`tempStrTrim != ""`). Данный метод работает корректно с учетом того что для переменной `tempStrTrim` с помощью метода `Trim` предварительно удалены пробелы в начале и конце строки. Но для решения данной задачи в .NET также существует статический метод класса `string` – `String.IsNullOrEmpty(строка)`, возвращающий истину, если строка пуста или содержит только пробелы.

Для записи в файл массива строк применяется метод `File.WriteAllLines`, список строк преобразуется в массив с использованием метода `list.ToArray`.

Для чтения из файла массива строк используется метод `File.ReadAllLines`, для вывода прочитанных строк применяется цикл `foreach`.

Результаты вывода в консоль:

Введите строки для записи в файл (пустая строка - окончание ввода):

строка1

строка2

строка3

Чтение строк из файла:

строка1

строка2

строка3

При этом в каталоге, содержащем исполняемый файл, действительно создается текстовый файл `file2.txt` с указанным содержимым.

На практике для чтения текстового файла обычно используют метод `File.ReadAllText`, а далее текстовый файл, считанный в виде строки, делят на подстроки с помощью метода `string.Split`. Метод `Split` позволяет разделить строку на подстроки с помощью произвольного разделителя,

которым может быть символ переноса строки (в этом случае возвращается массив строк текстового файла) или пробел (в этом случае возвращается массив слов текстового файла).

7.3 Сериализация и десериализация объектов

Одной из наиболее частых задач, возникающих при работе с файлами, является сохранение в файл или чтения из файла объектов классов.

Задача сохранения объекта называется сериализацией, а задача чтения – десериализацией. В результате сериализации получается «твердая копия» объекта в виде файла, которая может быть куда-либо сохранена, перемещена и т.д. В результате десериализации объект восстанавливается на основе «твердой копии», и с ним можно продолжить работу.

В настоящее время наиболее часто для сериализации и десериализации используется база данных. В .NET существует технология Entity Framework, которая обеспечивает объектно-реляционное отображение (object-relational mapping – ORM) между объектами классов языка C# и записями в таблице реляционной базы данных. Фактически Entity Framework решает задачи сериализации и десериализации объектов классов языка C# в таблицы реляционной БД. Также Entity Framework решает множество других задач, в том числе облегчение разработки запросов к данным с помощью технологии LINQ to Entities.

В данном разделе на основе фрагментов **примера 13** рассмотрены наиболее простые методы сериализации и десериализации объектов в файлы. Классы, используемые для решения данной задачи, расположены в пространстве имен System.Runtime.Serialization.

7.3.1 Бинарная сериализация и десериализация

Наиболее часто применяются бинарная сериализация и десериализация с использованием класса `BinaryFormatter`.

Вначале создадим класс данных, для которого будет использована бинарная сериализация и десериализация:

```
using System;

namespace Serialization
{
    [Serializable]
    class DataBin
    {
        public int int1 { get; set; }
        public double double1 { get; set; }
        public string str1 { get; set; }

        public override string ToString()
        {
            return
                "str1=" + str1
                + " int1=" + int1.ToString()
                + " double1=" + double1.ToString();
        }
    }
}
```

Класс содержит три свойства: строкового, целого и вещественного типов. Для класса перегружен метод `ToString` который выводит значения свойств в строковом формате. Для использования бинарной сериализации класс обязательно должен быть помечен атрибутом `[Serializable]` (применение атрибутов разобрано далее в разделе рефлексии).

Пример создания объекта для сериализации:

```
DataBin b = new DataBin()
{
    str1 = "строка1",
    int1 = 333,
    double1 = 123.45
};
```

Следует обратить внимание, что объект класса создается не совсем обычным способом — вначале вызывается пустой конструктор класса

DataBin, а потом ставятся фигурные скобки и происходит инициализация свойств класса, которые разделяются запятыми. Такой синтаксис создания объектов класса допустим начиная с .NET 4.0. При такой форме инициализации пустые скобки при вызове конструктора можно не ставить, как показано в следующем примере.

Пример создания объекта для сериализации без использования скобок при вызове конструктора:

```
DataBin b = new DataBin
{
    str1 = "строка1",
    int1 = 333,
    double1 = 123.45
};
```

Пример сериализации объекта:

```
Console.WriteLine("До сериализации:");
Console.WriteLine(b);
//Текущий каталог
string currentPath = GetExecPath();
//Формирование имени файла
string fileBinName = Path.Combine(currentPath, "file1.bin");
//При сериализации файл необходимо открыть с использованием потоков
Stream TestFileStream1 = File.Create(fileBinName);
//Создание объекта класса сериализации
BinaryFormatter serializer = new BinaryFormatter();
//Сериализация объекта в файл
serializer.Serialize(TestFileStream1, b);
//Закрытие потока
TestFileStream1.Close();
```

Сначала выводится в консоль сериализуемый объект в строковом виде. Далее формируется имя файла для сериализации в переменной fileBinName.

Для сериализации необходимо открывать файл с использованием потоков. Файл открывается в режиме записи с помощью метода File.Create. После завершения работы с потоком следует закрыть поток посредством метода Close.

Сериализация и десериализация осуществляются с использованием объекта serializer класса BinaryFormatter. Для сериализации используется

метод `Serialize`, которому в качестве параметров передаются открытый поток для записи и сериализуемый объект.

Пример десериализации объекта:

```
//Открытие файла в виде потока на чтение
Stream TestFileStream2 = File.OpenRead(fileBinName);
//Десериализация объекта
DataBin b2 = (DataBin)serializer.Deserialize(TestFileStream2);
//Закрытие потока
TestFileStream2.Close();
Console.WriteLine("После десериализации:");
Console.WriteLine(b2);
```

Для десериализации также нужно открывать файл с помощью потоков. Файл открывается в режиме чтения с использованием метода `File.OpenRead`. После завершения работы с потоком следует закрыть поток с помощью метода `Close`.

Для десериализации используется метод `Deserialize` класса `BinaryFormatter`, которому в качестве параметра передается открытый поток. Этот метод возвращает десериализованный объект в виде объекта класса `Object`. Затем необходимо привести объект класса `Object` к нужному типу, в данном примере к типу `DataBin`.

Результаты вывода в консоль:

Бинарная сериализация/десериализация

До сериализации:

str1=строка1 int1=333 double1=123,45

После десериализации:

str1=строка1 int1=333 double1=123,45

Таким образом, объект сначала сериализован в бинарный файл, а затем десериализован из бинарного файла. Восстановленный объект полностью совпадает с исходным.

7.3.2 Сериализация и десериализация в формат XML

Данный вид сериализации и десериализации также используется достаточно часто. Принцип его работы практически полностью совпадает с

бинарной сериализацией и десериализацией, только вместо класса BinaryFormatter применяется класс XmlSerializer.

Рассмотрим пример сериализации и десериализации в формат XML.

Пример класса данных:

```
using System;

namespace Serialization
{
    public class DataXml1
    {
        public int int1 { get; set; }
        public double double1 { get; set; }
        public string str1 { get; set; }

        public override string ToString()
        {
            return
                "str1=" + str1
                + " int1=" + int1.ToString()
                + " double1=" + double1.ToString();
        }
    }
}
```

В случае XML-сериализации атрибут [Serializable] не требуется.

Пример создания объекта класса данных, сериализации и десериализации в формате XML:

```
Console.WriteLine("Сериализация/десериализация в формате XML:");

DataXml1 dataXml1 = new DataXml1
{
    str1 = "строка1 xml",
    int1 = 3333,
    double1 = 333.33
};

//+++++
//сериализация
//+++++
Console.WriteLine("До сериализации:");
Console.WriteLine(dataXml1);
//Формирование имени файла
string fileXml1Name = Path.Combine(currentPath, "file2.xml");
//При сериализации файл необходимо открыть с использованием потоков
Stream TestFileStream1Xml1 = File.Create(fileXml1Name);
//Создание объекта класса сериализации
```

```

XmlSerializer serializerXml1 = new XmlSerializer(typeof(DataXml1));
//Сериализация объекта в файл
serializerXml1.Serialize(TestFileStream1Xml1, dataXml1);
//Закрытие потока
TestFileStream1Xml1.Close();

//+++++
//десериализация
//+++++
//Открытие файла в виде потока на чтение
Stream TestFileStream2Xml1 = File.OpenRead(fileXml1Name);
//Десериализация объекта
DataXml1 dataXml1Out =
(DataXml1)serializerXml1.Deserialize(TestFileStream2Xml1);
//Закрытие потока
TestFileStream2Xml1.Close();
Console.WriteLine("После десериализации:");
Console.WriteLine(dataXml1Out);

```

Рассмотренный пример практически полностью совпадает с бинарной сериализацией/десериализацией, за исключением использования класса XmlSerializer. Конструктор класса XmlSerializer требует передачи в качестве параметра информации о типе сериализуемого класса typeof(DataXml1).

Результаты вывода в консоль:

Сериализация/десериализация в формате XML:

До сериализации:

str1=строка1 xml int1=3333 double1=333,33

После десериализации:

str1=строка1 xml int1=3333 double1=333,33

Отличие от бинарной сериализации состоит в том, что при сериализации формируется не бинарный файл, а файл в формате XML.

Содержимое файла file2.xml:

```

<?xml version="1.0"?>
<DataXml1
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <int1>3333</int1>
  <double1>333.33</double1>
  <str1>строка1 xml</str1>
</DataXml1>

```

При XML-сериализации существует возможность с помощью аннотаций для класса и свойств задавать формат сериализации. Изменим класс данных, добавив аннотации сериализации:

```
using System;
using System.Xml.Serialization;

namespace Serialization
{
    [XmlRoot(ElementName = "DataXmlWithParameters")]
    public class DataXml2
    {
        [XmlIgnore]
        public int int1 { get; set; }
        [XmlAttribute(AttributeName = "DoubleParameter")]
        public double double1 { get; set; }
        [XmlElement(ElementName = "StringParameter")]
        public string str1 { get; set; }

        public override string ToString()
        {
            return
                "str1=" + str1
                + " int1=" + int1.ToString()
                + " double1=" + double1.ToString();
        }
    }
}
```

В данном примере класс помечен аннотацией XmlRoot, в качестве параметра указано имя элемента XML: DataXmlWithParameters. Свойство int1 помечено аннотацией XmlIgnore, что отменяет сериализацию данного свойства. Свойство double1 помечено аннотацией XmlAttribute, поэтому оно будет сериализовано в виде XML-атрибута с именем DoubleParameter. Свойство str1 будет сериализовано в виде XML-элемента с именем «StringParameter».

Содержимое XML-файла для класса DataXml2:

```
<?xml version="1.0"?>
<DataXmlWithParameters
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
  DoubleParameter="333.33">
  <StringParameter>строка1 xml</StringParameter>
</DataXmlWithParameters>
```

Имена всех XML-элементов соответствуют именам, указанным в аннотациях класса DataXml2. В соответствии с аннотацией, свойство double1 сериализовано в виде атрибута DoubleParameter.

Создание объекта класса данных, сериализация и десериализация практически полностью аналогичны предыдущему примеру.

Пример создания объекта класса данных, сериализации и десериализации в формате XML с использованием аннотации сериализации:

```
Console.WriteLine("Сериализация/десериализация в формате XML с
атрибутами:");

DataXml2 dataXml2 = new DataXml2
{
    str1 = "строка1 xml",
    int1 = 3333,
    double1 = 333.33
};

//+++++
//сериализация
//+++++
Console.WriteLine("До сериализации:");
Console.WriteLine(dataXml2);
//Формирование имени файла
string fileXml2Name = Path.Combine(currentPath, "file2atr.xml");
//При сериализации файл необходимо открыть с использованием потоков
Stream TestFileStream1Xml2 = File.Create(fileXml2Name);
//Создание объекта класса сериализации
XmlSerializer serializerXml2 = new XmlSerializer(typeof(DataXml2));
//Сериализация объекта в файл
serializerXml2.Serialize(TestFileStream1Xml2, dataXml2);
//Закрытие потока
TestFileStream1Xml2.Close();

//+++++
//десериализация
//+++++
//Открытие файла в виде потока на чтение
Stream TestFileStream2Xml2 = File.OpenRead(fileXml2Name);
//Десериализация объекта
DataXml2 dataXml2Out =
(DataXml2)serializerXml2.Deserialize(TestFileStream2Xml2);
//Закрытие потока
TestFileStream2Xml2.Close();
```

```
Console.WriteLine("После десериализации:");
Console.WriteLine(dataXml2Out);
```

Результаты вывода в консоль:

Сериализация/десериализация в формате XML с атрибутами:

До сериализации:

```
str1=строка1 xml int1=3333 double1=333,33
```

После десериализации:

```
str1=строка1 xml int1=0 double1=333,33
```

Как и ожидалось, после десериализации свойство `int1` не восстановлено (по умолчанию имеет значение равное нулю), так как данное свойство в классе данных помечено атрибутом `XmlIgnore`.

7.4 Контрольные вопросы к разделу 7

1. Как получить список файлов для заданного каталога?
2. Как получить список подкаталогов для заданного каталога?
3. Как выполнить чтение текстового файла в виде единой строки?
4. Как осуществить запись текстового файла в виде единой строки?
5. Как реализовать чтение текстового файла в виде массива строк?
6. Как осуществить запись текстового файла в виде массива строк?
7. Как выполнить сериализацию и десериализацию объекта в бинарный файл?
8. Как осуществить сериализацию и десериализацию объекта в XML-файл?
9. Как управлять сериализацией и десериализацией объекта в XML-файл с использованием атрибутов?

8 Рефлексия

В данном разделе рассматриваются основы механизма рефлексии. Рефлексия с одной стороны включает достаточно большое количество

сведений, авторы [1] отмечают, что рефлексии можно посвятить отдельную книгу. С другой стороны, рефлексия очень широко используется в современном языке С#. Выше в пособии рефлексия использовалась в большом количестве примеров:

- для определения типа данных при работе с необобщенными коллекциями (работа с типами данных);
- для сортировки коллекций при проверке того, что тип реализует интерфейс `Comparable` (работа с типами данных);
- для определения пути к исполняемому файлу (работа со сборками);
- для бинарной сериализации, когда класс должен быть помечен атрибутом `[Serializable]` (работа с атрибутами).

Фактически работа со сборками, типами данных и атрибутами – основная задача рефлексии.

Также следует отметить, что в некоторых книгах термин «рефлексия» (reflection) иногда переводят с английского как «отражение». Но с таким переводом трудно согласиться. Дело в том, что данный термин в большей степени соответствует философскому термину «рефлексия». В соответствии с философским энциклопедическим словарем «рефлексия (от лат. *Reflexio* – обращение назад) – способность человеческого мышления к критическому самоанализу». Если спроецировать это определение на язык информатики, то можно определить рефлексию как способность языка программирования анализировать собственные программы различными способами.

Рассмотрим более детально возможности рефлексии в .NET на основе фрагментов **примера 14**.

8.1 Работа со сборками

Классы для работы с рефлексией расположены в пространстве имен System.Reflection.

Класс Assembly предназначен для получения информации о сборках. Метод GetExecutingAssembly возвращает информацию о текущей исполняемой сборке. Также существует группа методов Load* (Load, LoadFile, LoadFrom), позволяющих загрузить сборку и получить информацию о ней.

Пример кода, выводящего в консоль информацию о текущей сборке:

```
Console.WriteLine("Вывод информации о сборке:");
Assembly i = Assembly.GetExecutingAssembly();
Console.WriteLine("Полное имя:" + i.FullName);
Console.WriteLine("Исполняемый файл:" + i.Location);
```

Результаты вывода в консоль:

Вывод информации о сборке:

```
Полное имя: Reflection, Version=1.0.0.0, Culture=neutral, PublicKeyToken=null
Исполняемый файл: C:\root\13\Reflection\Reflection\bin\Debug\Reflection.exe
```

8.2 Работа с типами данных

Работа с типами данных один из наиболее часто применяемых механизмов рефлексии.

Создадим класс ForInspection, который содержит свойства, методы и другие элементы для получения информации с помощью рефлексии.

```
using System;

namespace Reflection
{
    /// <summary>
    /// Класс для исследования с помощью рефлексии
    /// </summary>
    public class ForInspection : IComparable
    {
        public ForInspection() { }
        public ForInspection(int i) { }
        public ForInspection(string str) { }

        public int Plus(int x, int y) { return x + y; }
    }
}
```

```

public int Minus(int x, int y) { return x - y; }

[NewAttribute("Описание для property1")]
public string property1
{
    get { return _property1; }
    set { _property1 = value; }
}
private string _property1;

public int property2 { get; set; }

[NewAttribute(Description = "Описание для property3")]
public double property3 { get; private set; }

public int field1;
public float field2;

/// <summary>
/// Реализация интерфейса IComparable
/// </summary>
public int CompareTo(object obj)
{
    return 0;
}
}
}

```

Класс реализует интерфейс `IComparable`, а также содержит конструкторы, методы, свойства, поля данных. Для получения информации о типе (классе) `ForInspection` необходимо создать объект класса `Type`.

Строго говоря, рефлексия не является объектно-ориентированным механизмом. Для получения информации о типах разработчики языка `C#` могли создать отдельный языковой механизм. Но поскольку `C#` – объектно-ориентированный язык, то и рефлексии типов разработчики языка `C#` реализовали на основе объектно-ориентированного подхода. **Type – это специализированный класс, содержащий информацию о других классах.** **Объект класса Type содержит информацию о конкретном классе.**

Получить информацию о типе можно двумя способами. Если создан объект класса, то получить информацию о классе можно с помощью

метода GetType. Метод GetType унаследован от класса Object, поэтому он должен присутствовать у любого объекта языка C#.

Пример получения информации о типе с помощью метода GetType:

```
ForInspection obj = new ForInspection();
Type t = obj.GetType();
```

Если объект класса не создан, то можно применить оператор typeof.

Пример получения информации о типе с помощью оператора typeof:

```
Type t = typeof(ForInspection);
```

Пример получения информации о типе ForInspection с использованием класса Type:

```
ForInspection obj = new ForInspection();
Type t = obj.GetType();
//другой способ
//Type t = typeof(ForInspection);

Console.WriteLine("\nИнформация о типе:");
Console.WriteLine("Тип " + t.FullName + " унаследован от " +
t.BaseType.FullName);
Console.WriteLine("Пространство имен " + t.Namespace);
Console.WriteLine("Находится в сборке " + t.AssemblyQualifiedName);

Console.WriteLine("\nКонструкторы:");
foreach (var x in t.GetConstructors())
{
    Console.WriteLine(x);
}

Console.WriteLine("\nМетоды:");
foreach (var x in t.GetMethods())
{
    Console.WriteLine(x);
}

Console.WriteLine("\nСвойства:");
foreach (var x in t.GetProperties())
{
    Console.WriteLine(x);
}

Console.WriteLine("\nПоля данных (public):");
foreach (var x in t.GetFields())
{
    Console.WriteLine(x);
}
```

```
Console.WriteLine("\nForInspection реализует IComparable -> " +
t.GetInterfaces().Contains(typeof(IComparable))
);
```

Таким образом, класс Type содержит свойства и методы, позволяющие получить информацию о конструкторах, методах, свойствах, полях данных исследуемого класса, проверить от какого класса наследуется класс, какие реализует интерфейсы.

Результаты вывода в консоль:

Информация о типе:

Тип Reflection.ForInspection унаследован от System.Object

Пространство имен Reflection

Находится в сборке Reflection.ForInspection, Reflection, Version=1.0.0.0, Culture=neutral, PublicKeyToken=null

Конструкторы:

Void .ctor()

Void .ctor(Int32)

Void .ctor(System.String)

Методы:

Int32 Plus(Int32, Int32)

Int32 Minus(Int32, Int32)

System.String get_property1()

Void set_property1(System.String)

Int32 get_property2()

Void set_property2(Int32)

Double get_property3()

Int32 CompareTo(System.Object)

System.String ToString()

Boolean Equals(System.Object)

Int32 GetHashCode()

System.Type GetType()

Свойства:

System.String property1

Int32 property2

Double property3

Поля данных (public):

Int32 field1

Single field2

ForInspection реализует IComparable -> True

По аналогии с конструкцией typeof в версии C# 6 появилась конструкция nameof, которая возвращает имя объекта. Это полезная особенность, так как при использовании рефлексии мы не всегда можем знать имя объекта.

Пример использования конструкции nameof:

```
PropertyExample pe1 = new PropertyExample();
Console.WriteLine(nameof(pe1));
```

Результаты вывода в консоль:

```
pe1
```

8.3 Динамические действия с объектами классов

Метод InvokeMember класса Type позволяет выполнять динамические действия с объектами классов: создавать объекты, вызывать методы, получать и присваивать значения свойств и др.

Его особенность заключается в том, что имена свойств, классов передаются методу InvokeMember в виде строковых параметров.

В следующем примере с использованием метода InvokeMember создается объект класса ForInspection и вызывается его метод:

```
Type t = typeof(ForInspection);
Console.WriteLine("\nВызов метода:");
//Создание объекта
//ForInspection fi = new ForInspection();
//Можно создать объект через рефлексия
ForInspection fi =
    (ForInspection)t.InvokeMember(
        null, BindingFlags.CreateInstance,
        null, null, new object[] { });
//Параметры вызова метода
object[] parameters = new object[] { 3, 2 };
//Вызов метода
object Result =
    t.InvokeMember("Plus", BindingFlags.InvokeMethod,
```

```

        null, fi, parameters);
Console.WriteLine("Plus(3,2)={0}", Result);

```

Метод `InvokeMember` принимает различные параметры: имя метода или свойства, к которому происходит обращение, список аргументов вызываемого метода и др.

Одним из важнейших параметров является параметр типа `BindingFlags` – это перечисление, которое определяет выполняемое действие: создание объекта, обращение к методу или свойству и т.д.

Результаты вывода в консоль:

Вызов метода:

```
Plus(3,2)=5
```

8.4 Работа с атрибутами

Работа с атрибутами, также как и с типами данных – один из наиболее часто применяемых механизмов рефлексии.

Поскольку в языке C# рефлексия реализована с использованием объектно-ориентированного подхода, то атрибуты являются классами.

Пример класса атрибута:

```

using System;

namespace Reflection
{
    /// <summary>
    /// Класс атрибута
    /// </summary>
    [AttributeUsage(AttributeTargets.Property, AllowMultiple =
false, Inherited = false)]
    public class NewAttribute : Attribute
    {
        public NewAttribute() { }
        public NewAttribute(string DescriptionParam)
        {
            Description = DescriptionParam;
        }

        public string Description { get; set; }
    }
}

```

Если класс применяется в качестве атрибута, то он должен быть унаследован от класса `System.Attribute`. Класс может содержать любые данные и методы. В данном случае у класса есть два конструктора (с параметром и без параметра) и автоопределяемое свойство `Description`.

Также класс атрибута должен быть, в свою очередь, помечен атрибутом `AttributeUsage`, который принимает три параметра:

- параметр типа перечисление `AttributeTargets`, которое указывает, к каким элементам класса может применяться атрибут `NewAttribute` (классам, свойствам, методам и т.д.); в данном случае только к свойствам (`Property`);
- логический параметр `AllowMultiple`, указывающий, может ли применяться к свойству несколько атрибутов `NewAttribute`; в данном случае это запрещено;
- логический параметр `Inherited`, указывающий, наследуется ли атрибут классами, производными от класса с атрибутами; обычно используется значение `false`.

Применять несколько атрибутов можно, например, в тех случаях, когда с их помощью помечают сделанные изменения, каждое изменение может помечаться атрибутом с указанием даты-времени и описания изменения.

Рассмотрим использование атрибута `NewAttribute` на примере класса `ForInspection`. Фрагмент класса, который содержит использование атрибутов:

```
[NewAttribute("Описание для property1")]
public string property1
{
    get { return _property1; }
    set { _property1 = value; }
}
private string _property1;

[NewAttribute(Description = "Описание для property3")]
public double property3 { get; private set; }
```

Атрибут необходимо записывать в квадратных скобках непосредственно перед тем элементом класса, к которому он относится; в данном случае атрибут применяется к свойствам.

Каждая запись в квадратных скобках – это объект соответствующего класса атрибута, в данном случае объект класса `NewAttribute`. В примере мы «приклеиваем стикер» в виде объекта класса `NewAttribute` к соответствующему свойству класса `ForInspection`, аннотируем свойства некоторой дополнительной информацией.

При создании аннотации механизм `IntelliSense` автоматически определяет конструкторы класса-атрибута. Все `public`-свойства автоматически превращаются в именованные параметры. Пример использования `IntelliSense` для аннотации показан на рис. 22.

Информация на рис. 22 полностью соответствует определению класса `NewAttribute`. Действительно, класс `NewAttribute` содержит два конструктора (пустой и с одним строковым параметром), а также `public`-свойство `Description`, которое `IntelliSense` определяет как именованный параметр аннотации.

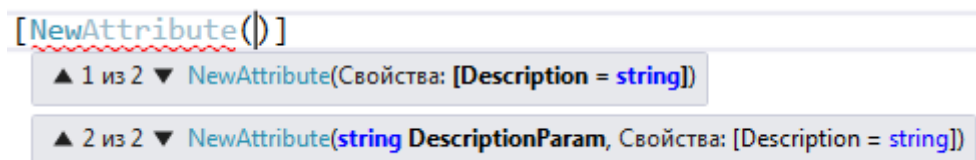


Рис. 22. Работа `IntelliSense` для аннотаций.

При компиляции аннотации также компилируются и записываются в соответствующую сборку. Затем с помощью механизма рефлексии можно проверить снабжен ли элемент класса какой-либо аннотацией. В рассматриваемом примере такая проверка вынесена в отдельную функцию:

```
/// <summary>
/// Проверка, что у свойства есть атрибут заданного типа
/// </summary>
/// <returns>Значение атрибута</returns>
public static bool GetPropertyAttribute(PropertyInfo checkType, Type
attributeType, out object attribute)
{
```



```

bool Result = false;
attribute = null;

//Поиск атрибутов с заданным типом
var isAttribute =
    checkType.GetCustomAttributes(attributeType, false);
if (isAttribute.Length > 0)
{
    Result = true;
    attribute = isAttribute[0];
}

return Result;
}

```

Метод принимает в качестве параметров информацию о проверяемом свойстве «PropertyInfo checkType» и тип проверяемого атрибута «Type attributeType». Если проверяемое свойство содержит атрибуты данного типа (метод checkType.GetCustomAttributes возвращает коллекцию isAttribute из более чем одного элемента), то метод возвращает истину, а в выходной параметр метода «out object attribute» помещается первый элемент коллекции isAttribute (в соответствии с определением, свойство NewAttribute может применяться к свойству не более одного раза).

Рассмотрим *пример, осуществляющий проверку того, что свойства снабжены атрибутом NewAttribute*. Если атрибут используется, то выводится содержимое поля Description:

```

Type t = typeof(ForInspection);
Console.WriteLine("\nСвойства, помеченные атрибутом:");
foreach (var x in t.GetProperties())
{
    object attrObj;
    if (GetPropertyAttribute(x, typeof(NewAttribute), out attrObj))
    {
        NewAttribute attr = attrObj as NewAttribute;
        Console.WriteLine(x.Name + " - " + attr.Description);
    }
}

```

В данном примере в цикле перебираются все свойства класса ForInspection. Если свойство снабжено атрибутом, то выводится название свойства и поле Description атрибута.

Информация о свойстве получается с помощью рассмотренной функции `GetPropertyAttribute`. Для приведения полученного значения типа `object` к требуемому типу `NewAttribute` используется оператор `as` в форме «выражение `as` тип». Оператор `as` является другой формой приведения типов кроме рассмотренного ранее приведения типов с помощью оператора «круглые скобки» в форме «(тип)выражение».

Результаты вывода в консоль:

Свойства, помеченные атрибутом:

`property1` - Описание для `property1`

`property3` - Описание для `property3`

Атрибуты очень широко применяются в .NET. Например, в технологии ASP.NET MVC с помощью атрибутов задаются правила проверки полей ввода при заполнении форм данных.

Отметим, что в Java существует аналогичный атрибутам механизм, который называется аннотациями. Вместо квадратных скобок для выделения аннотаций используется символ «@».

8.5 Использование рефлексии на уровне откомпилированных инструкций

Как уже было сказано выше, .NET является программно-реализованной моделью микропроцессора. Поэтому язык машинных команд MSIL (IL) можно представить в виде команд специфического диалекта языка ассемблер.

Для дизассемблирования необходимо запустить утилиту `ildasm` - IL Disassembler. Данная утилита входит в комплект Visual Studio. Для запуска необходимо открыть «командную строку разработчика Visual Studio» (данный пункт есть в меню «пуск» в разделе Visual Studio) и набрать в командной строке команду «`ildasm`».

Данная утилита является оконной, хотя содержит ключи для запуска в командной строке. При запуске без ключей в командной строке

открывается окно, в котором нужно выбрать пункт меню «Файл/Открыть», а затем выбрать соответствующий файл сборки. Выберем файл Reflection.exe из рассматриваемого в данном разделе **примера 14**.

В результате открывается окно содержащее список классов сборки. Если раскрыть соответствующий класс (в нашем примере ForInspection), то отобразится список конструкторов, методов, свойств (рис. 23).

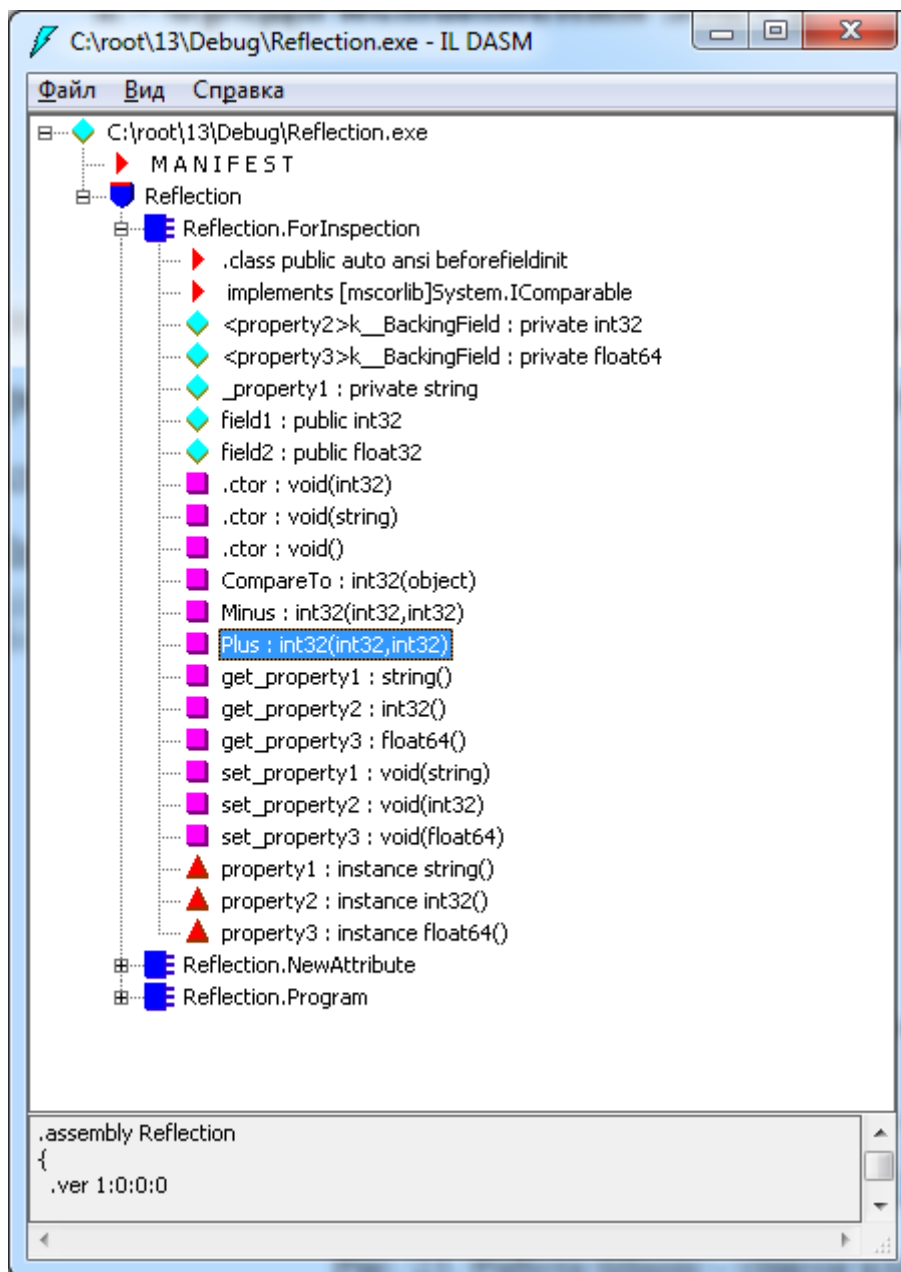
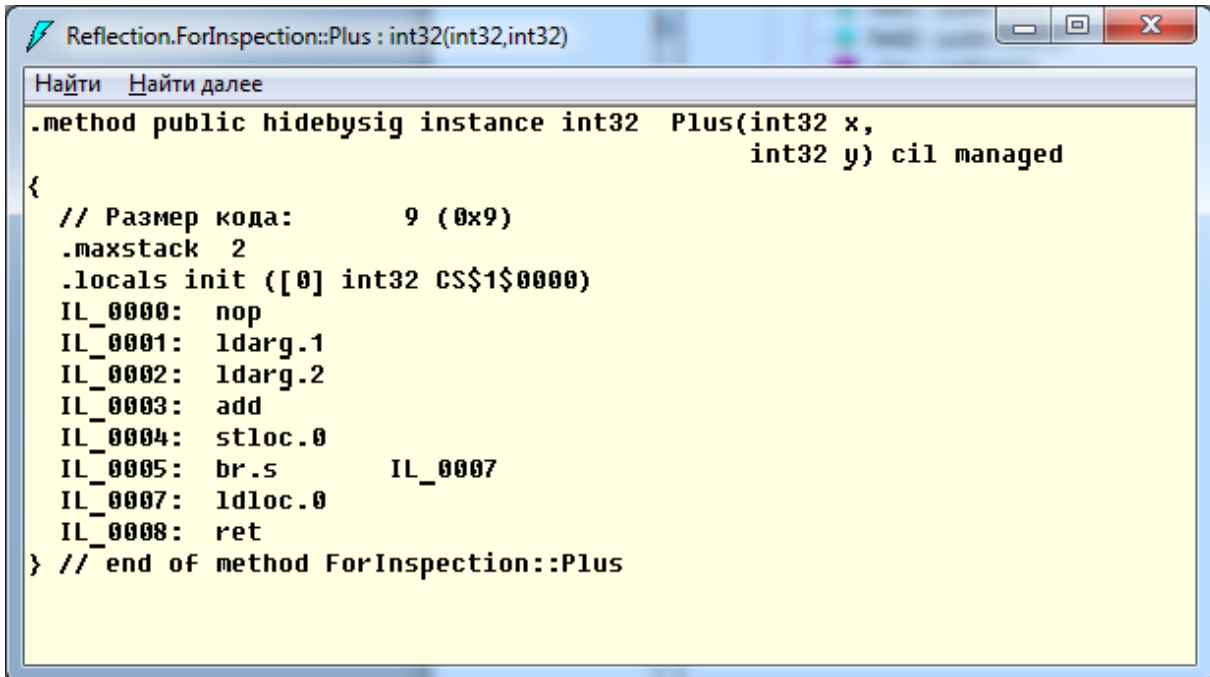


Рис. 23. Работа ildasm – список классов сборки.

Если дважды нажать левой клавишей мыши на определение любого элемента, то детальные команды языка IL отобразятся в отдельном окне. Нажмем дважды на определение метода Plus (рис. 24).



```

Reflection.ForInspection::Plus : int32(int32,int32)
Найти  Найти далее
.method public hidebysig instance int32 Plus(int32 x,
                                             int32 y) cil managed
{
    // Размер кода:      9 (0x9)
    .maxstack 2
    .locals init ([0] int32 CS$1$0000)
    IL_0000: nop
    IL_0001: ldarg.1
    IL_0002: ldarg.2
    IL_0003: add
    IL_0004: stloc.0
    IL_0005: br.s      IL_0007
    IL_0007: ldloc.0
    IL_0008: ret
} // end of method ForInspection::Plus
  
```

Рис. 24. Работа ildasm – код метода.

Метод Plus осуществляет сложение двух целых чисел.

Пример кода метода на языке C#:

```
public int Plus(int x, int y) { return x + y; }
```

Можно отметить некоторое сходство команд языка IL и команд ассемблера для Intel x86. Команда add выполняет сложение двух элементов стека виртуальной машины, ldarg загружает параметр метода в стек, ret осуществляет выход из метода.

Также необходимо отметить, что .NET предоставляет набор классов в пространстве имен System.Reflection.Emit, предназначенных для динамической генерации сборок. Эти классы могут быть полезны для разработчиков новых языков на платформе .NET а также для более детального знакомства с MSIL. В данное пространство имен входят классы для создания сборок, классов, методов и др. В частности, класс ILGenerator

позволяет генерировать бинарный код MSIL. Класс OpCodes содержит полный список всех команд MSIL.

Существуют программы-декомпиляторы, которые пытаются по коду MSIL восстановить исходный код на C#, например проект .NET Reflector.

Но такому восстановлению могут препятствовать программы-обфускаторы, производящие обфускацию (запутывание) откомпилированного кода. Если сборка подвергнута обфускации, то она работает корректно. Однако команды MSIL расположены в сборке таким образом, что декомпилятор не может восстановить по ним более высокоуровневые команды на языке C#. Примером такого проекта является Obfuscator.

8.6 Самоотображаемость

Самоотображаемость (англ. homoiconicity) – это способность языка программирования анализировать программу на этом языке как структуру данных. В некоторых русскоязычных источниках этот термин дословно переводят как «гомоиконичность».

Термин «самоотображаемость» зачастую используют вместе с термином «метапрограммирование». Самоотображаемость предполагает анализ программ как структур данных, а метапрограммирование предполагает генерацию на основе этих структур данных других программ.

Можно сказать, что самоотображаемость – предельный случай рефлексии, так как при этом нет никаких ограничений для анализа. Нет необходимости помечать какие-то фрагменты программы атрибутами, читать список методов класса и т.д. – вся программа является структурой данных, в которой можно производить любой поиск и с которой можно выполнять любые действия. В том числе самоотображаемость

предполагает работу с данными на уровне операторов языка, то есть на самом детальном уровне.

В настоящее время язык C# не поддерживает самоотображаемость, и проблема состоит как раз в детальном уровне. Поскольку язык C# является компилируемым языком, то с помощью рефлексии можно получить откомпилированные команды (как это делалось в предыдущем разделе), но по ним невозможно на лету восстановить исходные команды C#.

Изначально самоотображаемость заявлялась разработчиками C# в числе основных приоритетов. Однако в настоящее время разработчики заявляют, что самоотображаемость планируется реализовать в отдаленной перспективе.

Необходимо отметить, что самоотображаемость может быть реализована поверх языка с использованием библиотек для работы с AST (Abstract Syntax Tree – абстрактное синтаксическое дерево). AST дает возможность представить текст программы в виде дерева, в котором внутренние вершины соответствуют операторам языка программирования или функциям, а листья соответствуют операндам. Таким образом, AST позволяет представить текст программы в виде структуры данных (дерева) и фактически реализует принцип самоотображаемости. В отличие от получения команд из откомпилированной сборки с использованием рефлексии, AST-дерево строится по исходному тексту программы. В .NET работа с AST-деревом для прикладных программистов реализуется в рамках проекта модульного компилятора Roslyn.

В настоящее время наиболее известным языком, имеющим поддержку самоотображаемости, является язык Lisp, у которого существует большое количество диалектов, и который исторически является одним из первых языков программирования. В Lisp программа представляется в виде иерархического списка (программа фактически и есть AST), и каждая

программа может быть обработана другой программой. На платформе .NET реализован один из современных диалектов Lisp – clojure.

К самоотображаемым языкам также относятся Elixir (синтаксис которого похож на Ruby, но при этом реализована самоотображаемость в стиле Lisp) и Prolog (специализированный язык логического программирования).

Самоотображаемость на уровне команд языка ближе к интерпретируемым языкам, которые интерпретируются и выполняются на уровне исходного кода. Изначально Lisp был интерпретируемым языком. Самоотображаемость для компилируемого языка требует разработки сложного специализированного компилятора. В настоящее время проводятся активные работы по разработке самоотображаемых языков на основе интерпретируемого языка JavaScript.

8.7 Контрольные вопросы к разделу 8

1. Что такое рефлексия?
2. Как реализуется работа со сборками?
3. Как получить детальную информацию о типах данных с использованием рефлексии?
4. Как выполняются динамические действия с объектами классов?
5. Как обеспечивается работа с атрибутами?
6. Как можно просмотреть содержимое откомпилированной сборки?
7. Что такое самоотображаемость в языках программирования?

9 Параллельная обработка данных

В любом языке программирования параллельное программирование традиционно считается наиболее сложной темой. При параллельной обработке могут возникать сложные и плохо отлаживаемые ошибки,

связанные с одновременной записью в один и тот же набор данных, одновременным обращением к ресурсам и др. Такие сложные случаи здесь не приведены.

В этом разделе рассмотрен наиболее простой вариант параллельной обработки данных, когда в однородном массиве данных необходимо осуществить поиск. В этом случае можно разделить массив данных на несколько фрагментов и вести поиск параллельно.

Параллельная обработка данных рассматривается в данном разделе на основе фрагментов **примера 15**.

В языке C# существует три вида классов для параллельного запуска потоков:

- Thread (поток);
- ThreadPool (пул потоков);
- Task (задача).

Класс Thread является исторически первым средством для многопоточной работы в языке C#. Он представляет собой практически полную копию такого же класса в языке Java. Основная проблема класса Thread в языке C# – медленный запуск потока, на его создание и запуск уходит довольно много времени.

Для решения этой проблемы был разработан класс ThreadPool, который содержит пул уже запущенных потоков, которые при запуске начинают выполняться без задержки. Проблема класса ThreadPool – не очень удобный для прикладного программиста набор методов для работы с потоками.

С целью преодоления этих неудобств был разработан класс Task. В настоящее время именно этот класс является рекомендуемым средством для работы с потоками. Класс Task основан на классе ThreadPool, он обладает всеми достоинствами ThreadPool, и при этом содержит удобный для прикладного программиста набор методов для работы с потоками.

В данном разделе представлены примеры работы с классами Thread и Task (класс ThreadPool не рассматривается), а также пример параллельного поиска в массиве данных на основе класса Task.

9.1 Использование класса Thread

Пример использования класса Thread:

```
/// <summary>
/// Пример запуска потоков
/// </summary>
public static void ThreadExample()
{
    Console.WriteLine("Пример использования \"старого\" варианта
многопоточности с использованием класса Thread:");
    const int n = 10;
    Thread[] threads = new Thread[n];
    for (int i = 0; i < n; i++)
    {
        threads[i] = new Thread(ThreadRun);
    }
    for (int i = 0; i < n; i++)
    {
        threads[i].Start("Поток №" + i.ToString());
    }
}
```

В данном примере создается массив из 10 элементов threads объектов класса Thread. В цикле проводится инициализация элементов массива, для чего и создаются объекты класса Thread.

Конструктор класса Thread принимает параметр делегатного типа, который соответствует делегату ParameterizedThreadStart:

```
public delegate void ParameterizedThreadStart(object obj);
```

Это означает, что в конструктор класса Thread нужно передать метод, который принимает один параметр типа object и возвращает void. В данном примере таким методом будет ThreadRun.

Далее в цикле запускаются потоки. Для этого вызывается метод Start для каждого из элементов массива потоков. В качестве параметра в метод Start передается объект класса object, который подставляется при запуске

потока в делегатный параметр `ParameterizedThreadStart`. В нашем примере строка «"Поток №" + `i.ToString()`» будет передана в качестве параметра методу `ThreadRun`.

Рассмотрим более детально метод `ThreadRun`, который вызывается в потоке:

```
/// <summary>
/// Метод, запускаемый в потоке
/// </summary>
/// <param name="param"></param>
public static void ThreadRun(object param)
{
    Random r = new Random();
    int delay = r.Next(3000, 10000);
    Thread.Sleep(delay);
    Console.WriteLine(param.ToString());
}
```

В методе создается объект `r` класса `Random`, применяющийся для генерации случайных чисел. Метод `r.Next` возвращает случайное число в диапазоне от 3000 до 10000 – это задержка в миллисекундах, которая соответствует диапазону от 3 до 10 секунд.

Полученное случайное время задержки передается в качестве параметра статическому методу `Thread.Sleep`, выполняющему задержку текущего потока на заданное количество миллисекунд.

После задержки в консоль выводится сообщение, переданное в метод `ThreadRun` в качестве параметра.

Таким образом, параллельно запускаются 10 экземпляров метода `ThreadRun`, каждый из которых через случайное время в диапазоне от 3 до 10 секунд выводит в консоль сообщение, переданное в метод в качестве параметра при инициализации потока.

Результаты вывода в консоль (после завершения работы всех потоков):

Пример использования "старого" варианта многопоточности с использованием класса `Thread`:

```
Поток №7
Поток №8
```

Поток №9
 Поток №5
 Поток №6
 Поток №1
 Поток №0
 Поток №2
 Поток №3
 Поток №4

Сообщения выводятся в консоль в случайном порядке, что связано со случайным временем задержки в каждом потоке.

Отметим, что, хотя класс `Thread` позволяет успешно решать задачу параллельного запуска потоков, его использование связано с определенными неудобствами для прикладного программиста. Все параметры передаются в метод потока через единственный параметр типа `object`. Поэтому, как правило, необходимо создавать отдельный класс, который будет содержать как входные, так и выходные параметры потока, передавать объект данного класса в качестве параметра в метод потока, в методе потока осуществлять приведение типа к требуемому классу, и возвращать через данный класс результаты работы потока, так как класс `Thread` не имеет специальных способов возврата результатов работы в вызывающий поток.

Также следует отметить, что аналогичные затруднения возникают при использовании класса `ThreadPool`.

9.2 Использование класса *Task*

Разработчики .NET учли рассмотренные выше сложности при проектировании класса `Task`.

Реализуем рассмотренный ранее пример с использованием класса `Task`:

```
/// <summary>
/// Пример запуска потоков с использованием Task
/// </summary>
public static void TaskExample()
```

```

{
    Console.WriteLine("Пример использования \"нового\" варианта
многопоточности с использованием класса Task:");
    const int n = 10;
    for (int i = 0; i < n; i++)
    {
        Task.Factory.StartNew(
            (object param) =>
            {
                Random r = new Random();
                int delay = r.Next(3000, 10000);
                Thread.Sleep(delay);
                Console.WriteLine(param.ToString());
            },
            "Поток №" + i.ToString());
    }
}

```

В данном примере не нужно создавать массив. Класс Task имеет статическое свойство Factory («фабрика»). Здесь предполагается, что это «фабрика» для создания объектов (применяется шаблон объектно-ориентированного проектирования «фабрика»). У «фабрики» есть метод создания и запуска потока StartNew. В данном примере используется следующая перегрузка метода StartNew:

```
public Task StartNew(Action<object> action, object state);
```

Первым параметром метода StartNew является метод, соответствующий делегату Action<object>, то есть, как и в случае использования класса Thread метод принимающий параметр типа object и возвращающий void.

В рассматриваемом примере первому параметру соответствует лямбда-выражение, представляющее собой аналог метода ThreadRun при использовании класса Thread:

```

(object param) =>
{
    Random r = new Random();
    int delay = r.Next(3000, 10000);
    Thread.Sleep(delay);
    Console.WriteLine(param.ToString());
}

```

Второй параметр метода StartNew – параметр типа object, который при запуске потока подставляется в делегатный параметр. Здесь второму параметру соответствует строка «"Поток №" + i.ToString()», которая при запуске потока подставляется в параметр лямбда-выражения «(object param) => ».

Результаты вывода в консоль (после завершения работы всех потоков):

Пример использования "нового" варианта многопоточности с использованием класса Task:

```
Поток №0
Поток №5
Поток №1
Поток №3
Поток №2
Поток №7
Поток №6
Поток №4
Поток №9
Поток №8
```

Как и в предыдущем случае сообщения выводятся в консоль в случайном порядке.

Код решения задачи с использованием класса Task получился более компактным, метод потока задается с помощью лямбда-выражения. Однако более важное преимущество класса Task – возможность возврата результата выполнения потока.

9.3 Возврат результата выполнения потока с использованием класса Task

Решим более сложную задачу с применением класса Task. Заполним массив числами от 1 до 100 и найдем в нем числа, которые без остатка делятся на 3. При этом массив разделим на 10 подмассивов (по соответствующим десяткам) и будем выполнять поиск многопоточно.

Результаты поиска по 10 подмассивам объединим в единый массив результатов.

Для решения данной задачи необходимо решить подзадачу не связанную с потоками – разделение массива на подмассивы, для чего создадим вспомогательный класс для хранения диапазонов:

```

/// <summary>
/// Хранение минимального и максимального значений диапазона
/// </summary>
public class MinMax
{
    public int Min {get; set;}
    public int Max {get; set;}

    public MinMax(int pmin, int pmax)
    {
        this.Min = pmin;
        this.Max = pmax;
    }
}

```

Разделение массива на подмассивы реализуется с помощью метода DivideSubArrays статического класса SubArrays. Код приведен ниже и детально откомментирован:

```

/// <summary>
/// Класс для деления массива на последовательности
/// </summary>
public static class SubArrays
{
    /// <summary>
    /// Деление массива на последовательности
    /// </summary>
    /// <param name="beginIndex">Начальный индекс массива</param>
    /// <param name="endIndex">Конечный индекс массива</param>
    /// <param name="subArraysCount">Требуемое количество
    подмассивов</param>
    /// <returns>Список пар с индексами подмассивов</returns>
    public static List<MinMax> DivideSubArrays(
        int beginIndex, int endIndex, int subArraysCount)
    {
        //Результирующий список пар с индексами подмассивов
        List<MinMax> result = new List<MinMax>();

        //Если число элементов в массиве слишком мало для деления
        //то возвращается массив целиком
        if ((endIndex - beginIndex) <= subArraysCount)

```

```

{
    result.Add(new MinMax(0, (endIndex - beginIndex)));
}
else
{
    //Размер подмассива
    int delta = (endIndex - beginIndex) / subArraysCount;
    //Начало отсчета
    int currentBegin = beginIndex;
    //Пока размер подмассива укладывается в оставшуюся
    //последовательность
    while ((endIndex - currentBegin) >= 2 * delta)
    {
        //Формируем подмассив на основе начала
        //последовательности
        result.Add(
            new MinMax(currentBegin, currentBegin + delta));
        //Сдвигаем начало последовательности
        //вперед на размер подмассива
        currentBegin += delta;
    }
    //Оставшийся фрагмент массива
    result.Add(new MinMax(currentBegin, endIndex));
}
//Возврат списка результатов
return result;
}
}

```

В результате работы метод `DivideSubArrays` возвращает список объектов класса `MinMax`, которые хранят начальный и конечный индексы соответствующих диапазонов массива.

На этом рассмотрение вспомогательных классов завершено, и мы переходим к методу `ArrayThreadExample`, осуществляющему многопоточный поиск в массиве:

```

/// <summary>
/// Многопоточный поиск в массиве
/// </summary>
public static void ArrayThreadExample(
    int ArrayLength, int ThreadCount, int Divider)
{
    //Результирующий список чисел
    List<int> Result = new List<int>();

    //Создание и заполнение временного списка данных
    List<int> tempList = new List<int>();
}

```

```

for (int i = 0; i < ArrayLength; i++) tempList.Add(i + 1);

//Деление списка на фрагменты
//для параллельного запуска в потоках
List<MinMax> arrayDivList =
    SubArrays.DivideSubArrays(0, ArrayLength, ThreadCount);
int count = arrayDivList.Count;

//Вывод диапазонов деления исходного массива
for (int i = 0; i < count; i++)
{
    //Вывод результатов, найденных в каждом потоке
    Console.WriteLine("Диапазон " + i.ToString() + ": " +
        arrayDivList[i].Min + " - " +
        arrayDivList[i].Max);
}
Console.WriteLine();

//Создание таймера
Stopwatch timer = new Stopwatch();
//Запуск таймера
timer.Start();

//Количество потоков соответствует количеству фрагментов массива
Task<List<int>>[] tasks = new Task<List<int>>[count];

//Запуск потоков
for (int i = 0; i < count; i++)
{
    //Создание временного списка, чтобы потоки
    //не работали параллельно с одной коллекцией
    List<int> tempTaskList =
        tempList.GetRange(arrayDivList[i].Min,
            arrayDivList[i].Max - arrayDivList[i].Min);

    tasks[i] = new Task<List<int>>(<
        //Метод, который будет выполняться в потоке
        ArrayThreadTask,
        //Параметры потока передаются в виде кортежа,
        //чтобы не создавать временный класс
        new Tuple<List<int>, int>(tempTaskList, Divider));

    //Запуск потока
    tasks[i].Start();
}

//Ожидание завершения всех потоков
Task.WaitAll(tasks);

//Остановка таймера

```



```

timer.Stop();

//Объединение результатов полученных из разных потоков
for (int i = 0; i < count; i++)
{
    //Вывод результатов, найденных в каждом потоке
    Console.Write("Поток " + i.ToString() + ": ");
    foreach (var x in tasks[i].Result)
        Console.Write(x.ToString() + " ");
    Console.WriteLine();

    //Добавление результатов конкретного потока
    //в общий массив результатов
    Result.AddRange(tasks[i].Result);
}

//Вывод общего массива результатов
Console.WriteLine("\nМассив из {0} элементов обработан {1}
                    потоками за {2}. Найдено: {3}", ArrayLength,
                    count, timer.Elapsed, Result.Count);
foreach (int i in Result)
    Console.Write(i.ToString().PadRight(5));
Console.WriteLine();
}

```

Метод принимает три параметра:

- int ArrayLength – число элементов в массиве; в рассматриваемом примере оно равно 100;
- int ThreadCount – число потоков для одновременного поиска; в рассматриваемом примере составляет 10;
- int Divider – искомый делитель; в рассматриваемом примере равен 3.

В начале работы метода создается переменная Result типа List<int>. В нее будут сохраняться найденные в потоках числа, которые без остатка делятся на 3. Затем организуется список tempList типа List<int> и заполняется числами от 1 до 100.

После этого с помощью метода SubArrays.DivideSubArrays осуществляется деление диапазона от 1 до 100 на поддиапазоны по десяткам. Найденные диапазоны записываются в список arrayDivList, содержимое списка выводится в консоль в виде «Диапазон 0: 0 - 10».

Для измерения времени выполнения потоков создается объект класса Stopwatch. Он расположен в пространстве имен System.Diagnostics и используется для измерения времени выполнения программы. Класс Stopwatch является аналогом секундомера, только время измеряется в долях секунд. Метод Start запускает таймер, метод Stop останавливает таймер, свойство Elapsed возвращает измеренное время в виде объекта класса TimeSpan, предназначенного для хранения интервала времени.

Затем создается массив tasks объектов класса Task. В данном случае используется обобщенная форма класса Task – Task<List<int>>. List<int> – это тип данных, который будет возвращен методом, работающим в потоке класса Task.

Далее производится запуск потоков. Перед запуском каждого потока из массива данных tempList выделяется фрагмент данных, относящийся к этому потоку. Класс List не является потокобезопасным, и потому в него нельзя одновременно записывать данные из нескольких потоков. При этом чтение данных будет потокобезопасным действием для любой коллекции, при условии, что в нее в это же время не производится запись. В данном примере выделение фрагментов массива не связано с потокобезопасностью. Все потоки могли бы читать данные из общего массива, и это не привело бы неправильной работе программы. Однако обращение к одному массиву из нескольких потоков могло бы повлиять на корректность измерения времени, так как поиск из нескольких потоков в одном массиве мог бы замедлить выполнение программы.

В .NET существуют специальные классы потокобезопасных коллекций, расположенные в пространстве имен System.Collections.Concurrent. Они допускают одновременную запись данных из нескольких потоков, например потокобезопасный аналог списка – ConcurrentBag, потокобезопасный словарь – класс ConcurrentDictionary.

У класса `List` существует метод `GetRange`, копирующий элементы в заданном диапазоне индексов.

Далее создаются объекты класса `Task`. В данном случае используется не фабрика, а обычный конструктор, который принимает два параметра: исполняемый в потоке метод (в данном примере `ArrayThreadTask`) и параметр типа `object` который будет передан в качестве аргумента исполняемому методу. Здесь в качестве второго параметра передается кортеж (`Tuple`), который содержит подмассив чисел для поиска в потоке (выделенный для данного потока фрагмент массива) и искомое число (в рассматриваемом примере 3).

Затем запускается поток с помощью метода `tasks[i].Start()`.

После этого необходимо дождаться завершения работы всех потоков, чтобы получить результаты поиска. Это делается с помощью вызова метода `Task.WaitAll`. В качестве параметра метод `WaitAll` принимает массив `tasks`. Метод `WaitAll` завершит работу только после того как отработают все потоки массива `tasks`.

После завершения работы потоков можно получить результаты работы потоков. Для получения результата работы потока используется свойство `tasks[i].Result`. Свойство `Result` возвращает результат работы метода потока (в рассматриваемом примере метода `ArrayThreadTask`). Поэтому метод `ArrayThreadTask` должен возвращать тип данных, указанный в качестве обобщения класса `Task`, в данном случае это `List<int>`. Данные этого типа возвращает свойство `Result`. Таким образом, `Result` является хранилищем результата работы метода потока. Получить этот результат можно непосредственно через поток (объект класса `Task`).

Далее производится копирование полученного свойства `tasks[i].Result` для каждого потока в общий список результатов (локальная переменная `Result`). У класса `List` существует метод `AddRange`, который добавляет в список все элементы другого списка.

В консоль выводится информация о числах, найденных в результате поиска, времени поиска и т.д.

Рассмотрим исполняемый в потоке метод `ArrayThreadTask`:

```

/// <summary>
/// Выполняется в параллельном потоке для поиска числа
/// </summary>
/// <param name="param"></param>
public static List<int> ArrayThreadTask(object paramObj)
{
    //Получение параметров
    Tuple<List<int>, int> param = (Tuple<List<int>, int>)paramObj;
    int listCount = param.Item1.Count;

    //Временный список для результата
    List<int> tempData = new List<int>();

    //Перебор нужных элементов в списке данных
    for (int i = 0; i < listCount; i++)
    {
        //Текущее значение из массива
        int temp = param.Item1[i];

        //Если число делится без остатка на делитель,
        //то сохраняем в результат
        if ((temp % param.Item2) == 0)
        {
            tempData.Add(temp);
        }
    }

    //Возврат массива данных
    return tempData;
}

```

В этом методе сначала полученный параметр приводится к типу кортежа, а затем из кортежа получается информация о подмассиве для поиска (переменная `param.Item1`) и искомом делителе (переменная `param.Item2`).

Данные подмассива для поиска перебираются в цикле. Если элемент подмассива делится без остатка на искомый делитель, то элемент массива добавляется в результирующий список.

Метод возвращает результирующий список чисел, которые делятся на искомый делитель без остатка. Тип возвращаемого значения метода

List<int> совпадает с обобщенным типом, который использовался при объявлении класса Task.

В рассматриваемом примере метод ArrayThreadExample вызывается следующим образом:

```
ArrayThreadExample(100, 10, 3);
```

Результаты работы метода (вывод в консоль):

```
Диапазон 0: 0 - 10
Диапазон 1: 10 - 20
Диапазон 2: 20 - 30
Диапазон 3: 30 - 40
Диапазон 4: 40 - 50
Диапазон 5: 50 - 60
Диапазон 6: 60 - 70
Диапазон 7: 70 - 80
Диапазон 8: 80 - 90
Диапазон 9: 90 - 100
```

```
Поток 0: 3 6 9
Поток 1: 12 15 18
Поток 2: 21 24 27 30
Поток 3: 33 36 39
Поток 4: 42 45 48
Поток 5: 51 54 57 60
Поток 6: 63 66 69
Поток 7: 72 75 78
Поток 8: 81 84 87 90
Поток 9: 93 96 99
```

Массив из 100 элементов обработан 10 потоками за 00:00:00.0275901. Найдено:

33

```
3    6    9    12   15   18   21   24   27   30   33   36   39   42   45   48
51   54   57   60   63   66   69   72   75   78   81   84   87   90   93   96
99
```

Таким образом, класс Task фактически позволяет вызывать потоки как асинхронные методы, которые возвращают результаты после выполнения.

9.4 Использование конструкций *async* и *await*

В .NET 4.5 для облегчения асинхронной работы с классом Task в язык C# были добавлены новые ключевые слова *async* и *await*.

Рассмотрим использование этих ключевых слов на простейшем примере.

Объявим следующий метод:

```
/// <summary>
/// Задача для запуска
/// </summary>
static Task<string> GetTaskAsync()
{
    //Создание задачи
    Task<string> t = new Task<string>(
        () =>
        {
            Thread.Sleep(3000);
            return "После задержки в 3 секунды.";
        }
    );
    //Запуск задачи
    t.Start();
    //Задача возвращается в качестве результата
    return t;
}
```

Этот метод создает и запускает задачу, которая после задержки в 3 секунды возвращает строковое значение. Несколько необычным является то, что сама задача (Task), а не результат ее работы, возвращается из метода. Фактически, метод возвращает запущенный поток.

Объявим следующий метод с использованием новых ключевых слов:

```
/// <summary>
/// Асинхронный метод
/// </summary>
static async void DelayAsync()
{
    string Result = await GetTaskAsync();
    Console.WriteLine(Result);
}
```

Данный метод объявлен как асинхронный (с использованием ключевого слова *async*). Это означает, что в нем могут выполняться

длительные действия. При этом данный метод будет запущен асинхронно, то есть, не дожидаясь завершения данного метода, будут выполняться следующие после него команды.

В теле метода `DelayAsync` вызывается метод `GetTaskAsync`, который возвращает `Task`. При вызове метода `GetTaskAsync` используется ключевое слово `await`, которое ожидает завершения работы объекта класса `Task` и возвращает свойство `Result` объекта класса `Task`. После работы метода `GetTaskAsync`, который возвращает `Task<string>`, команда `await` возвращает значение типа `string`. Полученная строка выводится в консоль.

Вызовем метод `DelayAsync` следующим образом:

```
DelayAsync();
Console.WriteLine("\nПеред вызовом DelayAsync");
```

Поскольку метод `DelayAsync` объявлен как асинхронный, то он будет запущен и управление будет сразу передано следующей команде — `Console.WriteLine`.

Далее в методе `DelayAsync` будет вызван метод `GetTaskAsync`. Он реализует задержку в три секунды и возвращает строковый результат, который будет выведен после задержки.

Таким образом, команда `Console.WriteLine` будет действительно выполнена до завершения асинхронного метода `DelayAsync` и сообщения в консоль будут выведены в следующем порядке:

```
Перед вызовом DelayAsync
После задержки в 3 секунды.
```

9.5 Контрольные вопросы к разделу 9

1. Как реализовать запуск параллельных потоков на основе класса `Thread`?
2. Как реализовать запуск параллельных потоков на основе класса `Task`?

3. Как получить результат выполнения потока с использованием класса Task?
4. Как реализовать ожидание завершения массива потоков с помощью класса Task?
5. Как осуществить измерение времени выполнения программы с использованием класса Stopwatch?
6. Как применяются конструкции async и await?

10 Реализация алгоритма поиска с опечатками

Данное пособие предназначено, прежде всего, для того, чтобы помочь в изучении языка программирования C# и в нем не ставится цель изучения алгоритмов.

Но в качестве учебной задачи мы рассмотрим один достаточно сложный алгоритм, который довольно часто используется при разработке информационных систем. Это алгоритм поиска в текстовой строке с опечатками.

Практически любая крупная информационная система содержит такие данные как фамилии, имена, отчества, географические названия, которые могут быть набраны с опечатками при вводе данных или при вводе ключевого слова для поиска.

Устранение опечаток при поиске представляет собой нетривиальную задачу. Для ее решения предлагались различные методы, например разбиение слов на два или три символа с их комбинаторным перебором. Но все они оказались мало эффективны.

10.1 Расстояние Дameraу-Левенштейна

Эффективный способ решения данной задачи предложил отечественный исследователь – Владимир Иосифович Левенштейн.

Теоретические выкладки данного раздела основаны на источнике [4].

Вычисление расстояния Левенштейна (редакционного расстояния) основано на понятии редакционного предписания. Редакционным предписанием называется последовательность действий, необходимых для получения из первой строки второй кратчайшим образом. Обычно действия обозначаются так:

- D (англ. delete) — удалить,
- I (insert) — добавить,
- R (replace) — заменить,
- M (match) — совпадение.

Пример редакционного предписания представлен на рис. 25:

Действие	M	M	I	R	M	M	R	D
Исходное слово	П	Р		И	М	Е	Р	Ы
Результат	П	Р	Е	Д	М	Е	Т	

Рис. 25. Пример редакционного предписания.

Для преобразования слова «ПРИМЕРЫ» в слово «ПРЕДМЕТ» необходимо выполнить 4 действия (добавление, удаление и две замены).

Расстоянием Левенштейна называется минимальное количество действий, необходимых для преобразования одного слова в другое. В этом примере расстояние Левенштейна равно 4.

Преобразовать одно слово в другое можно различными способами, количество действий также может быть разным. Поэтому при вычислении расстояния и выбирается минимальное количество действий.

Если поиск производится в тексте, который набирается на клавиатуре, то вместо расстояния Левенштейна используют усовершенствованное расстояние Дамерау-Левенштейна. Фредерик Дамерау – один из американских пионеров-исследователей в области обработки текстов на естественном языке. Исследования Дамерау показали, что наиболее частой ошибкой при наборе слова является перестановка двух соседних букв –

транспозиция, которая обозначается как Т (transposition). Данное действие принято называть поправкой Дамерау к расстоянию Левенштейна.

В случае одной транспозиции расстояние Левенштейна равняется двум (две замены символа). При использовании поправки Дамерау транспозиция считается как единичное расстояние (рис. 26).

Действие (расстояние Дамерау-Левенштейна)	М	М	Т		М	М	М
Действие (расстояние Левенштейна)	М	М	Р	Р	М	М	М
Исходное слово	П	Р	И	М	Е	Р	Ы
Результат	П	Р	М	И	Е	Р	Ы

Рис. 26. Транспозиция при вычислении расстояний Левенштейна и Дамерау-Левенштейна.

При использовании расстояния Дамерау-Левенштейна за единичное расстояние принимаются следующие действия:

- I (insert) — добавление символа.
- D (delete) — удаление символа.
- R (replace) — замена символа.
- T (transposition) — перестановка двух соседних символов.

10.2 Вычисление расстояния Дамерау-Левенштейна

Пусть заданы строка S_1 длиной M символов и строка S_2 длиной N символов. Предполагается, что строка S_1 длиннее или равна по длине строке S_2 ($M \geq N$).

Для вычисления расстояния Левенштейна необходимо рекуррентно вычислить значения элементов матрицы $D[i, j]$ размером $M \times N$. Значение в правом нижнем элементе $D[M, N]$ и будет являться расстоянием Левенштейна.

Расстояние Левенштейна $ed(S_1, S_2)$ вычисляется на основе формулы 1:

$ed(S_1, S_2) = D[M, N]$, где

$$D[i, j] = \begin{cases} 0 & ; i = 0, j = 0 \\ & \text{(случай 1)} \\ i & ; i > 0, j = 0 \\ & \text{(случай 2)} \\ j & ; i = 0, j > 0 \\ & \text{(случай 3)} \\ \min(& \\ & D[i - 1, j] + 1, \text{(утверждение 1)} \\ & D[i, j - 1] + 1, \text{(утверждение 2)} \\ & D[i - 1, j - 1] + m(S_1[i], S_2[j]) \text{(утверждение 3)} \\ &) \end{cases} \quad (1)$$

Выражение $m(\text{символ1}, \text{символ2})$ равняется нулю, если символы совпадают и единице, если символы не совпадают (проверяется равенство i -го символа из первой строки и j -го символа из второй строки).

Рассмотрим формулу более подробно в соответствии с [4], где $D(i, j)$ – расстояние между префиксами строк: первыми i символами строки S_1 и первыми j символами строки S_2 .

Редакционное расстояние между двумя пустыми строками равно нулю (случай 1).

Для получения пустой строки из строки длиной i , нужно совершить i операций удаления (случай 2).

Чтобы получить строку длиной j из пустой строки, нужно провести j операций вставки (случай 3).

В случае 4 обе строки непусты. В оптимальной последовательности операций, операции можно произвольно менять местами. Рассмотрим две последовательные операции:

- Две замены одного и того же символа – неоптимально (если мы заменили x на y , потом y на z , выгоднее было сразу заменить x на z).
- Две замены разных символов можно менять местами.

- Два удаления или два добавления можно менять местами.
- Добавление символа с его последующим удалением – неоптимально (можно отменить оба действия).
- Удаление и добавление разных символов можно менять местами.
- Добавление символа с его последующей заменой – неоптимально (излишняя замена).
- Добавление символа и замена другого символа меняются местами.
- Замена символа с его последующим удалением – не оптимально (излишняя замена).
- Удаление символа и замена другого символа меняются местами.

Пусть S_1 заканчивается на символ «а», S_2 заканчивается на символ «b». Тогда выполняется одно из следующих утверждений (соответствующих утверждениям 1-3 в формуле 1):

1. Символ «а», на который кончается S_1 , в какой-то момент был удален. Сделаем это удаление первой операцией. Тогда мы удалили символ «а», после чего превратили первые $i-1$ символов S_1 в S_2 (на это потребовалось $D[i-1, j]$ операций), значит, всего потребовалось $D[i-1, j] + 1$ операций.
2. Символ «b», на который кончается S_2 , в какой-то момент был добавлен. Сделаем это добавление последней операцией. Мы превратили S_1 в первые $j-1$ символов S_2 , после чего добавили «b». Аналогично предыдущему случаю, потребовалось $D[i, j-1] + 1$ операций.
3. Оба предыдущих утверждения неверны. Если мы добавляли символы справа от «а», то чтобы сделать последним символом «b», мы должны были или в какой-то момент добавить его (но

тогда утверждение 2 было бы верно), либо заменить на него один из этих добавленных символов (что тоже невозможно, потому что добавление символа с его последующей заменой не оптимально). Значит, символов справа от финального «а» мы не добавляли. самого финального «а» мы не удаляли, поскольку утверждение 1 неверно. Значит, единственный способ изменения последнего символа – его замена. Заменять его 2 или больше раз неоптимально. Следовательно, возможны два варианта:

- 3.1. Если «а» совпадает с «b», мы последний символ не меняли. Поскольку мы его также не стирали и не приписывали ничего справа от него, он не влиял на наши действия, и, значит, мы выполнили $D[i - 1, j - 1]$ операций, $m(S_1[i], S_2[j]) = 0$.
- 3.2. Если «а» не совпадает с «b», мы последний символ меняли один раз. Сделаем эту замену первой. В дальнейшем, аналогично предыдущему случаю, мы должны выполнить $D[i - 1, j - 1]$ операций, значит, всего потребуется $D[i - 1, j - 1] + 1$ операций, $m(S_1[i], S_2[j]) = 1$.

Поскольку расстояние Левенштейна определяет минимальное количество действий, то берется минимум из утверждений 1-3.

Если вычисляется расстояние Дамерау-Левенштейна (транспозиция считается единичным расстоянием), то на основе вычисленных элементов матрицы $D[i, j]$ вычисляются элементы матрицы $DT[i, j]$ (формула 2).

$$DT[i, j] = \begin{cases} \min(& ; \text{Если выполняются} \\ & D[i, j] \text{ (расстояние Левенштейна)} & \text{условия } i > 1, j > 1, \\ & D[i - 2, j - 2] + m(S_1[i], S_2[j]) & S_1[i] = S_2[j - 1], \\ & \text{(транспозиция)} & S_1[i - 1] = S_2[j] \\ D[i, j] & ; \text{Если условия} \\ & \text{не выполняются} \end{cases} \quad (2)$$

Значение в правом нижнем элементе $DT[M, N]$ и будет являться расстоянием Дамерау-Левенштейна.

10.3 Пример вычисления расстояния Дамерау-Левенштейна

Допустим, что при вводе в справочник информационной системы оператор допустил ряд ошибок при вводе фамилии ИВАНОВ:

1. Добавление (I) буквы Н в середине слова – ИВАННОВ.
2. Удаление (D) буквы И в начале слова – ВАННОВ.
3. Замена (R) буквы В на Б – БАННОВ.
4. Перестановка (T) букв В и О – БАННВО.

Так как каждое действие увеличивает расстояние на 1, то итоговое расстояние Дамерау-Левенштейна равно 4.

Пример вычисления расстояния с помощью матрицы $DT[i,j]$ приведен на рис. 27.

		И	В	А	Н	О	В
	0	1	2	3	4	5	6
Б	1	1	2	3	4	5	6
А	2	2	2	2	3	4	5
Н	3	3	3	3	2	3	4
Н	4	4	4	4	3	3	4
В	5	5	4	5	4	4	3
О	6	6	5	5	5	4	4

Рис. 27. Пример вычисления расстояния Дамерау-Левенштейна.

В правой нижней ячейке матрицы находится вычисленное расстояние – число 4.

Таким образом, использование расстояния Дамерау-Левенштейна позволяет находить слово даже при большом количестве опечаток.

10.4 Алгоритм Вагнера-Фишера вычисления расстояния Дameraу-Левенштейна

Существует несколько алгоритмов вычисления расстояния Левенштейна и Дameraу-Левенштейна.

Алгоритм Вагнера-Фишера – это наиболее простой алгоритм, который вычисляет расстояние Дameraу-Левенштейна на основе определения (формула 2).

Недостатками алгоритма являются невысокая скорость работы и большие затраты памяти.

Временная сложность алгоритма $O(M \times N)$, где M и N – длины строк. То есть время выполнения алгоритма прямо пропорционально количеству ячеек в матрице DT .

Рассмотрим реализацию алгоритма на языке C# в соответствии с фрагментами **примера 16**:

```

/// <summary>
/// Вычисление расстояния Дameraу-Левенштейна
/// </summary>
public static int Distance(string str1Param, string str2Param)
{
    if ((str1Param == null) || (str2Param == null)) return -1;

    int str1Len = str1Param.Length;
    int str2Len = str2Param.Length;

    //Если хотя бы одна строка пустая,
    //возвращается длина другой строки
    if ((str1Len == 0) && (str2Len == 0)) return 0;
    if (str1Len == 0) return str2Len;
    if (str2Len == 0) return str1Len;

    //Приведение строк к верхнему регистру
    string str1 = str1Param.ToUpper();
    string str2 = str2Param.ToUpper();

    //Объявление матрицы
    int[,] matrix = new int[str1Len + 1, str2Len + 1];

    //Инициализация нулевой строки и нулевого столбца матрицы
    for (int i = 0; i <= str1Len; i++) matrix[i, 0] = i;

```

```

for (int j = 0; j <= str2Len; j++) matrix[0, j] = j;

//Вычисление расстояния Дамерау-Левенштейна
for (int i = 1; i <= str1Len; i++)
{
    for (int j = 1; j <= str2Len; j++)
    {
        //Эквивалентность символов, переменная symbEqual
        //соответствует m(s1[i],s2[j])
        int symbEqual = (
            (str1.Substring(i - 1, 1) ==
             str2.Substring(j - 1, 1)) ? 0 : 1);

        int ins = matrix[i, j - 1] + 1; //Добавление
        int del = matrix[i - 1, j] + 1; //Удаление
        int subst = matrix[i - 1, j - 1] + symbEqual; //Замена

        //Элемент матрицы вычисляется
        //как минимальный из трех случаев
        matrix[i, j] = Math.Min(Math.Min(ins, del), subst);

        //Дополнение Дамерау по перестановке соседних символов
        if ((i > 1) && (j > 1) &&
            (str1.Substring(i - 1, 1) == str2.Substring(j - 2, 1)) &&
            (str1.Substring(i - 2, 1) == str2.Substring(j - 1, 1)))
        {
            matrix[i, j] = Math.Min(matrix[i, j],
                                     matrix[i - 2, j - 2] + symbEqual);
        }
    }
}
//Возвращается нижний правый элемент матрицы
return matrix[str1Len, str2Len];
}

```

Функция Distance принимает на вход две строки, вычисляет значения матрицы *DT* и возвращает значение нижнего правого элемента матрицы.

Вспомогательная функция WriteDistance выводит в консоль результаты вычисления расстояния Дамерау-Левенштейна:

```

/// <summary>
/// Вывод расстояния Дамерау-Левенштейна в консоль
/// </summary>
public static void WriteDistance(string str1Param, string str2Param)
{
    int d = Distance(str1Param, str2Param);
    Console.WriteLine("'" + str1Param + "'", "'" +
        str2Param + "' -> " + d.ToString());
}

```


Пример вычисления расстояния:

```
Console.WriteLine("Добавление одного символа в начало, середину и
конец строки");
EditDistance.WriteDistance("пример", "1пример");
EditDistance.WriteDistance("пример", "при1мер");
EditDistance.WriteDistance("пример", "пример1");

Console.WriteLine("Добавление двух символов в начало, середину и
конец строки");
EditDistance.WriteDistance("пример", "12пример");
EditDistance.WriteDistance("пример", "при12мер");
EditDistance.WriteDistance("пример", "пример12");

Console.WriteLine("Добавление трех символов");
EditDistance.WriteDistance("пример", "1при2мер3");

Console.WriteLine("Транспозиция");
EditDistance.WriteDistance("пРИМер", "прМИер");

Console.WriteLine("Рассмотренный ранее пример");
EditDistance.WriteDistance("ИВАНОВ", "БАННВО");
```

Результаты вывода в консоль:

```
Добавление одного символа в начало, середину и конец строки
'пример', '1пример' -> 1
'пример', 'при1мер' -> 1
'пример', 'пример1' -> 1
Добавление двух символов в начало, середину и конец строки
'пример', '12пример' -> 2
'пример', 'при12мер' -> 2
'пример', 'пример12' -> 2
Добавление трех символов
'пример', '1при2мер3' -> 3
Транспозиция
'пРИМер', 'прМИер' -> 1
Рассмотренный ранее пример
'ИВАНОВ', 'БАННВО' -> 4
```

10.5 Контрольные вопросы к разделу 10

1. Что такое расстояние Левенштейна?
2. Что такое расстояние Дамерау-Левенштейна?

3. Объясните алгоритм Вагнера-Фишера для вычисления расстояния Дамерау-Левенштейна.

11 Основы разработки пользовательского интерфейса с использованием технологии Windows Forms

В предыдущих примерах данного пособия создавались консольные приложения. В данном разделе рассмотрим основы создания оконных приложений на основе фрагментов **примера 17**.

11.1 Создание проекта

Для создания оконного приложения необходимо создать в Visual Studio новый проект типа «приложение Windows Forms» (рис. 28).

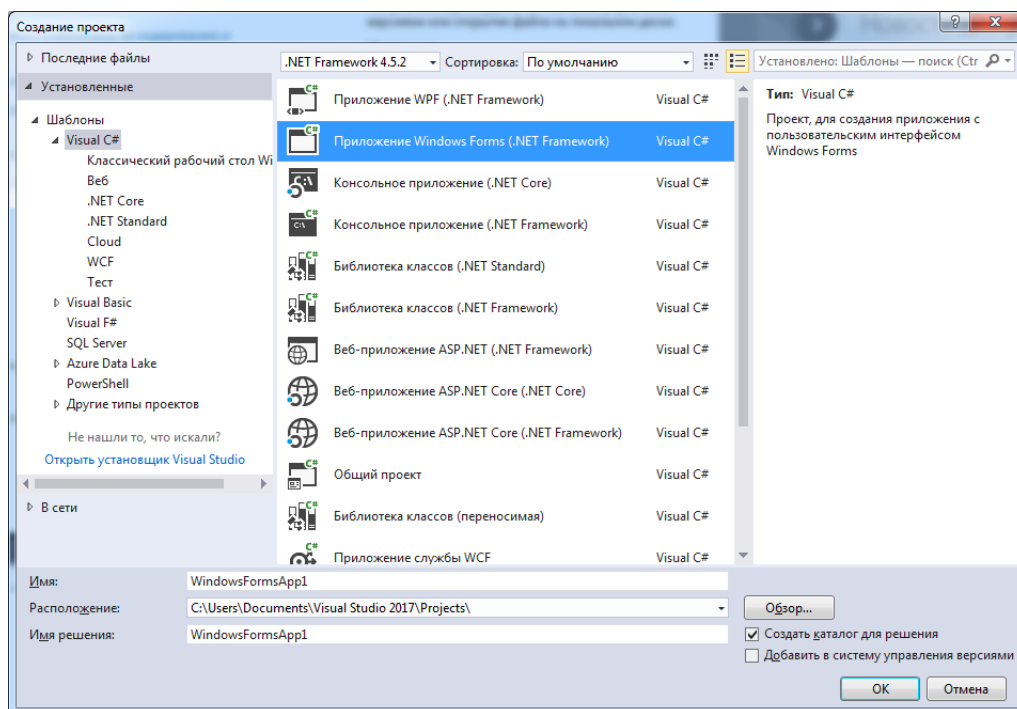


Рис. 28. Создание приложения Windows Forms.

После этого открывается не окно кода, как было ранее в случае консольных приложений, а редактор макета формы, и автоматически создается форма Form1.

При нажатии на вкладку «Панель элементов», расположенную в левой части окна, открывается панель, содержащая список элементов, которые можно перетащить на форму мышью (рис. 29).

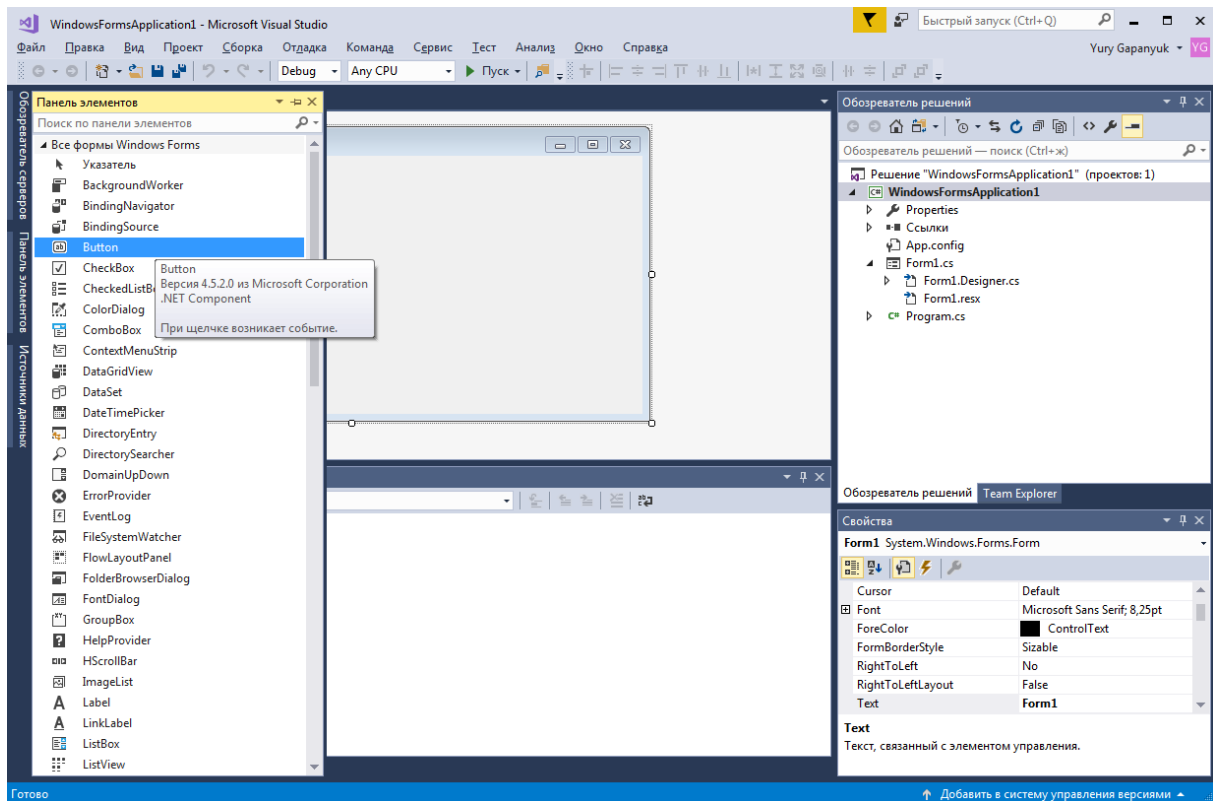


Рис. 29. Пример панели элементов.

Все элементы делятся на визуальные и невидимые. Визуальные элементы отображаются на форме в виде элементов управления. Это такие элементы как кнопка (Button), поле ввода (TextBox), текстовая надпись (Label) и другие.

Невидимые элементы также можно перетащить на форму, однако они отображаются в специальной области редактора макета формы. Примером такого элемента является таймер (Timer).

Если какая-либо из панелей не видна в текущей настройке Visual Studio, то ее можно включить в пункте меню «Вид» (в англоязычной версии «View»).

Панель элементов содержит десятки элементов, работа с которыми детально рассмотрена в [1]. В том числе это элементы из группы

«Данные», позволяющие достаточно быстро разрабатывать макеты приложений на основе реляционной СУБД.

Ниже мы разберем только основы работы с элементами управления на основе наиболее часто используемых элементов.

11.2 Пример работы с кнопкой и текстовым полем

Перетащим в текущее окно элементы Button, TextBox, Label и Timer. Их можно свободно перемещать мышью на форме. Элемент Timer отображается не на форме, а в отдельной нижней части конструктора. Выделим элемент Label. В правой нижней части окна Visual Studio отображается панель свойств (рис. 30).

В панели свойств отображаются свойства текущего выделенного элемента Label. Изменим свойство «Text» на «Текст по нажатию кнопки».

Для элемента Button изменим свойство «Text» на «Тест».

Отметим, что в данном примере не изменяются стандартные имена элементов управления, они называются button1, textBox1 и т.д. Имя элемента управления можно изменить с помощью свойства Name.

Имена элементов управления рекомендуется менять сразу после перетаскивания на форму, так как используются в автоматически генерируемых именах методов.

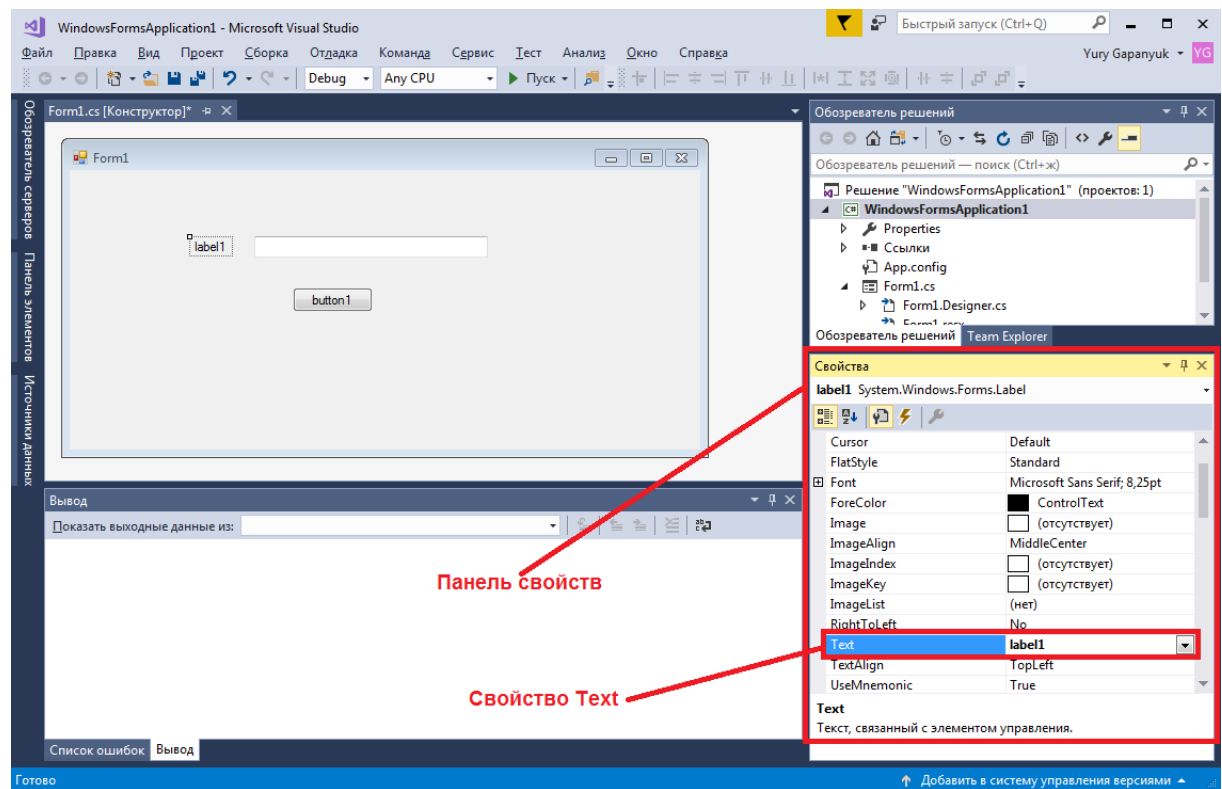


Рис. 30. Пример панели свойств.

В панели свойств используются кнопки, описание которых приведено в таблице 7.

Таблица 7

Кнопки панели свойств

Кнопка	Описание
	Переключение к списку свойств элемента
	Переключение к списку событий элемента
	Сортировка текущего списка свойств (событий) по категориям
	Сортировка текущего списка свойств (событий) по алфавиту по названиям свойств (событий)

Осуществим двойное нажатие левой клавишей мыши на кнопке Button. При этом будет автоматически сформирован обработчик события

нажатия на кнопку (`button1_Click`) и откроется окно редактирования обработчика события (рис. 31).

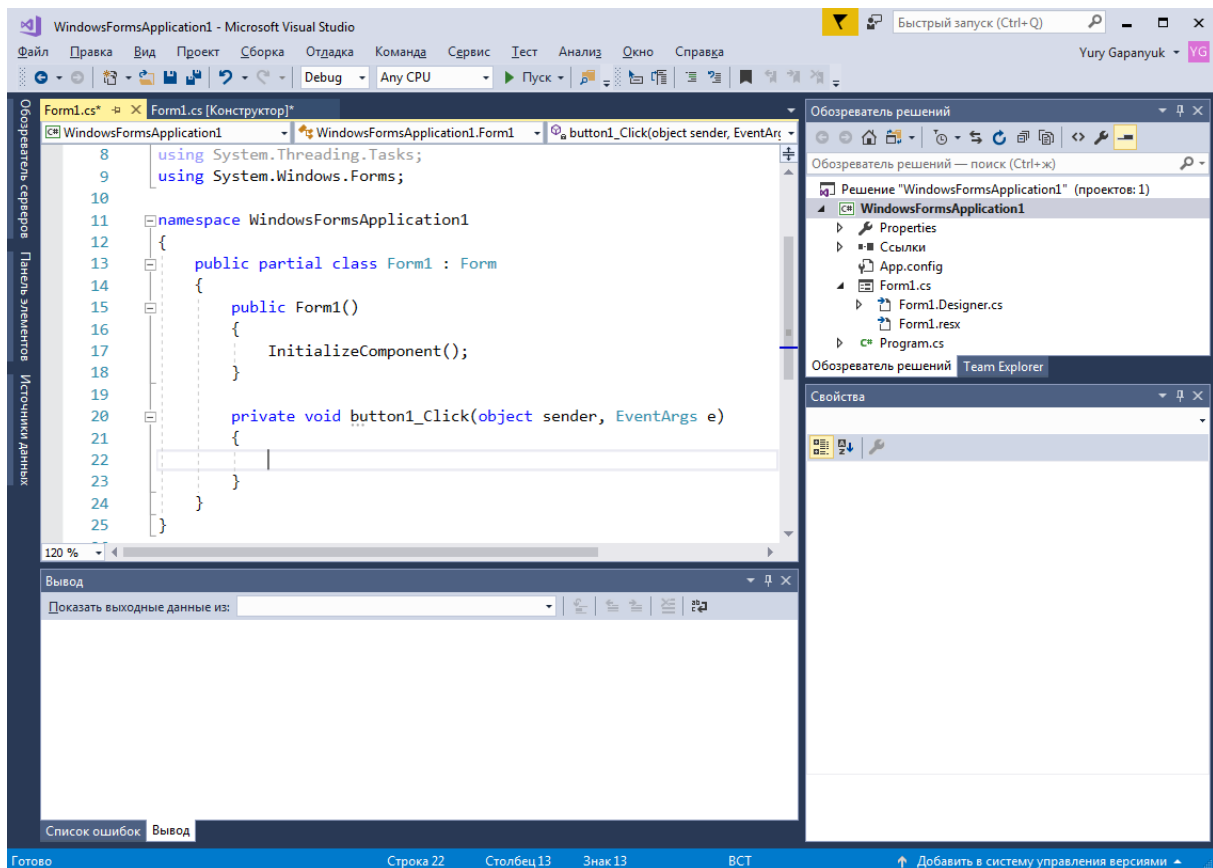


Рис. 31. Обработчик события нажатия на кнопку.

С точки зрения языка C# форма «Form1» представляет собой класс, унаследованный от класса `Form` (расположен в пространстве имен `System.Windows.Forms`). Обработчики событий добавляются в данный класс как методы. Отметим, что данный класс объявлен как частичный (`partial`), а в конструкторе вызывается метод `InitializeComponent`, который в данном файле не объявлен. Значит, в другом файле должна быть еще одна часть данного класса. Если на методе `InitializeComponent` нажать правую кнопку мыши и выбрать пункт меню «Перейти к определению» то будет открыт файл `Form1.Designer.cs`, который содержит вторую, автоматически сгенерированную часть класса `Form1`. Текст файла `Form1.Designer.cs`:

```

namespace WindowsFormsApplication1
{
    partial class Form1
    {

```

```

/// <summary>
/// Обязательная переменная конструктора.
/// </summary>
private System.ComponentModel.IContainer components = null;

/// <summary>
/// Освободить все используемые ресурсы.
/// </summary>
/// <param name="disposing">истинно, если управляемый ресурс
/// должен быть удален; иначе ложно.</param>
protected override void Dispose(bool disposing)
{
    if (disposing && (components != null))
    {
        components.Dispose();
    }
    base.Dispose(disposing);
}

#region Код, автоматически созданный конструктором форм Windows

/// <summary>
/// Требуемый метод для поддержки конструктора — не изменяйте
/// содержимое этого метода с помощью редактора кода.
/// </summary>
private void InitializeComponent()
{
    this.button1 = new System.Windows.Forms.Button();
    this.textBox1 = new System.Windows.Forms.TextBox();
    this.label1 = new System.Windows.Forms.Label();
    this.SuspendLayout();
    //
    // button1
    //
    this.button1.Location = new System.Drawing.Point(472, 15);
    this.button1.Name = "button1";
    this.button1.Size = new System.Drawing.Size(75, 23);
    this.button1.TabIndex = 0;
    this.button1.Text = "Тест";
    this.button1.UseVisualStyleBackColor = true;
    this.button1.Click += new
        System.EventHandler(this.button1_Click);
    //
    // textBox1
    //
    this.textBox1.Location = new System.Drawing.Point(157, 17);
    this.textBox1.Name = "textBox1";
    this.textBox1.Size = new System.Drawing.Size(309, 20);
    this.textBox1.TabIndex = 1;
    //
    // label1
    //
    this.label1.AutoSize = true;
    this.label1.Location = new System.Drawing.Point(12, 20);
    this.label1.Name = "label1";

```

```

        this.label1.Size = new System.Drawing.Size(139, 13);
        this.label1.TabIndex = 2;
        this.label1.Text = "Текст по нажатию кнопки";
        //
        // Form1
        //
        this.AutoScaleDimensions = new System.Drawing.SizeF(6F, 13F);
        this.AutoScaleMode = System.Windows.Forms.AutoScaleMode.Font;
        this.ClientSize = new System.Drawing.Size(591, 262);
        this.Controls.Add(this.label1);
        this.Controls.Add(this.textBox1);
        this.Controls.Add(this.button1);
        this.Name = "Form1";
        this.Text = "Form1";
        this.ResumeLayout(false);
        this.PerformLayout();
    }

    #endregion

    private System.Windows.Forms.Button button1;
    private System.Windows.Forms.TextBox textBox1;
    private System.Windows.Forms.Label label1;
}

```

В данном файле в виде private-полей объявлены элементы управления, добавленные на форму: button1, timer1, textBox1, label1.

В методе `InitializeComponent` задаются свойства объектов, установленные в панели свойств: расположение на форме (`Location`), текстовая подпись (`Text`) и др.

Обработчик события `button1_Click` прикрепляется к настоящему событию, расположенному в классе `Button` (точнее в классе `Control`, от которого наследуется `Button`). Таким образом, рассмотренный ранее механизм событий используется в технологии `Windows Forms`.

С использованием файла `Form1.Designer.cs` связана одна неочевидная особенность, которая часто проблему в начале изучения технологии `Windows Forms`. Дело в том, что если для элемента управления были созданы свойства и события, а потом он был переименован, то файл `Form1.Designer.cs` не регенерируется. При компиляции это может

приводить к ошибкам в файле Form1.Designer.cs, что требует исправления файла Form1.Designer.cs вручную.

Добавим в обработчик события button1_Click следующий код:

```
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
{
    //Запись текста в текстовое поле
    textBox1.Text = "Кнопка нажата";
    //Окно сообщения
    MessageBox.Show("Кнопка нажата");
}
```

При нажатии на кнопку выполняется запись текста «Кнопка нажата» в текстовое поле, при этом используется свойство Text текстового поля textBox1. Отметим, что возможно изменение практически любого свойства элемента, в том числе цвета, шрифта, положения на форме и т.д.

С помощью метода Show статического класса MessageBox осуществляется вывод окна сообщения. Окна сообщений в частности удобны для вывода сообщений об ошибках.

Нажмем на кнопку «Тест». Результат выполнения этого действия показан на рис 32.

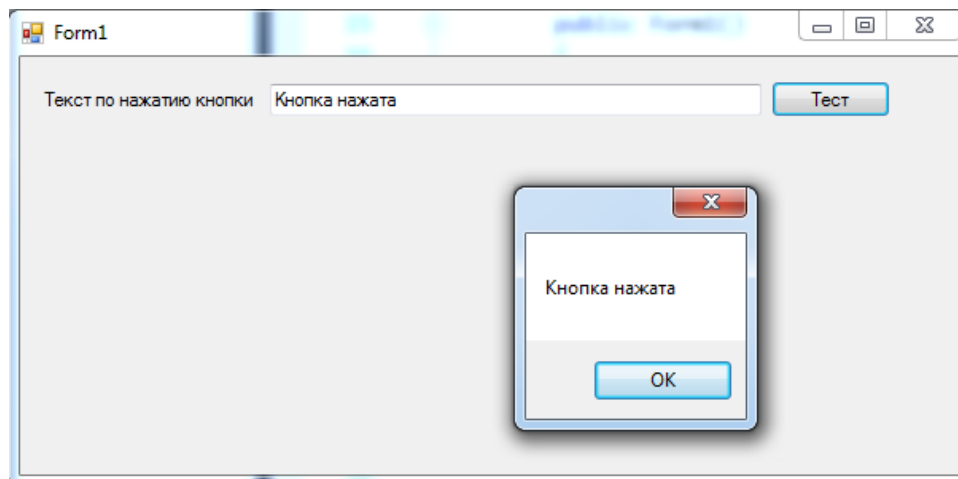


Рис. 32. Обработчик события нажатия на кнопку.

11.3Пример работы с таймером

Добавим на форму следующие элементы (в скобках заданы значения свойств, которые требуется установить):

- Label (Text = «Таймер:»);
- TextBox (Name = «textTimer»);
- Button (Name = «buttonStartTimer», Text = «Старт»);
- Button (Name = «buttonStopTimer», Text = «Стоп»);
- Button (Name = «buttonClearTimer», Text = «Сброс»);
- Timer (Name = «timer1», Interval = «1000»).

Элемент Timer с именем timer1 был уже ранее добавлен на форму, для него необходимо установить только свойство Interval.

Общий вид формы в конструкторе форм показан на рис. 33.

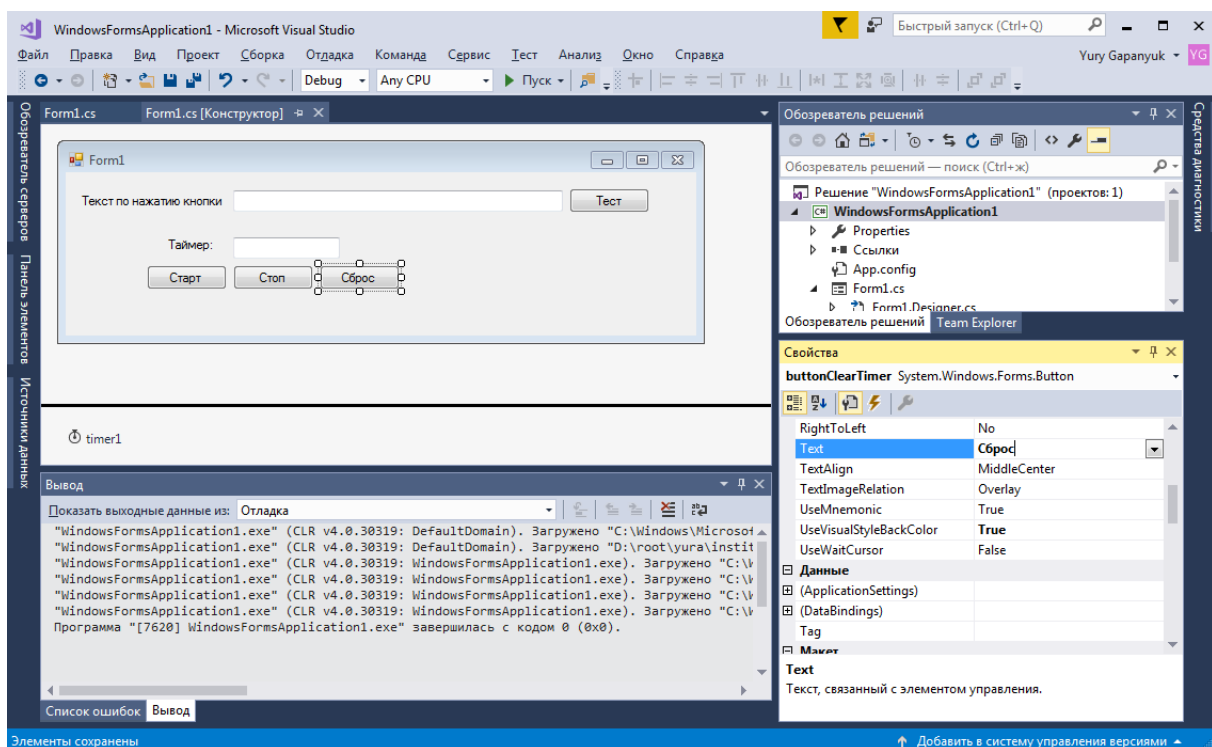


Рис. 33. Форма с добавлением таймера.

Свойство Interval=«1000» для таймера означает, что таймер будет срабатывать один раз в секунду (1000 мс).

Осуществим двойное нажатие левой клавишей мыши на таймере и трех добавленных кнопках, будут сгенерированы соответствующие обработчики событий, которые пока не содержат код:

```
private void timer1_Tick(object sender, EventArgs e)
{
}

private void buttonStartTimer_Click(object sender, EventArgs e)
{
}

private void buttonStopTimer_Click(object sender, EventArgs e)
{
}

private void buttonClearTimer_Click(object sender, EventArgs e)
{
}
```

```
private void buttonStartTimer_Click(object sender, EventArgs e)
{
}

private void buttonStopTimer_Click(object sender, EventArgs e)
{
}

private void buttonClearTimer_Click(object sender, EventArgs e)
{
}
```

С точки зрения языка C# файл с описанием обработчиков событий – обычный класс, поэтому в него можно добавлять поля данных, свойства, методы.

При разработке приложений необходимо реализовывать сложные алгоритмы в виде отдельных классов и из форм осуществлять только их вызов. Это облегчает тестирование алгоритмов и позволяет использовать их в различных приложениях, например в Windows Forms и ASP.NET MVC.

Добавим в файл, содержащий обработчики событий, поле для хранения текущего состояния таймера и метод обновления текущего состояния таймера:

```
/// <summary>
/// Текущее состояние таймера
/// </summary>
(TimeSpan currentTimer = new TimeSpan());

/// <summary>
/// Обновление текущего состояния таймера
/// </summary>
private void RefreshTimer()
{
    //Обновление поля таймера в форме
    textTimer.Text = currentTimer.ToString();
}
```

Для формы введем обработчик события по загрузке формы. Событие в окне свойств приведено на рис. 34.

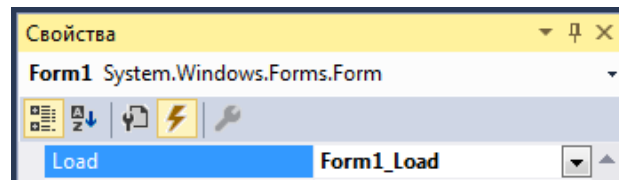


Рис. 34. Обработчик события по загрузке формы.

Для добавления обработчика события необходимо дважды щелкнуть левой клавишей мыши на строку Load.

При загрузке формы выводится начальное (нулевое) значение таймера:

```
private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)
{
    //Обновление текущего состояния таймера
    RefreshTimer();
}
```

Обработчик события Load очень часто используется в формах. В нем выполняются действия, которые следует реализовать в только что отображенной форме.

Добавим код обработчиков событий таймера и кнопок (каждая строка кода откомментирована):

```
private void timer1_Tick(object sender, EventArgs e)
{
    //Добавление к текущему состоянию таймера
    //интервала в одну секунду
    currentTimer = currentTimer.Add(new TimeSpan(0, 0, 1));
    //Обновление текущего состояния таймера
    RefreshTimer();
}

private void buttonStartTimer_Click(object sender, EventArgs e)
{
    //Запуск таймера
    timer1.Start();
}

private void buttonStopTimer_Click(object sender, EventArgs e)
{
    //Остановка таймера
    timer1.Stop();
}

private void buttonClearTimer_Click(object sender, EventArgs e)
{
    //Остановка таймера
```

```

timer1.Stop();
//Сброс текущего состояния таймера
currentTimer = new TimeSpan();
//Обновление текущего состояния таймера
RefreshTimer();
}

```

Пример работы таймера представлен на рис. 35. При загрузке формы в поле таймера отображаются нулевые значения: «00:00:00». Кнопка «Старт» запускает таймер, кнопка «Стоп» останавливает таймер (но не сбрасывает его значение), кнопка «Сброс» останавливает таймер и сбрасывает его значение.

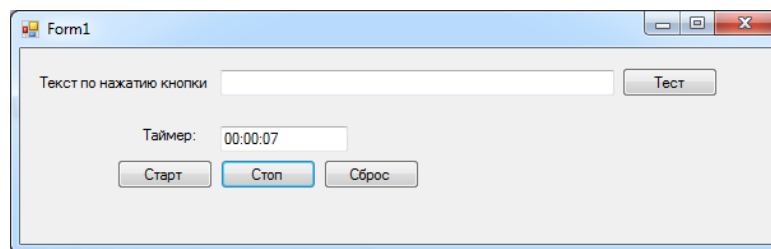


Рис. 35. Пример работы таймера.

11.4 Пример открытия дочерних окон

В большинстве случаев приложения Windows Forms содержат более одного окна. В данном разделе мы научимся добавлять и открывать новые окна.

Для добавления нового окна необходимо нажать правую кнопку мыши на проекте и выбрать пункт меню «Добавить/Создать элемент» (рис. 36).

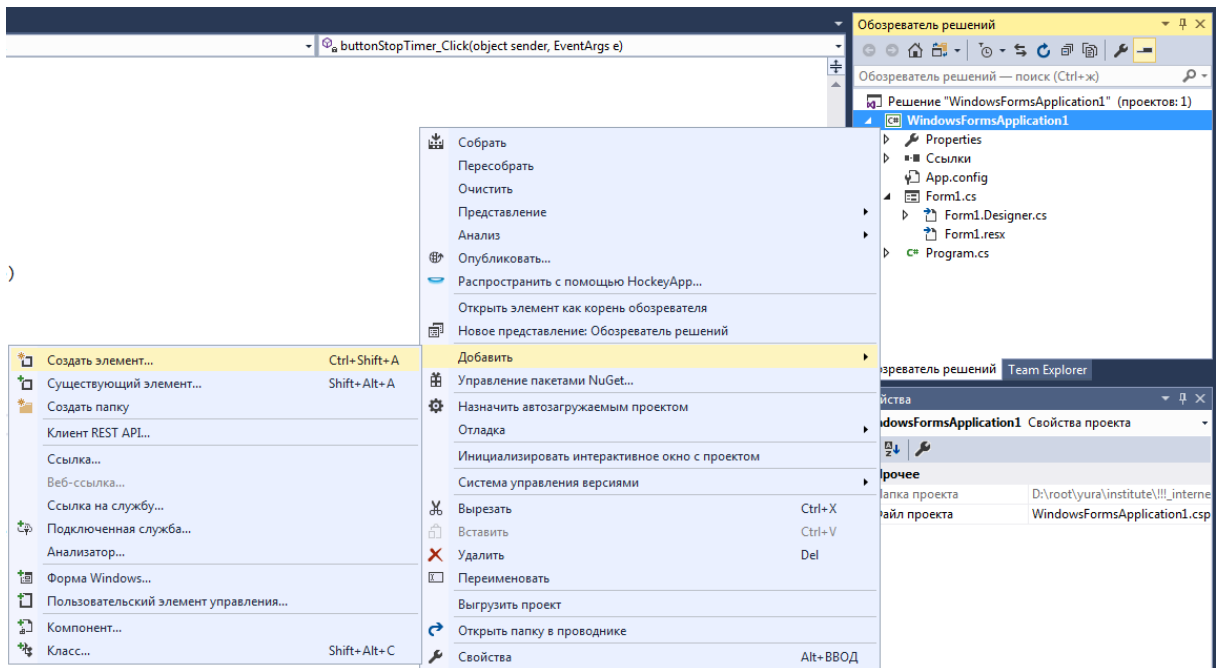


Рис. 36. Добавление формы – шаг 1.

В появившемся меню необходимо выбрать элемент «Форма Windows Forms» и нажать кнопку «Добавить» (на рис. 37).

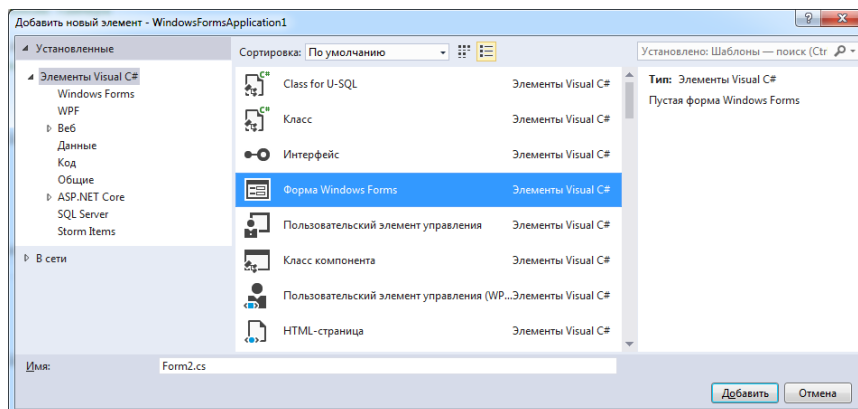


Рис. 37. Добавление формы – шаг 2.

Для добавляемой формы можно указать имя формы (имя класса формы, которое совпадает с именем файла), в данном примере Form2.cs.

Если приложение содержит несколько форм, то Windows Forms должен каким-то образом определить первую запускаемую форму. Это действие задается в файле Program.cs:

```
using System;
using System.Windows.Forms;

namespace WindowsFormsApplication1
{
```

```

static class Program
{
    /// <summary>
    /// Главная точка входа для приложения.
    /// </summary>
    [STAThread]
    static void Main()
    {
        Application.EnableVisualStyles();
        Application.SetCompatibleTextRenderingDefault(false);
        Application.Run(new Form1());
    }
}

```

Для приложений Windows Forms метод Main класса Program содержит код для запуска начальной формы. Если в методе Application.Run заменить Form1 на Form2, то при запуске приложения первой будет открываться Form2.

Добавим на форму 1 четыре кнопки:

- Button (Name = «buttonOpenNonModal», Text = «Открыть немодальное окно»);
- Button (Name = «buttonOpenModal», Text = «Открыть модальное окно»);
- Button (Name = «buttonClose», Text = «Закрыть окно»);
- Button (Name = «buttonExit», Text = «Закрыть приложение»).

Внешний вид формы 1 после добавления кнопок показан на рис. 38.

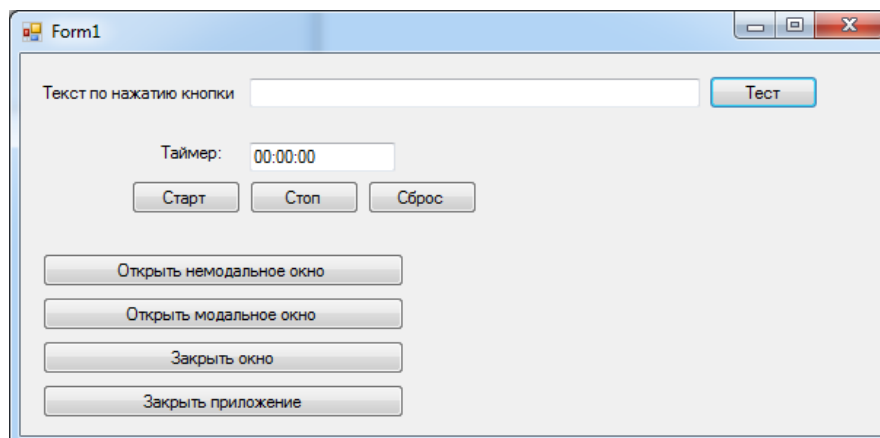


Рис. 38. Добавление кнопок открытия и закрытия окна.

Немодальное окно – это обычное окно приложения, с которым работает пользователь. Если открыть несколько немодальных окон, то между ними возможно переключение фокуса ввода.

Модальное окно – это окно, которое пользователь должен закрыть перед продолжением работы. Если открыто модальное окно, то переключение фокуса ввода в другие окна невозможно. Модальные окна также называют диалоговыми.

Рассмотренные ранее окна сообщений, создаваемые с помощью класса `MessageBox`, являются модальными окнами.

Добавим обработчики событий для кнопок.

Кнопка «Открыть немодальное окно»:

```
private void buttonOpenNonModal_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Form2 f2 = new Form2();
    f2.Show();
}
```

Для открытия дочернего окна необходимо сначала создать новый объект соответствующего класса. При открытии нескольких окон нужно каждый раз создавать новый объект класса, потому что в каждое окно могут быть введены различные данные.

Далее с помощью метода `Show` можно открыть окно в немодальном режиме. При многократном нажатии на кнопку «Открыть немодальное окно» можно открыть произвольное количество дочерних окон.

Кнопка «Открыть модальное окно»:

```
private void buttonOpenModal_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Form2 f2 = new Form2();
    f2.ShowDialog();
}
```

С помощью метода `ShowDialog` можно открыть окно в модальном режиме. При этом невозможно вернуться в форму 1 (она не получит фокус) до тех пор, пока не будет закрыта форма 2.

Многократное нажатие на кнопку «Открыть модальное окно» невозможно, так как при первом же нажатии открывается модальное окно, которое необходимо закрыть перед продолжением работы.

Кнопка «Закрыть окно»:

```
private void buttonClose_Click(object sender, EventArgs e)
{
    this.Close();
}
```

Эта кнопка вызывает метод Close для текущего объекта, что приводит к закрытию окна.

Кнопка «Закрыть приложение»:

```
private void buttonExit_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Application.Exit();
}
```

Данная кнопка вызывает метод Exit для статического класса Application, что приводит к закрытию приложения. Класс Application отвечает за приложение Windows Forms.

Отметим, что кнопки «Закрыть окно» и «Закрыть приложение» работают одинаково для главной формы и приводят к закрытию приложения.

Добавим данные кнопки на форму 2. Внешний вид формы 2 после добавления кнопок показан на рис. 39.

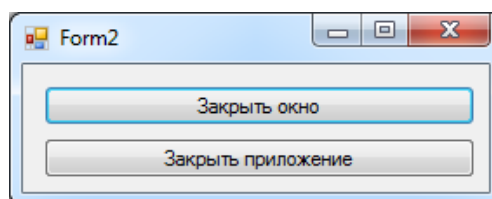


Рис. 39. Добавление кнопок открытия и закрытия окна.

Обработчики событий кнопок совпадают с обработчиками событий в форме 1:

```
private void buttonClose_Click(object sender, EventArgs e)
{
    this.Close();
}
```

```
private void buttonExit_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Application.Exit();
}
```

Однако поведение кнопок в дочерней форме будет отличаться от их поведения в родительской форме.

Ключевое слово `this` в данном случае означает текущий объект формы 2. Поэтому при нажатии на кнопку «Заккрыть окно» будет закрываться форма 2.

Но при нажатии на кнопку «Заккрыть приложение» будет закрываться все приложение.

Добавим для формы 2 обработчики событий `FormClosing` и `FormClosed`, как показано на рис. 40.

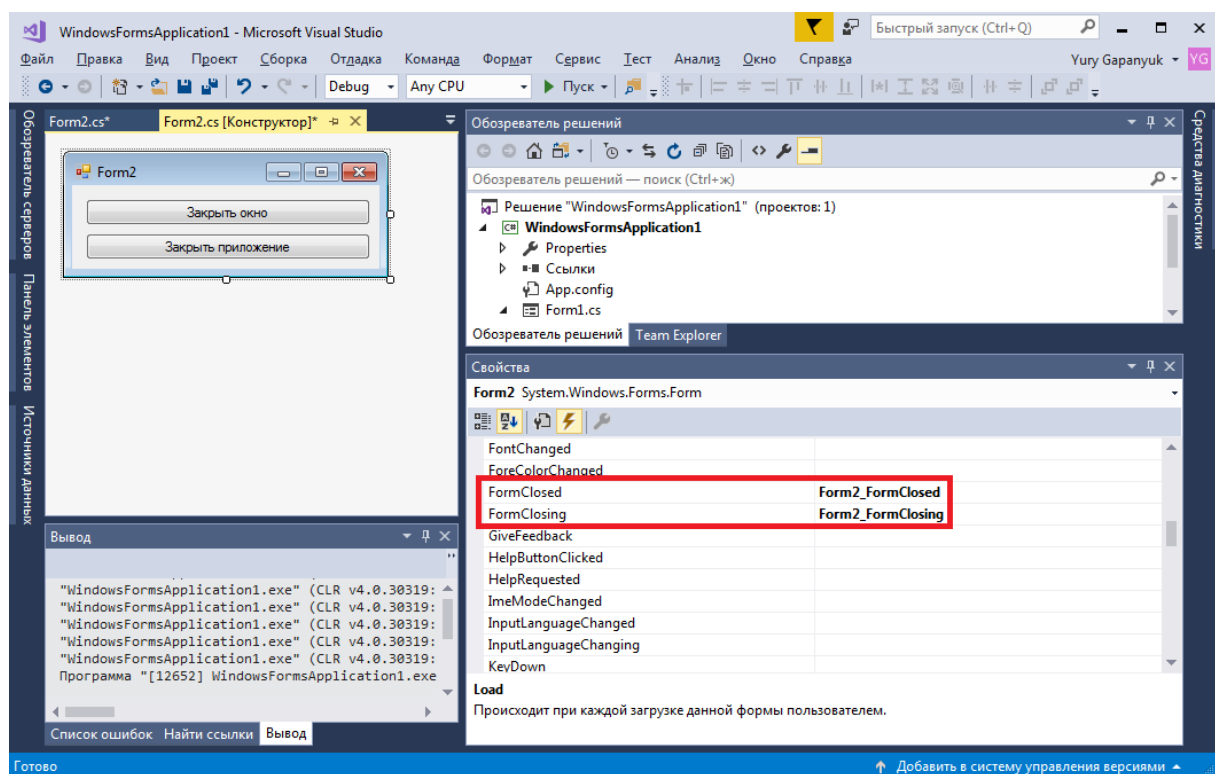


Рис. 40. Обработчики событий `FormClosing` и `FormClosed`.

Данные события также довольно часто используются в Windows Forms.

Событие `FormClosed` возникает, когда окно уже считается закрытым. Обработчик события:

```
private void Form2_FormClosed(object sender, FormClosedEventArgs e)
{
    MessageBox.Show("Форма 2 закрылась!");
}
```

Событие `FormClosing` возникает перед закрытием окна, в данном обработчике можно отменить закрытие окна. Обработчик события:

```
private void Form2_FormClosing(object sender, FormClosingEventArgs e)
{
    //Вывод диалогового окна
    DialogResult result = MessageBox.Show("Вы действительно хотите закрыть форму 2?",
        "Уважаемый пользователь", MessageBoxButtons.YesNo, MessageBoxIcon.Question);
    //Отмена закрытия окна
    if (result == DialogResult.No)
    {
        e.Cancel = true;
    }
}
```

В данном примере метод `MessageBox.Show` открывает диалоговое окно в виде вопроса. Пользователь может выбрать кнопки «Да» или «Нет». Если он выбирает «Нет» то свойство `e.Cancel` (`e` – параметр метода) устанавливается в `true`, что приводит к отмене стандартного обработчика события и окно не закрывается.

Результаты работы показаны на рис. 41 и 42.

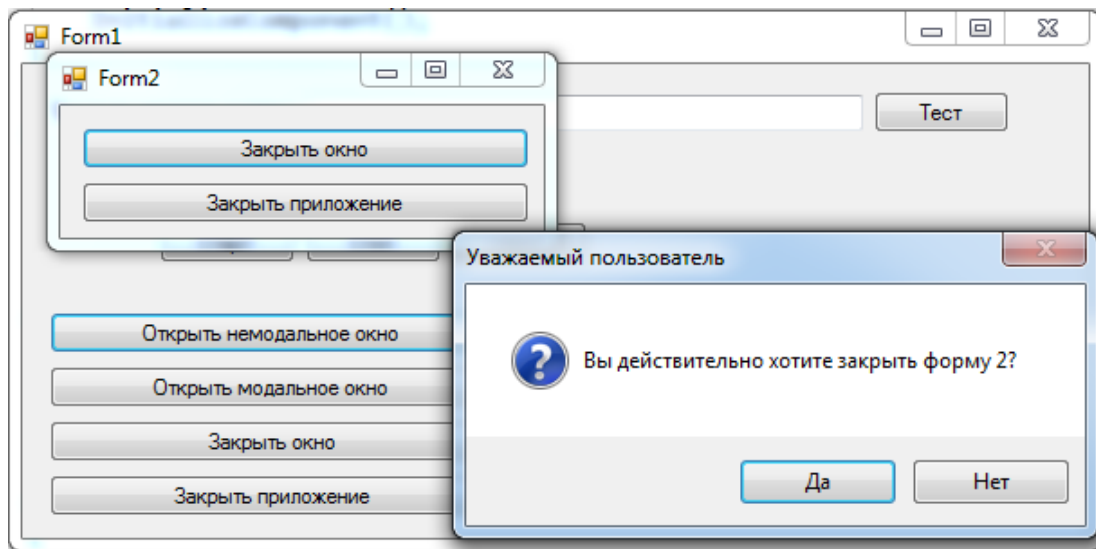


Рис. 41. Результат работы обработчика событий `FormClosing`.

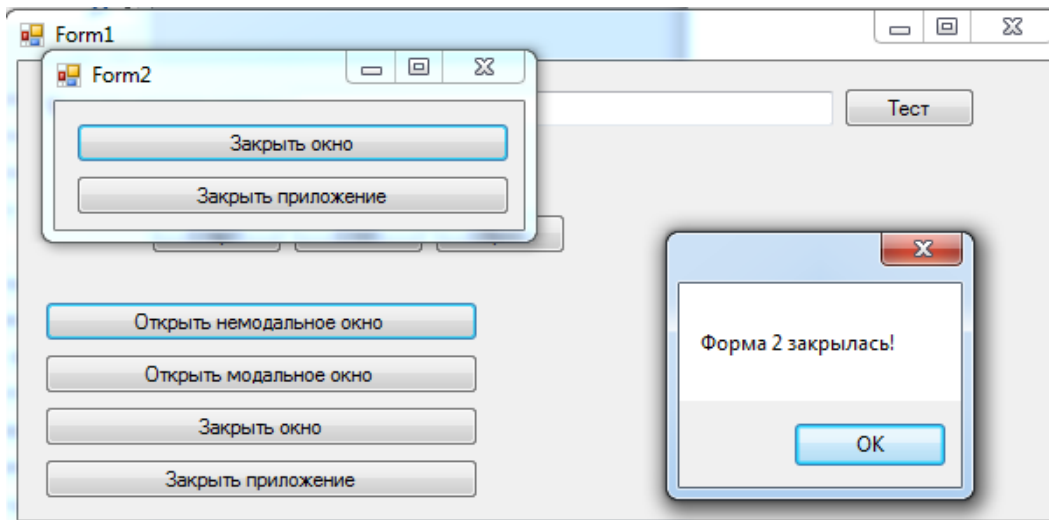


Рис. 42. Результат работы обработчика событий FormClosed.

11.5 Контрольные вопросы к разделу 11

1. Как создать приложение Windows Forms?
2. Как используется элемент Button?
3. Как применяется элемент TextBox?
4. Как используется элемент Label?
5. Как применяется элемент Timer?
6. Как задать форму, которая открывается при запуске приложения?
7. Как открыть модальное окно?
8. Как открыть немодальное окно?
9. Как закрыть окно и приложение?
10. Для чего используются события FormClosed и FormClosing?

12 Пример многопоточного поиска в текстовом файле с использованием технологии Windows Forms

В данном разделе пособия мы реализуем комплексный пример, который обобщает предыдущие примеры.

Пример реализован с использованием технологии Windows Forms. Он выполняет следующие действия:

- Запрашивает имя текстового файла для поиска с использованием стандартного диалога открытия файла.
- Вводит слово для поиска.
- Реализует четкий (без учета опечаток) поиск слова в файле. Найденное слово (которое может встретиться в файле несколько раз) выводится в результирующий список.
- Реализует нечеткий (на основе расстояния Дамерау-Левенштейна) многопоточный поиск в файле. При этом вводится максимальное расстояние для нечеткого поиска, на которое искомое слово может отличаться от слова в файле. Также вводится количество потоков, на которое разделяется массив слов исходного файла. Найденное слово (которое может встретиться в файле несколько раз) выводится в результирующий список с указанием номера потока и вычисленного расстояния Дамерау-Левенштейна.
- По результатам поиска формируется отчет в виде текстового файла в формате HTML. Выбор имени файла при сохранении проводится с использованием стандартного диалога сохранения файла.

Рассмотрим данное приложение в виде фрагментов **примера 18**.

Приложение реализовано с использованием одной формы, которая показана на рис. 43.

The screenshot shows a Windows application window titled "Поиск в файле". It features three main sections for file search configuration:

- Чтение из файла:** Includes input fields for "Время чтения из файла:", "Количество уникальных слов в файле:", and "Слово для поиска:".
- Четкий поиск:** Includes input fields for "Время четкого поиска:" and "Максимальное расстояние для нечеткого поиска:".
- Параллельный нечеткий поиск:** Includes input fields for "Количество потоков:" (set to 10), "Вычисленное количество потоков:", and "Время нечеткого поиска:".

At the bottom of the window, there are two buttons: "Сохранение отчета" and "Выход".

Рис. 43. Форма многопоточного поиска в текстовом файле.

12.1 Чтение информации из текстового файла

При нажатии на кнопку «Чтение из файла» выполняется чтение информации из текстового файла.

Для хранения списка слов, прочитанных из файла, в классе Form1 используется поле list:

```
/// <summary>
/// Список слов
/// </summary>
List<string> list = new List<string>();
```

Рассмотрим код обработчика кнопки:

```
private void buttonLoadFile_Click(object sender, EventArgs e)
{
    OpenFileDialog fd = new OpenFileDialog();
    fd.Filter = "Текстовые файлы|*.txt";

    if (fd.ShowDialog() == DialogResult.OK)
    {

```

```

Stopwatch t = new Stopwatch();
t.Start();

//Чтение файла в виде строки
string text = File.ReadAllText(fd.FileName);

//Разделительные символы для чтения из файла
char[] separators =
    new char[] { ' ', '.', ',', '!', '?', '/', '\t', '\n' };

string[] textArray = text.Split(separators);

foreach (string strTemp in textArray)
{
    //Удаление пробелов в начале и конце строки
    string str = strTemp.Trim();
    //Добавление строки в список, если строка не содержится
в списке
    if (!list.Contains(str)) list.Add(str);
}

t.Stop();
this.textBoxFileReadTime.Text = t.Elapsed.ToString();
this.textBoxFileReadCount.Text = list.Count.ToString();
}
else
{
    MessageBox.Show(«Необходимо выбрать файл»);
}
}

```

Для выбора текстового файла используется класс OpenFileDialog, который реализует стандартный диалог открытия файла. Свойство Filter содержит список расширений файлов, которые позволяет выбирать диалоговое окно. Открытие диалогового окна производится с помощью метода ShowDialog.

Если пользователь не выбрал текстовый файл (условие «fd.ShowDialog() == DialogResult.OK» не выполняется), то с использованием класса MessageBox выводится сообщение «Необходимо выбрать файл» и обработчик события завершает работу.

Если же условие истинно (файл успешно выбран), то выполняются основные действия обработчика события.

С использованием класса Stopwatch (который был рассмотрен в разделе пособия по параллельной обработке) объявляется и запускается таймер.

С использованием метода File.ReadAllText (который был рассмотрен в разделе пособия по обработке текстовых файлов) содержимое файла считывается в виде переменной text типа string. Свойство fd.FileName класса OpenFileDialog возвращает путь и имя файла.

С использованием метода Split класса string производится разделение содержимого переменной text на массив строк textArray. Метод Split принимает в качестве параметра массив символов, которые могут разделять слова в файле.

Далее в цикле foreach производится перебор всех слов в массиве textArray. Для текущего слова производится удаление пробелов в начале и конце. Если текущее слово еще не содержится в списке слов list, то оно добавляется в этот список. Таким образом, каждое слово в файле включается в список list только один раз.

После этого производится остановка таймера. В текстовое поле textBoxFileReadTime выводится время построения списка слов файла, а в текстовое поле textBoxFileReadCount выводится количество слов в списке list, то есть количество уникальных слов в файле. На рис. 43. у текстовых полей textBoxFileReadTime и textBoxFileReadCount серый фон, так как для них установлено свойство «ReadOnly=true», то есть они доступны только для чтения. Если поле доступно только для чтения, то пользователь не может вводить данные в такое поле, но его можно изменять в программе.

12.2 Четкий поиск в текстовом файле

В процедуре поиска используется не текстовый файл напрямую, а список list слов, прочитанных из файла.

Рассмотрим код обработчика кнопки «Четкий поиск»:


```

private void buttonExact_Click(object sender, EventArgs e)
{
    //Слово для поиска
    string word = this.textBoxFind.Text.Trim();

    //Если слово для поиска не пусто
    if (!string.IsNullOrEmpty(word) && list.Count > 0)
    {
        //Слово для поиска в верхнем регистре
        string wordUpper = word.ToUpper();

        //Временные результаты поиска
        List<string> tempList = new List<string>();

        Stopwatch t = new Stopwatch();
        t.Start();

        foreach (string str in list)
        {
            if (str.ToUpper().Contains(wordUpper))
            {
                tempList.Add(str);
            }
        }

        t.Stop();
        this.textBoxExactTime.Text = t.Elapsed.ToString();

        this.listBoxResult.BeginUpdate();

        //Очистка списка
        this.listBoxResult.Items.Clear();

        //Вывод результатов поиска
        foreach (string str in tempList)
        {
            this.listBoxResult.Items.Add(str);
        }
        this.listBoxResult.EndUpdate();
    }
    else
    {
        MessageBox.Show("Необходимо выбрать файл и ввести слово для
поиска");
    }
}

```

В начале работы обработчика проверяется содержимое поля «Слово для поиска» (элемент textBoxFind).

Если данное поле не пусто (условие `string.IsNullOrEmpty(word)` не выполняется) и прочитаны данные из файла (условие `list.Count>0` выполняется) то выполняются основные действия обработчика события. Если условие не выполняется, то выводится сообщение «Необходимо выбрать файл и ввести слово для поиска» и обработчик события завершает работу.

Далее перебираются все слова в списке `list`. Если текущее проверяемое слово включает слово для поиска как подстроку (что проверяется с использованием метода `Contains` класса `string`), то текущее проверяемое слово добавляется во временный список найденных слов `tempList`. Перед проверкой строки переводятся в верхний регистр с использованием метода `ToUpper` класса `string`.

После завершения поиска в текстовое поле `textBoxExactTime` выводится время поиска, а в список `listBoxResult` (элемент `ListBox`) список найденных слов.

Для заполнения данными элемента `ListBox` необходимо выполнить следующие действия:

- для начала обновления данных списка необходимо вызвать метод `BeginUpdate`;
- для работы со списком необходимо использовать коллекцию `Items`. Для очистки результатов предыдущего поиска следует вызвать метод `Items.Clear`;
- для добавления элементов в список необходимо использовать метод `Items.Add`;
- для завершения обновления данных списка нужно вызвать метод `EndUpdate`.

В результате четкого поиска в список будут выведены слова файла, которые включают искомое слово как подстроку.

Пример результатов четкого поиска представлен на рис. 44. В качестве файла используется текстовое содержимое статьи из «Википедии» о языке программирования C#. Для корректного поиска в русскоязычном тексте, текстовый файл должен быть сохранен в кодировке UTF-8, так как с ней по умолчанию работают методы класса File.

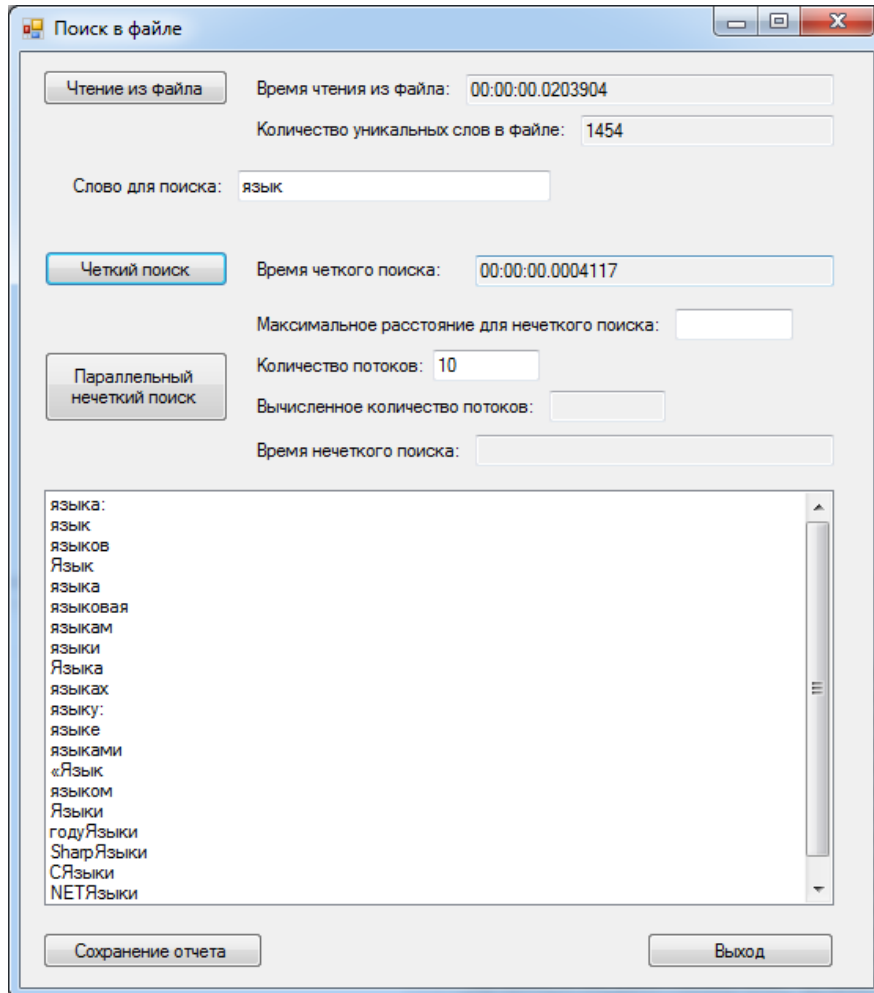


Рис. 44. Результаты четкого поиска.

12.3 Нечеткий поиск в текстовом файле

Нечеткий поиск в текстовом файле практически не отличается от четкого, только вместо проверки вхождения подстроки необходимо вызывать функцию вычисления расстояния Дамерау-Левенштейна, рассмотренную ранее. Однако дополнительную сложность придает требование параллельного поиска в массиве слов (пример параллельного поиска в массиве также был рассмотрен ранее).

Рассмотрим код обработчика кнопки «Параллельный нечеткий

поиск»:

```
private void buttonApprox_Click(object sender, EventArgs e)
{
    //Слово для поиска
    string word = this.textBoxFind.Text.Trim();

    //Если слово для поиска не пусто
    if (!string.IsNullOrEmpty(word) && list.Count > 0)
    {
        int maxDist;
        if (!int.TryParse(this.textBoxMaxDist.Text.Trim(), out maxDist))
        {
            MessageBox.Show("Необходимо указать максимальное расстояние");
            return;
        }

        if (maxDist < 1 || maxDist > 5)
        {
            MessageBox.Show("Максимальное расстояние должно быть в диапазоне от 1
до 5");
            return;
        }

        int ThreadCount;
        if (!int.TryParse(this.textBoxThreadCount.Text.Trim(), out ThreadCount))
        {
            MessageBox.Show("Необходимо указать количество потоков");
            return;
        }

        Stopwatch timer = new Stopwatch();
        timer.Start();

        //-----
        // Начало параллельного поиска
        //-----

        //Результирующий список
        List<ParallelSearchResult> Result = new List<ParallelSearchResult>();

        //Деление списка на фрагменты для параллельного запуска в потоках
        List<MinMax> arrayDivList = SubArrays.DivideSubArrays(0, list.Count,
ThreadCount);
        int count = arrayDivList.Count;

        //Количество потоков соответствует количеству фрагментов массива
        Task<List<ParallelSearchResult>>[] tasks = new
Task<List<ParallelSearchResult>>[count];

        //Запуск потоков
        for (int i = 0; i < count; i++)
        {
            //Создание временного списка, чтобы потоки не работали параллельно с
одной коллекцией
            List<string> tempTaskList = list.GetRange(arrayDivList[i].Min,
arrayDivList[i].Max - arrayDivList[i].Min);
```

```

tasks[i] = new Task<List<ParallelSearchResult>>(
    //Метод, который будет выполняться в потоке
    ArrayThreadTask,
    //Параметры потока
    new ParallelSearchThreadParam()
    {
        tempList = tempTaskList,
        maxDist = maxDist,
        ThreadNum = i,
        wordPattern = word
    });

    //Запуск потока
    tasks[i].Start();
}

Task.WaitAll(tasks);

timer.Stop();

//Объединение результатов
for (int i = 0; i < count; i++)
{
    Result.AddRange(tasks[i].Result);
}

//-----
// Завершение параллельного поиска
//-----

timer.Stop();

//Вывод результатов

//Время поиска
this.textBoxApproxTime.Text = timer.Elapsed.ToString();

//Вычисленное количество потоков
this.textBoxThreadCountAll.Text = count.ToString();

//Начало обновления списка результатов
this.listBoxResult.BeginUpdate();

//Очистка списка
this.listBoxResult.Items.Clear();

//Вывод результатов поиска
foreach (var x in Result)
{
    string temp = x.word + "(расстояние=" + x.dist.ToString() + " поток="
+ x.ThreadNum.ToString() + ")";
    this.listBoxResult.Items.Add(temp);
}

//Окончание обновления списка результатов
this.listBoxResult.EndUpdate();
}
else
{
    MessageBox.Show("Необходимо выбрать файл и ввести слово для поиска");
}

```

```

    }
}

```

В начале обработчика, как и в случае четкого поиска, проверяется что список `list` не пуст и что указано слово для поиска. Если условие выполняется, то производится проверка и приведение к типу `int` полей «Максимальное расстояние для нечеткого поиска» и «Количество потоков». Для приведения к типу `int` используется метод `int.TryParse`. Для максимального расстояния также проверяется, что оно находится в диапазоне от 1 до 5.

Параллельный поиск практически полностью повторяет пример, рассмотренный в разделе 9. Разница состоит в том, что в данном случае обрабатывается не массив целых чисел, а массив строк.

Для хранения информации о найденных словах используется класс `ParallelSearchResult`:

```

/// <summary>
/// Результаты параллельного поиска
/// </summary>
public class ParallelSearchResult
{
    /// <summary>
    /// Найденное слово
    /// </summary>
    public string word { get; set; }

    /// <summary>
    /// Расстояние
    /// </summary>
    public int dist { get; set; }

    /// <summary>
    /// Номер потока
    /// </summary>
    public int ThreadNum { get; set; }
}

```

Класс содержит найденное слово, расстояние Дameraу-Левенштейна между найденным и искомым словами, и номер потока, в котором было найдено данное слово.

Для разделения массива на подмассивы применяется класс `SubArrays`.

Для параллельного поиска используется класс Task. Как и в рассмотренном ранее примере параллельного поиска создается массив объектов класса Task, потоки запускаются, ожидание завершения потоков осуществляется с помощью метода Task.WaitAll. Внутри потока выполняется метод ArrayThreadTask, который получает в качестве параметра объект класса ParallelSearchThreadParam.

После завершения работы всех потоков проводится объединение результатов с помощью свойства Result класса Task.

Далее осуществляется вывод результатов. Заполняются поля «Вычисленное количество потоков» (так как класс SubArrays может возвращать на один поток больше чем указано) и «Время нечеткого поиска».

Аналогично четкому поиску найденные слова выводятся в список listBoxResult, но в данном случае наряду с найденным словом выводится номер потока, в котором было найдено слово, и реальное расстояние Дамерау-Левенштейна, на которое данное слово отличается от искомого.

Рассмотрим метод ArrayThreadTask, который выполняется внутри потока. В качестве параметра метод ArrayThreadTask получает объект класса ParallelSearchThreadParam:

```

/// <summary>
/// Параметры которые передаются в поток
/// для параллельного поиска
/// </summary>
class ParallelSearchThreadParam
{
    /// <summary>
    /// Массив для поиска
    /// </summary>
    public List<string> tempList { get; set; }

    /// <summary>
    /// Слово для поиска
    /// </summary>
    public string wordPattern { get; set; }

    /// <summary>

```

```

    /// Максимальное расстояние для нечеткого поиска
    /// </summary>
    public int maxDist { get; set; }

    /// <summary>
    /// Номер потока
    /// </summary>
    public int ThreadNum { get; set; }
}

```

Класс содержит входной массив слов и слово для поиска, максимальное расстояние для нечеткого поиска и номер потока. Текст метода ArrayThreadTask:

```

/// <summary>
/// Выполняется в параллельном потоке для поиска строк
/// </summary>
public static List<ParallelSearchResult> ArrayThreadTask(object
paramObj)
{
    ParallelSearchThreadParam param =
    (ParallelSearchThreadParam)paramObj;

    ///Слово для поиска в верхнем регистре
    string wordUpper = param.wordPattern.Trim().ToUpper();

    ///Результаты поиска в одном потоке
    List<ParallelSearchResult> Result = new
List<ParallelSearchResult>();

    ///Перебор всех слов во временном списке данного потока
    foreach (string str in param.tempList)
    {
        ///Вычисление расстояния Дамерау-Левенштейна
        int dist = EditDistance.Distance(str.ToUpper(), wordUpper);

        ///Если расстояние меньше порогового, то слово добавляется в
результат
        if (dist <= param.maxDist)
        {
            ParallelSearchResult temp = new ParallelSearchResult()
            {
                word = str,
                dist = dist,
                ThreadNum = param.ThreadNum
            };

            Result.Add(temp);
        }
    }
}

```



```

    }
    return Result;
}

```

В методе перебираются все слова в массиве для поиска, переданном данному потоку. Если расстояние Дamerau-Левенштейна между текущим словом и искомым словом меньше максимально допустимого, то текущее слово считается найденным и помещается в список результата.

Список результата, являющийся возвращаемым значением метода, содержит объекты рассмотренного ранее класса `ParallelSearchResult`. Пример результатов нечеткого поиска представлен на рис. 45.

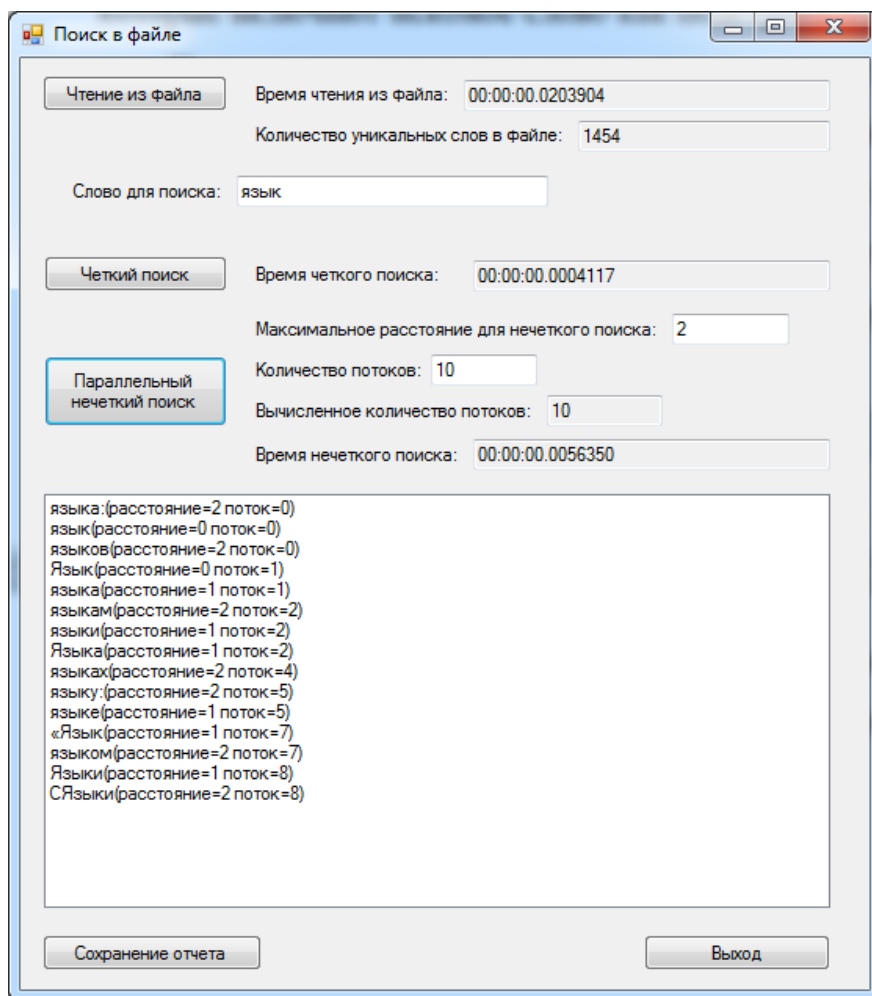


Рис. 45. Результаты нечеткого поиска.

12.4 Формирование отчета

При нажатии на кнопку «Сохранение отчета» проводятся формирование отчета и сохранение в текстовый файл.

Рассмотрим код обработчика кнопки:

```
private void buttonSaveReport_Click(object sender, EventArgs e)
{
    //Имя файла отчета
    string TempReportFileName = "Report_" +
    DateTime.Now.ToString("dd_MM_yyyy_hhmmss");

    //Диалог сохранения файла отчета
    SaveFileDialog fd = new SaveFileDialog();
    fd.FileName = TempReportFileName;
    fd.DefaultExt = ".html";
    fd.Filter = "HTML Reports|*.html";

    if (fd.ShowDialog() == DialogResult.OK)
    {
        string ReportFileName = fd.FileName;

        //Формирование отчета
        StringBuilder b = new StringBuilder();
        b.AppendLine("<html>");

        b.AppendLine("<head>");
        b.AppendLine("<meta http-equiv='Content-Type' content='text/html; charset=UTF-8' />");
        b.AppendLine("<title>" + "Отчет: " + ReportFileName + "</title>");
        b.AppendLine("</head>");

        b.AppendLine("<body>");

        b.AppendLine("<h1>" + "Отчет: " + ReportFileName + "</h1>");
        b.AppendLine("<table border='1'>");

        b.AppendLine("<tr>");
        b.AppendLine("<td>Время чтения из файла</td>");
        b.AppendLine("<td>" + this.textBoxFileReadTime.Text + "</td>");
        b.AppendLine("</tr>");

        b.AppendLine("<tr>");
        b.AppendLine("<td>Количество уникальных слов в файле</td>");
        b.AppendLine("<td>" + this.textBoxFileReadCount.Text + "</td>");
        b.AppendLine("</tr>");

        b.AppendLine("<tr>");
        b.AppendLine("<td>Слово для поиска</td>");
        b.AppendLine("<td>" + this.textBoxFind.Text + "</td>");
        b.AppendLine("</tr>");

        b.AppendLine("<tr>");
        b.AppendLine("<td>Максимальное расстояние для нечеткого поиска</td>");
        b.AppendLine("<td>" + this.textBoxMaxDist.Text + "</td>");
        b.AppendLine("</tr>");

        b.AppendLine("<tr>");
        b.AppendLine("<td>Время четкого поиска</td>");
        b.AppendLine("<td>" + this.textBoxExactTime.Text + "</td>");
        b.AppendLine("</tr>");

        b.AppendLine("<tr>");
        b.AppendLine("<td>Время нечеткого поиска</td>");
```

```

b.AppendLine("<td>" + this.textBoxApproxTime.Text + "</td>");
b.AppendLine("</tr>");

b.AppendLine("<tr valign='top'>");
b.AppendLine("<td>Результаты поиска</td>");
b.AppendLine("<td>");
b.AppendLine("<ul>");

foreach (var x in this.listBoxResult.Items)
{
    b.AppendLine("<li>" + x.ToString() + "</li>");
}

b.AppendLine("</ul>");
b.AppendLine("</td>");
b.AppendLine("</tr>");

b.AppendLine("</table>");

b.AppendLine("</body>");
b.AppendLine("</html>");

//Сохранение файла
File.AppendAllText(ReportFileName, b.ToString());

MessageBox.Show("Отчет сформирован. Файл: " + ReportFileName);
}
}

```

В переменной TempReportFileName формируется имя файла на основе текущих даты и времени.

Далее создается объект класса SaveFileDialog. При вызове метода ShowDialog пользователю предлагается сохранить файл.

Если пользователь не выбрал корректное имя файла для сохранения (условие «fd.ShowDialog() == DialogResult.OK» не выполняется), то обработчик события завершает работу.

Если пользователь выбрал корректное имя файла, то формируется отчет в формате HTML с использованием класса StringBuilder.

Отчет формируется в виде HTML-таблицы. После формирования отчета с помощью класса StringBuilder, отчет сохраняется в текстовый файл с помощью метода File.AppendAllText:

```
File.AppendAllText(ReportFileName, b.ToString());
```

Первым параметром метода является путь и имя файла, указанные в классе SaveFileDialog. Вторым параметром метода является отчет,

сформированный с помощью класса `StringBuilder` и преобразуемый к типу `String`.

Далее с применением класса `MessageBox` выводится сообщение пользователю об имени файла, содержащего отчет. Отображение файла отчета в браузере представлено на рис. 46.

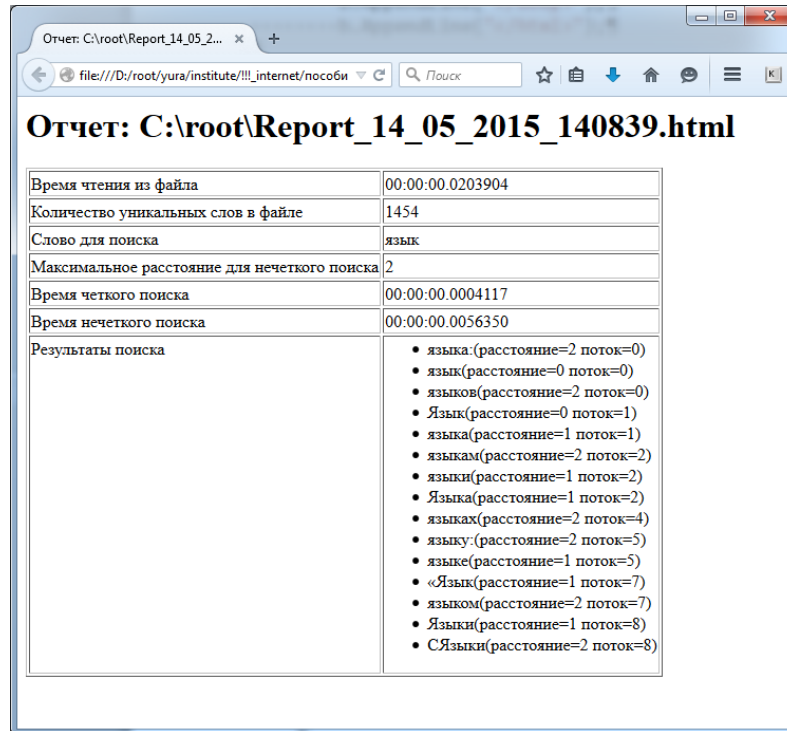


Рис. 46. Отображение файла отчета в браузере.

Текст сформированного файла «Report_14_05_2015_140839.html»:

```
<html>
<head>
<meta http-equiv='Content-Type' content='text/html; charset=UTF-8'/>
<title>Отчет: C:\root\Report_14_05_2015_140839.html</title>
</head>
<body>
<h1>Отчет: C:\root\Report_14_05_2015_140839.html</h1>
<table border='1'>
<tr>
<td>Время чтения из файла</td>
<td>00:00:00.0203904</td>
</tr>
<tr>
<td>Количество уникальных слов в файле</td>
<td>1454</td>
</tr>
<tr>
<td>Слово для поиска</td>
```

```

<td>язык</td>
</tr>
<tr>
<td>Максимальное расстояние для нечеткого поиска</td>
<td>2</td>
</tr>
<tr>
<td>Время четкого поиска</td>
<td>00:00:00.0004117</td>
</tr>
<tr>
<td>Время нечеткого поиска</td>
<td>00:00:00.0056350</td>
</tr>
<tr valign='top'>
<td>Результаты поиска</td>
<td>
<ul>
<li>языка:(расстояние=2 поток=0)</li>
<li>язык(расстояние=0 поток=0)</li>
<li>языков(расстояние=2 поток=0)</li>
<li>Язык(расстояние=0 поток=1)</li>
<li>языка(расстояние=1 поток=1)</li>
<li>языкам(расстояние=2 поток=2)</li>
<li>языки(расстояние=1 поток=2)</li>
<li>Языка(расстояние=1 поток=2)</li>
<li>языках(расстояние=2 поток=4)</li>
<li>языку:(расстояние=2 поток=5)</li>
<li>языке(расстояние=1 поток=5)</li>
<li>«Язык(расстояние=1 поток=7)</li>
<li>языком(расстояние=2 поток=7)</li>
<li>Языки(расстояние=1 поток=8)</li>
<li>Сязыки(расстояние=2 поток=8)</li>
</ul>
</td>
</tr>
</table>
</body>
</html>

```

12.5 Контрольные вопросы к разделу 12

1. Как используется класс OpenFileDialog?
2. Как применяется класс SaveFileDialog?
3. Как используется класс MessageBox?
4. Как используется элемент ListBox?

5. Как сформировать отчет с помощью класса `StringBuilder` и сохранить его в виде текстового файла?

Заключение

В учебном пособии были рассмотрены:

- краткая характеристика среды исполнения .NET;
- базовые конструкции языка программирования C#;
- основы объектно-ориентированного программирования с использованием C#;
- работа с коллекциями;
- основы использования файловой системы;
- рефлексия;
- основы параллельной обработки данных;
- основы технологии Windows Forms.

Материал учебного пособия в целом соответствует содержанию дисциплины «Базовые компоненты интернет-технологий», которую читают преподаватели кафедры «Системы обработки информации и управления» в третьем семестре.

Полученные знания, умения и владения предполагается использовать в рамках дисциплины «Разработка интернет-приложений», в рамках которой рассматриваются такие технологии, как LINQ, Entity Framework, ASP.NET MVC. Поэтому знание языка «C#» является необходимым требованием для изучения данной дисциплины.

Источники

1. Нейгел К., Ивсен Б., Глинн Д., Уотсон К. С# 5.0 и платформа .NET 4.5 для профессионалов. : Пер. с англ. – М. : ООО «И.Д. Вильямс», 2014. – 1440 с.
2. Шилдт Г. С# 4.0: полное руководство. : Пер. с англ. – М. : ООО «И.Д. Вильямс», 2013. – 1056 с.
3. Павловская Т.А. С#. Программирование на языке высокого уровня. Учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2015. – 432 с.
4. В. И. Левенштейн. Двоичные коды с исправлением выпадений, вставок и замещений символов. Доклады Академий Наук СССР, 1965. 163.4:845-848.

Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ C#.....	7
2 СРЕДА ИСПОЛНЕНИЯ .NET	9
2.1 КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ СРЕДЫ ИСПОЛНЕНИЯ .NET	9
2.2 ОСОБЕННОСТЬ КОМПИЛЯЦИИ И ИСПОЛНЕНИЯ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ СРЕДЫ ИСПОЛНЕНИЯ .NET	12
2.3 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К РАЗДЕЛУ 2	14
3 ОСНОВЫ ЯЗЫКА C#.....	15
3.1 ОРГАНИЗАЦИЯ ТИПОВ ДАННЫХ В ЯЗЫКЕ C#	15
3.2 БАЗОВЫЕ ТИПЫ ДАННЫХ	17
3.3 ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТИПОВ	19
3.4 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАССИВОВ	20
3.5 КОНСОЛЬНЫЙ ВВОД-ВЫВОД	22
3.6 ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ЯЗЫКА C#.....	23
3.6.1 Пространства имен и сборки.....	27
3.6.2 Условные операторы.....	31
3.6.3 Операторы сопоставления с образцом.....	32
3.6.4 Операторы цикла.....	34
3.6.5 Обработка исключений.....	35
3.6.6 Вызов методов, передача параметров и возврат значений	38
3.7 XML-КОММЕНТАРИИ	41
3.8 ДИРЕКТИВЫ ПРЕПРОЦЕССОРА	43
3.9 КОНСОЛЬНЫЙ ВВОД-ВЫВОД С ПРЕОБРАЗОВАНИЕМ ТИПОВ ДАННЫХ	44
3.10 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К РАЗДЕЛУ 3	47
4 ОСНОВЫ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В C#	48
4.1 ОБЪЯВЛЕНИЕ КЛАССА И ЕГО ЭЛЕМЕНТОВ	49
4.1.1 Объявление конструктора.....	50
4.1.2 Объявление методов.....	50
4.1.3 Объявление свойств.....	51
4.1.4 Объявление деструкторов.....	55
4.1.5 Объявление статических элементов класса	56
4.1.6 Конструкция «using static»	56
4.2 НАСЛЕДОВАНИЕ КЛАССА ОТ КЛАССА.....	57
4.2.1 Вызов конструкторов из конструкторов	58
4.2.2 Виртуальные методы	59
4.3 АБСТРАКТНЫЕ КЛАССЫ И МЕТОДЫ	61
4.4 ИНТЕРФЕЙСЫ	64

4.5	НАСЛЕДОВАНИЕ КЛАССОВ ОТ ИНТЕРФЕЙСОВ	66
4.6	МЕТОДЫ РАСШИРЕНИЯ.....	69
4.7	ЧАСТИЧНЫЕ КЛАССЫ.....	71
4.8	СОЗДАНИЕ ДИАГРАММЫ КЛАССОВ В VISUAL STUDIO	73
4.9	ПРИМЕР КЛАССОВ ДЛЯ РАБОТЫ С ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ ФИГУРАМИ	76
4.9.1	Абстрактный класс «Геометрическая фигура»	76
4.9.2	Интерфейс IPrint.....	77
4.9.3	Класс «Прямоугольник»	78
4.9.4	Класс «Квадрат»	79
4.9.5	Класс «Круг»	80
4.9.6	Основная программа.....	81
4.10	КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К РАЗДЕЛУ 4	82
5	РАСШИРЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО	
	ПРОГРАММИРОВАНИЯ В ЯЗЫКЕ C#	84
5.1	ПЕРЕЧИСЛЕНИЯ.....	84
5.2	ПЕРЕГРУЗКА ОПЕРАТОРОВ	86
5.3	ОБОБЩЕНИЯ.....	96
5.4	ДЕЛЕГАТЫ.....	100
5.5	ЛЯМБДА-ВЫРАЖЕНИЯ.....	104
5.6	ЛОКАЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ	108
5.7	ЧЛЕНЫ КЛАССА, ОСНОВАННЫЕ НА ВЫРАЖЕНИЯХ	109
5.8	СТРОКОВАЯ ИНТЕРПОЛЯЦИЯ	110
5.9	ОБОБЩЕННЫЕ ДЕЛЕГАТЫ FUNC И ACTION	111
5.10	ГРУППОВЫЕ ДЕЛЕГАТЫ.....	115
5.11	СОБЫТИЯ.....	116
5.12	КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К РАЗДЕЛУ 5	123
6	РАБОТА С КОЛЛЕКЦИЯМИ	123
6.1	СТАНДАРТНЫЕ КОЛЛЕКЦИИ.....	124
6.1.1	Обобщенный список.....	125
6.1.2	Необобщенный список.....	127
6.1.3	Обобщенные стек и очередь.....	128
6.1.4	Обобщенный словарь	132
6.1.5	Кортеж	134
6.1.6	Новый синтаксис кортежей	135
6.1.7	Сортировка коллекций	137
6.2	СОЗДАНИЕ НЕСТАНДАРТНОЙ КОЛЛЕКЦИИ НА ОСНОВЕ СТАНДАРТНОЙ КОЛЛЕКЦИИ	142
6.3	СОЗДАНИЕ НЕСТАНДАРТНОЙ КОЛЛЕКЦИИ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТАНДАРТНЫХ КОЛЛЕКЦИЙ	150
6.3.1	Классы простого списка	151
6.3.2	Класс стека	158
6.4	КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К РАЗДЕЛУ 6	160

7	РАБОТА С ФАЙЛОВОЙ СИСТЕМОЙ	161
7.1	Получение данных о файлах и каталогах	161
7.2	Чтение и запись текстовых файлов	162
7.3	Сериализация и десериализация объектов	167
7.3.1	Бинарная сериализация и десериализация	168
7.3.2	Сериализация и десериализация в формат XML.....	170
7.4	Контрольные вопросы к разделу 7	175
8	РЕФЛЕКСИЯ	175
8.1	Работа со сборками	177
8.2	Работа с типами данных	177
8.3	Динамические действия с объектами классов	181
8.4	Работа с атрибутами	182
8.5	Использование рефлексии на уровне откомпилированных инструкций	186
8.6	Самоотображаемость	189
8.7	Контрольные вопросы к разделу 8	191
9	ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ	191
9.1	Использование класса Thread	193
9.2	Использование класса Task	195
9.3	Возврат результата выполнения потока с использованием класса Task.....	197
9.4	Использование конструкций async и await	206
9.5	Контрольные вопросы к разделу 9	207
10	РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ПОИСКА С ОПЕЧАТКАМИ	208
10.1	Расстояние Дамерау-Левенштейна	208
10.2	Вычисление расстояния Дамерау-Левенштейна	210
10.3	Пример вычисления расстояния Дамерау-Левенштейна	214
10.4	Алгоритм Вагнера-Фишера вычисления расстояния Дамерау-Левенштейна	215
10.5	Контрольные вопросы к разделу 10	217
11	ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ WINDOWS FORMS	218
11.1	Создание проекта	218
11.2	Пример работы с кнопкой и текстовым полем	220
11.3	Пример работы с таймером	225
11.4	Пример открытия дочерних окон	229
11.5	Контрольные вопросы к разделу 11	236
12	ПРИМЕР МНОГОПОТОЧНОГО ПОИСКА В ТЕКСТОВОМ ФАЙЛЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ WINDOWS FORMS	236
12.1	Чтение информации из текстового файла	238
12.2	Четкий поиск в текстовом файле	240

12.3	НЕЧЕТКИЙ ПОИСК В ТЕКСТОВОМ ФАЙЛЕ	243
12.4	ФОРМИРОВАНИЕ ОТЧЕТА	249
12.5	КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К РАЗДЕЛУ 12	253
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		255
ИСТОЧНИКИ		256