Объектно-ориентированные CASE-технологии
Язык UML 2.5.

Владимир Юрьевич Романов,
Московский Государственный Университет им. М.В.Ломоносова
Факультет Вычислительной Математики и Кибернетики
vromanov@cs.msu.su,
romanov.rvy@yandex.ru
http://master.cmc.msu.ru

UML – Unified Modeling Language. Унифицированный язык моделирования

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК. Романов Владимир Юрьевич ©2025

- Стандарт на язык моделирования разработанный консорциумом фирм Object Management Group: **http://www.omg.org**

- Стандартизация языка UML консорциумом OMG: **https://www.omg.org/spec/UML/** **http://www.uml.org/**

- Текущие версии стандартов основанные на языке UML доступные для свободного скачивания: **https://www.omg.org/spec/category/uml-profile**

UML – Unified Modeling Language. Стандарты связанные с языком UML

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК. Романов Владимир Юрьевич ©2025

CATEGORY Uml Profile

This page provides a summary of OMG specifications that have either been formally published or are in the finalization process.

The "acronym" link navigates to the latest version of the specification, this link changes whenever a new version of the specification is published.
The "Version" link navigates to the specific version.

Search inside this table

NAME	ACRONYM	VERSION	STATUS	PUBLICATION DATE
UML Profile for BPMN Processes	BPMNProfile™	1.0	formal	июля 2014
UML Profile for CORBA and CORBA Components	CCCMP™	1.0	formal	апреля 2008
UML Profile for CORBA Components	CCMP™	1.0	formal	июля 2005
UML Profile for CORBA	CORP	1.0	formal	апреля 2002
UML Profile for Enterprise Application Integration	EAI™	1.0	formal	марта 2004
UML Profile for Enterprise Distributed Object Computing	EDOC™	1.0	formal	февраля 2004
UML Profile for MARTE	MARTE	1.2	formal	апреля 2019
UML Profile for NIEM	NIEM-UML™	3.0	formal	апреля 2017
UML Profile for Modeling QoS and FT	QFTP	1.1	formal	апреля 2008
Software Radio Components	SDRP™	1.0	formal	марта 2007
UML Profile for System on a Chip	SoCP™	1.0.1	formal	августа 2006
UML Profile for Schedulability, Performance, & Time	SPTP™	1.1	formal	января 2005
UML Profile for Telecommunication Services	TelcoML™	1.0	formal	июля 2013
SES Management TelcoML Extension	TelcoML-SES™	1.0	formal	августа 2013
UML Profile for ROSETTA	UPR	1.0 beta	beta	июля 2018
UML Testing Profile 2	UTP2	2.0	formal	декабря 2018
UML Profile for Voice-based Applications	VOICP™	1.0	formal	апреля 2008
Total: 17				

UML – Unified Modeling Language.
Инфраструктура и суперструктура языка UML

- Текущая версия языка **UML**:
  http://www.omg.org/spec/UML/2.5/PDF/

- **O**bject **C**onstraint **L**anguage™ (OCL™)
  http://www.omg.org/spec/OCL/2.4/PDF/

- **D**iagram **D**efinition (**DD**)
  http://www.omg.org/spec/DD/1.1

- **X**ML **M**etadata **I**nterchange (**XMI**) формат для обмена моделями инструментами:
  http://www.omg.org/spec/XMI/2.5.1/

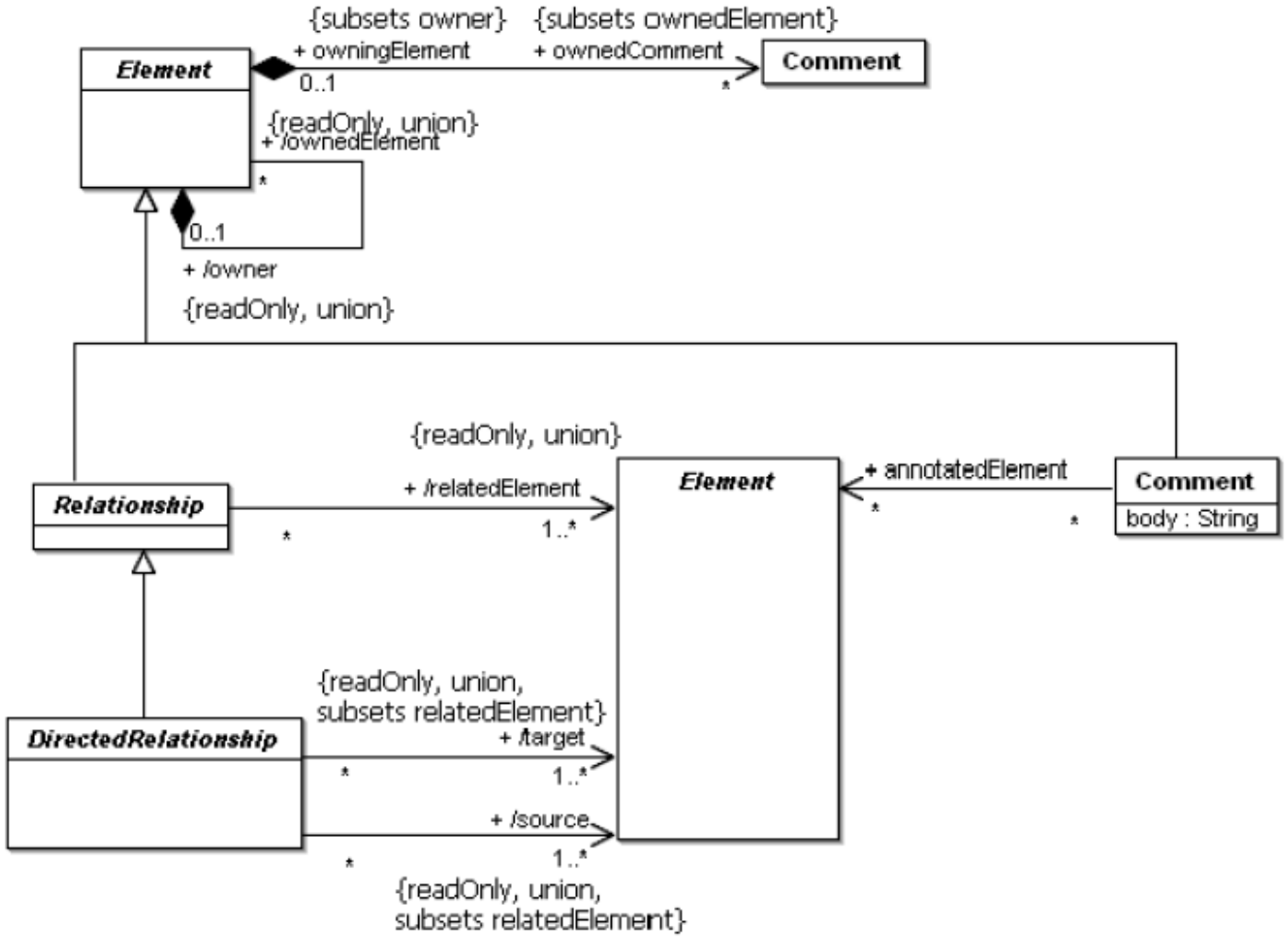
- Спецификация **UML** в формате **XMI**
  http://www.omg.org/spec/UML/20161101/UML.xmi

UML – Unified Modeling Language. Объектный язык ограничений (OCL)

- **O**bject **C**onstraint **L**anguage (**OCL**)
  https://www.omg.org/spec/OCL/2.4/

- Спецификация языка OCL на языке XML
  http://www.omg.org/spec/OCL/20090501/OCL.cmof

UML – Unified Modeling Language.
Фрагмент спецификации метамодели UML



UML – Unified Modeling Language.
Фрагмент спецификации метамодели OCL

- **if** memberEnd->size() > 2 **then** ownedEnd->*includesAll*(memberEnd)

- parents()->*select*(oclIsKindOf(Association)).oclAsType(Association)->
  forAll(p | p.memberEnd->size() = **self**.memberEnd->size())

- *Sequence*{1..**self**.memberEnd->size()}->
  forAll(i |
  self.general->*select*(oclIsKindOf(Association)).oclAsType(Association)
  ->
  forAll(ga |
  self.memberEnd->
  at(i).type.conformsTo(ga.memberEnd->at(i).type)))

UML – Unified Modeling Language.
Meta Object Facility (MOF)

- **M**eta **O**bject **F**acility (**MOF**)
  http://www.omg.org/spec/MOF/2.5.1/

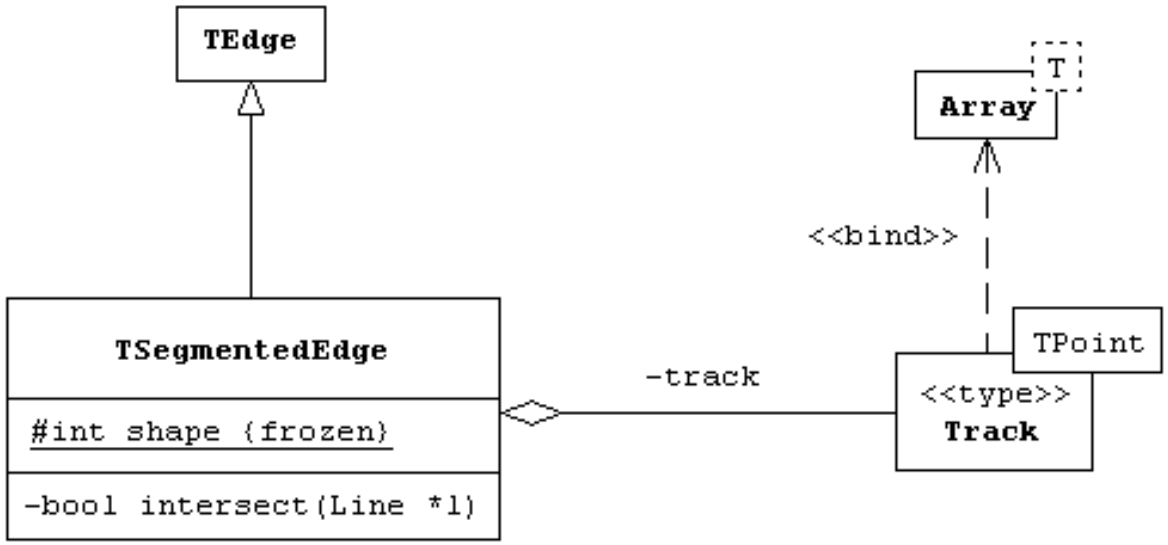
- Спецификация MOF на языке XMI
  http://www.omg.org/spec/MOF/20131001/MOF.xmi

UML – Unified Modeling Language. Практические занятия по курсу

- **Решение задач**
  - Преобразование UML диаграмм в текст программы на языке программирования (Java | C# | C++)
  - Преобразование текста программы на языке программирования (Java | C# | C++) в диаграмму UML

UML – Unified Modeling Language. Практические занятия по курсу

- **Задача 1.** Представить следующую диаграмму на языке UML в виде программы на языке C++.



UML – Unified Modeling Language. Практические занятия по курсу


```
class Graph {
    public Nodes nodes;
    public Edges edges;
    private Diagram d;
    public Graph() {
        nodes = new Nodes();
        edges = new Edges();
    }
    public void draw(Diagram d) {
        geometry.Rect R = d.getArea();
        nodes.draw(d);
        edges.draw(d);
        r.draw(d);
    }
    static public void draw(Diagram d) {
        d = new Diagram();
        Graph g = new Graph();
        g.draw(d);
    }
} // class Graph
```

UML – Unified Modeling Language. Совместные проекты по курсу (1)

Совместный проект 1

- Используя механизм рефлексии языка Java разработать программу строящую UML-модель исполняемого файла языка Java, а затем используя эту модель, строящую UML-диаграмму наследования классов в модели. Для визуализации UML-диаграммы использовать векторную графику формата HTML5 и SVG.

UML – Unified Modeling Language. Совместные проекты по курсу (2)

Совместный проект 2

- Используя механизм JDBC языка Java для анализа метаданных базы данных построить UML модель структуры базы данных и визуализировать ее с помощью графической нотации языка UML в форматах HTML5 и SVG

Литература (1)

1. Object Management Group,
UML 2.5 Superstructure Specification,
OMG document ptc-06-04-02.pdf
www.omg.org/uml

2. Буч Г., Якобсон А., Рамбо Дж., Орлов С.А.
UML. Классика CS. 2-е изд. 2005 год.
ISBN 5-469-00599-2

3. International Standard ISO/IEC 14482.
Programming Languages – C++.

4. Бьерн Страуструп. Язык программирования C++.
Издательство Бином. Москва. 1999.
ISBN 5-7989-0127-0.

Литература (2)

5. James Gosling, Bill Joy, Guy Steele, Gilad Bracha. The Java™ Language Specification. Third Edition. ISBN 0-321-24678-0

6. Брюс Эккель. Философия Java. 3-е издание. Издательство «Питер». Петербург 2003. ISBN 5-88782-105-1

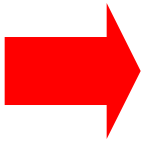
7. Standard ECMA-334 3rd Edition / June 2006 C# Language Specification. www.ecma-international.org/publications/files/ECMA-ST/Ecma-334.pdf

8. Эндрю Троелсен. C# и платформа .NET. Издательство «Питер». Петербург 2002. ISBN 5-318-00750-3

Роль графической нотации языка UML

- Нотация языка UML – стандартная нотация современных CASE-инструментов.
- Семантика языка UML (метамодель языка UML)– описывается с помощью нотации языка UML.
- Нотация языка UML широко используется в литературе для описания структуры и поведения программного обеспечения
- В данном курсе нотации UML используется для сравнительного изучения понятий языка моделирования UML и языков программирования C#, Java, C++.

Разновидности UML-диаграмм. Обзор назначения диаграмм (1)



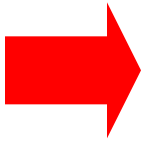
- Диаграмма статической структуры
- Диаграмма прецедентов.
- Диаграмма коммуникации объектов.
- Диаграмма последовательности взаимодействия объектов.

Разновидности UML-диаграмм. Обзор назначения диаграмм (2)

- Диаграмма состояний и переходов.
- Диаграмма деятельности.
- Диаграмма модулей и компонентов.
- Диаграмма внедрения.

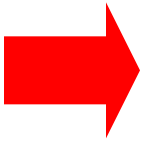
Диаграммы статической структуры

1. Диаграмма статической структуры. Классификаторы и пакеты



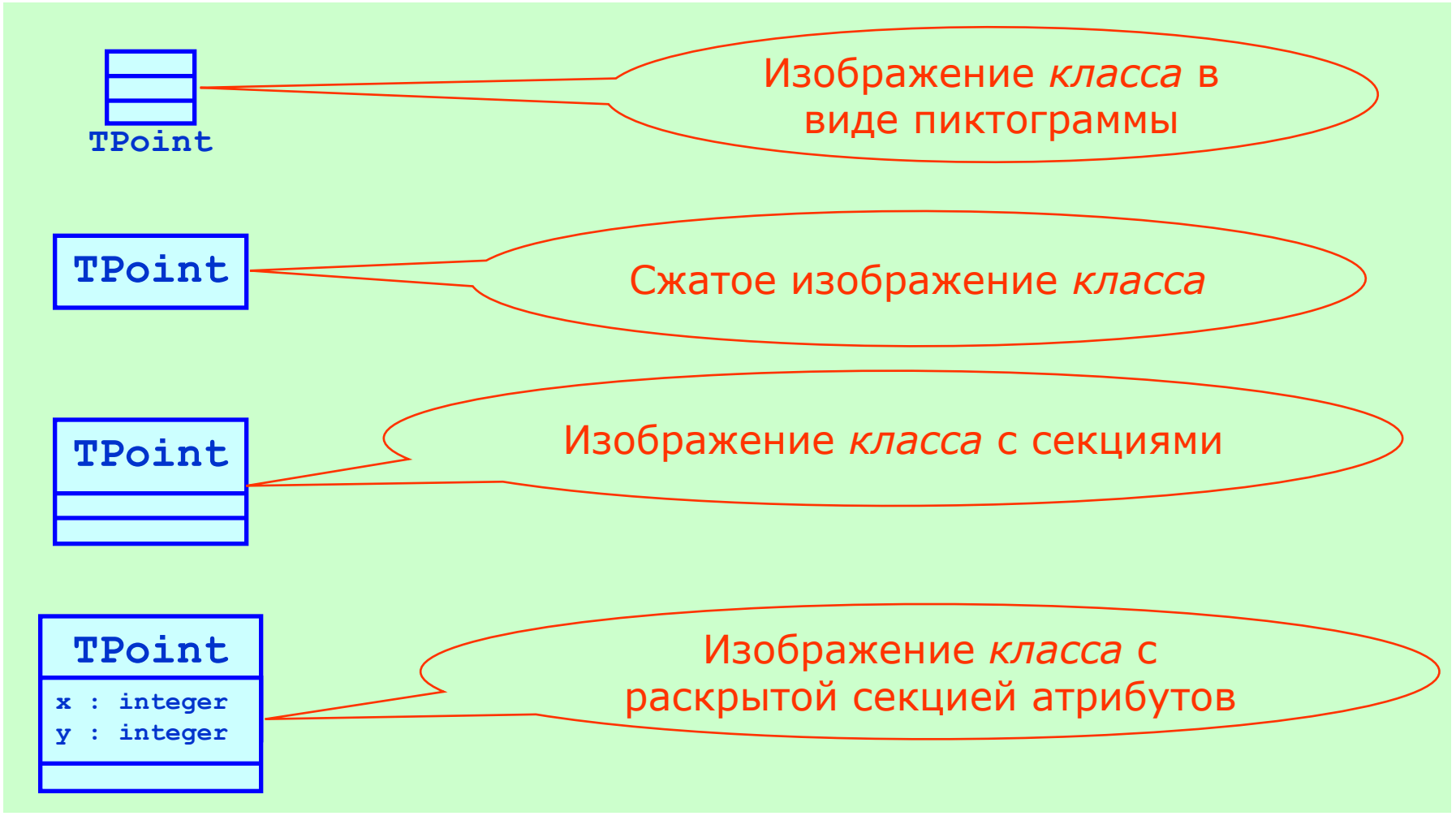
- Классификаторы и пакеты на диаграмме статической структуры
- Отношения между классификаторами и пакетами на диаграмме статической структуры

1.1 Классификаторы

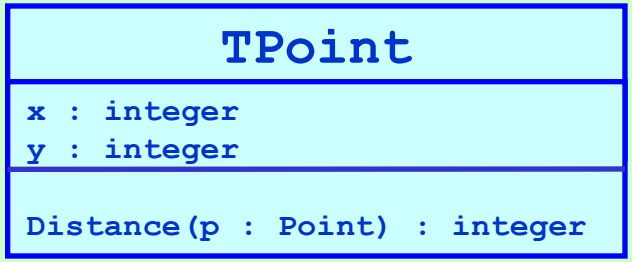


- Классификаторы
- Свойства классификаторов
- Пакеты и их свойства
- Шаблоны для классификаторов и функций

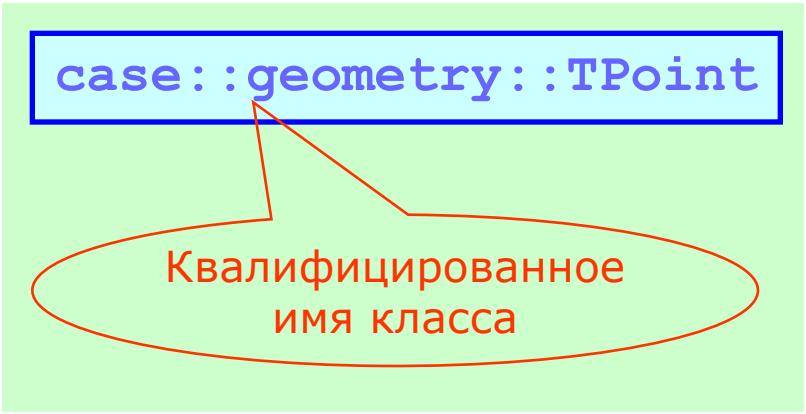
Варианты изображения классов в графической нотации UML



Варианты изображения классов в графической нотации UML



Классы в нотации языков UML, C++, Java и C#




```C#
// C#
namespace case.geometry {
    public class TPoint {
        int x, y;
    }
}
```

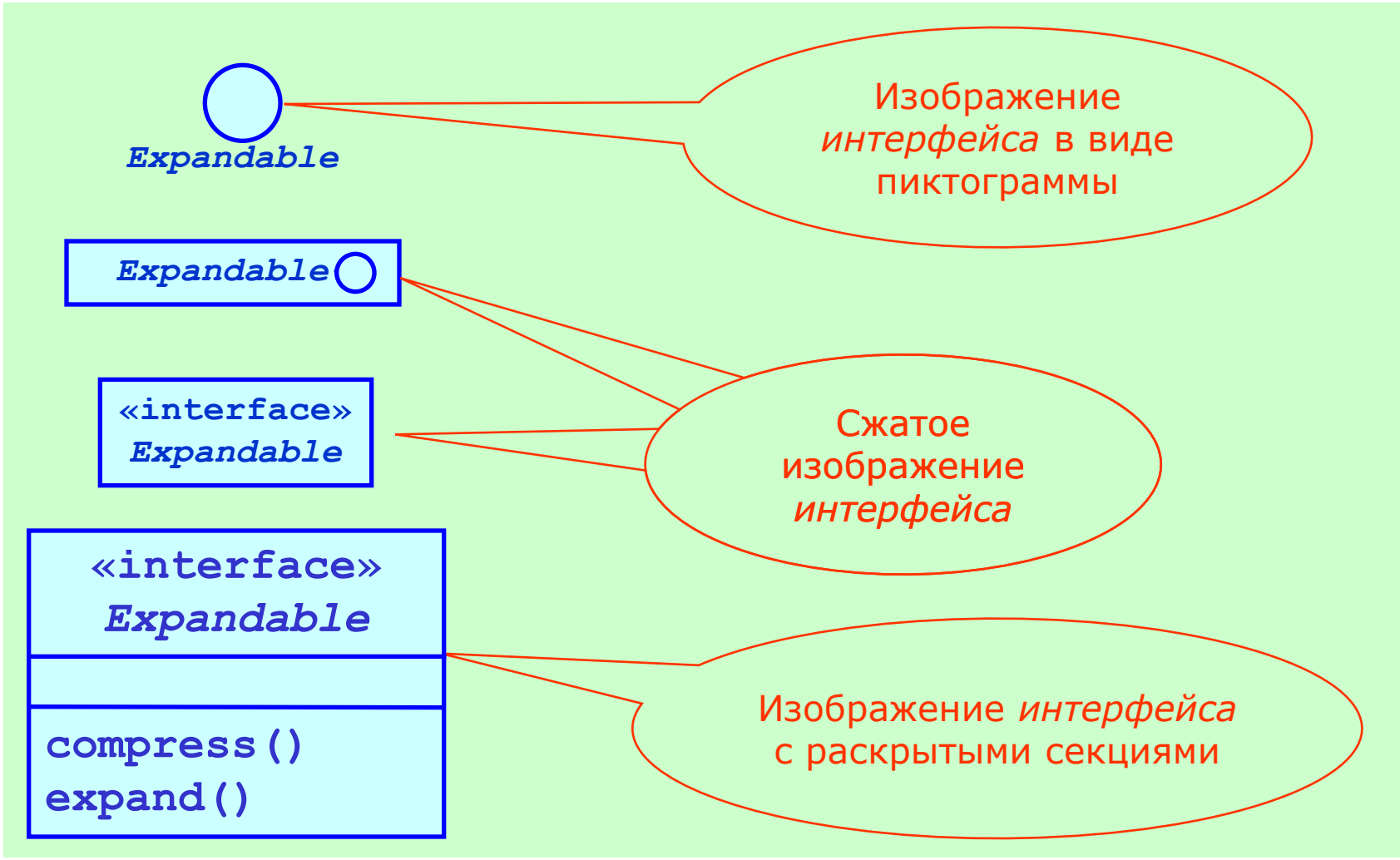
```Java
// Java
package case.geometry;

public class TPoint {
        int x, y;
}
```

```C++
// C++
namespace case {
    namespace geometry {
        class TPoint {
            int x, y;
        };
    }
}
```

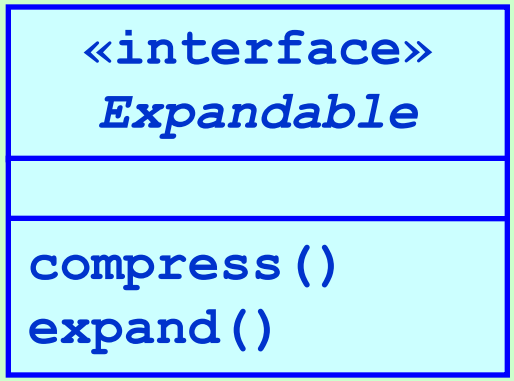
Назначение интерфейсов

- Интерфейс – предоставляет спецификацию множества согласованных операций. Метафора – «*что умеет делать*» класс реализующий данный интерфейс.
- Позволяет отделить спецификацию операций от их реализации. Спецификация одна, реализаций может быть много.
- Позволяет строить независимые иерархии наследования для интерфейсов и классов.
- Позволяет реализовывать более универсальные алгоритмы, работающие с интерфейсами. Алгоритмы применимы к множеству классов реализующих интерфейсы. Эти алгоритмы могут быть унаследованы в классах-потомках.

Варианты изображения интерфейсов в графической нотации UML



Интерфейсы в нотации языков UML, C++, Java и C#



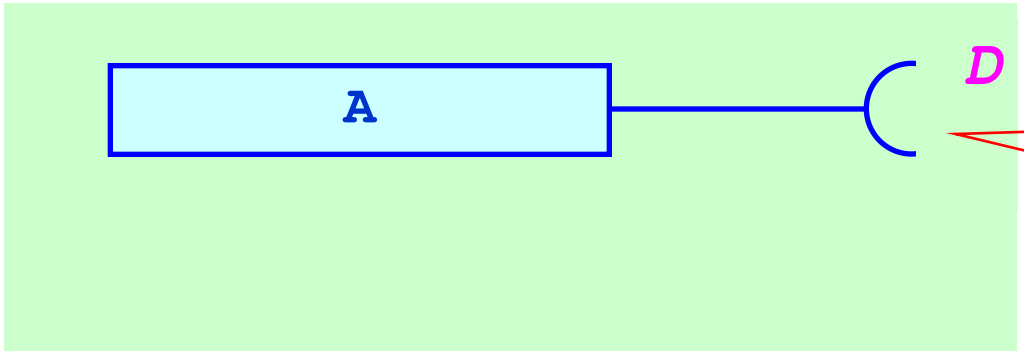

```
// C#
public interface Expandable {
    void compress();
    void expand();
}
```

```
// Java
public interface Expandable {
    public void compress();
    public void expand();
}
```

```
// C++
class Expandable {
public:
    virtual void compress() = 0;
    virtual void expand() = 0;
};
```

Чистые виртуальные функции

Нотация «использование интерфейса» в языке UML 2.1



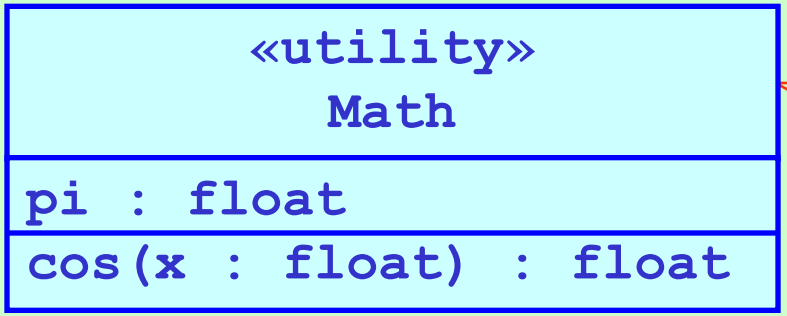
Класс **A** использует интерфейс **D**

```
// Java
import D;

public class A {
    public D getD() {
        // …
    }
public void modify(D d) {
        // …
    }
}
```

Пример на языке Java: Класс **A** использует интерфейс **D**

```
// Java
public interface D {
}
```

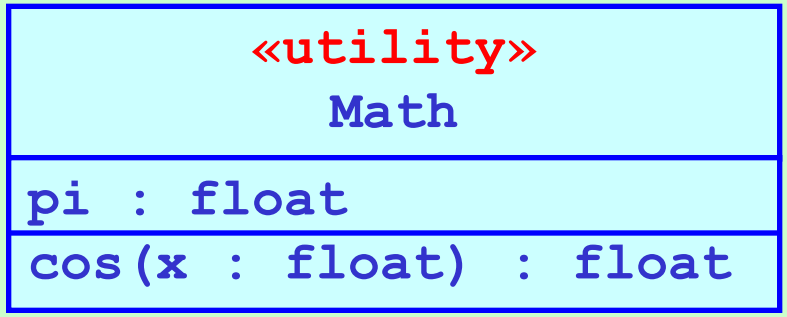
Утилиты в графической нотации UML. Изображение и назначение



Изображение *утилиты* с раскрытыми секциями

- Назначение - группирование и именование части используемых констант и операций общих для множества классификаторов.
- Упрощается доступ к константам и операциям через имя утилиты.
- Не существует экземпляров утилиты.
- Реализуется с помощью статических атрибутов и операций

Утилиты в графической нотации UML. Реализация утилит




```java
// Java
public class Math {
   final public static float pi = 3.14;
         public static float sin(float x) { … }
}
```

```cpp
// C++
class Math {
public:
   static const float pi = 3.14;
   static float sin(float x) { … };
};
```

Синглетон в графической нотации UML. Изображение, назначение и реализация

Этот стереотип означает, что существует не более одного экземпляра класса **A**

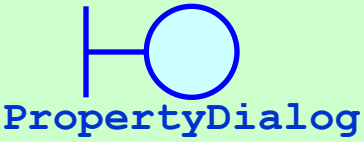
```
// Java
public class A {
   static private A instance;

   private A() {}

   static public A getA() {
       if (instance = null)
           instance = new A();
       return instance;
   }
}
```

Типы в графической нотации UML. Изображение, назначение и реализация

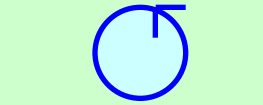

```
// C++
typedef char* String;

typedef std::vector<TPoint> Path;
```

• Назначение описания типов в языке C++ – локализация и упрощение модификации определений типов.

Классификаторы стадии анализа требований к системе



<<boundary>> ***Граничный классификатор***.
Через граничные классификаторы система взаимодействует с внешней средой.



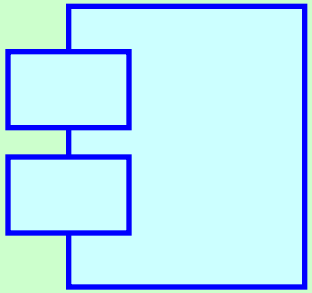
<<control>> ***Управляющий классификатор***.
Управляющие классификаторы реализуют логику работы системы.

<<entity>> ***Классификатор - Сущность*****.**
Сущности локализуют зависимость системы от способов хранения информации.

Назначение классификаторов стадии анализа:
построение 3-х уровневой модели системы устойчивой к изменениям:

- в способах взаимодействия системы с внешней средой
- в способах хранения информации.

Классификаторы – Компоненты



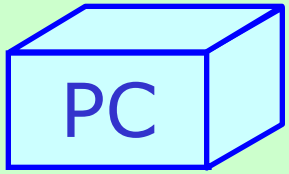
King.java

Компонент – представляет

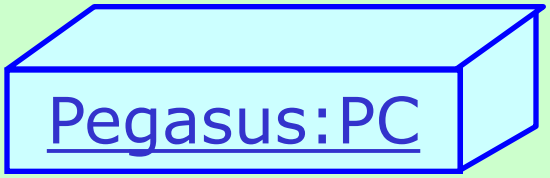
- тексты программ
- исполняемые файлы на интерпретируемых языках
- исполняемые двоичные файлы
- файлы с двоичными данными
- таблицы баз данных

• Назначение компонент – моделирование физической реализации системы. Далее компоненты будут рассмотрены на UML-диаграммах реализации (Implementation Diagrams).

Классификаторы – Вычислительные Узлы



Вычислительный узел – классы вычислительных узлов моделируемой системы

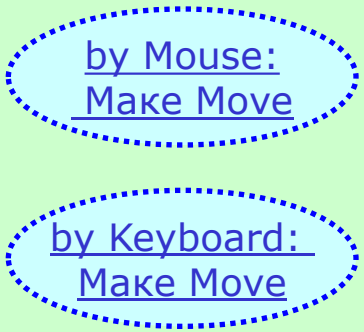


Экземпляр вычислительного узла – элемент для построения вычислительных сетей моделируемой системы

• Назначение *вычислительных узлов* – моделирование физической реализации системы. Далее вычислительные узлы будут рассмотрены на *UML-диаграммах реализации*.

Классификаторы – Прецеденты

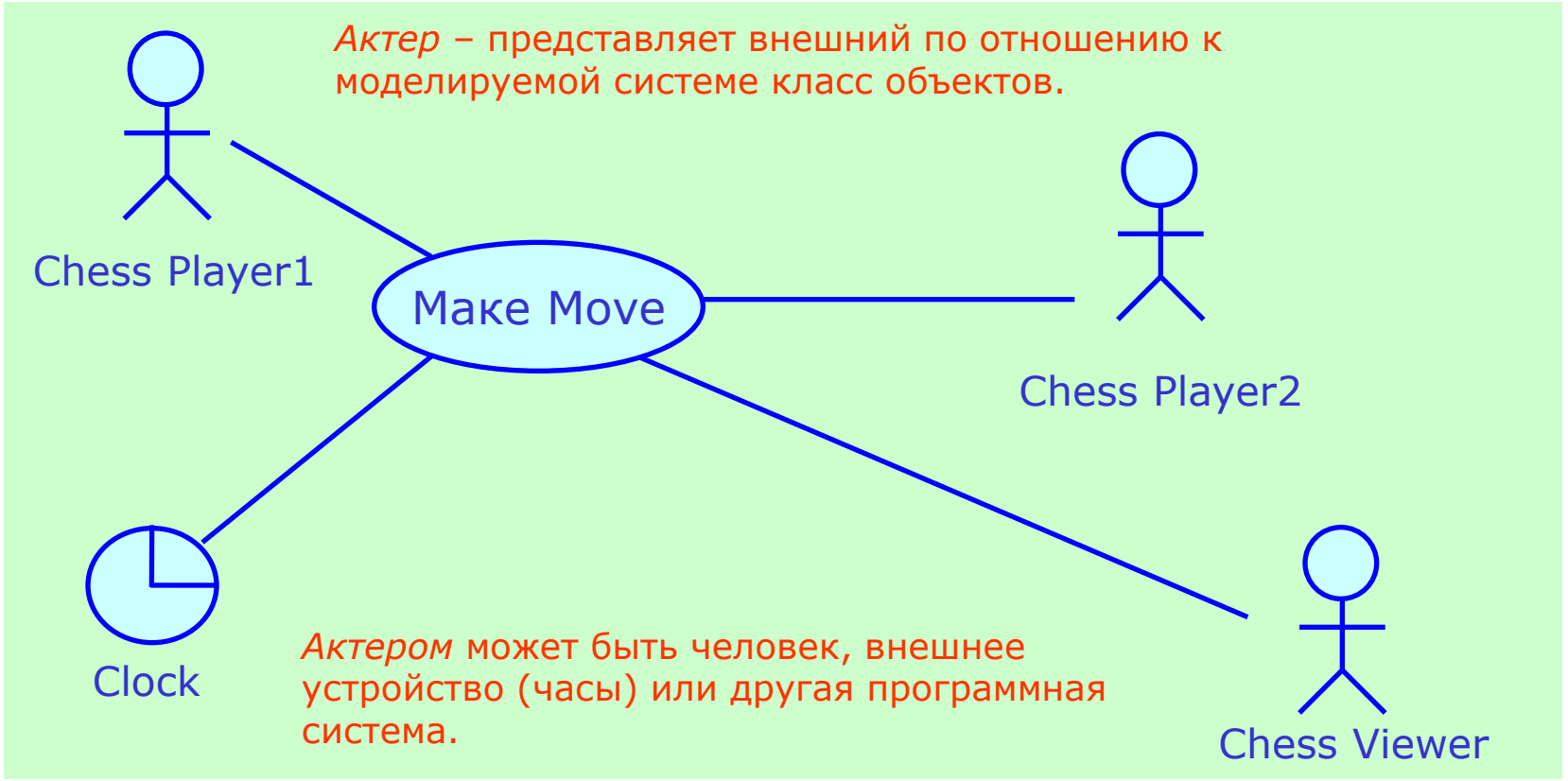
Прецедент – представляет функциональность системы. Например, перемещение элемента диаграммы.



Экземпляр прецедента –
один из способов реализации функциональности моделируемой системы

• Назначение *прецедентов* (использования системы): моделирование взаимодействия системы с внешней средой.
В дальнейшем прецеденты будут рассмотрены на *UML-диаграммах прецедентов (Use Case diagrams).*

Классификаторы – Актеры



• Назначение *актеров* – моделирование взаимодействия системы с внешней средой. Актеры взаимодействуют с *прецедентами* использования системы.

1.2 Свойства классификаторов

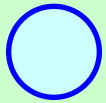
- Классификаторы
- Свойства классификаторов
- Пакеты и их свойства
- Шаблоны для классификаторов и утилит

Графические обозначения свойств классификаторов (курсив)

Абстрактность классификатора означает невозможность создания экземпляров данного классификатора.

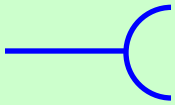
Абстрактность на диаграмме обозначается курсивом.

Абстрактный *класс*



Expandable

Интерфейс



Message Handler

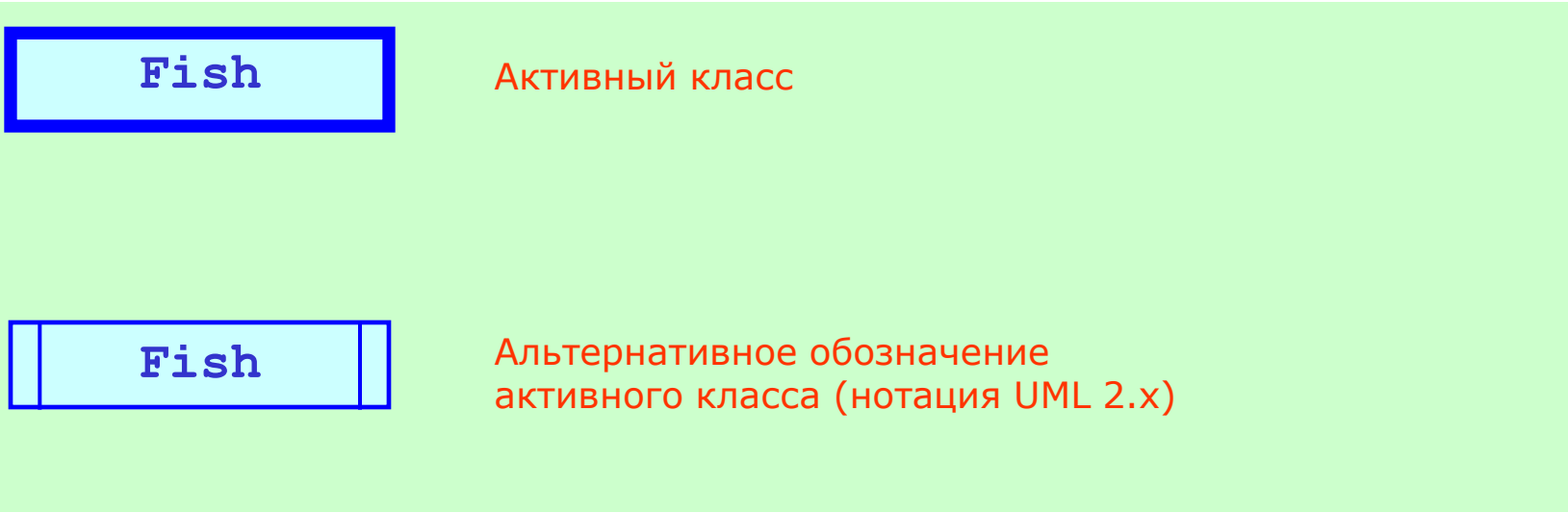
Использование интерфейса

Графические обозначения свойств классификаторов (толщина линии)

Активный класс – класс, экземпляры которого выполняются на отдельном потоке управления. В качестве такого потока управления могут использоваться *процесс (process)* или *нить (thread)*.

Активные классы обозначаются толстой рамкой.

В языке Java *активные классы* - это классы-потомки класса `Thread` или классы реализующие интерфейс `Runable`.



Обозначения свойств классификатора с помощью теговых значений (1)

• *Теговое значение* (tagged value) - показывается на диаграмме с помощью текста в фигурных скобках:

{ имя_тега = значение_тега }

• Теговые значения – один из трех универсальных механизмов расширения языка UML. Этот механизм расширения применим к любому элементу модели, а не только к классификаторам.

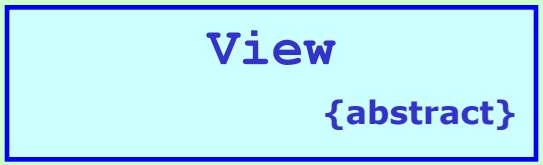
• Количество теговых значений, применимых к элементу модели, неограниченно. На диаграмме могут быть показаны не все теговые значения

• Теги для элемента могут быть заданы:
- ✓ Определены в стандарте на язык UML
- ✓Заданы пользователем при создании модели
- ✓ Определены используемым CASE-инструментом

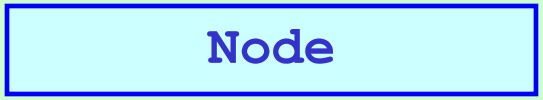
Обозначения свойств с помощью теговых значений (2)

Для тегов принимающих логические значения **(true, false**) значение тега можно не указывать. Присутствие имени тега означает логическое значение **true**. Отсутствие имени тега означает логическое значение **false**.

Пример: представление свойства абстрактности не курсивом, а теговым значением.



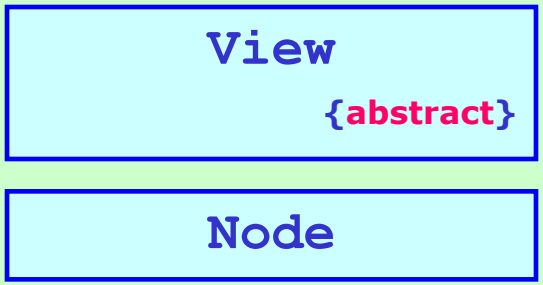
Абстрактный класс **View**



Конкретный класс **Node**

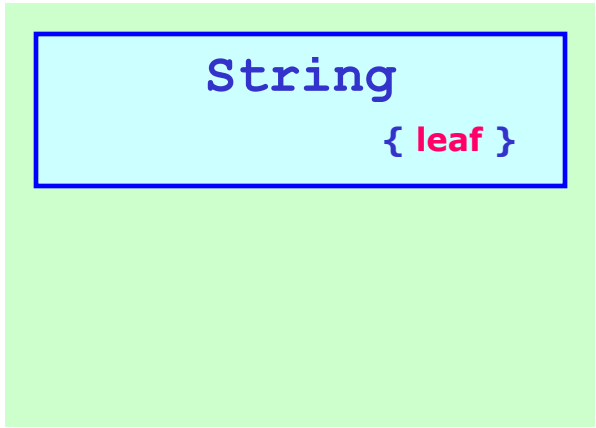
Реализация стандартных свойств языка UML: *abstract* и *leaf*

Реализация абстрактности класса (отсутствия экземпляров у класса).




```
// Java, C#
abstract class View {
}

class Node {
}
```

Реализация завершенности класса (**leaf** – лист в дереве наследования)
У завершенного класса не может быть классов-потомков.




```
// Java
final class String {
}
```

```
// C#
sealed class String {
}
```

Стереотипы классификаторов

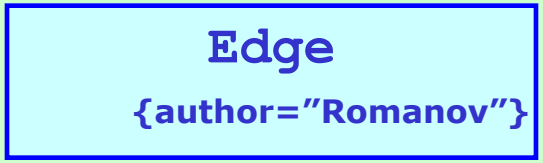
- *Стереотип* – новый вид элемента модели, созданный на основе существующего. Стереотипы расширяют семантику модели.

- *Стереотип* – один их трех механизмов расширения языка UML

- Количество стереотипов у элемента модели (и у классификатора, в частности) неограниченно

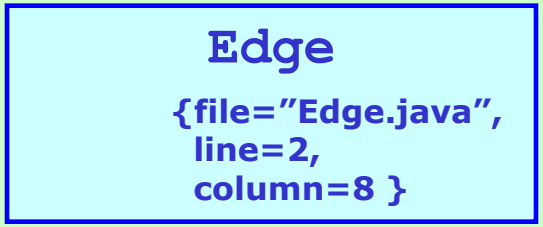
- Стереотип характеризуется:
  - ✓ Расширяемым классификатором
  - ✓ Набором теговых значений
  - ✓ Набором ограничений (constraints)

Теги с произвольным типом значений



Тег ***author*** представляющий автора разработки класса в UML-модели и текстах реализации класса

Тег ***version*** от системы управления версиями UML-модели



Теги для связи UML-модели и текстов на языке программирования

```
/** Java
 * @author Romanov
 */
public class Edge {
}
```

```
/// C#
/// <author>Romanov</author>
///
public class Edge {
}
```

Изображение стереотипов классификаторов

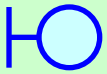
Изображение стереотипа *boundary*

«boundary»
Edge

Текстовое изображение стереотипа для узла графа

Edge 

Графическое изображение стереотипа для узла графа



Edge

Графическое изображение стереотипа для узла графа сжатого в пиктограмму

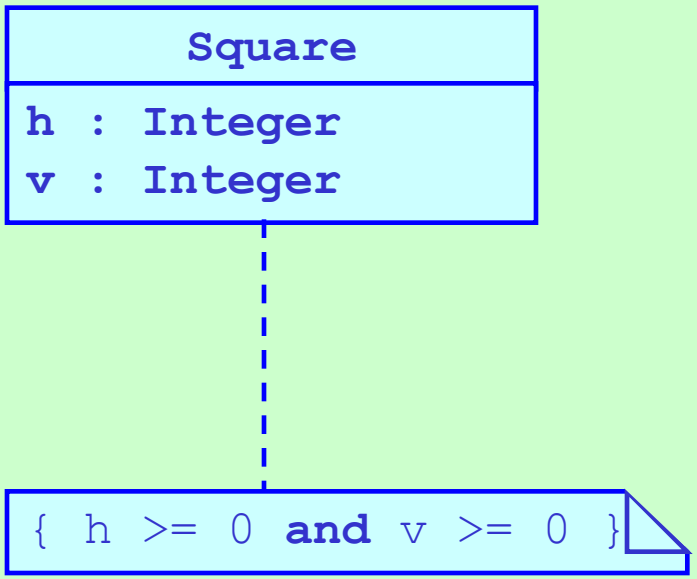
«control,singleton»
Sorter

Множество стереотипов класса *Sorter*

Ограничения накладываемые на UML-модель

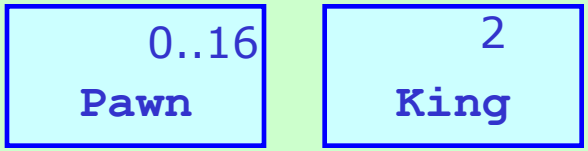
- *Ограничение (constraint)* – логическое выражение описанное с использованием атрибутов и отношений ассоциации классификаторов
- Истинно все время жизни элементов UML-модели
- Не изменяет состояние элементов UML-модели
- Может быть применено к любому элементу UML-модели
- Чаще всего ограничения описываются на языке **OCL** (**O**bject **C**onstraint **L**anguage)

Изображение ограничений на UML-диаграммах



Элемент модели, на который накладывается ограничение

Ограничение записанное на языке OCL и использующее атрибуты класса



Ограничение на количество экземпляров класса

Видимость классификаторов, их атрибутов и операций

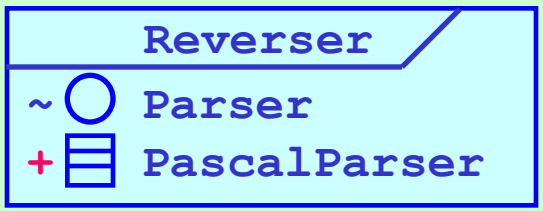
\+ *публичная (public)* – элемент модели видим вне своего пространства имен

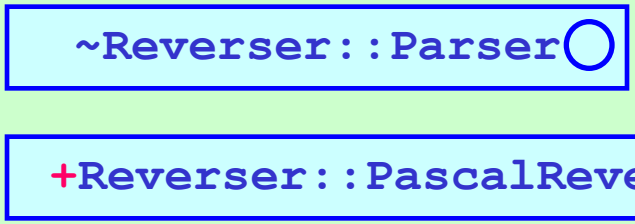
\# *защищенная (protected)* - элемент модели вне своего пространства имен видят только его потомки

— *скрытая (private)* - элемент модели невидим вне своего пространства

~ *пакетная (package)* - элемент модели невидим вне пакета содержащего классификатор владеющий данным элементом модели

Пример изображения видимости классификаторов (1)





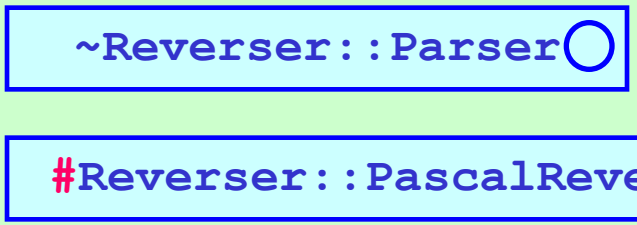

```java
// Java
package Reverser;

interface Parser {}
```

```java
// Java
package Reverser;

public class PascalParser {}
```

```csharp
// C#
namespace Reverser {
    interface Parser {
    }
}
```

```csharp
// C#
namespace Reverser {
    public class PascalParser {
    }
}
```

Пример изображения видимости классификаторов (2)




```java
// Java
class Reverser {
    interface Parser {
    }
}
```

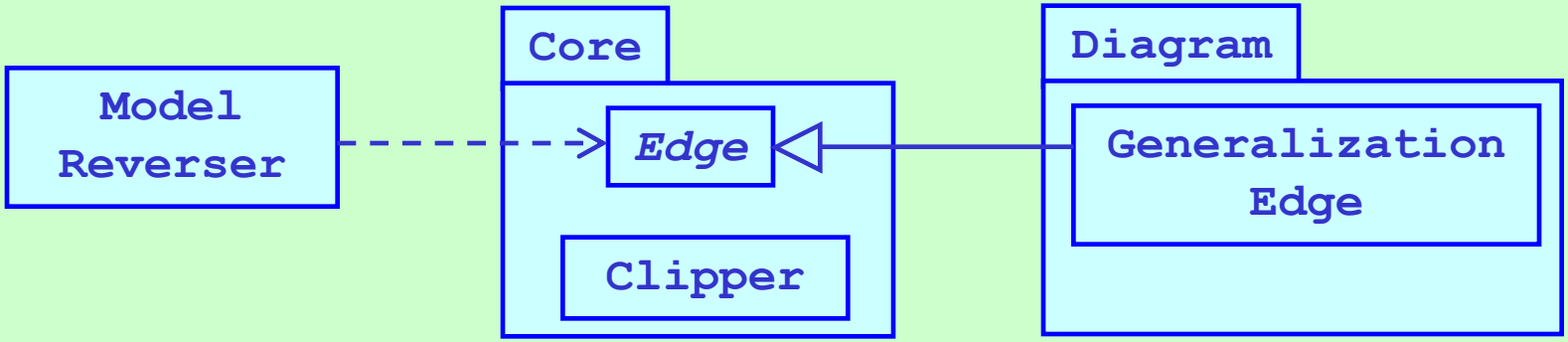
```java
// Java
class Reverser {
 protected class PascalParser {
 }
}
```

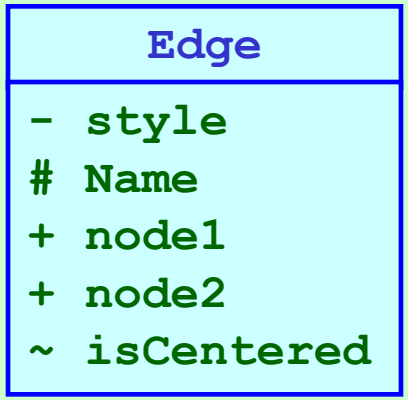
```cs
// C#
class Reverser {
    interface Parser {
    }
}
```

```cs
// C#
class Reverser {
  protected class PascalParser {
  }
}
```

Пример изображения видимости атрибутов и операций (1)

Атрибуты класса Edge видимые для класса Edge



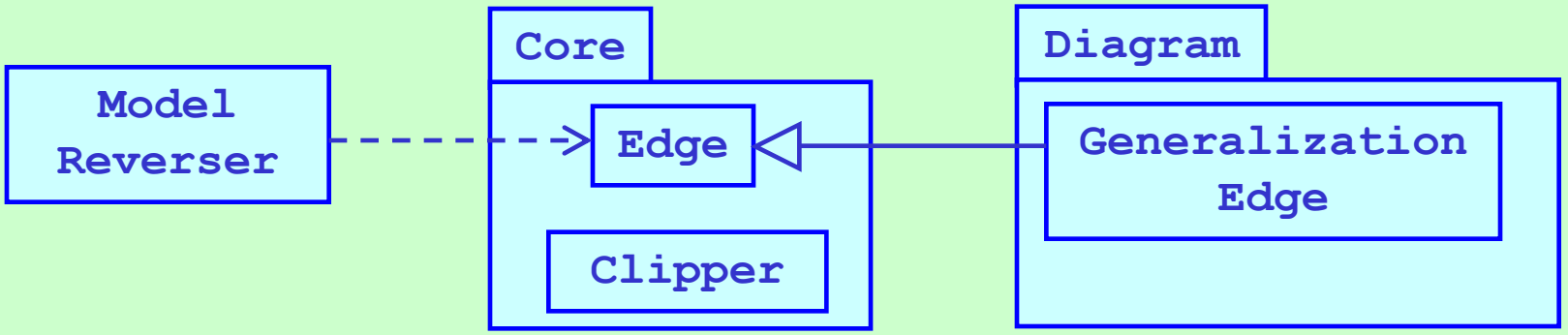


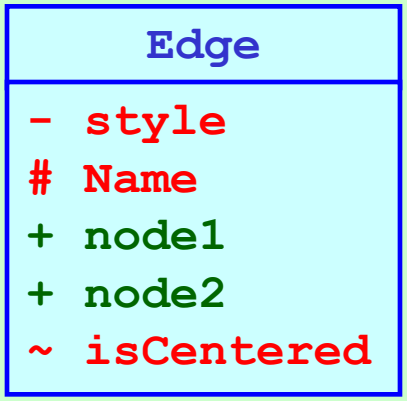
Зеленые – видимые элементы

Красные – не видимые элементы

Пример изображения видимости атрибутов и операций (2)

Атрибуты класса Edge видимые для класса ModelReverser



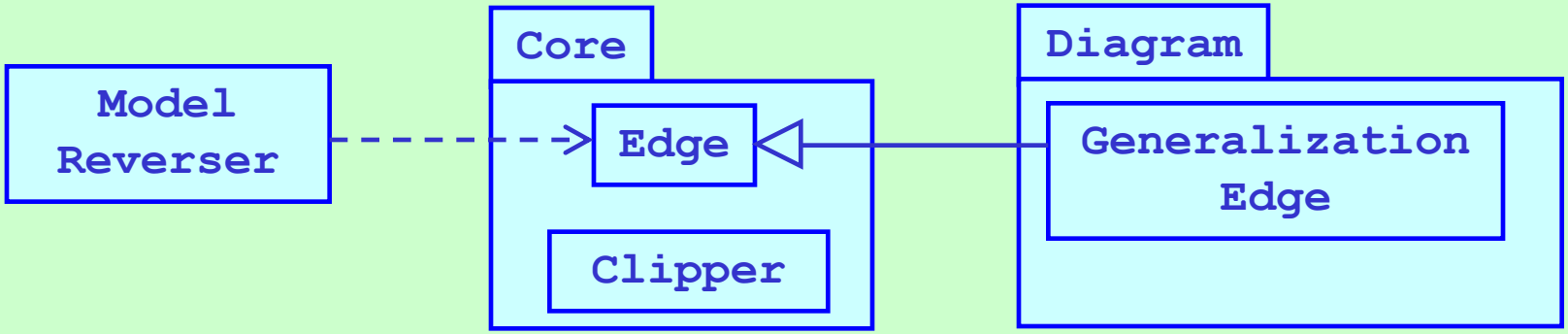


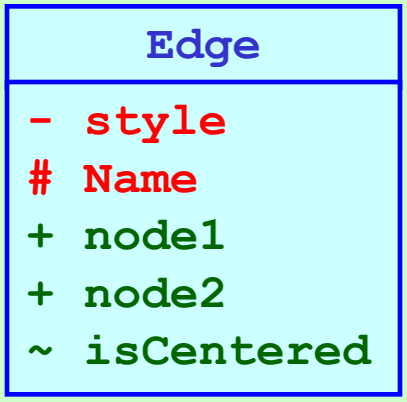
Зеленые – видимые элементы

Красные – не видимые элементы

Пример изображения видимости атрибутов и операций (3)

Атрибуты класса Edge видимые для класса Clipper



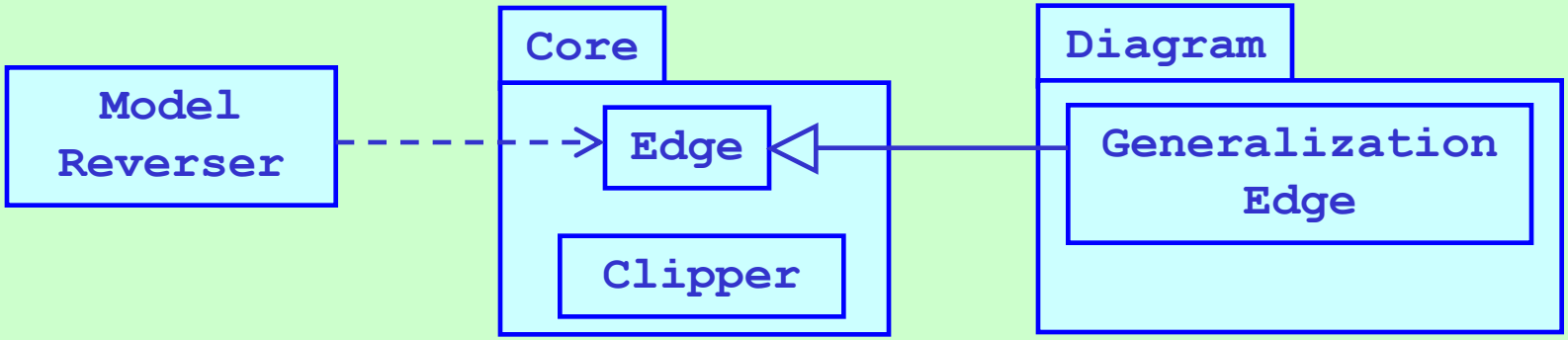


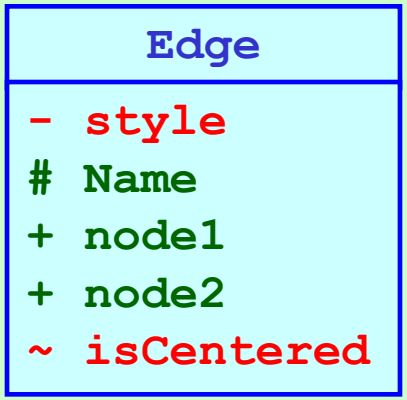
Зеленые – видимые элементы

Красные – не видимые элементы

Пример изображения видимости атрибутов и операций (4)

Атрибуты класса Edge видимые для класса GeneralizationEdge



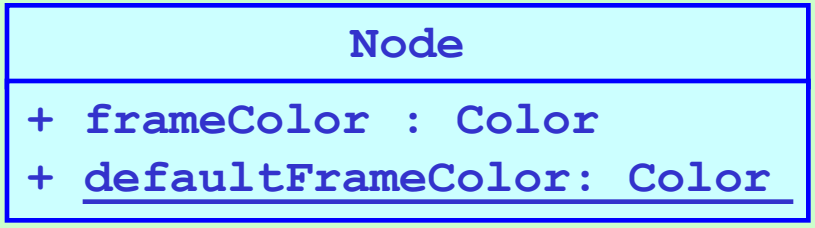


Зеленые – видимые элементы

Красные – не видимые элементы

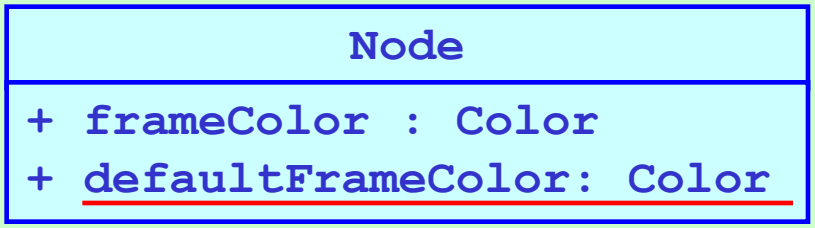
Область действия атрибутов и операций класса (1)

- Область действия – *класс*. Атрибуты и операции с такой область действия называются *статическими*. Они доступны всем экземплярам класса
- Область действия – *экземпляр класса*. Атрибуты и операции с такой область только этому экземпляру класса



Статические элементы класса показываются подчеркиванием

Область действия атрибутов и операций класса (2)



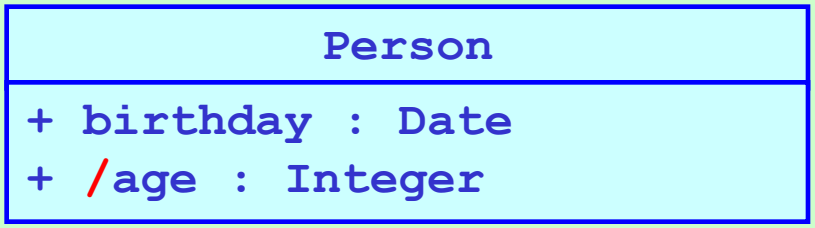
Статические элементы класса показываются подчеркиванием

```
// Java, C#
class Node {
   static public Color defaultFrameColor;
          public Color frameColor;
}
```

```
// C++
class Node {
public:
   static Color defaultFrameColor;
          Color frameColor;
};
```

Свойства атрибутов. Порожденные атрибуты (1)

Значения порожденных атрибутов не хранятся, а вычисляются в момент запроса.



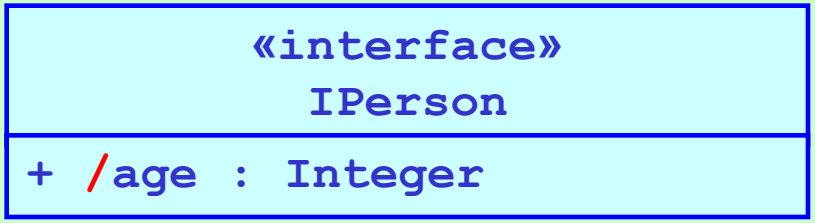
На диаграмме перед именем порожденного атрибута стоит символ **/**

```
// Java
class Person {
public Date birthday;

public int getAge() {
  return CurrentDate - birthday;
}
}
```

```
// C#
class Person {
public Date birthday;

public int age {
  get { return CurrentDate -
            birthday; }
}
}
```

Свойства атрибутов. Порожденные атрибуты (2)

Значения порожденных атрибутов не хранятся, а вычисляются в момент запроса.

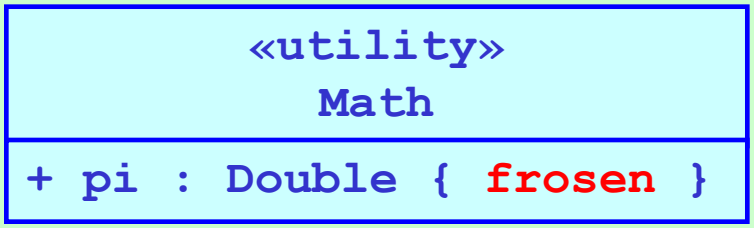


На диаграмме перед именем порожденного атрибута стоит символ **/**

```java
// Java
interface Person {
    public int getAge();
}
```

```csharp
// C#
interface Person {
   public int age { get; }
}
```

Свойства атрибутов. Неизменяемые атрибуты



Атрибуты *frosen* вычисляются на этапе компиляции.

```java
// Java
class Math {
public final double pi = 3.14;
}
```

```cpp
// C++
class Math {
public:
    const pi = 3.14;
}
```

```csharp
// C#
class Math {
public const double pi = 3.14;
}
```

Свойства атрибутов. Атрибуты только для чтения

History
+ events : List { readonly }

Атрибуты *readonly* неизменяемы вне класса. Внутри класса возможны чтение и запись.

```
// C#
class Math {
  public readonly List events;
}
```

Свойства методов. Методы - запросы

Node
+ paint(g : Graphics){ query }

```
// C++
class Node {
public:
  void paint(Graphics g) const;
}
```

1. Метод-запрос не может изменять унаследованные и собственные атрибуты
2. Метод-запрос не может не может вызывать собственные и унаследованные методы, которые не являются методами-запросами.

Свойства методов. Не переопределяемые методы

leaf – запрет переопределения метода в классах-потомках.

```
// C#
class Account {
  leaf
  public void Withdraw(long n)
  {
    …
  }
}
```

```
// Java
class Account {
  final
  public void Withdraw(long n)
  {
    …
  }
}
```

Свойства методов. Не переопределяемые методы

leaf – запрет переопределения метода в классах-потомках.

```
// C#
class Account {
  leaf
  public void Withdraw(long n);
}
```

```
// Java
class Account {
  final
  public void Withdraw(long n);
}
```

Свойства методов. Абстрактность методов

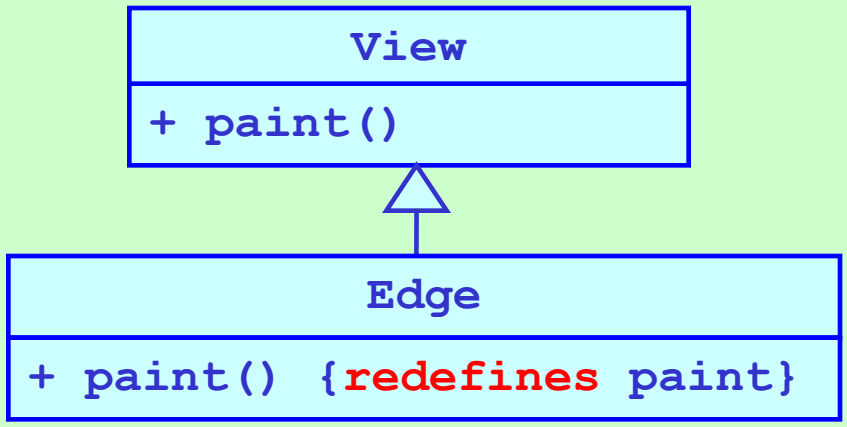
View
+ paint(g : Graphics) {abstract}

abstract – отсутствие реализации у метода.
Абстрактность может показываться также курсивом.

```
// C#, Java
abstract class View {
  abstract public void paint(Graphics g);
}
```

```
// C++
class View {
public:
  virtual void paint(Graphics g) = 0;
}
```

Свойства методов. Переопределение методов

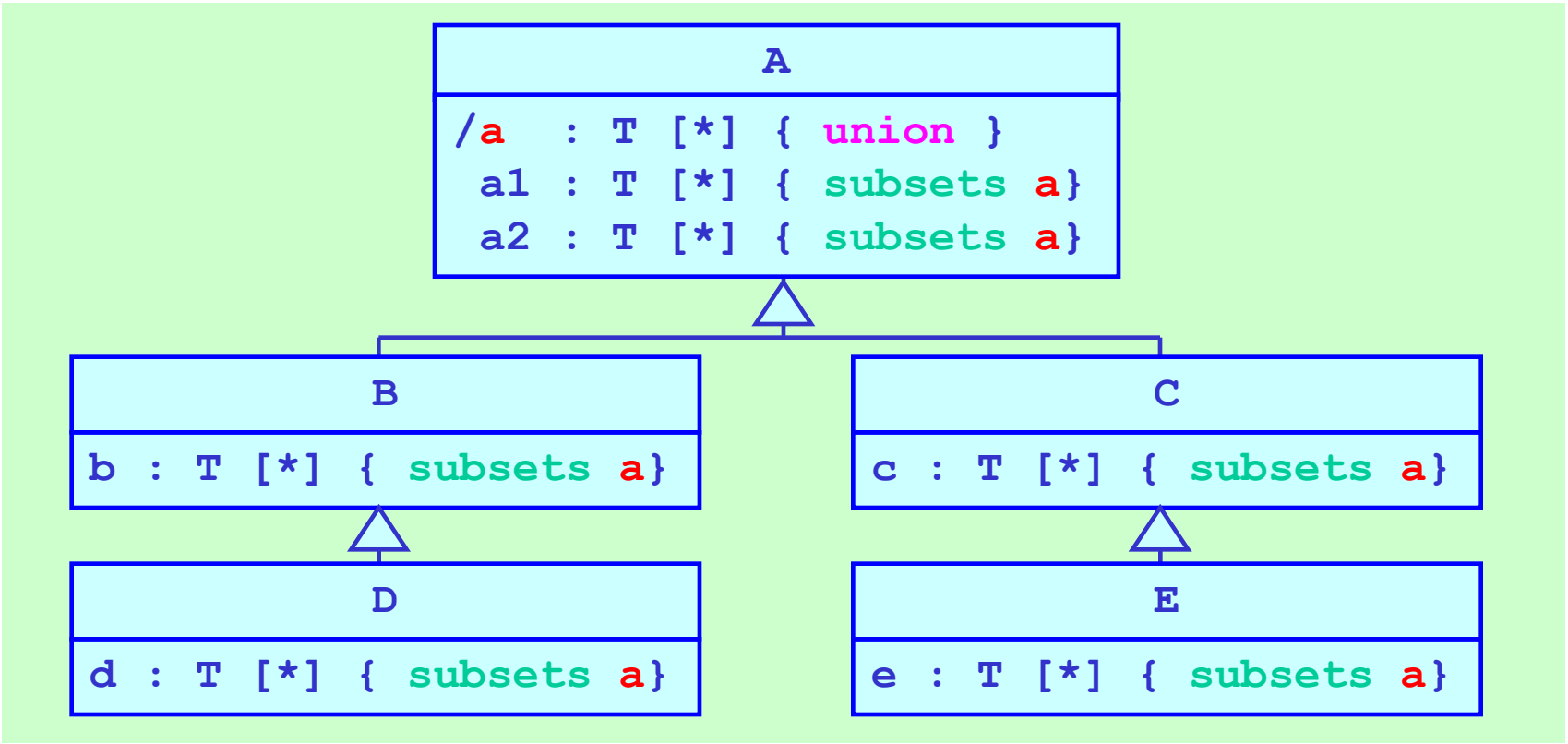



```java
// Java
class View {
   public void paint();
}


class Edge extends View {
  public void paint();
}
```

```c#
// C#
class View {
   virtual public void paint();
}

class Edge : View {
   override public void paint();
}
```

```cpp
// C++
class View {
public:
  virtual void paint();
};

class Edge : View {
public:
  void paint();
};
```

Объединения и подмножества атрибутов




```java
// Java
D x = new D();
T[] y = x.getA();
// y = a1 + a2 + b + d
```

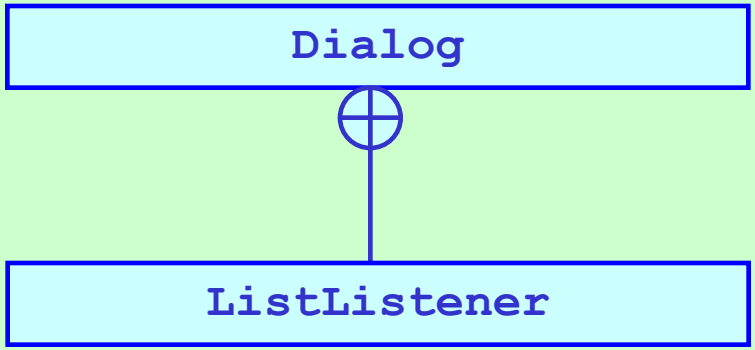
```java
// Java
B x = new B();
T[] y = x.getA();
// y = a1 + a2 + b
```

```java
// Java
A x = new A();
T[] y = x.getA();
// y = a1 + a2
```

Вложенность классификаторов

Вложенность классификатора *ListListener* показывается в отдельной секции классификатора *Dialog*.

Вложенность классификатора *ListListener* показывается с помощью квалифицированного имени.



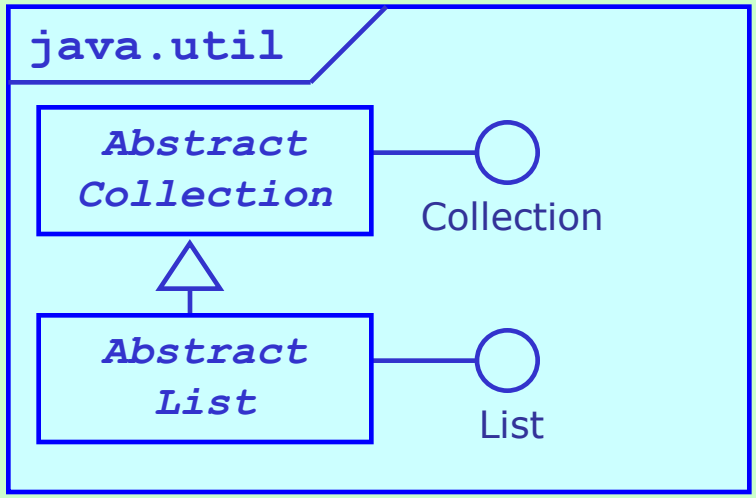
Вложенность классификатора *ListListner* показывается с помощью отношения вложенности между узлами графа *ListListener* и *Dialog*.

1.3 Классификаторы и пакеты в нотации языка UML

- Классификаторы
- Свойства классификаторов
- Структурирование модели с помощью пакетов
- Шаблоны для классификаторов и функций

Изображение пакетов

Изображение «раскрытого» пакета java.util с вложенными в пакет классами и интерфейсами



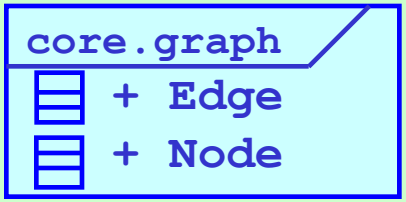
Изображение «раскрытого» пакета java.util с вложенной в пакет UML-диаграммой, показывающей отношения между вложенными в пакет классами.

Представление пакетов в языках C++, Java и C#

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК. Романов Владимир Юрьевич ©2025

Изображение «сжатого» пакета java.util

Изображение-пиктограмма пакета java.util




```
// C#
namespace core.graph {
    class Edge {};
    class Node {};
}
```

```
// Java
package core.graph;

public class Edge {
}
```

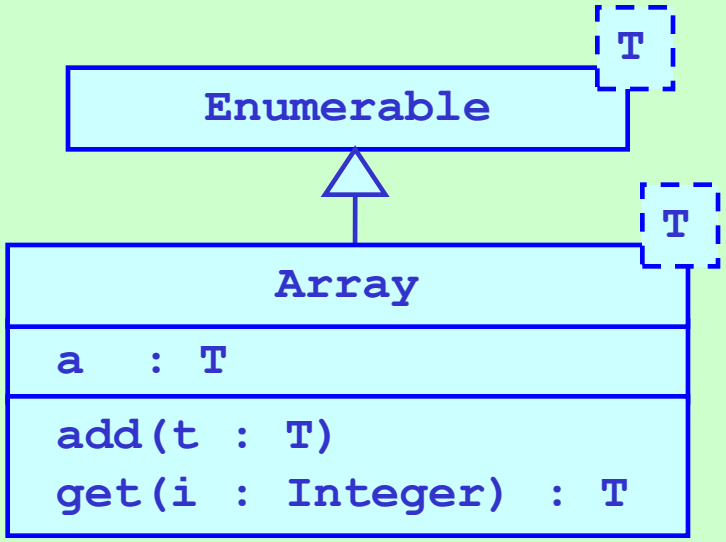
```
// Java
package core.graph;

public class Node {
}
```

```
// C++
namespace core {
    namespace graph {
        class Edge {};
        class Node {};
    }
}
```

1.4 Шаблоны для классификаторов и функций

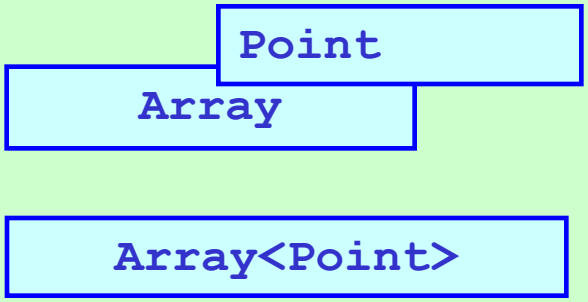
- Классификаторы
- Свойства классификаторов
- Пакеты и их свойства
- Шаблоны для классификаторов и функций

Шаблоны для классификаторов и функций. Шаблон класса C#



Объявление шаблона класса

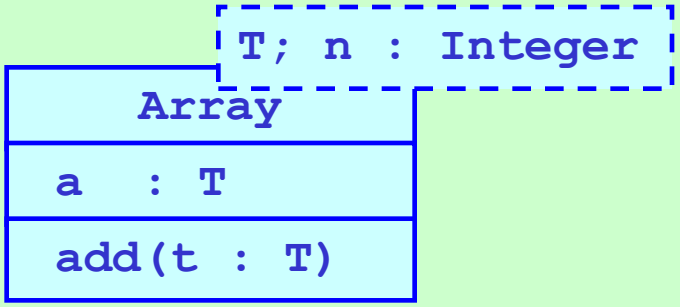
```
// C# 2.0
class Array<T> : Enumerable<T> {
   public T a;
   public void add(T t) {}
   public T get(int i) {}
}
```



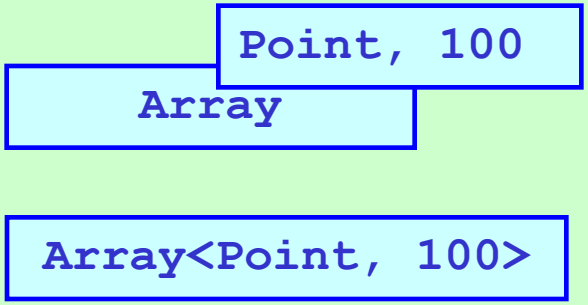
Настройка шаблона класса

```
// C# 2.0
Array<Point> path;
```

Шаблоны для классификаторов и функций. Шаблон класса C++



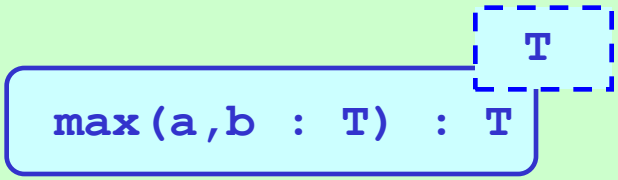

```
// C++
template <class T, int n>
class Array {
public:
   T a;
   void add(T t);
};
```



Настройка шаблона класса

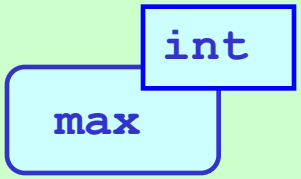
```
// C++
Array<Point, 100> path;
```

Шаблоны для классификаторов и функций. Шаблон функции C++



Объявление шаблона функции

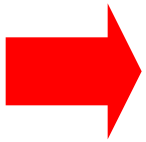
```
// C++
template <class T>
T max(T a, T b)
   { return a > b ? a : b; }
```



Настройка шаблона функции

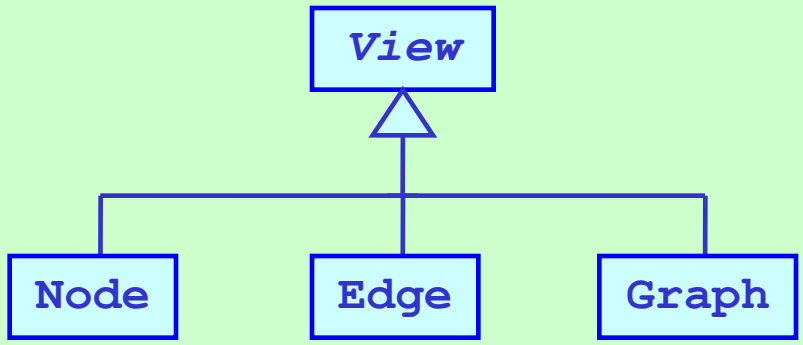
```
// C++
int x = max<int>(y, 2);
```

2.1 Отношение обобщения



- Отношения обобщения
- Отношения реализации
- Отношение ассоциации
- Отношение зависимости

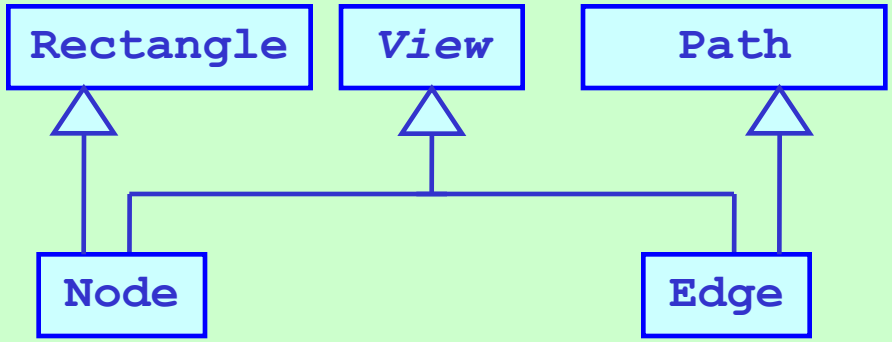
Отношения обобщения.
Особенности языков C++, Java и C#



Одиночное наследование в Java и C#

```java
// Java
class Node extends View {
}
```

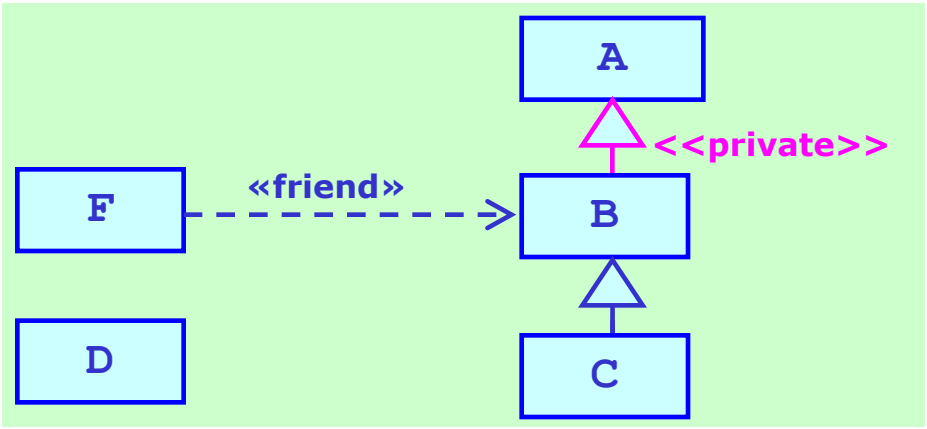
```
// C#
class Node : View {
}
```



Множественное наследование в C++

```
// C++
class Node : public View,
             public Rectangle
{
};

class Edge : public View,
             public Path

{
};
```

Отношения обобщения.
Скрытое наследование в языке C++




```
// C++
class A {
  private:   int x;
  protected: int y;
  public:    int z;
};
```

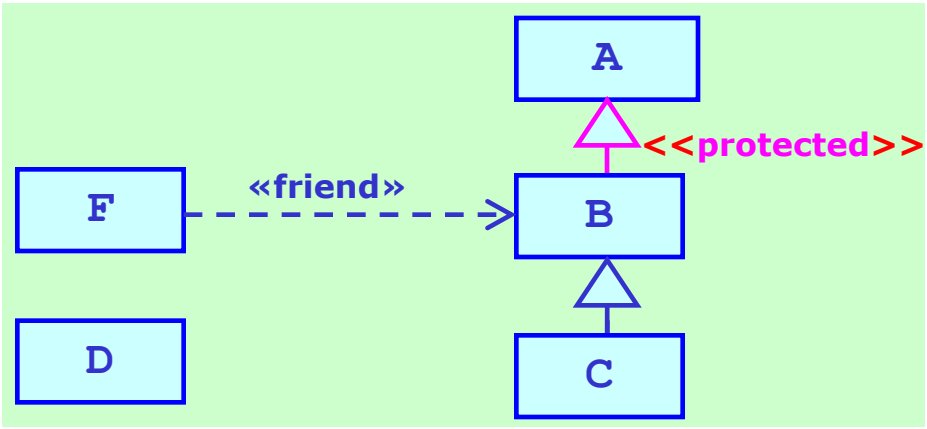
```
class C : public B {
  void aMember() {
     x = 1; // не допустимо
     y = 1; // не допустимо
     z = 1; // не допустимо
}};
```

```
class B : private A {
  friend F;

  void aMember() {
     x = 1; // не допустимо
     y = 1; // допустимо
     z = 1; // допустимо
}};
```

```
class D {
  A a;
  void aMember() {
     a.x = 1; // не допустимо
     a.y = 1; // не допустимо
     a.z = 1; // допустимо
}};
```

```
class F { //
  A a;
  void aMember() {
     a.x = 1; // не допустимо
     a.y = 1; // не допустимо
     a.z = 1; // допустимо
}};
```

Отношения обобщения.
Защищенное наследование в языке C++




```
// C++
class A {
  private:   int x;
  protected: int y;
  public:    int z;
};
```

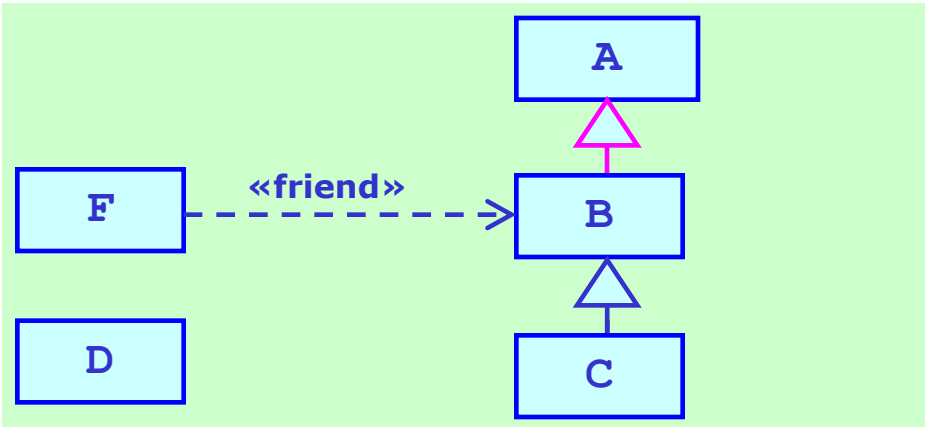
```
class C : public B {
  void aMember() {
     x = 1; // недопустимо
     y = 1; // допустимо
     z = 1; // допустимо
}};
```

```
class B : protected A {
  friend F;

  void aMember() {
     x = 1; // недопустимо
     y = 1; // допустимо
     z = 1; // допустимо
}};
```

```
class D {
  void aMember() {
     x = 1; // недопустимо
     y = 1; // допустимо
     z = 1; // допустимо
}};
```

```
class F { //
  void aMember() {
     x = 1; // недопустимо
     y = 1; // допустимо
     z = 1; // допустимо
}};
```

Отношения обобщения.
Открытое наследование в языке C++




```
// C++
class A {
  private:   int x;
  protected: int y;
  public:    int z;
};
```

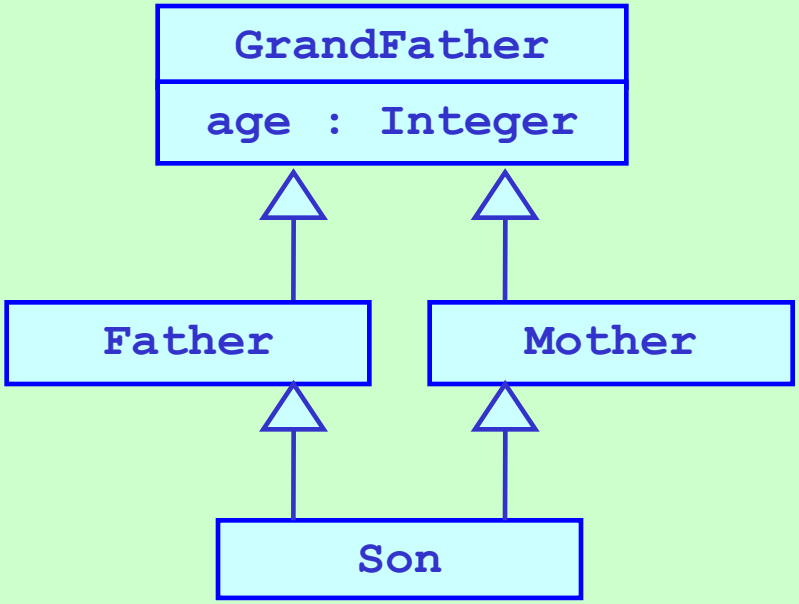
```
class B : public A {
  friend F;

  void aMember() {
     x = 1; // недопустимо
     y = 1; // допустимо
     z = 1; // допустимо
}};
```

```
class C : public B {
  void aMember() {
     x = 1; // недопустимо
     y = 1; // допустимо
     z = 1; // допустимо
}};
```

```
class D {
  void aMember() {
     x = 1; // недопустимо
     y = 1; // допустимо
     z = 1; // допустимо
}};
```

```
class F { //
  void aMember() {
     x = 1; // недопустимо
     y = 1; // допустимо
     z = 1; // допустимо
}};
```

Отношения обобщения.
Множественное наследование в языке C++



Наследование атрибута *age* по материнской и отцовской линии!

Происходит дублирование атрибута *age* в классе-потомке!

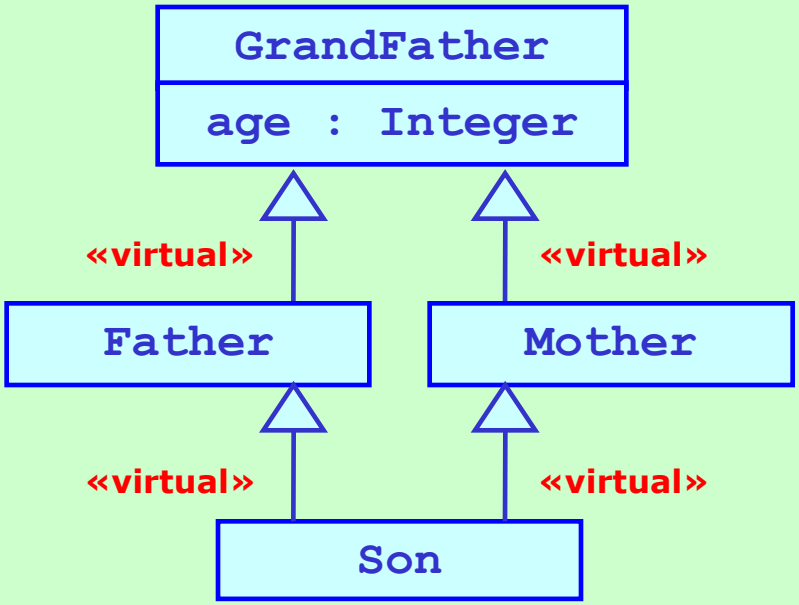
Не всегда дублирование атрибута приемлемо для модели!

```
class Son :
  public Mother, public Father {
  void aMember() {
     age = 1; // недопустимо
  }
};
```

```
class Son :
  public Mother, public Father
  void aMember() {
     Father::age = 1; // Допустимо
     Mather::age = 1; // Допустимо
  }
};
```

Отношения обобщения.
Виртуальное наследование в языке C++

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК. Романов Владимир Юрьевич ©2025



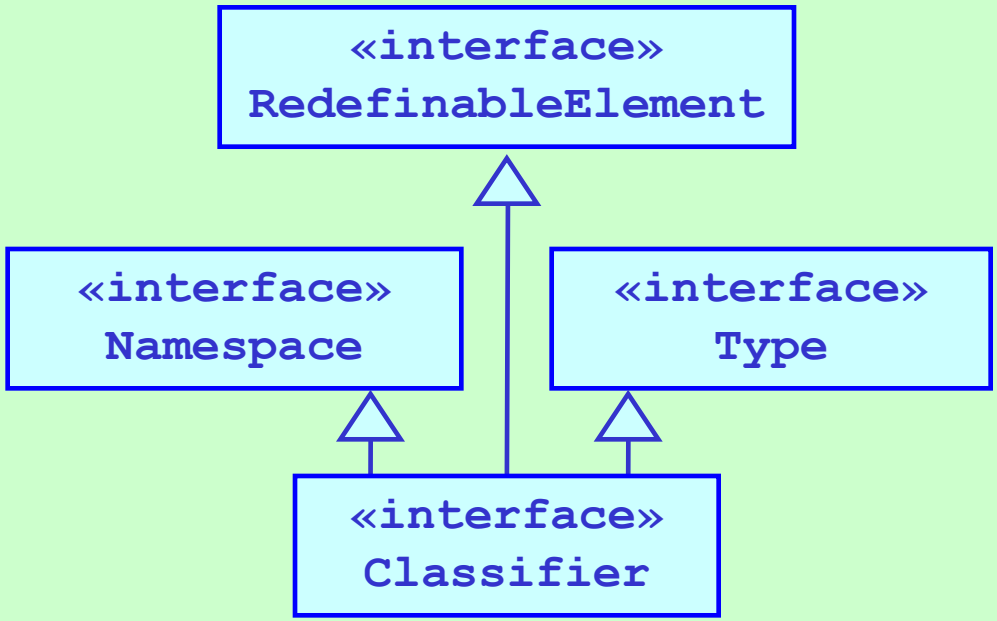
При виртуальном наследовании дублирования атрибута *age* не происходит!

```
class Son :
   virtual public Father,
   virtual public Mother {
  void aMember() {
     age = 1; // Допустимо
  }
};
```

```
class Father : virtual public GrandFather {
};
```

```
class Mother : virtual public GrandFather {
};
```

Отношения обобщения.
Наследование между интерфейсами

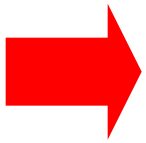


Множественное наследование допустимо между интерфейсами в языках Java и C#

```
// Java
interface Classifier
extends Namespace,
        RedefinableElement,
        Type
{
}
```

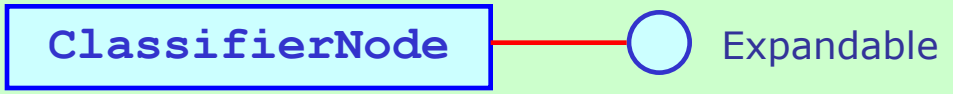
```
// C#
interface Classifier
: Namespace,
  RedefinableElement,
  Type
{
}
```

2.2. Отношение реализации

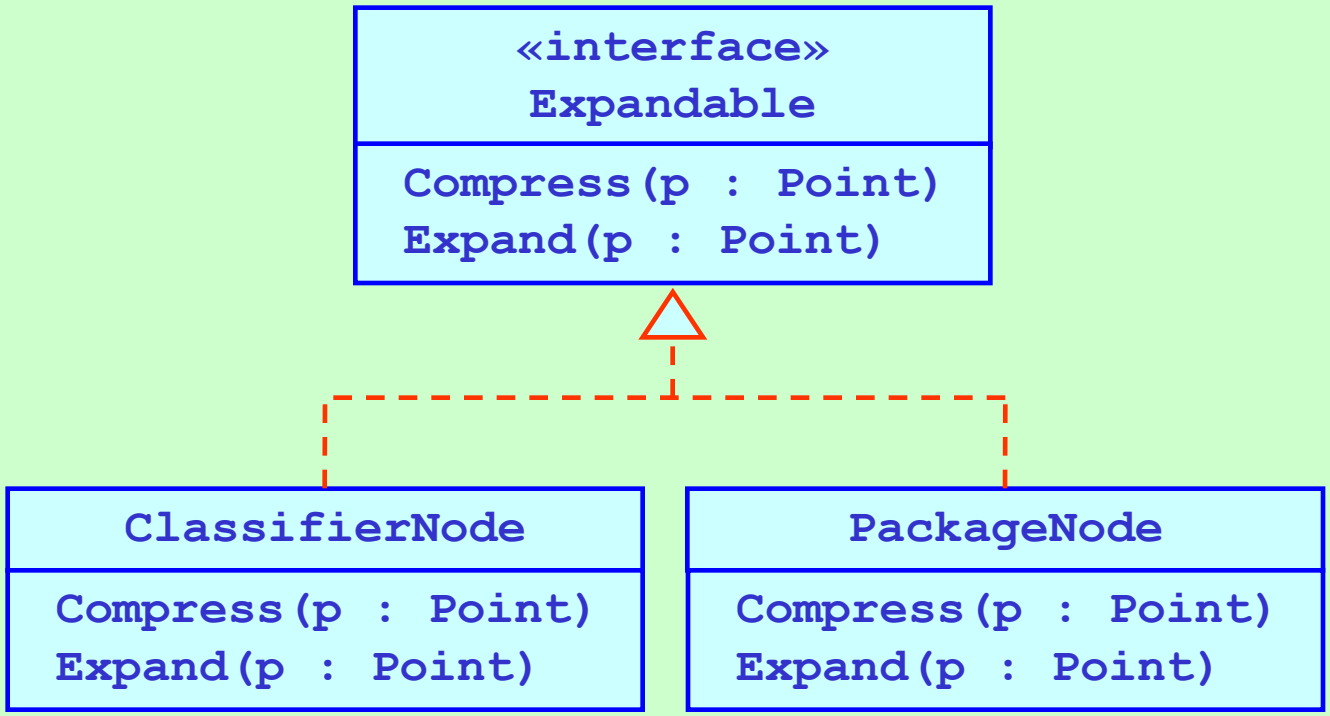


- Отношения обобщения
- Отношения реализации
- Отношение ассоциации
- Отношение зависимости

Отношения реализации.
Варианты изображения отношения

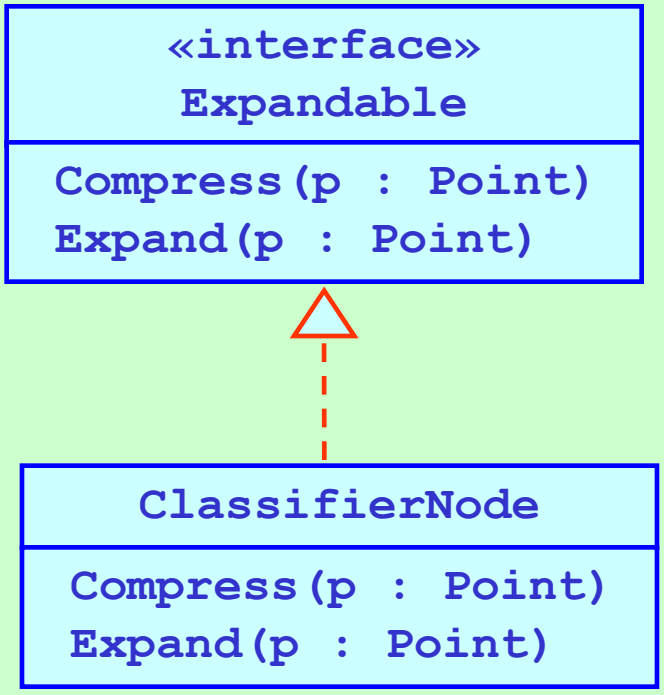


Отношение реализации интерфейса показанного в сжатом состоянии



Отношение реализации интерфейса показанного в раскрытом состоянии

Отношения реализации.
Реализация интерфейса в языках Java и C#



Реализация операций интерфейса возможна в классе ClassifierNode или в его потомках

```java
// Java
interface Expandable {
   void Compress(Point p);
   void Expand(Point p);
}
class ClassifierNode
implements Expandable {
   void Compress(Point p) {…}
   void Expand(Point p)   {…}
}
```

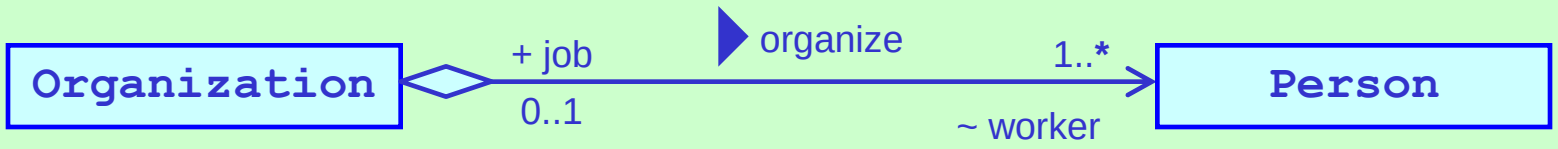
```
// C#
interface Expandable {
   void Compress(Point p);
   void Expand(Point p);
}
class ClassifierNode
: Expandable {
   void Compress(Point p) {…}
   void Expand(Point p)   {…}
}
```

2.3. Отношение ассоциации

- Отношения обобщения
- Отношения реализации
- Отношение ассоциации
- Отношение зависимости

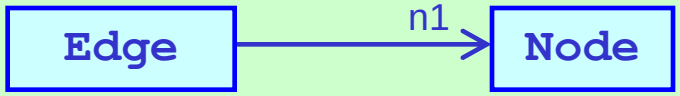
Отношение ассоциации.
Изображение ассоциации и ее свойств

Отношение ассоциации описывает взаимосвязь между экземплярами классификаторов



organize	Имя ассоциации	
▶	Направление чтения ассоциации	
job	Имя окончания ассоциации	worker
0..1	Множественность окончания ассоциации	1..*
+	Видимость окончания ассоциации	~
◇	Свойство агрегации окончания ассоциации	
	Свойство навигации окончания ассоциации	>

Отношение ассоциации.
Свойство навигации у окончания ассоциации



Навигация означает возможность одного экземпляра класса ссылаться на другой экземпляр класса.

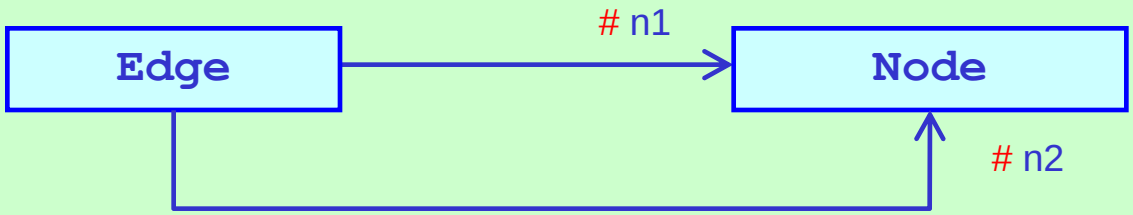
Навигация показывается стрелкой на окончании ассоциации.

```
// C++
class Node {
};

class Edge {
public:
   Node *n1;
};
```

Отсутствие стрелок означает возможность навигации по обоим направлениям.

```
// C++
class Husband {
public:
   Wife *wife;
};

class Wife {
public:
   Husband *husband;
};
```

Отношение ассоциации.
Свойство видимости окончания ассоциации



Разновидности видимости

\+ открытая - скрытая # защищенная ~ пакетная

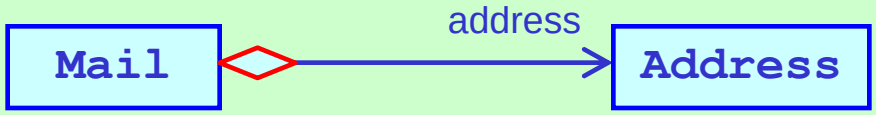
```java
// Java
public class Node {
}
```

```java
// Java
public class Edge {
   protected Node n1;
   protected Node n2;
}
```

```csharp
// C#
public class Node {
}

public class Edge {
   protected Node n1;
   protected Node n2;
}
```

```cpp
// C++
class Node {
};

class Edge {
protected:
   Node *n1;
   Node *n2;
};
```

Отношение ассоциации.
Свойство агрегации и композиции



Агрегация описывает отношение часть-целое.

Время жизни части и целого могут не совпадать.

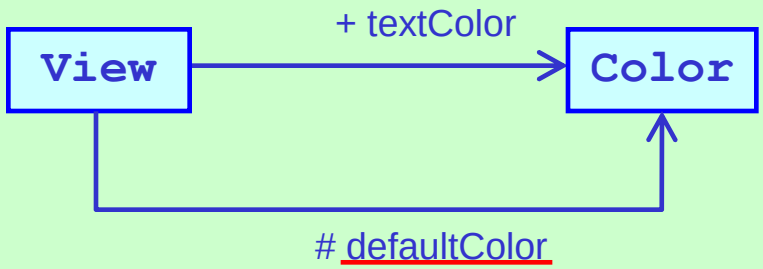
```
// C#
public class Address {
}

public class Mail {
   public Address address;
}
```

Композиция означает владение одного экземпляра класса другим экземпляром класса.

Время жизни собственника и собственности совпадают.

```
// C++
class Game {
public:
   Board *board;
   Game()
    { board = new Board(); }
   ~Game()
     { delete board; }
};
```

Отношение ассоциации.
Область действия (scope) окончания ассоциации



Если область действия окончания ассоциации – класс, то оно доступно всем экземплярам класса.

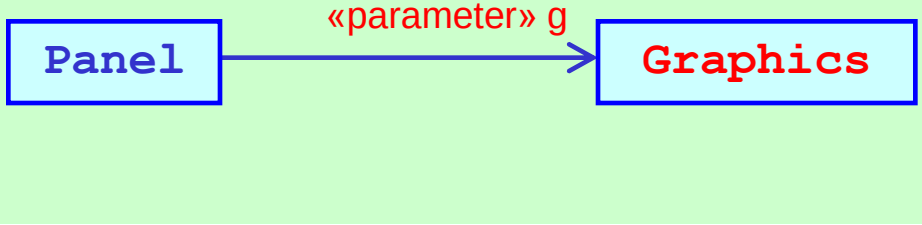
Окончания с областью действия – класс подчеркнуты.

```
// C#
public class View {
   public Color textColor;

   static
   protected Color defaultColor;
}
```

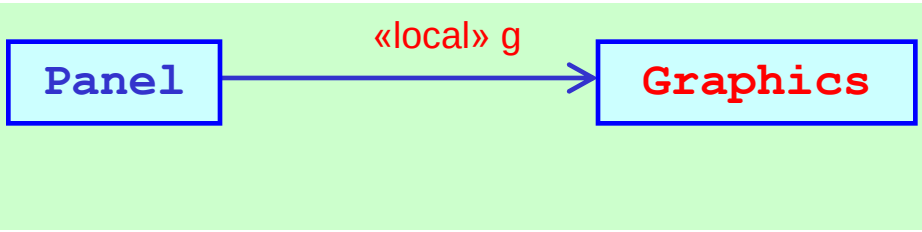
```
// Java
public class View {
   public Color textColor;

   static
   protected Color defaultColor;
}
```

```
// C++
class View {
public:
   Color *textColor;

protected:
   static
   Color *defaultColor;
};
```

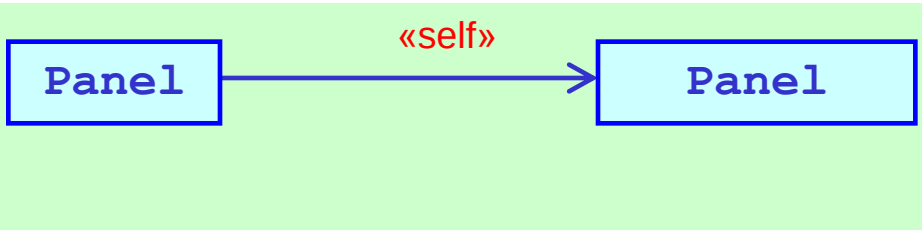
Отношение ассоциации.
Стереотипы окончания ассоциации



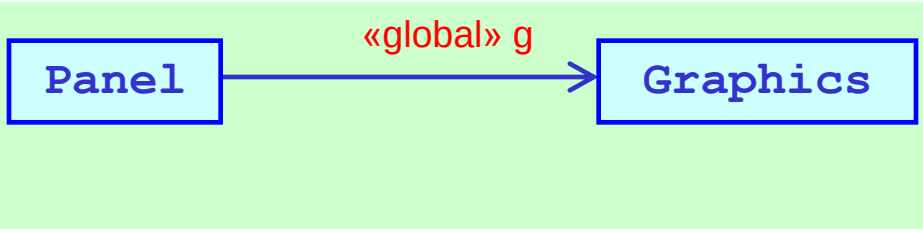

```
// C#
public class Panel {
   public void draw(Graphics g)
   {…}
}
```




```
// C#
public class Panel {
   public void draw()
   { Graphics g; }
}
```

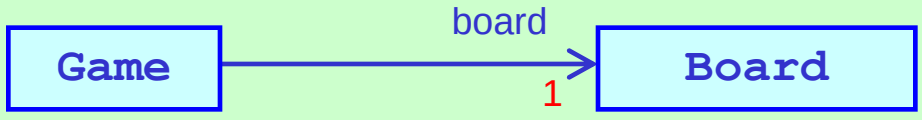



```
// C#
public class Panel {
   public void draw()
   { this.expand(); }
}
```

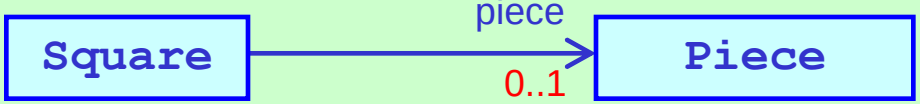



```
// C++
Graphics g;
class Panel {
   public void draw()
      { g.update(); }
};
```

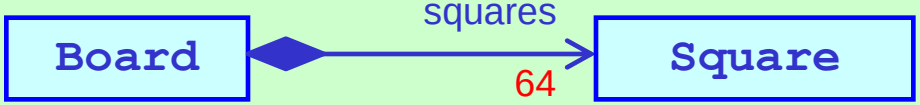
Отношение ассоциации.
Множественность окончания ассоциации (1)




```
// C#
public class Game {
   public Board board;
   public Game(Board b)
      { board = b; }
}
```

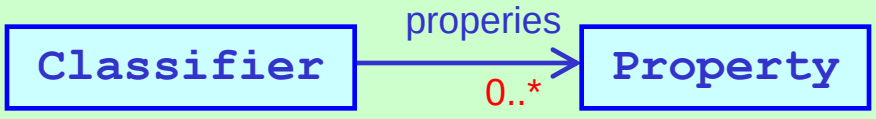



```
// C#
public class Square {
   public Piece piece;
   public Square()
      { }
}
```




```
// C#
public class Board {
   public Square[] squares;
   public Board()
   { squares = new Square[64]; }
}
```

Отношение ассоциации.
Множественность окончания ассоциации (2)



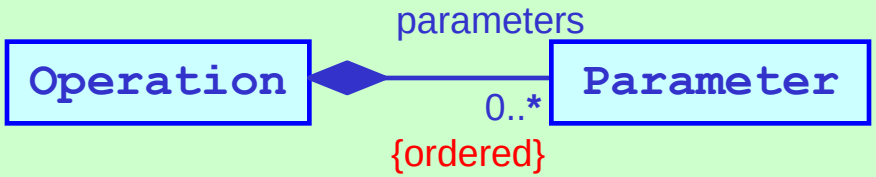

```
// C#
using System.Collections.Generic;
public class Classifier {
  public ISet<Property> properties;
  public Classifier() {
    properties = new HashSet<Property>();
}}
```


```
// C#
using System.Collections.Generic;
public class Firm {
   public ISet<Person> workers;
   public Firm(Person chief) {
      workers = new HashSet<Person>();
      workers.Add(chief);
}}
```

```
// C++
#include <set>
using std::set;

class Firm {
public:
   set<Person*> workers;
   Firm(Person *chief) {
       workers.insert(chief);
}};
```

```
// Java
import java.util.*;

public class Firm {
   public Set<Person> workers;
   public Firm(Person chief) {
      workers = new HashSet<Person>();
      workers.add(chief);
   }
}
```

Отношение ассоциации.
Упорядоченность окончания ассоциации



Умалчиваемое значение свойства {unordered}

```
// C#
using System.Collections.Generic;
public class Operation {
 public IList<Parameter> parameters;
 public Operation() {
   parameters = new List<Parameter>();
 }
 public void addParameter(Parameter p) {
    if (parameters.Contains(p)) return;
    parameters.Add(p);
 }
}
```

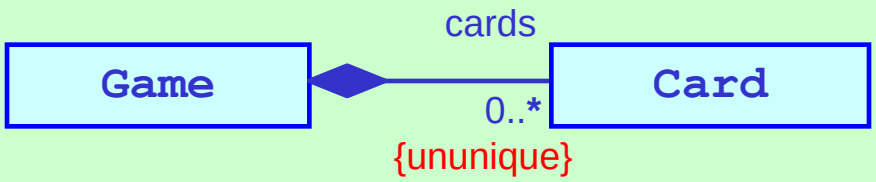
```
// Java
public class Operation {
 public List<Parameter> parameters;

 public Operation() {
    parameters =
       new ArrayList<Parameter>();
 }

 public void addParameter(Parameter p) {
    if (parameters.Contains(p)) return;
    parameters.Add(p);
 }
}
```

```
// C++
#include <vector>
#include <algorithm>
using namespace std;

class Operation {
public:
   vector<Parameter> ps;
   void addParameter(Parameter *p);
};
void Operation::addParameter(Parameter *p) {
  if (find(ps.begin(), ps.end(), p) != ps.end())
     return;
  ps.push_back(p);
}
```

Отношение ассоциации.

Уникальность окончания ассоциации

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК. Романов Владимир Юрьевич ©2025



Умалчиваемое значение свойства {ununique}

```
using System.Collections.Generic;

public class Game {
    public IList<Card> cards;
    public Game() {
       cards = new List<Card>();
    }
}
```

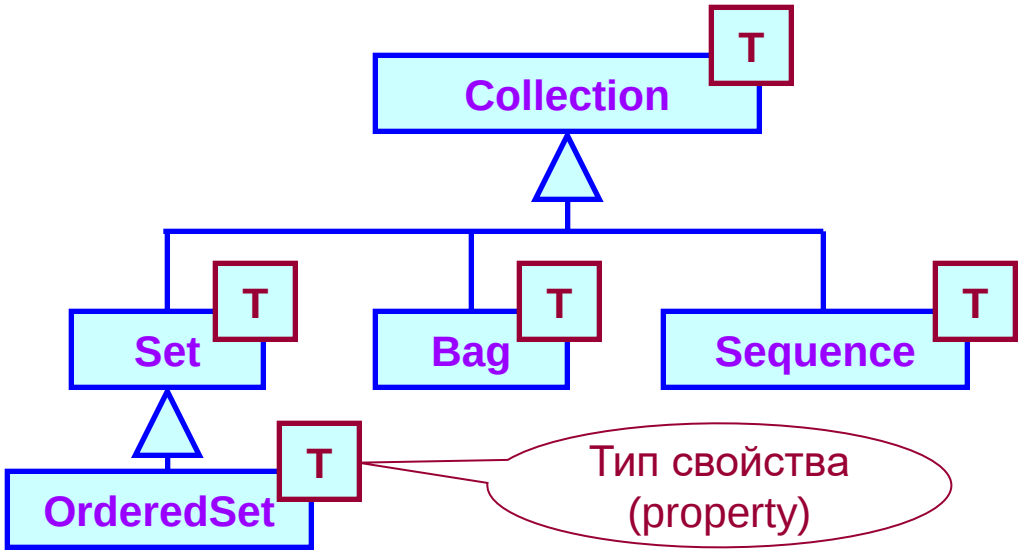
```
// Java
import java.util.*;

public class Game {
   public List<Card> cards;
   public Game() {
       parameters =
            new ArrayList<Card>();
   }
}
```

```
// C++
#include <vector>
using namespace std;

class Game {
  public:
     vector<Card> cards;
};
```

Отношение ассоциации.
Уникальность, упорядоченность и язык OCL

OCL коллекции

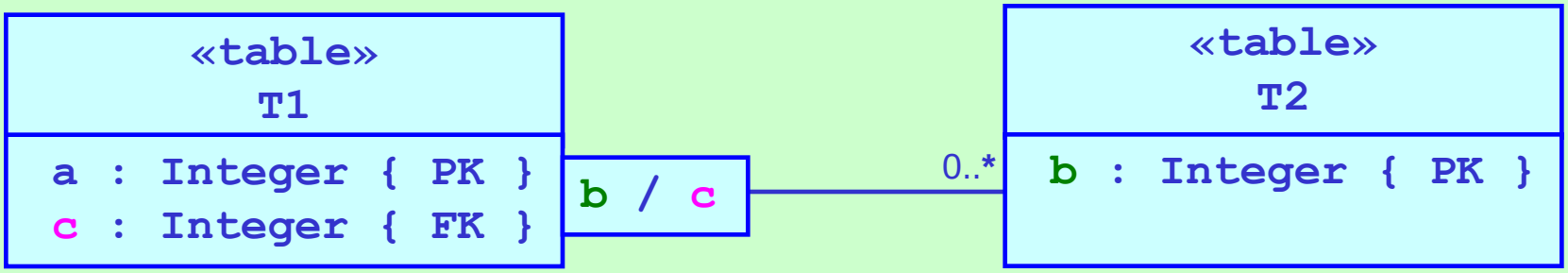
	{unique}	{ununique}
{unordered}	**Set**	**Bag**
{ordered}	**OrderedSet**	**Sequence**



Отношение ассоциации.
Квалификатор окончания ассоциации

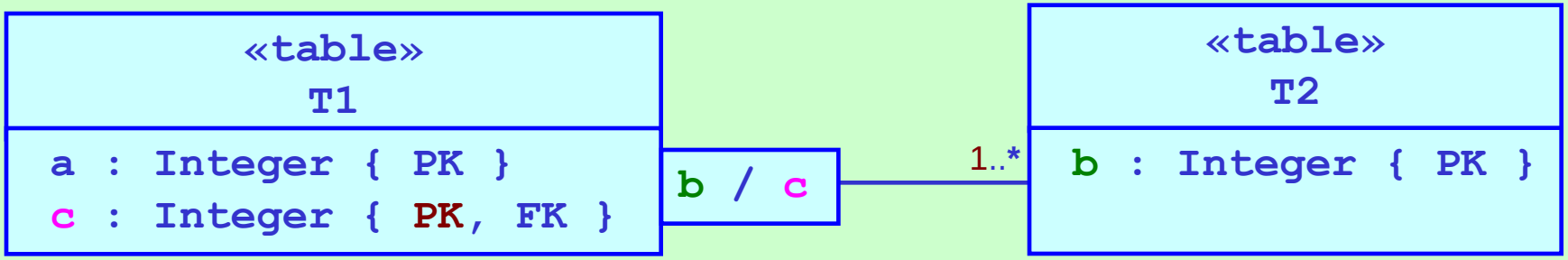
МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК. Романов Владимир Юрьевич ©2025

Описание миграции первичных ключей и превращения их во внешние ключи



b – первичный ключ {PK} таблицы T2 мигрирует в таблицу T1
и становится внешним ключом {FK} таблицы T1 с именем **c**.

Описание миграции первичных ключей и превращения их в первичные внешние ключи

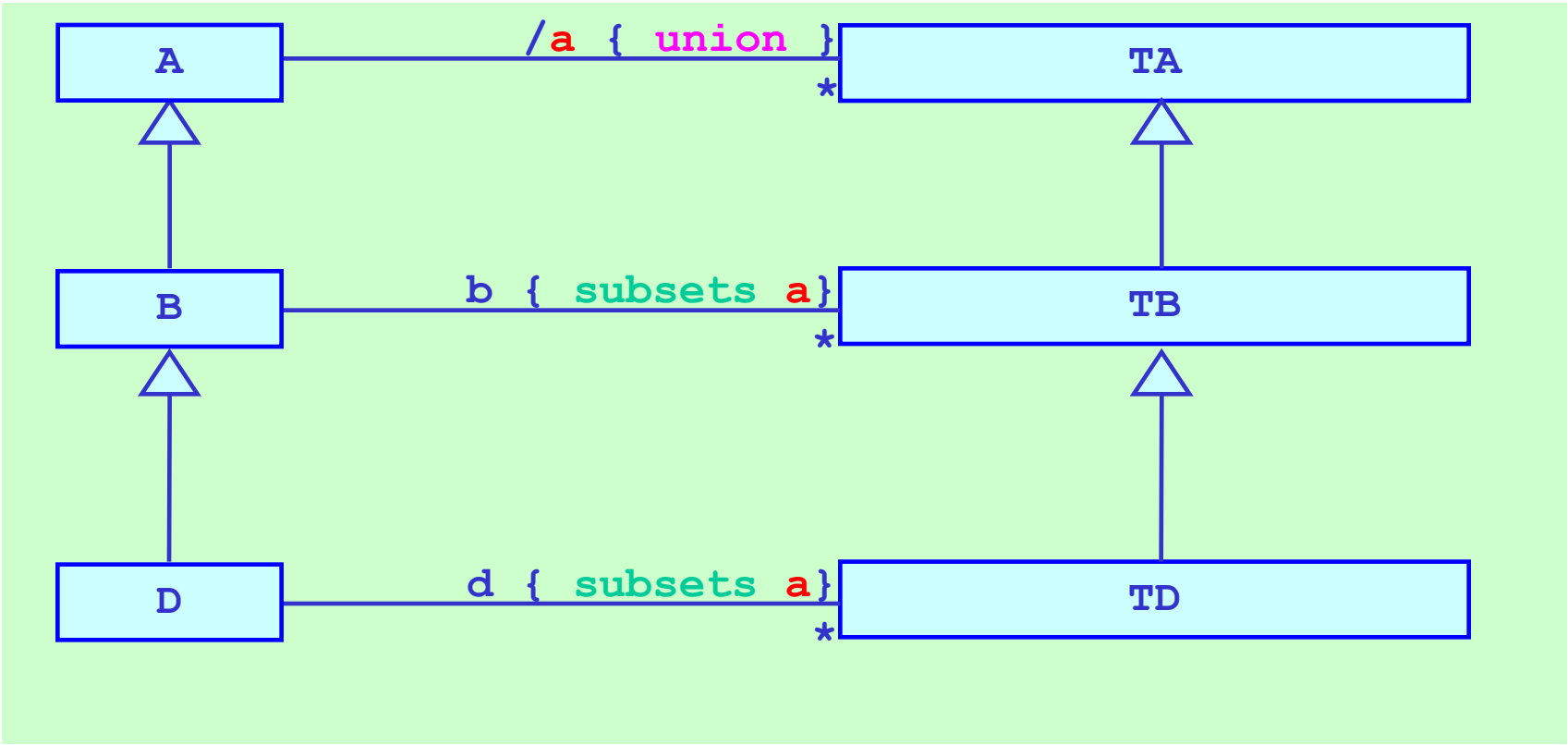


b – первичный ключ {PK} таблицы T2 мигрирует в таблицу T1
и становится первичным внешним ключом {FK} таблицы T1 с именем **c**.

Отношение ассоциации.

Объединения и подмножества в ассоциации

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК. Романов Владимир Юрьевич ©2025



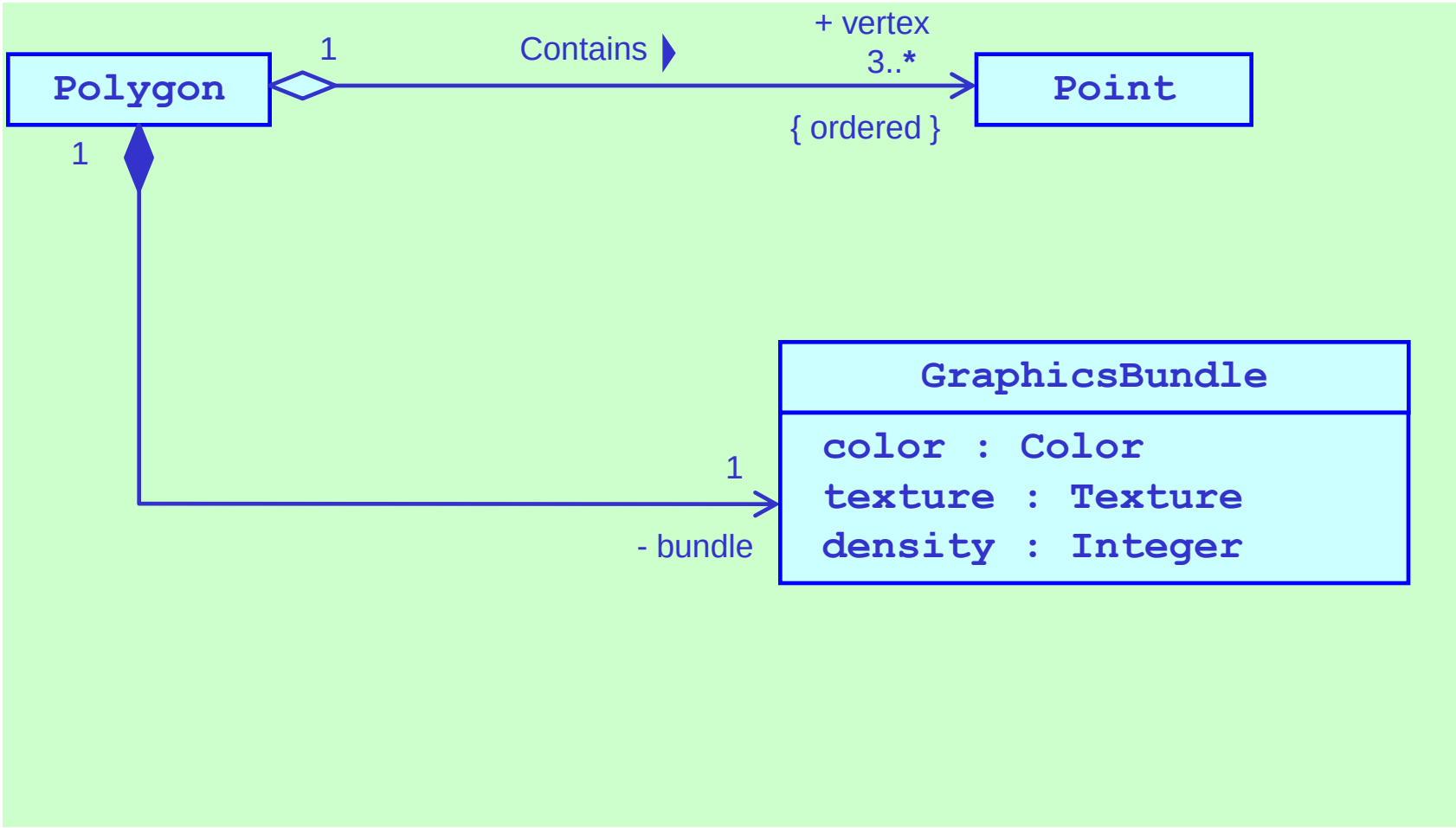

```
// Java
B x = new D();
T[] y = x.getA();
// y = b + d
```

```
// Java
B x = new B();
T[] y = x.getA();
// y = b
```

```
// Java
A x = new A();
T[] y = x.getA();
// y = {}
```

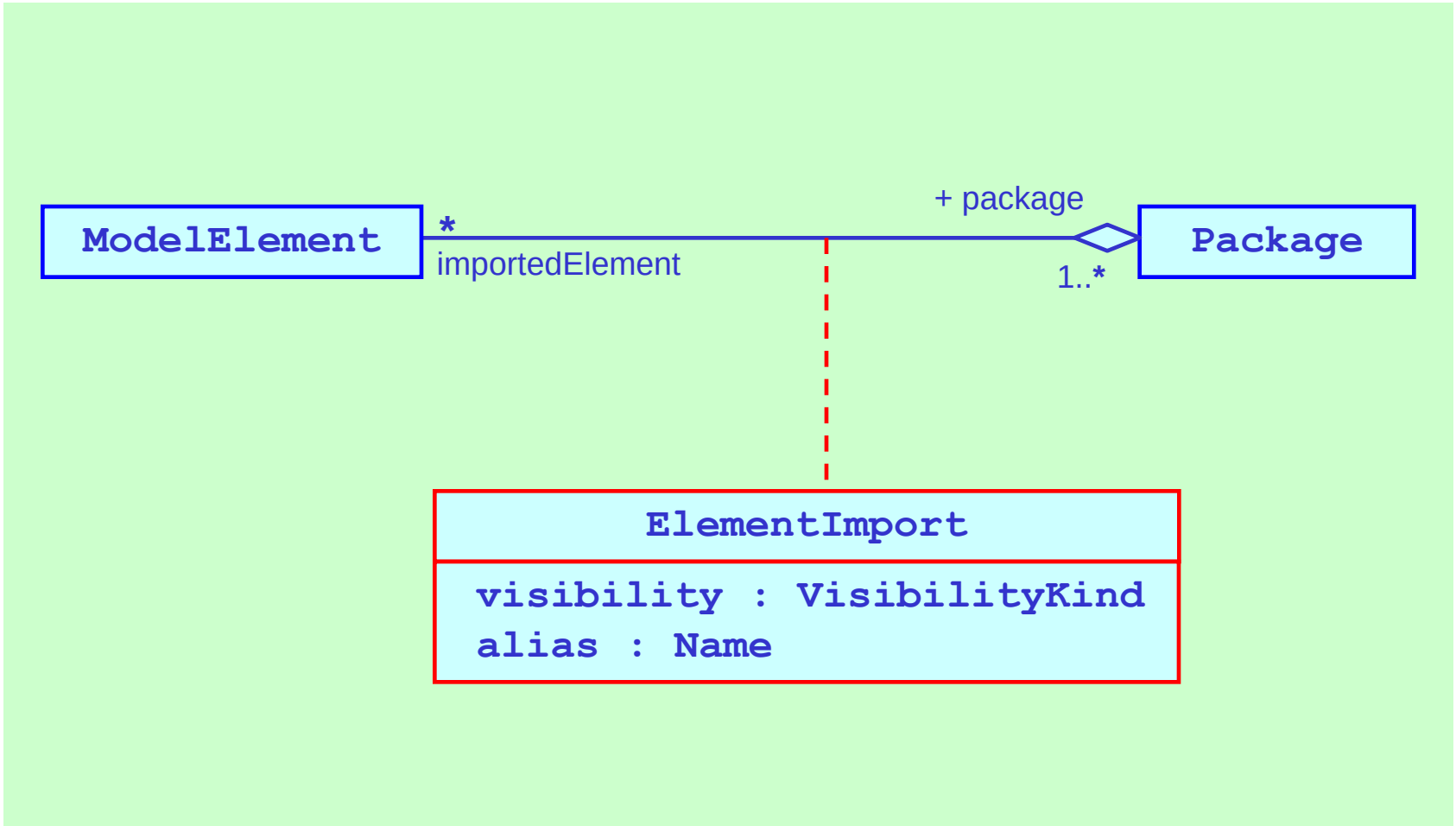
Отношение ассоциации.

Пример свойств окончания ассоциации



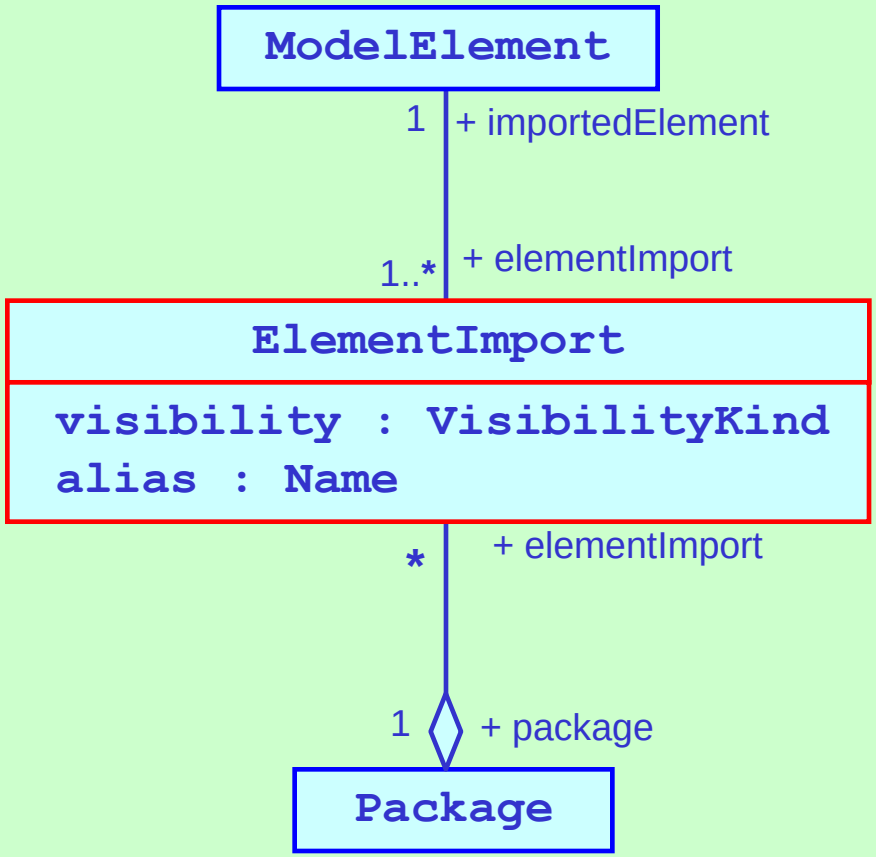
Отношение ассоциации.

Ассоциация - класс



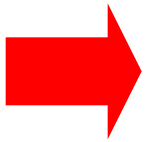
Отношение ассоциации.

Упрощение ассоциации - класса

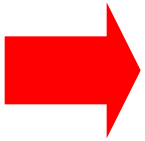


2.4 Отношение зависимости

- Отношения обобщения
- Отношения реализации
- Отношение ассоциации
- Отношение зависимости

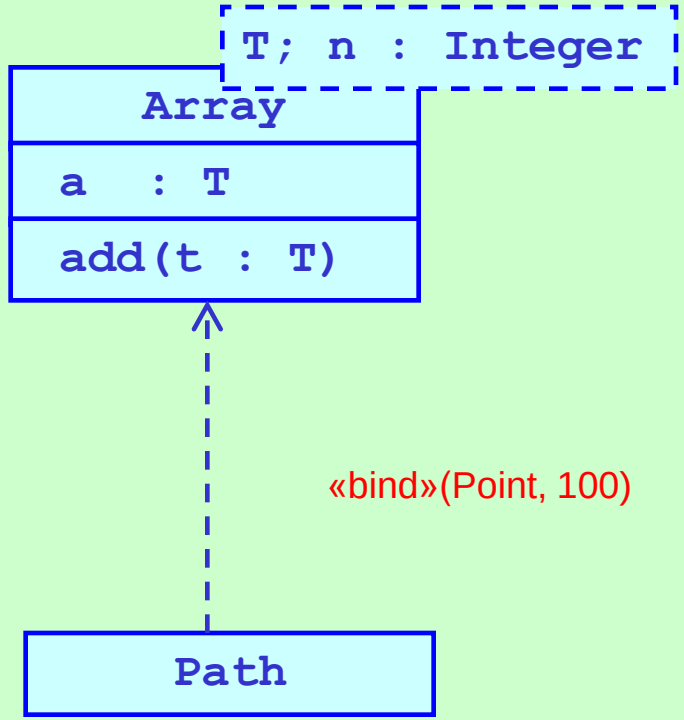


Отношение зависимости. Категория зависимости “связывание”



- Категория зависимости связывание
- Категория зависимости абстракция
- Категория зависимости использование
- Категория зависимости разрешение

Отношение зависимости.
Изображение зависимости связывание

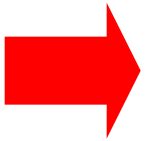


Отношение зависимости связывание

```
// C++
template <class T, int n>
class Array {
public:
   T a;
   void add(T t);
};
```

```
// C++
Array<Point, 100> path;
```

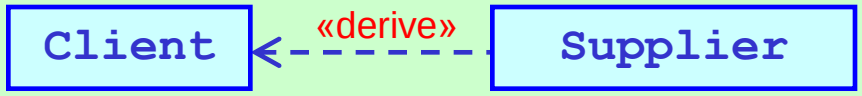
Отношение зависимости. Категория зависимости “абстракция”



- Категория зависимости связывание
- Категория зависимости абстракция
- Категория зависимости использование
- Категория зависимости разрешение

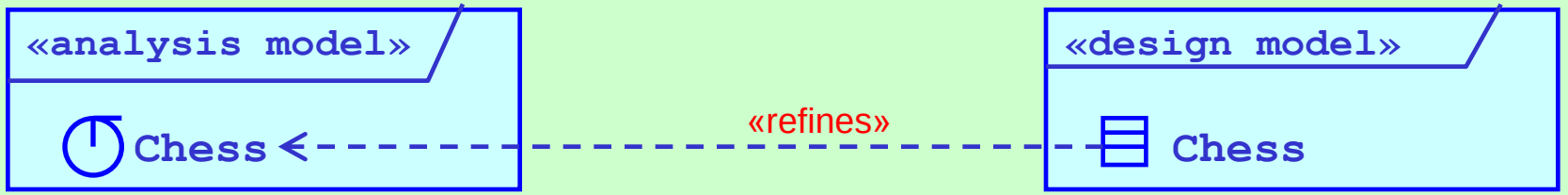
Отношение зависимости.
Изображение зависимостей абстракции

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК. Романов Владимир Юрьевич ©2025

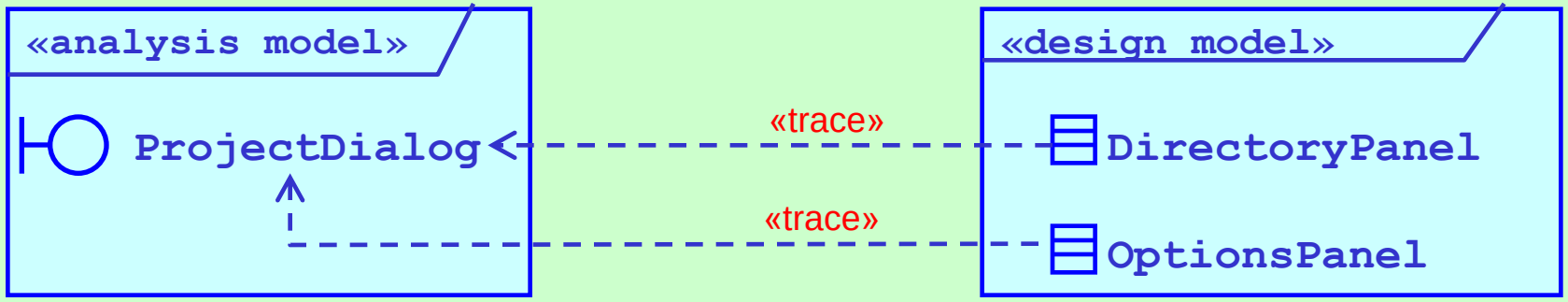


Порождение (derive) элемента модели-клиента из элемента модели-поставщика

Класс Chess из зависящей от языка реализации модели проектирования уточняет (refines) класс Chess из независящей от языка реализации модели анализа



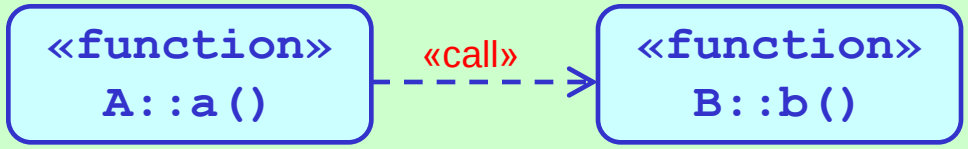
Классы DirectoryPanel и OptionsPanel были созданы из модели проектирования были созданы из спецификации класса ProjectDialog модели анализа



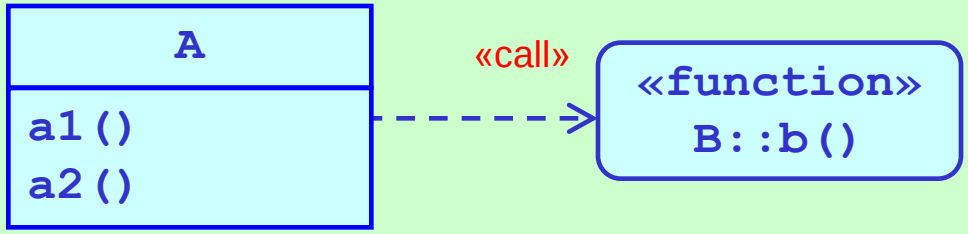
Отношение зависимости. Категория зависимости “использование”

- Категория зависимости связывание
- Категория зависимости абстракция
- Категория зависимости использование
- Категория зависимости разрешение

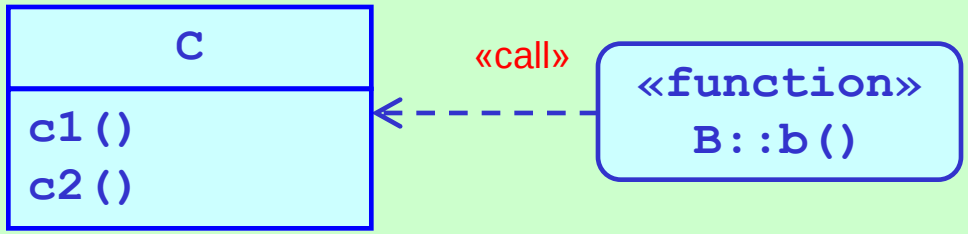
Отношение зависимости.
Изображение зависимости “вызов функции”



Представление графа вызова с помощью отношения зависимости. Порядок вызова не важен.



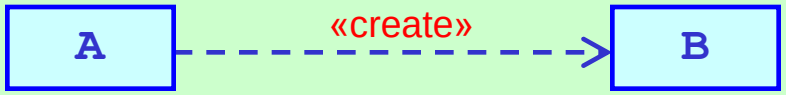
Представление всех функций классов вызывающих функцию B::g().



Представление всех функций классов вызываемых функцией B::g().

Изображения зависимости вызова могут быть полезны, например, как комментарии поясняющие вычисленные объектно-ориентированные метрики для функций программы.

Отношение зависимости.
Изображение зависимости “создание экземпляра”

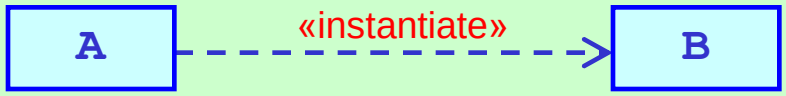


Создание экземпляра класса A приводит к созданию экземпляра класса B

```
// C#
public class A : B {
 public A(string s) : base(s) {}
}
```

```
// Java
public class A extends B {
   public A(string s) { base(s); }
}
```

```
// C++
class A : public B {
public:
  A(std::string s) : B(s) {}
}
```



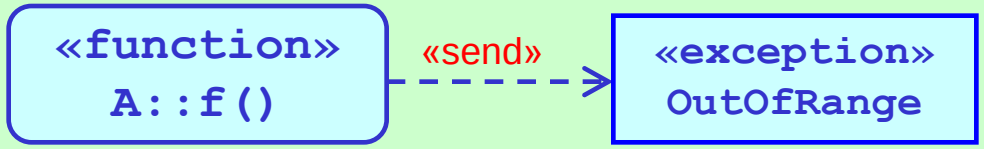
Вызов методов класса A приводит к созданию экземпляра класса B

```
// C#
public class A : B {
 public B f(string s)
    { return new B(s); }
}
```

```
// Java
public class A extends B {
 public B f(string s)
    { return new B(s); }
}
```

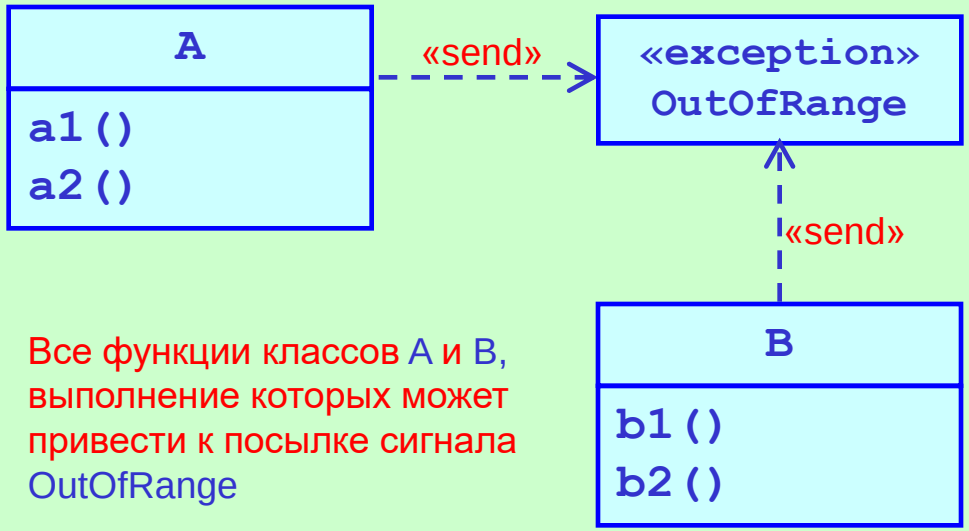
```
// C++
class A : public B {
public:
  B f(std::string s)
    { return new B(s); }
}
```

Отношение зависимости.
Изображение зависимости “посылка сигнала”



Выполнение функции A::f() может привести посылке сигнала OutOfRange

```
// Java
class OutOfRange
extends Exception
   {}

class A {
   void f()throws OutOfRange
        {}
}
```



Все функции классов A и B, выполнение которых может привести к посылке сигнала OutOfRange

```
// Java
class OutOfRange
extends Exception
   {}
class A {
 void a1()throws OutOfRange {}
 void a2()throws OutOfRange {}
}
class B {
 void b1()throws OutOfRange {}
 void b2()throws OutOfRange {}
}
```

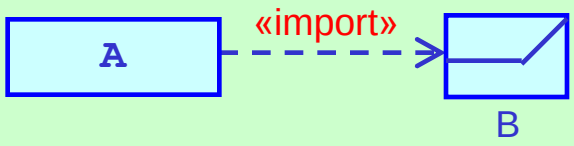
Отношение зависимости. Категория зависимости “разрешение”

- Категория зависимости связывание
- Категория зависимости абстракция
- Категория зависимости использование
- Категория зависимости разрешение

Отношение зависимости.
Изображение зависимости “импорт”

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК. Романов Владимир Юрьевич ©2025

Отношение между пространствами имен. Содержимое пространства имен поставщика полностью или частично копируется в пространство имен клиента.



Импорт всего пространства имен **B**.

```java
//Java
import B.*;

public class A {}
```

```cpp
// C++
#include “B.h”
using namespace B;

class A {};
```

```csharp
// C#
using B;


public class A {}
```

Импорт класса **C** из пространства имен **B**.

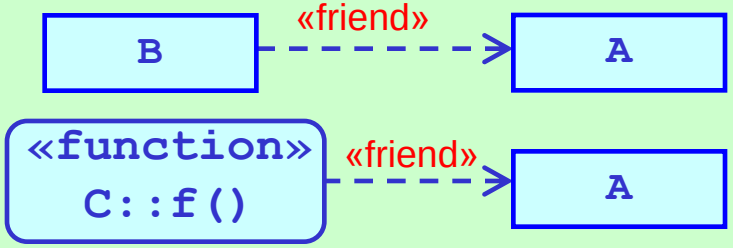
```java
//Java
import B.C;

public class A {}
```

```cpp
// C++
#include “B.h”
using B::C;

class A {};
```

```csharp
// В C# импорт класса возможен
// только с новым именем-псевдонимом.
using C_from_B = B.C;

public class A {}
```

Отношение зависимости.
Изображение зависимости “друг”

Клиенту отношения дается доступ ко всем атрибутами и методов класса-поставщика независимо от типа видимости атрибутов и методов.



Доступ всех функций класса **B** и функции **f** класса **C** ко всем атрибутам и функциям класса **A**.

```
// C++
class B, C;
class A {
   friend B;
   friend C.f;
   private:   int x;
   protected: int y;
};
```

```
class C {
   A a;

   void f() {
      a.x = 1; // Допустимо.
      a.y = 2; // Допустимо.
   }
   void g() {
      a.x = 1; // Не допустимо.
      a.y = 2; // Не допустимо.
   }
};
```

```
class B {
   A a;

   void f() {
      a.x = 1; // Допустимо.
      a.y = 2; // Допустимо.
   }
   void g() {
      a.x = 1; // Допустимо.
      a.y = 2; // Допустимо.
   }
};
```