Объектно-ориентированные CASE-технологии
Язык UML.
2. Метамодель языка UML

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

UML – Unified Modeling Language. Унифицированный язык моделирования

- Стандарт на язык моделирования разработанный консорциумом фирм Object Management Group:

  http://www.omg.org

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

- Текущие версии стандарта доступные для свободного скачивания:
  http://www.omg.org/spec/

UML – Unified Modeling Language. Стандарты связанные с языком UML

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК. Романов Владимир Юрьевич ©2024

MODELING AND METADATA SPECIFICATIONS

UML, MOF, CWM, XMI Specifications

SPECIFICATION	acronym	topical area / domain	Document #
Action Language for Foundational UML	ALF	modeling	ptc/2012-08-43
Common Terminology Services 2	cts2	modeling	formal/2012-11-01
Common Warehouse Metamodel	CWM	data warehousing, modeling	formal/2003-03-02
CWM Metadata Interchange Patterns	MIPS	data warehousing, modeling	formal/2004-03-25
Diagram Definition	DD	modeling	formal/12-07-01
Essence - Kernel and Language for Software Engineering Methods	Essence	modeling	ptc/2013-06-08
Interaction Flow Modeling Language	IFML	modeling	ptc/2013-03-08
Meta Object Facility Core	MOF	modeling	formal/2011-08-07
Model Driven Message Interoperability	MDMI	modeling	formal/2010-03-01
Model-level Testing and Debugging	MLTD	modeling	ptc/2007-05-14
MOF Model to Text Transformation Language	MOFM2T	modeling	formal/2008-01-16
MOF Query / View / Transformation	QVT	modeling	formal/2011-01-01
MOF Support for Semantic Structures	SMOF	modeling	formal/2013-04-02
MOF 2 Facility and Object Lifecycle	MOFFOL	modeling	formal/2010-03-04
MOF 2 Versioning and Development Lifecycle	MOFVD	modeling	formal/2007-05-01
Object Constraint Language	OCL	modeling	formal/2012-01-01
OMG Systems Modeling Language	SysML	modeling	formal/2012-06-01
Ontology Definition Metamodel	ODM	modeling	formal/2009-05-01
Reusable Asset Specification	RAS	modeling	formal/2005-11-02
Semantics of a Foundational Subset for Executable UML Models	FUML	modeling	formal/2011-02-01
Service oriented architecture Modeling Language	SoaML	modeling	formal/2012-05-01
Software Process Engineering Metamodel	SPEM	modeling	formal/2008-04-01
Unified Modeling Language	UML	modeling	formal/2011-08-05, formal/2011-08-06
UML Simplified (UML 2.5)	UML	modeling	ptc/2012-10-24
UML Human-Usable Textual Notation	HUTN	modeling	formal/2004-08-01
MOF 2 XMI Mapping	XMI	modeling	formal/2011-08-09

UML – Unified Modeling Language.
Инфраструктура и суперструктура языка UML

- Текущая версия языка UML:
  http://www.omg.org/spec/UML/2.4.1/

- Инфраструктура (база для последующего расширения):
  http://www.omg.org/spec/UML/2.4.1/Infrastructure/PDF

- Суперструктура (+ элементы для моделирования конструкций языков программирования):
  http://www.omg.org/spec/UML/2.4.1/Superstructure/PDF

- **X**ML **M**etadata **I**nterchange (**XMI**) формат для обмена моделями инструментами:
  http://www.omg.org/spec/XMI/2.4.1/

- Спецификация суперструктуры в формате XMI
  http://www.omg.org/spec/UML/20110701/Superstructure.xmi

UML – Unified Modeling Language.
Стандарт для обмена UML-диаграммами

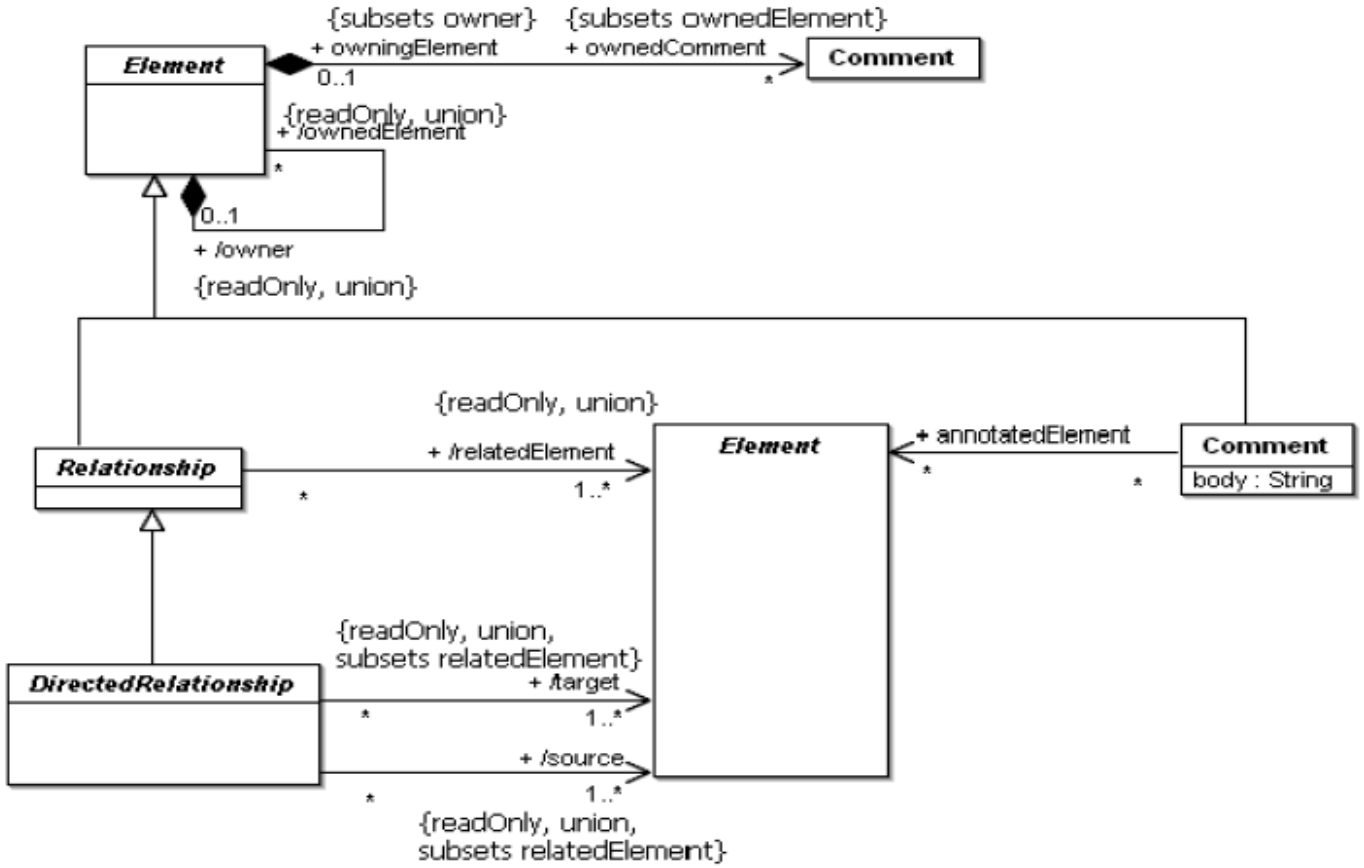
- **D**iagram **D**efinition (**DD**)
  http://www.omg.org/spec/DD/1.0/

- XMI of the Diagram Graphics v1.0 package
  http://www.omg.org/spec/DD/20110901/DG.cmof

- XMI of the Diagram Interchange v1.0 package
  http://www.omg.org/spec/DD/20110901/DI.cmof

- XMI of the Diagram Common v1.0 package
  http://www.omg.org/spec/DD/20110901/DC.cmof

UML – Unified Modeling Language.
Фрагмент спецификации метамодели UML



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

- **O**bject **C**onstraint **L**anguage (**OCL**)
  http://www.omg.org/spec/OCL/2.3.1/

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

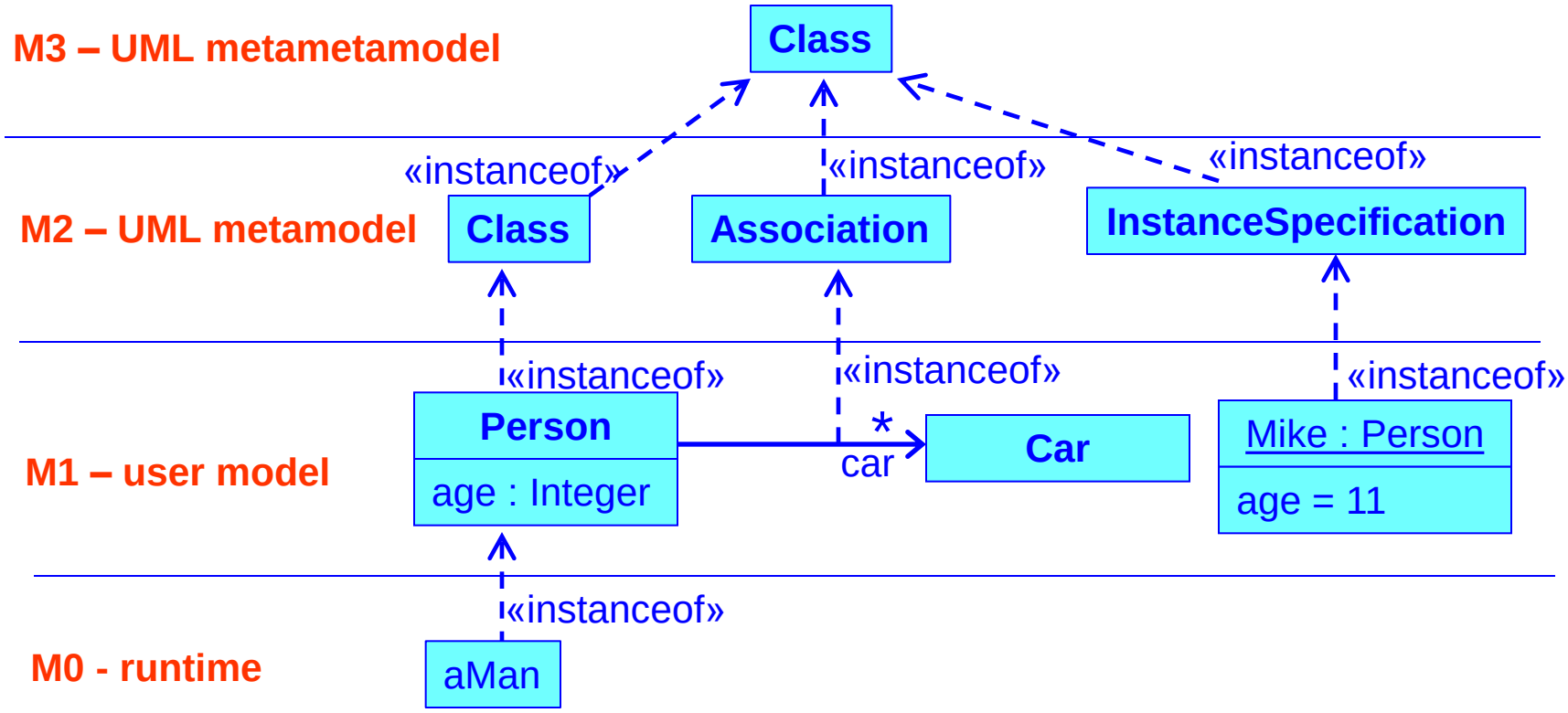
UML – Unified Modeling Language.
Фрагмент спецификации метамодели OCL

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

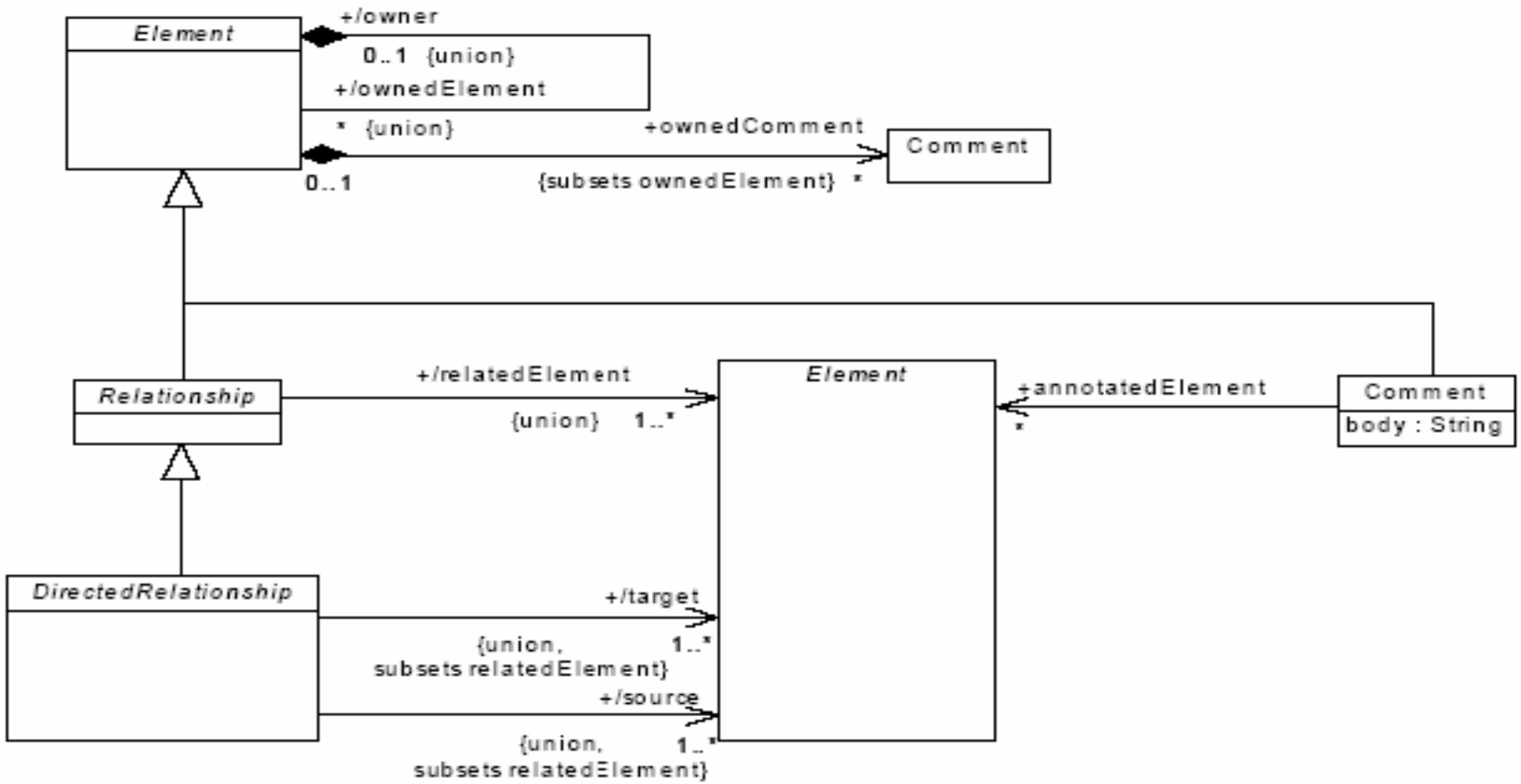
- parents()->*select*(oclIsKindOf(Association)).oclAsType(Association)-> *forAll*(p | p.memberEnd->size() = **self**.memberEnd->size())

- *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)))

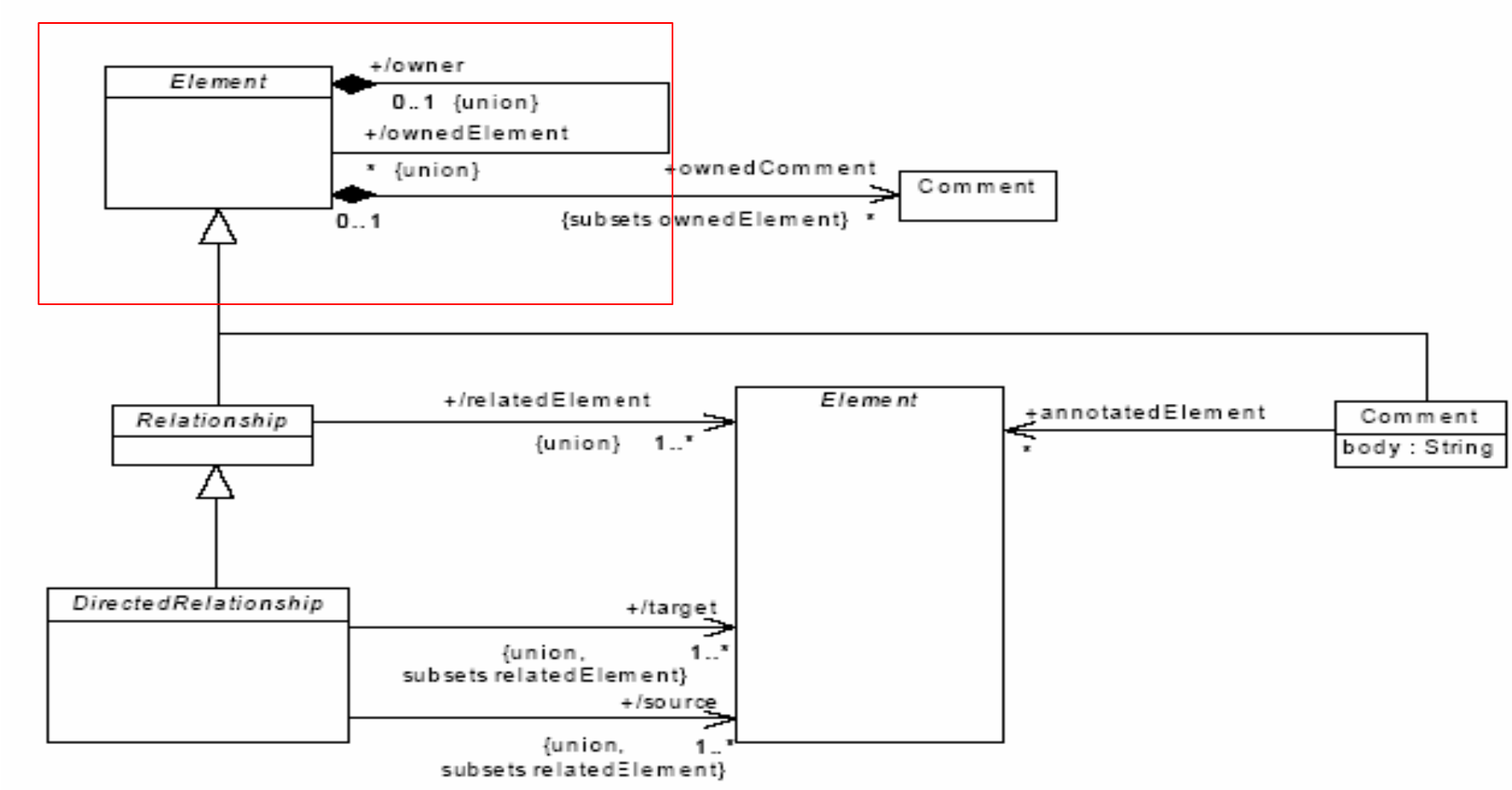
4-х уровневая иерархия метамоделей



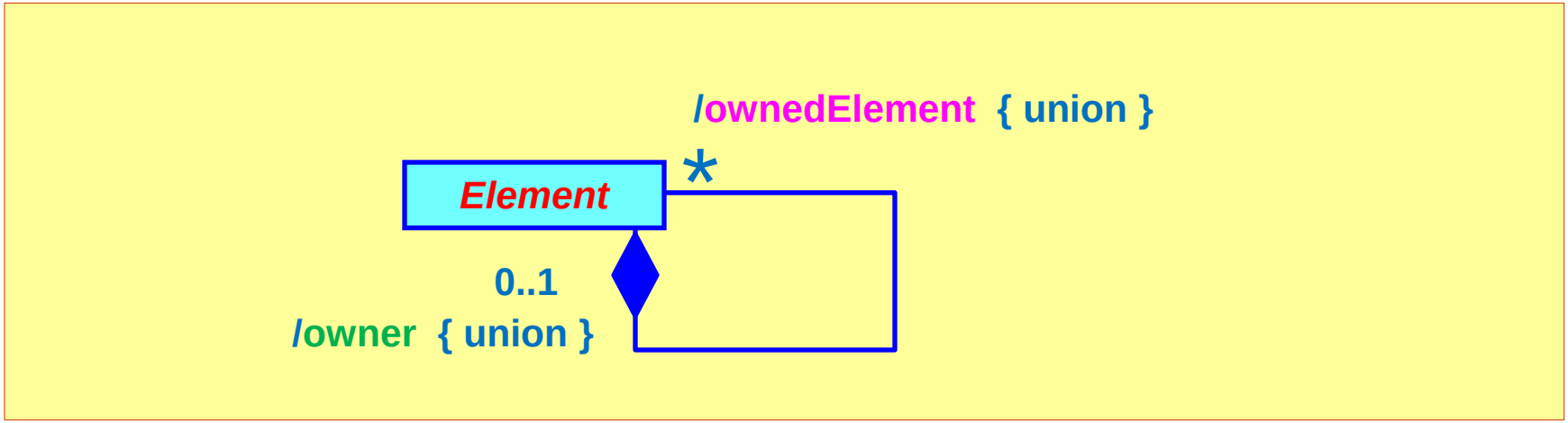
Ядро метамодели языка UML



Ядро метамодели языка UML



Моделирование отношения ассоциации *собственник ------- собственность*



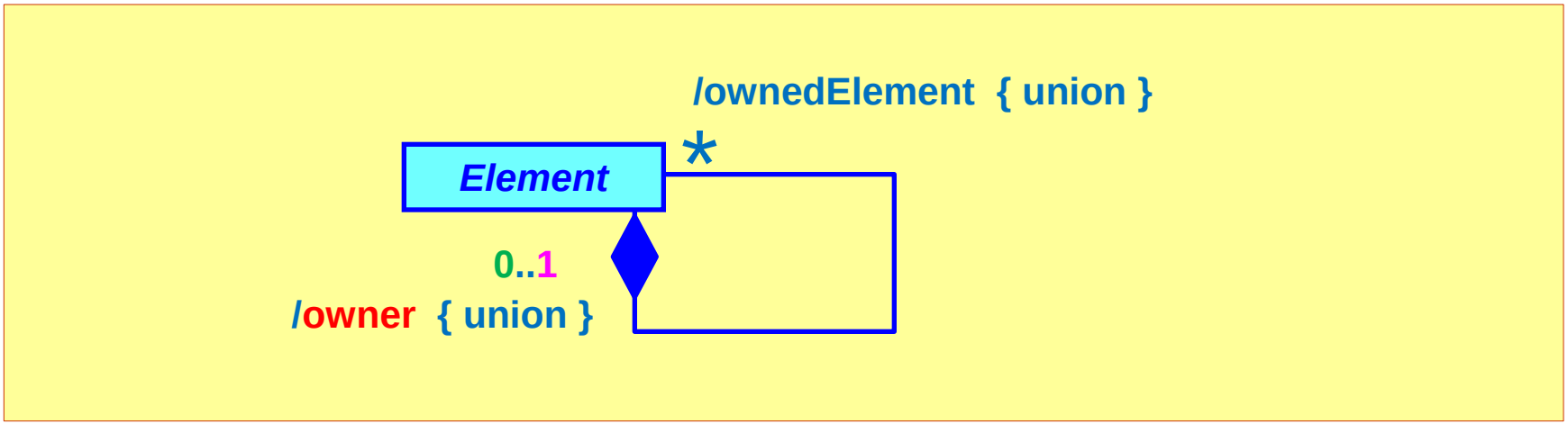
Element - *абстрактный* базовый класс для всех классов метамодели.

Атрибуты и отношения этого класса наследуются всеми классами метамодели.

В частности, всеми классами наследуется и отношение ассоциации:
собственник (**owner**) ---------- *собственность* (**ownedElement**)

Моделирование отношения ассоциации *собственник ---- собственность*

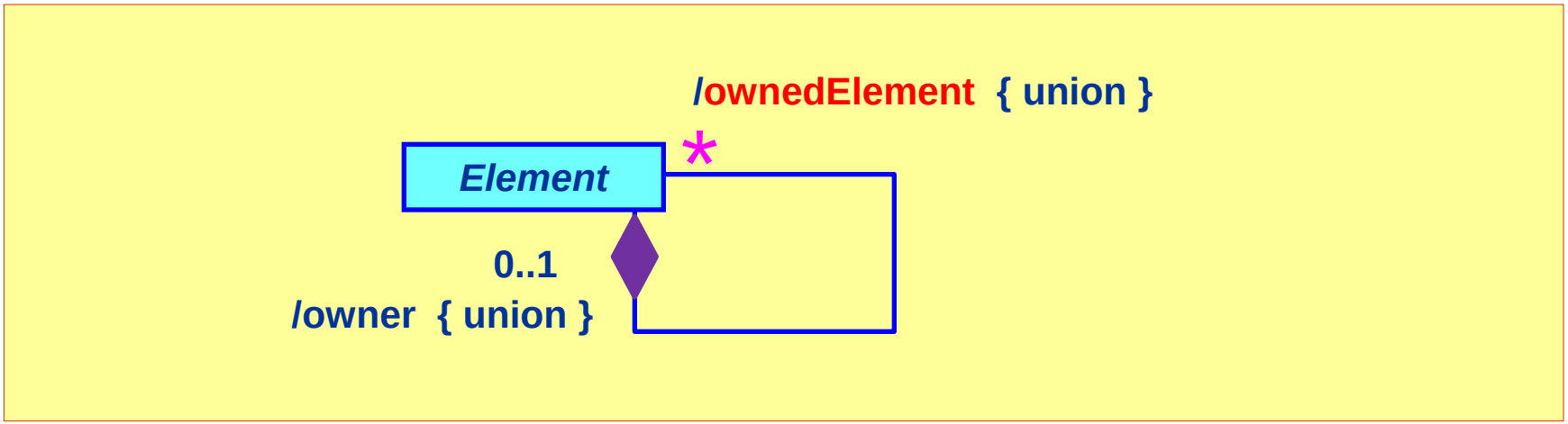
Окончание ассоциации с ролью owner



У каждого элемента модели **может быть не более одного** собственника (**owner**).

Моделирование отношения ассоциации *собственник ---- собственность*

Окончание ассоциации с ролью ownedElement

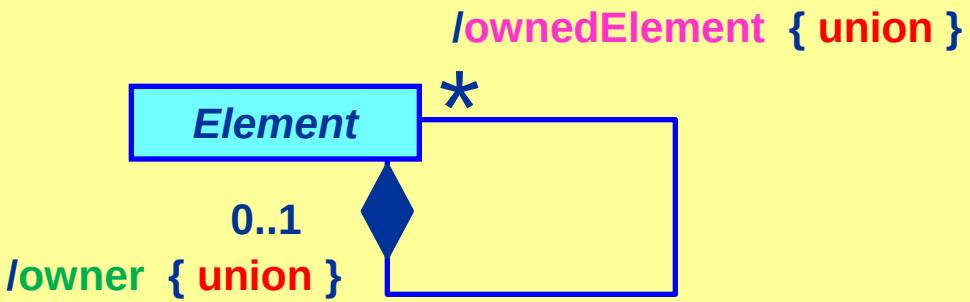


У каждого элемента модели **может быть** ***(по умолчанию нижняя граница от нуля)*** **неограниченное количество** собственных элементов (**ownedElement**).

Время жизни собственного элемента (**ownedElement**) ***совпадает*** с временем жизни элемента-собственника (**owner**).

Моделирование отношения ассоциации *собственник ---- собственность*

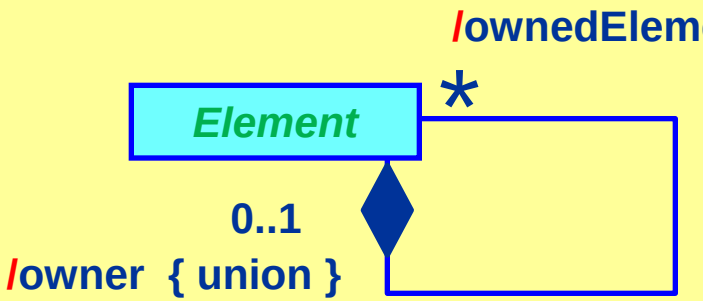
Свойство *union* на окончаниях ассоциации



В классах-потомках класса ***Element*** могут быть *свойства этих классов*:
{ subsets owner }
и / или
{ subsets ownedElement }

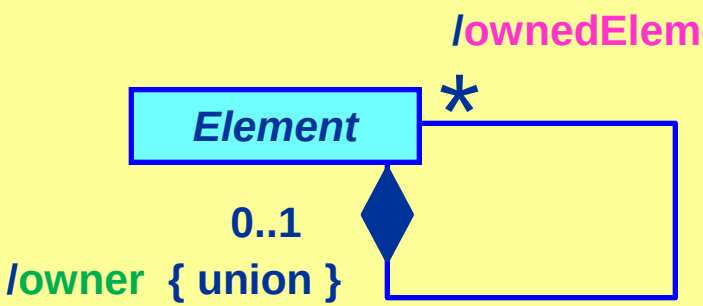
Моделирование отношения ассоциации *собственник ---- собственность*

Свойство / *(derived)* на окончаниях ассоциации



Свойство / *(derived)* на окончаниях ассоциации означает, что собственники и собственные элементы не хранятся в экземпляре класса *Element*, а получаются *объединением (union)* элементов в классах-потомках класса *Element*.

Что моделирует отношение ассоциации *собственник ---- собственность*

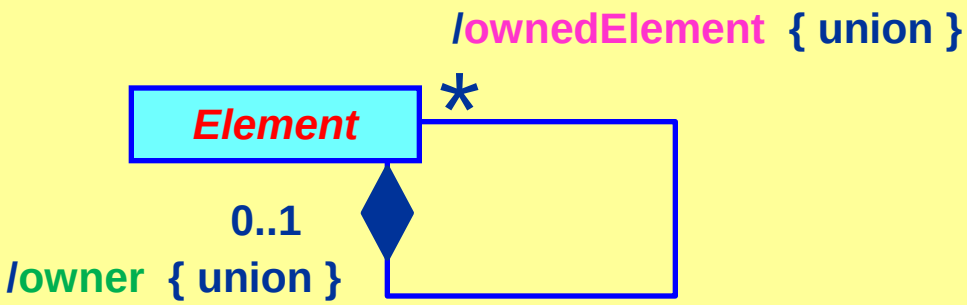



```
// Java
package casetool.graph;

public class Node {}
```

```
// Java
package casetool.graph;
```

```
// Java
package casetool.graph;

public class Node {
    String name;
}
```

Программный интерфейс для отношения *собственник ---- собственность*

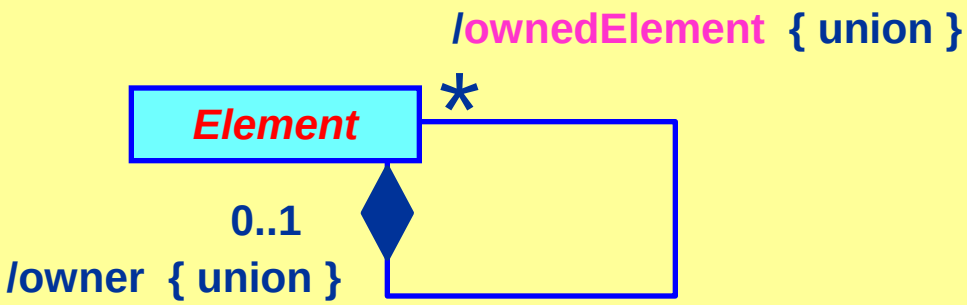



```
public static void dump(Element element, int level) {
  String blanks = String.format("%" + 5*level + "s" , " ");

  for (Element owned : element.getOwnedElements()) {
       System.out.println(blanks + owned);

       if (!owned.getOwnedElements().isEmpty())
           dump(owned, level + 1);
  }
}
```

Дамп UML-модели на консоль


```
 org.eclipse.uml2.uml.internal.impl.PackageImpl@7bfd270d (name: signature, visibility:
<unset>) (URI: null)
                          org.eclipse.uml2.uml.internal.impl.ClassImpl@290f0613 (name:
SignatureReader, visibility: <unset>) (isLeaf: false, isAbstract: false,
isFinalSpecialization: false) (isActive: false)
                              org.eclipse.uml2.uml.internal.impl.ElementImportImpl@22a79bc
(alias: <unset>, visibility: public)
                              org.eclipse.uml2.uml.internal.impl.PropertyImpl@61d729ab (name:
a, visibility: private) (isLeaf: true) (isStatic: false) (isOrdered: false, isUnique: true,
isReadOnly: false) (aggregation: none, isDerived: false, isDerivedUnion: false, isID: false)
                              org.eclipse.uml2.uml.internal.impl.OperationImpl@7c6c1995
(name: SignatureReader, visibility: public) (isLeaf: false, isStatic: false, concurrency:
sequential, isAbstract: false) (isQuery: false)
                                  org.eclipse.uml2.uml.internal.impl.ParameterImpl@1d03c504
(name: p0, visibility: <unset>) (isOrdered: false, isUnique: true, direction: in, effect:
<unset>, isException: false, isStream: false)
                              org.eclipse.uml2.uml.internal.impl.OperationImpl@627b987d
(name: accept, visibility: public) (isLeaf: false, isStatic: false, concurrency: sequential,
isAbstract: false) (isQuery: false)
                                  org.eclipse.uml2.uml.internal.impl.ParameterImpl@2058690e
(name: p0, visibility: <unset>) (isOrdered: false, isUnique: true, direction: in, effect:
<unset>, isException: false, isStream: false)
```

Программный интерфейс для отношения *собственник ---- собственность*

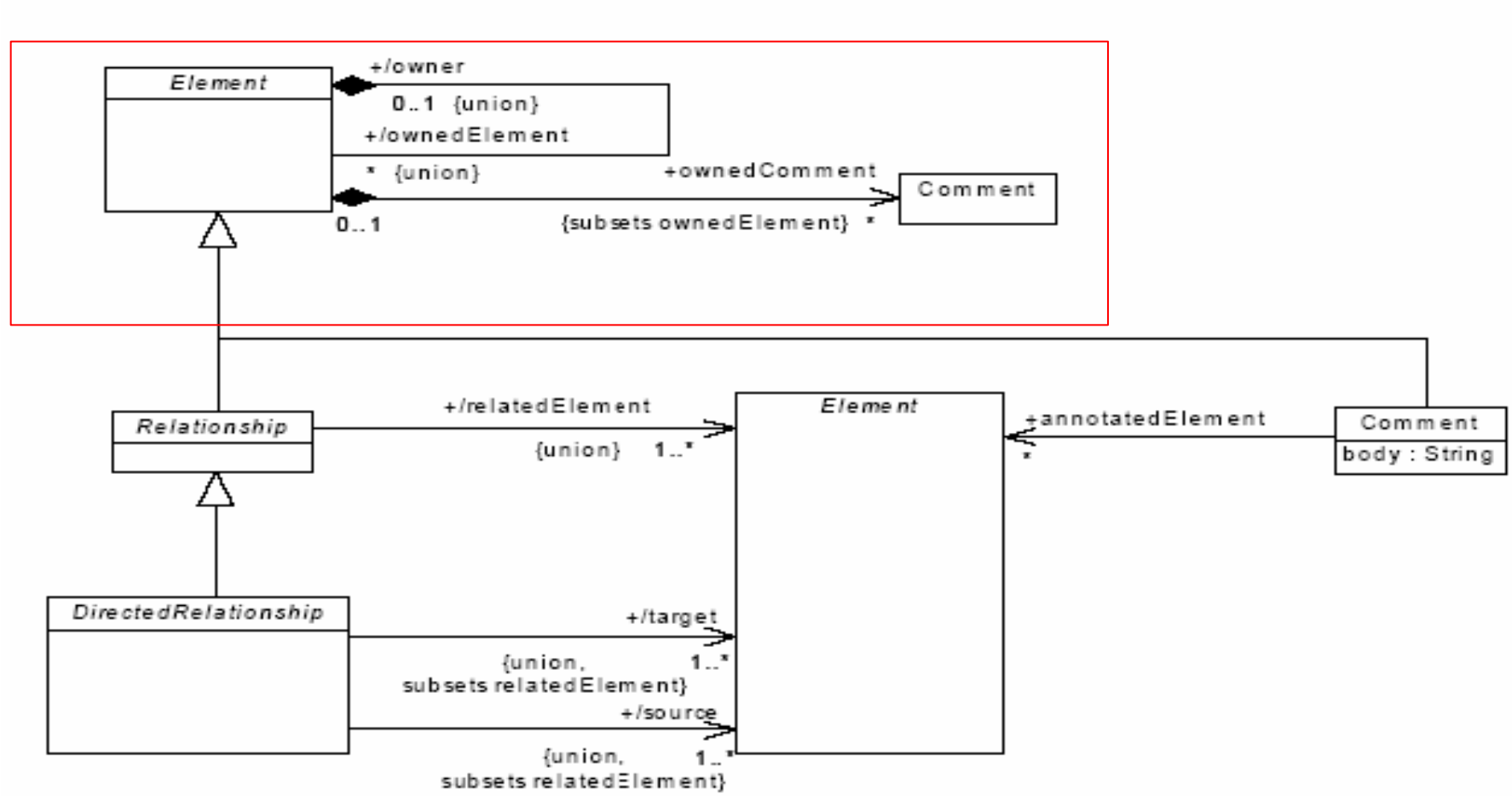



```
public static void dump(Element element, int level) {
  String blanks = String.format("%" + 5*level + "s" , " ");

  for (Element owned : element.getOwnedElements()) {
       System.out.println(blanks + owned.getClass());

       if (!owned.getOwnedElements().isEmpty())
           dump(owned, level + 1);
  }
}
```

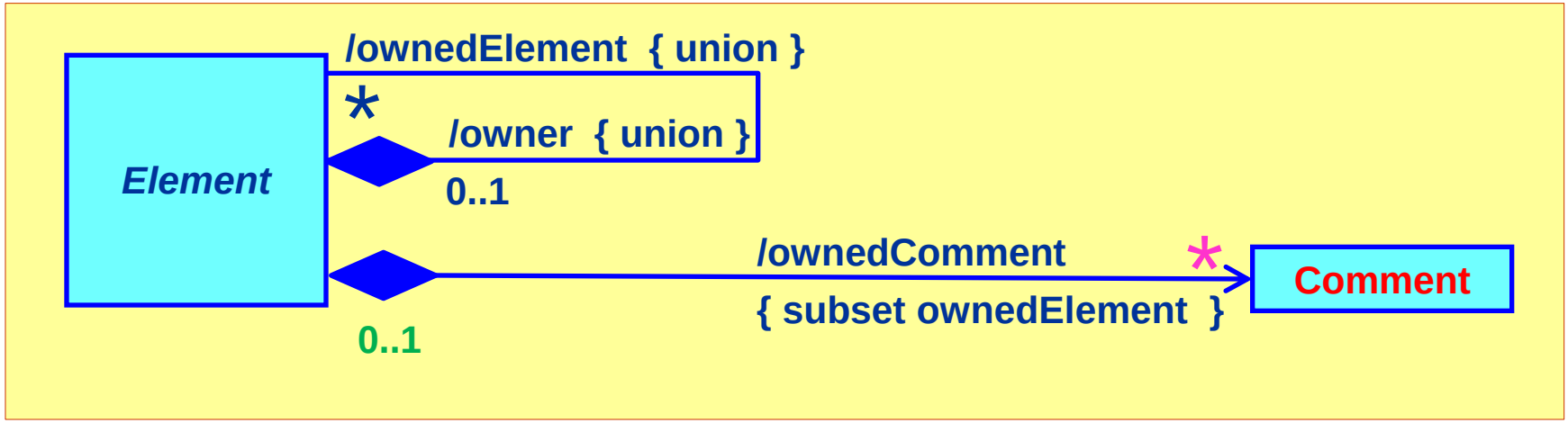
Дамп UML-модели на консоль


```
class org.eclipse.uml2.uml.internal.impl.PackageImpl
    class org.eclipse.uml2.uml.internal.impl.PackageImpl
        class org.eclipse.uml2.uml.internal.impl.PackageImpl
            class org.eclipse.uml2.uml.internal.impl.InterfaceImpl
            class org.eclipse.uml2.uml.internal.impl.InterfaceImpl
        class org.eclipse.uml2.uml.internal.impl.ClassImpl
        class org.eclipse.uml2.uml.internal.impl.ClassImpl
        class org.eclipse.uml2.uml.internal.impl.ClassImpl
        class org.eclipse.uml2.uml.internal.impl.InterfaceImpl
```

Ядро метамодели языка UML



Моделирование комментариев к элементам модели

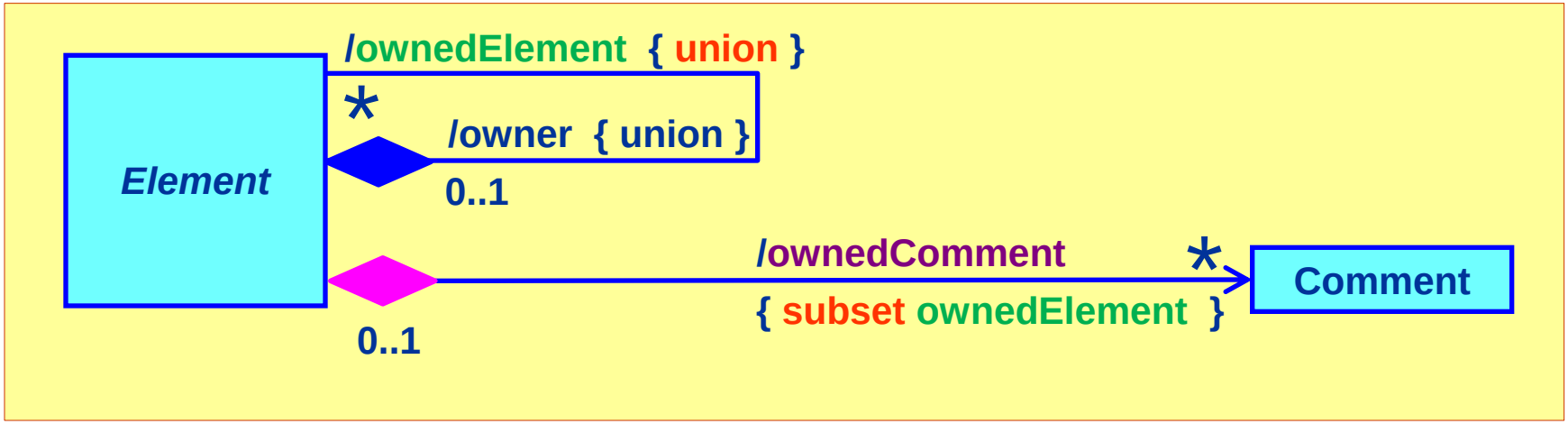


Comment - конкретный класс для комментирования экземпляров всех классов метамодели.

У каждого экземпляра элемента модели может быть **неограниченное количество** экземпляров комментариев.

Каждый комментарий может относится **не более чем к одному** элементу модели.

Моделирование комментариев к элементам модели

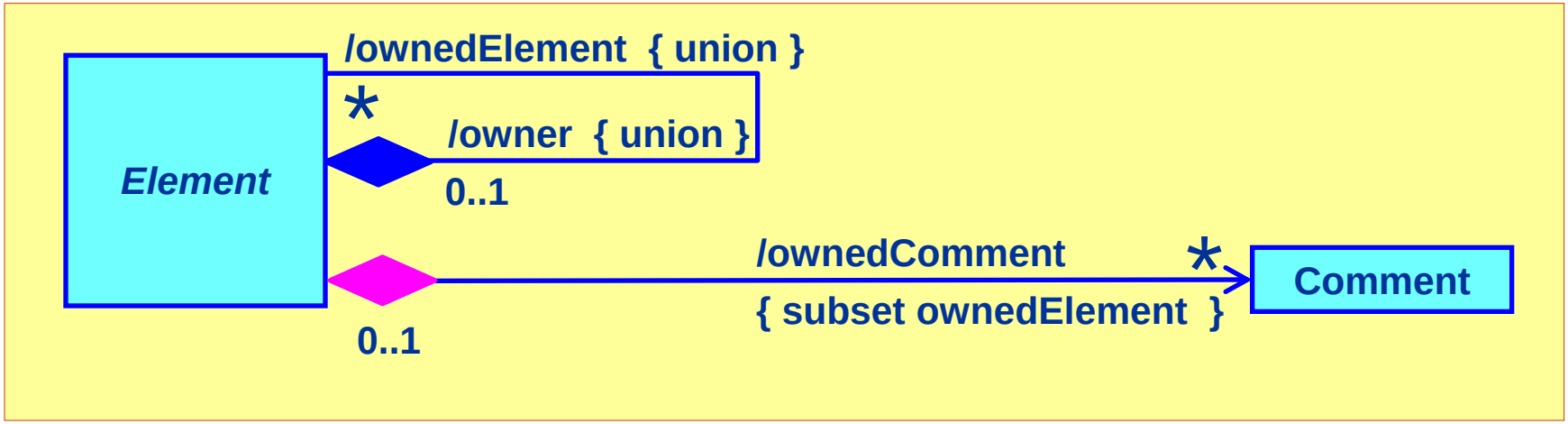


Время жизни комментария **совпадает** со временем жизни комментируемого элемента.

Собственный комментарий (**ownedComment**) является подмножеством (**subset**) объединения (**union**) **ownedElement**.

Это означает, что при запросе с помощью метода ***getOwnedElements()*** всех элементов, которыми владеет данный элемент, в объединение **ownedElement** попадут и все комментарии для этого элемента.

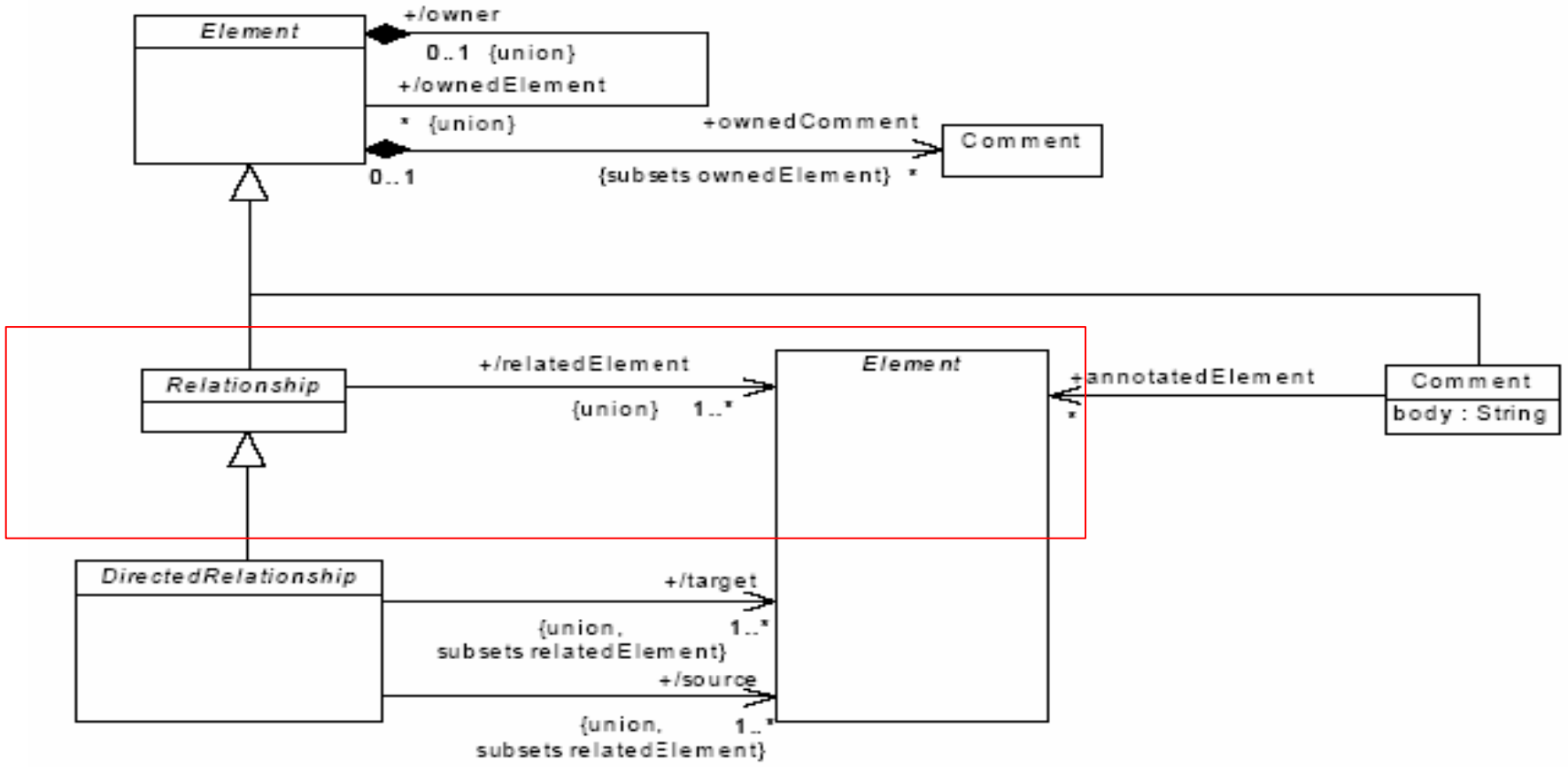
Моделирование комментариев к элементам модели



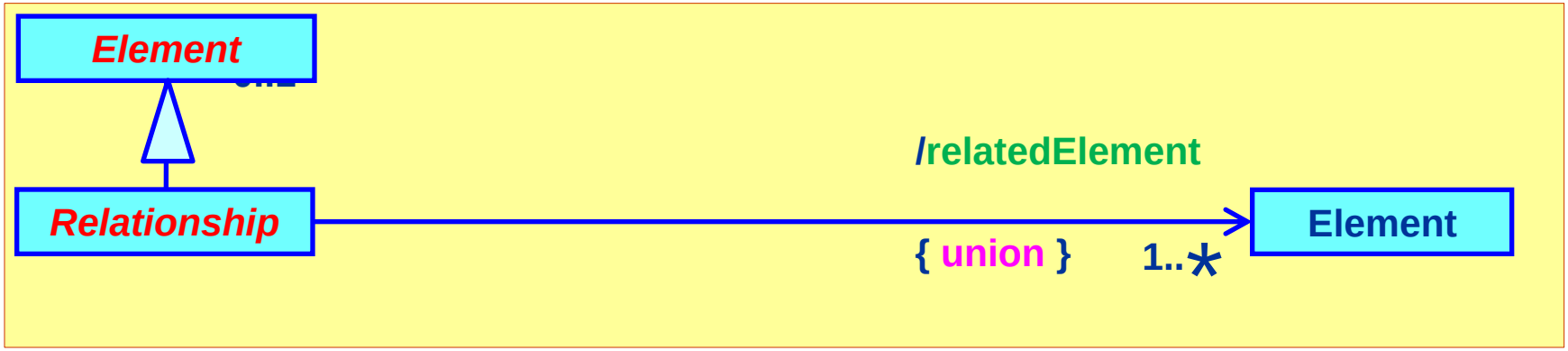
Время жизни комментария **совпадает** со временем жизни комментируемого элемента.

Поэтому для каждого элемента модели существует метод **createOwnedComment()**.

Программный интерфейс для работы с комментариями элементов модели



Моделирование отношений между элементами UML-модели

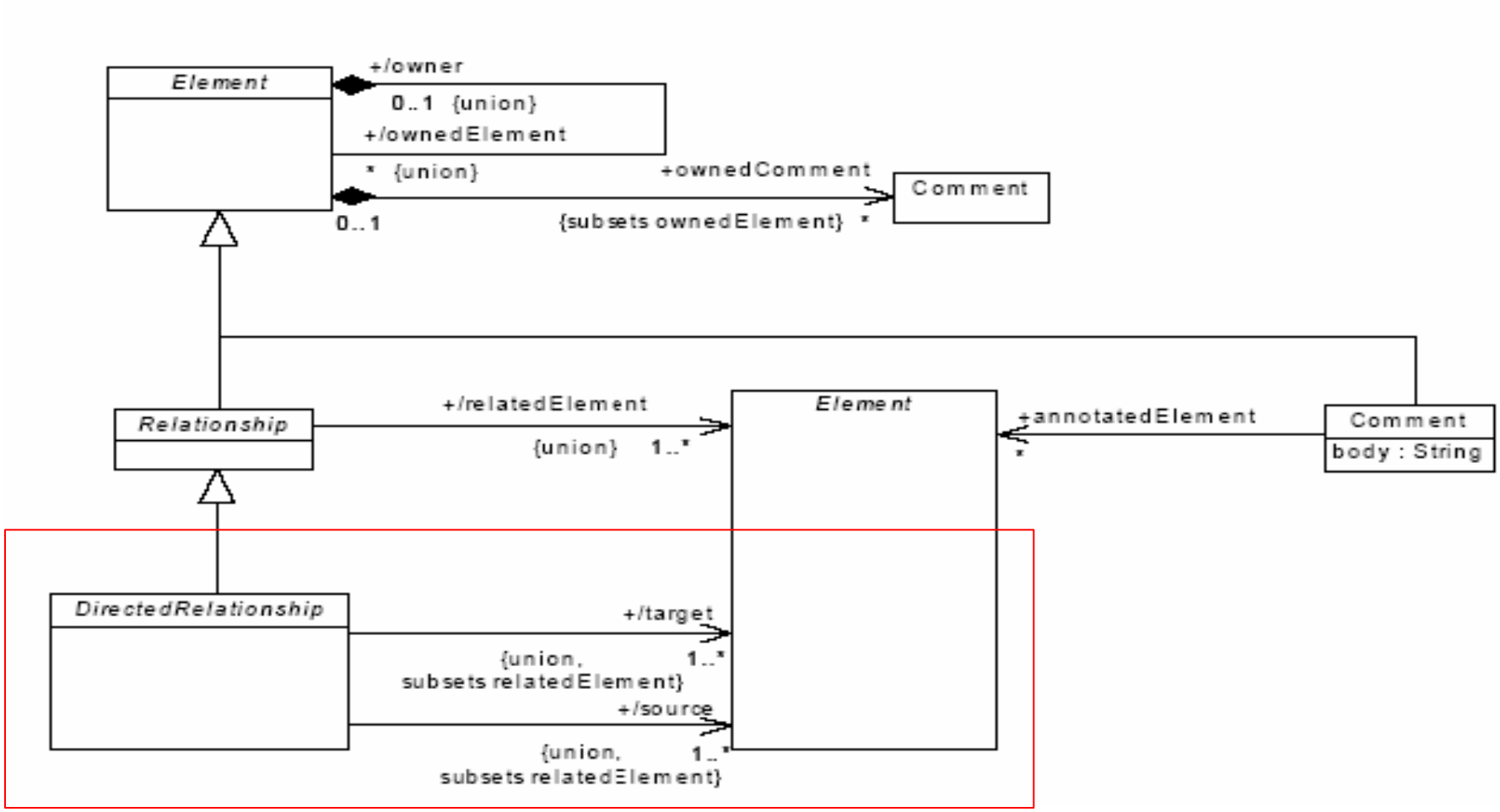


Relationship – абстрактный базовый класс для всех отношений в UML- модели.

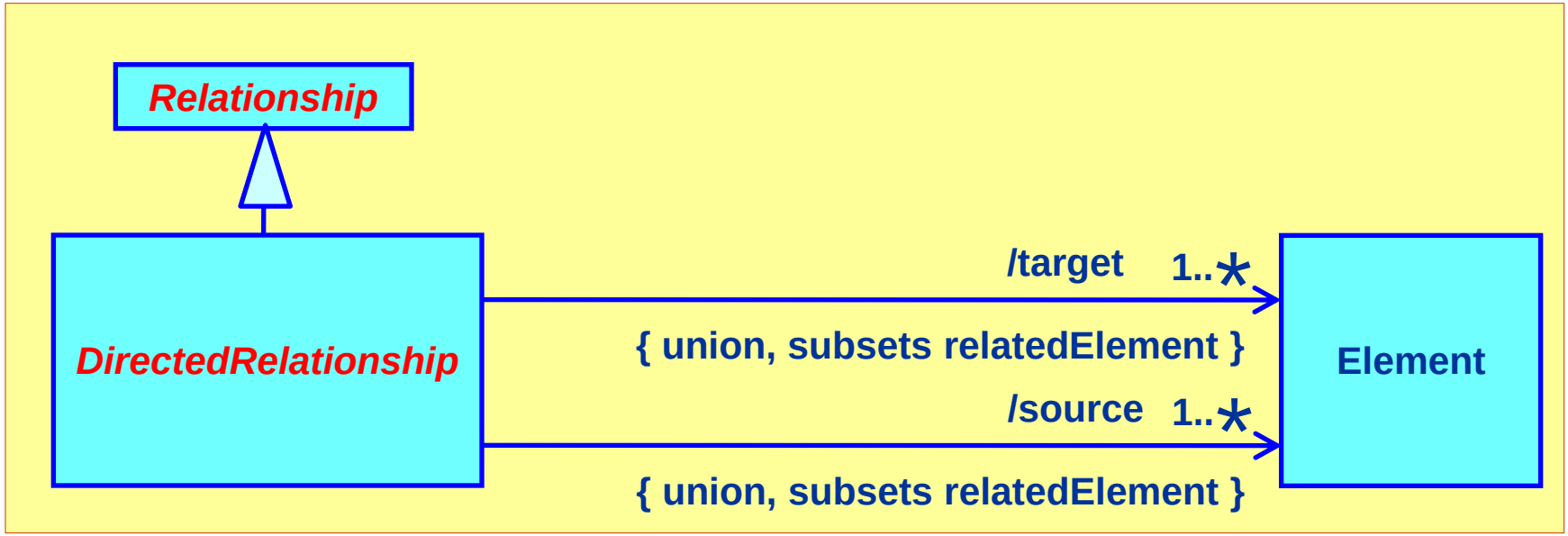
Каждое отношение может связывать 1 и более элементов. Если множественность 1, то отношение элемента с сами собой.

union – означает, что можно считать все связанные отношением элементы модели с помощью метода getRelatedElement().

Программный интерфейс для работы с комментариями элементов модели

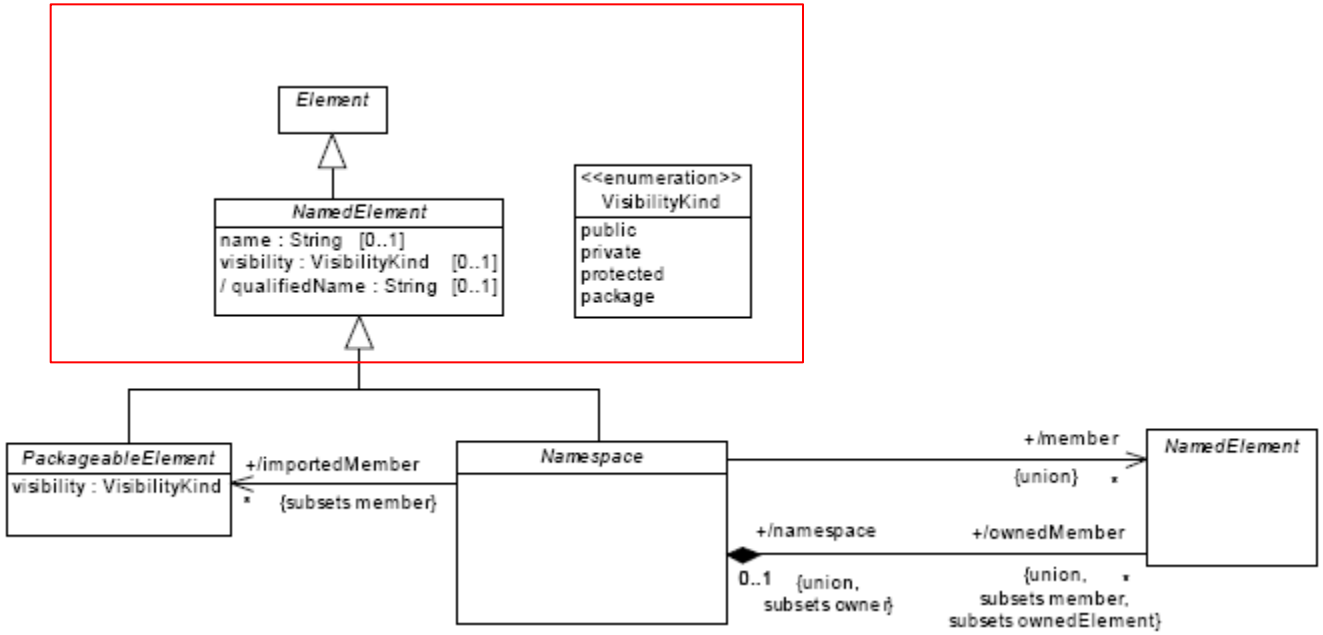


Моделирование отношений между элементами UML-модели

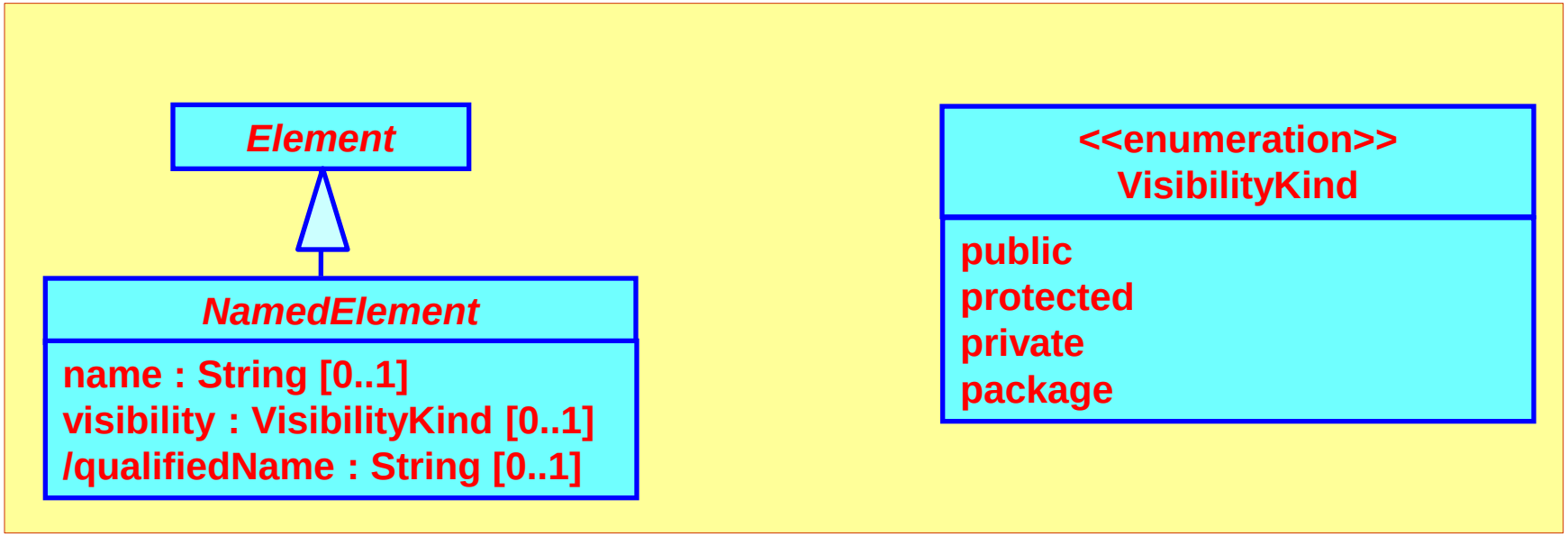


DirectedRelationship – абстрактный базовый класс для всех направленных отношений в UML- модели.

Представление пространств имен в метамодели языка UML



Моделирование именованных элементов в метамодели языка UML



/qualifiedName – означает, что интерфейсе есть метод getQualifiedName() позволяющий считать квалифицированное имя именованного элемента модели (имя состоящее из цепочки охватывающих именованный элемент пространств имен).

Вывод именованных элементов модели


```
public static void dumpNamed (Element element, int level) {
        if (!(element instanceof NamedElement)) return;

        NamedElement ne = (NamedElement) element;

        String kind = "";
        if (ne instanceof Class)       kind = "class";
        if (ne instanceof Interface)  kind = "interface";
        if (ne instanceof Package)   kind = "package";

        if (!kind.isEmpty())
                out.format("%10s: %s %n", kind, ne.getQualifiedName());

        for (Element owned : ne.getOwnedElements()) {
                if (!(owned instanceof NamedElement))
                        continue;

                if (!owned.getOwnedElements().isEmpty())
                        dumpNamed(owned, level + 1);
        }
}
```

Вывод именованных элементов модели


```
package: Guava
  package: Guava::com
  package: Guava::com::google
  package: Guava::com::google::common
  package: Guava::com::google::common::annotations
interface: Guava::com::google::common::annotations::Beta
interface: Guava::com::google::common::annotations::GwtCompatible
interface: Guava::com::google::common::annotations::GwtIncompatible
interface: Guava::com::google::common::annotations::VisibleForTesting
  package: Guava::com::google::common::base
    class: Guava::com::google::common::base::Absent
    class: Guava::com::google::common::base::Optional
    class: Guava::com::google::common::base::AbstractIterator$1
    class: Guava::com::google::common::base::AbstractIterator
    class: Guava::com::google::common::base::Ascii
```

Вывод классификаторов в поток вывода

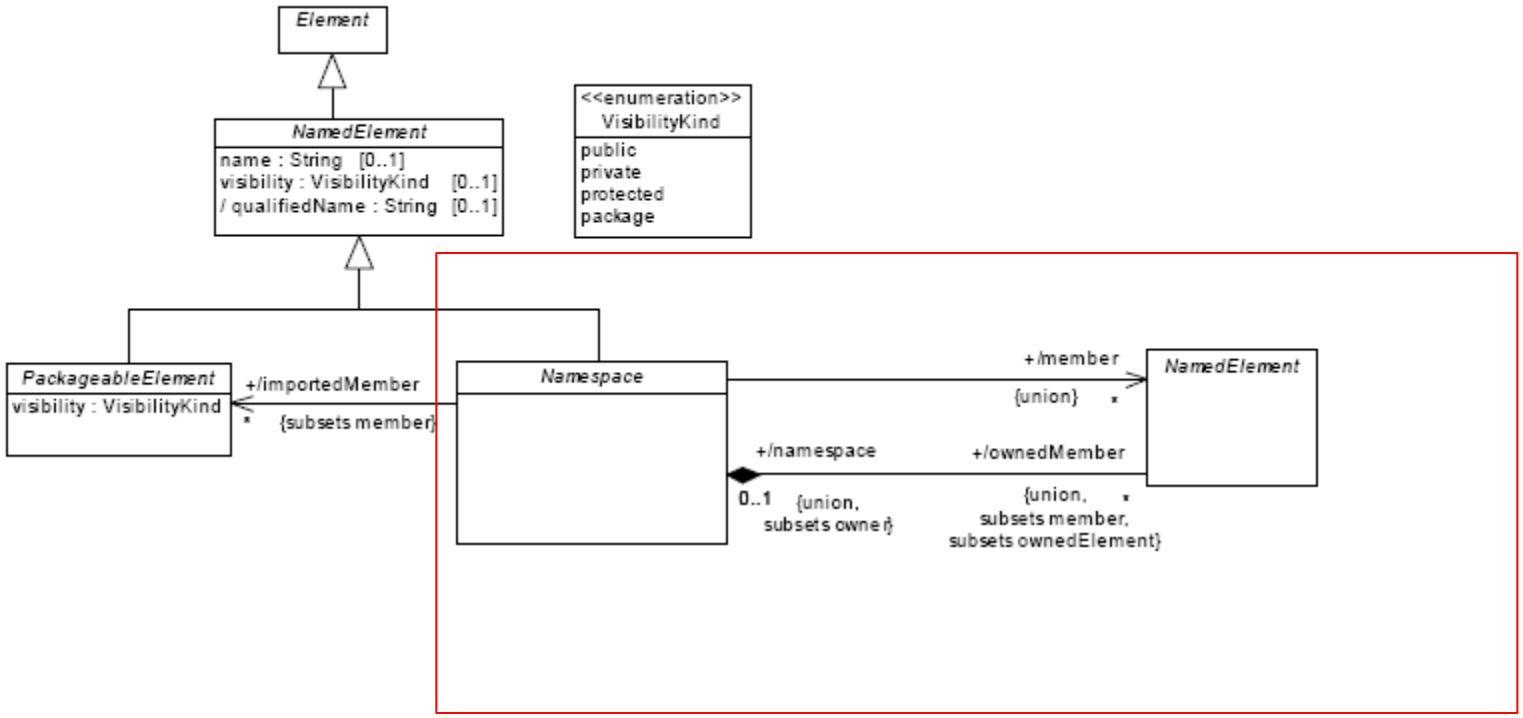

```
public static void dumpClassifiers (Element element) {
        if (!(element instanceof NamedElement)) return;
        NamedElement ne = (NamedElement) element;

        String kind = "";
        if (ne instanceof Class)       kind = "class";
        if (ne instanceof Interface)   kind = "interface";
        if (ne instanceof Enumeration) kind = "enum";

        if (!kind.isEmpty())
                out.format("%s %s { %n} %n%n", kind, ne.getName());

        for (Element owned : ne.getOwnedElements()) {
                if (!(owned instanceof NamedElement))
                        continue;

                if (!owned.getOwnedElements().isEmpty())
                        dumpClassifiers(owned);
        }
}
```

Вывод классификаторов модели

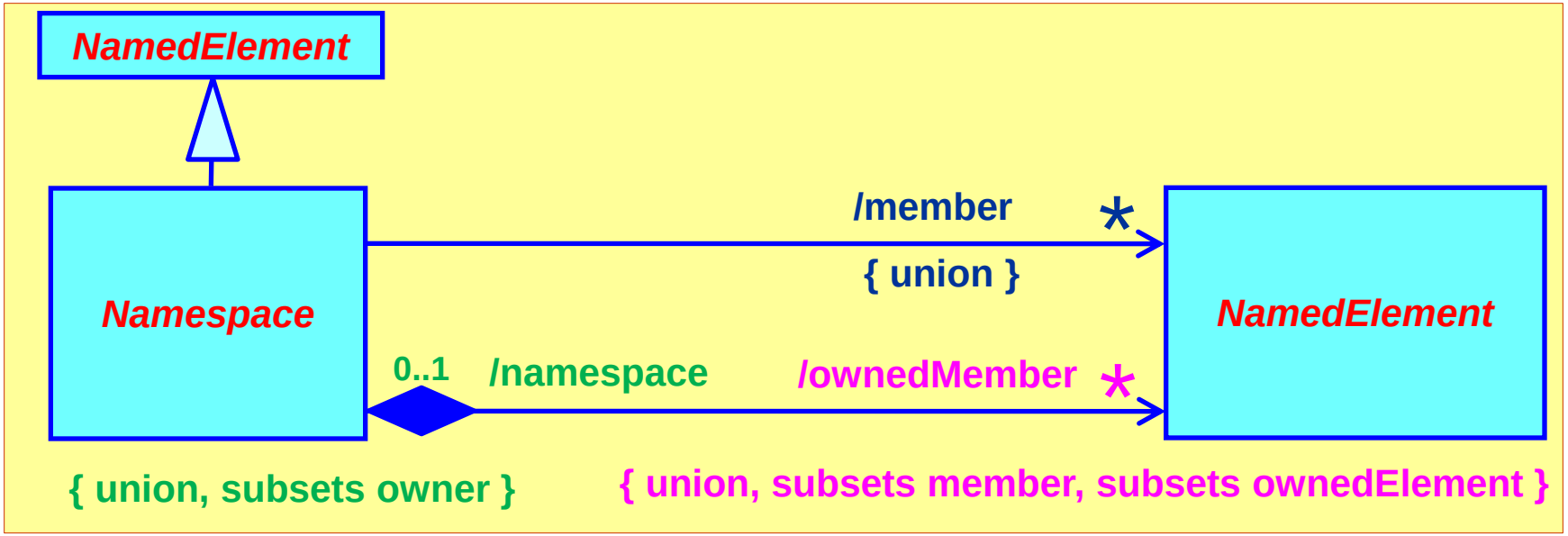

```
interface Beta {
}

interface GwtCompatible {
}

interface GwtIncompatible {
}

interface VisibleForTesting {
}

class Absent {
}

class Optional {
}

class AbstractIterator$1 {
}

enum AbstractIterator$State {
}
```

Представление пространств имен в метамодели языка UML

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК. Романов Владимир Юрьевич ©2024



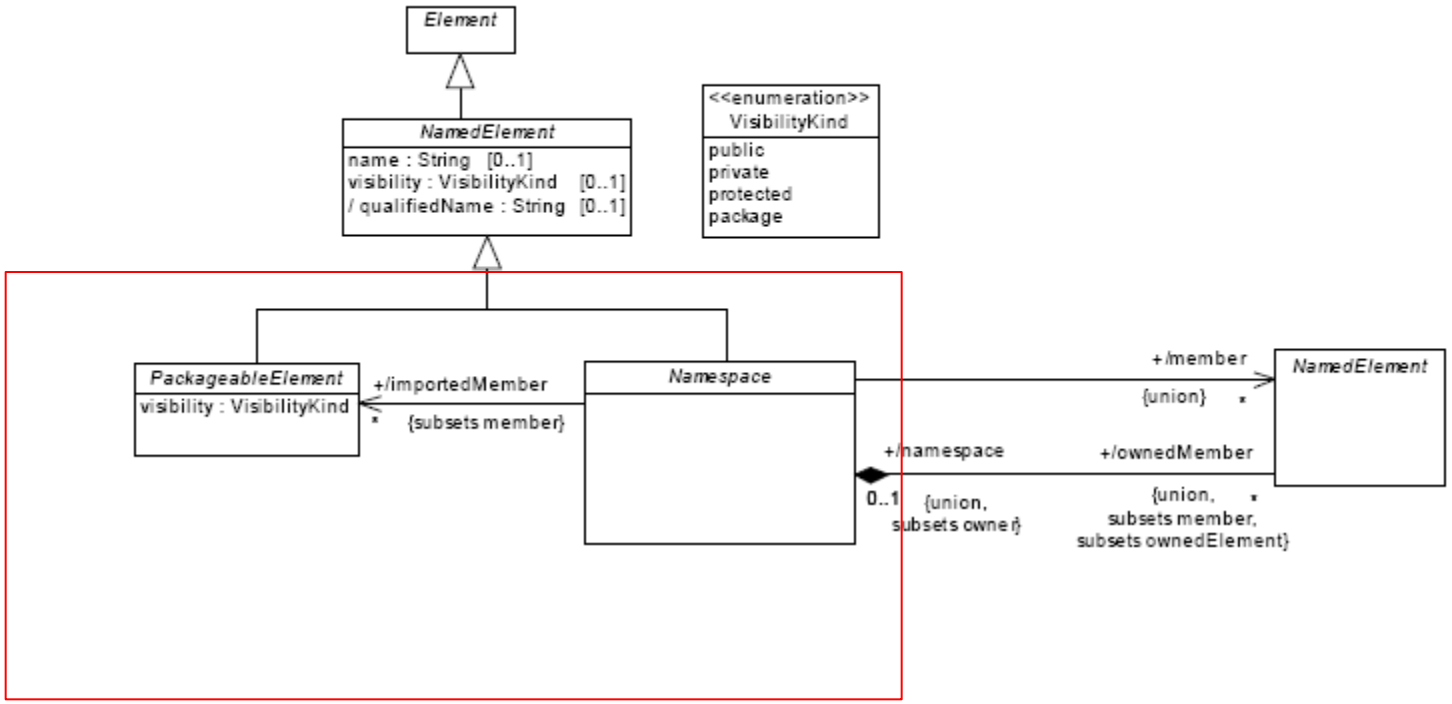
Моделирование пространств имен в метамодели языка UML



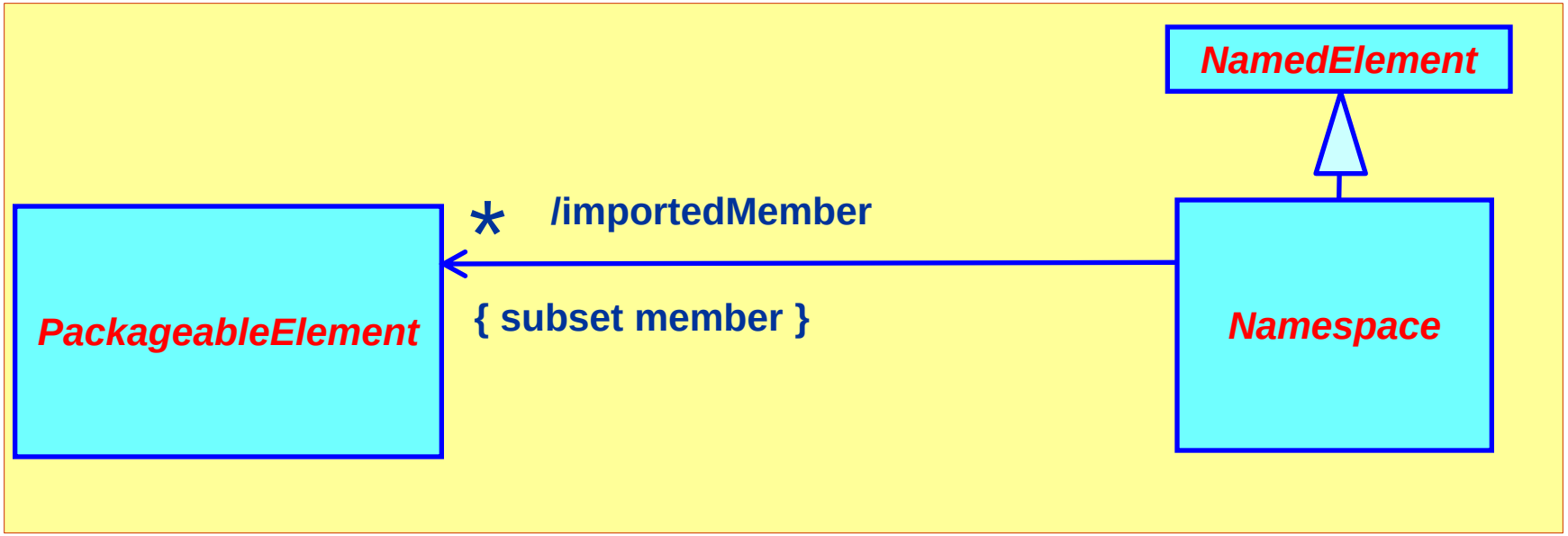
/member – собственные элементы, идентифицируемые элементы, импортированные элементы и унаследованные элементы

/ownedMember – собственные элементы

Представление пространств имен в метамодели языка UML



Моделирование пространств имен в метамодели языка UML



/importedMember – импортированные элементы:
- импортированные по отдельности (**ElementImport**)
- импортированные часть импорта всего пакета (**PackageImport**)

Вывод пакета в поток вывода


```
public static void dumpPackages (Element element) {
        if (!(element instanceof Package)) return;
        Package p = (Package) element;

        out.format("package %s { %n", p.getName());

        for (NamedElement member : p.getOwnedMembers())
                dumpClassifier(member);

        for (NamedElement member : p.getOwnedMembers()) {
                if (!(member instanceof Package))
                        continue;

                if (!member.getOwnedElements().isEmpty())
                        dumpPackages(member);
        }
        out.format("} %n%n");
}
```

Вывод классификатора в поток вывода

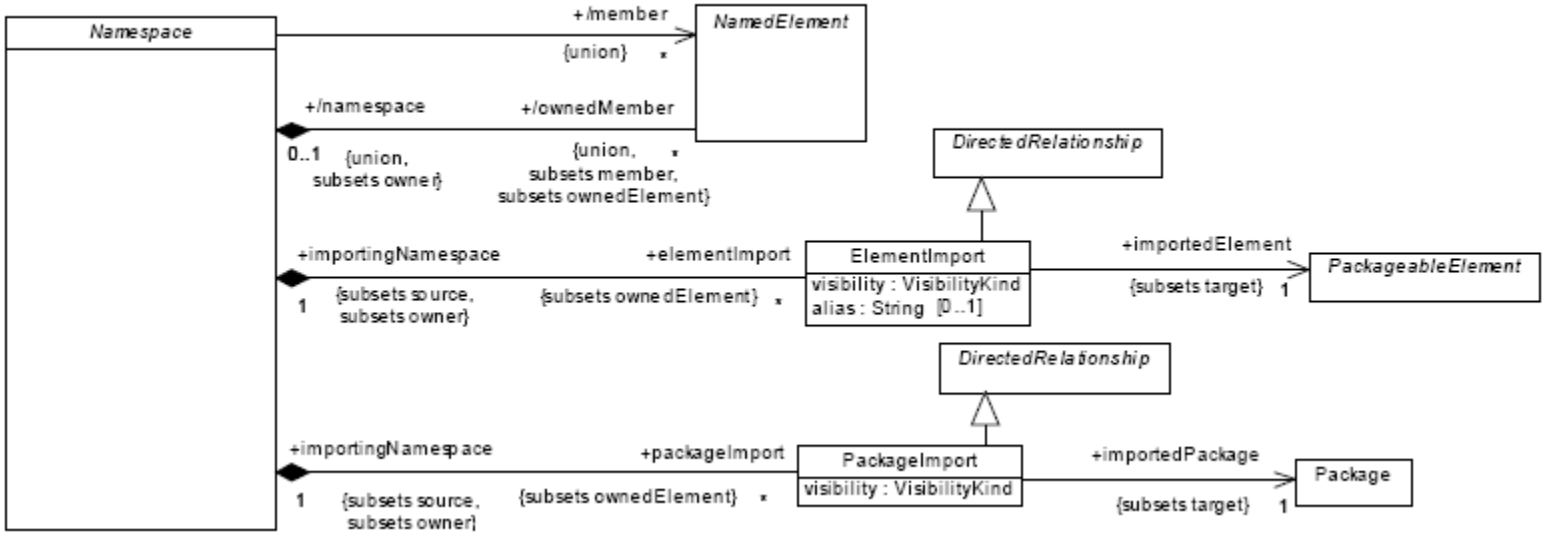

```
private static void dumpClassifier (NamedElement ne) {
        String kind = "";
        if (ne instanceof Class)       kind = "class";
        if (ne instanceof Interface)   kind = "interface";
        if (ne instanceof Enumeration) kind = "enum";

        if (!kind.isEmpty())
                out.format(" %s %s { %n } %n", kind, ne.getName());
}
```

Вывод пакетов и классификаторов модели


```
package Guava {
package com {
package google {
package common {
package annotations {
 interface Beta {
 }
 interface GwtCompatible {
 }
 interface GwtIncompatible {
 }
 interface VisibleForTesting {
 }
}

package base {
 class Absent {
 }
 class Optional {
 }
```

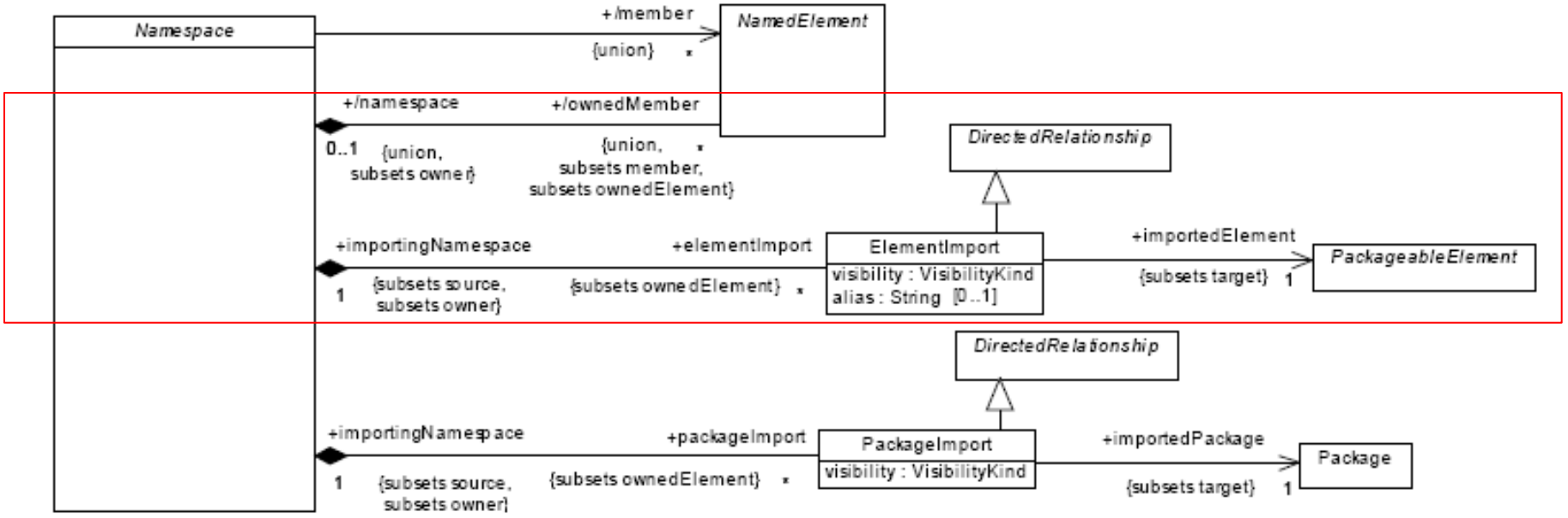
Импорт в пространства имен в метамодели языка UML

МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК. Романов Владимир Юрьевич ©2024

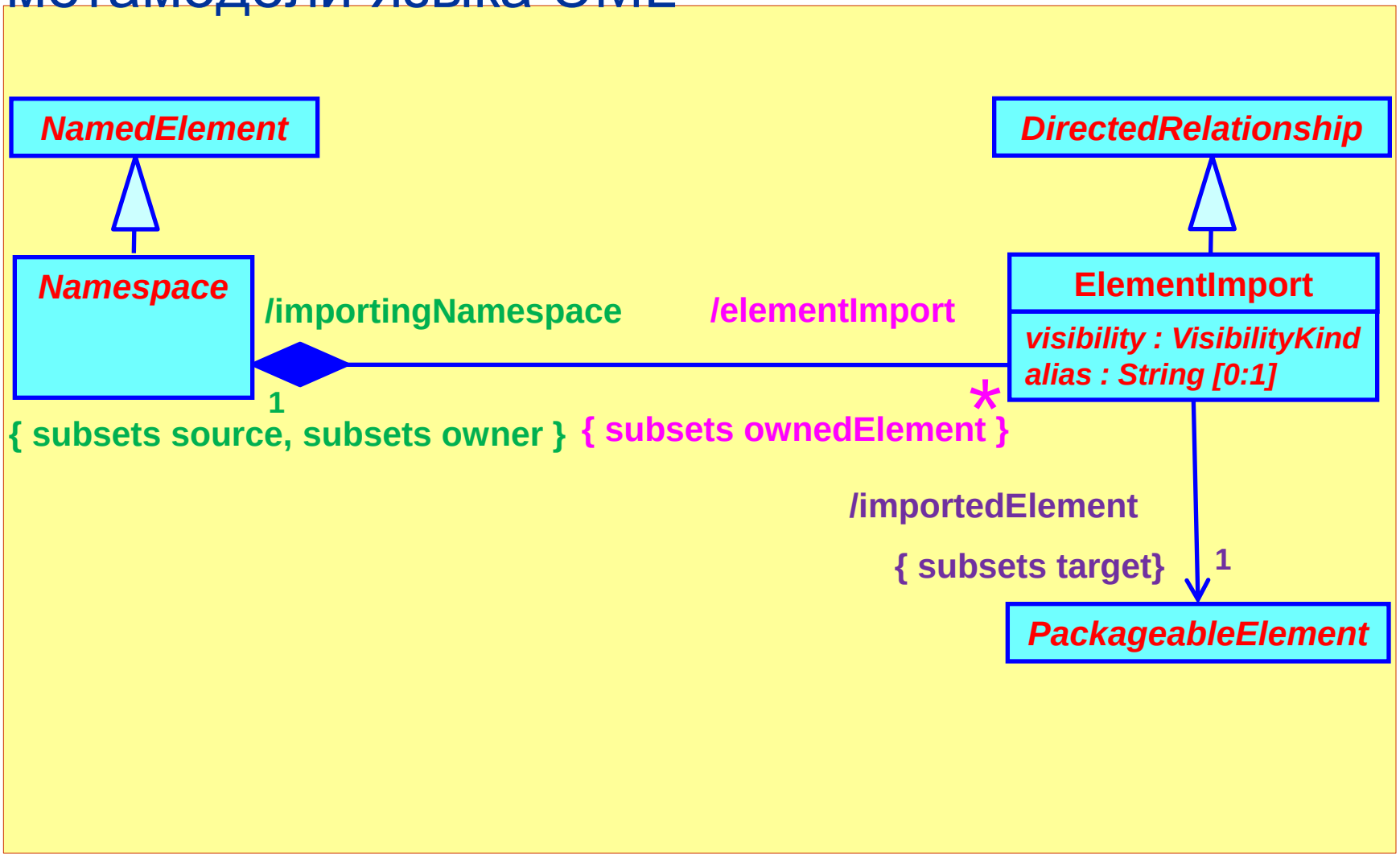


Импорт в пространства имен в метамодели языка UML

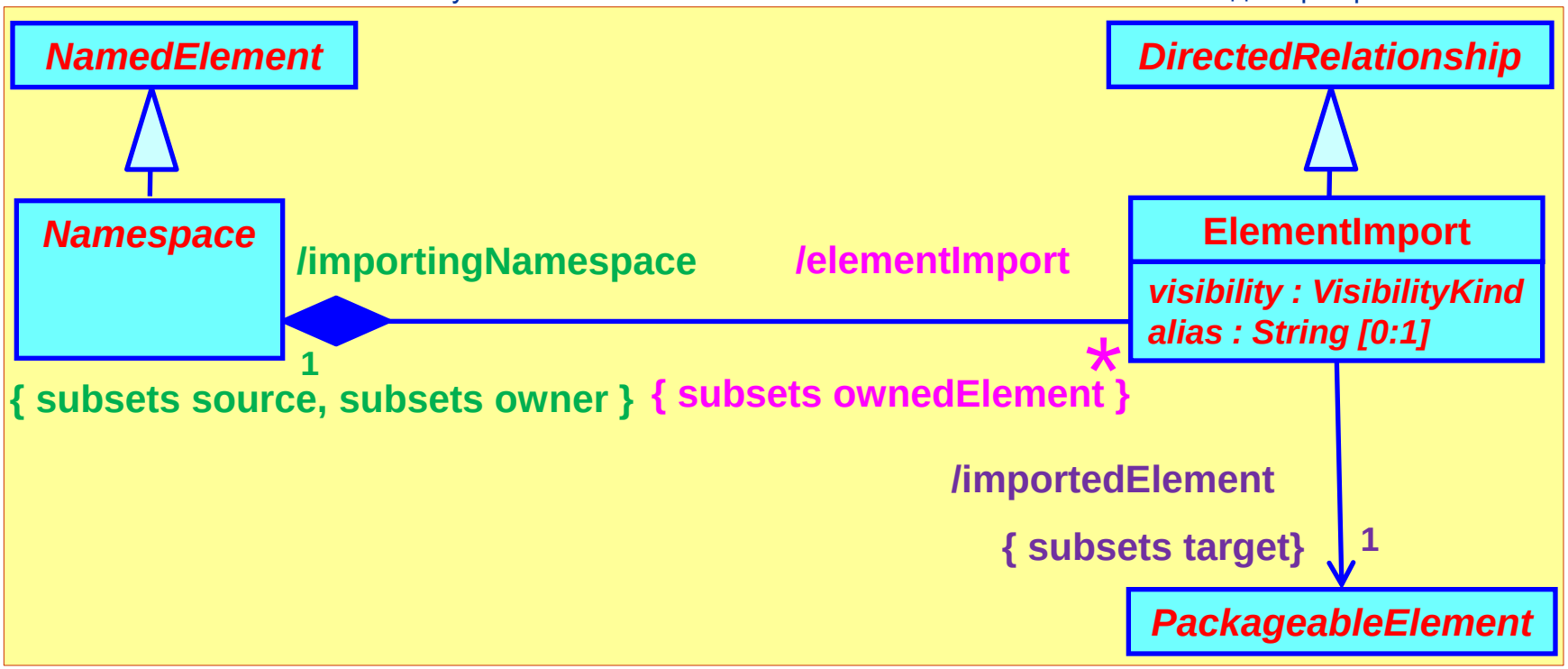
МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК. Романов Владимир Юрьевич ©2024



Моделирование импорта элементов в метамодели языка UML

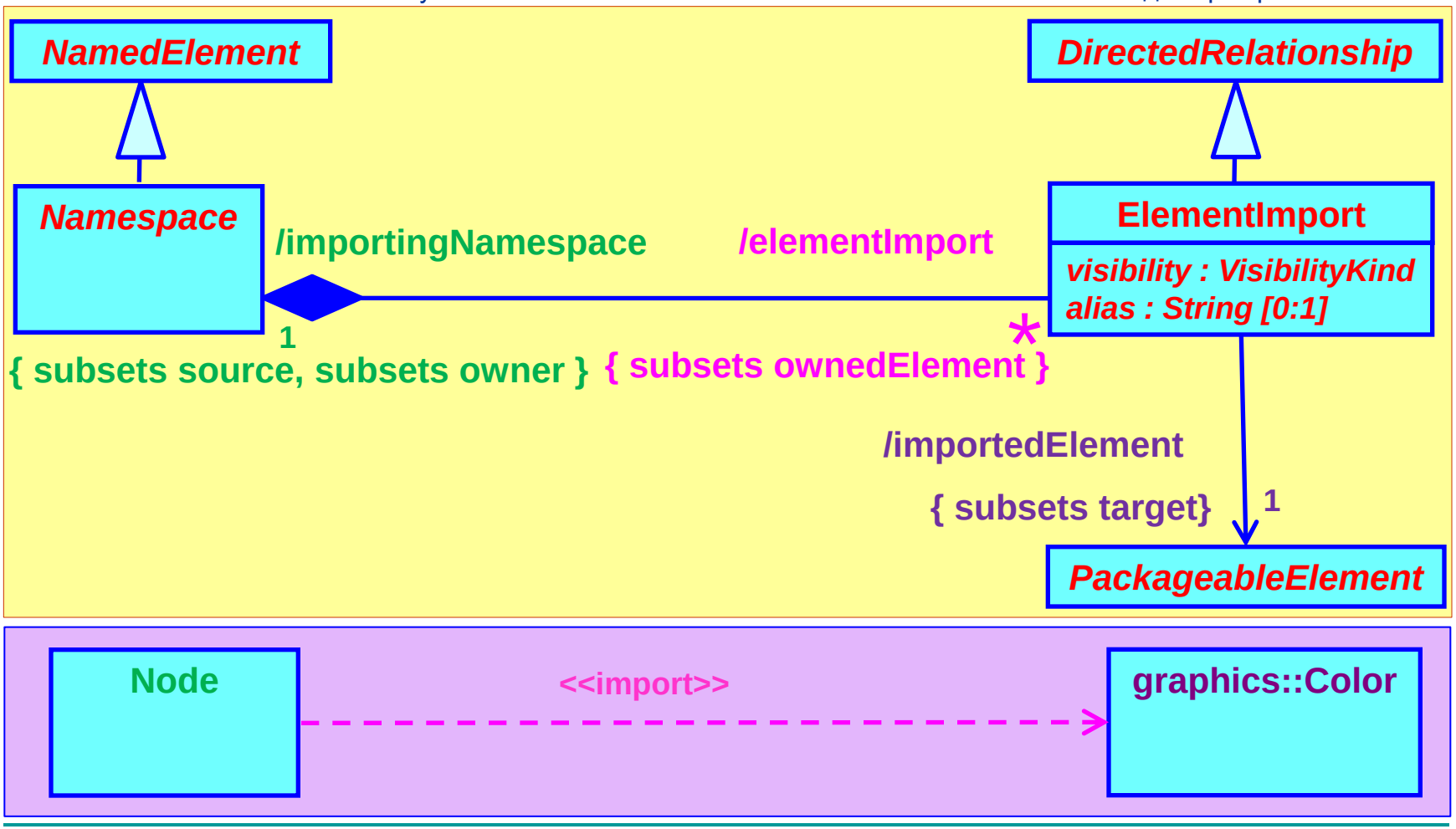


Моделирование импорта элементов в метамодели языка UML

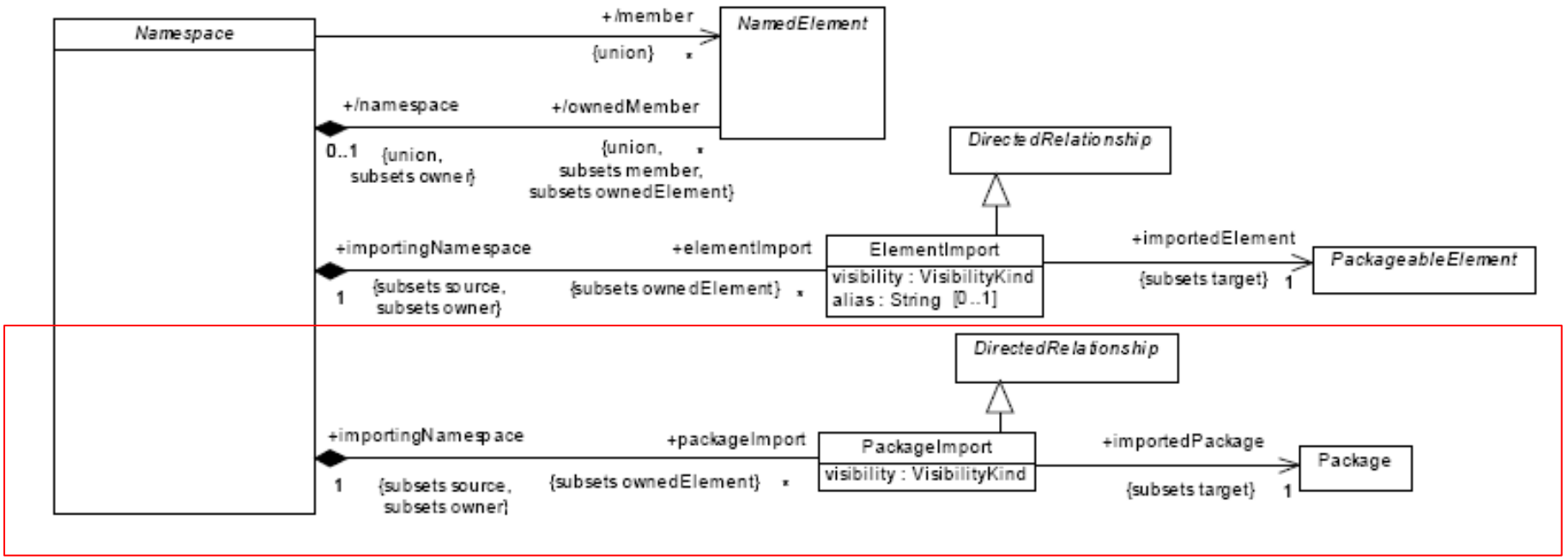



```
import graphics.Color;

class Node {
  Color borderColor;
}
```

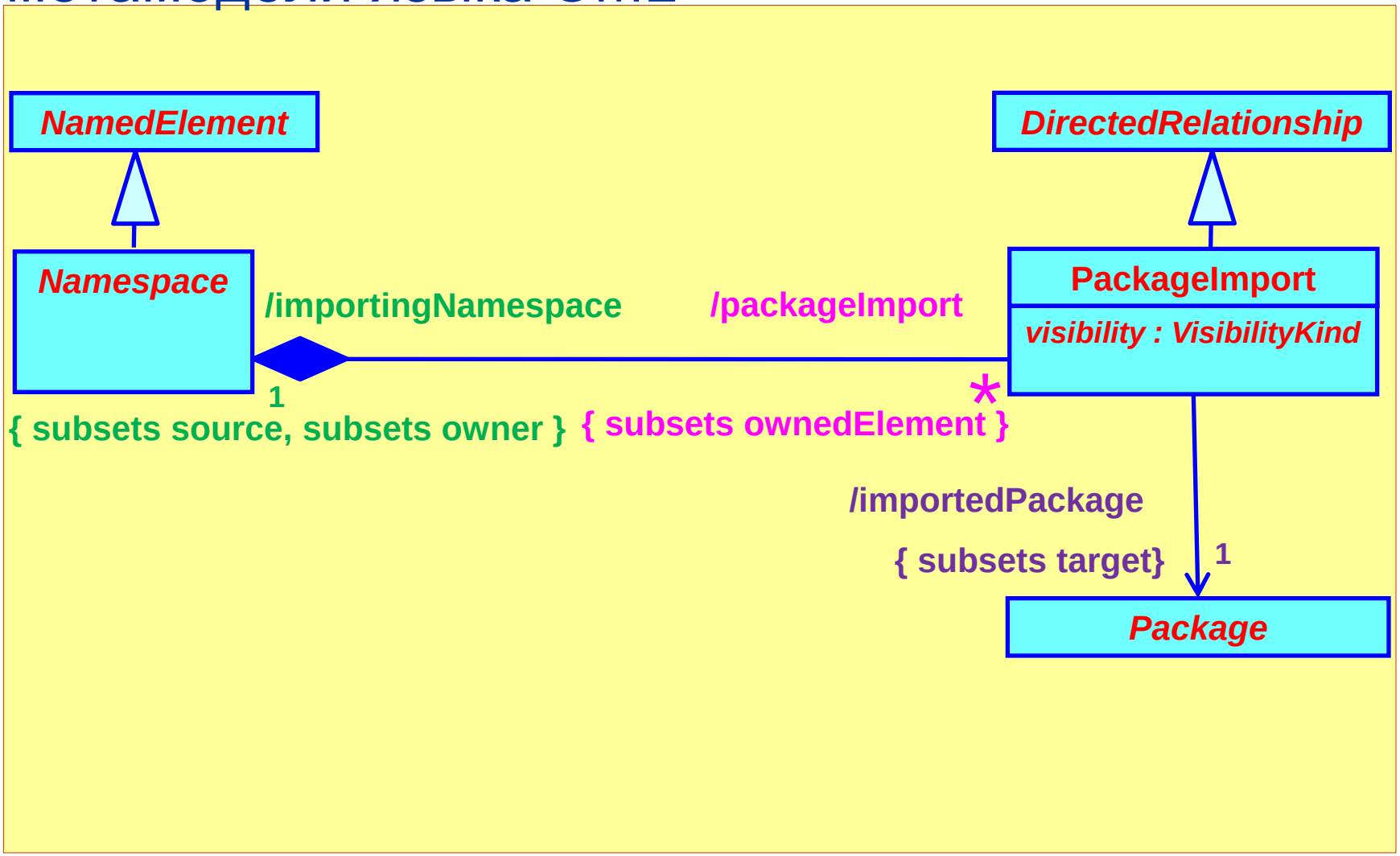
Моделирование импорта элементов в метамодели языка UML



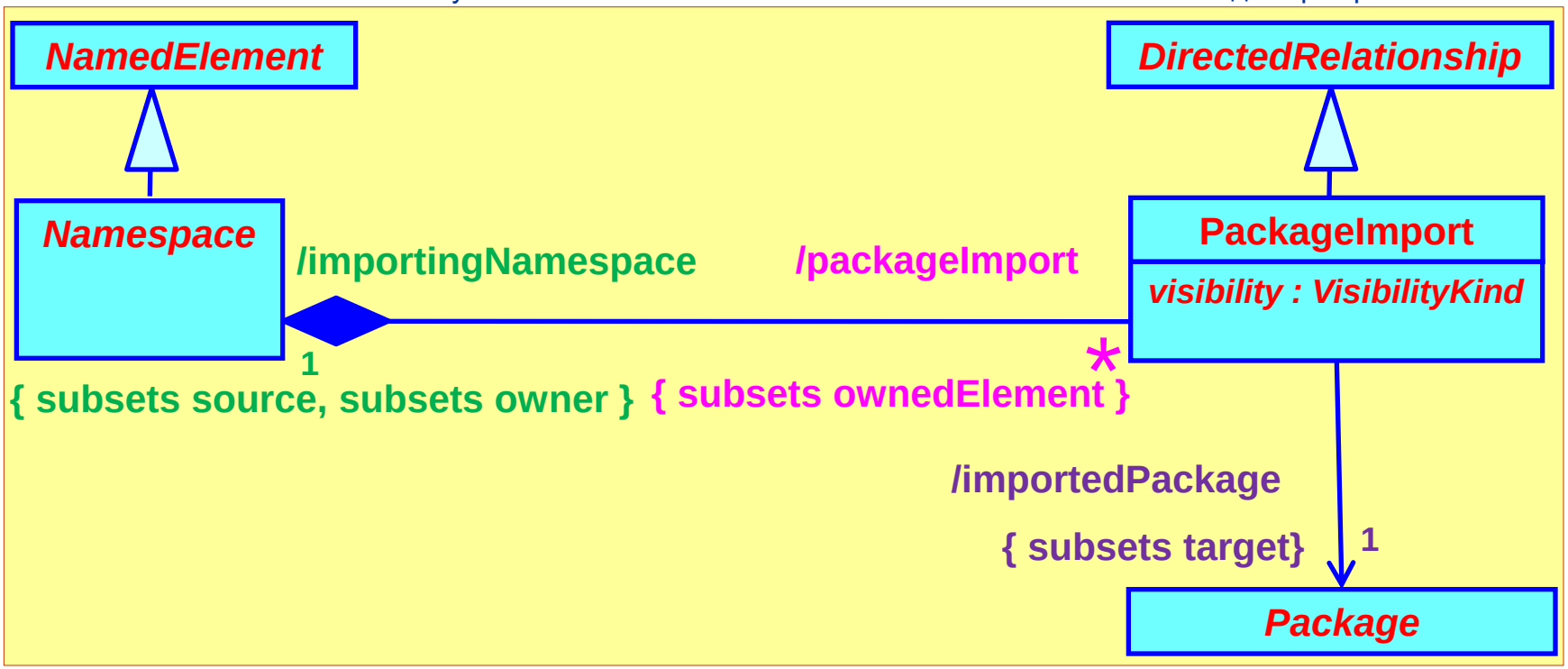
Импорт в пространства имен в метамодели языка UML



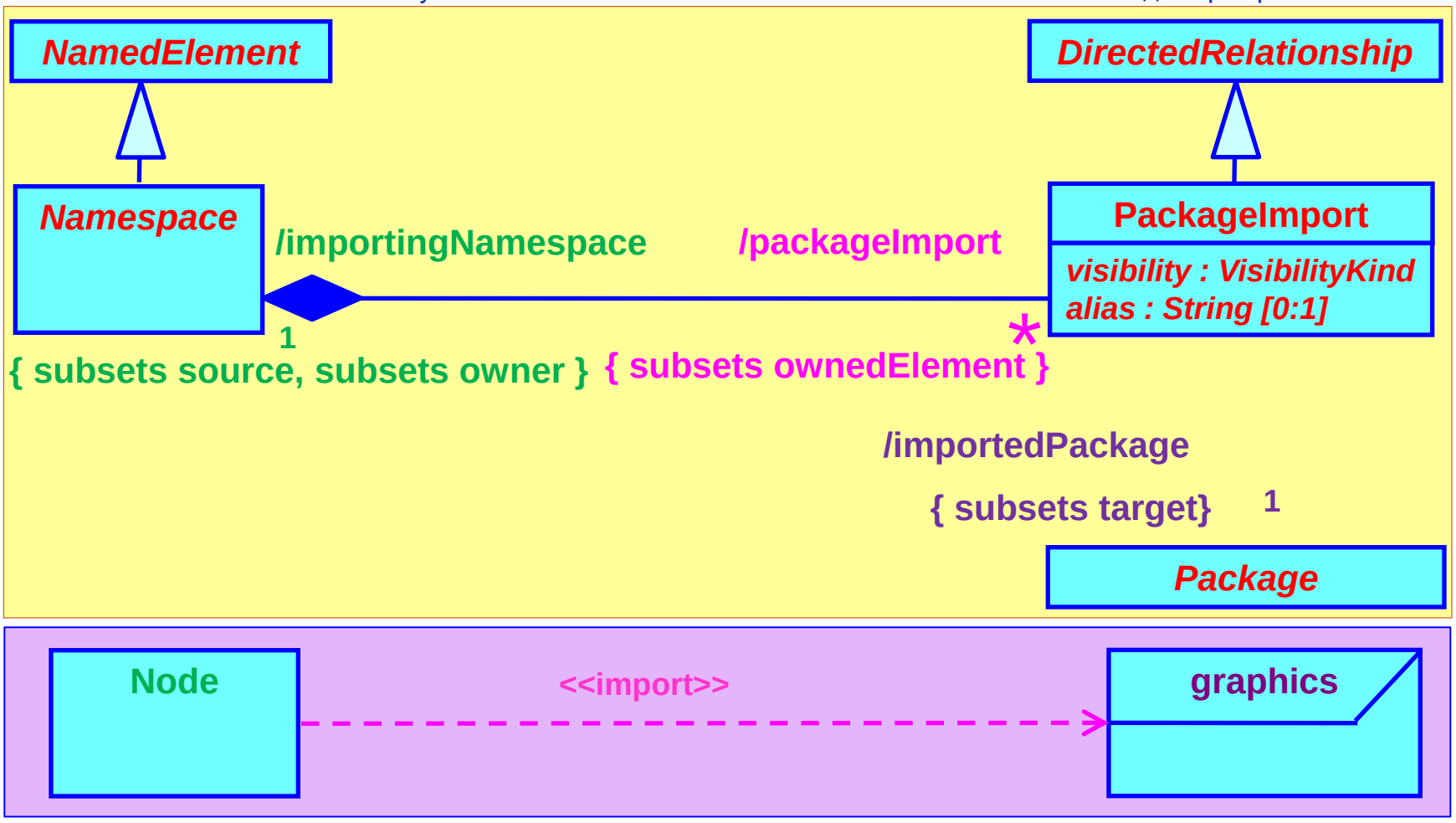
Моделирование импорта элементов в метамодели языка UML



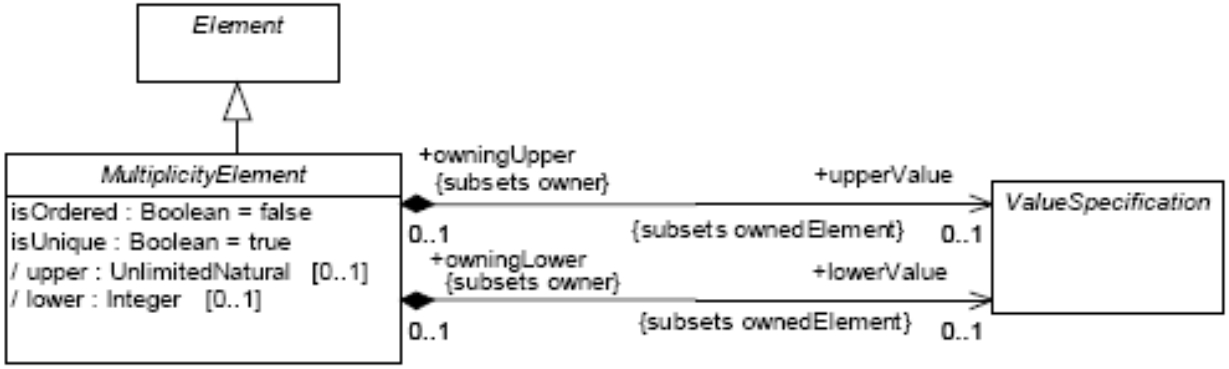
Моделирование импорта элементов в метамодели языка UML



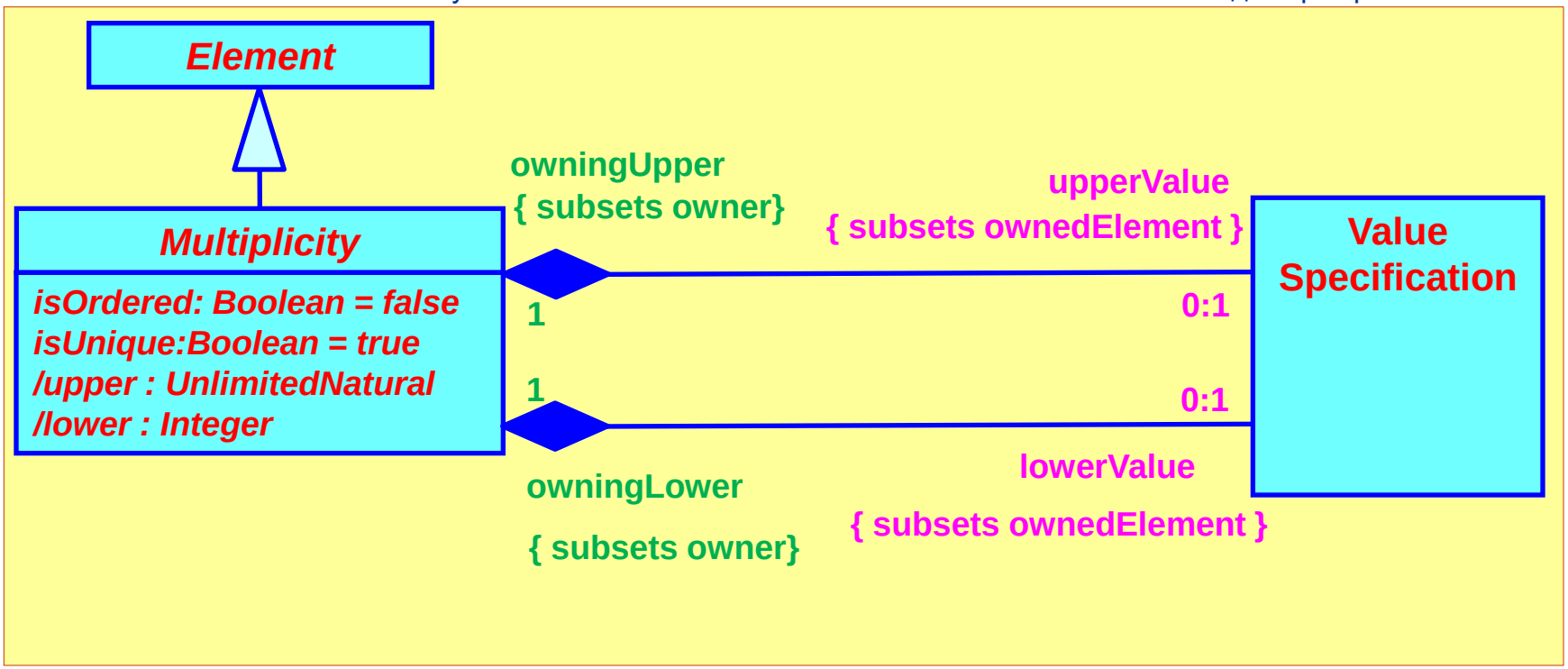
Моделирование импорта элементов в метамодели языка UML



Представление множественных значений в метамодели языка UML



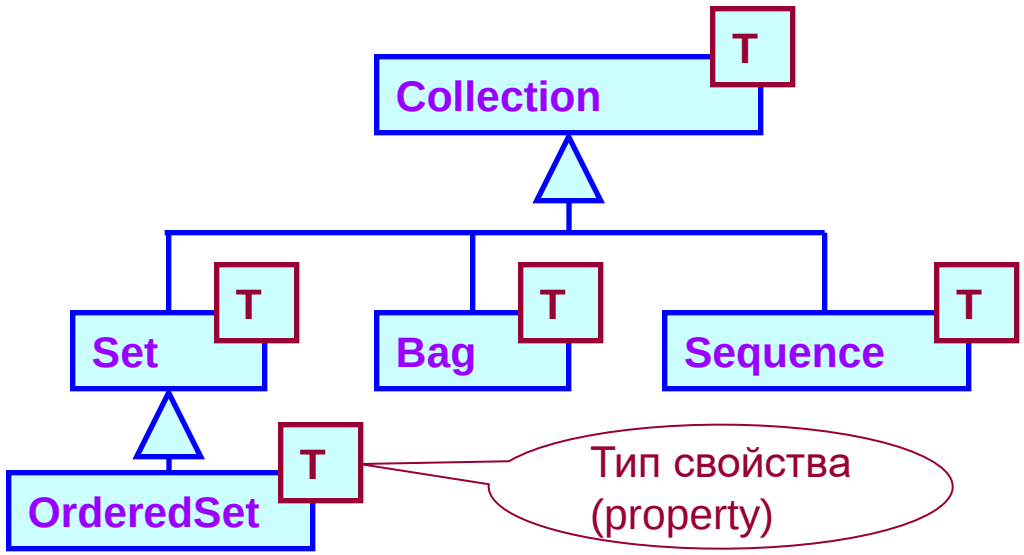
Моделирование множественных значений в метамодели языка UML



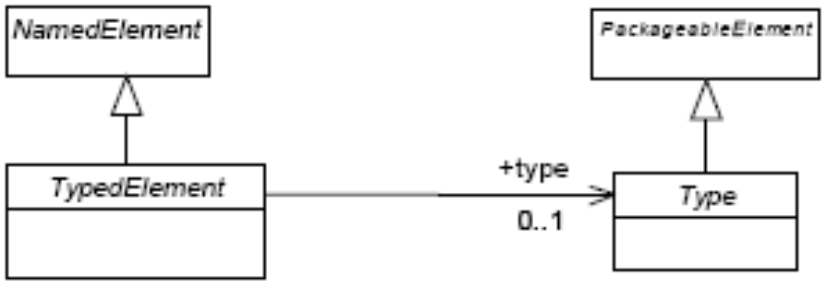
Отношение ассоциации. Уникальность, упорядоченность и язык OCL

OCL коллекции

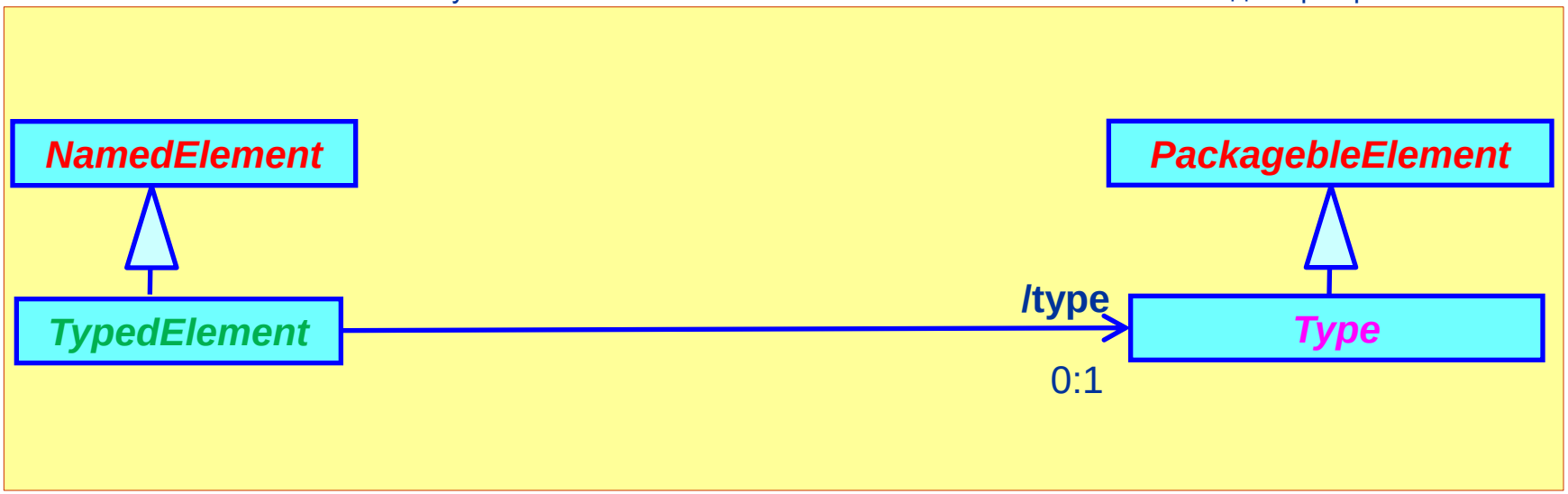
	{unique}	{ununique}
{unordered}	Set	Bag
{ordered}	OrderedSet	Sequence



Типы и типизированные элементы в метамодели языка UML



Моделирование импорта элементов в метамодели языка UML




```
import graphics.*;

class Node {
  Color borderColor;
  void draw(Graphics graphics) {
  }
}
```

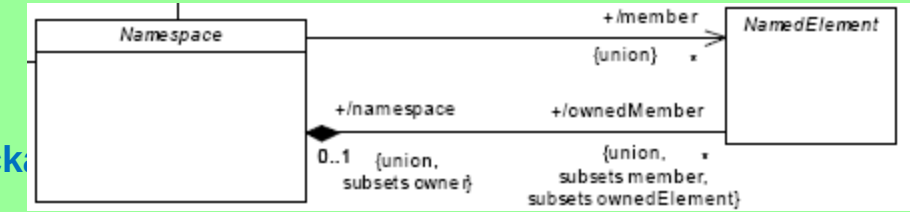
Генерация текста на языке JAVA

UML → JAVA

на JAVA

Генерация классификаторов пакета на языке Java

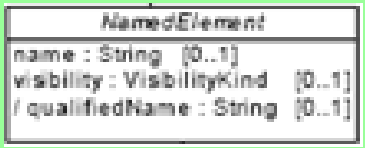

```
package  uml2java;

public static void generatePackage (Package package_, String packageDir) {
        //
        // Генерируем классификаторы текущего пакета.
        //
        for (NamedElement   m : package_.getOwnedMembers()) {
                // Внешний тип неизвестного вида (класс, интерфейс, перечисление?)
                if  ( m.hasKeyword("unknown") )
                    continue;

                if  (m  instanceof   Class)
                     generateClass ((Class) m, packa
                else
                if  (m  instanceof   Interface)
                    generateInterface ((Interface) m, packageDir);
                else
                if  (m  instanceof   Enumeration)
                    generateEnumeration ((Enumeration) m, packageDir);
                else
                if (m instanceof Package)
                   generatePackage((Package) m, packageDir + "/" + m.getName());
        }
}
```

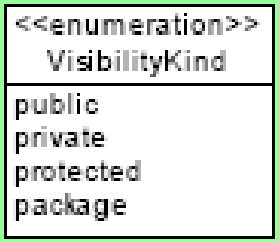


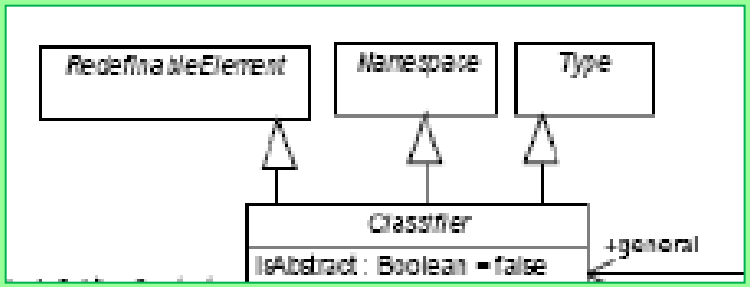
Генерация класса

Генерация текстов класса на языке Java


```
public static void generateClass (Class cls, String packageDir) {
        makePackageDir(packageDir);

        PrintStream ps = null;
        try { ps = new PrintStream(packageDir + "/" + cls.getName() + ".java"); }
        catch (FileNotFoundException e) { return; }

        genPackage(class_, ps);

        genImports(class_, ps);

        String modifiers = visibilityToJava (cls.getVisibility());

        if (cls.isAbstract())
            modifiers += "abstract ";

        if (cls.isLeaf())
            modifiers += "final ";

        ps.format("%n%sclass %s ", modifiers, cls.getName());
        // …
```





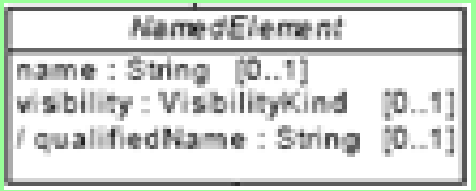


Генерация текстов класса на языке Java


```
        genParents(cls, ps);
        ps.format("{ %n");
        genFields(cls, ps);
        genMethods(cls, ps);
        ps.format("} %n");
        ps.close();
}
```

Короткое квалифицированное имя Java


```
private static String getShortName(NamedElement named) {
        String longName = named.getQualifiedName().replace("::", ".");

        int k = longName.indexOf('.');

        return longName.substring(k + 1);
}
```



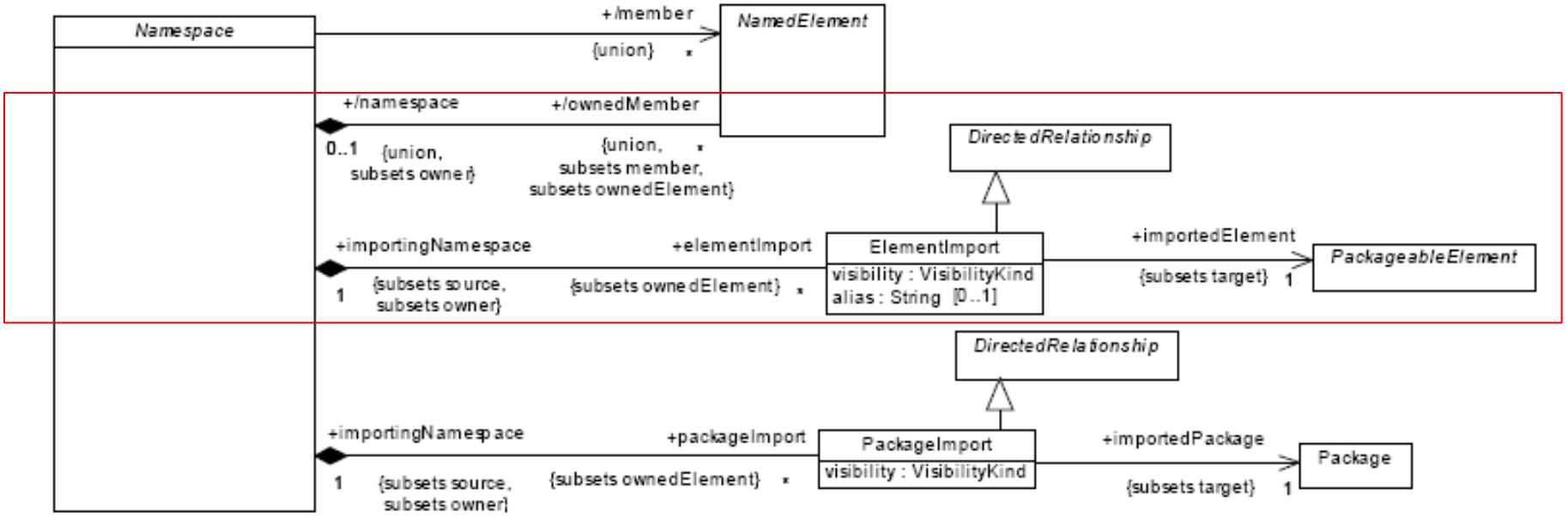
Генерация пакета для класса Java


```
private static void genPackage (Class cls, PrintStream ps) {
        Package nearestPackage = cls.getNearestPackage();

        // Короткое квалифицированное имя
        // (без имени модели в начале имени).
        String qName = getShortName(nearestPackage);

        ps.format("package %s; %n%n", qName);
}
```

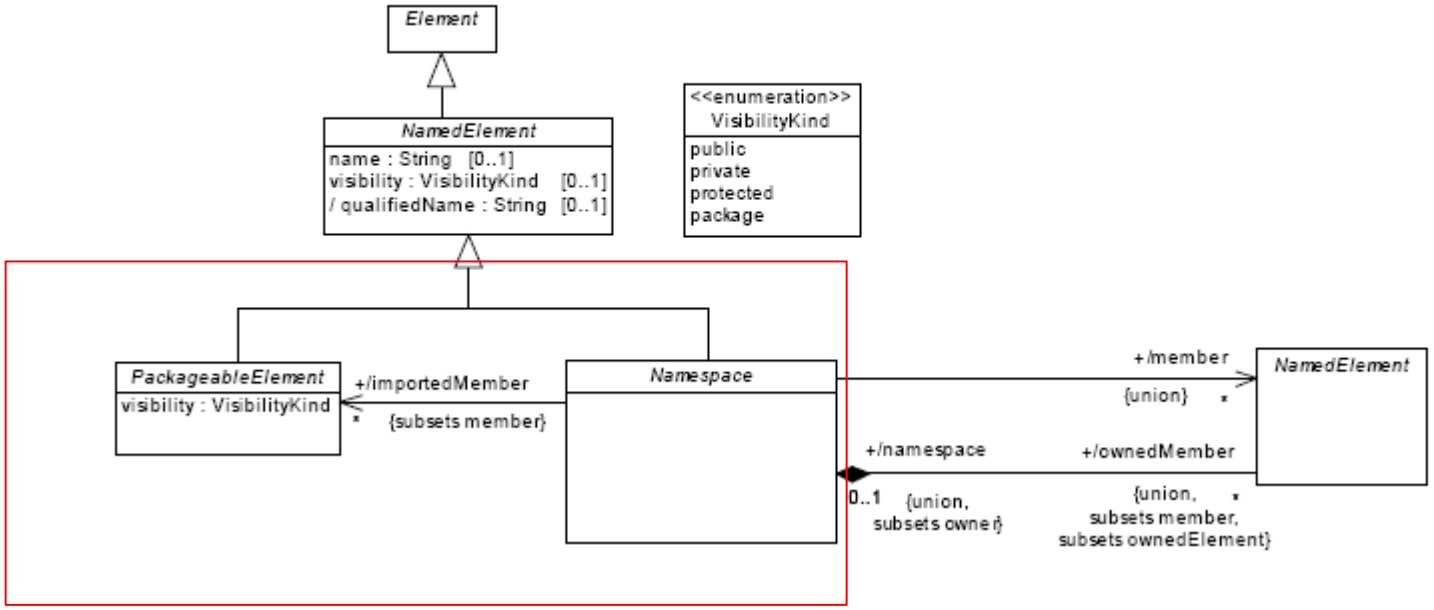
Генерация текстов класса на языке Java. Получение текста для видимости элемента.


```
/**
 * Получить ключевое слово Java для представления видимости в модели UML.
 * @param visibility значение видимости
 * @return ключевое слово Java
 */
public static String visibilityToJava (VisibilityKind visibility) {
        return visibility == VisibilityKind.PACKAGE_LITERAL
                ? ""
                : visibility.getName() + '  ';
}
```

Импорт в пространства имен в метамодели языка UML

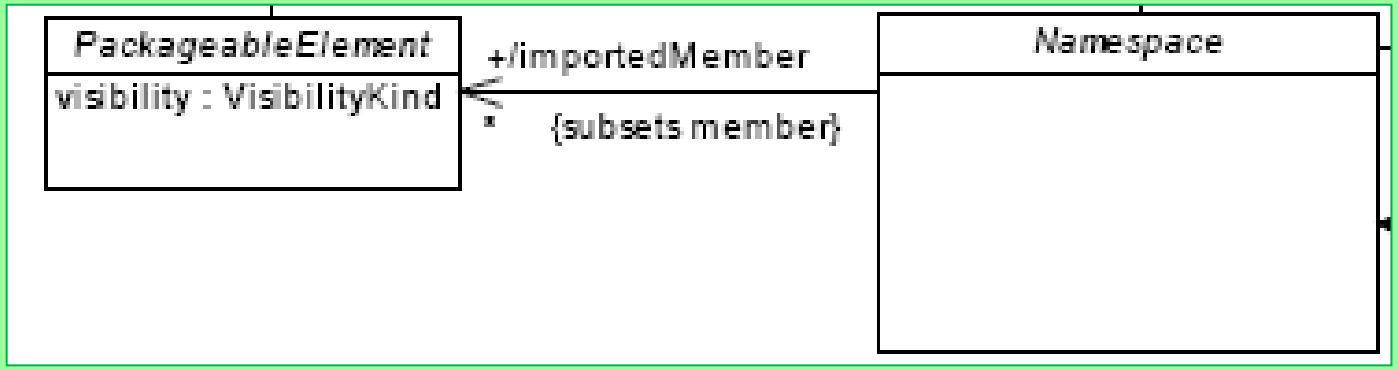


Представление пространств имен в метамодели языка UML

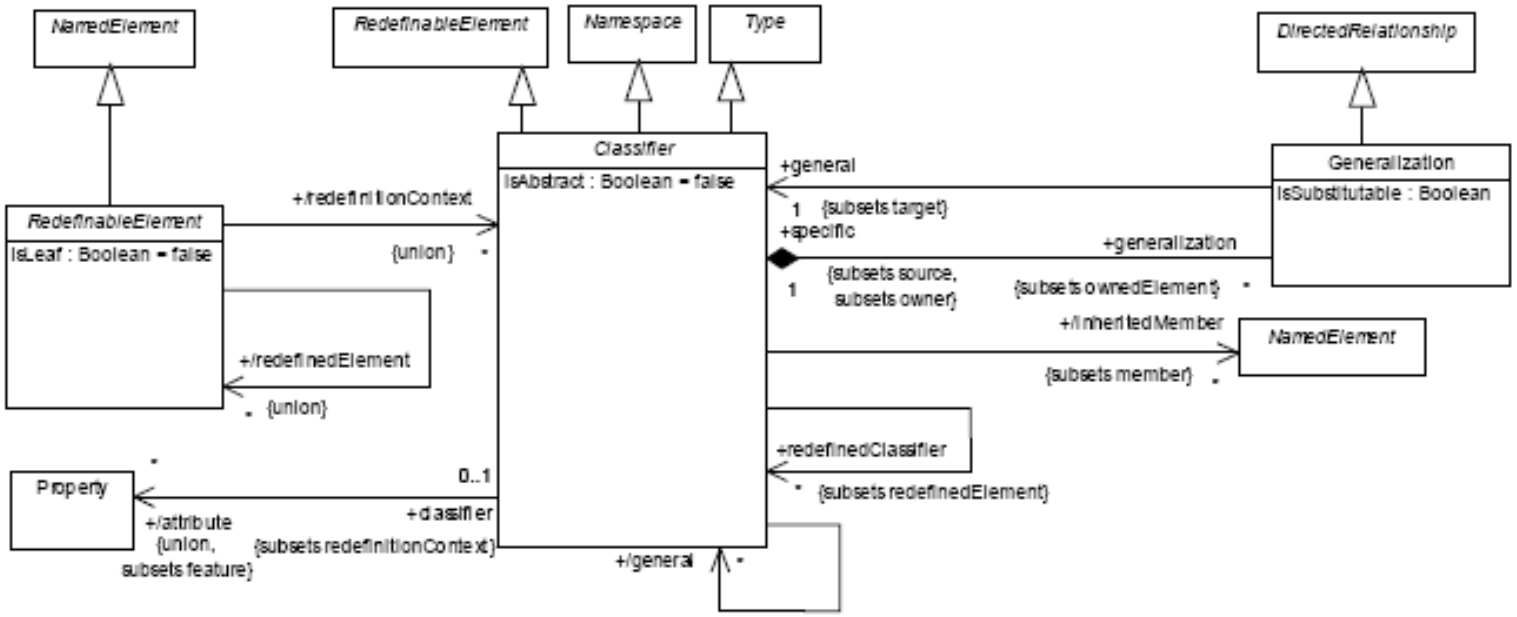


Генерация текстов класса на языке Java. Генерация импортов класса

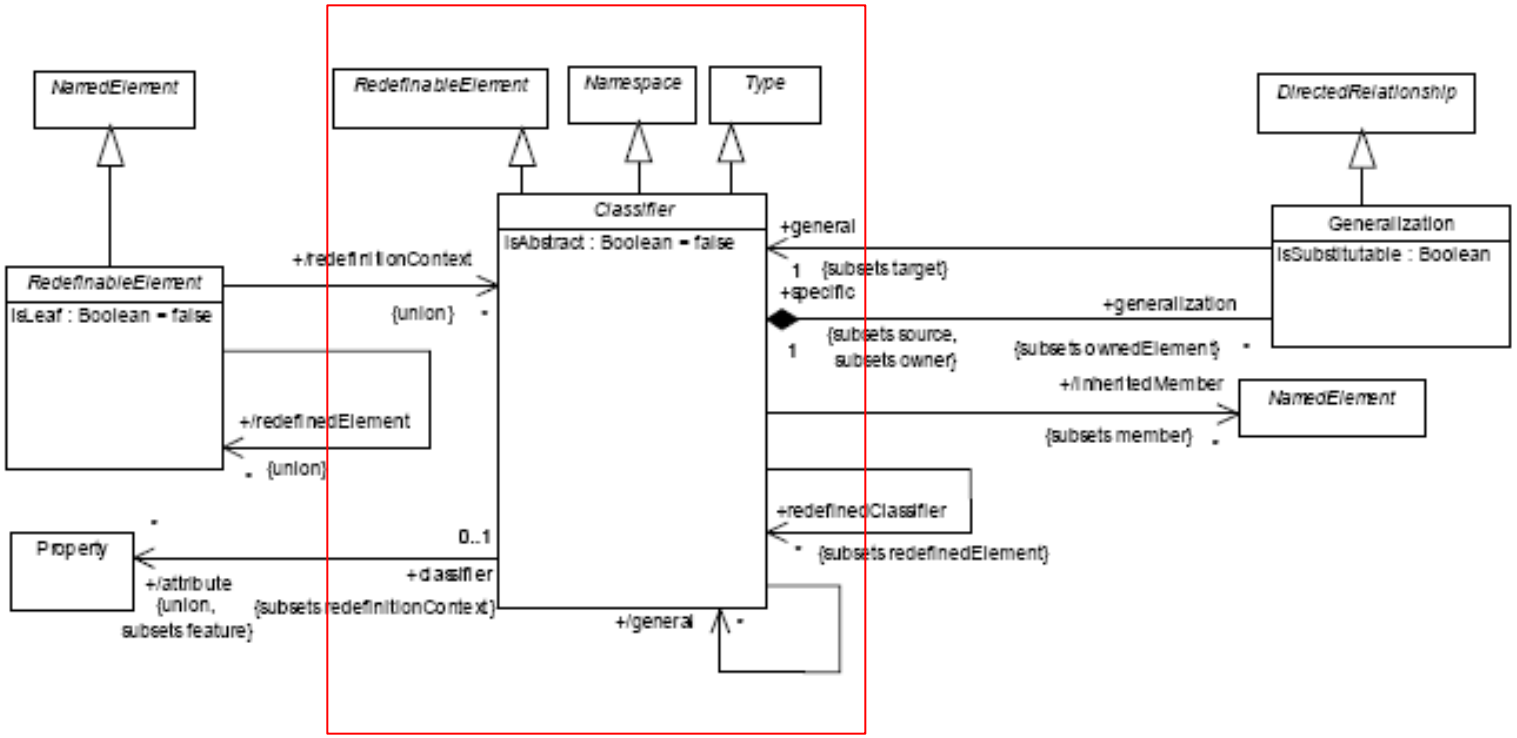

```
private static void genImports (Classifier classifier, PrintStream ps) {
      for (PackageableElement ie : classifier.getImportedMembers()) {
            String imported = getShortName(ie);

            If  (! imported.startsWith("java.lang."))
               ps.format("import %s; %n", imported);
       }
}
```



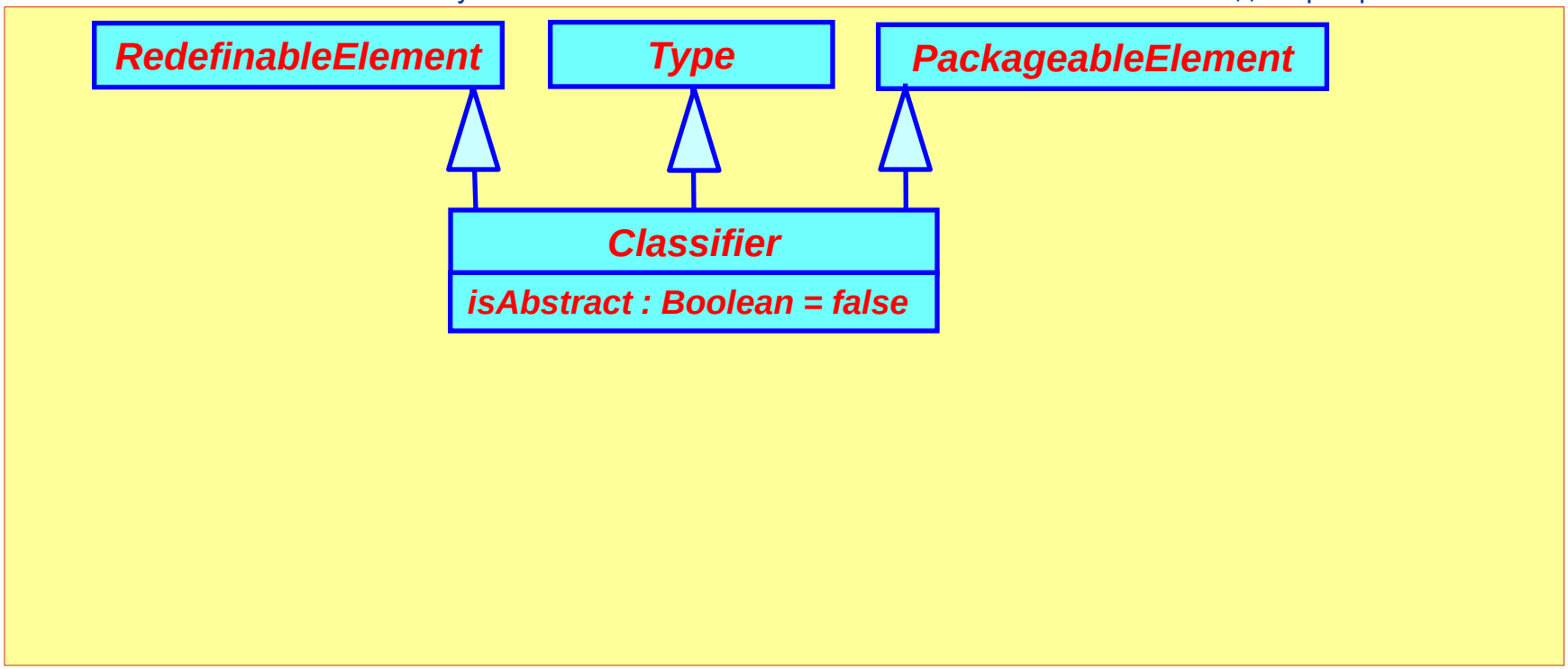
Классификаторы в метамодели языка UML



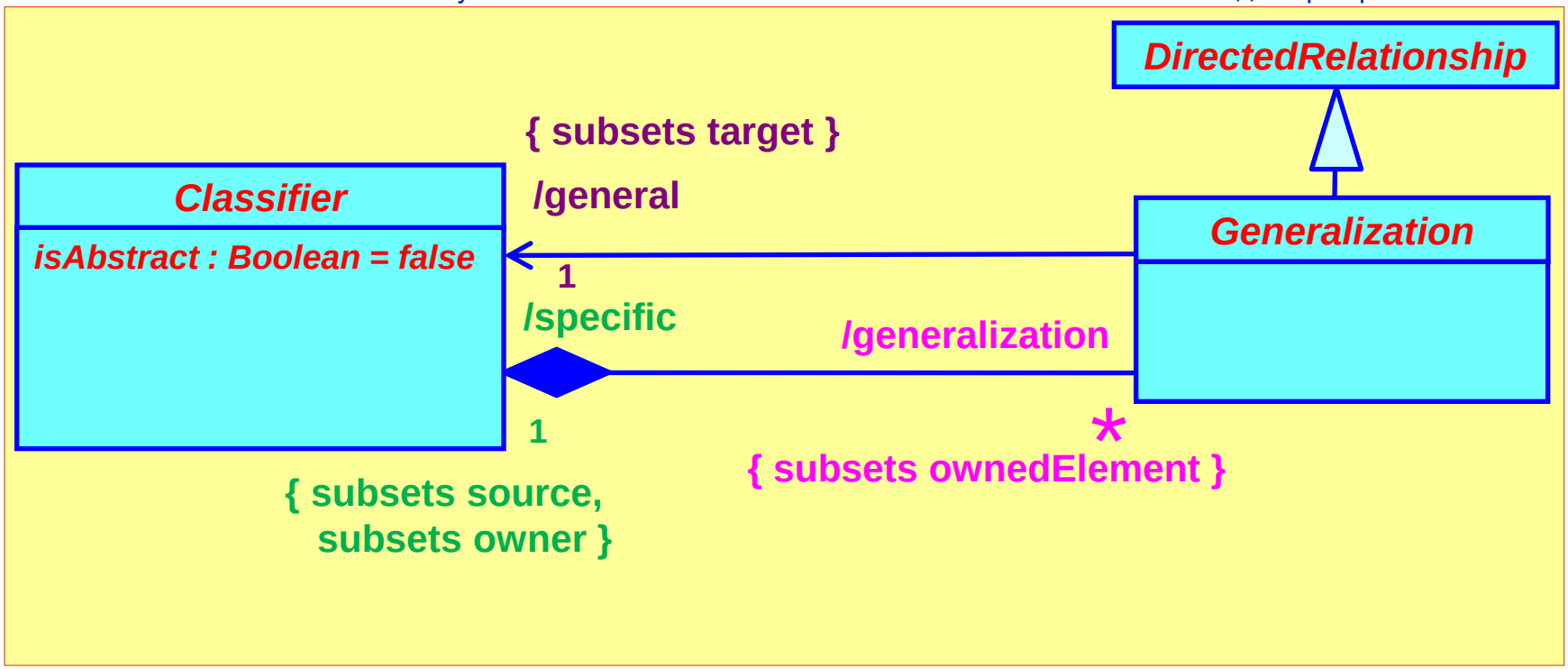
Классификаторы в метамодели языка UML



Моделирование классификаторов метамодели языка UML

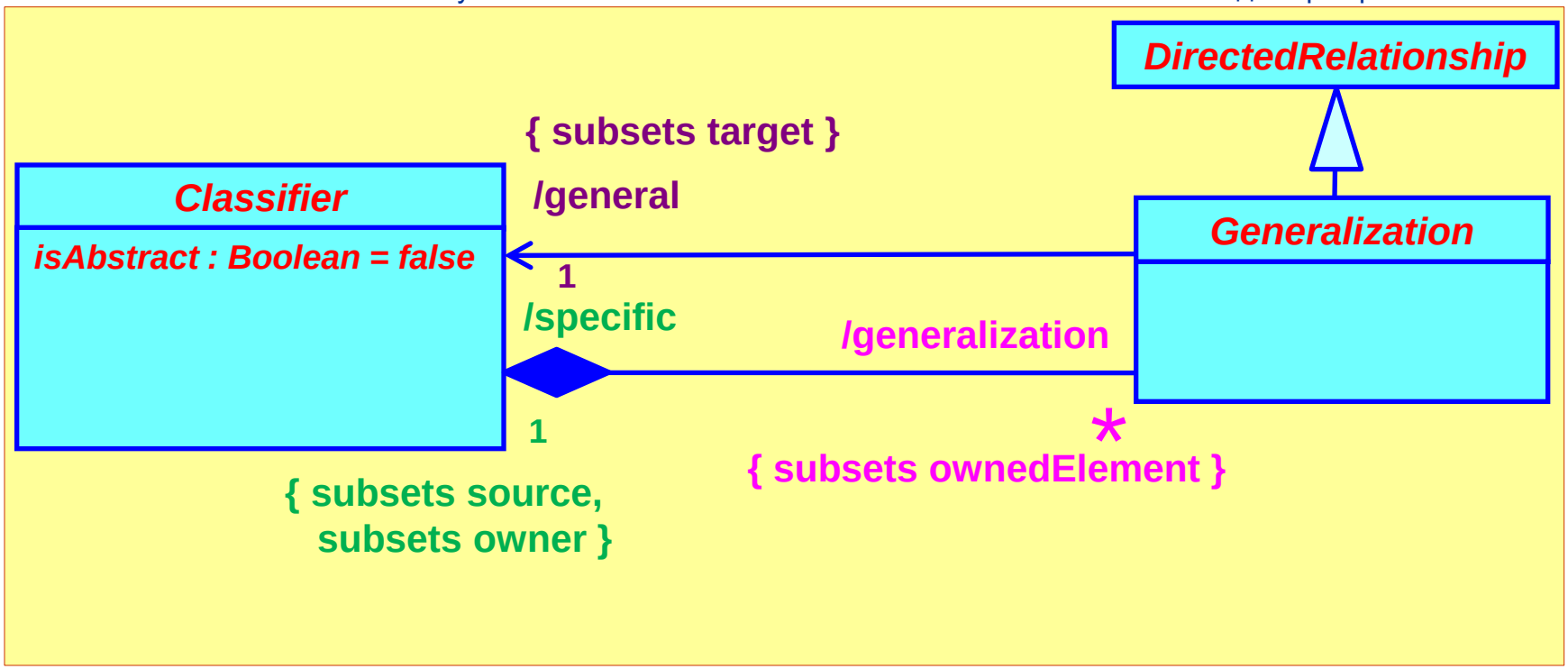


Моделирование отношения наследования (обобщения) метамодели языка UML




```
interface FlyingFish extends Swimming, Flying {

}
```

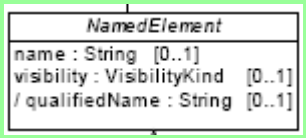
Моделирование отношения наследования (обобщения) метамодели языка UML

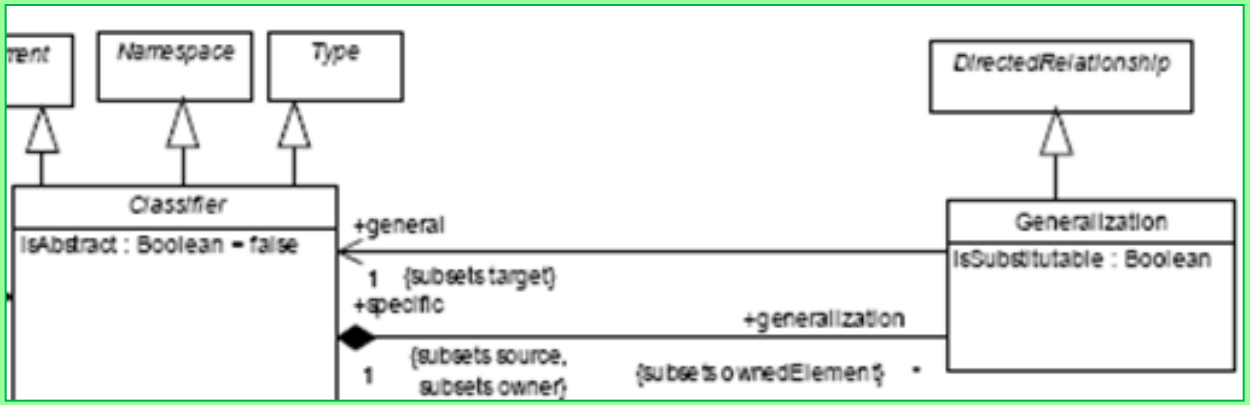



```
class Node extends View {

}
```

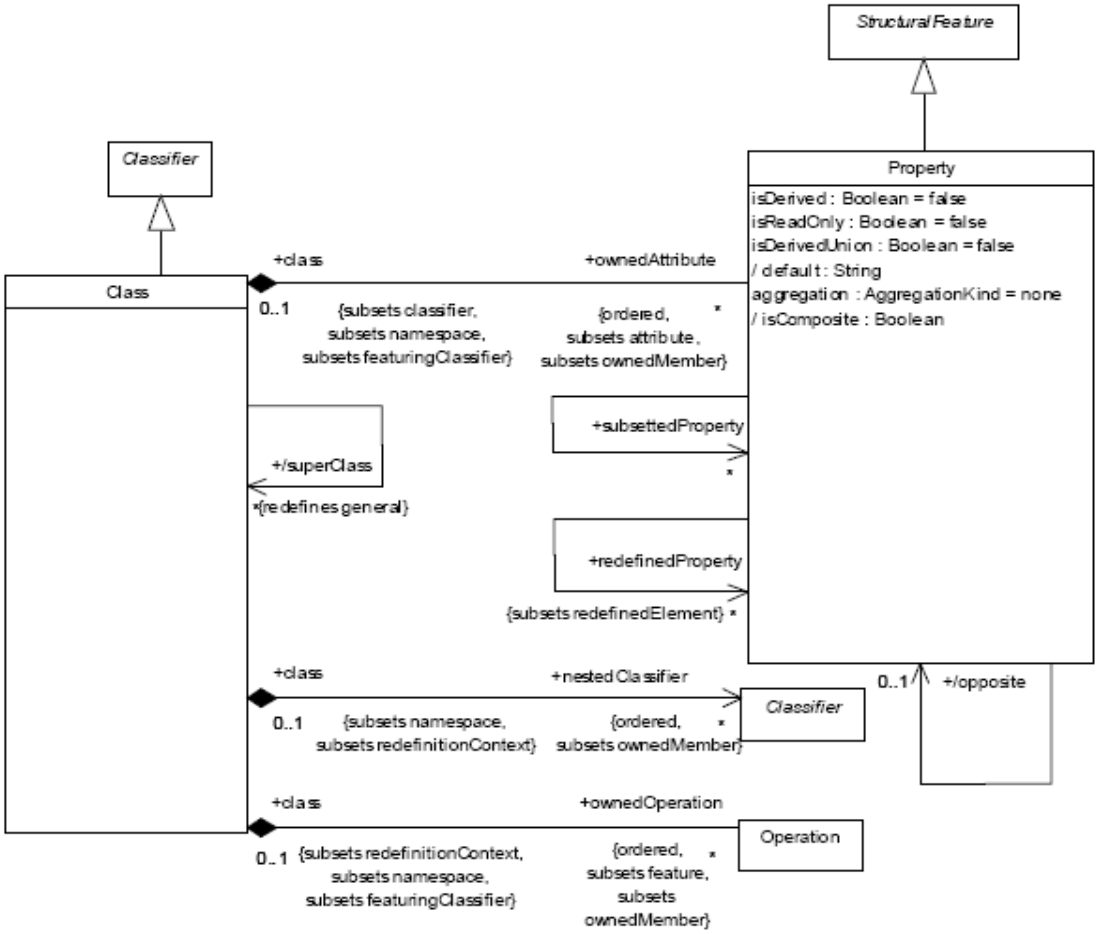
Генерация текстов класса на языке Java. Генерация предков класса


```
private static void genParents (Class cls, PrintStream ps) {
        for (Generalization g : cls.getGeneralizations()) {
                Classifier parent = g.getGeneral();

                String parentQName = parent.getQualifiedName();
                if (parentQName.endsWith("java::lang::Object"))
                        return;

                ps.format(" extends %s %n", parent.getName());
                return;
        }
}
```

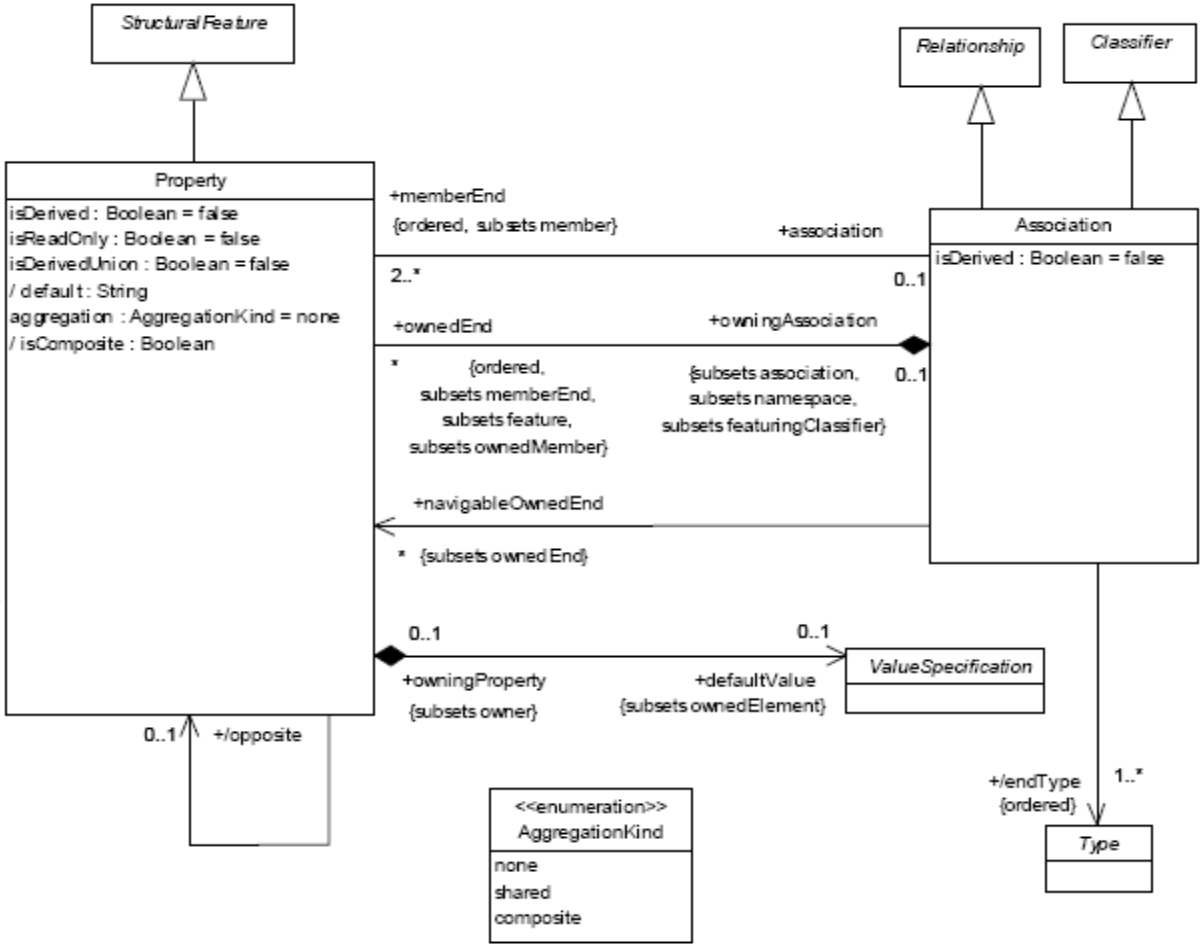




Классы, их свойства и операции в метамодели языка UML

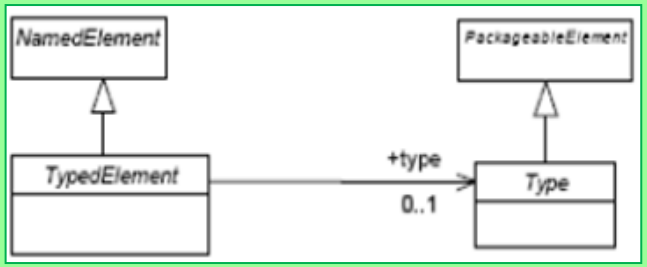


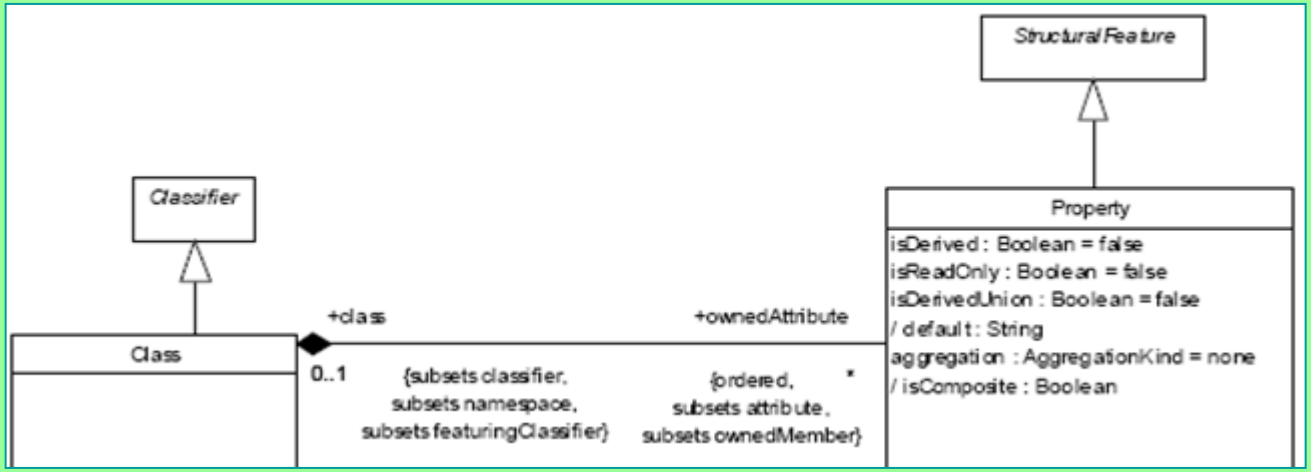
Отношения ассоциации между свойствами в метамодели языка UML



Генерация текстов класса на языке Java. Генерация полей класса

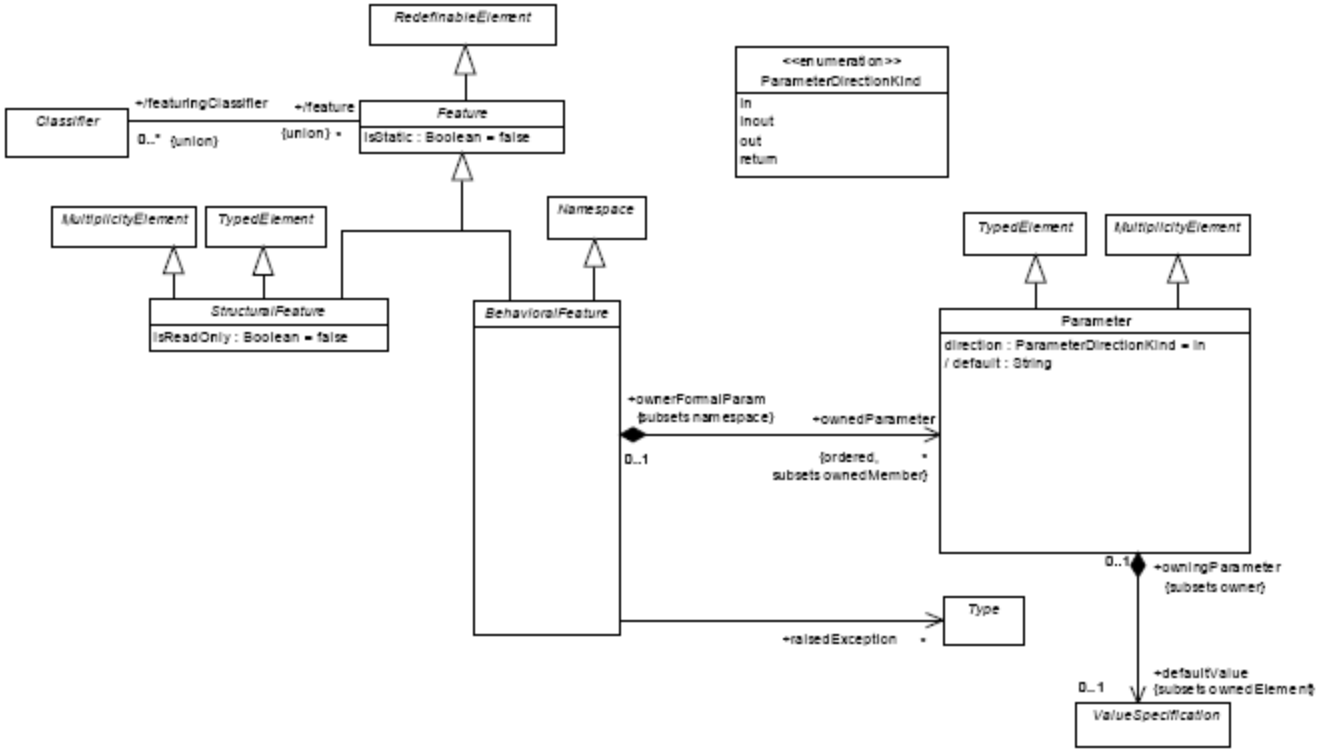

```
private static void genFields (Class cls, PrintStream ps) {
        for (Property f : cls.getOwnedAttributes()) {
                String typeName = f.getType().getName();

                String modifiers = visibilityToJava(f.getVisibility());
                if (f.isStatic())
                  modifiers += "static";

                String fieldName = f.getName();
                ps.format("%s %s %s;%n", modifiers, typeName , fieldName );
        }
}
```



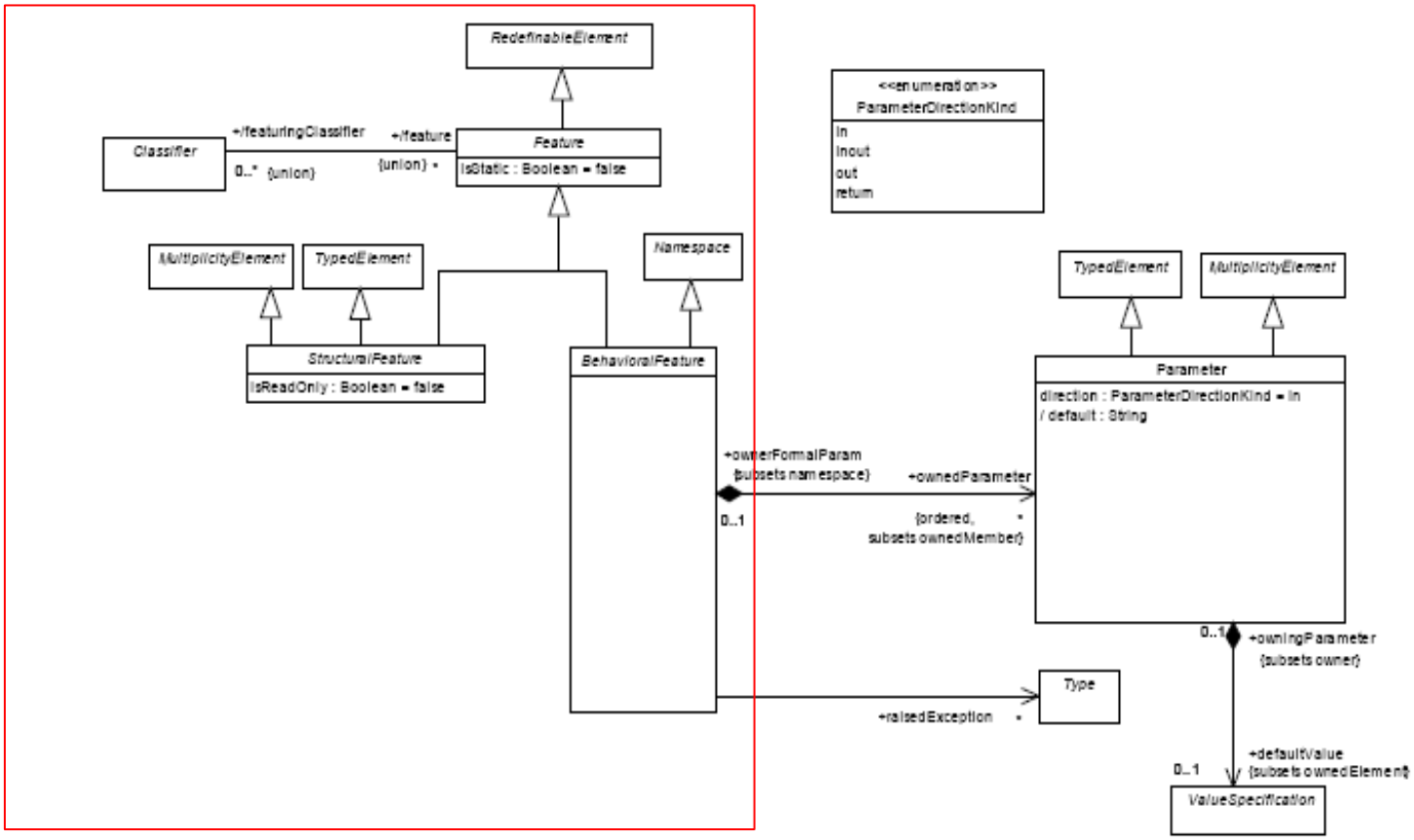


Структура и поведение классификаторов в метамодели языка UML

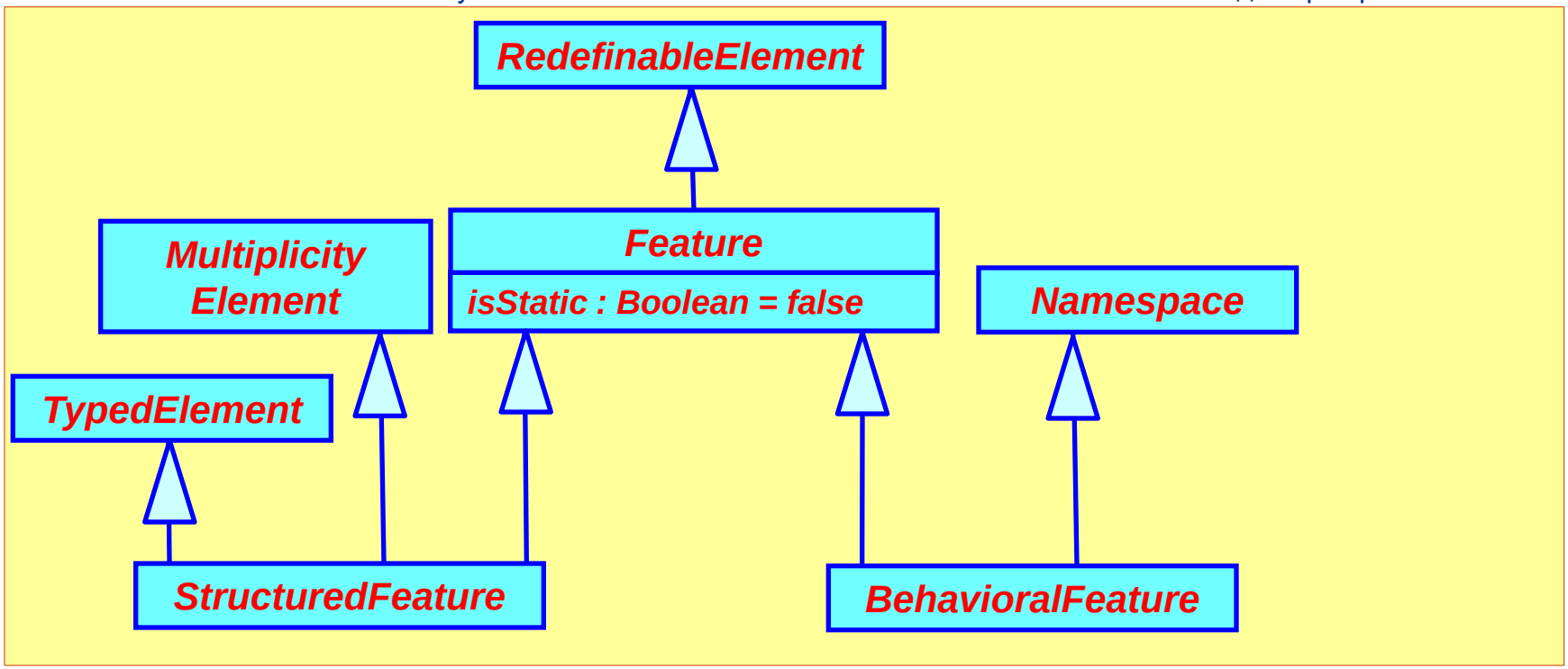
МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК. Романов Владимир Юрьевич ©2024



Структура и поведение классификаторов в метамодели языка UML

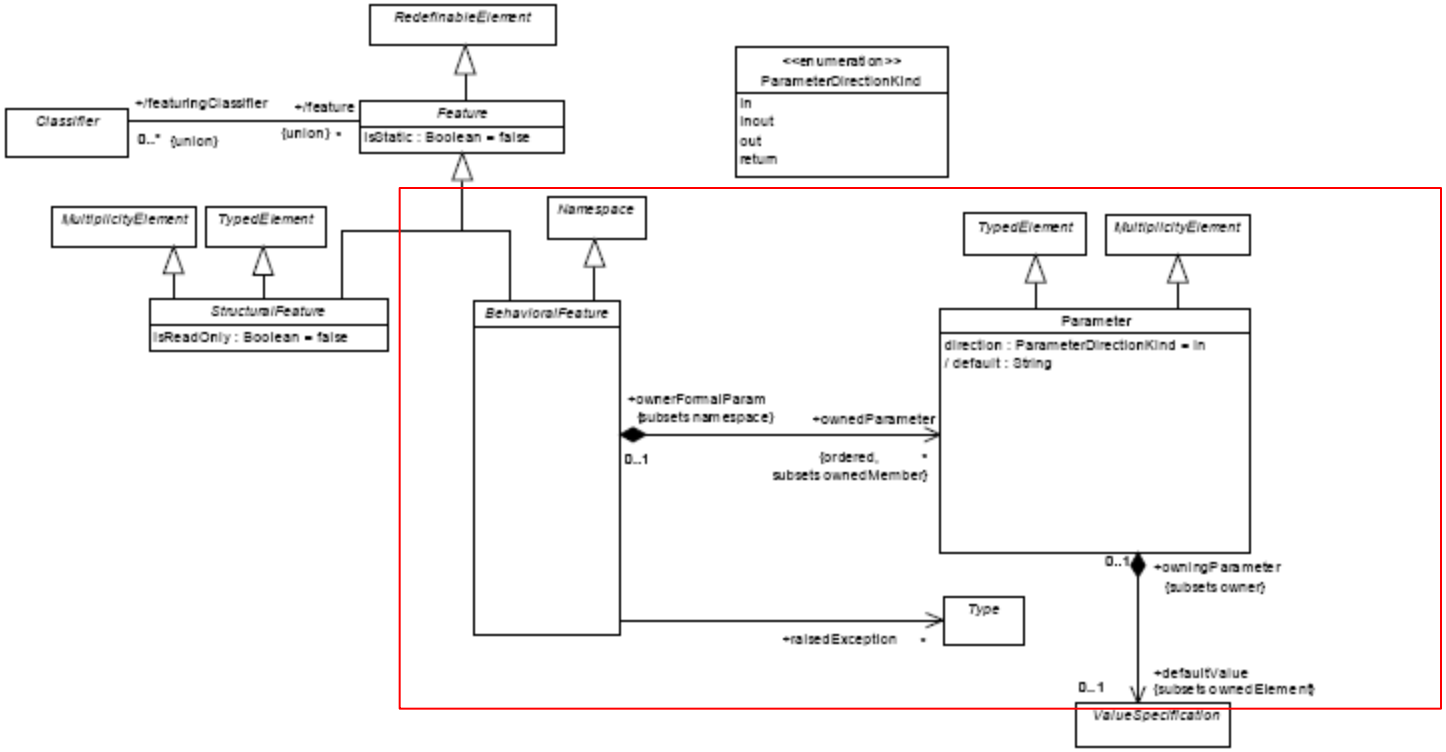


Моделирование возможностями в метамодели языка UML

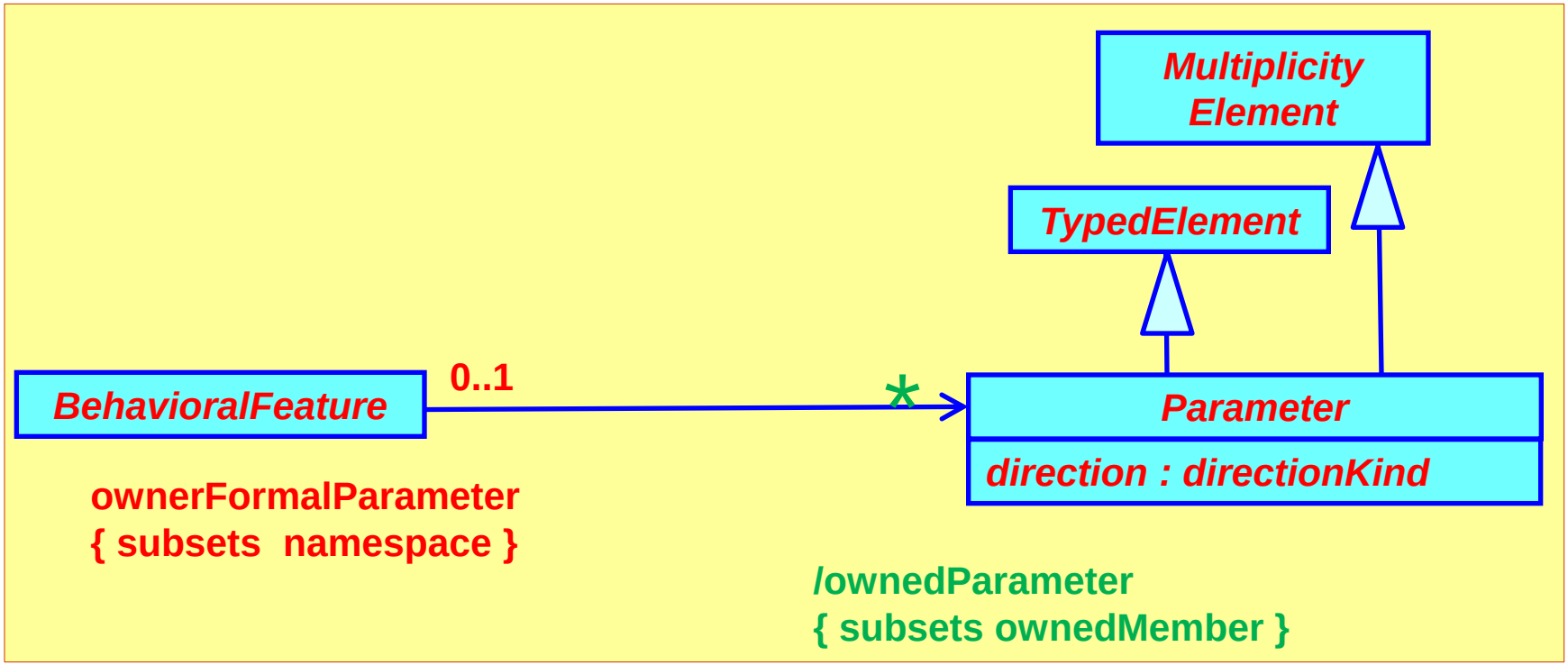


Структура и поведение классификаторов в метамодели языка UML

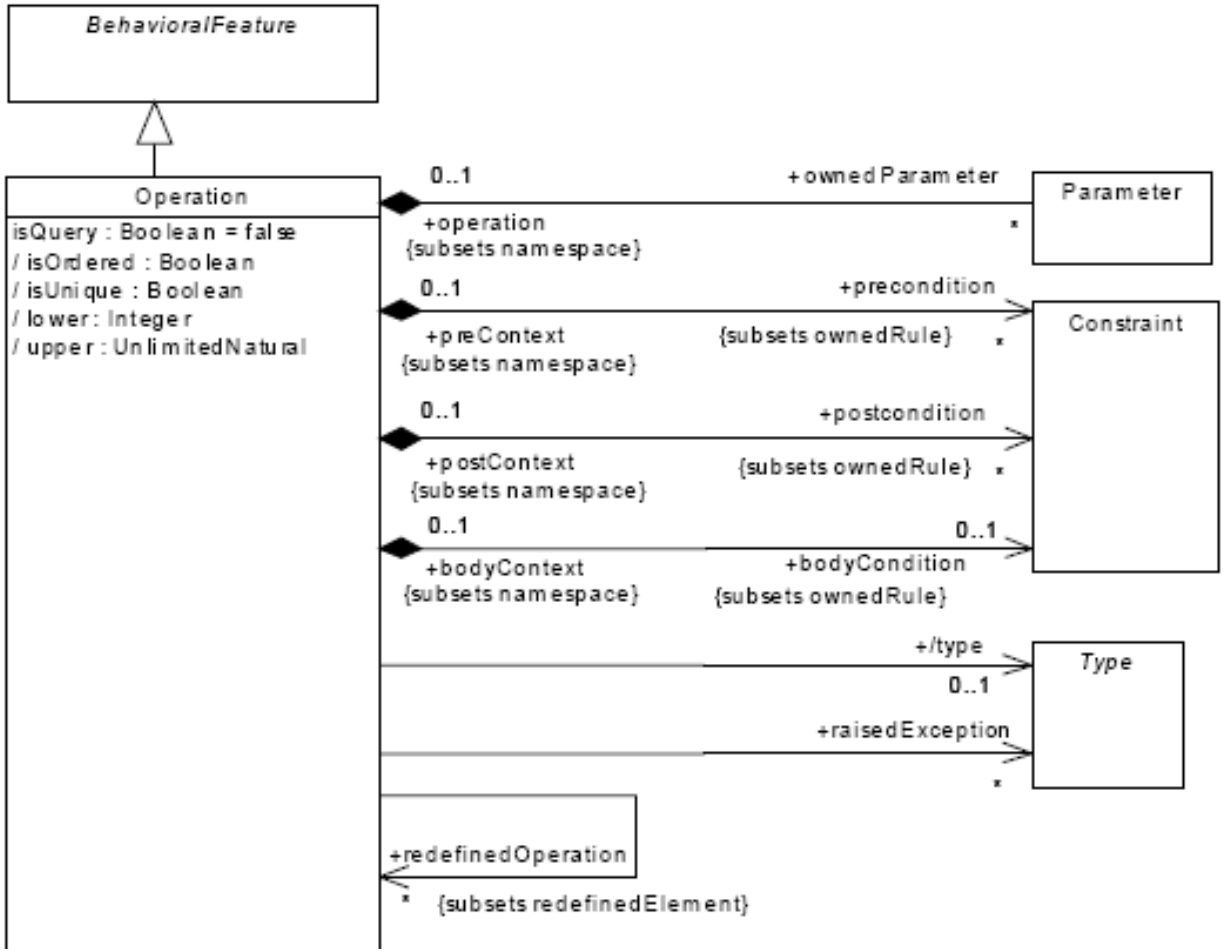
МГУ им. М.В.Ломоносова. Факультет ВМК. Романов Владимир Юрьевич ©2024



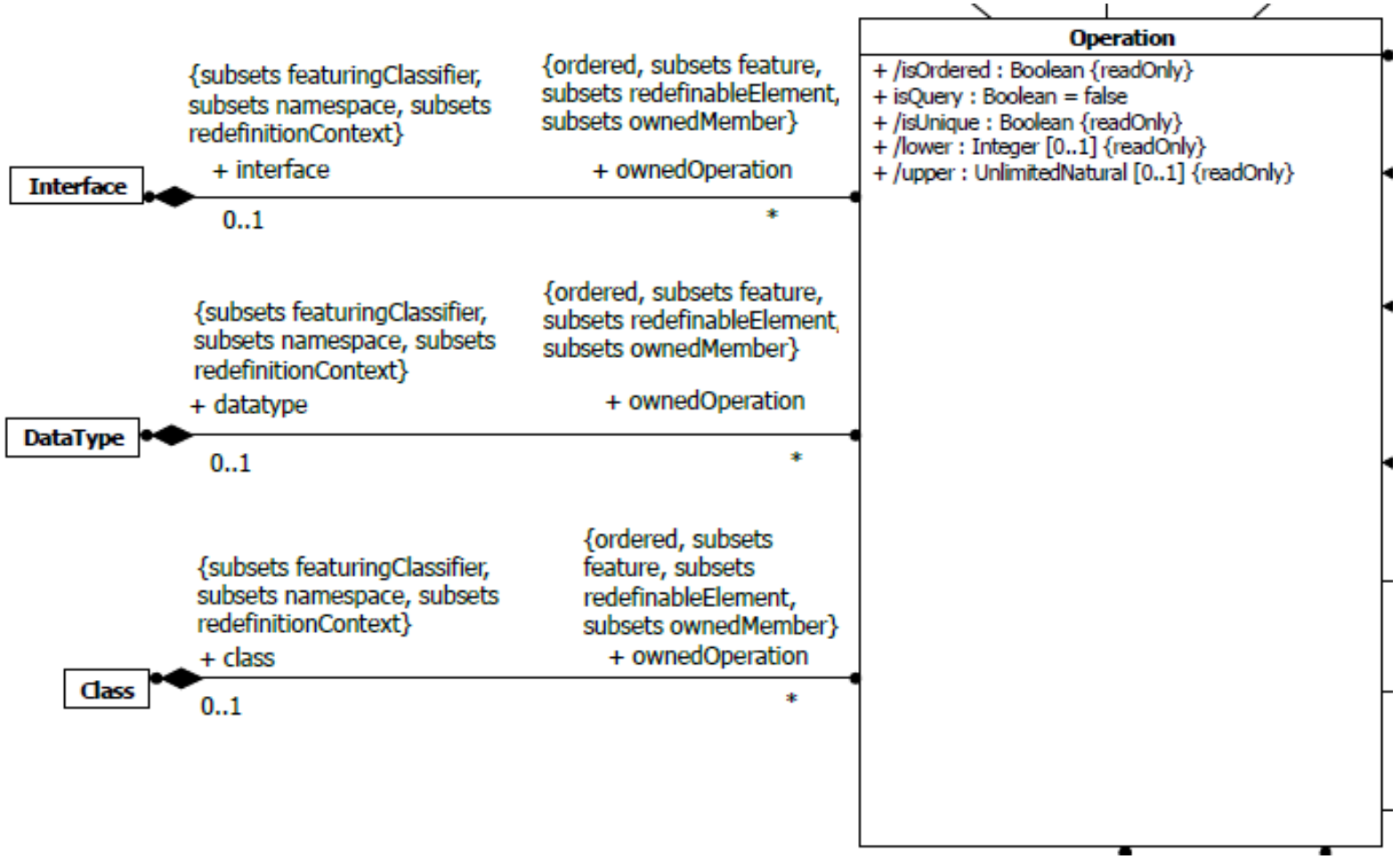
Моделирование параметров в метамодели языка UML



Операции классификаторов в метамодели языка UML



Операции классификаторов в метамодели языка UML

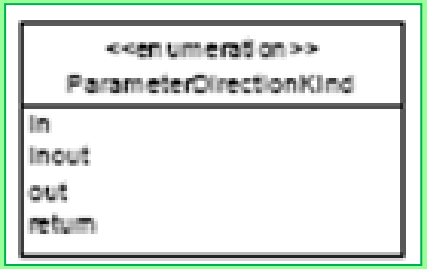


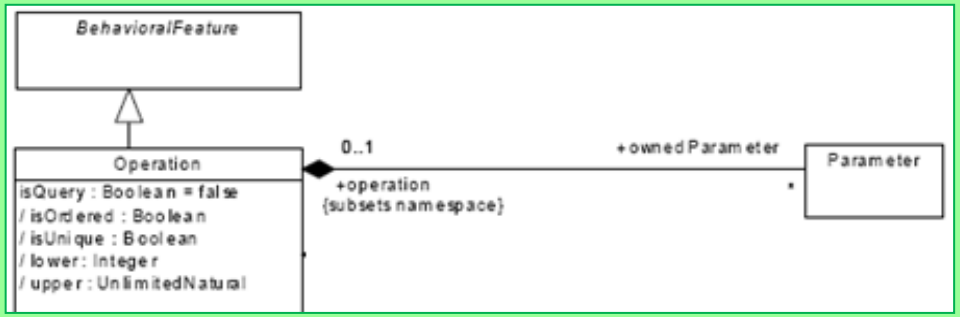
Генерация текстов класса на языке Java. Генерация методов класса (1)


```
private static void genMethods (Class cls, PrintStream ps) {

    for (Operation op : cls.getOwnedOperations()) {
        String operationName = op.getName();

        String modifiers = visibilityToJava(op.getVisibility());

        if (op.isStatic())
            modifiers += "static";




    //…
```

Генерация текстов класса на языке Java. Генерация методов класса (2)


```
//…
String returns = "void";
String parameters = "";

for(Parameter p : op.getOwnedParameters()) {
        String typeName = p.getType().getName();

        if (p.getDirection() == ParameterDirectionKind.RETURN_LITERAL) {
                returns = typeName;
                continue;
        }

        if (!parameters.isEmpty())
                parameters += ", ";

        parameters += typeName + " " + p.getName();
}
//…
```

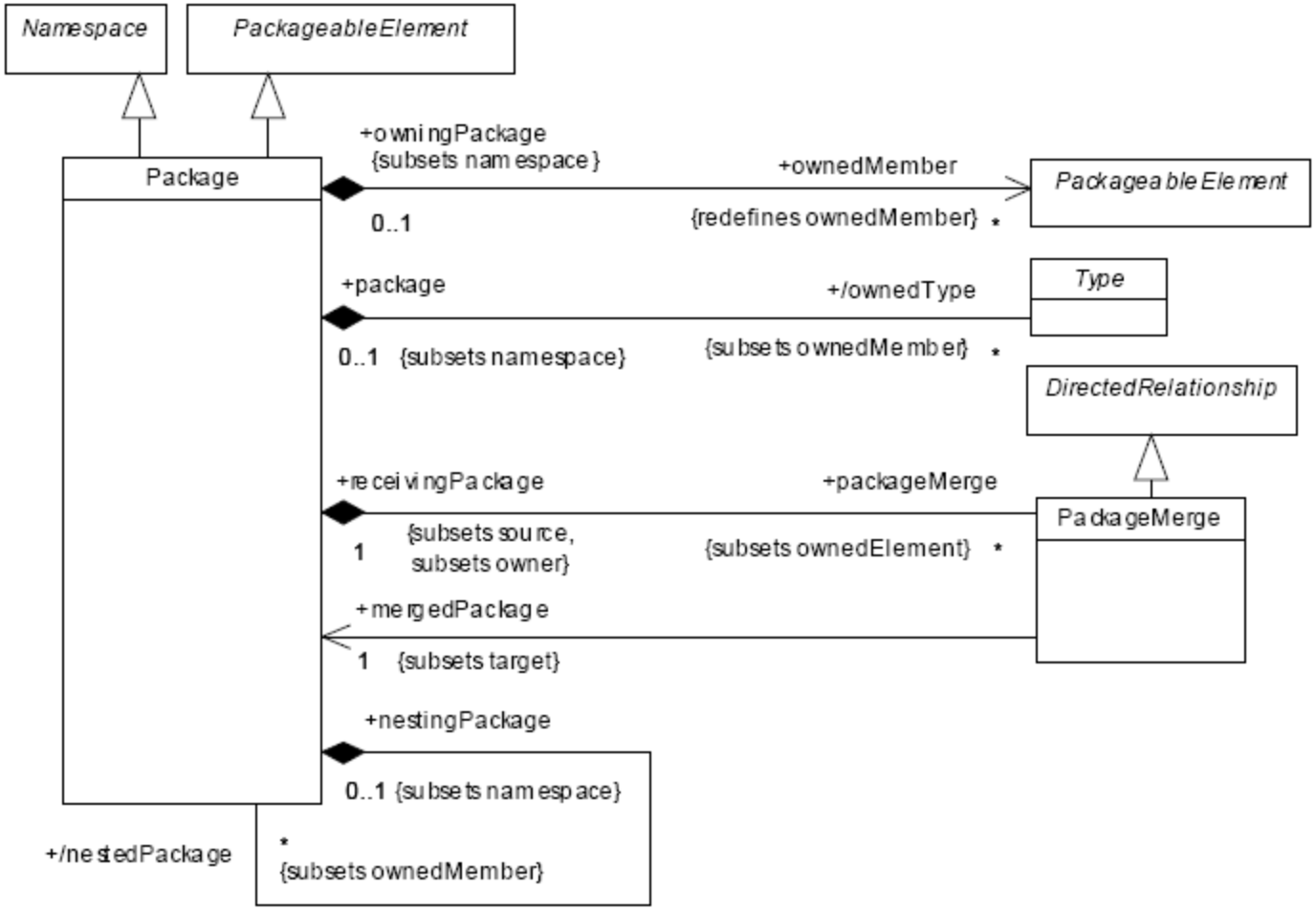




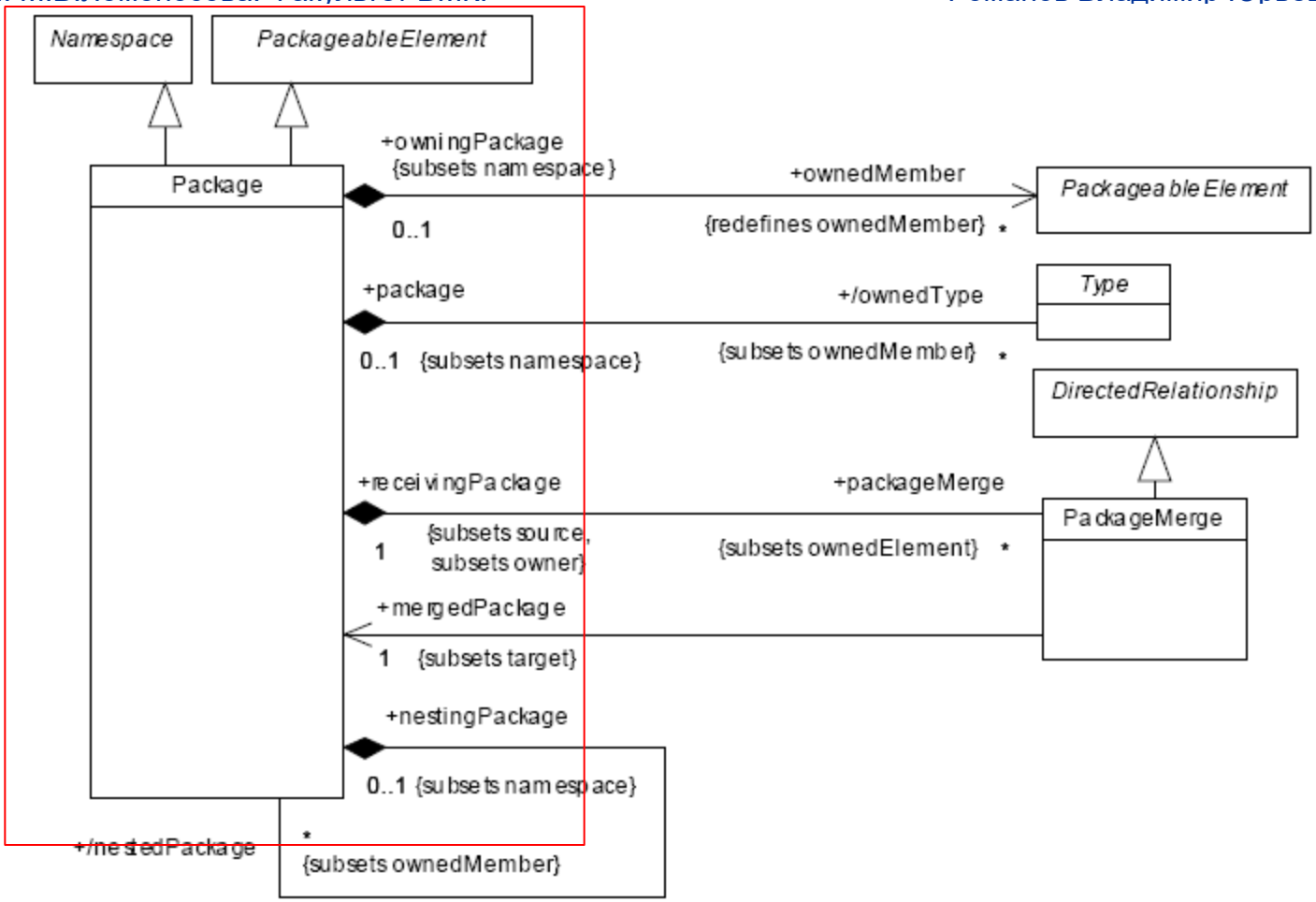
Генерация текстов класса на языке Java. Генерация методов класса (3)


```
            //…

            String tail = op.isAbstract() ? ";" : "{ \n     }";

            ps.format(“%n     %s %s %s(%s) %s %n",
                        modifiers, returns, operationName, parameters, tail);
      }
}
```

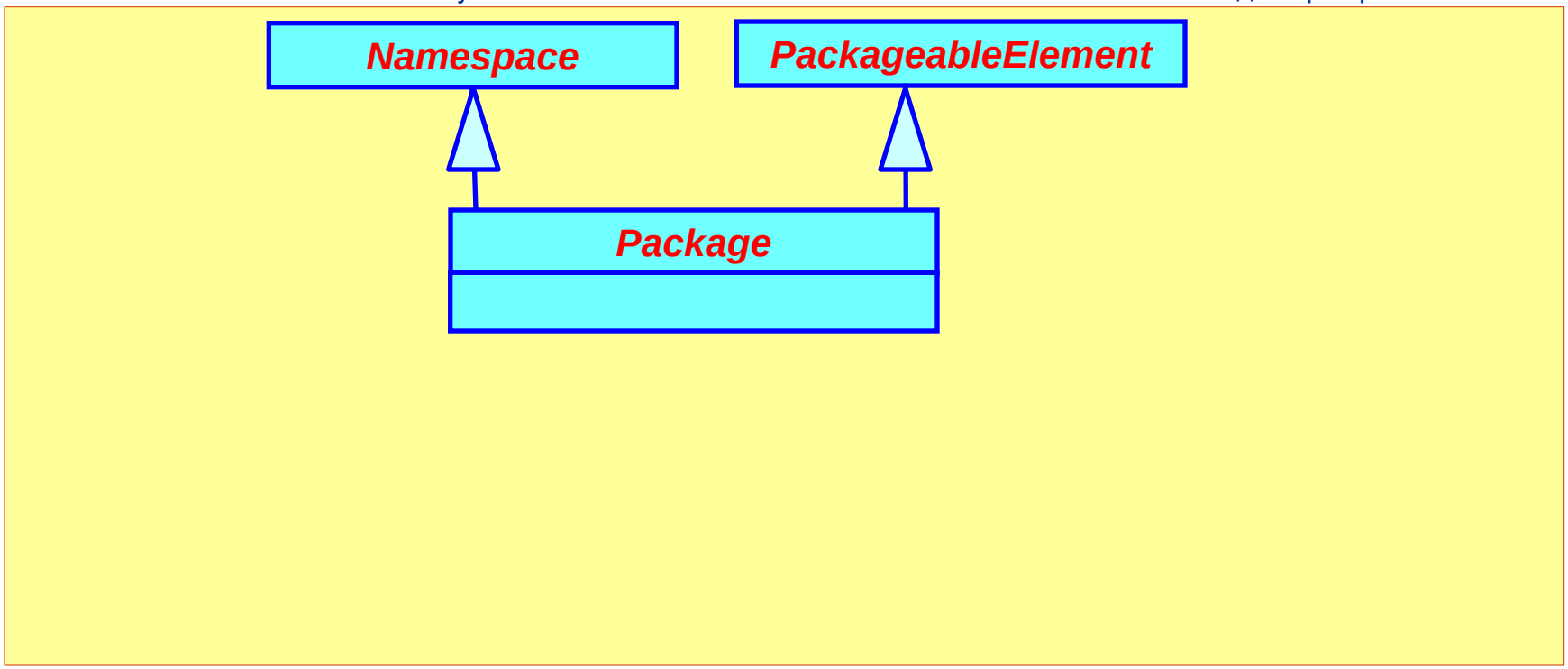
Представление пакетов в метамодели языка UML



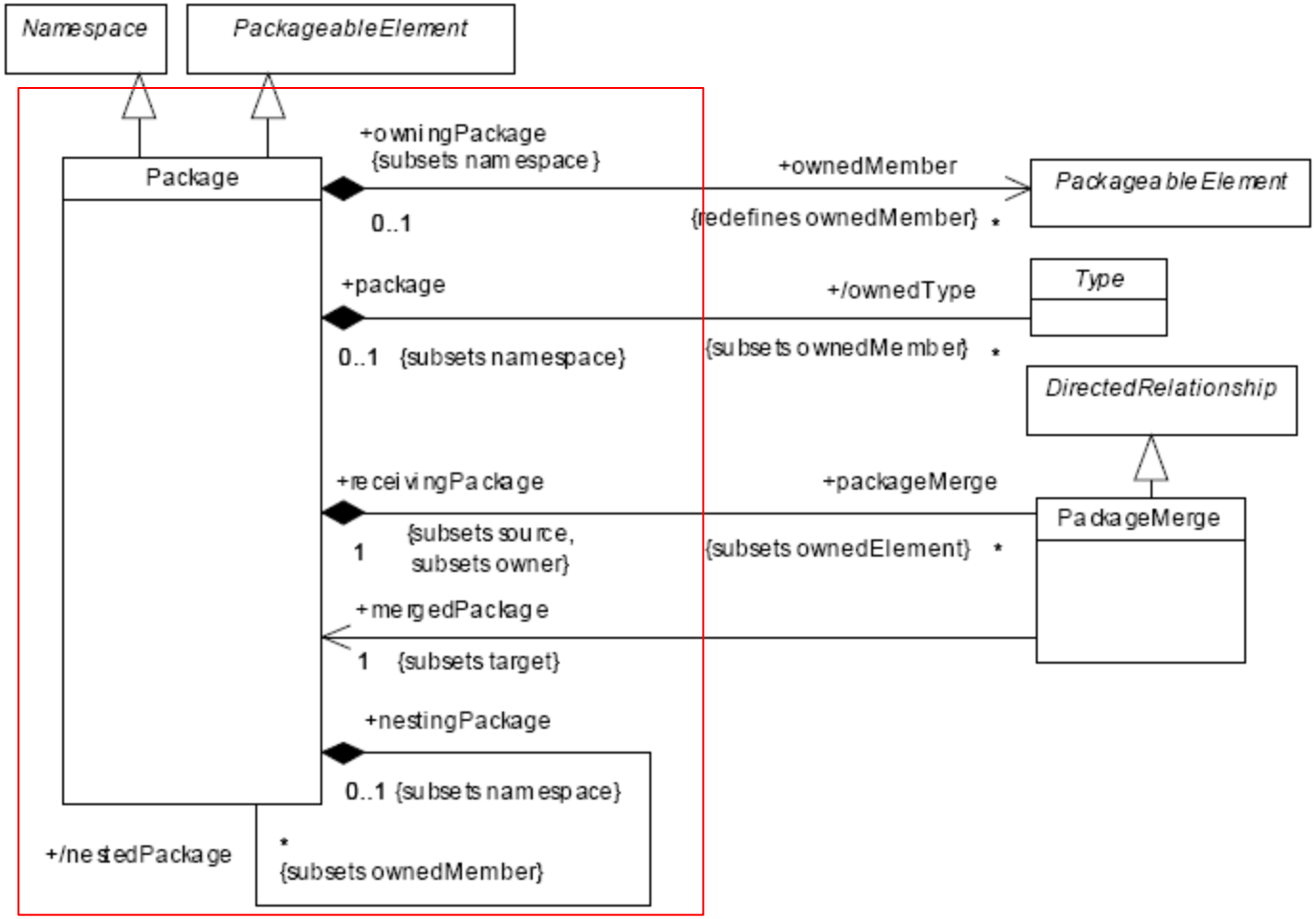
Представление пакетов в метамодели языка UML



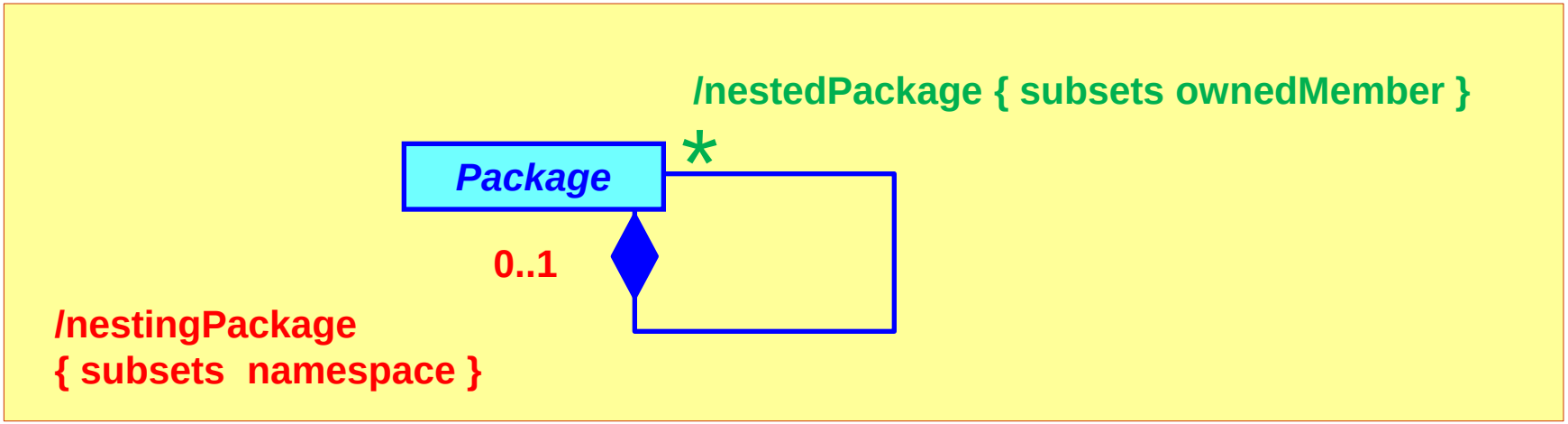
Моделирование классификаторов метамодели языка UML



Представление пакетов в метамодели языка UML

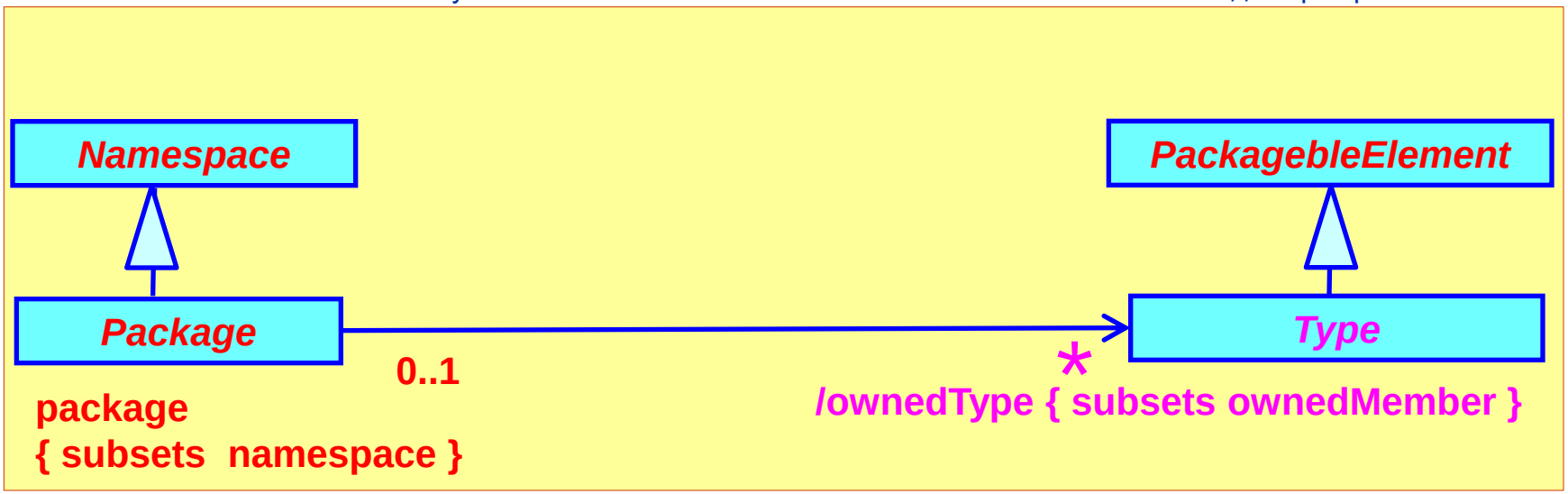


Моделирование отношения между пакетами



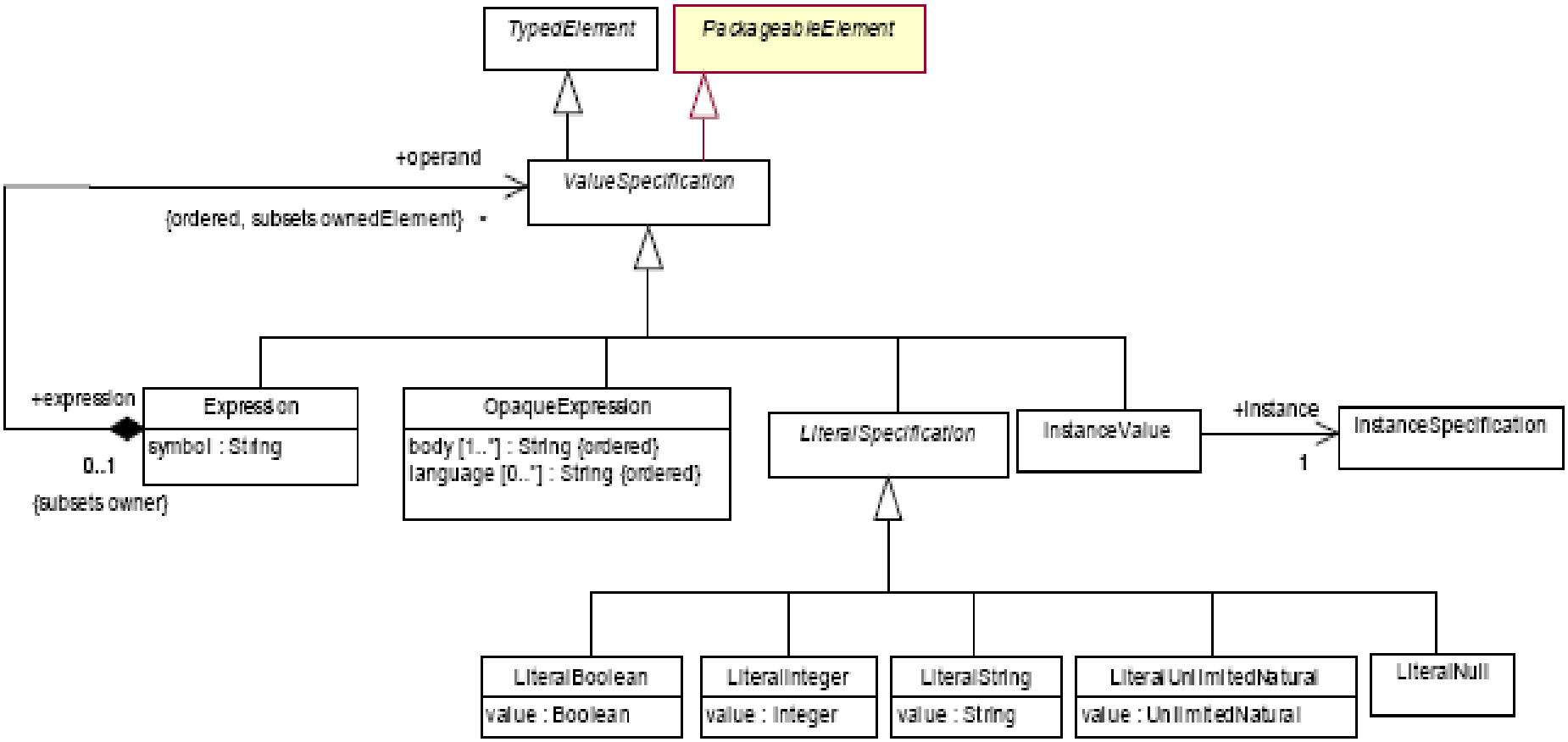

```
package graphics.core;
```

Моделирование пакетов в метамодели языка UML

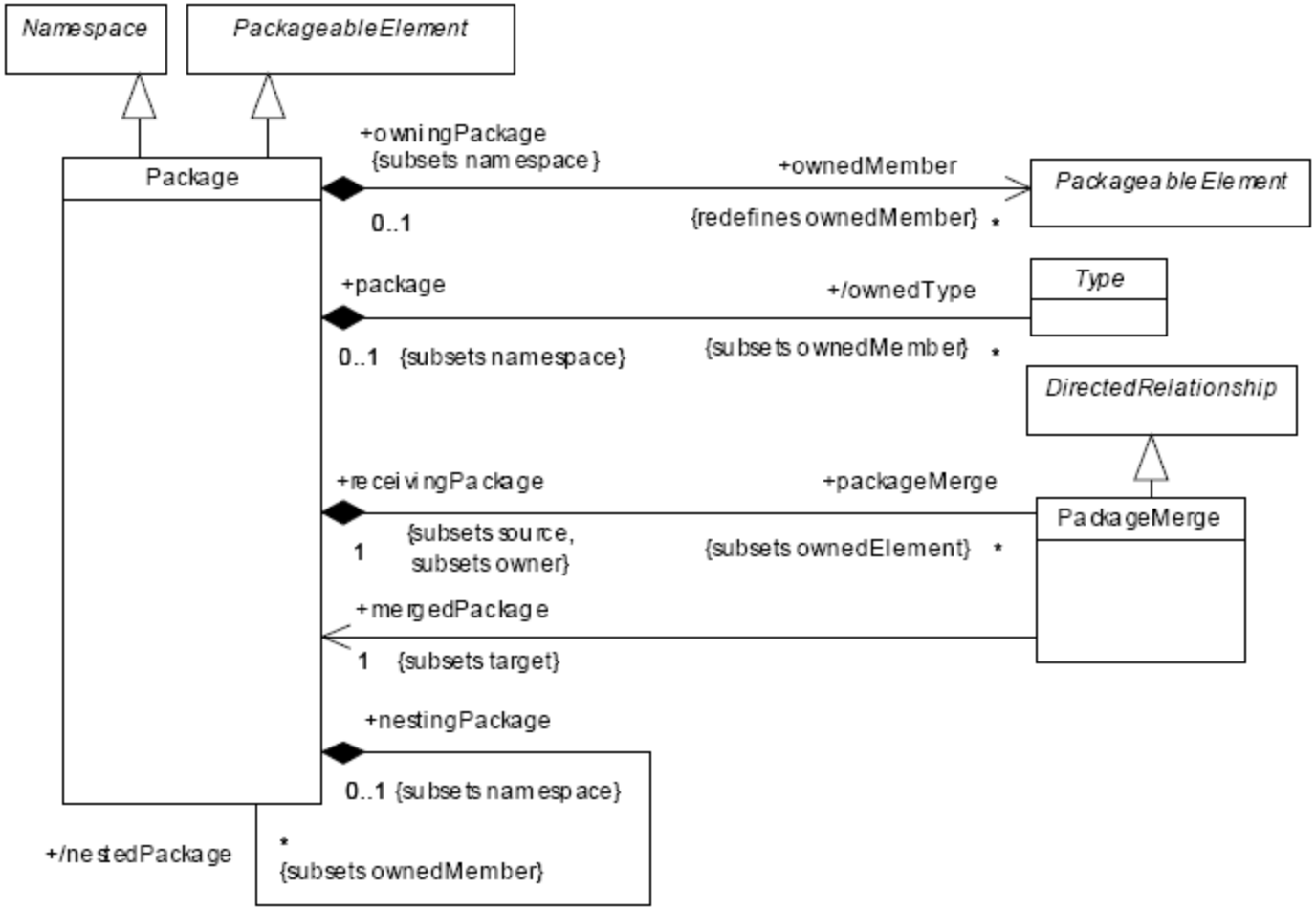



```
package graph;

class Node {
}
```

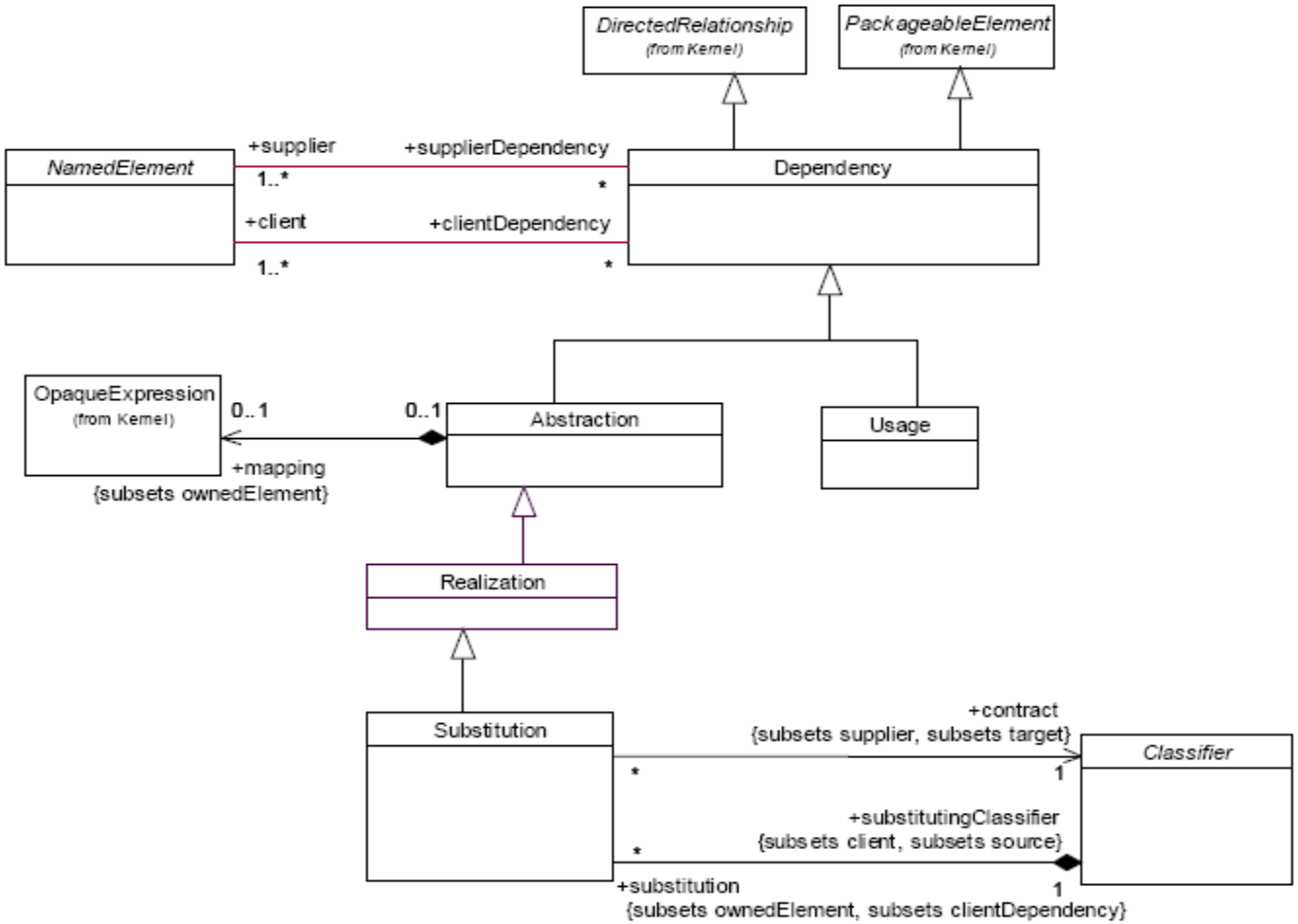
Представление значений в метамодели языка UML



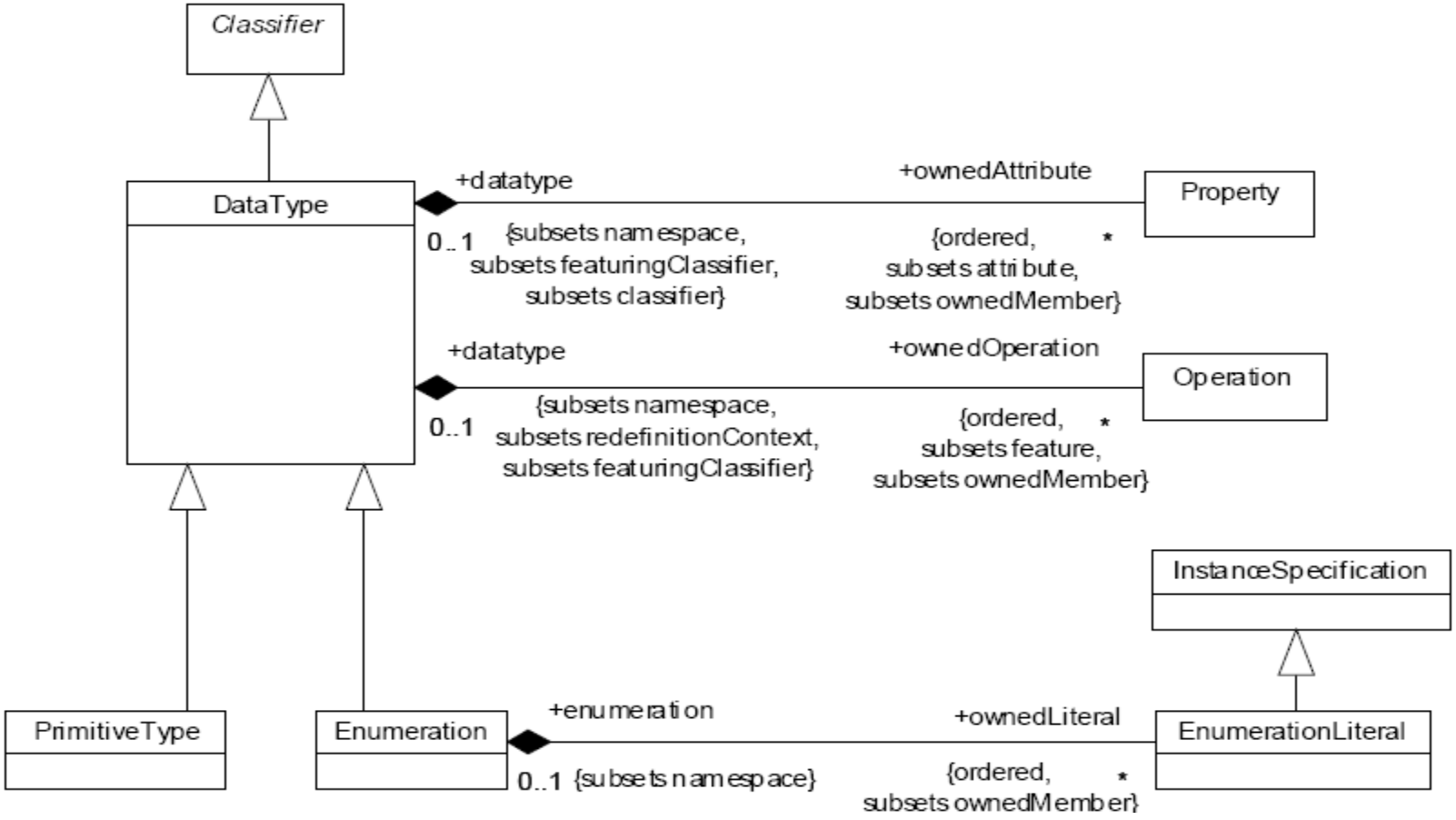
Представление пакетов в метамодели языка UML



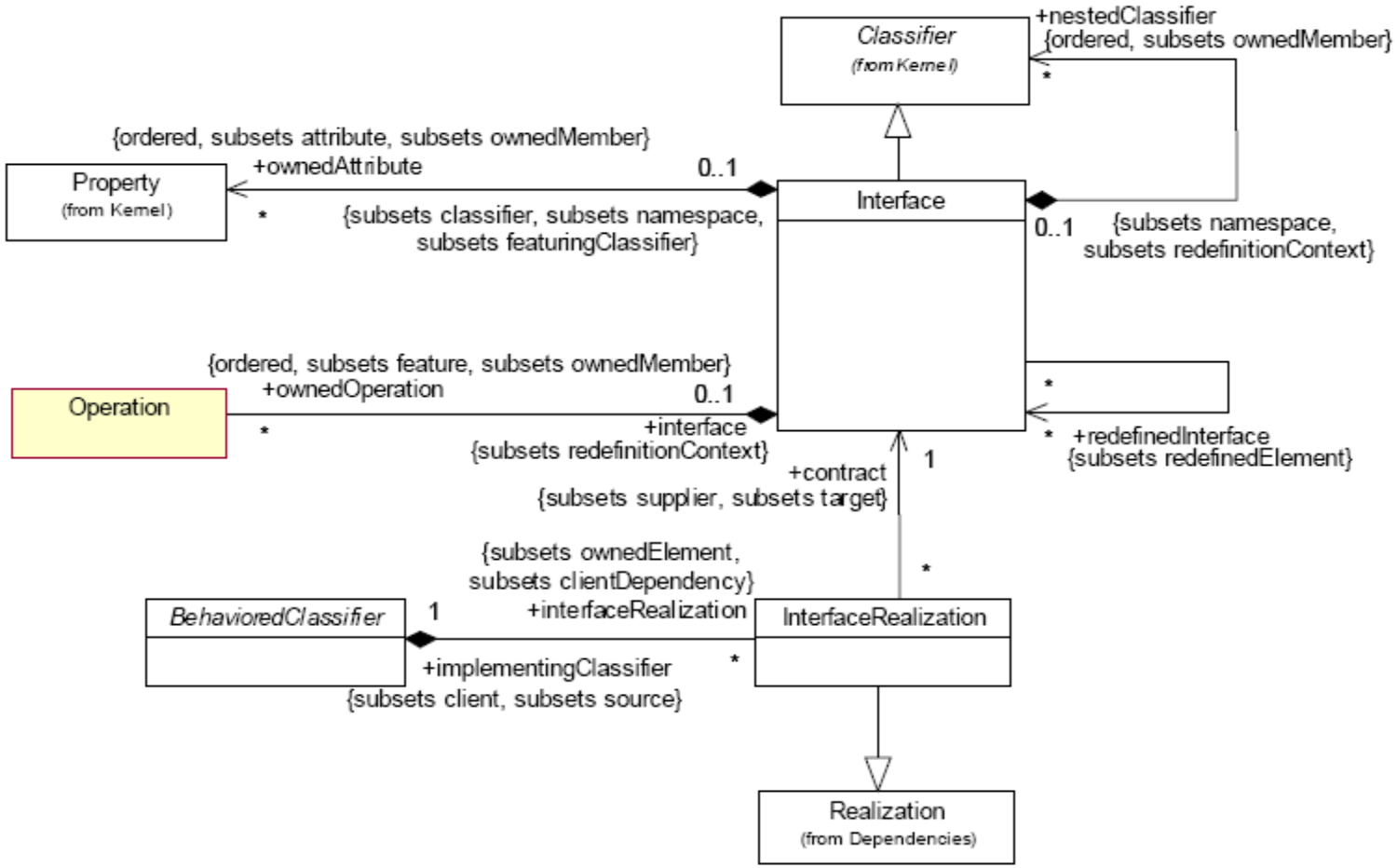
Представление отношений зависимости в метамодели языка UML



Представление типов данных и перечислений в метамодели языка UML



Представление интерфейсов в метамодели языка UML

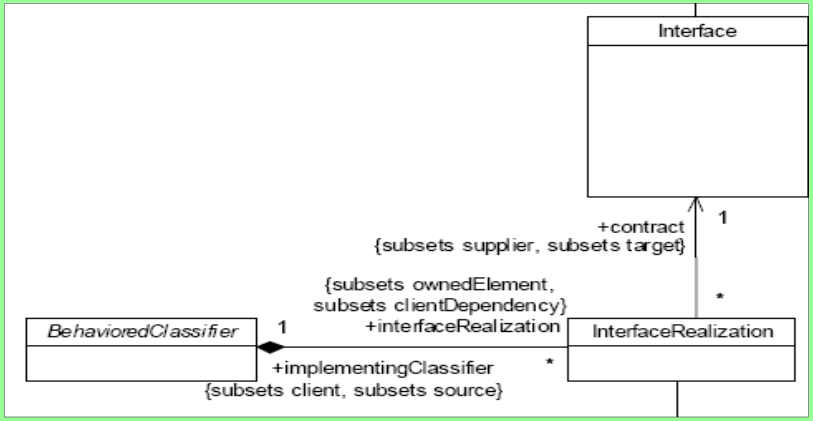


Генерация текстов класса на языке Java. Генерация реализуемых классом интерфейсов


```
public static void generateClass (Class class_, String packageDir) {
        // …
        genPackage(class_, ps);
        genImports(class_, ps);

        String modifiers = visibilityToJava(class_.getVisibility());
        if (class_.isAbstract())
                modifiers += "abstract ";
        if (class_.isLeaf())
                modifiers += "final ";

        ps.format("%n%sclass %s ", modifiers, name);
        genParents(class_, ps);

        genInterfaces(class_, ps);

        ps.format("{ %n");
                genFields(class_, ps);
                genMethods(class_, ps);
        ps.format("} %n");
        // …
```

Генерация текстов класса на языке Java. Генерация реализуемых классом интерфейсов


```
private static void genInterfaces (Class cls, PrintStream ps) {
        String interfaces = "";

        for (InterfaceRealization ir : cls.getInterfaceRealizations()) {
                Interface implementedInterface = ir.getContract();

                if (interfaces.isEmpty())
                        interfaces = "implements ";
                else interfaces += ", ";

                interfaces += implementedInterface.getName();
        }
        ps.format(" %s ", interfaces);
}
```



Генерация интерфейса

Генерация текстов интерфейса на языке Java


```
public static void generateInterface(Interface cls, String packageDir) {
        makePackageDir(packageDir);

        PrintStream ps = null;
        try { ps = new PrintStream(packageDir + "/" + cls.getName() + ".java"); }
        catch (FileNotFoundException e) { return; }

        genPackage(cls, ps);

        genImports(cls, ps);

        String modifiers = visibilityToJava (cls.getVisibility());

        ps.format("%n%sinterface %s ", modifiers, cls.getName());

        genParents(cls, ps);

        ps.format("{ %n");
            genFields(cls.getOwnedAttributes(), ps);
            genMethods(cls.getOwnedOperations(), ps);
        ps.format("} %n");

        ps.close();
}
```

Генерация текстов класса на языке Java. Генерация полей класса


```
private static void genFields (List<Property> attributes, PrintStream ps) {
        for (Property f : attributes) {
                String typeName = f.getType().getName();

                String modifiers = visibilityToJava(f.getVisibility());
                if (f.isStatic())
                  modifiers += "static";

                String fieldName = f.getName();
                ps.format("%s %s %s;%n", modifiers, typeName , fieldName );
        }
}
```

Генерация текстов класса на языке Java. Генерация методов класса (1)

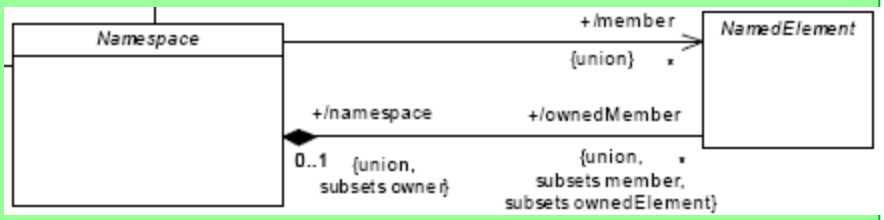

```
private static void genMethods (List<Operation> operations, PrintStream ps) {

for (Operation op : operations) {
        String operationName = op.getName();

        String modifiers = visibilityToJava(op.getVisibility());

        if (op.isStatic())
                modifiers += "static";


        //…
}
```

Генерация текста на языке JAVA

UML → JAVA на KOTLIN

Генерация классификаторов пакета на языке Java


```
fun Package.generatePackage(packageDir: String) {
    makePackageDir(packageDir)

    ownedMembers
        .filter { !it.hasKeyword("unknown") }
        .forEach {
            when (it) {
                is Class -> it.generateClass(packageDir)
                is Interface -> it.generateInterface(packageDir)
                is Enumeration -> it.generateEnumeration(packageDir)
                is Package -> it.generatePackage("$packageDir/${it.name}")
            }
        }
}
```

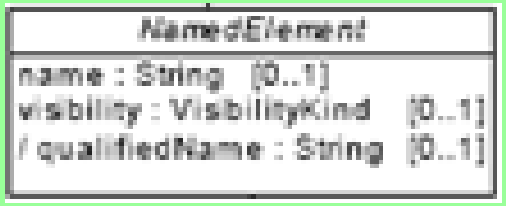


Генерация классификаторов пакета на языке Java


```
fun <T> Iterable<T>.joinToString
        (separator: CharSequence = ", ",
         prefix: CharSequence = "",
         postfix: CharSequence = "",
         limit: Int = -1,
         truncated: CharSequence = "...",
         transform: ((T) -> CharSequence)? = null)
  : String

people.joinToString(" ") { p: Person -> p.name }

people.joinToString(prefix="(", postfix=")")
      { p: Person -> "${p.name}[${p.age}]" }
```

Короткое квалифицированное имя Java и *видимость именованного элемента*

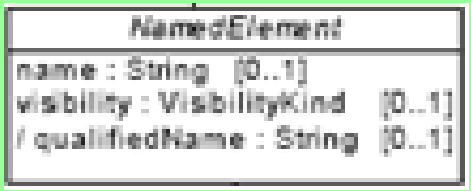

```
private val newLine: CharSequence = "\n"

private val VisibilityKind.asJava
    get() = if (this == VisibilityKind.PACKAGE_LITERAL) "" else "$literal "

private val NamedElement.javaName: String
    get() {
        val longName = qualifiedName.replace("::", ".")
        val k = longName.indexOf('.')
        return longName.substring(k + 1)
    }
```

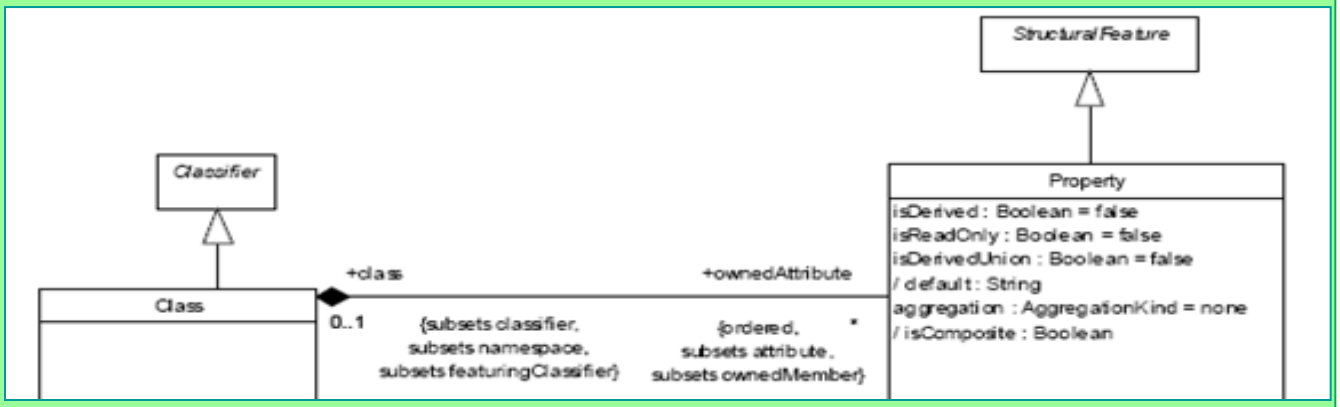


Генерация класса

Генерация текстов класса на языке Java

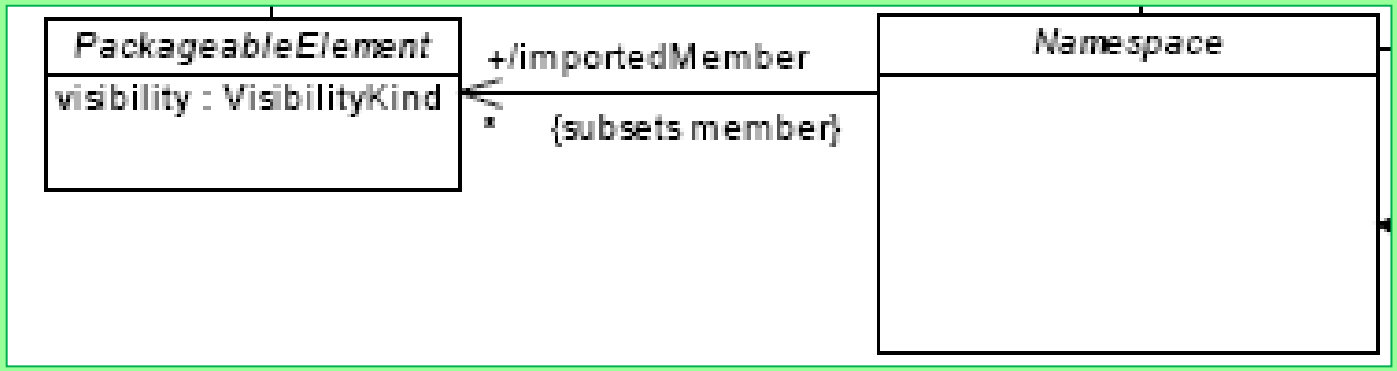

```
fun Class.generateClass(packageDir: String) {
    val ps = createJavaFile(packageDir, name) ?: return

    ps.format("$packageAsJava%n%n")
    ps.println(importsAsJava)

    ps.format("%n${modifiers}class $name$parentsAsJava$interfacesAsJava {%n%n")

    ownedAttributes.forEach { ps.println(it.propertyAsJava) }
    ownedOperations.forEach { ps.println(it.operationAsJava) }
    ps.println("}")
    ps.close()
}
```





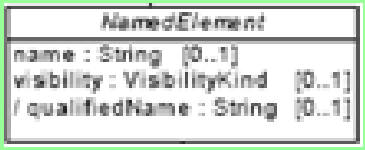
Генерация пакета и импортов для класса на языке Java

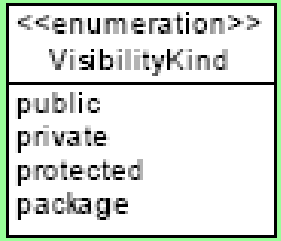

```
private val Classifier.packageAsJava
    get() = "package ${nearestPackage.javaName};"

private val Classifier.importsAsJava
    get() = importedMembers
        .map { "import ${it.javaName};" }
        .filter { !it.startsWith("import java.lang") }
        .joinToString(newLine)
```

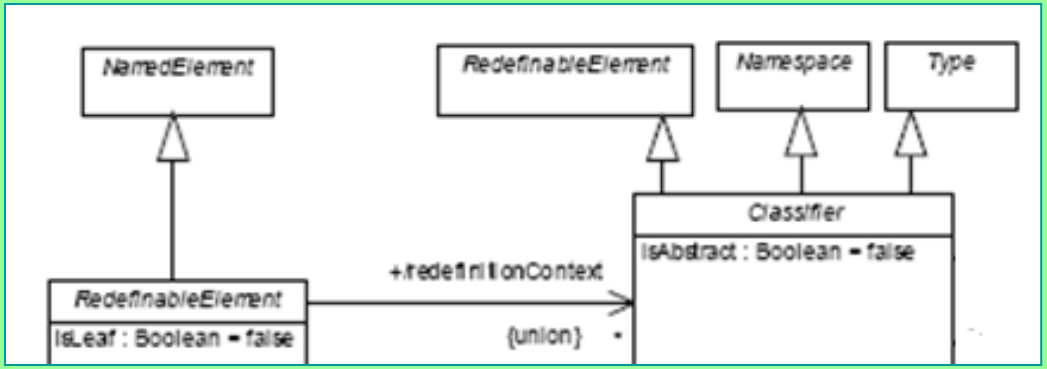


Получение модификаторов класса на языке Java


```
private val Class.modifiers: String
    get() {
        var modifiers = visibility.asJava
        if (isAbstract) modifiers += "abstract "
        if (isLeaf) modifiers += "final "
        return modifiers
    }
```

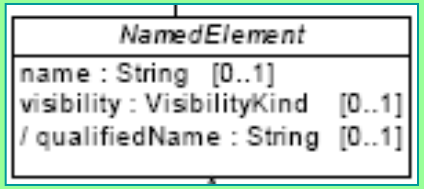


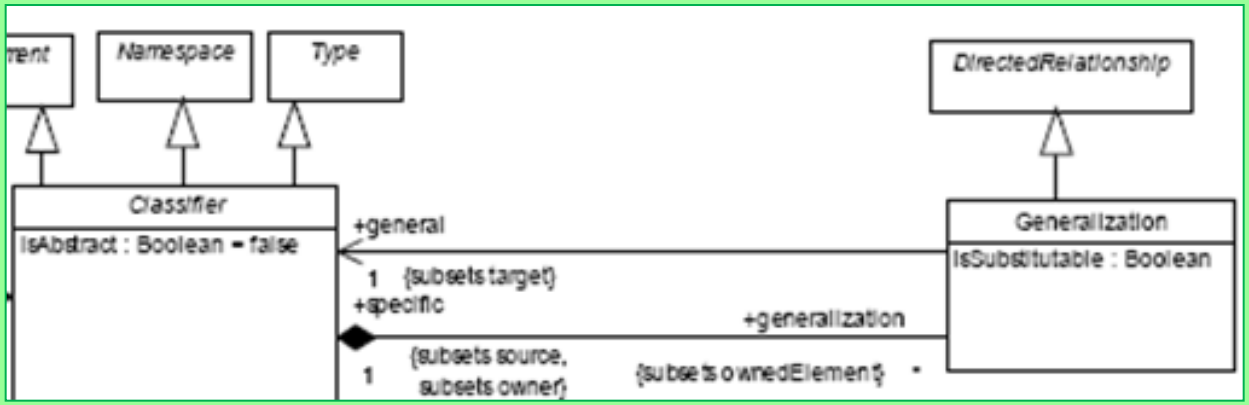




Генерация текстов класса на языке Java. Генерация предков класса

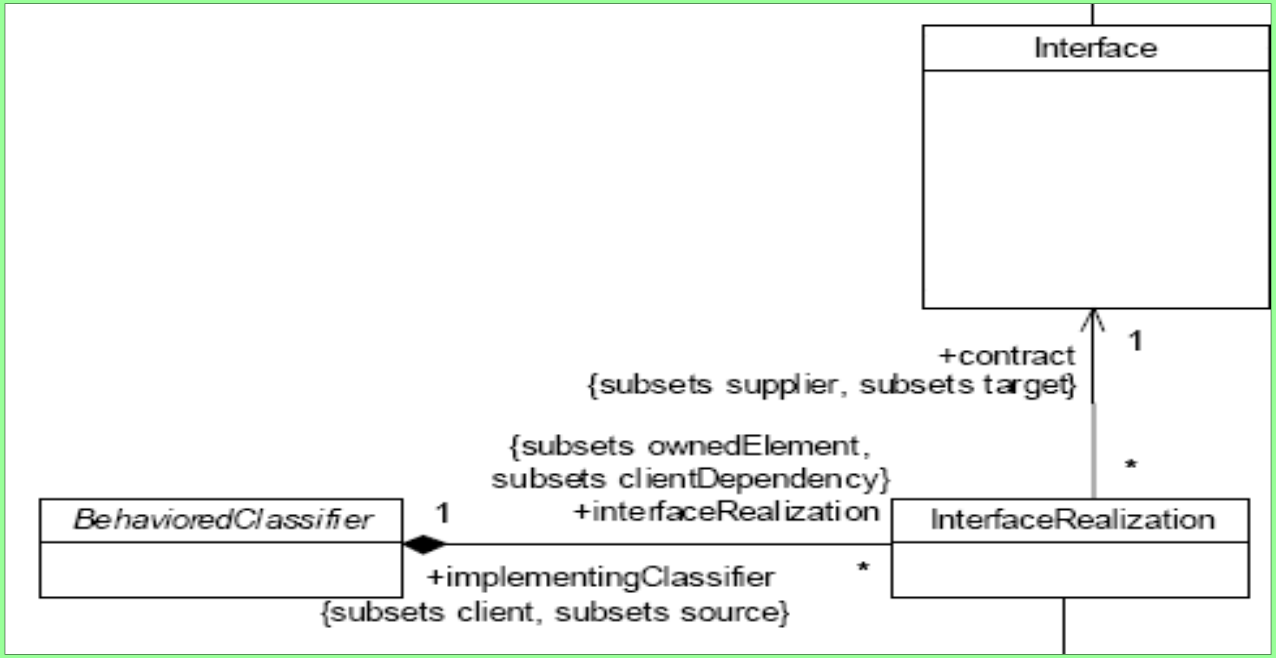

```
private val Classifier.parentsAsJava: String
    get() {
        val parents = generalizations
            .map { it.general }
            .filter { !it.javaName.endsWith("java.lang.Object") }
            .joinToString { it.name }
        return if (parents.isNotEmpty()) " extends $parents" else ""
    }
```





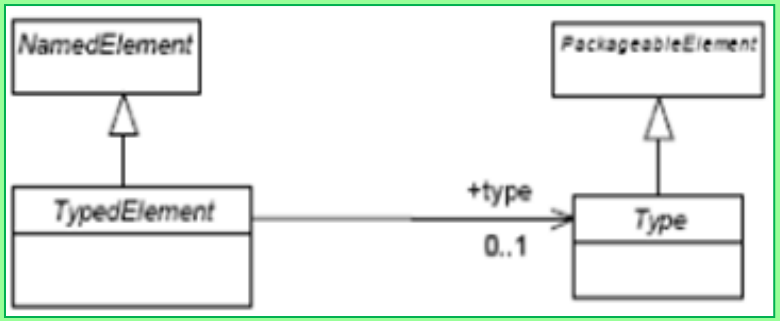
Генерация текстов класса на языке Java. Генерация реализуемых классом интерфейсов

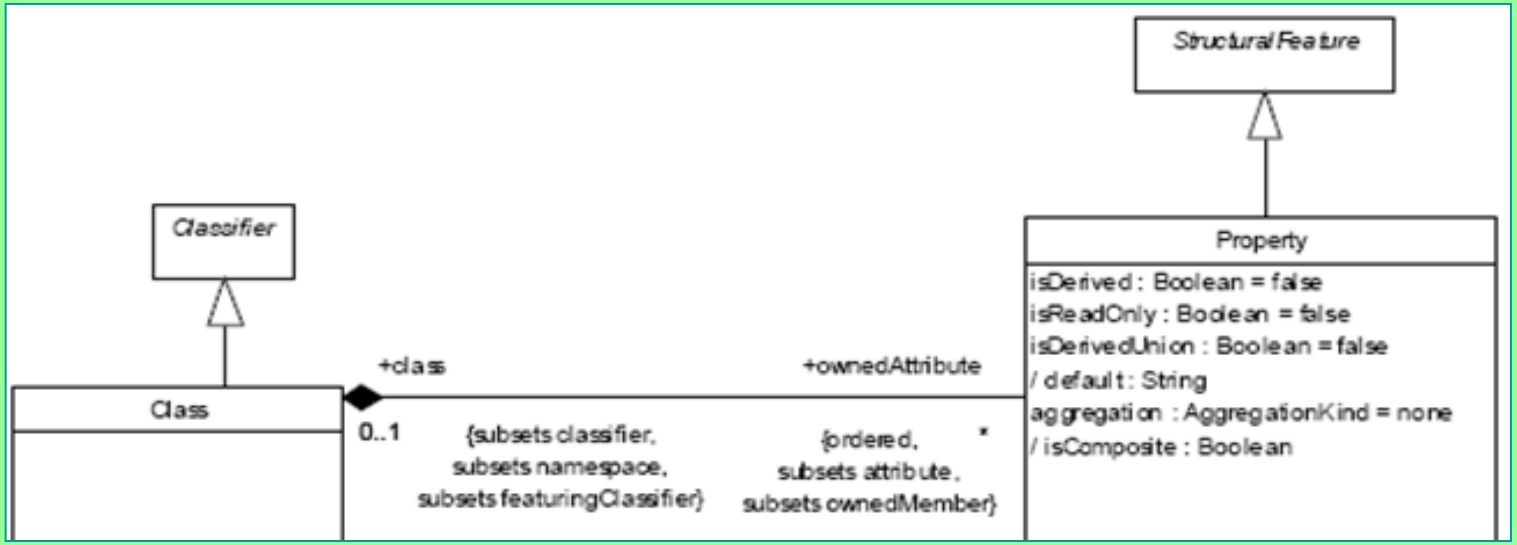

```
private val Class.interfacesAsJava: String
    get() {
        val implemented = interfaceRealizations.joinToString { it.contract.name }
        return if (implemented.isNotEmpty()) " implements $implemented" else ""
    }
```



Генерация текстов класса на языке Java. Генерация полей класса

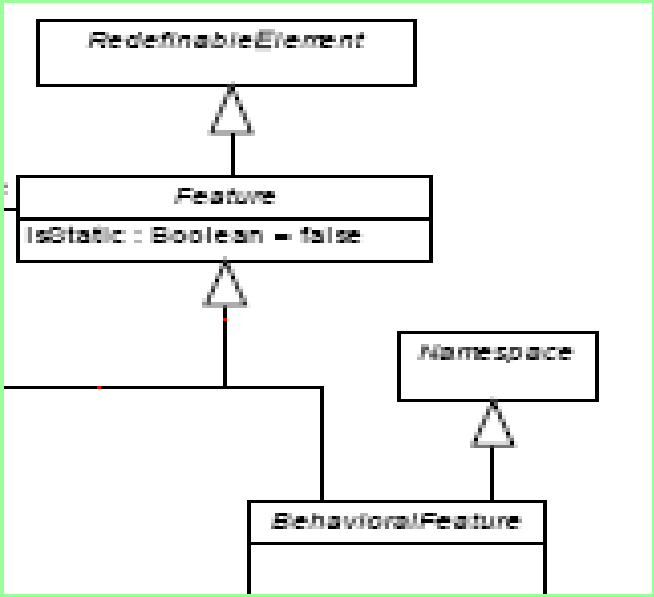

```
private val Property.propertyAsJava
    get() = "$modifiers${type.name} $name;"

private val Property.modifiers: String
    get() {
        var modifiers = visibility.asJava
        if (isStatic) modifiers += "static "
        return modifiers
    }
```





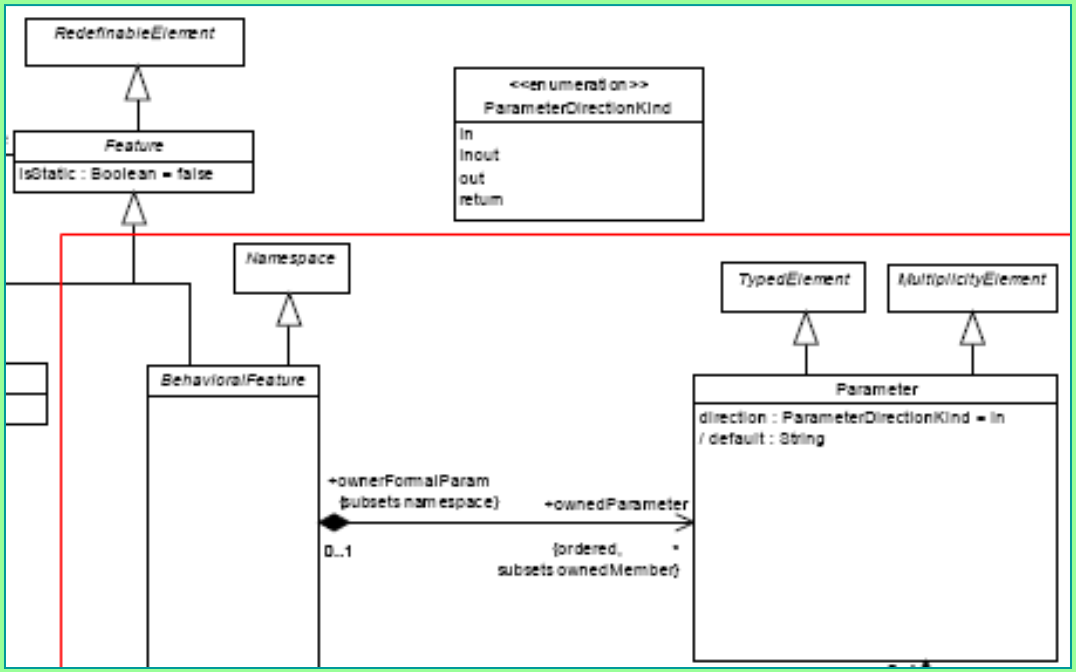
Генерация текстов класса на языке Java. Генерация методов класса (1)


```
private val Operation.operationAsJava: String
    get() {
        val returns = returnResult?.type?.name ?: "void"
        val tail = if (isAbstract) ";" else " {$newLine}$newLine"

        return "$modifiers$returns $name$parameters$tail"
    }

private val Operation.modifiers: String
    get() {
        var modifiers = visibility.asJava
        if (isStatic) modifiers += "static "
        if (isAbstract) modifiers += "abstract "
        return modifiers
    }
```



Генерация текстов класса на языке Java. Генерация методов класса (2)


```
private val Operation.parameters
    get() = ownedParameters
        .filter { it.direction != RETURN_LITERAL }
        .joinToString(prefix = "(", postfix = ")")
                { "${it.type.name} ${it.name}" }
```



Генерация интерфейса

Генерация текстов интерфейса на языке Java


```
fun Interface.generateInterface(packageDir: String) {
    val ps = createJavaFile(packageDir, name) ?: return

    ps.format("$packageAsJava%n")
    ps.println(importsAsJava)

    ps.format("%n${modifiers}interface $name$parentsAsJava {%n%n")

    ownedAttributes.forEach { ps.println(it.propertyAsJava) }
    ownedOperations.forEach { ps.println(it.operationAsJava) }
    ps.println("}")
    ps.close()
}

private val Interface.modifiers: String
    get() {
        var modifiers = visibility.asJava
        if (isLeaf) modifiers += "final "
        return modifiers
    }
```

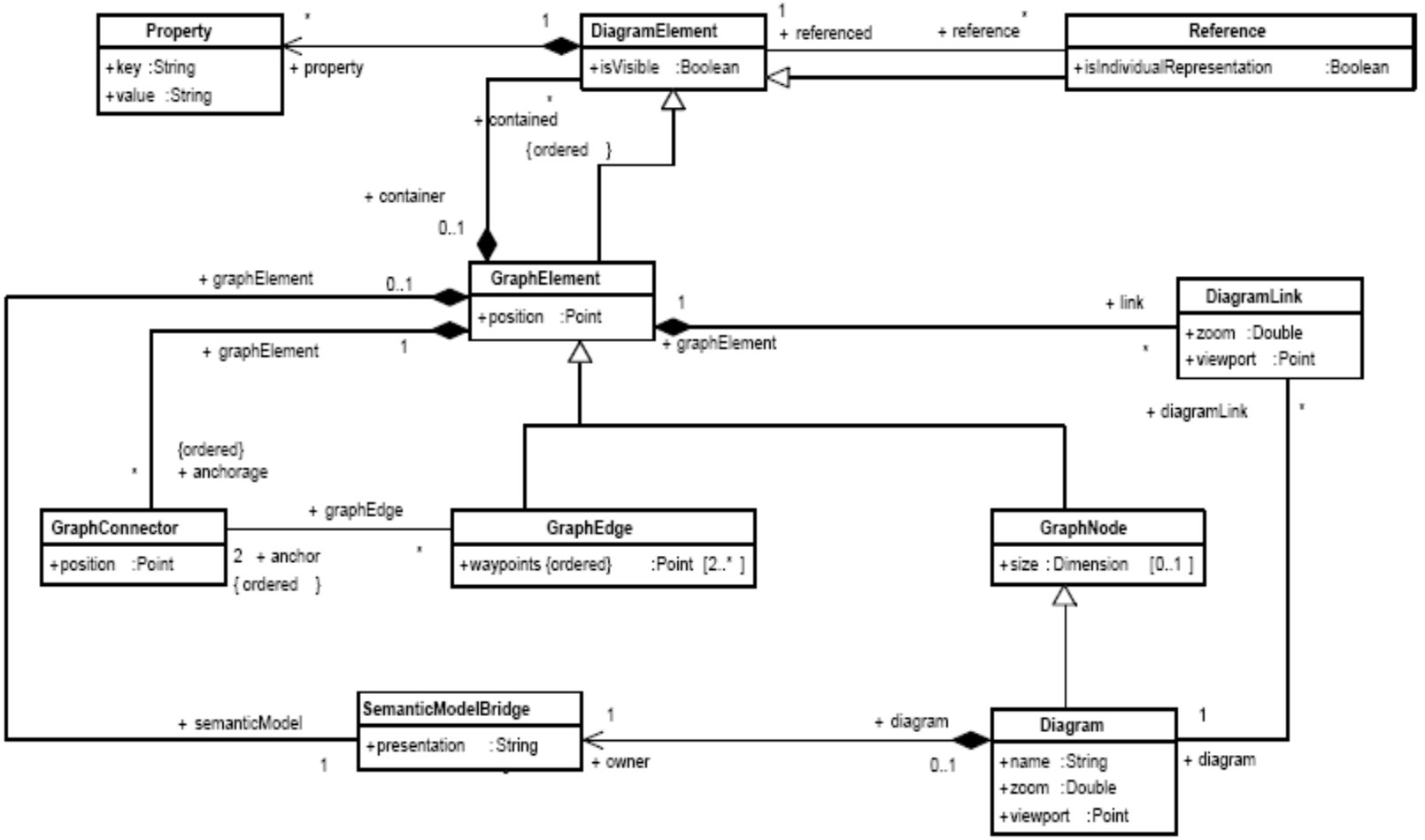
Генерация перечислений

Генерация текстов интерфейса на языке Java

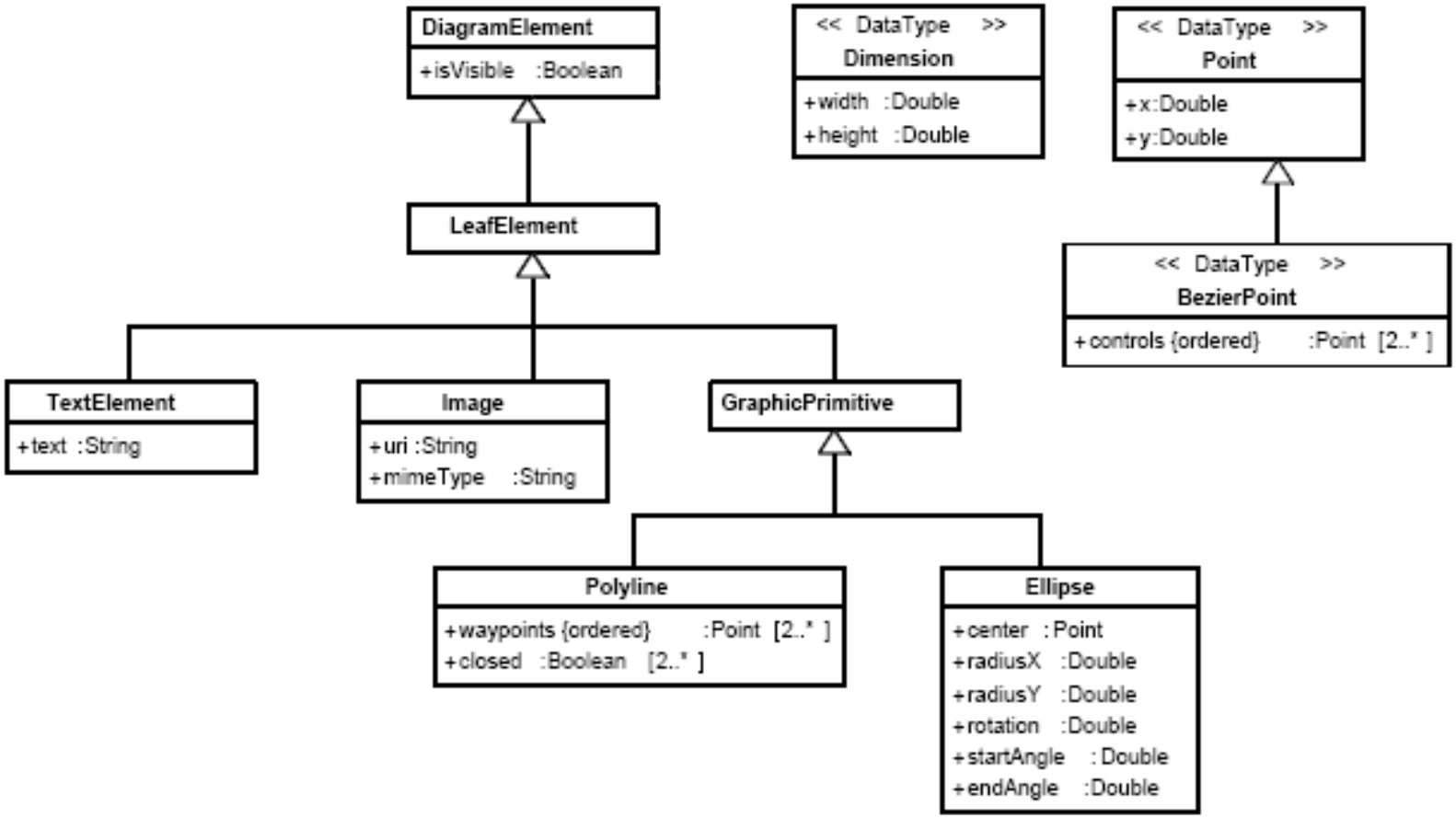

```
fun Enumeration.generateEnumeration(packageDir: String) {
    val ps = createJavaFile(packageDir, name) ?: return

    ps.format("$packageAsJava%n")
    ps.println(importsAsJava)

    ps.format("%n${modifiers}enum $name$parentsAsJava {%n%n")

    ownedAttributes.forEach { ps.println(it.propertyAsJava) }
    ownedOperations.forEach { ps.println(it.operationAsJava) }
    ps.println("}")
    ps.close()
}
```

Представление диаграмм в метамодели языка UML

Представление основных элементов диаграмм в метамодели языка UML



Представление листовых элементов диаграмм в метамодели языка UML



Виды семантических связей между элементами UML диаграммы и UML модели