

Objektově orientované programování

Jan Faigl

Katedra počítačů
Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické v Praze

Přednáška 7

A0B36PR1 – Programování 1

Část 1 – Třídy a objekty

Literatura

Příklad

Základní pojmy

Příklad implementace

Část 2 – Vztahy mezi objekty

Agregace

Inheritance / Dědičnost

Polymorfismus

Část 3 – Objektově orientované programování (v Javě)

Základy OOP

Položky třídy a instance

Konstruktor

Příklad třídy jako rozšířeného datového typu

Část I

Třídy, objekty a objektově orientované programování

Literatura 2/2

 Learn Object Oriented Thinking & Programming, *Rudolf Pecinovský* Academic series 2013, ISBN 978-80-904661-9-7

<http://pub.bruckner.cz/titles/oop>



 Java 7 – Učebnice objektové architektury pro začátečníky, *Rudolf Pecinovský* Grada, 2012

http://knihy.pecinovsky.cz/ua1_j7/



 Java 8– Úvod do objektové architektury pro mírně pokročile, *Rudolf Pecinovský* Grada, 2014

Datum vydání 17.10.2014



■ <http://vyuka.pecinovsky.cz>

g objektově orientované programování

Literatura 1/2

- Kapitola 8 – Objekty a třídy („Objects and classes”)
- Kapitola 10 – Myslíme objektově („Thinking in Objects”)
- Kapitola 11 – Dědičnost a polymorfismus („Inheritance and Polymorphism”)



Introduction to Java Programming, 9th Edition, Y. *Daniel Liang* Prentice Hall, 2012
<http://www.cs.armstrong.edu/liang/intro9e>



An Introduction to Object-Oriented Programming with Java, 5th Edition, *C. Thomas Wu*, McGraw-Hill, 2009
<http://it-ebooks.info/book/1908/a>



Třídy a objekty

- Věci okolo nás lze hierarchizovat do tříd (konceptů)
- Každá třída je reprezentována svými prvky (objekty dané třídy)
- Každá třída je charakterizována svými vlastnostmi, funkčními možnostmi a parametry

Příklad – Třídy lodí



Jan Faigl, 2015

A0B36PR1 – Přednáška 7: Objektově orientované programování

11 / 80

Literatura

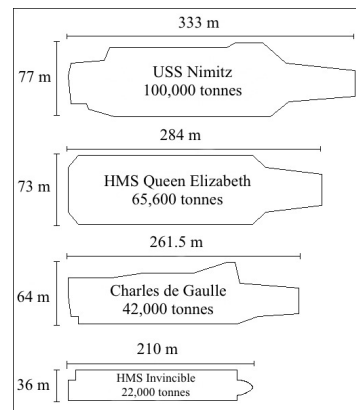
Příklad

Základní pojmy

Příklad implementace

Třídy a objekty

- Jednotlivé třídy letadlových lodí se liší svou velikostí a výtlakem
- Každá loď je však unikátní, přestože v rámci třídy sdílí řadu parametrů s ostatními loděmi stejné třídy
- Například, každá loď má jinou posádku, která se navíc v průběhu nasazení mění
Lod' je objektem, který se v průběhu svého života mění.

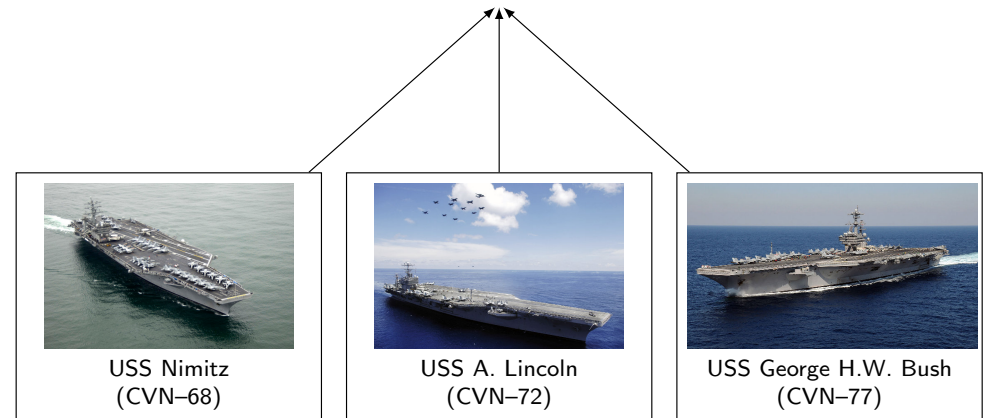


Jan Faigl, 2015

A0B36PR1 – Přednáška 7: Objektově orientované programování

13 / 80

Třída lodí Nimitz



- Třída Nimitz (definice)
 - Metody: řídit loď, zastavit, zadokovat
 - Data (parametry): délka, výtlak, rychlost
- Objekty: jednotlivé lodě odpovídají třídě, ale mají svá specifika

Posádka, náklad

Jan Faigl, 2015

A0B36PR1 – Přednáška 7: Objektově orientované programování

12 / 80

Literatura

Příklad

Základní pojmy

Příklad implementace

Hierarchie tříd lodí

- Lodě jsou kategorizovány podle svého účelu a velikosti do tříd, například:
 - Třídy letadlových lodí: Forrestal, Enterprise, Nimitz, Kuznetsov, Gerald R. Ford, Queen Elizabeth
 - Třídy bitevních lodí: Freedom, Independence
- Třída je zastoupena jedním plavidlem nebo několika plavidly, například:
 - Nimitz: Nimitz (CVN-68), Dwight D. Eisenhower (CVN-69), Theodore Roosevelt (CVN-71), Abraham Lincoln (CVN-72), George H.W. Bush (CVN-77)

- Třídy představují vzor

Reprezentovaný vlajkovou lodí

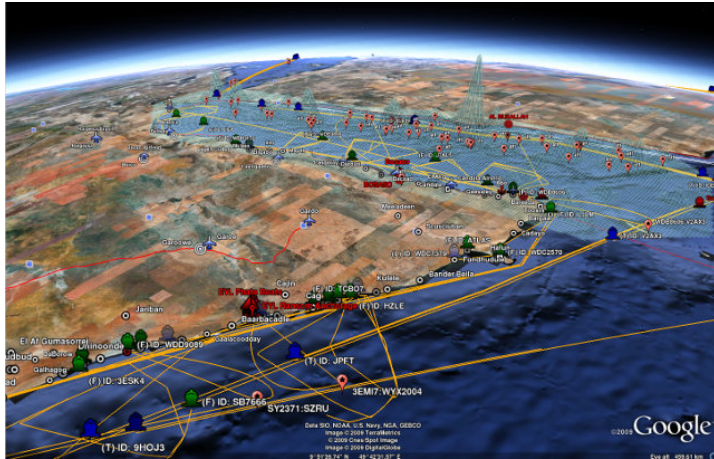
- Jednotlivé lodě představují instance třídy (objekty)

Jan Faigl, 2015

A0B36PR1 – Přednáška 7: Objektově orientované programování

14 / 80

Příklad objektů lodí – AgentC



- Modelování pohybu lodí v boji proti námořnímu pirátství

<http://agents.fel.cvut.cz/projects/agentc>

Objektově orientovaná analýza a návrh

- **OO analýza** se zabývá modelováním, rozбором a specifikací problému.
 - Abstrakce reálného světa
- **OO návrh** se zabývá řešením problému.
 - Přidává softwarovou abstrakci
- Hranice mezi fází analýzy a návrhem se stírá:
 - Základní konstrukce (třídy a objekty) se používají stejné.
 - Není přesně definováno co patří do fáze analýzy a co do návrhu.
- Cílem objektově orientované analýzy a návrhu (OOAD) je:
 - popis systému reprezentovaný objektovými diagramy (statická struktura),
 - popis dynamiky a chování systému.

Charakteristika objektově orientovaného programování (OOP)

Metodický přístup řešení výpočetních problémů založený na objektovém programování.

- Abstrakce řešeného problému založena na objektovém popisu
- Objekty představují množinu dat a operací
- Objekty mezi sebou komunikují - zasílají zprávy a reagují na události
- Přístup řešení problému vychází z analogie řešení složitých problémů jak by je řešil člověk
- Základním konstruktem jsou objekty a třídy
- Vychází z objektového modelu popisu řešeného problému
- Těsnější vazba mezi analýzou a návrhem

Objektově orientované programování

- Základními konstrukčními prvky OOP jsou třídy a objekty
OOP nejsou jen třídy a objekty!
- Umožňuje abstrakci a zobecnění řešených problémů
- Znovu použitelnost implementovaných kódů
- Kontrolu přístup k datům

OOP je přístup jak správně navrhnout strukturu programu tak, aby výsledný program splňoval funkční požadavky a byl dobře udržovatelný.

Třídy a objekty

- **Objekty** - reprezentují základní entity OO systému za jeho běhu.
 - Mají konkrétní vlastnosti a vykazují chování
 - V každém okamžiku lze popsat jejich stav
 - Objekty se v průběhu běhu programu liší svým vnitřním stavem, který se během vykonávání programu mění
- **Třídy** - popisují možnou množinou objektů. Předloha pro tvorbu objektů třídy. Mají:
 - Rozhraní - definuje části objektů dané třídy přístupné zvenčí
 - Tělo - implementuje operace rozhraní
 - Instanční proměnné - obsahují stav objektu dané třídy
- *Každý objekt při svém vytvoření dostává privátní kopii instančních proměnných.*
- *Je-li provedena operace, definovaná pro třídu objektů nad daným objektem, dojde ke změně stavu pouze tohoto objektu.*

Třídy, objekty a programovací jazyky

- Konkrétní implementace objektů a tříd se může v prostředí OO programovacího jazyka mírně lišit.
- Typicky se data a operace třídy rozlišují do kategorií:
 - **Public** - data a operace volně přístupné zvenčí.
 - **Protected** - přístupné pouze v rámci dané třídy a podtříd.
 - **Private** - přístupné pouze v rámci dané třídy.
- **Konstruktor** - operace pro vznik a inicializaci objektu.
Konstruktory zpravidla slouží k alokaci zdrojů (nastavení parametrů).
- **Destruktor** - operace rušení objektu.
Zpravidla slouží k uvolnění alokovaných zdrojů.
V Javě řeší „garbage collector“.

Třídy a objekty - vlastnosti

- **Zapouzdření** (encapsulation) je množina služeb, které objekt nabízí navenek. Odděluje rozhraní (interface) a jeho implementaci.
- **Stav** je určen daty objektu.
- **Chování** je určeno stavem objektu a jeho službami (metodami).
- **Identita** je odlišení od ostatních objektů (v prog. jazycích pojmenování proměnných reprezentující objekty určité třídy).

Struktura objektu

- Objekt je kombinací dat a funkcí, které pracují nad těmito daty
Funkce procedurálního programování
- Objekt je tvořen
 - **Datovými strukturami** – atributy
 - Ovlivňují vlastnosti objektu
 - Jsou to proměnné různých datových typů
 - Data jsou zpravidla přístupná pouze v rámci daného objektu a zvnějšku jsou skryta před jinými objekty
Zapouzdření (encapsulation)
 - **Metodami** – funkce / procedury
 - Určují chování objektu
 - Definují operace nad daty objektu
 - Metody představují služby objektu, proto jsou často veřejné
Mohou být deklarovány jako privátní, např. pro pomocné funkce/výpočtu zlepšující čitelnost kódu.

Princip zapouzdření

- „Utajení“ vnitřního stavu objektu
- Jiné objekty nemohou měnit stav objektu přímo a způsobit tak chybu

Např. konzistence hodnot více proměnných

- Metody objektu umožňují objektu komunikovat se svým okolím, tvoří jeho **rozhraní**
- Proměnné (data) objektu nejsou z vnějšku objektu přístupné, pro přístup k nim lze využít pouze metody
- Zapouzdření umožňuje udržovat a spravovat každý objekt nezávisle na jiném objektu. Umožňuje **modularitu** zdrojových kódů.

Vztahy mezi objekty

- V OO systému interagují objekty mezi sebou prostřednictvím zasílání zpráv (messages) požadavků na provedení služeb poskytovaných objektem
 1. Po obdržení zprávy objekt vyvolá požadovanou metodu
 2. Případně zašle výsledek
- Objekt poskytující službu se často nazývá *server*
- Objekt žádající o službu se nazývá *klient*
- Mezi objekty je **relace–asociace**, volá-li objekt služby jiného objektu
- Úkolem OOD je explicitně definovat vztahy mezi objekty

Návrhu – Object Oriented Design (OOD)

- S relacemi mezi objekty souvisí viditelnost a vazby mezi objekty

Komunikace mezi objekty

- V OO systému interagují objekty mezi sebou zasíláním zpráv požadavků na provedení služeb poskytovaných objektem
- Objekty tak mezi sebou komunikují prostřednictvím zpráv, které jsou realizovány (implementovány) metodami
- Pokud jeden objekt požaduje po jiném objektu, aby vykonal nějakou činnost, zašle mu zprávu ve tvaru:
 - **Objekt**, na kterém se má akce provést

Referenční proměnná odkazující na objekt, např. String
 - **Činnost**, která se má vykonat

Metoda (procedura, funkce), např. compareTo
 - **Seznam parametrů** volané metody

Parametry funkce

- Zpráva neobsahuje popis jak činnost vykonat, ale pouze co provést

Konkrétní způsob implementace nemusí být dopředu (v průběhu kompilace) znám (viz např. později diskutované virtuální metody).

Relace typu klient/server a vzájemná viditelnost objektů

Základní možnosti vazeb mezi objekty:

- Objekt–server je globální vůči klientovi
- Objekt–server je parametrem některé operace (metody/funkce) klienta, který zasílá zprávu
- Objekt–server je částí objektu klienta
- Objekt–server je lokálně deklarován v rámci operace (metody/funkce)
- Globální server může mít příliš široký definiční obor. Vhodné pouze pokud je objekt široce upotřebitelný
- Server, který je parametrem metody je přístupný pouze nepřímo voláním dané metody
- Server, který je součástí klienta (data-member třídy) zaniká s destrukcí daného objektu daného klienta

Informativní

Příklad třídy jako datového typu – třída Complex

- Třída `Complex` – představuje třídu datového typu, jejíž objektový návrh a implementace vychází z konceptu zapouzdření
- Datové položky:
 - Hodnoty typu `double` pro reprezentaci reálné a imaginární části (dvojice čísel)
- Metody: tvoří množinu operací obvyklých pro operace nad komplexními čísly
 - absolutní hodnota, sčítání, odčítání, násobení a dělení

Uvedený příklad je implementací třídy v Javě

Třída Complex 2/6

```
public class Complex {
    ...
    public Complex() {}
    public Complex(double r) {
        re = r;
    }
    public Complex(double r, double i) {
        re = r;
        im = i;
    }
}
```

- Za datovými položkami následují definice **konstruktoru**(ů)
- Konstruktor je metoda stejného jména jako jméno třídy a nemá návratovou hodnotu
- Konstruktor je volán při vytvoření objektu příkazem `new`, který vrací referenci (odkaz), kde je objekt uložen v paměti

Třída Complex 1/6

```
public class Complex {

    //data fields
    private double re = 0.; //data polozka (atribut)
    private double im = 0.; //data polozka (atribut)
    ...
}
```

- Definice třídy je uvozena klíčovým slovem `class` následovaném jménem třídy
- Kódovací konvence doporučuje psát jméno třídy s prvním písmenem velkým
- Veřejná třída se specifikuje klíčovým slovem (modifikátorem) `public` před `class`
- Datové položky (atributy) se zapisují podobně jako deklarace proměnných

Kódovací konvence doporučuje zapisovat datové položky jako první

Třída Complex 3/6

```
public class Complex {
    ...
    //methods (operations)
    public double getAbs() {
        return Math.sqrt(re * re + im * im);
    }

    public Complex plus(Complex b) {
        double r = re + b.re; // r je lokalni promenna
                             // re je atribut objektu
        double i = im + b.im;
        return new Complex(r, i);
    }
    ...
}
```

- Metody jsou funkce s návratovým typem a specifikací přístupových práv

Třída Complex 4/6

```
public class Complex {
    ...
    public Complex minus(Complex b) {
        Complex a = this;
        return new Complex(a.re - b.re, a.im - b.im);
    }

    public Complex times(Complex b) {
        Complex a = this;
        double r = a.re * b.re - a.im * b.im;
        double i = a.re * b.im + a.im * b.re;
        return new Complex(r, i);
    }
}
```

- Uvnitř metody můžeme použít operátor **this**
- **this** je implicitní odkaz na objekt, na který byla metoda zavolána

Třída Complex 6/6

```
public class Complex {
    ...
    public static Complex plus(Complex a, Complex b) {
        double r = a.re + b.re;
        double i = a.im + b.im;
        Complex sum = new Complex(r, i);
        return sum;
    }
}
```

Statické metody:

- jsou uvozeny klíčovým slovem **static**
- jsou to metody třídy a nejsou svázány s objektem
- jsou přístupné i bez vytvoření instance třídy (objektu)
- nemají přístup k instancním proměnným (datovým položkám)

Instanční proměnné se vytvářejí až s vytvořením objektu operátorem new

Třída Complex 5/6

```
public class Complex {
    ...
    public String toString() {
        if (im == 0) {
            return re + "";
        } else if (re == 0) {
            return im + "i";
        } else if (im < 0) {
            return re + " - " + (-im) + "i";
        }
        return re + " + " + im + "i";
    }
}
```

- **toString** je metoda každého objektu, která vrátí řetězec představující znakovou reprezentaci objektu „Dědí od třídy Object“
- Pokud není předefinována vrátí jméno třídy + hash kód

Překrytí je realizováno dynamickou vazbou (polymorfismus)

Instance třídy Complex 1/2

```
public static void main(String[] args) {
    Complex c1 = new Complex(2);
    Complex c2 = new Complex(2, 1);

    System.out.println("New complex: " + new Complex());
    System.out.println("Complex var c1: " + c1);
    System.out.println("Complex var c2: " + c2);

    System.out.println("Complex var |c1|: " + c1.getAbs());
    System.out.println("Complex var |c2|: " + c2.getAbs());

    System.out.println("Complex var c1-c2: " + c1.minus(c2));
    System.out.println("Complex var c1+c2: " + c1.plus(c2));
    System.out.println("Complex var c1*c2: " + c1.times(c2));

    System.out.println("Complex: (1 + j) + (1 - j): " +
        Complex.plus(new Complex(1, 1), new Complex(1, -1)));
}
```

- Objekty (instance třídy) Complex vytváříme operátorem **new**

Instance třídy Complex 2/2

■ Příklad výpisu:

```
java DemoComplex
```

```
New complex: 0.0
Complex var c1: 2.0
Complex var c2: 2.0 + 1.0i
Complex var |c1|: 2.0
Complex var |c2|: 2.23606797749979
Complex var c1-c2: -1.0i
Complex var c1+c2: 4.0 + 1.0i
Complex var c1*c2: 4.0 + 2.0i
Complex: (1 + j) + (1 - j): 2.0
```

lec07/Complex.java a DemoComplex.java

Část II

Vztahy mezi objekty

Přístup k datovým položkám

- Datové položky reprezentující reálnou a komplexní část jsou ve třídě Complex skryty.

Princip zapouzdření

- Pro přístup k nim, můžeme implementovat metody nazývané

■ getter – „čtení“

■ setter – „zápis“

```
public class Complex {
    ...
    public double getRe() {
        return re;
    }
    public double getIm() {
        return im;
    }
    ...
}

public class Complex {
    ...
    public void setRe(double re) {
        this.re = re;
    }
    public void setIm(double im) {
        this.im = im;
    }
    ...
}
```

Jakou má výhodu přistupovat k proměnným přes metody?

Agregace

Vztah mezi objekty **agregace** reprezentuje vztah typu „je tvořeno/je součástí“

Příklad

Je-li objekt **A** agregací **B** a **C**, pak objekty **B** a **C** jsou obecně obsaženy v **A**

Hlavním důsledkem je fakt, že **B** ani **C** nemohou přežít bez **A**

V tomto případě hovoříme o kompozici objektů

Příklad implementace

```
class GraphK { //kompozice
    private Edge[] edges;
}

class GraphA { //agregace
    private Edge[] edges;
    public GraphA(Edge[] edges) {
        this.edges = edges;
    }
}

class Edge {
    private Node v1;
    private Node v2;
}

class Node {
    private Data data;
}
```

Inheritance - dědičnost

Založení definice a implementace jedné třídy na jiné existující třídě

Třída **B** dědí od třídy **A** pak:

- Třída **B** je **podtřídou (subclass)** nebo **odvozenou třídou (derived class)** třídy **A**
- Třída **A** je **nadtřídou (superclass)** nebo **základní třídou (base class)** třídy **B**

Podtřída **B** má obecně dvě části:

- Odvozená část je zděděna od **A**
- Nová **inkrementální část (incremental part)** obsahující definice a kód přidaný třídou **B**

Kategorie dědičnosti

- **Striktní dědičnost (strict inheritance)** - podtřída přebírá od nadtřídy vše a přidává vlastní metody/atributy. Všechny členy nadtřídy jsou v podtřídě k dispozici. Respektuje přesně zásady „is-a“ hierarchií
- **Nestriktní dědičnost (nonstrict inheritance)** - podtřída odvozuje od nadtřídy pouze některé atributy nebo metody (redefinuje)
- **Vícenásobná dědičnost** - třída dědí od více nadtříd

V Javě není podporována, řeší se implementací rozhraní

Dědičnost (inheritance), pokračování

- Inheritance je také označována jako relace typu **is-a**
 - Objekt typu **B** je také instancí objektu typu **A**
- Vlastnosti z **A** zděděné v **B** je možné předefinovat:
 - Změna viditelnosti
 - Jiná implementace operací
- Inheritanční relace vytváří objektové hierarchie
 - Funkce podtříd lze soustředit do jejich nadtříd
 - Lze vytvářet abstraktní třídy, ze kterých je možné další třídy vytvářet **specializací**

Polymorfismus

- Polymorfismus (mnohotvárnost) se v OOD projevuje tak, že se můžeme stejným způsobem odvolávat na různé objekty
- Pracujeme s objektem, jehož skutečný obsah je dán okolnostmi až za běhu programu
- **Polymorfismus objektů** - Necht' třída **B** je podtřídou třídy **A**, pak objekt třídy **B** můžeme použít všude tam, kde je očekáván objekt třídy **A**
- **Polymorfismus metod** - Vyžaduje dynamické vázání, statický a dynamický typ třídy
 - Necht' třída **B** je podtřídou třídy **A** a redefinuje metodu $m()$
 - Proměnná x statického typu **B**, dynamický typ může být **A** nebo **B**
 - Jaká metoda se skutečně volá pro $x.m()$ závisí na dynamickém typu

Dědičnost, polymorfismus a virtuální metody

- Vytvoření dynamické vazby je zpravidla v OO programovacím jazyce realizováno virtuální metodou
- Redefinované metody, které jsou označeny jako virtuální, mají dynamickou vazbu na konkrétní dynamický typ

Část III

Objektivě orientované programování (v Javě)

Polymorfismus příklad

```
class A {
    void info() {
        System.out.println("A");
    }
};

class B extends A {
    void info() {
        System.out.println("B");
    }
};

A a = new A();
B b = new B();

a.info(); // volani metody info tridy A
b.info(); // volani metody info tridy B
a = b;
a.info(); // dynamicka vazba volani metody tridy B
```

Výstup:
A
B
B

lec07/DemoPolymorphism.java

Objektivě přístup programování

- Modelování problému jako systému spolupracujících tříd
- Třída modeluje jeden koncept
- Třídami umožňují generování instancí, objektů příslušné třídy
- Jednotlivé objekty spolu spolupracují

Zasílání si zpráv

- Třída je „vzorem“ pro strukturu a vlastnosti generovaných objektů
- Každý objekt je charakteristický specifickými hodnotami svých atributů a společnými vlastnostmi třídy

Třídy a objekty

- **Třída** – šablona pro generování konkrétních **instancí** třídy, tj. **objektů**, je tvořena členy třídy (datové položky a metody)
 - data, **atributy** – určují stav objektů
 - funkce, **metody** – určují schopnosti objektů
- **Objekt** – instance třídy
 - Jednotlivé instance třídy (objekty) mají stejné metody, ale nacházejí se v různých stavech
*Stav objektu je určen hodnotami **instančních proměnných***
 - Schopnosti objektu jsou dány **instančními metodami**
- V jazyku Java lze objekty (instance tříd) vytvářet **pouze dynamicky** operátorem **new**
Objekty jsou alokovány na haldě (heap).
- Přístupovat k nim lze prostřednictvím **referenčních proměnných**
Tak jako používáme pole nebo String.

Metody třídy a instance

- **Metody třídy**
 - Nejsou volány pro konkrétní instance
 - Představují zprávu zaslanou třídě jako celku
 - Mohou pracovat pouze s proměnnými třídy
Nikoliv s proměnnými instance
 - V Javě jsou uvozeny klíčovým slovem **static**
 - Jsou to tzv. statické metody
- **Metody instance**
 - Jsou volány vždy pro konkrétní instanci třídy
 - Představují zprávu zaslanou konkrétní instanci
 - Pracují s proměnnými instance i s proměnnými tříd
 - Lze volat pouze až po vytvoření konkrétní instance

Datové položky třídy a instance

- **Datové položky třídy**
 - Jsou společné všem instancím vytvořeným z jedné třídy
 - Nejsou vázaný na konkrétní instanci
 - Jsou společné všem instancím třídy
 - V Javě jsou uvozeny klíčovým slovem **static**
- **Datové položky instance**
 - Tvoří vlastní sadu datových položek objektu
 - Jsou to tzv. proměnné instance
 - Jsou iniciovány při vytvoření instance
V konstruktoru při vytvoření instance voláním new
 - Existují po celou dobu života instance
 - Proměnné jedné instance jsou **nezávislé** na proměnných instance jiné

Přístup ke členům třídy

- Podle principu zapouzdření jsou některé členy třídy označovány jako soukromé (privátní) a jiné jako veřejné.
- Programátor předepisuje k jakým položkám lze přistupovat a modifikovat je
- Přístup ke členům třídy je určen **modifikátorem přístupu**
 - **public:** – přístup z libovolné třídy
 - **private:** – přístup pouze ze třídy, ve které byly deklarovány
 - **protected:** – přístup ze třídy a z odvozených tříd
 - Bez uvedení modifikátoru je přístup povolen v rámci stejného balíčku **package**

Řízení přístup ke členům třídy

Modifikátor	Přístup			
	Třída	Balíček	Odvozená třída	„Svět“
<code>public</code>	✓	✓	✓	✓
<code>protected</code>	✓	✓	✓	✗
<i>bez modifikátoru</i>	✓	✓	✗	✗
<code>private</code>	✓	✗	✗	✗

<http://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/java00/accesscontrol.html>

Přetěžování konstruktorů

- Příklad konstruktoru pro vytvoření instance komplexního čísla
- Při vytváření specifikujeme pouze reálnou nebo reálnou i imaginární část

```
public class Complex {
    ...
    public Complex(double r) {
        re = r;
    }

    public Complex(double r, double i) {
        re = r;
        im = i;
    }
    ...
}
```

V kódu obou konstruktorů je duplicitní kód, kterému se snažíme vyhnout (jednodušší opravy)!

Konstruktor třídy

- Představuje speciální metodu
- Jméno metody je shodné se jménem třídy
 - Jediná metoda začínající velkým písmenem.*
- Vytvoří objekt
- Nastaví vlastnosti objektu
- Neobsahuje návratový typ – nic nevrací, vytváří objekt
- Může být přetížen pro různé typy a počty parametrů
- Není-li konstruktor předepsán, je vygenerován konstruktor s prázdným seznamem parametrů
 - Je-li konstruktor deklarován, implicitní zaniká

Vzájemné volání konstruktorů 1/2

- V konstruktoru můžeme volat jiný konstruktor použitím operátoru `this`

```
public class Complex {
    ...
    public Complex(double r) {
        re = r;
    }

    public Complex(double r, double i) {
        this(r); //volani konstruktoru Complex(double r)
        im = i;
    }
    ...
}
```

Vzájemné volání konstruktorů 2/2

- Můžeme vytvořit jeden „obecný“ konstruktor, který bude volán z ostatních konstruktorů

```
public class Complex {
    ...
    public Complex(double r, double i) {
        re = r;
        im = i;
    }
    public Complex(double r) {
        this(r, 0.0);
    }
    public Complex() {
        this(0.0, 0.0);
    }
    ...
}
```

Příklad třídy jako rozšířeného datového typu

- Využijeme zapouzdření a implementujeme třídu reprezentující dvou rozměrnou matici hodnot typu double

```
public class Matrix {
    private final double[][] values;
    private final int rows;
    private final int cols;
    ...
}
```

- V konstruktoru vytváříme pole polí hodnot double a nastavíme proměnnou double[][] values
- Položka values je privátní a uživateli je skryta
- Rozměr matice je fixní po dobu života objektu (matice)

Shrnutí vlastností konstruktorů

- Jméno konstruktoru je identické se jménem třídy
- Konstruktor nemá návratovou hodnotu

Ani void

- Předčasně lze ukončit činnost konstruktoru voláním **return**
- Konstruktor má parametrou část jako metoda – může mít libovolný počet a typ parametrů
- V těle konstruktoru můžeme použít operátor **this** jako odkaz na příslušný konstruktor s počtem, pořadím a typem parametrů

Nepíšeme jméno třídy

- **Konstruktor je zpravidla vždy public**
- Privátní (**private**) konstruktor použijeme například pro:
 - Třídy obsahující pouze statické metody (utility)

Zakážeme tak vytváření instancí.

- Třídy obsahující pouze konstanty
- Takzvané singletony (singletons)

např. „továrny na objekty“

Příklad – Třída Matrix – Konstruktor

- V konstruktoru testujeme přípustnost rozměru matice

```
public class Matrix {
    ...
    public Matrix(int rows, int cols) {
        if (rows <= 0 || cols <= 0) {
            throw new IllegalArgumentException();
        }
        this.rows = rows;
        this.cols = cols;
        values = new double[rows] [];
        for (int i = 0; i < rows; i++) {
            values[i] = new double[cols];
        }
    }
    ...
}
```


Příklad – Třída Matrix – Přístupové metody

- Přístup na datové položky implementujeme tzv. „accessory”
- Pro čtení použijeme „gettery”

```
public class Matrix {
    ...
    public int getNumberOfRows() {
        return rows;
    }

    public int getNumberOfCols() {
        return cols;
    }
    ...
}
```

Příklad – Třída Matrix – Nastavení hodnoty matice

- Podobně testujeme nastavení hodnoty buňky

```
public class Matrix {
    ...
    public void setValueAt(int r, int c, double v)
        throws IllegalArgumentException {
        if (r < 0 || r >= rows || c < 0 || c >= cols) {
            throw new IllegalArgumentException();
        }
        values[r][c] = v;
    }
    ...
}
```

Případně můžeme implementovat společnou metodu pro testování indexů.

Příklad – Třída Matrix – Přístupová metoda buňky matice

- Při přístupu na buňku matice testujeme přípustnost indexů

```
public class Matrix {
    ...
    public double getValueAt(int r, int c) throws
        IllegalArgumentException {
        if (r < 0 || r >= rows || c < 0 || c >= cols) {
            throw new IllegalArgumentException();
        }
        return values[r][c];
    }
    ...
}
```

Příklad – Třída Matrix – Přetížený konstruktor

- Výhodou zapouzdření je, že nemusíme kontrolovat, zdali jsou dílčí pole (sloupce) alokovány
- Alokaci garantuje konstruktor
 - Např. v případě nedostatku paměti, selže volání konstruktoru.*
- Pro vytvoření matice stejných rozměrů můžeme využít přetížený konstruktor a operátor **this**

```
public class Matrix {
    ...
    public Matrix(Matrix m) {
        this(m.rows, m.cols);
    }
    ...
}
```

Pro vytváření kopií objektů můžeme také implementovat rozhraní Cloneable předepisující metodu clone a dále pak vytvářet mělké či hluboké kopie.

Příklad – Třída Matrix – Vyplnění matice

- Podobně jako v příkladu ze 4. přednášky můžeme implementovat vyplnění matice náhodnými hodnotami (např. pro testovací účely)

lec04/DemoArrayOfArray.java

```
public class Matrix {
    ...
    public void fillRandom() {
        for (int r = 0; r < rows; ++r) {
            for (int c = 0; c < cols; ++c) {
                values[r][c] = (int) (Math.random() * 10);
            }
        }
    }
    ...
}
```

Příklad – Třída Matrix – Součet

- Podobně můžeme implementovat metodu pro součet dvou matic aniž bychom museli explicitně kontrolovat každý řádek matic

Srovnejte s implementací ze 4. přednášky

```
public class Matrix {
    public Matrix sum(Matrix a) {
        if (!(rows == a.rows && cols == a.cols)) {
            return null;
        }
        Matrix ret = new Matrix(this);
        double[][] m = ret.values;
        for (int r = 0; r < rows; ++r) {
            for (int c = 0; c < cols; ++c) {
                m[r][c] = values[r][c] + a.values[r][c];
            }
        }
        return ret;
    }
}
```

Příklad – Třída Matrix – Tisk matice

- Předefinováním metody toString můžeme využít pro tisk metodou System.print

```
public class Matrix {
    @Override
    public String toString() {
        StringBuilder str = new StringBuilder();
        for (int r = 0; r < rows; ++r) {
            for (int c = 0; c < cols; ++c) {
                str.append(
                    String.format("%s%4.1f",
                        c > 0 ? " " : "", values[r][c]));
            }
            str.append("\n");
        }
        return str.toString();
    }
}
```

@Override – je anotace indikující úmysl přepsat metodu předka

Příklad – Třída Matrix – Příklad součtu

- Vytvoříme dvě matice, které náhodně vyplníme a sečteme
- Výsledek uložíme do referenční proměnné sum

```
Matrix m1 = new Matrix(3, 3);
Matrix m2 = new Matrix(3, 3);
```

```
m1.fillRandom();
m2.fillRandom();
Matrix sum = m1.sum(m2);
```

```
System.out.println("m1:\n" + m1);
System.out.println("m2:\n" + m2);
System.out.println("sum:\n" + sum);
```

lec07/Matrix.java, lec07/DemoMatrix.java

Příklad – Třída Matrix – Součin

- Podobně jako součet implementujeme součin

Pro jednoduchost předpokládáme čtvercové matice

```
public Matrix product(Matrix a) {
    final int n = rows;
    if (!(cols == rows && a.rows == n && a.cols == n)) {
        return null;
    }
    Matrix ret = new Matrix(this);
    for (int i = 0; i < n; ++i) {
        for (int j = 0; j < n; ++j) {
            ret.values[i][j] = 0.0;
            for (int k = 0; k < n; ++k) {
                ret.values[i][j] += values[i][k] * a.values[k][j];
            }
        }
    }
    return ret;
}
```

final int n vs final int N

Příklad – Třída Matrix – product vs productTrans

```
final int N = 1000;
m1 = new Matrix(N, N);
m2 = new Matrix(N, N);
m1.fillRandom();
m2.fillRandom();

long t1 = System.currentTimeMillis();
m1.product(m2);
long t2 = System.currentTimeMillis();
long dt1 = t2 - t1;
System.out.printf("Time %14s: %6d ms%n", "product", dt1);
m1.productTrans(m2);
long t3 = System.currentTimeMillis();
long dt2 = t3 - t2;
System.out.printf("Time %14s: %6d ms%n", "productTrans", dt2);
```

lec07/Matrix.java, lec07/DemoMatrix.java

Program si vyzkoušejte a vysvětlete rozdíl.

Příklad – Třída Matrix – Součin (jinak)

- Součin můžeme také implementovat alternativně s využitím transpozice

```
public Matrix productTrans(Matrix a) {
    final int n = rows;
    Matrix mTmp = new Matrix(this);
    for (int r = 0; r < n; ++r) { //transpozice matice a
        mTmp.values[r][r] = a.values[r][r];
        for (int c = r + 1; c < n; ++c) {
            mTmp.values[r][c] = a.values[c][r];
            mTmp.values[c][r] = a.values[r][c];
        }
    }
    Matrix ret = new Matrix(this);
    for (int i = 0; i < n; ++i) {
        for (int j = 0; j < n; ++j) {
            ret.values[i][j] = 0.0;
            for (int k = 0; k < n; ++k) {
                ret.values[i][j] += m1[i][k] * mTmp.values[j][k];
            }
        }
    }
    return ret;
}
```

Informativní

Shrnutí přednášky

Diskutovaná témata

- Třídy a objekty
 - Úvod do objektově orientovaného modelování (analýzy a návrhu)
 - Objektově orientované programování (OOP)
 - Struktura objektu a zapouzdření
 - Příklad – Třída Complex
- Vztahy mezi objekty – agregace, dědičnost, polymorfismus
- OOP v Javě
 - Metody a datové položky třídy a instance
 - Řízení přístupu k položkám
 - Konstruktor třídy
 - Příklad – Třída Matrix
- **Příště: Dědičnost**