Objektno orijentirano programiranje u *Javi*

D470

srce
Sveučilište u Zagrebu
Sveučilišni računski centar

Ovu su inačicu priručnika izradili:

Autor: Hrvoje Backović

Recenzent: Ivan Rančić

Urednica: Petra Gmajner

Lektorica: Mia Kožul

Sveučilište u Zagrebu

Sveučilišni računski centar

Josipa Marohnića 5, 10000 Zagreb

edu@srce.hr

ISBN 978-953-8172-63-2 (meki uvez)
ISBN 978-953-8172-64-9 (PDF)

Verzija priručnika D470-20210416

Sadržaj

Uvod

Svrha ovoga priručnika jest upoznavanje s konceptima objektno orijentiranoga programiranja i temeljnim načelima oblikovanja kroz rad u programskom jeziku *Java*.

Preduvjet za razumijevanje gradiva ovoga priručnika jest poznavanje rada na računalu i poznavanje osnova programiranja u nekom programskom jeziku (npr. C/C++ ili Python). Priručnik se sastoji od devet poglavlja koja se obrađuju kroz pet dana, po četiri školska sata dnevno. Na kraju svakoga poglavlja nalaze se pitanja za ponavljanje, a većina poglavlja sadrži i praktičnu vježbu koja služi polaznicima da dodatno utvrde gradivo. Peti dan tečaja predviđen je za rješavanje završne vježbe koja obuhvaća sveukupno gradivo priručnika.

Na ovom tečaju polaznici će naučiti pisati programe u programskom jeziku *Java* koristeći objektno orijentiranu paradigmu. Nakon tečaja polaznici će razumjeti koncepte objektnoga programiranja te će biti u stanju primijeniti temeljna načela oblikovanja na nove i postojeće programske sustave koristeći oblikovne obrasce. Naučene koncepte moći će primijeniti u radu s drugim programskim jezicima.

Ovaj priručnik implementira koncepte objektno orijentiranoga razvoja u programskom jeziku *Java* jer omogućuje objektno orijentiranu paradigmu na vrlo intuitivan način zbog čega je idealan jezik za učenje koncepta.

U priručniku su važni pojmovi pisani **podebljano**. Ključne riječi, imena varijabli, funkcija, metoda i ostale programske konstrukcije pisane su drugačijim fontom od uobičajenog, na primjer: `System.out.println("Hello World!")`. Nazivi na engleskom jeziku pisani su *kurzivom* i u zagradi, na primjer, "razred (engl. *class*)".

Programski kôd pisan je na sljedeći način:

U prvom dijelu bit će napisan programski kôd.

```
for (int i = 0; i < 2; ++i)
      System.out.println("Hello World!")
```

```
Izlaz:
      Hello World!
      Hello World!
```

U drugom dijelu bit će prikazan dobiveni izlaz programa.

1. *Java* okruženje

Po završetku ovoga poglavlja moći ćete*:*

- *definirati osnovne pojmove vezane za* Java *okruženje*
- *opisati postupak prevođenja i izvedbe* Java *programa.*

1.1. *Java* kao jezik, platforma i ekosustav

Java je objektno orijentirani jezik koji su 1995. godine razvili James Gosling i drugi inženjeri u tvrtki ***Sun Microsystems***. Tvrtku je u međuvremenu preuzela ***Oracle*** korporacija koja se od tad brine za daljnji razvoj i održavanje jezika i platforme. *Java* jezik opisan je **specifikacijom** [2] koja sadrži detaljne informacije o svim aspektima samoga jezika poput tipova podataka, ključnih riječi, naredbama za upravljanje uvjetno izvođenje i sl.

Programski jezik *Java* oblikovan je idejom **„piši jednom, pokreni bilo gdje“** (engl. ***„write once, run anywhere“***) koja ilustrira prednost jezika da se jednom napisani i prevedeni program **bez preinaka** izvodi na mnoštvu različitih platformi i uređaja (računalo, mobitel, bazna stanica itd.).

Java programi pišu se za ***Javin* virtualni stroj** (engl. ***Java Virtual Machine***, **JVM**). To je apstraktni stroj definiran **specifikacijom** [2] koja strogo definira ponašanje stroja prilikom izvođenja prevedenih *Java* programa. *Javin* virtualni stroj služi kao **platforma** za izvođenje *Java* programa. Svaki uređaj sadrži posebnu implementaciju JVM-a koja slijedi specifikaciju čime se postiže prethodno spomenuta ideja pisanja višeplatformskih aplikacija.

Java jezik sam po sebi nije pretjerano koristan. Kako bi omogućio korisnicima brz i efikasan razvoj aplikacija, *Java* nudi **skup biblioteka** uz pomoć kojeg programeri mogu jednostavno implementirati razne funkcije kao što su čitanje i pisanje datoteka, spremanje podataka u efikasne strukture podataka, stvaranje grafičkih sučelja itd. Detaljne informacije o bibliotekama nalaze se u dokumentu ***Java* API** (***Java Application Programming Interface***) [3].

Kako bi određeni uređaj mogao pokretati *Java* programe, na njemu je potrebno postaviti **okruženje za pokretanje** (engl. ***Java Runtime Environment***, **JRE**). Ono sadrži implementaciju *Javinoga* virtualnog stroja i obvezni skup biblioteka što predstavlja minimum za pokretanje *Java* programa.

Za pisanje i prevođenje *Java* programa potreban je ***Java* razvojni komplet** (engl. ***Java Development Kit***, **JDK**). To je nadskup JRE-a koji osim toga sadrži implementaciju prevoditelja i drugih pomoćnih alata.

Posljednje verzije paketa JRE i JDK mogu se preuzeti sa službene stranice Oracle korporacije [4].

Ovaj priručnik koristi osnovnu verziju *Java* platforme pod nazivom ***Java* SE** (***Java Standard Edition***). Osim toga postoji i puno veća specifikacija ***Java* EE** (***Java Enterprise Edition***) koja uključuje i razne tehnologije za rad s bazama podataka, izradu web-stranica i dr. U sklopu ovoga tečaja koristit će se najnovija verzija standardne edicije *Jave*, što je u ovom trenutku ***Java* SE 14**.

Prednosti *Jave* nisu samo u jeziku i platformi koja sadrži mnoštvo različitih biblioteka. Oko jezika i platforme razvio se veliki **ekosustav** drugih biblioteka, tehnologija pa čak i programskih jezika stvorenih i održavanih od strane drugih ljudi i kompanija. Neki od najpoznatijih tehnologija unutar *Java* ekosustava su *JUnit*, *Spring*, *Grails*, *Gradle* itd.

U *Java* ekosustavu razvijeni su posebni prevodioci za postojeće programske jezike (npr. *Python*, *Haskell*, *Ruby, Javascript*) koji omogućuju takvim programima izvršavanje na JVM-u, čime zapravo postaju višeplatformski.

Osim *Jave* postoje i drugi jezici koji su stvoreni isključivo za JVM platformu kao što su *Clojure* i *Kotlin*.

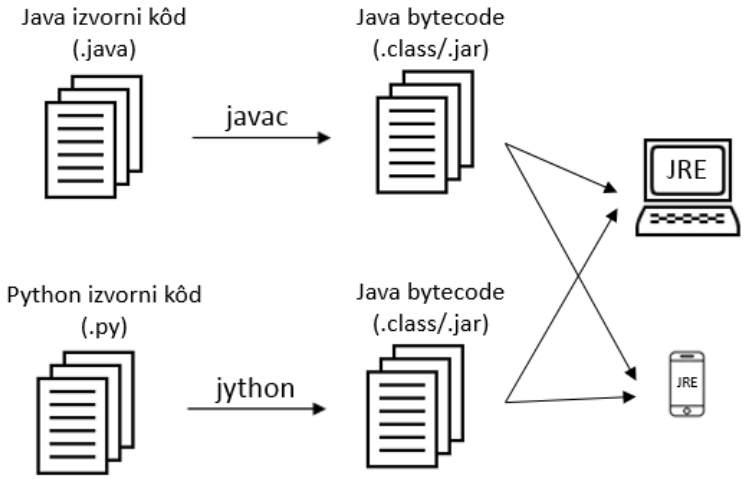
1.2. **Postupak prevođenja i izvedbe programa**

Programi pisani u *Javi* podijeljeni su u datoteke izvornoga kôda s ekstenzijom ***.java***. Koristeći *Java* prevoditelj (engl. ***Java compiler***, ***javac***), program će biti preveden u **međukôd** koji se naziva ***bytecode***. *Bytecode* datoteke imaju ekstenziju ***.class***, a mogu se i grupirati u arhive s ekstenzijom ***.jar*** s ciljem lakšega prenošenja. Na sličan način mogu se prevesti i drugi jezici koji to podržavaju. Npr. Python programi prevode se koristeći ***jython*** prevoditelj.

Prevedeni programi mogu se učitati u *Javin* virtualni stroj na bilo kojem uređaju koji ga podržava. Virtualni stroj će učitani *bytecode* **interpretirati**, što znači da će svaku naredbu zasebno prevoditi u strojni kôd i zatim izvršiti.

Prilikom interpretiranja, JVM može **optimizirati** dijelove programa tako da ih unaprijed prevede u strojni kôd. To se najviše isplati u dijelovima programa koji se često izvode. Takvo prevođenje obavlja **JIT prevoditelj** (***Just In Time Compiler***).

Cijeli postupak vizualiziran je na sljedećoj slici:



1.3. **Pitanja za ponavljanje: *Java* okruženje**

1. Kad je nastao programski jezik *Java* i tko ga trenutačno održava?
2. Što je *JVM* i čemu služi?
3. Što su *JRE* i *JDK*?
4. Što je *Java* ekosustav?
5. Nabrojite nekoliko programskih jezika za koje postoji podrška za *JVM*.
6. Kako se naziva rezultat (međukôd) prevođenja *Java* programa?
7. Što je *JIT* prevoditelj i koju funkciju obavlja?

2. Prvi program u *Javi*

Po završetku ovoga poglavlja polaznik će steći osnovno znanje potrebno za razvoj programa u *Javi*. Polaznik će moći*:*

- *koristiti* Eclipse *razvojno okruženje za pisanje programa*
- *prevesti i izvesti prethodno napisane programe*
- *arhivirati programe s ciljem lakšega prenošenja.*

Ovaj priručnik koristi programski jezik ***Java*** kako bi prikazao i implementirao koncepte objektno orijentiranoga programiranja. Zbog jednostavnosti i olakšanoga razvojnog procesa koristi se razvojno okruženje ***Eclipse***. Postoje i druga popularna razvojna okruženja poput *IntelliJ* i *NetBeans*, ali oni neće biti obrađeni u ovom priručniku.

Eclipse verzija

Za potrebe ovoga tečaja koristi se verzija 2019-12 (4.14.0) razvojnog okruženja *Eclipse*.

Ovo poglavlje obrađuje osnove korištenja razvojnog okruženja te kroz vrlo jednostavan primjer daje detaljne upute za pisanje, prevođenje i izvođenje programa u *Javi*. Na kraju se obrađuje proces arhiviranja *Java* programa čime se olakšava prenošenje programa na druga računala.

2.1. Pisanje i organizacija programskoga kôda

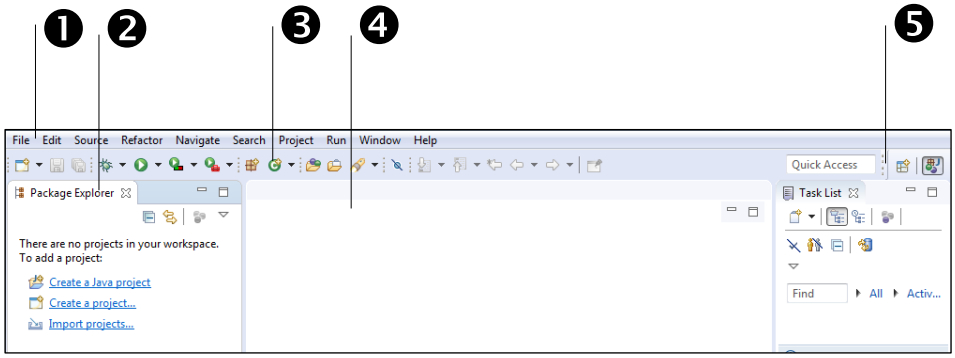
2.1.1. Razvojno okruženje *Eclipse*

Kako bi se dodatno olakšalo pisanje programa, u sklopu tečaja koristi se **integrirano razvojno okruženje** (engl. ***Integrated Development Environment***, **IDE**) ***Eclipse*** koje nudi brojne mogućnosti čime se uvelike ubrzava razvoj, kao što su:

- Bojanje sintakse (engl. *syntax highlighting*)
- Dovršavanje kôda (engl. *code completion*)
- Prijavljivanje pogrešaka prilikom pisanja
- Otklanjanje pogrešaka (engl. *debugging*)
- Povezanost sa sustavima za verzioniranje kôda (engl. *version control*), npr. *Git*, *Subversion*.

Eclipse je vrlo popularna razvojna okolina koja nudi podršku za mnoštvo programskih jezika kao što su *C/C++*, *Haskell*, *Ruby*, *Python* itd. *Eclipse* je većinski implementiran u *Javi* te ga je moguće nadograditi dodacima (engl. *plugins*) čime se jednostavno ugrađuju dodatne funkcionalnosti (npr. *Checkstyle*, *FindBugs*).

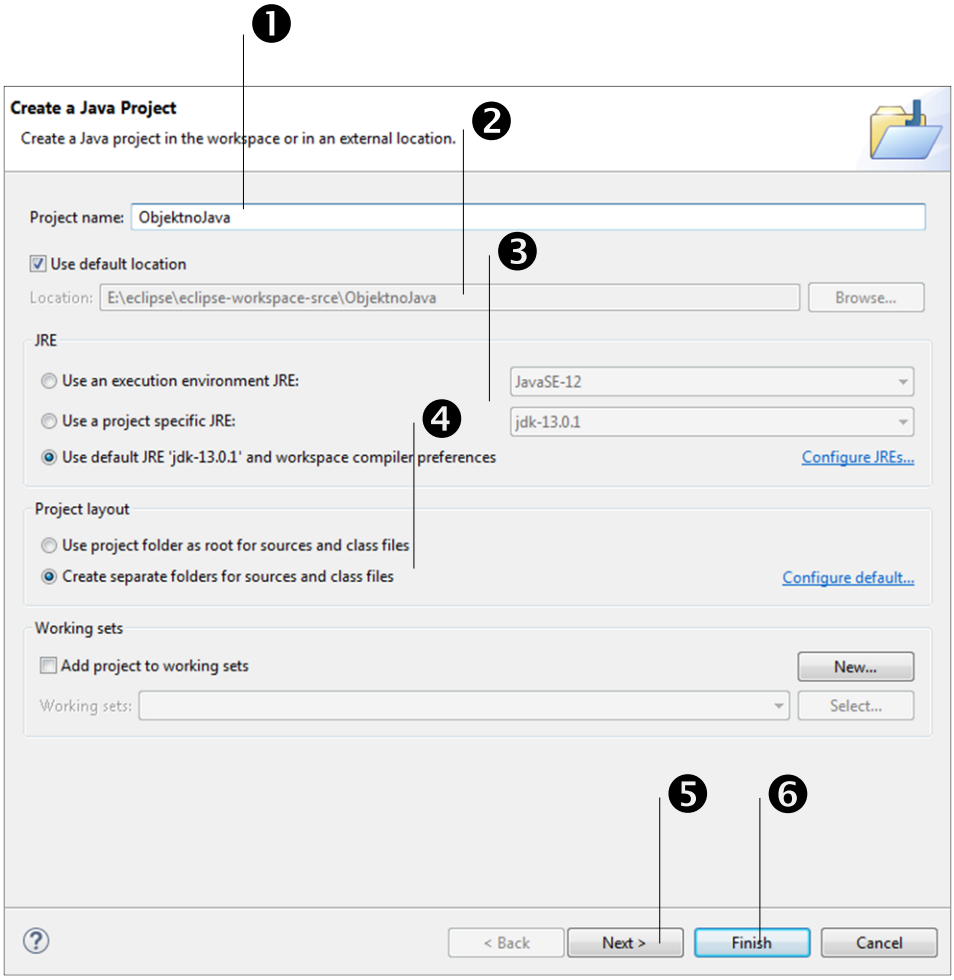
Eclipse ima svoj **radni prostor** (engl. *workspace*) koji je potrebno definirati prilikom pokretanja. U tom prostoru nalaze se **projekti** unutar kojih se pišu programi.



1. Glavna traka izbornika (engl. *Menu bar*).
2. Hijerarhijski pregled projekata, paketa i datoteka.
3. Alatna traka s komandama za prevođenje i pokretanje programa, kreiranje paketa, razreda itd.
4. Glavni prozor za pregled i pisanje programa.
5. Gumbi za odabir perspektive. **Perspektiva** je razmještaj prozora i pogleda unutar programa *Eclipse* čime se može efikasno prebacivati u drugi način rada (npr. iz pisanja programa u pokretanje i otklanjanje pogrešaka). Pretpostavljena perspektiva je ***Java* perspektiva** koja se koristi za razvoj *Java* programa.

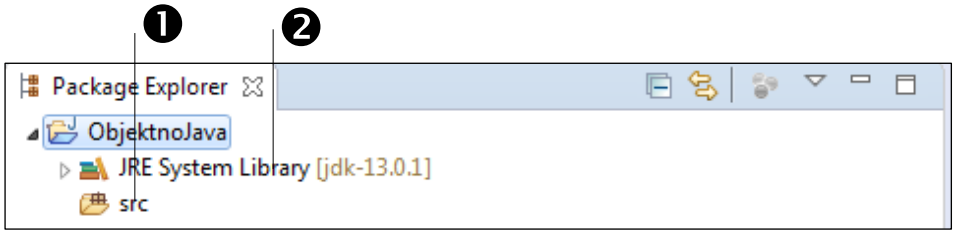
2.1.2. **Stvaranje novoga projekta**

Kako bi započeo razvoj *Java* programa, potrebno je najprije stvoriti projekt koristeći kraticu iz alatne trake ili glavnu traku izbornika odabirom *File* → *New* → ***Java Project***. Pritom se otvara novi dijaloški okvir s postavkama projekta koje je preporučljivo konfigurirati kao na slici:



1. Ime projekta, pri čemu se najčešće koristi *Pascal Case*, gdje su riječi pisane spojeno te svaka riječ počinje velikim slovom.
2. Lokacija projekta na računalu. Pretpostavljena i preporučena vrijednost je unutar radnoga prostora *Eclipsea*.
3. Odabir specifične verzije JRE-a koja će se koristiti unutar projekta. Preporučuje se korištenje najnovije verzije.
4. Odabir razmještaja datoteka unutar projekta. Zbog jednostavnosti se preporučuje odabir odvojenih direktorija za izvorne (.java) i prevedene (.class) datoteke. Pritom se ti direktoriji najčešće nazivaju **src** (engl. ***source***) i **bin** (engl. ***binary***).
5. Pritiskom na *Next* dobije se niz drugih postavki projekta kojima se konfiguriraju vanjske biblioteke, međuovisnosti projekata i dr. Za potrebe tečaja nije nužno mijenjati te postavke.
6. Pritiskom na *Finish* kreira se projekt sa svim odabranim postavkama.

Eclipse će s lijeve strane nakon stvaranja projekta prikazati hijerarhijsku strukturu projekta prikazanu na slici:



1. Direktorij s paketima i izvornim (.java) datotekama projekta. Cjelokupni kôd projekta nalazit će se unutar ovog direktorija.
2. Arhivirane standardne biblioteke iz JDK-a koje su dostupne za korištenje unutar projekta.

2.1.3. **Stvaranje paketa**

Programi u *Javi* tipično su raspodijeljeni u **pakete** (engl. ***packages***) koji služe za logičku i hijerarhijsku raspodjelu izvornih programa s ciljem lakšega snalaženja. Uz to, oni služe kao **imenski prostori** (engl. ***namespaces***) koji omogućavaju imenovanje više izvornih datoteka istim nazivom.

Zbog osiguravanja jednoznačnosti, u *Javi* nije dozvoljeno definiranje više datoteka istog imena. To bi brzo postao veliki problem jer već postoji mnoštvo datoteka unutar standardnih biblioteka JDK-a pa bi se vrlo lako dogodilo da definiramo datoteku s postojećim imenom. Iz tog razloga postoje paketi čije se ime nadodaje punom imenu datoteke. Tako će, na primjer, *MojaDatoteka.java* unutar paketa *moj.paket* imati puno ime ***moj.paket.MojaDatoteka.java***.

U praksi se za imenovanje paketa koristi kombinacija **obrnute internetske domene** neke kompanije ili institucije te **naziva projekta ili softvera**, na primjer, *hr.unizg.srce.d470.iznimke*. Ovakvo imenovanje služi za sprečavanje kolizija u imenima razreda prilikom korištenja programa koji su razvijeni u različitim kompanijama i sl.

Datoteke koje ne pripadaju nijednom paketu smještene su automatski u **neimenovani paket** (engl. ***unnamed/default package***). Ovo je loša praksa koju službena dokumentacija jezika ne preporučuje.

Novi paket može se stvoriti korištenjem kratice iz alatne trake ili odabirom *File* → *New* → ***Package*** u glavnoj izbornoj traci. Pritom se otvara novi dijaloški okvir u kojem je dovoljno specificirati ime paketa. Prilikom imenovanja paketa uobičajeno je koristiti mala slova.

Nakon stvaranja paketa stvoren je i istoimeni direktorij u radnom prostoru *Eclipsea*. Struktura paketa ocrtava strukturu direktorija unutar projekta čime se elegantno razdjeljuju izvorne datoteke.

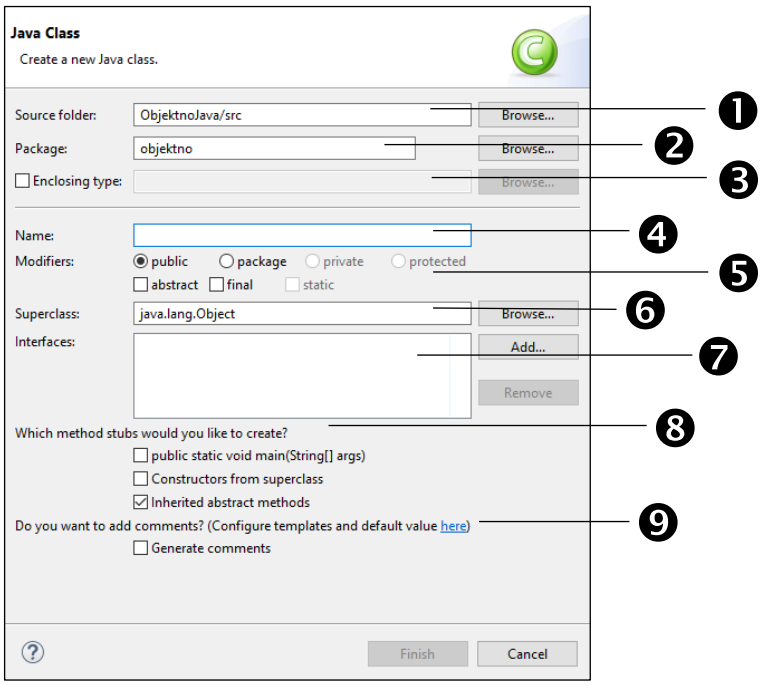
Java nema podršku za definiranje **potpaketa** unutar drugih paketa, ali je moguće definirati dublju strukturu direktorija koristeći točku u imenu

paketa. Tako će, na primjer, paket *moj.veliki.paket* stvoriti lanac direktorija ***moj\veliki\paket***. Moguće je uz to definirati i paket *moj*, ali je važno napomenuti da on po definiciji nije nadpaket od *moj.veliki.paket*, iako dijele strukturu direktorija.

2.1.4. Stvaranje razreda

Programski kôd u *Javi* podijeljen je u **razrede** (engl. ***classes***). U praksi Java projekti sadrže mnoštvo razreda pa je zato uobičajeno i preporučeno da se implementacija svakoga razreda piše u zasebnu istoimenu datoteku. Na primjer, razred *Trokut* bit će implementiran u datoteci *Trokut.java*. Detaljnije o razredima i objektima u kasnijim poglavljima.

Kako bi napisali prvi program u *Javi*, potrebno je stvoriti novi razred korištenjem kratice iz alatne trake ili odabirom *File* → *New* → ***Class*** u glavnoj izbornoj traci. Pritom se otvara novi dijaloški okvir prikazan na slici:



1. Bazni direktorij izvornoga kôda. Preporučuje se odabir *src* direktorija unutar projekta.
2. Ime paketa u koji će biti smješten razred.
3. Opcija za stvaranje ugniježđenoga razreda.
4. Ime razreda.
5. Modifikatori razreda.
6. Odabir baznoga razreda.
7. Lista sučelja koju razred implementira.
8. Opcije za stvaranje krnjih metoda kao što su ***main*** ili naslijeđene apstraktne metode.

9. Opcija za automatsko stvaranje dokumentacije, odnosno *Javadoc* komentara unutar razreda.

Za pisanje prvoga programa dovoljno je upisati ime razreda te odabrati stvaranje metode ***main*** (točke 4. i 8.). Ostale opcije trebale bi imati pretpostavljene vrijednosti koje su u ovom trenutku dovoljne. Svi nepoznati pojmovi kao što su sučelja, ugniježđeni razredi i modifikatori pristupa bit će detaljno objašnjeni u kasnijim poglavljima.

Važno je napomenuti da prethodno navedene opcije služe kako bi prilikom stvaranja razreda dobili pripremljenu datoteku izvornoga kôda s djelomično napisanim programom. Time se ubrzava proces razvoja te se smanjuje mogućnost pogreške. U slučaju da se neka opcija zaboravi postaviti, može se naknadno ručno implementirati u samom programu.

2.1.5. **Pisanje programa**

Nakon stvaranja razreda, u prozoru razvojnog okruženja otvorit će se nova datoteka s izvornim tekstom programa:

```
package hr.unizg.srce.d470;

public class PrviProgram {

	public static void main(String[] args) {
		// TODO Auto-generated method stub

	}

}
```

Ovaj program definira razred `PrviProgram` unutar paketa `hr.unizg.srce.d470`. Taj razred ima jednu metodu `main` koja služi kao početna točka izvršavanja programa. Svaki *Java* program mora imati barem jednu takvu metodu `main` od koje će krenuti. Ovako napisan program je valjan, ali zasad ne radi ništa dok ga se ne nadogradi.

Ključna riječ **`package`** nakon koje slijedi ime paketa predstavlja naredbu kojom se definira paket u kojem će se nalaziti taj razred. Važno je primijetiti da svaka naredba završava znakom „`;`“ kao što je slučaj u mnogim drugim programskim jezicima.

Ključna riječ **`class`** nakon koje slijedi ime razreda služi za definiranje razreda. Nakon imena slijede vitičaste zagrade unutar kojih se nalazi tijelo razreda. Nakon vitičastih zagrada ne stavlja se znak „`;`“.

Ključna riječ **`public`** predstavlja modifikator pristupa koji se može koristiti ispred definicija razreda, metoda ili atributa. Ovaj modifikator označava da su razred `PrviProgram` i metoda `main` javni (engl. *public*) što znači da su vidljivi drugim razredima čak i izvan paketa u kojem se nalaze. Postoji više modifikatora koji su detaljnije obrađeni u kasnijim poglavljima.

U tijelu razreda nalazi se metoda `main` u kojoj počinje izvođenje programa. Metode u *Javi* funkcioniraju jednako kao funkcije u brojnim drugim programskim jezicima.

Metoda `main` kao **ulazni parametar** prima `String[] args`. To je polje, odnosno niz elemenata tipa `String` koje program dobije prilikom pokretanja. `String` je jedan od brojnih tipova podataka u *Javi* te predstavlja niz znakova (npr. *„jabuka“*). Osnovni tipovi podataka bit će obrađeni u nastavku.

Ispred imena metode nalazi se **povratni tip podataka** koji metoda treba vratiti nakon izvođenja. U ovom slučaju to je ključna riječ **`void`** koja označava da metoda zapravo ne vraća ništa.

Ispred imena metode `main` nalazi se i ključna riječ **`static`**. To je također modifikator koji označava da se radi o statičkoj metodi odnosno **metodi razreda** (engl. *class method*). Statički članovi bit će objašnjeni naknadno.

U programima je moguće pisati **komentare** koji služe da bi dali objašnjenja za određene dijelove kôda te tako povećavaju čitljivost. Komentare je moguće pisati u trima oblicima:

- **Jednolinijski komentari** počinju znakovima `//` i protežu se do kraja istoga retka. Takav komentar vidljiv je i u prethodnom primjeru:

```
// Obični jednolinijski komentar.
```

- **Višelinijski komentari** počinju znakovima `/*` i završavaju prvim pojavljivanjem znakova `*/`.

```
/* Ovo je primjer
 * višelinijskog
 * komentara.
 */
```

- **Dokumentacijski komentari**, odnosno ***Javadoc*** komentari kojima se piše službena dokumentacija. Ovi komentari počinju znakovima `/**` i završavaju prvim pojavljivanjem znakova `*/`. Obično se pišu iznad definicija razreda, metoda i atributa kako bi ih pobliže opisali:

```
/**
 * Glavna metoda prvog programa.
 *
 * @param args Ulazni parametri programa.
 */
public static void main(String[] args) {
```

***Javadoc* komentari**

U dokumentacijskim komentarima koriste se predefinirane oznake (engl. ***tags***), npr. `@param` i `@return`, kojima se oblikuje dokumentacija.

Moguće je automatski generirati kompletnu dokumentaciju projekta u HTML formatu.

Više informacija o *Javadoc* komentarima može se pronaći u dodatnoj literaturi [5].

Da bi prvi program bio zanimljiviji, može se nadograditi da ispisuje tekst na ekran na sljedeći način:

```
package hr.unizg.srce.d470;

public class PrviProgram {

	public static void main(String[] args) {
		System.out.println("Prvi program.");
	}

}
```

```
Izlaz:
	Prvi program.
```

Eclipse predlošci kôda

Naredba za ispisivanje može se brže napisati uz pomoć predložaka kôda u razvojnom okruženju *Eclipse*. Dovoljno je napisati *„sysout“* te pritisnuti kombinaciju tipki Ctrl + Space.

Popis postojećih predložaka može se pronaći odabirom *Window* → ***Preferences*** u glavnoj izbornoj traci, nakon čega se otvara dijaloški okvir u kojem je potrebno odabrati *Java* → *Editor* → ***Templates***.

Program poziva metodu `println` koja služi za ispisivanje sadržaja na ekran, a kao argument joj se predaje niz znakova `"Prvi program."` koji će se ispisati. Metodi `println` mogu se predati i drugi tipovi podataka kao što su brojevi, znakovi ili drugi objekti.

Važno je napomenuti da se metoda `println` nalazi u drugom razredu (konkretno `PrintStream`) pa ju je potrebno pozvati koristeći objekt toga razreda (`out`) koji se pak nalazi unutar razreda `System`. Razredi i objekti bit će detaljno obrađeni u sljedećem poglavlju.

Prilikom pisanja programa vrlo je važan **stil pisanja kôda** (engl. ***code style***) koji mora biti elegantan i čitljiv. To je osobito važno kad na istom projektu sudjeluje više ljudi koji će biti vrlo zahvalni ako prilikom čitanja taj kôd bude lijepo oblikovan. Iz tog razloga preporučuje se pridržavanje **jednom** stilu pisanja. U praksi je čest slučaj da postoje strogi mehanizmi koji će automatski spriječiti mijenjanje programa ako ta promjena nije u skladu s predefiniranim stilom pisanja.

Razvojno okruženje *Eclipse* nudi kraticu **Ctrl + Shift + F** kojom će se trenutno otvoreni program (bez sintaksnih pogrešaka) **formatirati** kako bi se prilagodio ugrađenom stilu pisanja. Ugrađeni stil pisanja moguće je dorađivati u postavkama okruženja odabirom *Window* → *Preferences* u glavnoj izbornoj traci te *Java* → *Code Style* → ***Formatter*** u otvorenom dijaloškom okviru. Postoje brojni gotovi stilovi pisanja koje je moguće dohvatiti putem Interneta i uvesti u *Eclipse*.

2.2. **Prevođenje, izvođenje i arhiviranje programa**

U ovom potpoglavlju bit će objašnjeno kako prevesti, izvesti te naposljetku arhivirati prethodno napisani prvi program u *Javi*. Najprije će biti opisan postupak koji koristi komandnu liniju, a zatim će biti objašnjeno kako jednostavnije to napraviti u razvojnom okruženju *Eclipse*.

2.2.1. **Korištenje komandne linije**

Nakon uspješne instalacije JDK-a, na *Windows* računalima mogu se pronaći izvršni programi potrebni za razvoj programa u *Javi*. Oni se najčešće nalaze u ***C:\Program Files\Java\jdk-xx.x.x\bin*** za određenu verziju JDK-a. Kako bi se tim programima moglo pristupati iz bilo kojega dijela sustava, potrebno je tu putanju dodati u ***PATH*** varijablu okruženja. U nastavku je prikazano kako koristiti te programe za prevođenje, izvođenje i arhiviranje *Java* programa.

Za prevođenje *Java* programa u *bytecode* koristi se *Java* prevoditelj (engl. *compiler*) u obliku izvršnoga programa ***javac***. U najjednostavnijem slučaju, *javac* kao argument prima izvornu (*.java*) datoteku koju treba prevesti. Prethodno napisani prvi program prevodi se tako da se u komandnoj liniji pozicionira na izvorni direktorij projekta (*src*) te se pokrene naredba:

```
javac hr\unizg\srce\d470\PrviProgram.java
```

čime se u istom direktoriju pored izvorne datoteke stvara i ***.class*** datoteka koja sadrži ***bytecode*** programa.

Za izvršavanje prevedenih *Java* programa koristi se izvršni program ***java*** koji pokreće lokalnu implementaciju *Javinoga* virtualnog stroja (*JVM*) te izvršava dani program na njemu. Izvršni program *java* kao argument prima puno ime razreda koji se pokreće te koji treba sadržavati metodu `main` gdje započinje izvršavanje programa. Prethodno prevedeni prvi program može se izvršiti korištenjem naredbe:

```
java hr.unizg.srce.d470.PrviProgram
```

pri čemu se na ekranu ispisuje poruka. U praksi *Java* programi sadrže mnoštvo razreda što rezultira s puno *.class* datoteka čime postaje nepraktično dijeliti prevedene *Java* programe, na primjer s drugim ljudima i računalima. Iz tog razloga prevedeni *Java* programi pakiraju se u **arhive** (engl. ***Java archive***) čime se cijeli *Java* projekti mogu svesti na jednu datoteku. *Java* arhivi po prirodi su slični *.zip* arhivima, s ponekim razlikama i drugačijom ekstenzijom: ***.jar***. Prethodno prevedeni prvi program može se arhivirati korištenjem naredbe:

```
jar --create --file priviprogram.jar
    --main-class hr.unizg.srce.d470.PrviProgram
    hr\unizg\srce\d470\PrviProgram.class
```

pri čemu se u trenutnom direktoriju stvara arhiv ***priviprogram.jar***. Tako arhivirani program može se direktno pokrenuti korištenjem naredbe:

```
java -jar priviprogram.jar
```

Cjelokupni postupak prevođenja, arhiviranja i izvršavanja programa u komandnoj liniji prikazan je na slici:

Varijable okruženja

Na *Windows* računalima postoje varijable okruženja (engl. ***environment variables***) među kojima je i varijabla ***PATH*** koja sadrži putanje koje će preko komandne linije biti dostupne iz bilo kojeg dijela sustava.

Na *Windows 10* računalima dovoljno je upisati *„environment variables“* u okvir pretraživanja na programskoj traci kako bi došli do cijelog popisa varijabli koje je moguće mijenjati.

Komandna linija

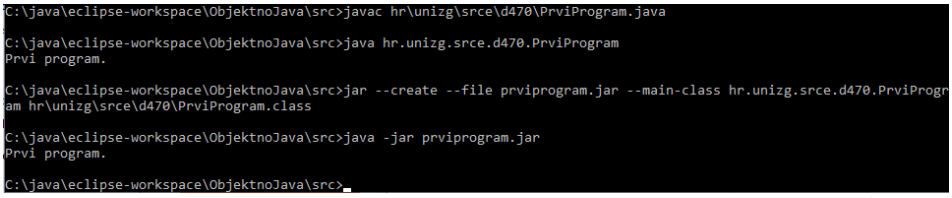
Komandna linija je tekstualno okruženje pomoću kojeg korisnik zadaje različite naredbe koje operacijski sustav treba izvršiti.

Na *Windows 10* računalima komandna linija može se pokrenuti upisivanjem „cmd“ u okvir pretraživanja na programskoj traci.

***Java* arhivi**

Java arhivi mogu se otvoriti s bilo kojim programom za rukovanje arhivima poput *.zip* ili *.rar* datoteka.

U *Java* arhivu može se pronaći datoteka ***MANIFEST.MF*** koja sadrži informacije o arhiviranim *Java* programima. Između ostaloga, sadrži parametar ***Main-Class*** s punim imenom razreda u kojem će krenuti izvođenje programa.



2.2.2. **Korištenje razvojnog okruženja**

Prethodno opisani proces prevođenja, izvršavanja i arhiviranja programa postaje nepraktičan uvođenjem više razreda i paketa. Time prethodne naredbe postaju komplicirane za korištenje te je vrlo lako napraviti grešku.

Iz tog razloga preporučuje se korištenje razvojnog okruženja *Eclipse* koje ima ugrađenu podršku za prevođenje, izvršavanje i arhiviranje programa. Prednost razvojnog okruženja je u tome što korisnik ne treba brinuti o postavljanju raznih parametara tijekom cijelog procesa, već se sve obavlja automatski pritiskom na gumb.

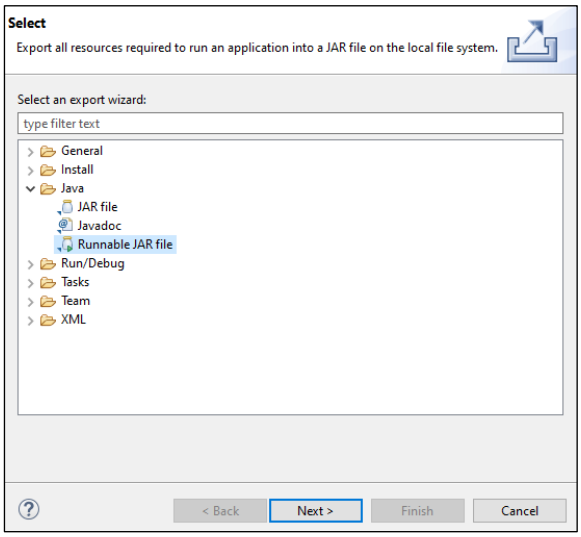
Napisani program može se izvršiti korištenjem kratice iz alatne trake ili odabirom *Run* → *Run As* → ***Java Application*** u glavnoj izbornoj traci. U donjem dijelu prozora razvojnog okruženja nalazi se okvir u kojem će se pojaviti izlaz iz programa (u ovom slučaju tekst *„Prvi program.“*).

U *Eclipseu* je moguće definirati konfiguracije izvršavanja (engl. *run configurations)* odabirom *Run* → ***Run Configurations*** u glavnoj izbornoj traci. U konfiguracijama je između ostalog moguće namjestiti **ulazne parametre programa** te definirati **glavni razred** koji će biti početna točka za izvršavanje programa.

Osim uobičajenog izvršavanja, *Java* programe moguće je pokretati u načinu uklanjanja pogrešaka (engl. ***debug mode***) te načinu za računanje pokrivenosti kôda (engl. ***coverage mode***). Više informacija o tome može se pronaći u službenom priručniku razvojnog okruženja *Eclipse* [6].

Važno je napomenuti da će izvršeni program biti automatski preveden prije samog izvođenja. Prevedene (*.class*) datoteke bit će spremljene u ***bin*** direktoriju unutar projekta. Eventualne pogreške koje prevoditelj može prijaviti bit će prikazane odmah prilikom pisanja programa čime se olakšava i ubrzava proces ispravljanja pogrešaka.

Postojeće projekte moguće je arhivirati odabirom *File* → ***Export*** u glavnoj izbornoj traci razvojnog okruženja. Pritom se otvara dijaloški okvir kao na slici:



Za kreiranje arhiva koji se može direktno izvršiti, potrebno je odabrati „***Runnable JAR file***“ te izabrati odgovarajući konfiguraciju izvršavanja čime se određuje glavni razred u kojem će program započeti s izvršavanjem.

2.3. **Vježba: Prvi program u *Javi***

Sljedeće zadatke potrebno je riješiti isključivo korištenjem *Eclipse* razvojnog okruženja. Pridržavajte se konvencija za imenovanje paketa, razreda i sl.

1. Otvorite razvojno okruženje *Eclipse* te odaberite radni prostor.
2. Stvorite novi *Java* projekt.
3. Unutar projekta stvorite novi paket.
4. Stvorite novi razred unutar paketa te u glavnoj funkciji ispišite proizvoljnu poruku.
5. Pokrenite program te se uvjerite da se poruka ispisala.
6. Arhivirajte program u .jar datoteku.

2.4. **Pitanja za ponavljanje: Prvi program u *Javi***

1. Što su *Java* paketi i čemu služe?
2. Koja se naredba koristi za definiranje paketa?
3. Koja se ključna riječ koristi za definiranje razreda?
4. Gdje počinje izvođenje svakoga *Java* programa?
5. Koja se metoda koristi za ispisivanje teksta?
6. Koji sve oblici komentara postoje u *Javi*?
7. Koja se kratica u razvojnom okruženju *Eclipse* koristi za formatiranje teksta programa?
8. Kako se zovu izvršni programi za prevođenje, izvođenje i arhiviranje *Java* programa?

3. Osnove programskoga jezika *Java*

Po završetku ovoga poglavlja polaznik će upoznati osnovne značajke programskoga jezika *Java*. Polaznik će moći:

- *navesti i koristiti osnovne tipove podataka*
- *koristiti uvjetne naredbe i petlje*
- *učitavati i ispisivati podatke koristeći ulazno-izlazne tokove*

Ovo poglavlje obrađuje osnovne značajke jezika poput tipova podataka, uvjetnih konstrukcija i petlji. Te značajke nužan su preduvjet za praktičnu primjenu objektno orijentirane paradigme u kasnijim poglavljima.

3.1. Osnovni tipovi podataka

Programski jezik *Java* je **statički tipiziran**, što znači da je sve varijable potrebno deklarirati prije korištenja. Time se unaprijed i jednoznačno određuju tip, ime i inicijalna vrijednost varijable. Tip podataka definira vrijednosti koju određena varijabla može poprimiti te operacije koje se mogu izvršiti nad njom. U *Javi* postoje dvije skupine tipova podataka: **reference i primitivni tipovi podataka**.

Reference su tip podataka koji čuva memorijsku lokaciju objekta nekoga razreda. Kao što će biti prikazano u idućem poglavlju, stvaranjem objekta rezervira se potreban memorijski prostor, a u programu se tom objektu pristupa preko reference. Reference se deklariraju koristeći ime razreda na čije će objekte pokazivati. U nastavku je prikazano stvaranje objekta tipa `String` koji sadrži tekst `"Moja poruka"`. Varijabla `poruka` je referenca koja čuva memorijsku lokaciju tog objekta.

```
String poruka = new String("Moja poruka");
```

Važno je napomenuti da su objekti u *Javi* **dinamički alocirani** što znači da se njihov memorijski prostor zauzima na **gomili** (engl. ***heap***) tijekom izvođenja programa. Za razliku od nekih drugih jezika, alociranu memoriju nije potrebno eksplicitno oslobađati, već se za to brine *Javin* automatski **sakupljač smeća** (engl. ***Garbage Collector***).

Primitivni tipovi podataka definirani su specifikacijom jezika te njihova imena pripadaju skupu ključnih riječi jezika. Za razliku od referenci, varijable primitivnih tipova podataka ne čuvaju memorijsku lokaciju, već konkretnu vrijednost koja joj je pridjenuta. Postoji osam primitivnih tipova podataka koji se razlikuju po veličini memorije koju zauzimaju te vrijednostima koje mogu poprimiti.

U tablici je prikazan popis tipova podataka s informacijama o veličini memorijske lokacije koju zauzimaju, rasponu vrijednosti te inicijalnim vrijednostima.

Tip podataka	Veličina memorijske lokacije [bit]	Raspon vrijednosti	Inicijalna vrijednost (za atribute)
`byte`	8	$[-128, 128]$	0
`short`	16	$[-32768, 32767]$	0
`int`	32	$[-2^{31}, 2^{31}-1]$	0
`long`	64	$[-2^{63}, 2^{63}-1]$	$0L$
`float`	32	$[-(2-2^{-23})\ 2^{127}, (2-2^{-23})\ 2^{127}]$	$0.0f$
`double`	64	$[-(2-2^{-52})\ 2^{1023}, (2-2^{-52})\ 2^{1023}]$	$0.0d$
`char`	16	$['\backslash u0000', '\backslash uFFFF']$	$'\backslash u0000'$
`boolean`	-	$true\ /\ false$	$false$
(referenca)	-	-	$null$

Decimalni brojevi

Za spremanje decimalnih brojeva preporuča se korištenje razreda **`double`** umjesto **`float`**, osim u programima gdje je količina memorije vrlo ograničena.

Veličina memorijske lokacije za reference i *boolean* nije strogo definirana specifikacijom jezika jer ovisi o konkretnoj implementaciji *Javinoga* virtualnog stroja. Iako je za logički tip *boolean* dovoljan jedan bit za kodiranje informacije — vrijednost 1 za istinu i 0 za laž, na računalima to nije praktično te se najčešće koristi veličina 8 bita. Za reference je u praksi najčešći slučaj da imaju veličinu od 32 bita na 32-bitnim arhitekturama računala i 64 bita na 64-bitnim arhitekturama.

Važno je napomenuti da se **lokalne varijable** (deklarirane unutar metoda) **ne inicijaliziraju automatski** na vrijednosti iz prethodne tablice. Glavni razlog tome jest brzina izvođenja programa. Prevoditelj će prijaviti upozorenje u slučaju korištenja neinicijalizirane lokalne varijable.

Također, u *Javi* je, kao i u mnogim drugim jezicima, moguće definirati **nepromjenjive varijable** korištenjem modifikatora **`final`** na sljedeći način:

```
final int broj = 42;
```

Ovako definirana varijabla ne može promijeniti vrijednost te će svaki pokušaj promjene rezultirati greškom pri prevođenju. Osim varijabli, moguće je definirati i **nepromjenjive argumente funkcija**. Takvi argumenti ne mogu promijeniti vrijednost u tijelu te funkcije.

3.1.1. **Operatori**

U programskom jeziku *Javi* postoji skup operacija koje je moguće obaviti nad osnovnim tipovima podataka. U sljedećoj tablici navedeni su svi postojeći **operatori**:

Operator	Opis
`=`	Operator pridruživanja
`+, -`	Unarni operatori predznaka
`+, -, *, /` `+=, -=, *=, /=`	Binarni operatori zbrajanja, oduzimanja, množenja i dijeljenja
`%, %=`	Ostatak pri dijeljenju
`++, --`	Inkrement/dekrement vrijednosti (mogu biti prefiks ili postfiks)
`<<, >>` `<<=, >>=`	Operatori binarnoga posmaka
`>>>` `>>>=`	Operatori logičkoga posmaka
`~, &, |, ^` `&=, |=, ^=`	Bitovni operatori komplementa, i/ili, isključivo ili
`!, &&, ||`	Logički operatori komplementa, i/ili
`<, <=, >, >=, ==, !=`	Logički operatori (ne)jednakosti
`? :`	Ternarni uvjetni operator
`->`	Deklaracija lambda izraza

3.1.2. **Omotači primitivnih tipova podataka**

U *Javi* postoji niz **razreda omotača** (engl. ***wrapper classes***) koji omogućuju da se primitivni tipovi podataka tretiraju kao objekti. Kasnije u tečaju bit će prikazani primjeri gdje će biti nužno korištenje razreda omotača, na primjer, kod korištenja parametriziranih metoda i kolekcija. U sljedećoj tablici prikazani su primitivni tipovi podataka i pripadajući razredi omotači.

Primitivni tip podataka	Razred omotač
`byte`	`Byte`
`short`	`Short`
`int`	`Integer`
`long`	`Long`
`float`	`Float`
`double`	`Double`
`char`	`Character`
`boolean`	`Boolean`

Primitivne tipove podataka i njihove razrede omotače moguće je miješati pa je tako sljedeća naredba valjana:

```
int broj = new Integer(3);
```

Prilikom prevođenja događa se automatsko **pakiranje** (engl. ***autoboxing***) i **raspakiravanje** (engl. ***unboxing***) pri čemu se radi automatska pretvorba primitivnoga tipa u pripadajući objekt razreda omotača i obrnuto.

Razredi omotači također sadrže korisne atribute i metode koji olakšavaju rad s primitivnim tipovima podataka. Način korištenja nekih od njih prikazani su u nastavku, a za više informacija potrebno je pogledati dokument *Java* API [3].

```
// Najmanja moguca vrijednost tipa int, -2147483648
int najmanji_integer = Integer.MIN_VALUE;

// Najveca moguca vrijednost tipa long,
// 9223372036854775807
long najveci_long = Long.MAX_VALUE;

// Pretvorba stringa u broj
int tri = Integer.parseInt("3"); // 3

// Pretvorba broja u string
String s = Integer.toString(921); // "921"

// Racunanje maksimuma dva broja
double veci = Double.max(25.135, 24.827); // 25.135

// Racunanje minimuma dva broja
double manji = Double.min(25.135, 24.827); // 24.827
```

3.2. **Polja i stringovi**

U praksi je često potrebno obrađivati velike količine podataka. U tom slučaju nije praktično spremati vrijednosti u individualne varijable primitivnih tipova podataka, već se podaci grupiraju u strukture podataka ili kolekcije.

Najjednostavnija struktura podataka jest **polje** (engl. ***array***) gdje su podaci spremljeni u niz (najčešće susjednih) memorijskih lokacija. Pri tome podaci imaju **zajedničko ime**, a individualnim lokacijama pristupa se putem pozitivnoga **numeričkog indeksa**, počevši od prvog elementa s indeksom **0** do zadnjeg elementa s indeksom **`veličina - 1`**. Važno je napomenuti da svi elementi polja **moraju biti istoga tipa**.

U *Javi* je moguće definirati polje bilo kojeg tipa podataka (primitivni tip ili referenca) na sljedeći način:

```
tip[] imePolja = new tip[veličina]
```

pri čemu se definira polje određenoga tipa i veličine. Vrijednosti elemenata polja **bit će inicijalizirane na nulu** prema tablici s početka poglavlja bez obzira na to gdje se u programu polje stvori. Elementi polja mogu se inicijalizirati na proizvoljne vrijednosti prilikom stvaranja polja na sljedeći način:

```
tip[] imePolja = new tip[] {
      vrijednost1, vrijednost2, vrijednost3
}
```

pri čemu će biti stvoreno polje od triju elemenata s pripadajućim vrijednostima. Prethodnu naredbu moguće je napisati još kraće na sljedeći način:

```
tip[] imePolja = {
      vrijednost1, vrijednost2, vrijednost3
}
```

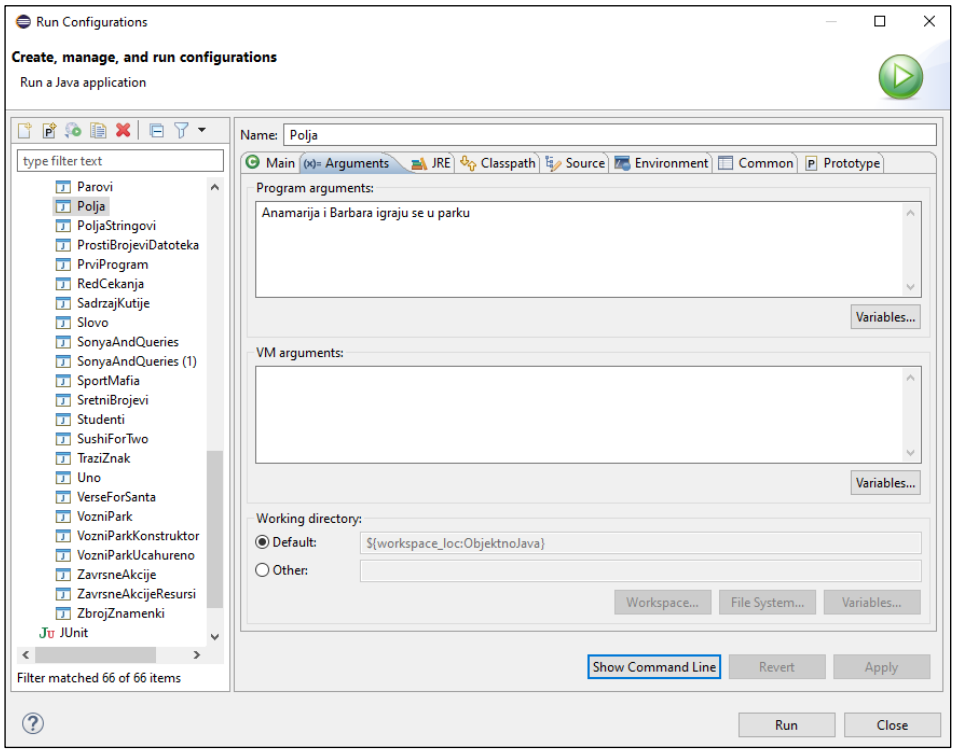
Pristupanje određenom elementu polja obavlja se indeksiranjem polja na sljedeći način:

```
imePolja[indeks]
```

Varijabla polja ***imePolja*** jest referenca preko koje se pristupa elementima polja. Time se olakšava rad s poljima jer se, na primjer, **ne kopira** cijelo polje prilikom slanja varijable kao argument u metode, već se šalje samo adresa memorijske lokacije polja. Kao što vrijedi i za ostale reference, polja su dinamički alocirana na gomili.

Svako polje u sebi ima pohranjenu informaciju o broju elemenata u atributu ***length***. Taj se atribut često koristi prilikom obilaska (iteriranja) polja po elementima, kao što je vidljivo u sljedećem primjeru.

Za pokretanje sljedećega primjera potrebno je postaviti ulazne parametre programa. Kao što je već bilo spomenuto u prošlom poglavlju, u razvojnom okruženju *Eclipse* to je moguće napraviti odabirom *Run* → ***Run Configurations*** u glavnoj izbornoj traci. Pritom se otvara novi dijaloški okvir u kojem je potrebno odabrati karticu ***Arguments***. Ulazne parametre treba upisati u tekstualni okvir ***Program arguments*** na način da argumenti budu međusobno odvojeni razmacima.




```java
package hr.unizg.srce.d470.opjj;

public class Polja {
  public static void main(String[] args) {
      System.out.println("Uneseno je "
                         + args.length
                         + " rijeci.");
      System.out.println("Prva rijec: " + args[0]);
      System.out.println("Zadnja rijec: "
                         + args[args.length - 1]);

      int[] polje = new int[] { 2, 4, 6 };
      double[] novo_polje = new double[polje.length];

      novo_polje[0] = polje[0];
      novo_polje[1] = polje[1];
      novo_polje[2] = polje[2];

      System.out.println(novo_polje[1]);
  }

}
```

```
Ulaz:
     Anamarija i Barbara igraju se u parku
Izlaz:
     Uneseno je 7 rijeci.
     Prva rijec: Anamarija
     Zadnja rijec: parku
     4.0
```

Jedan od najvažnijih tipova podataka jesu **nizovi znakova** koje koristimo za reprezentaciju riječi i rečenica unutar programa. Nizovi znakova najčešće su definirani poljem znakova (**`char[]`**), ali programski jezik *Java* nudi već spomenuti specijalni razred ***String*** koji u sebi interno sadrži polje znakova, ali uz to nudi mnoštvo korisnih funkcija za manipulaciju znakovima. Znakovi u razredu *String* također su pobrojani počevši od indeksa 0, ali im nije moguće direktno pristupati koristeći uglate zagrade, već se za to koristi pripadajuća metoda ***charAt***. Neke od funkcija razreda `String` pobrojane su u sljedećoj tablici, ali postoji i puno drugih koje su detaljno opisane u dokumentu *Java* API [3].

Funkcija	Opis
`char` **`charAt`**`(int index)`	Vraća znak s danog indeksa.
`boolean` **`endsWith`**`(String suffix)`	Provjerava završava li String danim sufiksom.
`boolean` **`equals`**`(String str)`	Provjerava jednakost Stringova.
`int` **`length`**`()`	Vraća duljinu Stringa
`String` **`toUpperCase`**`()`	Vraća String kojem su sva mala slova pretvorena u velika.
`String` **`toLowerCase`**`()`	Vraća String kojem su sva velika slova pretvorena u mala.
`String` **`valueOf`**`(int i)`	Vraća tekstualnu reprezentaciju danoga broja.

Sljedeći primjer prikazuje korištenje funkcija nabrojanih u prethodnoj tablici.

```
package hr.unizg.srce.d470.opjj;

public class Stringovi {

  public static void main(String[] args) {
     String rijec = "Otorinolaringologija";

     System.out.println("Drugo slovo je: "
                        + rijec.charAt(1));
     System.out.println("Duljina rijeci je "
                        + rijec.length());
     System.out.println("Velikim slovima: "
                        + rijec.toUpperCase());
     System.out.println("Malim slovima: "
                        + rijec.toLowerCase());
     System.out.println("Zavrsava s -logija: "
                        + rijec.endsWith("logija"));

     String prikaz5 = String.valueOf(5);
     System.out.println(
        "Tekstualni prikaz broja 5: "
        + prikaz5);
  }

}
```

```
Izlaz:
     Drugo slovo je: t
```

```
      Duljina rijeci je 20
      Velikim slovima: OTORINOLARINGOLOGIJA
      Malim slovima: otorinolaringologija
      Zavrsava s -logija: true
      Tekstualni prikaz broja 5: 5
```

U praksi je vrlo često potrebno **uspoređivati objekte tipa `String`**, ali treba biti vrlo oprezan kako ne bismo dobili neželjene rezultate. Naizgled je intuitivno koristiti **operator `==`**, ali on uspoređuje samo adrese na kojima se nalaze reference što može dovesti do pogrešnog rezultata u slučaju dvaju različitih objekata koji imaju isti sadržaj. Umjesto toga, potrebno je koristiti funkciju **`equals()`**, kao što je prikazano na sljedećem primjeru.

Zanimljivo je primijetiti da naredba `"rijec" == "rijec"` ipak vraća **`true`**. Razlog tomu je što će se interno `String` `"rijec"` zapisati u jednu lokalnu varijablu te će se u navedenoj naredbi usporediti sama sa sobom.

```
package hr.unizg.srce.d470.opjj;

public class JednakostStringova {

  public static void main(String[] args) {
     String a = new String("rijec");
     String b = new String("rijec");
     System.out.println(a == b);
     System.out.println(a.equals(b));
     System.out.println("rijec" == "rijec");
  }

}
```

```
Izlaz:
      false
      true
      true
```

Važno je napomenuti da je razred `String` **nepromjenjiv** (engl. ***immutable***) što znači da konkretnom objektu tipa `String` nije moguće mijenjati vrijednost znakova koje čuva u sebi. Sve metode razreda `String` koje služe za manipulaciju znakovnoga sadržaja zapravo vraćaju novi objekt koji će sadržavati rezultat konkretne promjene, poput prethodno spomenutih metoda `toLowerCase()` ili `toUpperCase()`.

S razredom `String` treba biti oprezan jer lako može doći do **problema s performansama** uslijed brojnih manipulacija. Razlog tomu je što se puno procesorskoga vremena troši na kopiranje sadržaja kako bi se osigurala nepromjenjivost sadržaja svakog objekta. Za efikasnu manipulaciju znakovima koristi se razred **`StringBuilder`** koji također sadrži brojne korisne metode od kojih su neke navedene u sljedećoj tablici.

Funkcija	Opis
`StringBuilder` **`append`**`(char c)`	Dodaje znak na kraj sadržaja.
`StringBuilder` **`reverse`**`()`	Preokreće tekstualni sadržaj.
`String` **`toString`**`()`	Vraća `String` u kojem se nalazi cjelokupni sadržaj objekta `StringBuilder`.

Sljedeći primjer prikazuje korištenje razreda `StringBuilder` gdje se postepeno gradi tekst „abcdefgh“ koji se na kraju preokreće i ispisuje.

```
package hr.unizg.srce.d470.opjj;

public class PrimjerStringBuilder {

  public static void main(String[] args) {
     StringBuilder sb = new StringBuilder();
     for (char c = 'a'; c <= 'h'; ++c)
        sb.append(c);

     System.out.println(sb.reverse().toString());
  }

}
```

```
Izlaz:
     hgfedcba
```

3.3. Uvjetno izvođenje

Kao i mnogi drugi programski jezici, *Java* nudi upravljačke strukture kojima se postiže grananje i ponavljanje kôda, čime se povećava ekspresivnost jezika i omogućuje korisniku brži razvoj složenih programa.

3.3.1. Upravljačka struktura *if* i *if-else*

Osnovna struktura grananja je ***`if`*** pri čemu se evaluira uvjet naveden u zagradama. Važno je napomenuti da navedeni uvjet mora rezultirati tipom podatka ***boolean***, u suprotnom će prevoditelj prijaviti pogrešku. U slučaju da je uvjet istinit, izvršavaju se naredbe iz tijela strukture ***`if`***. Sljedeći primjer ispisuje prvi ulazni argument te koristi strukturu ***`if`*** kako bi izbjegao slučaj kada programu nije predan ulazni argument:

```
package hr.unizg.srce.d470.opjj;

public class Pozdrav {

  public static void main(String[] args) {
     if (args.length > 0) {
        System.out.println("Bok, " + args[0] + ".");
     }
  }
```

```
}
```

```
Ulaz:
     Ivana
Izlaz:
     Bok, Ivana.
```

```
Ulaz:
     {Ništa}
Izlaz:
     {Ništa}
```

Strukturu ***if*** moguće je proširiti dodatkom ***else***. U slučaju da predani uvjet nije istinit, izvršit će se naredbe iz ***else*** bloka.

Važno je napomenuti da u slučaju kada blok sadrži samo jednu naredbu, **nije potrebno navoditi vitičaste zagrade**. Prethodni primjer moguće je proširiti tako da ipak nešto ispiše u slučaju da nije predano ime:

```
package hr.unizg.srce.d470.opjj;

public class Pozdrav {

  public static void main(String[] args) {
     if (args.length > 0)
        System.out.println("Bok, " + args[0] + ".");
     else
        System.out.println("Nije predano ime.");
  }

}
```

```
Ulaz:
     {Ništa}
Izlaz:
     Nije predano ime.
```

U slučaju da je potrebno evaluirati nekoliko uvjeta, to je moguće postići proširivanjem postojeće strukture ***else if*** konstrukcijom. Prilikom izvršavanja programa uvjeti se slijedno ispituju te se izvršava prvi blok čiji je uvjet istinit. Ako nijedan uvjet nije zadovoljen, izvršavanje će se nastaviti u ***else*** bloku ili, ako ***else*** dio nije naveden, na prvoj naredbi nakon cijele ***if else if*** konstrukcije. Prethodni primjer može se uz pomoć te konstrukcije nadopuniti da obradi slučaj kad je predano nekoliko imena.

```
package hr.unizg.srce.d470.opjj;

public class Pozdrav {

  public static void main(String[] args) {
     if (args.length > 1)
        System.out.println("Trenutno pozdravljam"
                           + " samo jedno ime.");
     else if (args.length == 0)
        System.out.println("Nije predano ime.");
     else
        System.out.println("Bok, " + args[0] + ".");
```

```
    }

}
```

```
Ulaz:
      Ivana
Izlaz:
      Bok, Ivana.
```

```
Ulaz:
      {Ništa}
Izlaz:
      Nije predano ime.
```

```
Ulaz:
      Ivana Josip
Izlaz:
      Trenutno pozdravljam samo jedno ime.
```

3.3.2. Ternarni uvjetni operator

Prethodno opisana upravljačka struktura ***if-else*** može se kraće pisati korištenjem **ternarnog uvjetnog operatora**. Osnovni oblik operatora je:

```
uvjet ? izraz1 : izraz2
```

pri čemu se `izraz1` izvršava ako je `uvjet` istinit, inače se izvršava `izraz2`. Važno je napomenuti da se ternarni operator koristi pri dodjeljivanju vrijednosti varijablama ili kod prosljeđivanja argumenata metodama. Iz tog razloga dani izrazi **moraju vraćati vrijednost**, a te vrijednosti moraju biti **istoga tipa** (ili različitih tipova kod kojih je moguća automatska konverzija iz jednog tipa podatka u drugi).

U nastavku je prikazan primjer korištenja ternarnog operatora u kojem se računa minimum dva broja te se ispituje njegova parnost.

```
package hr.unizg.srce.d470.opjj;

public class MinimumDvaBroja {

  public static void main(String[] args) {
     long prviBroj = Long.parseLong(args[0]);
     long drugiBroj = Long.parseLong(args[1]);

     long manjiBroj = (prviBroj < drugiBroj) ?
                      prviBroj : drugiBroj;

     System.out.println("Minimum je: " + manjiBroj);
     System.out.println(manjiBroj + " je "
       + (manjiBroj % 2 == 0 ? "paran" : "neparan")
       + " broj.");
  }

}
```

```
Ulaz:
      57 22
Izlaz:
```

Napomena

Radi preglednosti prikazani primjeri ne pokrivaju sve slučajeve u kojima korisnik može definirati nevaljane argumente programa.

U praksi je preporučeno da se svi mogući slučajevi obrade kako bi spriječili neočekivane prekide izvođenja programa.

Djeljivost brojeva

Za ispitivanje djeljivosti brojeva koristi se modulo operator (npr. ***a % b***) koji vraća ostatak pri dijeljenju jednoga broja s drugim.

Kada je ostatak nula, može se zaključiti da je ***a*** dijeljiv s ***b***.

```
     Minimum je: 22
     22 je paran broj.
```

```
Ulaz:
     -3 0
Izlaz:
     Minimum je: -3
     -3 je neparan broj.
```

Ternarne operatore moguće je ugnijezditi, ali to u većini slučajeva **nije preporučeno** zbog uvelike smanjene čitljivosti kôda:

```
int x = 2, y = 3;
String result =  x > y ? "x je veci od y" :
                 x < y ? "x je manji od y" :
                 x == y ? "x je jednak y" :
                 "Nema rezultata";
```

3.3.3. **Upravljačka struktura *switch***

Čest je slučaj da korisnik želi ispitati vrijednost određenog izraza. To je moguće napraviti korištenjem strukture *if*, ali to vrlo brzo postaje nepregledno kod većeg broja uvjeta. U tu svrhu najbolje je koristiti upravljačku strukturu ***switch*** koja ima oblik:

```
switch (izraz) {
      case konstanta1:
            naredba1;
            naredba2;
            ..
            break;
      case konstanta2:
            naredba5;
            naredba6;
            ..
            break;
      default:
            naredba9;
            naredba10;
            ..
}
```

Blok ***switch*** sastoji se od jednog ili više slučajeva koji se ispituju, a po potrebi (opcionalno) sadrži i ***default*** slučaj koji je analogan *else* bloku iz upravljačke strukture *if*. Vrijednost izraza uspoređuje se slijedno s navedenim vrijednostima (konstantama), a u slučaju da su vrijednosti jednake, izvršit će se odgovarajući blok naredbi.

Ključna riječ ***break*** označava završetak određenoga bloka naredbi pri čemu će program izaći iz strukture *switch* te nastaviti izvođenje na prvoj idućoj naredbi. Ključnu riječ ***break*** moguće je izostaviti, ali u tom slučaju izvršavanje programa nastavlja s idućim naredbama koje mogu pripadati bloku drugoga slučaja.

U nastavku je prikazan primjer korištenja upravljačke strukture ***switch***. Program očekuje dva cijela broja i odgovarajući operator, te ispisuje rezultat operacije na ekran. Program podržava operacije zbrajanja i oduzimanja, a u slučaju nepoznatog operatora ispisuje odgovarajuću poruku.

```
package hr.unizg.srce.d470.opjj;

public class IzracunajDvaBroja {

	public static void main(String[] args) {
		int prviBroj = Integer.parseInt(args[0]);
		String operator = args[1];
		int drugiBroj= Integer.parseInt(args[2]);
		int rezultat;

		switch (operator) {
		case "+":
			rezultat = prviBroj + drugiBroj;
			break;
		case "-":
			rezultat = prviBroj - drugiBroj;
			break;
		default:
			System.out.println("Nepoznati"
				+ " operator.");
			return;
		}

		System.out.println(prviBroj
			+ " " + operator
			+ " " + drugiBroj
			+ " = " + rezultat);
	}

}
```

```
Ulaz:
	-5 + 8
Izlaz:
	-5 + 8 = 3
```

```
Ulaz:
	-17 - -5
Izlaz:
	-17 - -5 = -12
```

```
Ulaz:
	2 / 3
Izlaz:
	Nepoznati operator.
```

Naredba `return`

U ovom primjeru naredba **`return`** koristi se za prijevremeni izlazak iz programa.

Izostavljanje ključne riječi ***break*** moguće je iskoristiti za grupiranje više slučajeva. U nastavku je prikazan takav primjer koji za pročitano slovo određuje radi li se o samoglasniku ili suglasniku.

```
package hr.unizg.srce.d470.opjj;
```

```
public class Slovo {

      public static void main(String[] args) {
            if (args[0].length() != 1) {
                  System.out.println("Nije predano "
                              + "jedno slovo.");
                  return;
            }

            switch (args[0].toLowerCase()) {
            case "a":
            case "e":
            case "i":
            case "o":
            case "u":
                  System.out.println("Samoglasnik.");
                  break;
            default:
                  System.out.println("Suglasnik.");
                  break;
            }
      }
}
```

```
Ulaz:
      A
Izlaz:
      Samoglasnik.
```

```
Ulaz:
      c
Izlaz:
      Suglasnik.
```

```
Ulaz:
      aBcDeFgH
Izlaz:
      Nije predano jedno slovo.
```

3.4. **Petlje**

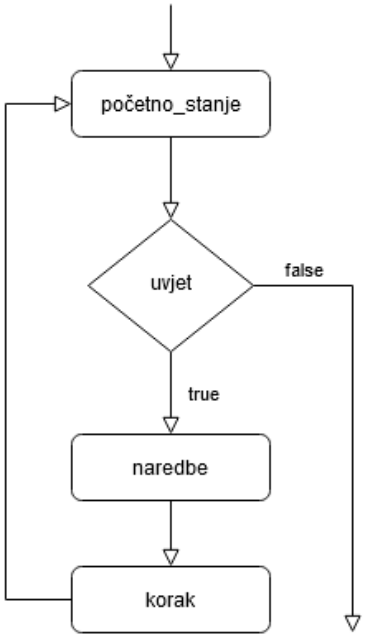
U programiranju je čest slučaj da je potrebno određene dijelove programa izvršiti više puta (npr. svakom zaposleniku povećati plaću). Iz tog razloga većina jezika nudi nekoliko struktura kojima se vrlo sažeto mogu napisati programi koji će višestruko obavljati određene akcije. Te strukture zovu se **petlje** (engl. ***loops***), a u nastavku se obrađuju tri vrste: ***for***, ***while*** i ***do-while***.

3.4.1. **Petlja *for***

Petlja ***for*** u praksi je najčešće korišten oblik petlje. Obično se rabi ako je unaprijed poznat broj potrebnih ponavljanja. Opći oblik *for* petlje jest:

```
for (početno_stanje; uvjet; korak) {
      naredbe;
}
```

Izraz **`početno_stanje`** obično sadrži deklaraciju i inicijalizaciju **kontrolne varijable** koja se koristi unutar petlje. Tijelo petlje sadrži naredbe koje će se izvršavati sve dok je zadani uvjet zadovoljen. U slučaju da se radi o samo jednoj naredbi, vitičaste zagrade moguće je izostaviti. Nakon izvršavanja tijela petlje, izvršit će se izraz **`korak`** u kojem se najčešće mijenja kontrolna varijabla. **Dijagram toka** *for* petlje prikazan je na slici:



Izraze unutar zaglavlja for petlje nije nužno pisati pa je tako moguće oblikovati, na primjer, beskonačnu petlju na sljedeći način:

```
for(;;);
```

Ovakva petlja izvršavat će se vječno. Važno je uočiti da su znakovi točke sa zarezom obavezni. Također, u slučaju kad petlja nema pripadajuće tijelo, potrebno je staviti točku sa zarezom na kraj. U slučaju kad tijelo petlje sadrži samo jednu naredbu, moguće je izostaviti vitičaste zagrade.

U nastavku je prikazan praktični primjer korištenja *for* petlje gdje se računa maksimum brojeva koji su dani putem polja argumenata komandne linije.

```
package hr.unizg.srce.d470.opjj;

public class MaksimumBrojeva {

  public static void main(String[] args) {
     int maximum = Integer.MIN_VALUE;

     for (int i = 0; i < args.length; ++i)
        maximum = Integer.max(maximum,
                    Integer.parseInt(args[i]));
```

```
      if (args.length > 0)
         System.out.println("Maksimum ucitanih"
               + "brojeva je " + maximum);
   }

}
```

```
Ulaz:
     1 3 546 1 -23 4 -13486 208 8 1
Izlaz:
     Maksimum ucitanih brojeva je 546
```

U *Javi* postoji drugi oblik *for* petlje oblika:

```
for (deklaracija : kolekcija) {
      naredbe;
}
```

koji služi specifično za obilazak elemenata polja/kolekcije. Pritom se umjesto kontrolne indeksne varijable koristi varijabla koja će sadržavati vrijednost elementa kolekcije. Ovako definirana *for* petlja često se naziva i ***foreach*** petljom po uzoru na druge programske jezike koji ju definiraju tom specifičnom ključnom riječi.

Prednost ovakvog oblika *for* petlje jest u povećanoj čitljivosti čime se smanjuje mogućnost pogreške, ali nedostatak je u smanjenoj fleksibilnosti (npr. nije moguće obilaziti polje obrnutim redoslijedom). Petlju iz prethodnog primjera moguće je jednostavnije implementirati na sljedeći način:

```
for (String arg : args)
   maximum = Integer.max(maximum,
                         Integer.parseInt(arg));
```

3.4.2. Petlje while i do-while

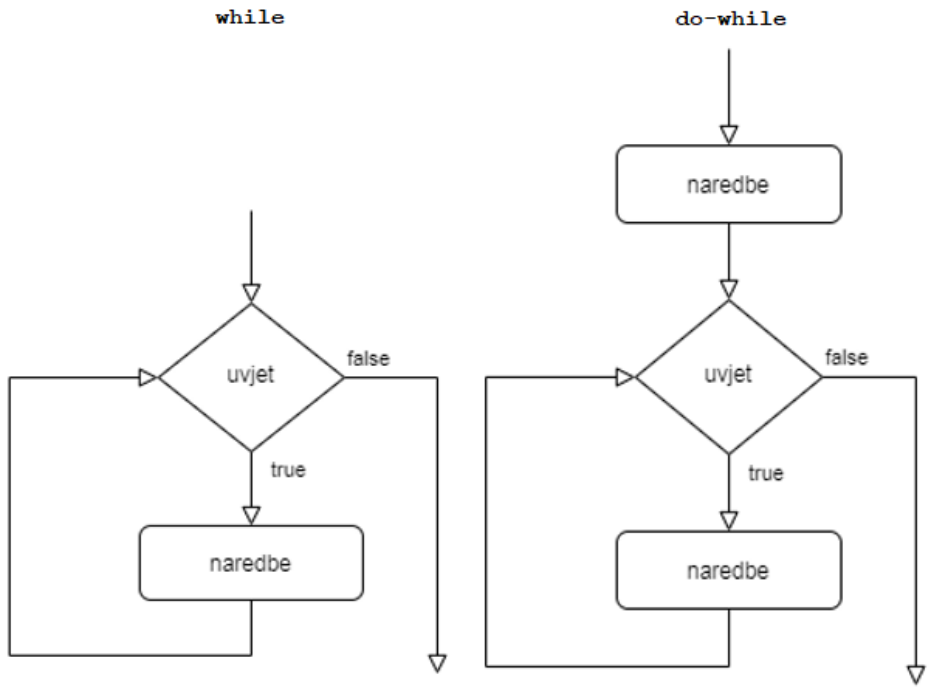
Petlja ***while*** razlikuje se od *for* samo po zaglavlju. Njen opći oblik je:

```
while (uvjet) {
      naredbe;
}
```

pri čemu se tijelo petlje izvršava sve dok zadani uvjet nije zadovoljen. Ova petlja je jednostavnija jer nema kontrolnu varijablu niti izraz prirasta u zaglavlju. Važno je primijetiti da se tijelo petlje neće izvršiti **nijednom** ako uvjet nije zadovoljen od početka. S druge strane, petlja ***do-while*** oblika:

```
do {
      naredbe;
} while (uvjet);
```

izvršit će naredbe prije provjeravanja uvjeta čime se osigurava minimalno jedan prolaz kroz tijelo petlje. Razlika između tih dviju petlji može se vizualno prikazati dijagramima toka:



U sljedećem primjeru prikazano je korištenje petlje *do-while*. Minimalnim preinakama moguće je postići istu funkcionalnost koja će koristiti običnu *while* petlju.

```
package hr.unizg.srce.d470.opjj;

/**
 * Program ucitava broj preko argumenata komandne
 * linije te ispisuje njegov zapis u binarnom
 * brojevnom sustavu.
 */
public class BinarniZapis {

  public static void main(String[] args) {
     int broj = Integer.parseInt(args[0]);
     String binarni = "";

     do {
        binarni = ((broj % 2 == 0) ? "0" : "1")
                  + binarni;
        broj /= 2;
     } while (broj > 0);

     System.out.println(binarni);
  }

}
```

```
Ulaz:
     0
Izlaz:
     0
```

```
Ulaz:
     32
Izlaz:
```

Binarni zapis broja

Razredi *Integer* i *Long* imaju ugrađenu metodu ***toBinaryString()*** koja daje jednak rezultat kao prikazani primjer, npr.

Integer.toBinaryString(87)

```
     100000
Ulaz:
     87
Izlaz:
     1010111
```

3.4.3. **Naredbe break i continue**

Kao i mnogi drugi programski jezici, *Java* nudi naredbe ***break*** i ***continue*** koje služe za kontrolu toka izvođenja. Prethodno je naredba *break* prikazana u kontekstu upravljačke strukture ***switch*** pri čemu je služila za izlaz iz strukture. Jednako tako se kod petlji može koristiti za prekid ponavljanja. Nakon izvođenja naredbe ***break*** unutar petlje, program izlazi iz petlje te nastavlja s izvođenjem na prvoj naredbi iza tijela petlje.

Naredba ***continue*** preskače trenutnu iteraciju petlje te odmah prelazi na ispitivanje uvjeta i početak novog ciklusa petlje. U slučaju *for* petlje, izraz prirasta također će se izvršiti prije novog ispitivanja uvjeta. Naredba *continue* najčešće se koristi kad je u petlji potrebno preskočiti određene slučajeve.

U nastavku je prikazan primjer korištenja naredbi *break* i *continue*:

```
package hr.unizg.srce.d470.opjj;

/**
 * Program ucitava pozitivne brojeve iz argumenata
 * komandne linije. Za sve parne brojeve ispisuje se
 * zbroj znamenki, a u slucaju citanja negativnog
 * broja ispisuje se odgovarajuca poruka.
 */
public class ZbrojZnamenki {

  public static void main(String[] args) {
     for (String arg : args) {
        int broj = Integer.parseInt(arg);

        if (broj < 0) {
           System.out.println("Pogreska: Unesen je"
                + " negativni broj " + broj + ".");
           break;
        }

        if (broj % 2 != 0)
           continue;

        int zbroj = 0;
        for (int tBroj = broj; tBroj > 0;
                               tBroj /= 10)
           zbroj += tBroj % 10;

           System.out.println("Zbroj znamenki "
               + "parnog broja " + broj + " je "
               + zbroj + ".");
        }
  }
```

```
}
```

```
Ulaz:
     31 55 92 1204  1001 -341 7 21 80
Izlaz:
     Zbroj znamenki parnog broja 92 je 11.
     Zbroj znamenki parnog broja 1204 je 7.
     Pogreska: Unesen je negativni broj -341.
```

Naredbe *break* i *continue* utječu samo na **unutarnju (najviše ugniježđenu) petlju**, ali se njihova funkcionalnost može proširiti korištenjem **etiketa** (engl. ***label***). Etiketom se može označiti bilo koja naredba, ali se uglavnom koristi za označavanje petlji na sljedeći način:

```
etiketa: while (uvjet) {
     naredbe;
}
```

Unutar petlje može se izvršiti jedna od naredbi:

```
break etiketa;
continue etiketa;
```

pri čemu će se naredba odnositi na petlju koja je označena s navedenom etiketom. Ovakav oblik naredbi *break* i *continue* koristi se u slučaju ugniježđenih petlji kako bi se utjecalo na vanjsku petlju iz tijela unutarnje petlje. Primjer korištenja naredbi *break* i *continue* s etiketama prikazan je u nastavku.

Oprez

Prekomjerno korištenje etiketa nije preporučeno zbog smanjene čitljivosti kôda te predstavlja loš dizajn programa.

Etikete su se povijesno koristile uz naredbu ***goto*** u mnogim jezicima. Ključna riječ *goto* postoji u *Java* jeziku, ali se ne koristi.

Poznati nizozemski znanstvenik **Edsger W. Dijkstra** napisao je članak *„A Case against the GO TO statement“* u kojoj žestoko kritizira spomenutu naredbu.

```
package hr.unizg.srce.d470.opjj;

/**
 * Program trazi prvo pojavljivanje znaka 'a' u
 * rijecima dobivenih preko argumenata komandne
 * linije. Pritom znak 'a' ne smije biti ispred
 * znaka 'b'. Usput se ispisuju i rijeci koje ne
 * sadrze znak 'b'.
 */
public class TraziZnak {

  public static void main(String[] args) {
     vanjska: for (String arg : args) {
        for (int i = 0; i < arg.length(); ++i) {
           switch (arg.charAt(i)) {
           case 'a':
              System.out.println(
                 "Pronasao znak 'a' u rijeci "
                 + arg + ".");
              break vanjska;
           case 'b':
              continue vanjska;
           }
        }
        System.out.println("Rijec " + arg
                           + " nema znak 'b'.");
     }
```

```
   }

}
```

```
Ulaz:
     korito banana lubanja zec automobil pile
Izlaz:
     Rijec korito nema znak 'b'.
     Rijec zec nema znak 'b'.
     Pronasao znak 'a' u rijeci automobil.
```

3.5. **Ulazni i izlazni tokovi**

Standardna greška

U slučaju da se u programu treba prijaviti pogreška, preporuka je koristiti standardni tok podataka za greške (***System.err***).

Prethodni primjeri zbog jednostavnosti nisu to primjenjivali.

Svaki korisni računalni program komunicira s vanjskim svijetom (ljudima ili pak drugim programima) kako bi pročitao ulazne parametre, ispisao rezultate izvođenja ili prijavio grešku. Čitanje i pisanje obavlja se preko **ulaznih i izlaznih tokova podataka** (engl. ***input/output streams***). Izvori ulazno-izlaznih podataka su raznoliki, na primjer, tipkovnica, datoteka (engl. *file*), priključnica (engl. *socket*) i dr.

U programiranju postoje tri **standardna toka podataka** koji su unaprijed otvoreni i dostupni programima od početka njihova izvršavanja. To su **standardni ulaz** (engl. ***standard input, stdin***), **standardni izlaz** (engl. ***standard output, stdout***) i **standardna greška** (engl. ***standard error, stderr***). Za klasične konzolne aplikacije kojima se ovaj tečaj bavi, standardni tokovi bit će vezani za tekstualni terminal komandne linije. To znači da će podaci tih tokova biti u obliku niza znakova (*String*).

U *Javi* standardni tokovi podataka dostupni su kroz objekte ***System.in*** (standardni ulaz), ***System.out*** (standardni izlaz) i ***System.err*** (standardna greška).

Standardni izlaz i standardna greška zajedničkog su tipa ***PrintStream*** koji nudi mnoštvo metoda za ispisivanje. Najvažnije od njih su:

- **`println`** – ispisuje argument te na kraju prelazi u novi red
- **`print`** – ispisuje argument, ali ne prelazi u novi red
- **`format`/`printf`** – formatirano ispisivanje teksta, nalik metodi iz programskog jezika C

Primjer korištenja metoda za ispisivanje prikazan je u nastavku:

```
package hr.unizg.srce.d470.opjj;

/**
 * Program ucitava polumjer kruga iz argumenata
 * komandne linije te ispisuje opseg i povrsinu.
 */
public class OpsegPovrsinaKruga {

  public static void main(String[] args) {
     if (args.length != 1) {
        System.err.print("Greska, ");
        System.err.println("nije predan polumjer.");
```

```
            return;
        }

        double polumjer = Double.parseDouble(args[0]);

        System.out.println("Podaci o krugu:");
        System.out.printf("Polumjer: %.3f\n",
                          polumjer);
        System.out.printf("Opseg: %f\n",
                          2.0 * polumjer * Math.PI);
        System.out.format("Povrsina: %f",
                          polumjer * polumjer * Math.PI);
        }

}
```

```
Ulaz:
      27.823915
Izlaz:
      Podaci o krugu:
      Polumjer: 27.824
      Opseg: 174.822814
      Povrsina: 2432.127557
```

```
Ulaz:
      {Ništa}
Izlaz:
      Greska, nije predan polumjer.
```

Standardni ulaz je tipa ***InputStream*** koji nudi metode za čitanje podataka, ali te metode nisu praktične jer čitaju oktete (engl. *bytes*) koje je komplicirano interpretirati. Njih bi najprije trebalo pretvoriti u odgovarajuće *String* objekte te ih na kraju pretvoriti u npr. *double* u slučaju da na ulazu očekujemo decimalni broj. Iz tog razloga koriste se ***razredi omotači*** (engl. ***wrapper classes***) koji omataju *InputStream* s razredom više razine čime se proširuje funkcionalnost omotanoga razreda.

Jedan od mogućih omotača standardnog ulaza je razred ***Scanner***. To je jednostavni parser koji omogućuje čitanje primitivnih tipova podataka i stringova. *Scanner* nije dio standardne biblioteke programskoga jezika *Java* te ga zato najprije treba **uvesti** (engl. ***import***) kako bi bio vidljiv trenutnom paketu. Uvođenje se obavlja korištenjem naredbe ***import*** koja se navodi na početku izvorne datoteke (nakon definicije paketa) na sljedeći način:

```
import java.util.Scanner;
```

Za korištenje toga razreda potrebno je stvoriti odgovarajući objekt te mu prilikom stvaranja proslijediti objekt standardnog ulaza:

```
Scanner sc = new Scanner(System.in);
```

Prilikom završetka izvođenja programa, standardni tokovi podataka se najčešće **automatski zatvaraju** čime se otpuštaju prethodno zauzeti resursi. Međutim, u slučaju korištenja razreda Scanner, taj tok podataka potrebno je eksplicitno zatvoriti korištenjem naredbe:

```
sc.close();
```

Uvođenje biblioteka

Svi dosad korišteni razredi i metode pripadaju paketu ***java.lang*** koji je uvijek uključen.

Korištenjem znaka * mogu se uključiti cijeli paketi, npr:

import java.util.*;

Ne preporučuje se uključivanje cijelih paketa ako nije potrebno jer se time stvara „gužva“ u trenutnom imenskom prostoru te može doći do kolizije imena razreda, metoda i sl.

Scanner će ulazne podatke (u obliku niza znakova) podijeliti na tokene ili segmente (engl. ***tokens***) koristeći **bjeline** (razmaci, tabulatori i novi redovi) kao **graničnik** (engl. ***delimiter***).

Svaki od segmenata može se zasebno učitati koristeći niz dostupnih metoda poput ***nextInt***, ***nextShort***, ***nextString*** ili ***nextLine***, npr:

```
long broj = sc.nextLong();
```

Praktični primjer korištenja razreda *Scanner* prikazan je u nastavku:

Prosti brojevi

Prost broj (engl. ***prime number***) *M* je prirodni broj veći od 1 koji ima točno dva djelitelja (1 i *M*).

Na primjer, broj 7 je prost, ali broj 6 nije (jer je djeljiv s 1,2,3 i 6).

```
package hr.unizg.srce.d470.opjj;

import java.util.Scanner;

/**
 * Program ucitava N te nakon toga N prirodnih
 * brojeva. Za svaki broj se provjerava je li prost
 * te se ispisuje odgovarajuca poruka.
 */
public class ProstiBrojevi {

  public static void main(String[] args) {
     Scanner sc = new Scanner(System.in);

     int N = sc.nextInt();

     for (int i = 0; i < N; ++i) {
        long broj = sc.nextLong();
        boolean prost = true;

        if (broj < 2)
           prost = false;

        for (long j = 2; j < broj; ++j) {
           if (broj % j == 0) {
              prost = false;
              break;
           }
        }

        System.out.println(broj
           + (prost ? " je" : " nije")
           + " prost.");
     }

     sc.close();
  }
}
```

```
Ulaz:
     6
     1 3 12 37 87 9999907
Izlaz:
     1 nije prost.
     3 je prost.
     12 nije prost.
     37 je prost.
```

```
87 nije prost.
9999907 je prost.
```

3.5.1. Čitanje i pisanje datoteka

Osim standardnih tokova podataka, programi u *Javi* mogu čitati i pisati iz **datoteka** (engl. ***files***). Postoji mnoštvo razreda za čitanje i pisanje datoteka, ali će se radi jednostavnosti ovdje koristiti postojeći razredi ***PrintStream*** i ***Scanner***.

Programski jezik *Java* u paketu ***java.io*** sadrži brojne razrede za manipulaciju datotekama. Jedan od važnijih je razred ***File*** koji predstavlja apstraktnu reprezentaciju putanja do datoteka i direktorija. Preduvjet za čitanje i pisanje datoteka uz pomoć razreda *PrintStream* i *Scanner* je da im se prilikom stvaranja proslijedi objekt tipa ***File*** koji čuva lokaciju do tražene datoteke. To se može napraviti na sljedeći način:

```
Scanner sc = new Scanner(new File("dat1.txt"));
PrintStream ps = new PrintStream(new File("dat2.txt"));
```

Prilikom izvođenja prethodnih naredbi može se dogoditi da dane datoteke ne postoje. To je **iznimno ponašanje** te će se u tom slučaju podići **iznimka** `java.io.FileNotFoundException`. *Java* **forsira** da se iznimke na neki način obrade, inače dolazi do pogreške pri prevođenju. Zasad je dovoljno koristiti ključnu riječ **`throws`** u zaglavlju metode `main` (vidi primjer) pri čemu se objavljuje da ta metoda može uzrokovati navedenu iznimku.

Detaljne informacije o iznimkama i njihovom obrađivanju bit će navedene u zasebnom poglavlju.

U nastavku je prikazan modificirani program za provjeravanje prostih brojeva koji za čitanje i pisanje koristi datoteke umjesto standardnih tokova podataka.

```
package hr.unizg.srce.d470.opjj;

import java.io.File;
import java.io.FileNotFoundException;
import java.io.PrintStream;
import java.util.Scanner;

/**
 * Program prima putanje do dvije datoteke preko
 * argumenata komandne linije. Program ucitava sve
 * brojeve iz prve datoteke te za svaki provjerava
 * je li prost. Odgovarajuce poruke ispisuju se u
 * drugu datoteku.
 */
public class ProstiBrojeviDatoteka {

  public static void main(String[] args)
                throws FileNotFoundException {
     Scanner sc = new Scanner(new File(args[0]));
```

```
      PrintStream ps = new PrintStream(
                           new File(args[1]));

      while (sc.hasNextLong()) {
         long broj = sc.nextLong();
         boolean prost = true;

         if (broj < 2)
            prost = false;

         for (long j = 2; j < broj; ++j) {
            if (broj % j == 0) {
               prost = false;
               break;
            }
         }

         ps.println(broj
              + (prost ? " je" : " nije")
              + " prost.");
      }

      sc.close();
}

}
```

```
ulazna_datoteka.txt:
      1 3 12 37 87 9999907
izlazna_datoteka.txt:
      1 nije prost.
      3 je prost.
      12 nije prost.
      37 je prost.
      87 nije prost.
      9999907 je prost.
```

3.6. **Pseudoslučajni brojevi**

Programski jezik *Java*, kao i mnogu drugi jezici, nudi mogućnost generiranja **pseudoslučajnih brojeva** (engl. ***pseudorandom numbers***). Za generirane brojeve kaže se da su pseudoslučajni jer nisu u potpunosti slučajni već se generiraju preko formule koja vraća brojeve iz (približno) vjerojatnosnih distribucija kao što su uniformna ili Gaussova distribucija.

Za generiranje pseudoslučajnih brojeva u *Javi* najčešće se koristi razred **`Random`** iz paketa **`java.util`**. Sljedeća tablica prikazuje neke od funkcija tog razreda koje vraćaju različite primitivne tipove podataka čije su vrijednosti generirane iz **naizgled uniformne vjerojatnosne distribucije**, što znači da svaka vrijednost ima jednaku vjerojatnost pojavljivanja.

Funkcija	Opis
`boolean` **`nextBoolean`**`()`	Vraća slučajnu `boolean` vrijednost `true` ili `false`.
`double` **`nextDouble`**`()`	Vraća slučajnu `double` vrijednost iz raspona `[0.0, 1.0]`
`float` **`nextFloat`**`()`	Vraća slučajnu `float` vrijednost iz raspona `[0.0, 1.0]`
`int` **`nextInt`**`(int bound)`	Vraća slučajnu `int` vrijednost iz raspona `[0, bound>`

U sljedećem primjeru prikazano je korištenje razreda `Random` gdje program pokušava pogoditi broj koji je učitan iz argumenata komandne linije (u rasponu od 0 do 9).

```
package hr.unizg.srce.d470.opjj;

import java.util.Random;

public class PseudoRandom {
  public static void main(String[] args) {
     int trazeniBroj = Integer.parseInt(args[0]);
     Random rand = new Random();
     int pokusaj;

     for (pokusaj = rand.nextInt(10);
          pokusaj != trazeniBroj;
          pokusaj = rand.nextInt(10)) {
        System.out.println("Promasaj.. pokusaj = "
                           + pokusaj);
     }

     System.out.println("Pogodak! pokusaj = "
                        + pokusaj);
  }
}
```

```
Ulaz:
     9
Izlaz:
     Promasaj.. pokusaj = 8
     Promasaj.. pokusaj = 1
     Promasaj.. pokusaj = 3
     Promasaj.. pokusaj = 0
     Promasaj.. pokusaj = 4
     Promasaj.. pokusaj = 4
     Promasaj.. pokusaj = 1
     Pogodak! pokusaj = 9
```

3.7. **Vježba: Osnove programskoga jezika *Java***

Ulazni podaci za sljedeće zadatke dani su u datoteci ***studenti.txt*** koja ima više redaka pri čemu svaki redak sadrži podatke o određenom studentu. Podaci su odvojeni razmacima te sadrže redom: **Prezime** (*String*), **Ime** (*String*), **Broj ECTS bodova** (*int*), **Prosjek ocjena** (*double*). Važno je napomenuti da su podaci **sortirani uzlazno** s obzirom na prezime.

1. Napišite program koji preko ulaznih argumenata komandne linije prima putanju do datoteke. Program treba pročitati datoteku te ispisati ukupnu sumu ECTS bodova.
2. Dopunite prethodni program da ispisuje podatke o odlikašima (studenti s prosjekom 5.0).
3. Dopunite prethodni program da ispisuje prezime koje se najčešće pojavljuje te srednju ocjenu svih studenata s tim prezimenom.

3.8. **Pitanja za ponavljanje: Osnove programskoga jezika *Java***

1. Nabrojite osnovne tipove podataka.
2. Što je sakupljač smeća u *Javi* i koju funkciju obavlja?
3. Čemu služe razredi omotači primitivnih tipova podataka? Koja je prednost njihovog korištenja?
4. Kako se dobije informacija o veličini polja u *Javi*?
5. Nabrojite strukture za uvjetno izvođenje kôda.
6. Navedite prednosti i mane korištenja tzv. *foreach* petlje.
7. Koji razredi se koriste za čitanje i pisanje datoteka?

4. Razredi i objekti

Po završetku ovoga poglavlja polaznik će moći:

- *definirati vlastite razrede i stvarati objekte*
- *koristiti različite modifikatore pristupa*
- *pisati konstruktore za inicijalizaciju objekata*
- *pisati preopterećene konstruktore i metode*
- *definirati i koristiti statičke članove.*

U ovom poglavlju definiraju se osnovni pojmovi vezani za **objektno orijentirano programiranje** (kraće **OOP**). To je stil razvoja programskoga kôda (programska paradigma) pri čemu se programi projektiraju kao skup **objekata** koji međusobno komuniciraju. Ovakav pristup je zbog svoje prirodne modularnosti idealan za razvoj većih projekata te je stoga vrlo popularan u industriji.

Središnji pojam u OOP-u je **razred** koji predstavlja predložak ili shematski plan (engl. *blueprint*) za stvaranje objekata. Primjeri razreda mogu biti auto, životinja, voće itd. **Objekti** predstavljaju konkretne primjerke (engl. *instances*) razreda, npr. pas, jež, zebra, banana, jabuka, itd.

Razredi sadrže **atribute** i **metode** čime se oblikuju svojstva i ponašanje objekata. Atributi mogu biti ime, boja, broj kotača itd. te se definiraju kao varijable unutar razreda. Metode sadrže logiku za manipuliranje objektima te se definiraju kao funkcije. Primjeri metoda mogu biti `ubrzaj()`, `promijeniBoju()` itd.

4.1. Definiranje razreda i stvaranje objekata

U programskom jeziku *Java* razredi se definiraju korištenjem ključne riječi **`class`** nakon koje slijedi ime razreda te blok naredbi kojima se definiraju atributi i metode. U nastavku je prikazana definicija razreda `Vozilo` koji sadrži atribute `boja`, `tezina`, `brojKotaca` i `brzina` te dvije metode koje služe za mijenjanje brzine vozila.

```
package hr.unizg.srce.d470.razredi;

public class Vozilo {
  String boja;
  double tezina;
  int brojKotaca;
  double brzina;

  void ubrzaj(double x) {
     brzina += x;
  }
```

```
    void uspori(double x) {
        brzina -= x;
    }
}
```

Sljedeći primjer prikazuje glavni program koji koristi razred `Vozilo` na način da stvori dva objekta (`bicikl` i `brod`) te im mijenja atribute i poziva metode.

```
package hr.unizg.srce.d470.razredi;

public class VozniPark {

  private static Vozilo bicikl, brod;

  public static void main(String[] args) {
     bicikl = new Vozilo();
     bicikl.boja = "crvena";
     bicikl.brojKotaca = 2;
     bicikl.tezina = 8.5;

     bicikl.ubrzaj(3.5);
     bicikl.uspori(1.0);

     brod = new Vozilo();
     brod.boja = "plava";
     brod.tezina = 20000.0;

     brod.ubrzaj(40.0);

     System.out.println("Boja bicikla: "
                        + bicikl.boja);
     System.out.println("Boja broda: " + brod.boja);

     System.out.println("Broj kotaca bicikla: "
                        + bicikl.brojKotaca);
     System.out.println("Broj kotaca broda: "
                        + brod.brojKotaca);

     System.out.println("Trenutna brzina bicikla: "
                        + bicikl.brzina);
     System.out.println("Trenutna brzina broda: "
                        + brod.brzina);

  }

}
```

```
Izlaz:
     Boja bicikla: crvena
     Boja broda: plava
     Broj kotaca bicikla: 2
     Broj kotaca broda: 0
     Trenutna brzina bicikla: 2.5
     Trenutna brzina broda: 40.0
```

Objekti pojednih razreda stvaraju se korištenjem operatora **`new`**, kao što je vidljivo u prethodnom primjeru. Operator `new` alocirat će potrebnu memoriju na memorijskom prostoru zvanom **gomila** (engl. ***heap***). Alocirana memorija sadrži prostor za pohranjivanje vrijednosti svih atributa pa tako svaki objekt sadrži **vlastite kopije atributa**. Stoga će npr. `brod` i `bicikl` imati različite vrijednosti atributa `brojKotaca`.

Operator `new` vratit će **referencu** određenoga tipa koja sadrži adresu na stvoreni objekt. U prethodnom primjeru reference se spremaju u varijable `bicikl` i `brod` koje su tipa `Vozilo`.

Važno je napomenuti da će atributi stvorenih objekata biti inicijalizirani na **nulu** za primitivne tipove podataka ili **`null`** u slučaju da je atribut referenca. Vrijednost **`null`** predstavlja referencu koja ne sadrži adresu konkretnog objekta. Za takvu referencu kaže se da pokazuje na „ništa“.

Reference služe za pristupanje atributima i metodama određenog objekta. To se obavlja korištenjem **operatora točka** (.) čime se može pročitati ili promijeniti vrijednost atributa, pozvati metoda itd. U prethodnom primjeru prikazane su brojne situacije gdje se koristi spomenuti operator.

Prilikom pristupanja atributima i metodama treba biti oprezan da referenca nema vrijednost `null` jer će to izazvati grešku koja će prekinuti normalno izvođenje programa.

4.1.1. Enumeracije

U programskom jeziku *Java* postoje specijalne vrste razreda **enumeracije** koje predstavljaju skupinu **nepromijenjivih vrijednosti**. Enumeracije se definiraju korištenjem ključne riječi **`enum`** nakon koje slijedi ime enumeracije te njeno tijelo. Sljedeći primjer prikazuje definiciju enumeracije koja predstavlja nekoliko različitih boja.

```
package hr.unizg.srce.d470.razredi;

public enum Boja {
      CRVENA, ZUTA, PLAVA
}
```

Različite vrijednosti enumeracije odvojene su zarezima te predstavljaju nepromjenjive atribute (varijable). Enumeracije se najčešće koriste za definiranje različitih boja, karata, dana, mjeseca itd. U nastavku je prikazan primjer koji koristi prethodno definiranu enumeraciju.

```
package hr.unizg.srce.d470.razredi;

public class PaletaBoja {

  public static void main(String[] args) {
     Boja boja = Boja.PLAVA;

     System.out.print("Moguce boje: ");
```

```
        for (Boja b : Boja.values())
            System.out.print(b + " ");

        System.out.print("\nVarijabla sadrzi ");
        switch (boja) {
        case CRVENA:
            System.out.print("crvenu");
            break;
        case ZUTA:
            System.out.print("zutu");
            break;
        case PLAVA:
            System.out.print("plavu");
            break;
    }
    System.out.println(" boju.");

    }

}
```

```
Izlaz:
      Moguce boje: CRVENA ZUTA PLAVA
      Varijabla sadrzi plavu boju.
```

Važno je napomenuti da **nije moguće** stvoriti novi objekt tipa `Boja`, već se koriste postojeći objekti spremljeni u elementima enumeracije. Njima se pristupa korištenjem **operatora točka** nad imenom razreda, ali im nije moguće promijeniti vrijednost jer su interno definirani kao javni, statički i nepromjenjivi atributi – više o tome u nastavku poglavlja.

Kao što je prikazano u prethodnom primjeru, moguće je elegantno provjeravati vrijednosti enumeracije korištenjem **`switch`** konstrukcije. Također, moguće je iterirati kroz sve vrijednosti enumeracije korištenjem **`for`** petlje.

4.2. Dijagrami razreda

Programski sustavi u praksi su često jako veliki te sadrže milijune linija kôda koje su napisali deseci ili čak stotine inženjera. U tako velikim sustavima vrlo je važna **dokumentacija** koja opisuje strukturu i ponašanje sustava. Bez dokumentacije inženjeri bi morali dešifrirati logiku iz kôda čime bi se njihov rad uvelike otežao i usporio.

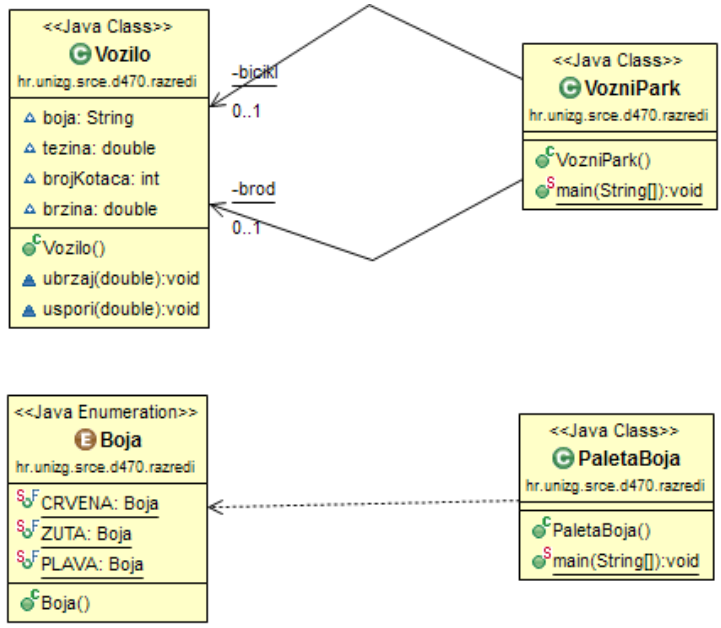
Jedan od poznatih alata za dokumentiranje je **UML** (***Unified Modeling Language***) – jezik za modeliranje koji predstavlja standardizirani način vizualizacije dizajna sustava. UML nudi mogućnost crtanja brojnih strukturalnih, ponašajnih i interakcijskih **dijagrama** koji daju jasan pregled funkcionalnosti sustava.

U kontekstu objektno orijentiranoga dizajna, jedan od najčešće korištenih UML dijagrama jest **dijagram razreda** (engl. ***class diagram***) koji vizualno opisuje strukturu sustava prikazivanjem razreda te njihovih

atributa i metoda. Pritom se vizualiziraju i veze između razreda kao što su **ovisnost**, **kompozicija** i **generalizacija**.

Ovisnost (engl. ***dependency***) predstavlja vezu gdje jedan razred koristi objekte drugoga razreda, na primjer preko argumenata ili povratne vrijednosti metoda. **Kompozicija** je veza gdje jedan razred sadrži atribut koji je objekt drugog razreda. **Generalizacija** se veže za koncept nasljeđivanja koji je obrađen u sljedećem poglavlju.

U nastavku je prikazan dijagram razreda prethodnih primjera, generiran korištenjem ***ObjectAid*** alata koji se može ugraditi u *Eclipse* razvojno okruženje [7]. Ovisnost je prikazana iscrtkanom strelicom, dok je kompozicija prikazana običnom strelicom s nazivom atributa te označenom količinom objekata. Količina ***0..1*** predstavlja nula (`null`) ili jedan objekt, dok količina ***0..**** označava proizvoljan broj objekata (npr. polje objekata).



4.3. Enkapsulacija

Enkapsulacija ili **učahurivanje** (engl. ***encapsulation***) je jedan od glavnih koncepta objektno orijentirane paradigme. To je mehanizam **skrivanja atributa** pri čemu se pristup atributima dozvoljava isključivo preko metoda istoga razreda. Prednost enkapsulacije je u tome što razred zadržava **potpunu kontrolu** nad vrijednostima atributa. Time se lako može spriječiti postavljanje nevaljane vrijednosti atributa ili generalno pristupanje određenom atributu.

Enkapsulacija se postiže deklariranjem **privatnih atributa** korištenjem ključne riječi **`private`** te definiranjem tzv. **javnih *getter/setter*** metoda koje služe za čitanje i pisanje vrijednosti atributa. Osim čitanja i pisanja, *getter/setter* metode mogu sadržavati dodatnu logiku za, na primjer, provjeravanje valjanosti nove vrijednosti atributa. U nastavku je prikazan modificirani razred s početka poglavlja pri čemu su svi atributi učahureni.

Automatsko učahurivanje

U razvojnom okruženju *Eclipse* moguće je automatski enkapsulirati atribute razreda desnim klikom na razred te odabirom ***Source → Generate Getters and Setters***...

```
package hr.unizg.srce.d470.razredi;

public class VoziloUcahureno {
  private String boja;
  private double tezina;
  private int brojKotaca;
  private double brzina;

  void ubrzaj(double x) {
     setBrzina(getBrzina() + x);
  }

  void uspori(double x) {
     setBrzina(getBrzina() - x);
  }

  public String getBoja() {
     return boja;
  }

  public void setBoja(String boja) {
     this.boja = boja;
  }

  public double getTezina() {
     return tezina;
  }

  public void setTezina(double tezina) {
     if (tezina < 0.0)
        this.tezina = 0.0;
     else
        this.tezina = tezina;
  }

  public int getBrojKotaca() {
     return brojKotaca;
  }

  public void setBrojKotaca(int brojKotaca) {
     this.brojKotaca = brojKotaca;
  }

  public double getBrzina() {
     return brzina;
  }

  public void setBrzina(double brzina) {
     this.brzina = brzina;
  }
}
```

U prethodnom primjeru moguće je uočiti ključnu riječ **`this`**. To je varijabla koja je uvijek dostupna unutar (ne-statičkih) metoda razreda te

predstavlja referencu objekta nad kojim je ta metoda pozvana. U ovom slučaju koristi se za razlikovanje atributa i argumenta metode, s obzirom na to da imaju isto ime.

U nastavku je prikazan primjer korištenja prethodno definiranoga razreda.

```
package hr.unizg.srce.d470.razredi;

public class VozniParkUcahureno {

  private static VoziloUcahureno bicikl, brod;

  public static void main(String[] args) {
     bicikl = new VoziloUcahureno();
     bicikl.setBoja("crvena");
     bicikl.setBrojKotaca(2);
     bicikl.setTezina(8.5);

     bicikl.ubrzaj(3.5);
     bicikl.uspori(1.0);

     brod = new VoziloUcahureno();
     brod.setBoja("plava");
     brod.setTezina(20000.0);

     brod.ubrzaj(40.0);

     System.out.println("Boja bicikla: "
                        + bicikl.getBoja());
     System.out.println("Boja broda: "
                        + brod.getBoja());

     System.out.println("Broj kotaca bicikla: "
                        + bicikl.getBrojKotaca());
     System.out.println("Broj kotaca broda: "
                        + brod.getBrojKotaca());

     System.out.println("Trenutna brzina bicikla: "
                        + bicikl.getBrzina());
     System.out.println("Trenutna brzina broda: "
                        + brod.getBrzina());

  }

}
```

```
Izlaz:
     Boja bicikla: crvena
     Boja broda: plava
     Broj kotaca bicikla: 2
     Broj kotaca broda: 0
     Trenutna brzina bicikla: 2.5
     Trenutna brzina broda: 40.0
```

4.4. **Modifikatori pristupa**

U prethodnim primjerima moguće je uočiti ključne riječi **`public`** i **`private`**. One predstavljaju neke od **modifikatora pristupa** kojima se definira dostupnost odnosno **vidljivost članova** (razreda, atributa, metoda itd.). Sljedeća tablica prikazuje različite modifikatore pristupa i njihove vidljivosti.

Modifikator	Razred	Paket	Podrazred	Svijet
`public`	✓	✓	✓	✓
`protected`	✓	✓	✓	×
(bez modifikatora)	✓	✓	×	×
`private`	✓	×	×	×

Drugi stupac tablice prikazuje dostupnost unutar razreda gdje su definirani. Bez obzira na modifikator, svi članovi bit će vidljivi ostalim članovima unutar istog razreda. Treći stupac prikazuje vidljivost unutar paketa – svi članovi osim privatnih bit će vidljivi ostalim razredima unutar istog paketa. Četvrti stupac prikazuje vidljivost iz perspektive izvedenoga razreda (podrazreda), dok peti stupac prikazuje vidljivost iz perspektive svih ostalih razreda.

4.5. **Konstruktori**

Pri korištenju prethodno definiranoga razreda `Vozilo`, u glavnom programu je nakon stvaranja objekta (npr. `bicikl` ili `brod`) bilo potrebno postaviti sve atribute na odgovarajuće vrijednosti (npr. dva kotača za bicikl). U slučaju većega broja atributa taj posao postaje veoma naporan jer je za svaki stvoreni objekt potrebno pisati više linija kôda za inicijalizaciju tog objekta.

Kako bi inicijalizacija bila jednostavnija, u *Javi* postoje **konstruktori** koji predstavljaju posebnu vrstu metoda koje se automatski pozivaju prilikom stvaranja objekata te koje služe za njihovu inicijalizaciju.

Sljedeći primjer prikazuje isječak modificiranoga razreda `Vozilo` koji sadrži i odgovarajući konstruktor za inicijalizaciju objekata.

```
package hr.unizg.srce.d470.razredi;

public class VoziloKonstruktor {
  private String boja;
  private double tezina;
  private int brojKotaca;
  private double brzina;

  public VoziloKonstruktor(
          String boja,
          double tezina,
          int brojKotaca,
          double brzina) {
     this.boja = boja;
     this.tezina = tezina;
     this.brojKotaca = brojKotaca;
     this.brzina = brzina;
  }

  ...
}
```

Konstruktor se definira kao metoda bez specificirane povratne vrijednosti te istog imena kao i razred. Na sljedeći način moguće je stvoriti objekt korištenjem prethodno definiranoga konstruktora:

```
VoziloKonstruktor bicikl = new
          VoziloKonstruktor("crvena", 8.5, 2, 0.0);
```

Važno je napomenuti da svaki razred inicijalno sadrži **pretpostavljeni konstruktor** koji nema argumenata niti naredbe u svom tijelu (tzv. prazni konstruktor). U slučaju definiranja vlastitoga konstruktora, pretpostavljeni konstruktor bit će **uklonjen**, odnosno **zamijenjen**.

4.6. Preopterećenje (engl. *Overloading*)

Za jedan razred moguće je definirati više konstruktora koji se razlikuju po broju i/ili tipovima argumenata. Za takav konstruktor kaže se da je **preopterećen** (engl. ***overloaded***). Prilikom stvaranja objekata moguće je koristiti bilo koji od definiranih konstruktora, pod uvjetom da njihovi modifikatori pristupa to dozvoljavaju. Na primjer, definiranjem privatnoga konstruktora može se spriječiti stvaranje objekata nekoga razreda.

Također, konstruktori se međusobno mogu pozivati korištenjem ključne riječi **`this`** čime se postiže **ulančavanje konstruktora**. Prednost ulančavanja je u tome što se zajednička inicijalizacija može obaviti na jednom mjestu bez potrebe za dupliciranjem kôda. Sljedeći isječak kôda prikazuje primjer razreda s više definiranih konstruktora.

```
package hr.unizg.srce.d470.razredi;

public class VoziloPreopterecenje {
  private String boja;
  private double tezina;
  private int brojKotaca;
  private double brzina;

  public VoziloPreopterecenje() {
     this(null, 0.0, 0, 0.0);
  }

  public VoziloPreopterecenje(String boja,
                              double tezina,
                              int brojKotaca) {
     this(boja, tezina, brojKotaca, 0.0);
  }

  public VoziloPreopterecenje(String boja,
                              double tezina,
                              int brojKotaca,
                              double brzina) {
     this.boja = boja;
     this.tezina = tezina;
     this.brojKotaca = brojKotaca;
     this.brzina = brzina;
  }

  ...
}
```

Važno je napomenuti da poziv drugoga konstruktora, ako postoji, mora biti napisan **na samom početku (prva linija)** konstruktora, u suprotnom će prevodilac prijaviti grešku.

Preopterećenje se može primijeniti i na obične metode. Sljedeći primjer prikazuje preopterećenje metode `mnozi(a, b)` pri čemu svaka varijanta koristi različite tipove podataka argumenata. Ovakvo preopterećenje metoda predstavlja primjer **statičkoga polimorfizma**. To znači da se **prilikom prevođenja programa** za svaki poziv preopterećene metode određuje točna varijanta metode koja će se zapravo pozvati.

```
package hr.unizg.srce.d470.razredi;

public class Matematika {

  public int zbroji(int a, int b) {
     return a + b;
  }

  public double zbroji(double a, double b) {
     return a + b;
  }
```

```
  public String zbroji(String a, String b) {
     return a + b;
  }

}
```

```
package hr.unizg.srce.d470.razredi;

public class Zbrajanje {
  public static void main(String[] args) {
     Matematika matematika = new Matematika();
     System.out.println(matematika.zbroji(2, 3));
     System.out.println(matematika.zbroji(10.5,
                                          12.3));
     System.out.println(matematika.zbroji("13",
                                          "26"));
      }
}
```

```
Izlaz:
     5
     22.8
     1326
```

4.7. **Statički članovi**

U programskom jeziku *Java* postoji ključna riječ **`static`** koja se može koristiti prilikom definiranja razreda, atributa ili metoda.

Razred je moguće definirati kao statički samo ako je ugniježđen tj. definiran unutar tijela drugoga razreda. Iz tog razloga statički razredi bit će obrađeni kasnije, u poglavlju 5.6.

Statičkim članovima moguće je pristupiti **bez potrebe za objektom** razreda kojem ti članovi pripadaju. Razlog tome je što su statički članovi zajednički za sve objekte razreda. Statički atributi bit će alocirani u memoriji na samo jednom mjestu te će dijeliti istu vrijednost za sve objekte.

Statičkim atributima i metodama moguće je pristupiti korištenjem imena razreda na sljedeći način:

```
ImeRazreda.imeStatickogAtributa
ImeRazreda.imeStatickeMetode()
```

Primjer statičke metode je i metoda **`main`** koja služi kao početna točka izvođenja svakoga programa.

Važno je napomenuti da u statičkim metodama nije moguće direktno pristupiti ne-statičkim atributima i metodama, ali obratno je moguće. U ne-statičkim metodama moguće je pristupiti statičkim atributima i metodama te u tom slučaju nije potrebno koristiti ime razreda.

Sljedeći primjer prikazuje korištenje statičkih atributa i metoda. Razred `Kutija` sadrži obični atribut `volumen` te statički atribut `brojKutija` koji služi kao brojač stvorenih kutija. U glavnom razredu `BrojacKutija` stvara se polje kutija te se inicijaliziraju i ispisuju informacije o svakoj kutiji.

Važno je primijetiti da neposredno nakon definiranja polja kutija atribut `brojKutija` ima vrijednost nula. Razlog tome je što nijedna kutija još nije alocirana u memoriji, jer polje u tom trenutku sadrži deset referenci koje imaju vrijednost `null`.

```
package hr.unizg.srce.d470.razredi;

public class Kutija {

  private static int brojKutija;

  private double volumen;

  public static int getBrojKutija() {
     return brojKutija;
  }

  public double getVolumen() {
     return volumen;
  }

  public void setVolumen(double volumen) {
     this.volumen = volumen;
  }

  public Kutija(double volumen) {
     ++brojKutija;
     setVolumen(volumen);
  }
}
```

```
package hr.unizg.srce.d470.razredi;

public class BrojacKutija {

  public static void ispisiBrojKutija() {
     System.out.println("Broj kutija: " +
                        Kutija.getBrojKutija());
  }

  public static void main(String[] args) {
     Kutija[] kutije = new Kutija[10];
     ispisiBrojKutija();

     for (int i = 0; i < kutije.length; ++i) {
        kutije[i] = new Kutija(10 + i);
        System.out.println("Volumen kutije "
                           + i + " je "
                           + kutije[i].getVolumen());
```

```
            ispisiBrojKutija();
        }
    }

}
```

```
Izlaz:
      Broj kutija: 0
      Volumen kutije 0 je 10.0
      Broj kutija: 1
      Volumen kutije 1 je 11.0
      Broj kutija: 2
      Volumen kutije 2 je 12.0
      Broj kutija: 3
      Volumen kutije 3 je 13.0
      Broj kutija: 4
      Volumen kutije 4 je 14.0
      Broj kutija: 5
      Volumen kutije 5 je 15.0
      Broj kutija: 6
      Volumen kutije 6 je 16.0
      Broj kutija: 7
      Volumen kutije 7 je 17.0
      Broj kutija: 8
      Volumen kutije 8 je 18.0
      Broj kutija: 9
      Volumen kutije 9 je 19.0
      Broj kutija: 10
```

Osim atributa i metoda, moguće je deklarirati i **statičke blokove** koji služe za inicijalizaciju statičkih atributa. Sljedeći isječak kôda prikazuje dva načina inicijalizacije – direktno te korištenjem **`static`** bloka. Moguće je definirati i više statičkih blokova koji će izvršavati slijedno prilikom inicijalizacije razreda.

```
public class Kutija {

  private static int brojKutija = 5;

  ...
```

```
public class Kutija {

  private static int brojKutija;

  static {
     brojKutija = 5;
  }

  ...
```

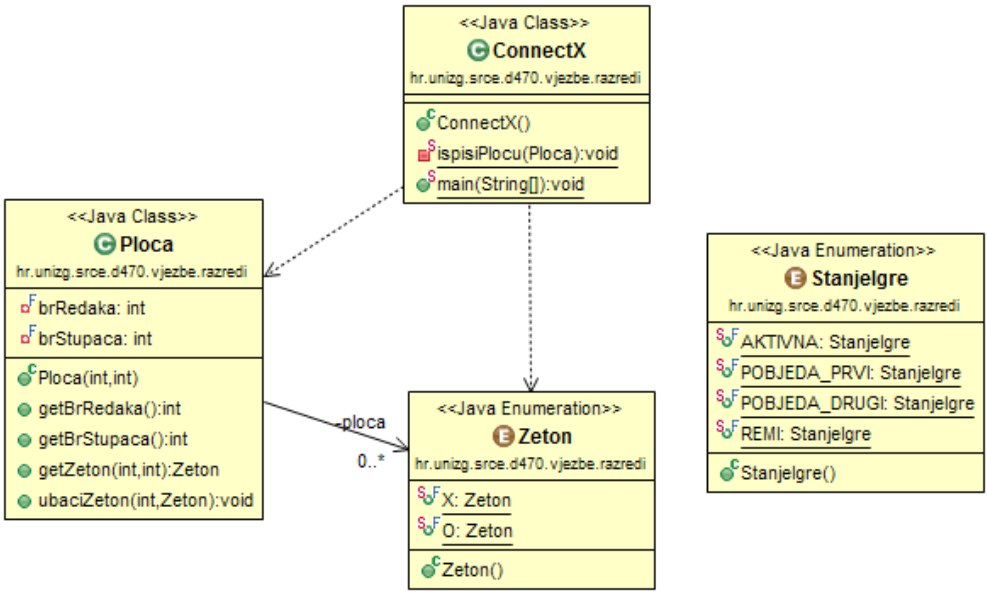
4.8. **Vježba: Razredi i objekti**

Prije rješavanja sljedećih zadataka pročitajte opis završne vježbe.

Ova vježba (kao i većina vježbi iz preostalih poglavlja) služi kao priprema za završnu vježbu u kojoj polaznici implementiraju igru ***ConnectX***.

1. Implementirajte enumeraciju **`StanjeIgre`** s članovima koji označavaju različita stanja igre. Igra može biti aktivna, remi ili pobijeđena od strane prvog ili drugog igrača.
2. Implementirajte enumeraciju **`Zeton`** s članovima **`X`** i **`O`** koji predstavljaju dvije različite boje žetona.
3. Implementirajte razred **`Ploca`** koji sadrži atribute **`brRedaka`** (broj redaka), **`brStupaca`** (broj stupaca) te dvodimenzionalno polje **`ploca`** u kojem će biti spremljeni žetoni.
   - Dodajte konstruktor koji preko argumenata prima dimenzije ploče. Konstruktor mora zapisati primljene vrijednosti te inicijalizirati dvodimenzionalno polje s odgovarajućom veličinom.
   - Dodajte *getter* metode za broj redaka i stupaca. Napišite metodu `getZeton(redak,stupac)` koja će vratiti element polja iz danog retka i stupca.
   - Napišite metodu `ubaciZeton(stupac,zeton)` koja će ubaciti dani žeton na vrh određenoga stupca ploče.
4. Napišite razred **`ConnectX`** koji sadrži glavnu metodu `main` koja preko ulaznih parametara prima dimenzije ploče. Program treba stvoriti objekt ploče odgovarajućih dimenzija te učitavati iz standardnog ulaza indekse stupaca u koje je potrebno naizmjenično ubacivati žetone `X` i `O`. Nakon svakog ubacivanja potrebno je ispisati ploču na standardni izlaz. U slučaju da određeni redak i stupac ploče ne sadrži žeton, potrebno je ispisati znak točku. Program treba završiti u trenutku kad na standardnom ulazu više nema brojeva.

U nastavku je prikazan dijagram razreda rješenja koji može poslužiti kao pomoć prilikom rješavanja vježbe.



4.9. **Pitanja za ponavljanje: Razredi i objekti**

1. Detaljno opišite djelovanje sljedećeg isječka kôda:

```
Kutija kutija;
kutija = new Kutija(15);
```

2. Što su enumeracije i koja im je glavna primjena?
3. Kako se postiže enkapsulacija atributa te zašto se koristi?
4. Navedite moguće modifikatore pristupa i njihove razine vidljivosti.
5. Čemu služe konstruktori te kako se definiraju?
6. Što znači da je neka metoda preopterećena?
7. Koja je razlika između običnih i statičkih atributa?

5. Nasljeđivanje

Po završetku ovoga poglavlja polaznik će moći:

- *pisati razrede koji koriste koncepte nasljeđivanja i nadjačavanja*
- *koristiti ukalupljivanje tipova podataka*
- *koristiti apstraktne razrede i sučelja*
- *pisati ugniježđene, lokalne i anonimne razrede*
- *definirati funkcijska sučelja te ih implementirati uporabom lambda izraza.*

Jedan od važnijih pojmova u objektno orijentiranoj paradigmi jest **nasljeđivanje** (engl. ***inheritance***). Taj pojam predstavlja mogućnost novih razreda da naslijede postojeće čime se stvara hijerarhijska struktura razreda. Pritom se novi razred naziva **izvedeni razred** ili **podrazred** (engl. ***subclass***), dok se postojeći naziva **bazni razred** ili **nadrazred** (engl. ***superclass***). Uz nasljeđivanje se također vežu pojmovi **generalizacija** i **specijalizacija**. Bazni razred je generalizacija izvedenoga, dok je izvedeni razred specijalizacija baznoga razreda.

U svijetu postoje brojni primjeri hijerarhije razreda. Na primjer, slon je podrazred životinja, bicikl je podrazred vozila itd. U nastavku je obrađeno nasljeđivanje u kontekstu programskoga jezika *Java*.

5.1. Hijerarhijska struktura razreda

Nasljeđivanje će biti objašnjeno na primjeru proizvoda koji se prodaju u dućanu. U nastavku je prikazan razred **`Proizvod`** koji sadrži nekoliko enkapsuliranih atributa te dvije metode: `ispisiInformacije()` i `preracunajEuro()`.

```
package hr.unizg.srce.d470.nasljedivanje;

public class Proizvod {

  private int id;
  private String naziv;
  private double cijena;

  public Proizvod(int id, String naziv,
                  double cijena) {
     this.setId(id);
     this.setNaziv(naziv);
     this.setCijena(cijena);
  }

  public int getId() {
     return id;
  }
```

```
    public void setId(int id) {
        this.id = id;
    }

    public String getNaziv() {
        return naziv;
    }

    public void setNaziv(String naziv) {
        this.naziv = naziv;
    }

    public double getCijena() {
        return cijena;
    }

    public void setCijena(double cijena) {
        this.cijena = cijena;
    }

    private double preracunajEuro() {
        return getCijena() / 7.5;
    }

    public void ispisiInformacije() {
        System.out.println(getId() + ", " + getNaziv()
                           + ", " + preracunajEuro()
                           + " eura");
    }

}
```

Dućan prodaje dvije vrste proizvoda – **sudopere** i **pločice**. Obje vrste imaju zajedničke atribute (šifru proizvoda, naziv i cijenu), ali i vlastite specifične atribute. Sudoperi imaju tip (ugradbeni ili nadgradni), dok pločice imaju svoju dimenziju (duljinu i širinu).

Korištenjem nasljeđivanja može se lako postići odgovarajuća hijerarhijska struktura. Sljedeći primjer prikazuje razrede **`Sudoper`** i **`Plocica`** koji **nasljeđuju** razred `Proizvod` te dodaju vlastite atribute.

```
package hr.unizg.srce.d470.nasljedivanje;

public enum TipSudopera {
  NADGRADNI, UGRADBENI
}

public class Sudoper extends Proizvod {

  private TipSudopera tipSudopera;

  public Sudoper(int id, String naziv,
                 double cijena,
                 TipSudopera tipSudopera) {
     super(id, naziv, cijena);
```

```
        this.setTipSudopera(tipSudopera);
    }

    public TipSudopera getTipSudopera() {
        return tipSudopera;
    }

    public void setTipSudopera(
                        TipSudopera tipSudopera) {
        this.tipSudopera = tipSudopera;
    }

}

public class Plocica extends Proizvod {

    private double duljina, sirina;

    public Plocica(int id, String naziv,
                   double cijena, double duljina,
                   double sirina) {
        super(id, naziv, cijena);
        this.setDuljina(duljina);
        this.setSirina(sirina);
    }

    public double getDuljina() {
        return duljina;
    }

    public void setDuljina(double duljina) {
        this.duljina = duljina;
    }

    public double getSirina() {
        return sirina;
    }

    public void setSirina(double sirina) {
        this.sirina = sirina;
    }

}
```

Nasljeđivanje se u *Javi* implementira korištenjem ključne riječi **`extends`** nakon koje slijedi ime baznoga razreda. Izvedeni razred nasljeđivanjem preuzima **sve atribute i metode** baznoga razreda pa će tako objekt izvedenoga razreda sadržavati vrijednosti svih atributa, uključujući one koji su definirani u baznom razredu.

Konstruktori baznoga razreda se ne nasljeđuju, ali se mogu pozivati iz konstruktora izvedenoga razreda korištenjem ključne riječi **`super`** koja predstavlja referencu na **objekt baznoga razreda**, slično kao ključna riječ **`this`** koja predstavlja referencu na **objekt trenutnoga razreda**.

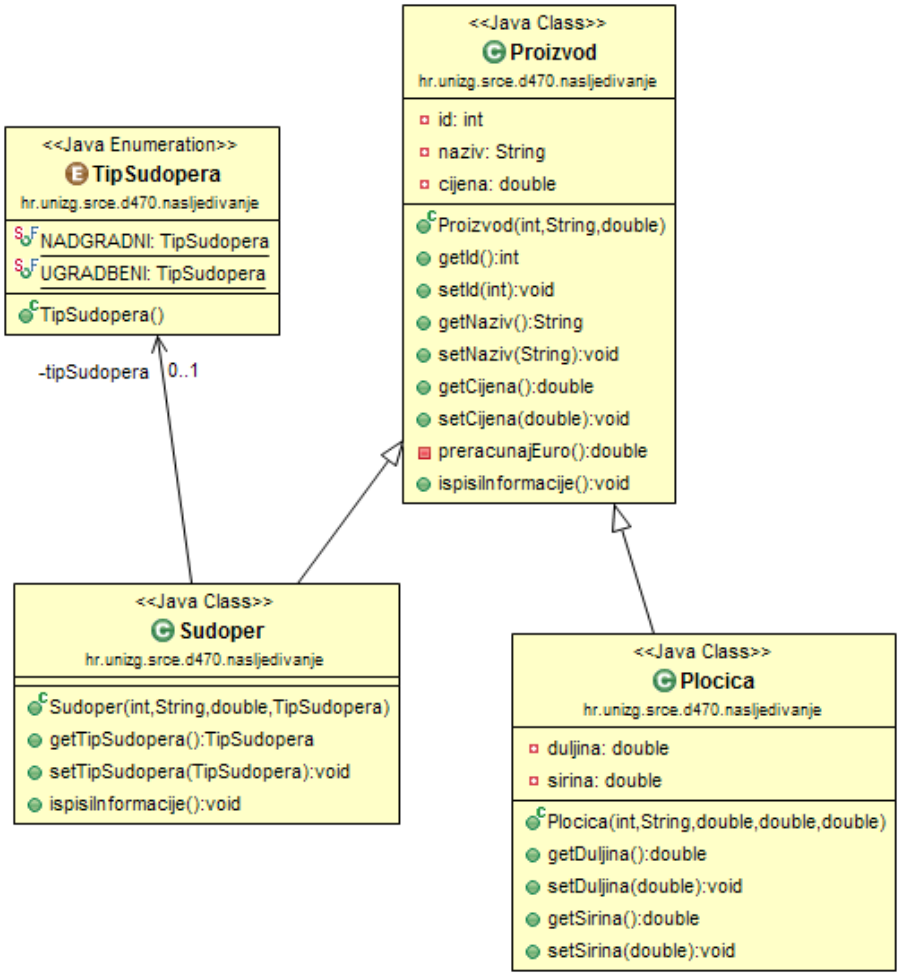
Višestruko nasljeđivanje

Razredi u *Javi* mogu naslijediti **najviše jedan razred**, za razliku od drugih jezika kao što je *C++* gdje je omogućeno **višestruko nasljeđivanje** prilikom čega razred može imati više direktnih (neposrednih) nadrazreda.

S druge strane, *Java* razredi mogu naslijediti (tj. implementirati) više **sučelja** – specijalnih tipova koji se obrađuju u nastavku poglavlja.

Važno je napomenuti da će izvedeni razred imati pristup **samo vidljivim** atributima i metodama (npr. atributi definirani kao **`public`** ili **`protected`**). Tako će razred `Sudoper` morati koristiti javnu *getter* metodu `getCijena()` kako bi dohvatio vrijednost atributa `cijena` koji je naslijedio iz razreda `Proizvod`, jer je sami atribut definiran kao `private`. Također, razred `Sudoper` ne može pristupiti metodi `preracunajEuro()` jer je privatna.

Hijerarhija razreda može se elegantno vizualizirati korištenjem UML dijagrama razreda na sljedeći način:



5.2. **Nadjačavanje (engl. *Overriding*)**

Izvedeni razredi mogu **redefinirati**, tj. **nadjačati** (engl. ***override***) metode baznoga razreda, pritom im mijenjajući ponašanje. U sljedećem primjeru razred `Sudoper` nadjačava metodu `ispisiInformacije()` na način da ispiše tip sudopera prije ostatka informacija.

Automatsko nadjačavanje

U razvojnom okruženju *Eclipse* moguće je automatski nadjačati metode baznoga razreda desnim klikom na izvedeni razred te odabirom ***Source → Override/Implement Methods***...

```
public class Sudoper extends Proizvod {

  private TipSudopera tipSudopera;

  public Sudoper(int id, String naziv,
                 double cijena,
                 TipSudopera tipSudopera) {
     super(id, naziv, cijena);
     this.setTipSudopera(tipSudopera);
  }

  public TipSudopera getTipSudopera() {
     return tipSudopera;
  }

  public void setTipSudopera(
                    TipSudopera tipSudopera) {
     this.tipSudopera = tipSudopera;
  }

  @Override
  public void ispisiInformacije() {
     System.out.print(getTipSudopera()
                      + " sudoper, ");
     super.ispisiInformacije();
  }

}
```

Prilikom nadjačavanja, nova verzija metode mora imati identičan **potpis**, što znači da treba imati isto ime, broj parametara te tipove parametara i povratne vrijednosti. U suprotnom će nova verzija biti definirana kao potpuno nova metoda bez ikakve poveznice s metodom iz baznog razreda. Ista situacija može se dogoditi i u slučaju da se naknadno promijeni potpis bazne metode. Kako bi se to izbjeglo, koristi se **anotacija** (engl. ***annotation***) **@Override** koja eksplicitno najavljuje da je sljedeća metoda nadjačana verzija neke metode baznoga razreda [8]. U slučaju da prevodilac ne može pronaći baznu verziju, prijavit će pogrešku.

Također, moguće je pozvati baznu verziju nadjačane metode korištenjem ključne riječi **`super`**, kao što je to slučaj u prethodnom primjeru. Za razliku od poziva baznoga konstruktora, poziv bazne metode **nije potrebno navoditi** na samom početku nadjačane metode.

Kako bi se prikazala djelotvornost nadjačavanja metoda, u sljedećem primjeru stvaraju se tri različita proizvoda te se ispisuju informacije o svakom od njih. Prilikom pozivanja metode `ispisiInformacije()` nad objektom razreda `Sudoper`, izvršava se nova verzija metode iz izvedenog razreda.

```
package hr.unizg.srce.d470.nasljedivanje;

public class Ducan {
```

```
  public static void main(String[] args) {
     Proizvod proizvod = new Proizvod(1, "papir",
                                      30);
     Sudoper sudoper = new Sudoper(2,
                              "GranitX", 900,
                              TipSudopera.UGRADBENI);
     Plocica plocica = new Plocica(3,
                                   "May Ceramics",
                                   120, 60, 60);

     proizvod.ispisiInformacije();
     sudoper.ispisiInformacije();
     plocica.ispisiInformacije();
  }

}
```

```
Izlaz:
     1, papir, 4.0 eura
     UGRADBENI sudoper, 2, GranitX, 120.0 eura
     3, May Ceramics, 16.0 eura
```

Važno je napomenuti kako je moguće spriječiti nadjačavanje na način da se metoda u baznom razredu deklarira kao **nepromjenjiva**, tj. **`final`**. Pokušaj nadjačavanja takve metode rezultirat će pogreškom pri prevođenju. Na jednak način može se spriječiti i nasljeđivanje – deklariranjem željenoga razreda kao **`final class`**.

5.3. **Dinamički polimorfizam**

U *Javi* je referenci baznoga razreda moguće dodijeliti vrijednost objekta izvedenoga razreda. Tako je sljedeća linija kôda potpuno valjana:

```
Proizvod mojProizvod = new Sudoper(2,
                           "GranitX", 900,
                           TipSudopera.UGRADBENI);
```

Razlog tome je što objekt razreda `Sudoper` između ostalog sadrži sve atribute i metode razreda `Proizvod` te se može tretirati kao takav. Ovakva pretvorba tipova podataka naziva se **ukalupljivanje** (engl. ***casting***).

Moguća je pretvorba i u suprotnom smjeru, ali pritom treba koristiti tzv. **eksplicitno ukalupljivanje** gdje se u zagradama navodi točan razred u koji se pretvara.

```
Sudoper mojSudoper = (Sudoper) mojProizvod;
```

Ovakav smjer ukalupljivanja **nije siguran** jer može dovesti do pogreške, ako `mojProizvod` zapravo sadrži objekt tipa `Plocica`. Više o tome bit će obrađeno u narednim poglavljima.

Zanimljiva situacija događa se prilikom pozivanja metoda nad ukalupljenim objektom, kao u sljedećoj naredbi:

```
    mojProizvod.ispisiInformacije();
```

S obzirom na to da varijabla `mojProizvod` može sadržavati objekt bilo kojeg izvedenog razreda, *Javin* virtualni stroj će **prilikom izvođenja programa** odrediti točnu verziju metode koju treba pozvati na temelju stvarnoga tipa podataka koji se krije u danoj varijabli. U prethodnoj naredbi pozvat će se nadjačana verzija metode `ispisiInformacije()` koja je definirana unutar razreda `Sudoper`. Ovakav poziv metode predstavlja **dinamički polimorfizam**.

U nastavku je prikazan praktičan primjer korištenja ukalupljivanja i dinamičkoga polimorfizma.

```
package hr.unizg.srce.d470.nasljedivanje;

public class Nalog {

  public void obradi(Proizvod[] proizvodi) {

  }

}

public class PlatniNalog extends Nalog {

  @Override
  public void obradi(Proizvod[] proizvodi) {
     double ukupnaCijena = 0.0;
     for (Proizvod proizvod : proizvodi)
        ukupnaCijena += proizvod.getCijena();

     System.out.println("Ukupna cijena je: "
                        + ukupnaCijena);
  }

}

public class Obrada {

  public static void main(String[] args) {
     Proizvod[] proizvodi = {
       new Proizvod(1, "papir", 30),
       new Sudoper(2, "GranitX", 900,
                      TipSudopera.UGRADBENI),
       new Plocica(3, "May Ceramics", 120, 60, 60)
     };
     Nalog nalog = new PlatniNalog();
     nalog.obradi(proizvodi);
  }

}
```

```
Izlaz:
     Ukupna cijena je: 1050.0
```

5.3.1. Operator instanceof

U *Javi* postoji poseban binarni operator **`instanceof`** koji služi za ispitivanje pripadnosti objekta određenom razredu. Oblik korištenja operatora `instanceof` je sljedeći:

```
objekt instanceof Razred
```

Operator će vratiti tip **`boolean`** – `true` ako je objekt tipa `Razred`, inače `false`. Sljedeći primjer prikazuje korištenje operatora `instanceof`.

```
package hr.unizg.srce.d470.nasljedivanje;

public class OperatorInstanceOf {

  public static void main(String[] args) {
     Proizvod proizvod = new Plocica(1,
                          "May Ceramics", 120, 60, 60);
     System.out.println(
                         proizvod instanceof Proizvod);
     System.out.println(
                         proizvod instanceof Plocica);
     System.out.println(
                         proizvod instanceof Sudoper);
  }

}
```

```
Izlaz:
     true
     true
     false
```

Inače, ovaj operator se u praksi **rijetko koristi** te najčešće ukazuje na probleme u dizajnu objektno orijentiranoga sustava.

5.4. Bazni razred *Object*

U programskom jeziku *Java* svi razredi direktno ili indirektno nasljeđuju razred **`Object`** koji predstavlja **korijen hijerarhije** svih razreda. Taj razred sadrži nekoliko korisnih metoda od kojih su najvažnije **`equals(Object o)`** i **`toString()`**.

Automatsko nadjačavanje metoda razreda `Object`

U razvojnom okruženju *Eclipse* moguće je automatski nadjačati metode baznog razreda `Object` desnim klikom na vlastiti razred te odabirom ***Source → Generate hashCode() and equals() / toString()***

Metoda **`equals(Object o)`** predstavlja standardnu metodu za **uspoređivanje objekata**. Razred `Object` implementira ovu metodu na način da usporedi reference objekata operatorom `==` koji će jednostavno usporediti adrese na koje reference pokazuju. Takvo uspoređivanje može rezultirati **logičkom greškom** jer dva objekta istoga razreda s jednakim vrijednostima atributa mogu biti proglašeni različitima ako se nalaze na različitim adresama u memoriji. Iz tog razloga se ova metoda kod većine razreda nadjačava kako bi se omogućilo pravilno uspoređivanje. Jedan od najpoznatijih razreda koji implementiraju ovaj mehanizam je razred `String`.

Metoda **toString()** služi za pretvaranje objekta u tekstualni zapis (`String`) te se automatski poziva u slučajevima kad program očekuje objekt tipa `String`, ali mu je predan objekt nekoga drugog razreda. Najčešći slučaj toga može se vidjeti prilikom ispisivanja na standardni izlaz gdje metoda `System.out.println()` očekuje argument tipa `String`. Razred `Object` implementira metodu `toString()` tako da ispiše puno ime razreda te adresu u memoriji na kojoj se nalazi objekt.

U sljedećem primjeru razred `Tocka` nadjačava spomenute metode koje se zatim u glavnom razredu `KoordinatniSustav` pozivaju.

```
package hr.unizg.srce.d470.nasljedivanje;

public class Tocka {
  private int x, y;

  public Tocka(int x, int y) {
     this.x = x;
     this.y = y;
  }

  @Override
  public boolean equals(Object obj) {
     if (this == obj)
        return true;
     if (!(obj instanceof Tocka))
        return false;
     Tocka other = (Tocka) obj;
     if (x != other.x)
        return false;
     if (y != other.y)
        return false;
     return true;
  }

  @Override
  public String toString() {
     return "(" + x + ", " + y + ")";
  }
}

public class KoordinatniSustav {

  public static void main(String[] args) {
     Tocka t1 = new Tocka(3, 5);
     Tocka t2 = new Tocka(3, 5);
     Tocka t3 = new Tocka(4, 5);

     System.out.println(t1);
     System.out.println(t1 == t2);
     System.out.println(t1.equals(t2));
     System.out.println(t1.equals(t3));
  }

}
```

```
Izlaz:
      (3, 5)
      false
      true
      false
```

5.5. **Apstraktni razredi i sučelja**

U *Javi* je moguće definirati **apstraktne razrede** (engl. ***abstract classes***) – posebne vrste razreda koje **nije moguće instancirati**. Apstraktni razredi služe kao bazni razred za porodicu izvedenih razreda koji imaju djelomično zajednička svojstva.

Idealan kandidat za apstraktni razred je `Proizvod` koji je definiran na početku poglavlja te predstavlja generički proizvod koji je logički gledano „apstraktan“. Apstraktni razred definira se ključnom riječju **`abstract`** na sljedeći način:

```
package hr.unizg.srce.d470.nasljedivanje;

public abstract class ApstraktniProizvod {

  private int id;
  private String naziv;
  private double cijena;

  public ApstraktniProizvod(int id, String naziv,
                            double cijena) {
     this.setId(id);
     this.setNaziv(naziv);
     this.setCijena(cijena);
  }

  ...
```

Apstraktni razred može imati atribute, metode i konstruktore kao i svaki drugi razred, ali će pokušaj stvaranja objekta rezultirati pogreškom pri prevođenju. Apstraktni razred može imati i **apstraktne metode** – metode definirane bez tijela, kao što je prikazano u nastavku:

```
package hr.unizg.srce.d470.nasljedivanje;

public abstract class ApstraktniProizvod {

  private int id;
  private String naziv;
  private double cijena;

  public ApstraktniProizvod(int id, String naziv,
                            double cijena) {
     this.setId(id);
     this.setNaziv(naziv);
     this.setCijena(cijena);
  }
```

```
  public abstract void ispisiInformacije();

  ...
}
```

Razred koji sadrži barem jednu apstraktnu metodu **mora biti** definiran kao apstraktni razred. Time su izvedeni razredi prisiljeni nadjačati tj. implementirati apstraktne metode ako žele stvarati objekte.

Osim razreda, u *Javi* postoje postoje tipovi podataka zvani **sučelja** (engl. ***interfaces***) koji su vrlo slični apstraktnim razredima po tome što nije moguće stvarati njihove objekte te mogu sadržavati metode bez implementacije.

Apstraktni razredi najviše se koriste za definiranje hijerarhije usko povezanih razreda, na primjer, apstraktni razred `Auto` može služiti kao baza za porodicu različitih vrsta automobila. S druge strane, sučelja služe za definiranje **ponašanja objekata** koji nisu nužno usko povezani. Na primjer, *Java* sadrži sučelje `Comparable` kojime se oblikuje funkcija usporedbe dvaju objekata. Njime se može implementirati uspoređivanje različitih vrsta objekata kao što su automobili, životinje, kutije itd.

Glavna tehnička razlika je u tome što sučelja mogu sadržavati samo **javne statičke nepromjenjive atribute i javne metode**. Svi atributi i metode definirani unutar sučelja će **automatski (implicitno)** poprimiti spomenuta svojstva. Kao što je već spomenuto, razred može naslijediti samo jedan bazni razred, ali s druge strane može implementirati brojna sučelja.

Sljedeći primjer prikazuje korištenje sučelja gdje je prethodno definirani razred `Nalog` pretvoren u sučelje. Sučelje se definira ključnom riječju **`interface`**, dok se kod drugih razreda implementacija sučelja navodi korištenjem ključne riječi **`implements`**.

```
package hr.unizg.srce.d470.nasljedivanje;

public interface Nalog {

  public void obradi(Proizvod[] proizvodi);

}

public class PlatniNalog implements Nalog {

  @Override
  public void obradi(Proizvod[] proizvodi) {
     double ukupnaCijena = 0.0;
     for (Proizvod proizvod : proizvodi)
        ukupnaCijena += proizvod.getCijena();

     System.out.println("Ukupna cijena je: "
                        + ukupnaCijena);
  }
```

```
}

public class Obrada {

  public static void main(String[] args) {
     Proizvod[] proizvodi = {
       new Proizvod(1, "papir", 30),
       new Sudoper(2, "GranitX", 900,
                     TipSudopera.UGRADBENI),
       new Plocica(3, "May Ceramics", 120, 60, 60)
     };
     Nalog nalog = new PlatniNalog();
     nalog.obradi(proizvodi);
  }

}
```

```
Izlaz:
     Ukupna cijena je: 1050.0
```

5.6. **Ugniježđeni, lokalni i anonimni razredi**

U nastavku je opisano nekoliko različitih mehanizama uz pomoć kojih je moguće na koncizniji način naslijediti određeni bazni razred ili implementirati određeno sučelje. U prethodnom primjeru, sučelje `Nalog` moguće je drugačije implementirati korištenjem **ugniježđenih, lokalnih ili anonimnih razreda**, ili pak korištenjem **lambda izraza**.

Za određeni razred kaže se da je **ugniježđen** (engl. ***nested***) ako je definiran unutar tijela drugog razreda. Ugniježđene razrede moguće je deklarirati kao **`static`** te im dodijeliti različite modifikatore vidljivosti. Važno je napomenuti da ne-statički ugniježđeni razredi mogu pristupiti atributima razreda unutar kojeg su definirani, bez obzira na to jesu li privatni. Objekte statičkih ugniježđenih razreda moguće je stvarati bez potrebe za objektom vanjskoga razreda.

Ugniježđeni razredi najčešće se koriste za grupiranje logički povezanih razreda pri čemu se može postići dodatna enkapsulacija i čitljivost kôda. U nastavku je prepisan prethodni primjer korištenjem ugniježđenoga razreda.

```
package hr.unizg.srce.d470.nasljedivanje;

public class NestedObrada {

  private static class UgnijezdeniPlatniNalog
                               implements Nalog {

     @Override
     public void obradi(Proizvod[] proz) {
        double ukupnaCijena = 0.0;
        for (Proizvod proizvod : proz)
           ukupnaCijena += proizvod.getCijena();
```

```
            System.out.println("Ukupna cijena je: "
                                    + ukupnaCijena);
        }

    }

    public static void main(String[] args) {
        Proizvod[] proizvodi = {
          new Proizvod(1, "papir", 30),
          new Sudoper(2, "GranitX", 900,
                      TipSudopera.UGRADBENI),
          new Plocica(3, "May Ceramics", 120, 60, 60)
        };

        Nalog nalog = new UgnijezdeniPlatniNalog();

        nalog.obradi(proizvodi);
    }

}
```

```
Izlaz:
        Ukupna cijena je: 1050.0
```

Lokalni razred može se definirati unutar bilo kojeg bloka naredbi (npr. tijelo `for` petlje) te je vidljiv i valjan samo unutar zadanog bloka. Također, njegove metode imaju pristup svim varijablama bloka koji ga okružuje, uključujući i argumente metoda u slučaju kad je lokalni razred definiran unutar metode. U praksi se lokalni razredi ne koriste često. U nastavku je prepisan prethodni primjer korištenjem lokalnoga razreda.

```
package hr.unizg.srce.d470.nasljedivanje;

public class LokalnaObrada {

    public static void main(String[] args) {
        Proizvod[] proizvodi = {
            new Proizvod(1, "papir", 30),
            new Sudoper(2, "GranitX", 900,
                        TipSudopera.UGRADBENI),
            new Plocica(3, "May Ceramics", 120, 60, 60)
        };

        class LokalniPlatniNalog implements Nalog {

            @Override
            public void obradi(Proizvod[] proz) {
                double ukupnaCijena = 0.0;
                for (Proizvod proizvod : proz)
                    ukupnaCijena += proizvod.getCijena();

                System.out.println("Ukupna cijena je: "
                                        + ukupnaCijena);
            }

        }
```

```
        Nalog nalog = new LokalniPlatniNalog();

        nalog.obradi(proizvodi);
    }

}
```

```
Izlaz:
        Ukupna cijena je: 1050.0
```

Definiciju lokalnoga razreda moguće je kraće napisati korištenjem **bezimenog** ili **anonimnog razreda**. Anonimni razredi definiraju se prilikom stvaranja objekta te se koriste u slučajevima kad je potrebno stvoriti samo jedan objekt traženoga razreda. Sljedeći primjer prikazuje korištenje anonimnih razreda.

```
package hr.unizg.srce.d470.nasljedivanje;

public class AnonimnaObrada {

  public static void main(String[] args) {
        Proizvod[] proizvodi = {
            new Proizvod(1, "papir", 30),
            new Sudoper(2, "GranitX", 900,
                        TipSudopera.UGRADBENI),
            new Plocica(3, "May Ceramics", 120, 60, 60)
        };

        Nalog nalog = new Nalog() {
            @Override
            public void obradi(Proizvod[] proz) {
                double ukupnaCijena = 0.0;
                for (Proizvod proizvod : proz)
                    ukupnaCijena += proizvod.getCijena();

                System.out.println("Ukupna cijena je: "
                                   + ukupnaCijena);
            }
        };

        nalog.obradi(proizvodi);
    }

}
```

```
Izlaz:
        Ukupna cijena je: 1050.0
```

U slučaju da je potrebno implementirati tzv. **funkcijsko sučelje** – sučelje koje sadrži **točno jednu** apstraktnu metodu, moguće je to napraviti korištenjem **lambda izraza** (engl. ***lambda expressions***).

Lambda izrazi su kratki blokovi kôda slični metodama koji primaju parametre za koje izvršavaju određene naredbe. Pojavljuju se u mnogim drugim programskim jezicima gdje se vrlo često koriste jer je uz pomoć

njih moguće pisati vrlo kratak, koncizan i elegantan kôd. Mogući načini pisanja lambda izraza navedeni su u nastavku:

```
parametar -> izraz
( parametar1, parametar2 ) -> izraz
( parametar1, parametar2 ) -> { blok kôda; }
```

U najjednostavnijem slučaju lambda izraz sadrži jedan parametar za koji se izvršava naredba dana izrazom **izraz**. U slučaju više parametara, oni se navode unutar običnih zagrada. Također, moguće je pisati kompleksnije lambda izraze tako da se dodaju vitičaste zagrade koje mogu sadržavati više naredbi.

Tehnički gledano, lambda izrazi su zapravo **skraćeni zapisi anonimnih razreda ili sučelja** koji sadrže točno jednu apstraktnu metodu. Sljedeći primjer prikazuje korištenje lambda izraza kao zamjena za anonimne razrede.

```
package hr.unizg.srce.d470.nasljedivanje;

public class LambdaObrada {

  public static void main(String[] args) {
     Proizvod[] proizvodi = {
        new Proizvod(1, "papir", 30),
        new Sudoper(2, "GranitX", 900,
                       TipSudopera.UGRADBENI),
        new Plocica(3, "May Ceramics", 120, 60, 60)
     };

     Nalog nalog = (Proizvod[] proz) -> {
        double ukupnaCijena = 0.0;
        for (Proizvod proizvod : proz)
           ukupnaCijena += proizvod.getCijena();

        System.out.println("Ukupna cijena je: "
                           + ukupnaCijena);
     };

     nalog.obradi(proizvodi);
  }

}
```

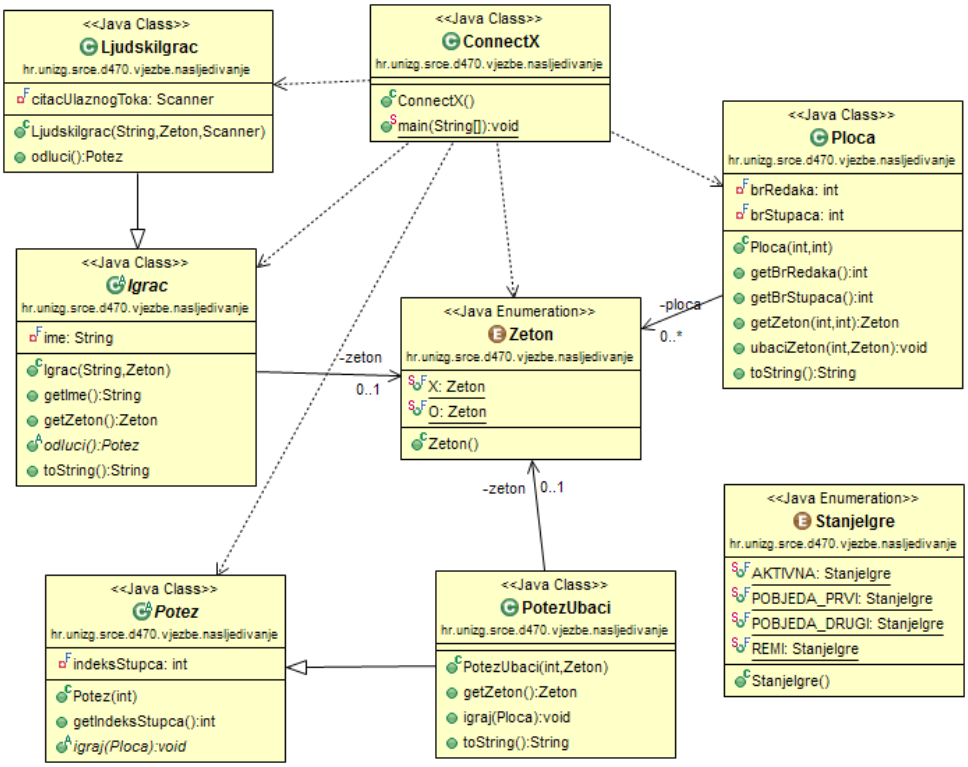
```
Izlaz:
     Ukupna cijena je: 1050.0
```

5.7. **Vježba: Nasljeđivanje**

Ova vježba nadograđuje prethodnu vježbu korištenjem novostečenoga znanja iz ovog poglavlja. U ovoj vježbi oblikuju se igrači i potezi igre ***ConnectX***.

1. U razredu `Ploca` nadjačajte metodu **`toString()`** tako da vrati tekstualni prikaz ploče. Iskoristite ovu metodu u glavnom programu `ConnectX` kako biste pojednostavili ispisivanje ploče.
2. Napišite apstraktni razred **`Potez`** koji predstavlja valjani potez u igri *ConnectX*, na primjer, ubacivanje žetona u određeni stupac ploče.
    - Dodajte atribut **`indeksStupca`** koji označava indeks stupca nad kojim se potez treba odigrati. Implementirajte konstruktor koji inicijalizira `indeksStupca` te *getter* metodu koja će vratiti vrijednost atributa.
    - Dodajte apstraktnu metodu **`igraj(Ploca)`** koja će predstavljati logiku odigravanja poteza nad danom pločom.
3. Implementirajte razred **`PotezUbaci`** koji nasljeđuje razred `Potez`.
    - Dodajte atribut **`zeton`** koji predstavlja žeton koji je potrebno ubaciti. U konstruktoru inicijalizirajte žeton i indeks stupca te dodajte *getter* metodu za novi atribut.
    - Nadjačajte metode `igraj(Ploca)` i `toString()`.
4. Stvorite apstraktni razred **`Igrac`** s atributima **`ime`** i **`zeton`** koji predstavljaju ime igrača te tip žetona s kojima igra.
    - Inicijalizirajte atribute u konstruktoru te dodajte odgovarajuće *getter* metode.
    - Nadjačajte metodu **`toString()`** tako da vraća ime igrača.
    - Dodajte apstraktnu metodu **`odluci()`** koja vraća potez koji je igrač odlučio odigrati.
5. Implementirajte razred **`LjudskiIgrac`** koji nasljeđuje razred `Igrac`.
    - Dodajte atribut **`citacUlaznogToka`** tipa `Scanner` te ga inicijalizirajte u konstruktoru.
    - Nadjačajte metodu `odluci()` na način da pročita naredbu oblika ***„ubaci X“*** gdje je X indeks stupca ploče. Metoda mora vratiti objekt tipa `PotezUbaci` s odgovarajućim vrijednostima. Zasad pretpostavite da će naredba uvijek biti valjanog oblika.
6. Modificirajte glavni razred `ConnectX` da dodatno učitava imena dvaju igrača sa standardnog ulaza. Inicijalizirajte igrače različitim vrstama žetona te u petlji naizmjenično pozivajte metodu `odluci()` svakog igrača. Odigrajte potez za koji se igrač odlučio te nakon toga ispišite informaciju o tome koji je igrač odigrao koji potez. Nakon toga ispišite novo stanje ploče.

U nastavku je prikazan dijagram razreda rješenja koji može poslužiti kao pomoć prilikom rješavanja vježbe.



5.8. **Pitanja za ponavljanje: Nasljeđivanje**

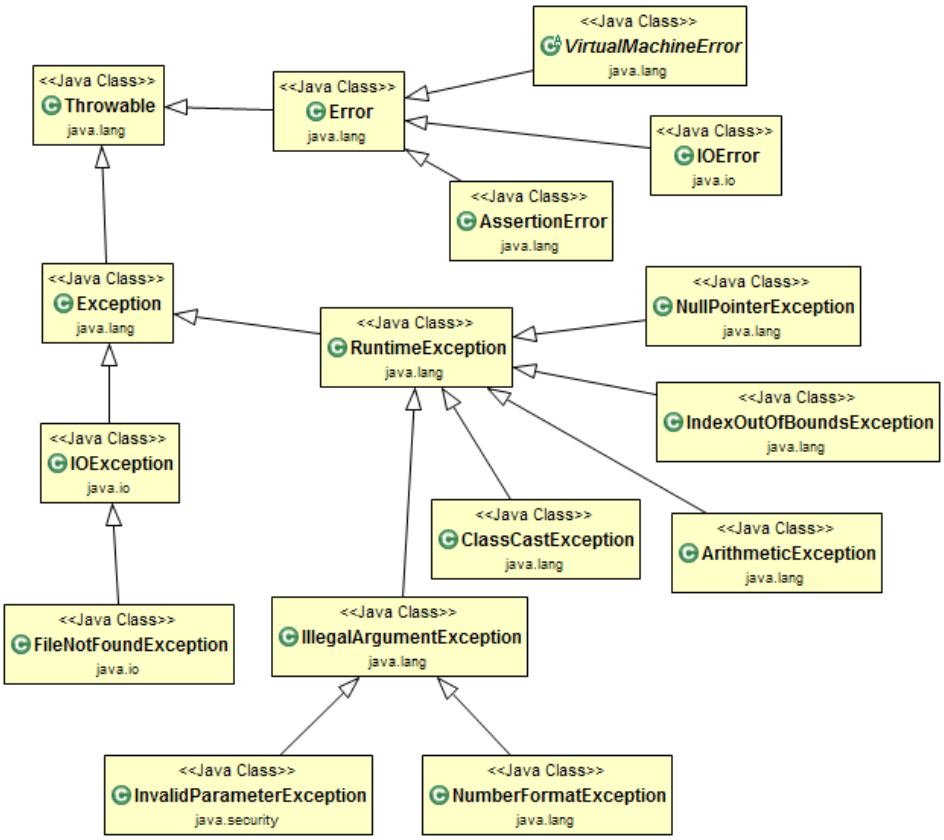
1. Koji su članovi baznih razreda vidljivi izvedenom razredu prilikom nasljeđivanja?
2. Kako se nadjačavaju metode baznoga razreda?
3. Što predstavlja ključna riječ `super` i kako se koristi?
4. Što je dinamički polimorfizam?
5. Nabrojite najpoznatije metode razreda `Object` te objasnite njihovo djelovanje.
6. Što su apstraktni razredi i čemu služe?
7. Što su funkcijska sučelja?

6. Iznimke

Po završetku ovoga poglavlja polaznik će moći:

- *definirati iznimke te navesti primjere u Javi*
- *primijeniti koncepte obrađivanja i podizanja iznimki*
- *definirati i koristiti vlastite iznimke.*

Tijekom izvođenja programa mogu se dogoditi iznimne situacije koje najčešće prekidaju normalni tijek izvođenja, na primjer, dijeljenje s nulom, čitanje nepostojeće datoteke ili poziv metode nad referencom koja ima vrijednost `null`. Takve situacije nazivaju se **iznimke** (engl. ***exceptions***), a programi ih obično trebaju posebno obrađivati. Moderni programski jezici sadrže mehanizme za obradu iznimki (engl. *exception handling*). Programski jezik *Java* sadrži hijerarhiju razreda koji predstavljaju različite vrste iznimki, a najvažniji od njih prikazani su na sljedećem dijagramu razreda.



Na vrhu hijerarhije nalazi se bazni razred **`Throwable`** koji predstavlja iznimnu situaciju. Svaki `Throwable` objekt sadrži **poruku o grešci** te informacije o lokaciji gdje se greška dogodila (engl. ***stack trace***). Te informacije dostupne su kroz metode `getMessage()` i `getStackTrace()`.

Razred `Throwable` nasljeđuju razredi `Error` i `Exception`. Razred `Error` predstavlja ozbiljnije iznimne situacije koje programi ne bi trebali obrađivati, dok `Exception` predstavlja sve ostale.

Iznimke se u *Javi* dijele na **provjeravane** (engl. ***checked***) i **neprovjeravane** (engl. ***unchecked***). Provjeravane iznimke moraju se eksplicitno obrađivati u kôdu, u suprotnom će prevodilac prijaviti grešku. Primjer takve iznimke jest **`IOException`** koja je već spomenuta u 3. poglavlju prilikom čega je bilo potrebno eksplicitno ju „obraditi“ koristeći ključnu riječ `throws`. Neprovjeravane iznimke nije potrebno eksplicitno obrađivati, a njih predstavljaju razredi **`Error`** i **`RuntimeException`** te svi razredi izvedeni iz njih.

U nastavku su prikazani primjeri najčešćih situacija kod kojih se događaju iznimke.

6.1. Primjeri iznimki

Sljedeći primjer prikazuje jednu od najčešćih pogreški – pristup elementima polja koristeći indeks koji premašuje veličinu polja. U tom slučaju baca se neprovjeravana iznimka **`ArrayIndexOutOfBoundsException`**.

```
package hr.unizg.srce.d470.iznimke;

public class IznimkaPolje {

  public static void main(String[] args) {
     int[] polje = new int[] { 2, 3, 4 };
     polje[5] = 5;
  }

}
```

```
Izlaz:
     Exception in thread "main"
java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException: Index 5
out of bounds for length 3 at
hr.unizg.srce.d470.iznimke.Iznimke.main(Iznimke.java
:7)
```

U trenutku kad se dogodi iznimna situacija, odgovarajuća iznimka se baca, a uobičajeni tok programa se prekida. Iznimka se **propagira** „uvis“ te se traži najbliži blok koji ju može obraditi. U slučaju da se iznimka ne obradi unutar programa, naposljetku će ju obraditi **JVM** koji će prekinuti izvođenje programa te ispisati odgovarajuću poruku o grešci.

Sljedeći primjer prikazuje slučaj dijeljenja s nulom pri čemu se baca **`ArithmeticException`**. Važno je primijetiti da se iznimka ne bi dogodila u slučaju korištenja tipova podataka `double`, jer je u tom slučaju rezultat valjan te iznosi `Double.POSITIVE_INFINITY`.

```
package hr.unizg.srce.d470.iznimke;

public class IznimkaDijeljenjeNulom {

  public static void main(String[] args) {
     int x = 3 / 0;
     System.out.println(x);
  }
}
```

```
Izlaz:
     Exception in thread "main"
java.lang.ArithmeticException: / by zero at
hr.unizg.srce.d470.iznimke.IznimkaDijeljenjeNulom.ma
in(IznimkaDijeljenjeNulom.java:6)
```

6.2. Korištenje iznimki

Programski jezik *Java* omogućuje programeru različite mehanizme za rad s iznimkama. U nastavku su opisani načini korištenja iznimki.

6.2.1. Proslijeđivanje iznimki

Ako u tijelu neke metode može doći do iznimne situacije koja rezultira bacanjem iznimke, tada je u deklaraciju metode moguće dodati popis iznimki koje se mogu dogoditi korištenjem ključne riječi **`throws`**:

```
<deklaracija_metode> throws TipIznimke1,
                            TipIznimke2, ... {
     <tijelo_metode>
}
```

Proslijeđivanje iznimki najčešće se koristi kod provjeravanih iznimki gdje je nužno obraditi iznimku. Kada obrađivanje nije prikladno obaviti u trenutnoj metodi, tada se iznimka može proslijediti.

U nastavku je prikazan primjer proslijeđivanja iznimki prilikom otvaranja i čitanja datoteke. Metoda `otvoriDatoteku` može uzrokovati provjeravanu iznimku tipa `FileNotFoundException` prilikom stvaranja objekta tipa `Scanner`. Iznimka se ne obrađuje, već se proslijeđuje, pa zato metoda `main` koja poziva metodu `otvoriDatoteku` **neizravno uzrokuje istu iznimku**. Iz tog razloga potrebno je u metodi `main` obraditi ili, kao u prikazanom primjeru, proslijediti iznimku `FileNotFoundException`.

```
package hr.unizg.srce.d470.iznimke;

import java.io.File;
import java.io.FileNotFoundException;
import java.util.Scanner;

public class IznimnoCitanjeDatoteka {

  public static Scanner otvoriDatoteku(String
         imeDatoteke) throws FileNotFoundException {
```

```
        return new Scanner(new File(imeDatoteke));
    }

    public static void main(String[] args) throws
                                    FileNotFoundException {
        Scanner sc = otvoriDatoteku(args[0]);

        System.out.println(sc.nextLong());

        sc.close();
    }

}
```

```
Izlaz:
     Exception in thread "main"
java.io.FileNotFoundException: asd.txt (The system
cannot find the file specified) at
java.base/java.io.FileInputStream.open0(Native
Method) at
java.base/java.io.FileInputStream.open(FileInputStre
am.java:213) at
java.base/java.io.FileInputStream.<init>(FileInputSt
ream.java:155) at
java.base/java.util.Scanner.<init>(Scanner.java:639)
at
hr.unizg.srce.d470.iznimke.IznimnoCitanjeDatoteka.ot
voriDatoteku(IznimnoCitanjeDatoteka.java:10) at
hr.unizg.srce.d470.iznimke.IznimnoCitanjeDatoteka.ma
in(IznimnoCitanjeDatoteka.java:14)
```

6.2.2. **Hvatanje iznimki**

Kako bi se spriječio prekid izvođenja programa, bačene iznimke moguće je uhvatiti korištenjem `try-catch` blokova, čiji je opći oblik prikazan u nastavku.

```
try {
     <naredbe_koje_mogu_uzrokovati_iznimku>
} catch (TipIznimke objektIznimke) {
     <obrada_iznimke>
}
```

Prethodno napisani blok `catch` uhvatit će iznimku razreda `TipIznimke` ili bilo kojeg njenog podrazreda. Objekt uhvaćene iznimke bit će spremljen u varijablu `objektIznimke` kako bi se mogao koristiti u nastavku. Preporuča se hvatanje što specifičnijih razreda iznimki kako bi se izbjeglo slučajno hvatanje neželjenih iznimki, jer je takve greške **vrlo teško** otkriti. Na primjer, hvatanje iznimki tipa `Throwable` rezultirat će hvatanjem svih vrsta iznimnih situacija, uključujući i one koje programer možda nije planirao uhvatiti.

Moguće je uhvatiti više vrsta iznimaka unutar jednog *catch* bloka korištenjem **operatora |** na sljedeći način:

```
catch (TipIznimke1 | TipIznimke2 objektIznimke)
```

Također, za jedan `try` blok moguće je navesti nekoliko `catch` blokova u nizu, prilikom čega se oni redom provjeravaju. Prevodilac će prijaviti grešku u slučaju kad je određeni `catch` blok teoretski nedohvatljiv (npr. hvatanje baznoga razreda `Exception` navedeno prije hvatanja podrazreda `IllegalArgumentException`).

Primjer hvatanja iznimaka prikazan je u nastavku. Program pokušava pročitati dva broja iz ulaznih parametara te ih podijeliti. Moguće iznimke se hvataju pri čemu se ispisuju odgovarajuće poruke.

```
package hr.unizg.srce.d470.iznimke;

public class HvatanjeIznimki {

  public static void main(String[] args) {
     try {
        int a = Integer.parseInt(args[0]);
        int b = Integer.parseInt(args[1]);
        System.out.println(a / b);
     } catch (ArrayIndexOutOfBoundsException ex) {
        System.err.println("Ulaz ne sadrži " +
                           "barem dva parametra.");
     } catch (NumberFormatException nfe) {
        System.err.println("Ulazni parametar nije" +
                           "broj.");
     } catch (ArithmeticException ae) {
        System.err.println("Dijeljenje s nulom.");
     }
  }

}
```

```
Ulaz:
     1
Izlaz:
     Ulaz ne sadrži barem dva parametra.
```

```
Ulaz:
     A B
Izlaz:
     Ulazni parametar nije broj.
```

```
Ulaz:
     10 0
Izlaz:
     Dijeljenje s nulom.
```

```
Ulaz:
     32 2
Izlaz:
     16
```

6.2.3. **Bacanje iznimki**

Osim hvatanja, iznimke je moguće i **baciti** korištenjem naredbe `throw` na sljedeći način:

```
throw <ThrowableObjekt>;
```

Naredba `throw` prekida normalno izvođenje programa te započinje potragu za najbližim blokom koji može obraditi danu iznimku. Naredba `throw` kao argument prima objekt tipa `Throwable` koji sadrži iznimku koju treba baciti (npr. objekt tipa `IllegalArgumentException`).

Sljedeći primjer računa zbroj **sretnih brojeva** koje čita iz ulaznih parametara programa. Inače, sretan broj je cijeli broj koji sadrži samo znamenke 4 ili 7 (npr. 47, 777, 4). U slučaju da ulazni broj nije sretan, baca se postojeća iznimka `IllegalArgumentException` sa specifičnom porukom greške.

```
package hr.unizg.srce.d470.iznimke;

public class SretniBrojevi {

  public static void main(String[] args) {
     int suma = 0;

     try {
        for (String arg : args) {
           int a = Integer.parseInt(arg);
           for (int i = a; i > 0; i /= 10)
              if (i % 10 != 4 && i % 10 != 7)
                 throw new
                        IllegalArgumentException(a +
                              " nije sretan broj.");
           suma += a;
        }
        System.out.println(suma);
     } catch (NumberFormatException nfe) {
        System.err.println("Ulazni parametar nije"
                           + "cijeli broj.");
     } catch (IllegalArgumentException iae) {
        System.err.println(iae.getMessage());
     }
  }

}
```

```
Ulaz:
     744 44 37 7777
Izlaz:
     37 nije sretan broj.
```

```
Ulaz:
     A 47
Izlaz:
     Ulazni parametar nije broj.
```

```
Ulaz:
     4 47 74 7
Izlaz:
     132
```

6.2.4. **Završne akcije**

Ponekad je programima važno izvršiti određene naredbe prije završetka izvođenja, kao što je zatvaranje korištenih datoteka ili konekcija na bazu. Neoslobađanje korištenih resursa može dovesti do blokiranja resursa, na primjer, datoteka koja je ostala otvorena neće se naknadno moći ponovno otvoriti i čitati.

S obzirom na to da iznimke prekidaju normalno izvođenje programa, *Java* na raspolaganju ima blok **`finally`** koji se dodaje na postojeći `try` blok te čije će se naredbe **uvijek izvršiti** neovisno o potencijalnim iznimnim situacijama unutar `try` bloka. Time se osigurava pravovremeno oslobađanje resursa. Osnovni način korištenja bloka `finally` prikazan je u nastavku.

```
try {
     <naredbe1>
} catch(<iznimka>) {
     <naredbe2>
} finally {
     <naredbe3>
}
```

Blok `finally` izvršit će se nakon naredbi bloka `try` ili, u slučaju hvatanja iznimke, nakon naredbi bloka `catch`. Važno je napomenuti da blok `catch` nije nužno navoditi. Također, naredbe bloka `finally` izvršit će se i u slučaju naglog iskakanja iz `try` bloka korištenjem naredbi **`return`**, **`continue`** ili **`break`**. Primjer korištenja bloka `finally` prikazan je u nastavku.

```
package hr.unizg.srce.d470.iznimke;

import java.io.File;
import java.io.FileNotFoundException;
import java.util.NoSuchElementException;
import java.util.Scanner;

public class ZavrsneAkcije {

  public static void main(String[] args) {
     Scanner sc = null;

     for (String imeDatoteke : args) {
        try {
           System.out.format("Otvaram datoteku " +
                             "%s.\n", imeDatoteke);
           sc = new Scanner(new File(imeDatoteke));
           System.out.format("Datoteka sadrzi " +
                             "broj:  %d.\n",
                             sc.nextInt());
        } catch (FileNotFoundException e) {
           System.out.format("Datoteka %s ne " +
                             "postoji.\n",
                             imeDatoteke);
        } catch (NoSuchElementException exception) {
```

Standardni tokovi

Ovaj primjer iznimno ispisuje poruke o greškama u standardni tok za izlaz umjesto standardni tok za grešku kako bi osigurao prikazivanje točnoga redoslijeda poruka na ekranu.

S obzirom na to da se radi o dvama različitim tokovima podataka, razvojno okruženje Eclipse prilikom spajanja tokova može promiješati poruke čime se smanjuje preglednost primjera.

```
            System.out.format("Datoteka %s ne " +
                              "sadrži broj.\n",
                              imeDatoteke);
        } finally {
            System.out.println("Izvrsavam blok " +
                               "finally.");
            if (sc != null)
               sc.close();
        }
     }
  }

}
```

```
brojA.txt:
5
brojB.txt:
12
brojC.txt:
C15
Ulaz:
     brojA.txt brojB.txt brojC.txt brojD.txt
Izlaz:
     Otvaram datoteku brojA.txt.
     Datoteka sadrzi broj: 5.
     Izvrsavam blok finally.
     Otvaram datoteku brojB.txt.
     Datoteka sadrzi broj: 12.
     Izvrsavam blok finally.
     Otvaram datoteku brojC.txt.
     Datoteka brojC.txt ne sadrži broj.
     Izvrsavam blok finally.
     Otvaram datoteku brojD.txt.
     Datoteka brojD.txt ne postoji.
     Izvrsavam blok finally.
```

Prethodni primjer učitava datoteke čija su imena predana preko ulaznih parametara programa. Program pokušava otvoriti svaku od datoteka te pročitati iz nje jedan cijeli broj. U ovom primjeru važno je uočiti da se blok `finally` izvršava neovisno o tome je li program uspješno otvorio datoteku i pročitao broj.

Osim bloka `finally`, postoji i drugi oblik bloka `try` (tzv. ***try-with-resources***) prikazan u nastavku:

```
try (<deklaracije_resursa>) {
     <naredbe>
}
```

Ovaj blok kombinira funkcionalnosti blokova `try` i `finally`. Blok koristi deklarirane i inicijalizirane resurse koji će se u slučaju iznimne situacije automatski zatvoriti. Važno je napomenuti da deklarirani resursi moraju implementirati sučelje **`AutoCloseable`**. Neki od razreda koji implementiraju navedeno sučelje već su prethodno obrađeni, poput razreda `InputStream`, `OutputStream`, `Scanner` i `PrintStream`.

U nastavku je prikazan prethodni primjer, ali napisan korištenjem bloka *try-with-resources*.

```
package hr.unizg.srce.d470.iznimke;

import java.io.File;
import java.io.FileNotFoundException;
import java.util.NoSuchElementException;
import java.util.Scanner;

public class ZavrsneAkcijeResursi {

  public static void main(String[] args) {
     for (String imeDatoteke : args) {
        try (Scanner sc =
              new Scanner(new File(imeDatoteke))) {
           System.out.format("Otvaram datoteku " +
                             "%s.\n", imeDatoteke);
           sc = new Scanner(new File(imeDatoteke));
           System.out.format("Datoteka sadrzi " +
                             "broj:  %d.\n",
                             sc.nextInt());
        } catch (FileNotFoundException e) {
           System.out.format("Datoteka %s ne " +
                             "postoji.\n",
                             imeDatoteke);
        } catch (NoSuchElementException exception) {
           System.out.format("Datoteka %s ne " +
                             "sadrži broj.\n",
                             imeDatoteke);
        }
     }
  }

}
```

```
brojA.txt:
5
brojB.txt:
12
brojC.txt:
C15
Ulaz:
     brojA.txt brojB.txt brojC.txt brojD.txt
Izlaz:
     Otvaram datoteku brojA.txt.
     Datoteka sadrzi broj: 5.
     Otvaram datoteku brojB.txt.
     Datoteka sadrzi broj: 12.
     Otvaram datoteku brojC.txt.
     Datoteka brojC.txt ne sadrži broj.
     Datoteka brojD.txt ne postoji.
```

6.3. **Stvaranje vlastitih iznimaka**

Osim korištenja postojećih, moguće je definirati i vlastite iznimke **nasljeđivanjem postojećih razreda iznimaka**. Prednost korištenja vlastitih iznimaka jest mogućnost dodavanja atributa i metoda koje nisu dio standardnih *Java* iznimaka. Također, vlastite iznimke omogućuju vrlo specifično obrađivanje, čime se smanjuje mogućnost slučajnoga hvatanja neželjenih iznimaka.

U nastavku je prikazan primjer vlastite iznimke koja predstavlja iznimnu situaciju obrađivanja brojeva koji nisu prethodno opisani **sretni brojevi**.

```
package hr.unizg.srce.d470.iznimke;

public class NesretanBrojException extends Exception
{

  private static final long serialVersionUID = 1L;

  public NesretanBrojException() {
  }

  public NesretanBrojException(String message) {
     super(message);
  }

  public NesretanBrojException(Throwable cause) {
     super(cause);
  }

  public NesretanBrojException(String message,
                               Throwable cause) {
     super(message, cause);
  }

  public NesretanBrojException(String message,
                    Throwable cause,
                    boolean enableSuppression,
                    boolean writeableStackTrace) {
     super(message, cause, enableSuppression,
           writeableStackTrace);
  }

}
```

Razred `NesretanBrojException` nasljeđuje razred `Exception` što znači da predstavlja **provjeravanu** iznimku. Također, ovaj razred implementira konstruktore baznoga razreda kako bi omogućio stvaranje objekata na jednak način.

Razvojno okruženje *Eclipse* prijavit će upozorenje u slučaju da nije definiran atribut **`serialVersionUID`** koji se koristi prilikom **serijalizacije** objekata koju bazni razred `Throwable` podržava

implementiranjem sučelja **`Serializable`**. Za potrebe ovoga tečaja dovoljno je definirati te inicijalizirati spomenuti atribut s bilo kojom vrijednosti. Za više informacija o serijalizaciji objekata potrebno je pogledati dokument *Java* API [3] u kojem se nalazi specifikacija sučelja `Serializable` s detaljnim objašnjenjima.

U nastavku je prikazan prethodno opisani primjer računanja zbroja sretnih brojeva, ali korištenjem vlastite iznimke.

```
package hr.unizg.srce.d470.iznimke;

public class SretniBrojeviVlastitaIznimka {

  public static void main(String[] args) {
     int suma = 0;

     try {
        for (String arg : args) {
           int a = Integer.parseInt(arg);
           for (int i = a; i > 0; i /= 10)
              if (i % 10 != 4 && i % 10 != 7)
                 throw new NesretanBrojException(a +
                                " nije sretan broj.");
           suma += a;
        }
        System.out.println(suma);
     } catch (NumberFormatException nfe) {
        System.err.println("Ulazni parametar nije"
                           + "cijeli broj.");
     } catch (NesretanBrojException ex) {
        System.err.println(ex.getMessage());
     }
  }

}
```

```
Ulaz:
     744 44 37 7777
Izlaz:
     37 nije sretan broj.
```

```
Ulaz:
     A 47
Izlaz:
     Ulazni parametar nije broj.
```

```
Ulaz:
     4 47 74 7
Izlaz:
     132
```

6.4. **Vježba: Iznimke**

U ovoj vježbi potrebno je dodati obrađivanje iznimnih situacija koje se mogu dogoditi prilikom izvođenja vježbe iz prethodnog poglavlja.

1. U razredu `LjudskiIgrac` obradite slučajeve kad pročitani indeks pokušaja nije broj ili nije pozitivan broj. Za svaki od slučajeva bacite iznimku tipa **`IllegalArgumentException`** s različitim porukama pogreške.
2. U razredu `LjudskiIgrac` obradite slučaj kad ulazna naredba ne započinje riječju „ubaci“. U tom slučaju bacite iznimku **`IllegalArgumentException`** porukom „Nevaljana vrsta poteza.“.
3. Stvorite razred **`PopunjenStupacException`** koji će služiti kao neprovjeravana iznimka u slučaju pokušaja ubacivanja žetona u popunjeni stupac.
    - Implementirajte pomoćnu metodu **`getVisinaStupca(stupac)`** u razredu `Ploca` koja će vratiti broj žetona u danom stupcu.
    - U metodi `ubaciZeton(stupac, zeton)` razreda `Ploca` u slučaju da je traženi stupac popunjen bacite prethodno stvorenu iznimku (s odgovarajućom porukom).
4. U glavnom razredu `ConnectX` uvedite petlju koja će za određenog igrača pokušavati pročitati i odigrati potez sve dok potez nije uspješno odigran. Pritom uhvatite moguće iznimke te ispišite njihove poruke o grešci.
5. Isprobajte svaku od mogućih iznimnih situacija kako biste se uvjerili u ispravnost rješenja.

6.5. **Pitanja za ponavljanje: Iznimke**

1. Što su iznimke? Navedite nekoliko primjera *Java* iznimaka.
2. Koja je razlika između provjeravanih i neprovjeravanih iznimaka? Koji razredi pripadaju neprovjeravanim iznimkama?
3. Čemu služi ključna riječ `throws` i kako se koristi?
4. Koji blokovi služe za hvatanje iznimaka?
5. Što radi naredba `throw`?
6. Kako osigurati izvođenje određenih naredbi neovisno o iznimkama koje se mogu dogoditi?
7. Kako se definiraju vlastite iznimke? Za što se koriste?

7. Parametrizacija kôda

Po završetku ovoga poglavlja polaznik će moći:

- *definirati generičko programiranje i prednosti koje donosi*
- *opisati važnost očuvanja integriteta tipova podataka*
- *koristiti tehnologiju* Java Generics *za parametriziranje metoda, razreda i sučelja.*

U programiranju je često potrebno implementirati određenu funkcionalnost koja ima mogućnost rada s **različitim tipovima podataka** (npr. strukturiranje podataka ili njihovo ispisivanje). Takav stil pisanja programa naziva se **generičko programiranje** čija je glavna odlika pisanje algoritama koji su **generični** s obzirom na tip podataka s kojim rade. Time se izbjegava dupliciranje kôda jer bi u suprotnom bilo nužno više puta pisati isti algoritam za svaki podržani tip podataka.

U *Javi* se to može postići korištenjem i ukalupljivanjem baznoga razreda **`Object`**, ali to predstavlja lošu praksu jer se u tom slučaju riskira pojavljivanje iznimke **`ClassCastException`** uslijed pogrešnog ukalupljivanja. Sljedeći primjer ilustrira ovaj pristup i njegove mane.

```
package hr.unizg.srce.d470.parametrizacija;

public class NaruseniIntegritet {

  public static Object ispisiVrati(Object o) {
     System.out.println("#" + o + "#");
     return o;
  }

  public static void main(String[] args) {
     Integer a = 3;
     String b = "broj";
     a = (Integer) ispisiVrati(a);
     b = (String) ispisiVrati(b);
     a = (Integer) ispisiVrati(b);
  }

}
```

```
Izlaz:
     #3#
     #broj#
     #broj#
     Exception in thread "main"
java.lang.ClassCastException: java.lang.String
cannot be cast to java.lang.Integer at
hr.unizg.srce.d470.parametrizacija.NaruseniIntegrite
t.main(NaruseniIntegritet.java:15)
```

Prethodni primjer uredno će se prevesti, ali će prilikom pokretanja izazvati neočekivanu iznimku. Za ovakav program kaže se da ima narušen **integritet tipova podataka** (engl. ***type safety***).

Kako bi sačuvao integritet tipova, programski jezik *Java* nudi tehnologiju ***Java Generics*** za pisanje generičnih programa pri čemu se prilikom prevođenja programa provodi **statička provjera** valjanosti tipova podataka. Pogrešno korištenje tipova podataka u tehnologiji *Java Generics* rezultirat će pogreškom **pri prevođenju** programa.

Generički kôd piše se korištenjem **parametara** umjesto tipova podataka. Zato se za takav kôd kaže da je **parametriziran**. *Java Generics* omogućuje parametrizaciju metoda, razreda i sučelja.

7.1. Parametrizacija metoda

U nastavku je prepisan prethodni primjer korištenjem tehnologije *Java Generics* čime se metoda `ispisiVrati` parametrizira.

```
package hr.unizg.srce.d470.parametrizacija;

public class ParametrizacijaMetoda {

  public static <T> T ispisiVrati(T obj) {
     System.out.println("#" + obj + "#");
     return obj;
  }

  public static void main(String[] args) {
     Integer a = 3;
     String b = "broj";
     a = ispisiVrati(a);
     b = ispisiVrati(b);
     // GRESKA: a = ispisiVrati(b);
  }

}
```

```
Izlaz:
     #3#
     #broj#
```

U metodi `ispisiVrati` prije povratnog tipa podataka deklarira se **parametar (`T`)** unutar izlomljenih zagrada (**<>**). Parametar može biti proizvoljnog imena, ali se preporuča korištenje jednoga velikog slova (npr. T,U,V,K,E). Deklarirani parametar može se koristiti u tijelu metode ili deklaraciji kao povratni tip podataka ili tip podataka argumenta metode. Moguće je unutar izlomljenih zagrada deklarirati više parametara **odvojenih zarezima**, na primjer, **`<K,V>`**.

U glavnoj metodi `main` prikazano je pozivanje parametrizirane metode pri čemu je važno primijetiti da nije potrebno eksplicitno ukalupljivanje tipova podataka. Naredba (`a = ispisiVrati(b);`) koja je u početnom primjeru izazvala iznimku, u ovom bi slučaju uzrokovala

pogrešku pri prevođenju: *Type mismatch: cannot convert from String to Integer*.

Parametrizirana metoda može se pozivati s različitim tipovima podataka pa se za nju kaže da je **polimorfna** s obzirom na tip podataka. Ovo je primjer tzv. **parametarskog polimorfizma**.

Prilikom prevođenja parametriziranoga kôda radi se **brisanje tipova** (engl. ***type erasure***) pri čemu se parametri zamjenjuju odgovarajućim baznim tipom podataka te se na potrebna mjesta ubacuje eksplicitno ukalupljivanje. Pretpostavljeni bazni tip parametara je `Object` pa će nakon prevođenja prethodni primjer izgledati **jednako** kao početni. Glavna razlika je u dodatnim provjerama prevodilaca koje osiguravaju sigurnost tipova podataka.

***Java Generics* i sigurnost tipova podataka**

Tehnologija *Java Generics* ne osigurava u potpunosti sigurnost tipova podataka. Otkriveno je nekoliko rijetkih slučajeva u kojima je moguće zavarati statičku provjeru [9].

7.2. Parametrizacija razreda i sučelja

Sljedeći primjer definira parametrizirani razred koji predstavlja **par (ključ, vrijednost)** pri čemu oba člana mogu biti proizvoljnoga tipa.

```
package hr.unizg.srce.d470.parametrizacija;

public class Par<K, V> {

  private K kljuc;

  private V vrijednost;

  public Par() {
     this(null, null);
  }

  public Par(K kljuc, V vrijednost) {
     this.kljuc = kljuc;
     this.vrijednost = vrijednost;
  }

  public K getKljuc() {
     return kljuc;
  }

  public void setKljuc(K kljuc) {
     this.kljuc = kljuc;
  }

  public V getVrijednost() {
     return vrijednost;
  }

  public void setVrijednost(V vrijednost) {
     this.vrijednost = vrijednost;
  }

  @Override
  public String toString() {
```

```
        return "(" + kljuc + ":" + vrijednost + ")";
    }

}
```

Razredi se parametriziraju deklaracijom parametara unutar izlomljenih zagrada koje slijede nakon imena razreda. Svi atributi i metode unutar parametriziranog razreda mogu koristiti deklarirane parametre.

Oprez!

Deklaracija parametrizirane metode unutar parametriziranog razreda korištenjem istog imena parametra izazvat će **skrivanje parametra** unutar metode. Prevodilac će u takvim situacijama prijaviti upozorenje.

Postoje određena **ograničenja korištenja parametara** [10] koja treba imati na umu, a najvažnija od njih su:

- Parametri ne mogu biti primitivni tipovi podataka — umjesto njih koriste se razredi omotači (npr. `Integer`, `Boolean` itd.).
- Nije dozvoljeno deklarirati statičku varijablu tipa `T`.
- Nije dozvoljeno stvoriti novi objekt tipa `T`.
- Nije dozvoljeno definirati polje tipa `T`.
- Nije dozvoljeno definirati polje objekata parametriziranoga razreda.

Miješanje polja i parametriziranih tipova podataka predstavlja **lošu praksu** zbog mogućeg narušavanja integriteta tipova podataka. Za čuvanje većega broja objekata parametriziranih razreda preporuka je koristiti **kolekcije** koje će biti obrađene u sljedećem poglavlju.

Sljedeći primjer prikazuje korištenje prethodno definiranoga parametriziranog razreda. Glavni program čita parove vrijednosti iz ulaznih parametara te ih sprema u objekte tipa `Par<K,V>`. Svaki od objekata prikladno se ispisuje koristeći parametriziranu metodu `obradiPar`.

```
package hr.unizg.srce.d470.parametrizacija;

public class Parovi {

  private static <K, V> void obradiPar(
                                  Par<K, V> par) {
     K kljuc = par.getKljuc();
     V vrijednost = par.getVrijednost();

     System.out.format("Par %s sadrzi kljuc \"%s\""
          + " i vrijednost \"%d\".\n",
          par, kljuc, vrijednost);
  }

  public static void main(String[] args) {
     for (int i = 0; i + 1 < args.length; i += 2) {
        Par<String, Integer> par = new Par<>();
        par.setKljuc(args[i]);
        par.setVrijednost(
                Integer.parseInt(args[i + 1]));

        obradiPar(par);
     }
```

```
   }

}
```

```
Ulaz:
     Ivan 10 Ana 15 Petar 3
Izlaz:
     Par (Ivan:10) sadrzi kljuc "Ivan" i vrijednost
"10".
     Par (Ana:15) sadrzi kljuc "Ana" i vrijednost
"15".
     Par (Petar:3) sadrzi kljuc "Petar" i vrijednost
"3".
```

Prethodni primjer prikazuje deklariranje i stvaranje objekta parametriziranoga razreda **`Par<K,V>`** sljedećom naredbom:

```
Par<String, Integer> par = new Par<>();
```

Deklaracija varijable parametriziranoga tipa mora definirati konkretne razrede parametara. U ovom slučaju razredi **`String`** i **`Integer`** predstavljat će parametre **`K`** i **`V`**. U naredbi za stvaranje objekta s desne strane nije potrebno ponavljati razrede već je moguće koristiti tzv. **dijamant (<>)**. Prevodilac će u tom slučaju shvatiti o kojem tipu objekta se radi.

Važno je napomenuti da se parametrizirani tipovi razlikuju s obzirom na konkretne razrede kojima se deklariraju pa će tako sljedeći isječak kôda uzrokovati grešku pri prevođenju (*Type mismatch: cannot convert from Par<Integer,String> to Par<String,Integer>*).

```
Par<String, Integer> par1 = new Par<>();
Par<Integer, String> par2 = new Par<>();
par1 = par2;
```

7.2.1. **Parametrizirana funkcijska sučelja**

Sučelja se mogu parametrizirati na jednak način kao i razredi. Odlični primjeri parametriziranih sučelja nalaze se unutar paketa **`java.util.function`** koji sadrži mnoštvo korisnih funkcijskih sučelja od kojih su najvažnija navedena u sljedećoj tablici.

Sučelje	Opis
`Predicate<T>`	Operacija koja prima jedan argument i vraća `boolean`.
`BiPredicate<T,U>`	Operacija koja prima dva argumenta različitoga tipa i vraća `boolean`.
`UnaryOperator<T>`	Operacija koja prima jedan argument i vraća rezultat istoga tipa.
`BinaryOperator<T>`	Operacija koja prima dva argumenta istog tipa i vraća rezultat istoga tipa.

Supplier<T>	Funkcija koja ne prima argumente, ali vraća rezultat određenoga tipa.
Consumer<T>	Funkcija koja prima argument određenoga tipa i ne vraća rezultat.
BiConsumer<T,U>	Operacija koja prima dva argumenta različitoga tipa i ne vraća rezultat.
Function<T,R>	Funkcija koja prima jedan argument određenoga tipa i vraća rezultat drugoga tipa.
BiFunction<T,U,R>	Funkcija koja prima dva argumenta različitoga tipa i vraća rezultat trećega tipa.

Sljedeći primjer prikazuje korištenje parametriziranih sučelja. Parametrizirana metoda `obradi` prima polje cijelih brojeva te ih uz pomoć fleksibilnih parametriziranih funkcijskih sučelja transformira u drugi tip te na određeni način agregira. Glavna metoda `main` prikazuje različite načine korištenja metode `obradi` – zbrajanje brojeva, traženje maksimuma, zbrajanje u `String` domeni itd.

```
package hr.unizg.srce.d470.parametrizacija;

import java.util.function.BinaryOperator;
import java.util.function.Function;

public class FunkcijskaSucelja {

  private static <T> T obradi(Integer[] brojevi,
                       Function<Integer, T> funkcija,
                       BinaryOperator<T> agregator) {
     T rezultat = null;
     for (int i = 0; i < brojevi.length; ++i) {
        if (i > 0)
           rezultat = agregator.apply(rezultat,
                         funkcija.apply(brojevi[i]));
        else
           rezultat = funkcija.apply(brojevi[i]);
     }
     return rezultat;
  }

  public static void main(String[] args) {
     Integer[] brojevi = new Integer[args.length];
     for (int i = 0; i < args.length; ++i)
        brojevi[i] = Integer.parseInt(args[i]);

     System.out.println("Zbroj: " +
                        obradi(brojevi, x -> x,
                        (x, y) -> x + y));
     System.out.println("Maksimum: " +
                        obradi(brojevi, x -> x,
                        (x, y) -> Math.max(x, y)));
     System.out.println("Minimum: " +
```

```
                        obradi(brojevi, x -> x,
                        (x, y) -> Math.min(x, y)));
    System.out.println("Broj neparnih brojeva: " +
                        obradi(brojevi,
                               x -> x % 2,
                               (x, y) -> x + y));
    System.out.println("Zbroj (String): " +
                        obradi(brojevi,
                               x -> x.toString(),
                               (x, y) -> x + y));
    System.out.println("Svi brojevi " +
                        jednoznamenkasti: " +
                        obradi(brojevi,
                               x -> x / 10 == 0,
                               (x, y) -> x && y));
  }

}
```

```
Ulaz:
     1 3 5 7 9 8 6 4 2 0
Izlaz:
     Zbroj: 45
     Maksimum: 9
     Minimum: 0
     Broj neparnih brojeva: 5
     Zbroj (String): 1357986420
     Svi brojevi jednoznamenkasti: true
```

7.3. **Ograničavanje parametara i bezimeni parametri**

Dosadašnji način definiranja parametara pretpostavlja da će parametri biti izvedeni iz tipa **`Object`**, što omogućuje parametriziranim metodama, razredima i sučeljima rad s bilo kojim tipom podataka. Loša strana toga je što će prilikom rada s objektima parametarskoga tipa biti dostupni samo atributi i metode razreda `Object`. Iz tog razloga moguće je **ograničiti parametar** tako da mu se u deklaraciji specificira bazni razred ili sučelje koji služi kao **gornja granica**, na primjer:

```
public class Razred <T extends BazniRazred>
```

Ovako parametrizirani razred može raditi samo s objektima koji su tipa `BazniRazred` ili nekoga njegovog podrazreda. Parametrizirani kôd s ograničenim parametrom može raditi s objektima parametarskoga tipa kao da su objekti baznoga razreda ili sučelja kojim je parametar ograničen.

Moguće je zadati nekoliko ograničenja odvojenih znakom „**`&`**“, ali u tom slučaju smije biti naveden maksimalno jedan razred i to na početku.

```
public class Razred <T extends BazniRazred &
                     Sucelje1 & Sucelje2>
```

Primjer ovakvog ograničavanja parametara prikazan je u nastavku. Prikazani program kopira i ispisuje podatke o različitim razredima proizvoda koristeći parametriziranu metodu `ispisiVrati` koja ima

ograničeni parametar. Ovaj primjer koristi razrede definirane u 5. poglavlju.

```
package hr.unizg.srce.d470.parametrizacija;

import hr.unizg.srce.d470.nasljedivanje.Plocica;
import hr.unizg.srce.d470.nasljedivanje.Proizvod;
import hr.unizg.srce.d470.nasljedivanje.Sudoper;
import hr.unizg.srce.d470.nasljedivanje.TipSudopera;

public class Ogranicavanje {

  private static <T extends Proizvod> T
                              ispisiVrati(T proizvod) {
     proizvod.ispisiInformacije();
     return proizvod;
  }

  public static void main(String[] args) {
     Sudoper[] sudoperi = {
       new Sudoper(1, "XGranit 40cm", 800,
                                TipSudopera.UGRADBENI),
       new Sudoper(2, "XGranit 60cm", 1100,
                                TipSudopera.UGRADBENI)
     };
     Plocica[] plocice = {
       new Plocica(3, "May Ceramics mramor", 220,
                   120, 60),
       new Plocica(4, "May Ceramics beton", 160,
                   60, 60)
     };

     Sudoper[] noviSudoperi = new
                              Sudoper[sudoperi.length];
     Plocica[] novePlocice = new
                              Plocica[plocice.length];

     for (int i = 0; i < sudoperi.length; ++i)
        noviSudoperi[i] = ispisiVrati(sudoperi[i]);
     for (int i = 0; i < plocice.length; ++i)
        novePlocice[i] = ispisiVrati(plocice[i]);
  }

}
```

```
Izlaz:
     UGRADBENI sudoper, 1, XGranit 40cm,
     106.66666666666667 eura
     UGRADBENI sudoper, 2, XGranit 60cm,
     146.66666666666666 eura
     3, May Ceramics mramor, 29.333333333333332 eura
     4, May Ceramics beton, 21.333333333333332 eura
```

Ograničavanje parametara moguće je koristiti i prilikom definiranja varijabli parametriziranih tipova. U nastavku je prikazan još jedan primjer ograničavanja parametara nakon čega slijedi objašnjenje ključnih dijelova programa.

```
package hr.unizg.srce.d470.parametrizacija;

public class SadrzajKutije {

  private static class Kutija<T> {
     private T sadrzaj;

     public Kutija() {
        this(null);
     }

     public Kutija(T sadrzaj) {
        this.sadrzaj = sadrzaj;
     }

     public T getSadrzaj() {
        return sadrzaj;
     }

     public void setSadrzaj(T sadrzaj) {
        this.sadrzaj = sadrzaj;
     }
  }

  public static void main(String[] args) {
     Kutija<Integer> cijeliBroj = new Kutija<>();
     cijeliBroj.setSadrzaj(3);
     Kutija<Double> decimalniBroj = new
                                    Kutija<>(Math.PI);
     // GRESKA: cijeliBroj = decimalniBroj;

     Kutija<? extends Number> kutija = new
                                    Kutija<>();
     kutija = cijeliBroj;
     kutija = decimalniBroj;
     // GRESKA: kutija.setSadrzaj(3.0);
     Number n = kutija.getSadrzaj();
     System.out.println("Kutija sadrzi: " + n);

     Kutija<? super Integer> kutija2 = new
                                    Kutija<>();
     kutija2 = cijeliBroj;
     // GRESKA: kutija2 = decimalniBroj;
     kutija2.setSadrzaj(3);
     Object o = kutija2.getSadrzaj();
     System.out.println("Kutija2 sadrzi: " + o);
  }

}
```

```
Izlaz:
     Kutija sadrzi: 3.141592653589793
     Kutija2 sadrzi: 3
```

Program koristi parametrizirani razred `Kutija` proizvoljnoga sadržaja. Kao što je već spomenuto, objekti istoga razreda i različitih parametara

tretiraju se kao objekti različitih tipova podataka pa je tako nemoguće napraviti pridruživanje `cijeliBroj = decimalniBroj`.

Iz tog razloga moguće je definirati **objekt ograničenoga parametra** `Kutija<? extends Number>` kojemu je moguće pridružiti objekte istoga tipa s parametrima koji su razreda `Number` ili nekoga njegovog podrazreda. Važno je primijetiti da se umjesto imena parametra (npr. `T`) koristi znak „**?**“ (engl. ***wildcard***).

Iz ovakvog objekta moguće je pročitati sadržaj tipa **`Number`**, ali **nije moguće upisati sadržaj** jer prevodilac ne može garantirati o kojem se točno tipu sadržaja radi.

Osim gornje granice, pri definiranju objekta parametriziranoga razreda moguće je postaviti i **donju granicu** na parametar korištenjem ključne riječi **`super`**. U prethodnom primjeru na taj način definira se objekt tipa `Kutija<? super Integer>` kojemu je moguće pridružiti objekte istoga tipa s parametrima koji su razreda `Integer` ili nekoga njegovog baznog razreda. U ovakav objekt moguće je upisivati sadržaj razreda **`Integer`** ili nekoga njegovog podrazreda, ali je iz njega moguće pročitati samo sadržaj tipa **`Object`**.

Važno je napomenuti da **nije moguće** u isto vrijeme definirati i gornju i donju granicu određenoga parametra.

7.4. **Vježba: Parametrizacija kôda**

U ovoj vježbi nastavlja se implementacija igre ***ConnectX***.

1. Parametrizirajte razred `Ploca` tako da umjesto objekata tipa `Zeton` koristi generičke objekte tipa **`T`**. S obzirom na to da nije moguće stvoriti polje tipa `T`, zasad koristite bazni razred `Object`. U idućem poglavlju bit će prikazano kako izbjeći korištenje razreda `Object` pri pohranjivanju generičkih podataka.
    - Preimenujte postojeće metode `getZeton` i `ubaciZeton` u **`getElement`** i **`ubaciElement`** kako bi dodatno generalizirali razred.
    - Po potrebi promijenite ostale razrede kako bi na pravilan način koristili parametrizirani razred `Ploca<Zeton>`.
2. Stvorite razred **`Igra`** s atributima **`ploca`**, **`igraci`** i **`brZetonaZaredom`**. Ovaj razred predstavljat će partiju igre *ConnectX* koja je definirana igračima, dimenzijama ploče te brojem žetona koji igrači trebaju skupiti zaredom kako bi pobijedili.
    - Inicijalizirajte atribute u konstruktoru te dodajte odgovarajuće *getter* metode. Ploču inicijalizirajte preko dobivenih brojeva redaka i stupaca.
    - Dodajte metodu **`odigraj()`** koja će odigrati jednu cijelu partiju te vratiti završno stanje igre. Metoda u (zasad beskonačnoj) petlji treba naizmjenično igrati poteze obaju igrača. Iskoristite postojeću logiku iz glavne metode `main`.
3. Modificirajte glavni razred `ConnectX` tako da koristi novi razred `Igra`.
    - Dodajte učitavanje dodatnog ulaznog parametra **`brZetonaZaredom`**.
    - Umjesto postojeće petlje iskoristite objekt tipa `Igra` kako biste stvorili i pokrenuli igru.
    - Na ekran ispišite različite poruke ovisno o završnom stanju igre.

7.5. **Pitanja za ponavljanje: Parametrizacija kôda**

1. Što je generičko programiranje?
2. Zašto je važno sačuvati integritet tipova podataka?
3. Koja je prednost korištenja tehnologije *Java Generics* u odnosu na korištenje baznoga razreda `Object`?
4. Navedite nekoliko ograničenja korištenja parametara.
5. Navedite nekoliko primjera funkcijskih sučelja iz paketa ***java.util.function***.
6. Čemu služi ograničavanje parametara?

8. Kolekcije

Po završetku ovoga poglavlja polaznik će moći:

- *definirati osnovne strukture podataka i njihove složenosti*
- *koristiti podatkovne strukture implementirane u razvojnom okviru* Java Collections
- *primijeniti* Java *kolekcije u rješavanju praktičnih problema.*

Računalni programi najčešće imaju zadatak obraditi velike količine podataka. Kako bi bili što efikasniji, programi organiziraju podatke u **apstraktne strukture podataka** (engl. ***abstract data structures***) koje najčešće podržavaju osnovne operacije nad skupom podatkovnih elemenata:

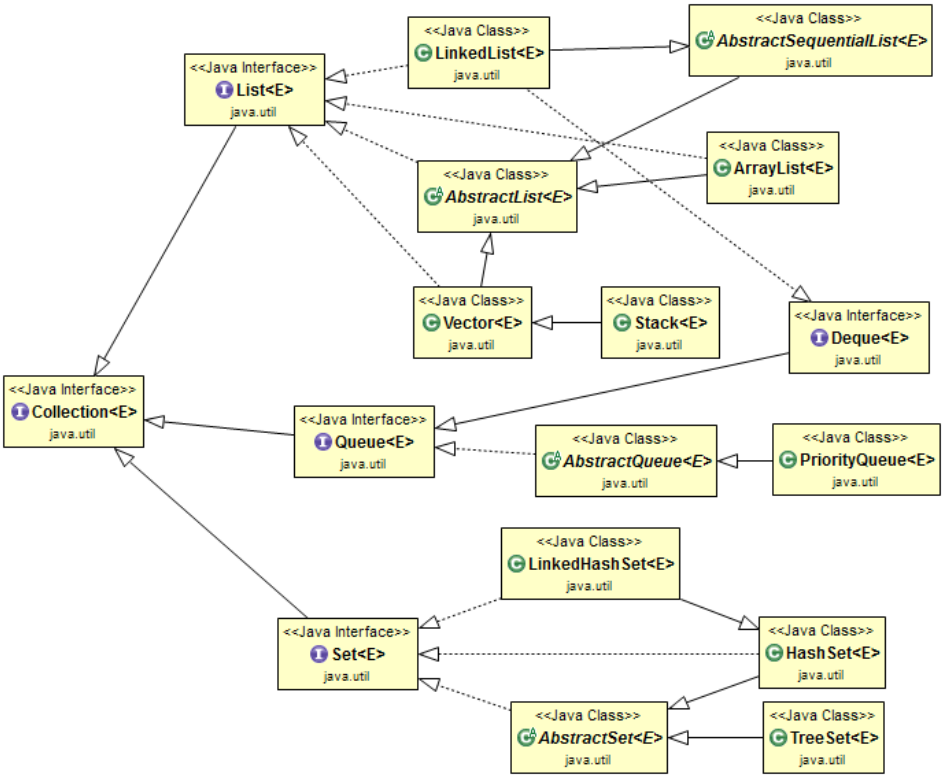
- dodavanje elemenata
- brisanje elemenata
- traženje određenog elementa

Za mjerenje efikasnosti pojedine operacije koristi se pojam **vremenska složenost** (engl. ***time complexity***) koji dolazi iz računske teorijske složenosti. Vremenska složenost opisuje trajanje algoritma s obzirom na veličinu ulaznih podataka te se najčešće zapisuje korištenjem **O-notacije**. Na primjer, složenost algoritma $O(n)$ označava da će algoritam (u najgorem slučaju) izvršiti broj instrukcija linearno proporcionalan s veličinom ulaza (n).

Jedna od najjednostavnijih struktura podataka — **polje**, već je prethodno spomenuta u priručniku. U polju su elementi složeni jedan iza drugoga u memoriji, a složenost osnovnih operacija dodavanja, brisanja i traženja elementa je $\boldsymbol{O(n)}$ što nije pretjerano pohvalno. S obzirom na to da je veličina polja fiksna, prilikom dodavanja novog elementa potrebno je definirati novo (veće) polje u koje zatim treba kopirati sve postojeće elemente uključujući i novi element. Kod brisanja, u slučaju da se obrisani element nalazi na sredini polja, preostale elemente potrebno je posmaknuti ulijevo kako bi se zadržao slijed elemenata polja. Također, s obzirom na to da elementi polja nisu posebno poredani, traženje određenog elementa zahtijeva obilazak polja i usporedbu sa svim postojećim elementima.

Kao što će biti prikazano u nastavku, postoje brojne druge strukture podataka koje imaju puno bolje performanse prilikom manipuliranja podacima. Programski jezik *Java* nudi razvojni okvir **Java Collections** koji sadrži skup razreda i sučelja koji implementiraju brojne strukture podataka odnosno **kolekcije**. Sve kolekcije nalaze se unutar paketa ***java.util***. Važno je napomenuti da Java kolekcije koriste tehnologiju *Java Generics* pa podržavaju rad s proizvoljnim tipovima podataka.

Dijagram najvažnijih razreda i sučelja unutar *Java Collections* okvira prikazan je u nastavku.



Sve strukture podataka odnosno kolekcije izvedene su iz sučelja **`Collection<E>`** koje se grana na različite podvrste kolekcija kao što su **liste** (sučelje `List<E>`) i **skupovi** (sučelje `Set<E>`). S obzirom na velik broj različitih kolekcija, u ovom priručniku obrađuju se samo osnovne kolekcije.

Osim konkretnih struktura podataka postoji i razred **`Collections`** koji sadrži mnoštvo korisnih metoda za rad s različitim vrstama kolekcija. Najvažnije metode toga razreda navedene su u nastavku.

Metoda	Opis	Složenost
`copy``(List<? super T> dest, List<? extends T> src)`	Kopiranje elemenata iz jedne liste u drugu.	$O(n)$
`disjoint``(Collection<?> c1, Collection<?> c2)`	Provjera koja vraća istinu ako elementi ne sadrže zajedničke elemente.	$O(n^2)$
`fill``(List<? super T>, T obj)`	Zamjena svih elemenata s danim elementom.	$O(n)$
`max``(Collection<? extends T> coll)`	Traženje najvećeg elementa.	$O(n)$
`min``(Collection<? extends T>`	Traženje najmanjeg	$O(n)$

`coll)`	elementa.	
`replaceAll``(List<T> list, T oldVal, T newVal)`	Zamjena svih pojavljivanja jednog elementa s drugim elementom.	$O(n)$
`reverse``(List<?> list)`	Okretanje redoslijeda elemenata.	$O(n)$
`rotate``(List<?> list, int distance)`	Rotiranje elemenata.	$O(n)$
`shuffle``(List<?> list)`	Nasumično permutiranje elemenata.	$O(n)$
`sort``(List<T> list)`	Sortiranje uzlaznim poretkom.	$O(nlog_2 n)$
`swap``(List<?> list, int i, int j)`	Zamjena dvaju elemenata.	$O(n)$

Sljedeća potpoglavlja detaljnije obrađuju osnovne podatkovne strukture iz *Java Collections* okvira.

8.1. Lista

Lista (engl. ***List***) je apstraktna struktura podataka koja predstavlja konačan broj podataka poredanih u niz. U razvojnom okviru *Java Collections*, liste su definirane sučeljem **`List<E>`**.

Liste je moguće stvoriti direktno iz polja korištenjem metode **`java.util.Arrays.asList()`** na jedan od dvaju načina: prosljeđivanjem polja ili nabrajanjem elemenata u argumentima metode. Sljedeći primjer prikazuje spomenutu funkcionalnost.

```
package hr.unizg.srce.d470.kolekcije;

import java.util.Arrays;
import java.util.List;

public class StvoriListu {

  public static void main(String[] args) {
     Integer[] brojevi = { 2, 3, 4, 5 };

     List<Integer> listaBrojeva =
                              Arrays.asList(brojevi);
     List<String> voce = Arrays.asList("jabuka",
                                       "banana",
                                       "breskva");

     System.out.println(listaBrojeva);
```

```
        System.out.println(voce);
    }

}
```

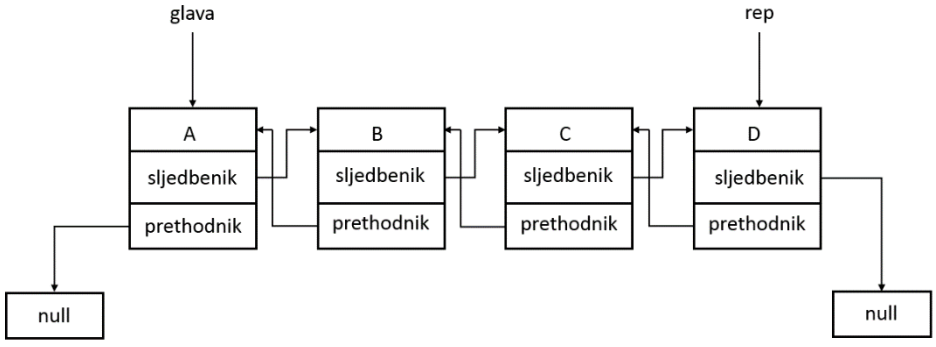
```
Izlaz:
        [2, 3, 4, 5]
        [jabuka, banana, breskva]
```

Liste su najčešće implementirane korištenjem spomenutoga **polja** (engl. ***array***) ili pak korištenjem **vezane liste** (engl. ***linked list***). Postoji nekoliko konkretnih implementacija navedenoga sučelja, a najpoznatiji su razredi `ArrayList<E>` i `LinkedList<E>`.

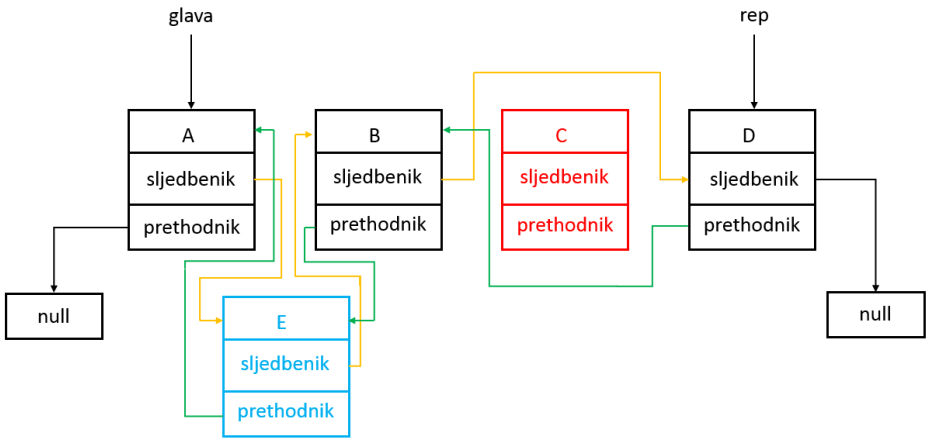
`ArrayList<E>` predstavlja listu implementiranu korištenjem polja, ali s ugrađenim automatskim proširivanjem kapaciteta u slučaju dodavanja elemenata. Sljedeća tablica prikazuje informacije o najvažnijim metodama ovoga razreda.

Metoda	Opis	Složenost
`add``(E e)`	Dodavanje na kraj.	$O(1)$
`add``(int index, E e)`	Dodavanje na određenu poziciju.	$O(n)$
`get``(int index)`	Pristup određenom elementu s pozicije.	$O(1)$
`contains``(Object o)`	Traženje elementa po vrijednosti.	$O(n)$
`remove``(int index)`	Brisanje elementa s pozicije.	$O(n)$

`LinkedList<E>` predstavlja implementaciju **vezane liste**. Za razliku od polja, vezane liste nisu smještene sljedno u memoriji. Iz tog razloga nije moguće direktno pristupiti elementu liste preko numeričkog indeksa. Kako bi lista bila povezana, svaki element vezane liste sadrži referencu na sljedeći i/ili prethodni element, čime lista postaje **jednostruko** ili **dvostruko povezana**. Vezana lista najčešće čuva referencu na prvi i/ili zadnji element liste (**glava** i **rep**), a pristup određenom elementu obavlja se iteriranjem po elementima koristeći veze unutar elemenata. Sljedeća slika ilustrira dvostruko povezanu listu.



`LinkedList<E>` sadrži jednake metode navedene u prethodnoj tablici s jednakom složenosti. Glavna prednost vezanih listi jest mogućnost dodavanja i brisanja elemenata s bilo koje pozicije sa složenošću $\boldsymbol{O(1)}$, **ako i samo ako** je u danom trenutku dostupna referenca na objekt koji treba ukloniti ili pored kojeg treba dodati novi element. U tom slučaju dovoljno je preusmjeriti reference susjednih elemenata, kao što je prikazano na sljedećoj slici.



8.1.1. **Iterator listi**

Kako bi bio moguć učinkovit obilazak liste, dodavanje i brisanje elemenata, sučelje `List<E>` sadrži metodu **`listIterator(int index)`** koja vraća objekt tipa **`ListIterator<E>`**. Taj objekt služi za **dvosmjerni** obilazak liste te sadrži **kursor** koji predstavlja trenutnu poziciju iteratora. Važno je napomenuti da pozicije kursora predstavljaju lokacije **između** elemenata liste.

Najvažnije metode razreda `ListIterator<E>` navedene su u sljedećoj tablici sa složenostima za obje implementacije listi.

Metoda	Opis	Složenost (LinkedList)	Složenost (ArrayList)
`add``(E e)`	Dodavanje elementa na poziciju kursora.	$O(1)$	$O(n)$
`hasNext``()`	Provjera ima li sljedećeg elementa.	$O(1)$	$O(1)$
`hasPrevious``()`	Provjera ima li prethodnog elementa.	$O(1)$	$O(1)$
`E` **`next`**`()`	Vraća sljedeći element liste i pomiče kursor unaprijed.	$O(1)$	$O(1)$

`E` **`previous`**`()`	Vraća prethodni element liste i pomiče kursor unatrag.	$O(1)$	$O(1)$
`remove``()`	Uklanja element koji je vratila posljednja `next()` ili `previous()` operacija.	$O(1)$	$O(n)$
`set``(E e)`	Zamjena danog elementa s elementom koji je vratila posljednja `next()` ili `previous()` operacija.	$O(1)$	$O(n)$

Primjer korištenja listi prikazan je u nastavku.

Obilazak i ispis kolekcija

Sve *Java* kolekcije implementiraju mehanizam koji omogućuje obilazak po elementima koristeći skraćeni oblik for petlje.

Također, kolekcije implementiraju metodu `toString()` koja daje jasan tekstualni prikaz kolekcije i njenih elemenata.

```
package hr.unizg.srce.d470.kolekcije;

import java.util.Collections;
import java.util.LinkedList;
import java.util.List;
import java.util.ListIterator;

public class Zivotinje {

  public static void main(String[] args) {
     List<String> lista = new LinkedList<>();

     for (String arg : args)
        lista.add(arg);

     System.out.println("Lista: " + lista);

     System.out.println("Prva zivotinja je: "
                     + lista.get(0));
     System.out.println("Zadnja zivotinja je: "
                     + lista.get(lista.size() - 1));

     if (lista.contains("ovan"))
        lista.remove("ovan");

     ListIterator<String> iterator =
                          lista.listIterator();

     // Svim zivotinjama zapisi imena
     // velikim slovima.
     while (iterator.hasNext()) {
        String zivotinja = iterator.next();
        iterator.set(zivotinja.toUpperCase());
```

```
        }

        System.out.println(lista);

        // Sortiraj listu.
        Collections.sort(lista);

        System.out.println("Sortirana lista: "
                           + lista);

        // Izbrisi posljednje tri zivotinje.
        for (int i = 0; i < 3 &&
                        iterator.hasPrevious(); ++i) {
           iterator.remove();
           iterator.previous();
           System.out.println(lista);
        }
    }
}
```

```
Ulaz:
     zec pas lav ovan konj tigar slon
Izlaz:
     Lista: [zec, pas, lav, ovan, konj, tigar, slon]
     Prva zivotinja je: zec
     Zadnja zivotinja je: slon
     [ZEC, PAS, LAV, KONJ, TIGAR, SLON]
     Sortirana lista: [KONJ, LAV, PAS, SLON, TIGAR,
     ZEC]
     [KONJ, LAV, PAS, SLON, TIGAR]
     [KONJ, LAV, PAS, SLON]
     [KONJ, LAV, PAS]
```

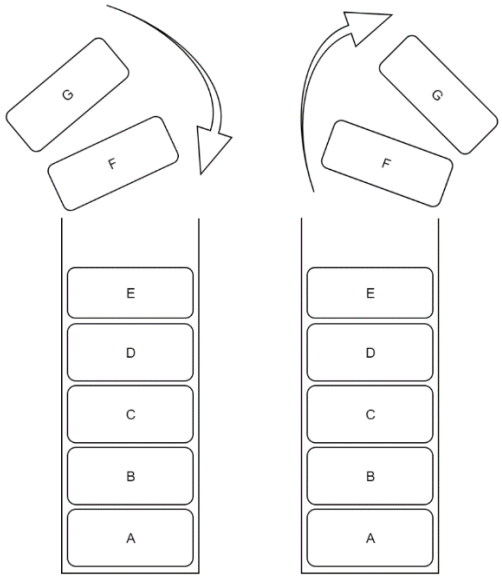
Liste mogu poslužiti kao baza za implementaciju drugih korisnih struktura kao što su **stog** i **red**.

8.2. Stog

Stog (engl. ***stack***) je apstraktna struktura podataka kod koje se svaki novi element dodaje na vrh strukture. Prilikom uklanjanja elemenata sa stoga, najprije se uzima element s vrha stoga, odnosno element koji je zadnji dodan na stog. Iz tog razloga se kaže da je stog **LIFO** struktura (engl. ***Last In First Out***).

U svakodnevnom životu primjer stoga bilo bi skladištenje tanjura za jelo. Nakon što se neki tanjur očisti, on se stavlja na vrh već postojeće hrpe tanjura, a kad trebamo tanjur, u tom slučaju uzimamo tanjur koji se nalazi na vrhu.[1] [15]

[1] Tekst i prateća slika preuzeti iz tečaja „Programiranje u *Pythonu*“



Java Collections implementira stog u razredu **`Stack<E>`** koji sadrži brojne metode od kojih su najvažnije navedene u sljedećoj tablici. U nastavku je prikazan primjer korištenja stoga.

Metoda	Opis	Složenost
`boolean` **`empty`**`()`	Provjera je li stog prazan.	$O(1)$
`E` **`push`**`(E item)`	Dodavanje na vrh.	$O(1)$
`E` **`peek`**`()`	Dohvat elementa s vrha bez uklanjanja. U slučaju praznoga stoga dogodit će se `EmptyStackException`.	$O(1)$
`E` **`pop`**`()`	Dohvat i uklanjanje elementa s vrha. U slučaju praznoga stoga dogodit će se `EmptyStackException`.	$O(1)$
`int` **`search`**`(Object o)`	Traženje određenog elementa.	$O(n)$

```
package hr.unizg.srce.d470.kolekcije;

import java.util.Stack;

public class ObrniRedoslijed {

  public static void main(String[] args) {
     Stack<String> stog = new Stack<>();

     for (String arg : args)
        stog.push(arg);
        while (!stog.empty())
           System.out.print(stog.pop() + " ");
```

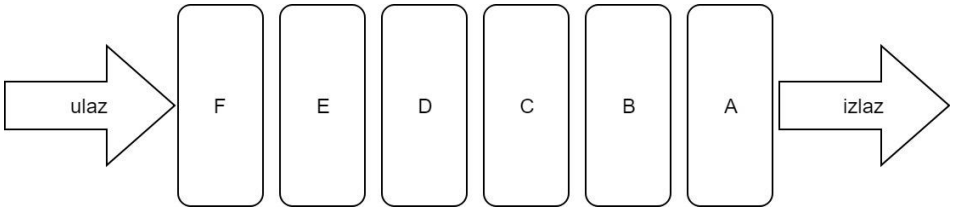
```
    }
}
```

```
Ulaz:
     1 2 3 4 5
Izlaz:
     5 4 3 2 1
```

8.3. Red

Red (engl. ***queue***) je apstraktna struktura podataka kod koje se svaki novi element dodaje na kraj strukture. Prilikom uklanjanja elemenata iz reda, najprije se uzima element s početka reda, odnosno element koji je prvi dodan u red. Iz tog razloga se kaže da je red **FIFO** struktura (***First In First Out***).

U svakodnevnom životu primjer reda bilo bi čekanje u banci. Osoba koja je došla prva, bit će prva poslužena, dok će zadnja osoba biti zadnja poslužena, odnosno mora čekati dok sve prethodne osobe ne budu poslužene.[2] [15]



Java Collections definira red kroz sučelje **`Queue<E>`** koje nudi brojne metode od kojih su najvažnije navedene u sljedećoj tablici. Konkretna implementacija reda nalazi se u prethodno spomenutom razredu **`LinkedList<E>`**. U nastavku je prikazan primjer korištenja reda.

Metoda	Opis	Složenost
`boolean` **`isEmpty`**`()`	Provjeravanje je li red prazan.	$O(1)$
`boolean` **`add`**`(E e)`	Dodavanje na kraj reda.	$O(1)$
`E` **`element`**`()`	Dohvat elementa s početka bez uklanjanja. U slučaju praznoga reda dogodit će se `NoSuchElementException`.	$O(1)$
`E` **`remove`**`()`	Dohvat i uklanjanje elementa s početka. U slučaju praznoga reda dogodit će se `NoSuchElementException`.	$O(1)$
`boolean` **`contains`**`(Object o)`	Traženje određenog elementa.	$O(n)$

[2] Tekst i prateća slika preuzeti iz tečaja „Programiranje u *Pythonu*“

```
package hr.unizg.srce.d470.kolekcije;

import java.util.LinkedList;
import java.util.Queue;

public class RedCekanja {

  public static void main(String[] args) {
     Queue<String> red = new LinkedList<>();

     System.out.println(red);

     red.add("Ana");
     red.add("Ivan");
     red.add("Luka");

     for (String element : red)
        System.out.print(element + " ");

     System.out.println("");
     System.out.println("Prva osoba u redu"
                        + " je: " + red.element());

     red.remove();
     red.remove();
     System.out.println(red);

     red.add("Petra");
     red.add("Josip");

     System.out.print("Red sada sadrzi: ");
     while (!red.isEmpty())
        System.out.print(red.remove() + " ");
  }
}
```

```
Izlaz:
     []
     Ana Ivan Luka
     Prva osoba u redu je: Ana
     [Luka]
     Red sada sadrzi: Luka Petra Josip
```

8.4. Vježba: Kolekcije

1. (***ConnectX***) U razredu `Ploca<T>` iskoristite *Java* kolekcije za spremanje žetona. Zamjenite postojeće dvodimenzionalno polje objekata baznoga razreda `Object` čime će se dodatno osigurati integritet tipova podataka.
2. Napišite program koji računa rezultat matematičkog izraza koji je napisan u **postfiksnoj notaciji**. Na primjer, izraz „2 + 3 x 5“ će u postfiksnoj notaciji biti „2 3 5 x +“. Traženi izraz učitajte preko ulaznih argumenata programa. Potrebno je omogućiti podršku za matematičke izraze koji sadrže brojeve (operande) te osnovne operatore **zbrajanja**, **oduzimanja**, **množenja** i **dijeljenja**. Također, potrebno je obraditi moguće pogreške koje se mogu dogoditi unošenjem nepravilnoga matematičkog izraza. U nastavku je prikazano nekoliko primjera.
   (Pomoć: Iskoristite strukturu podataka **stog**.)

```
Ulaz:
     2 3 5 x +
Izlaz:
     Rezultat je: 17.0
```

```
Ulaz:
     3 4 2 1 - x +
Izlaz:
     Rezultat je: 7.0
```

```
Ulaz:
     3 4 2 x 1 5 - / 2 x 3 - +
Izlaz:
     Rezultat je: -4.0
```

```
Ulaz:
     3 a +
Izlaz:
     Nepoznati argument: "a"
```

```
Ulaz:
     6
Izlaz:
     Rezultat je 6.0
```

```
Ulaz:
     3 5
Izlaz:
     Nevaljani matematicki izraz.
```

8.5. Pitanja za ponavljanje: Kolekcije

1. Što su strukture podataka i koje osnovne operacije podržavaju?
2. Što je vremenska složenost algoritma i kako se izražava?
3. Koja je složenost dodavanja, brisanja i traženja elemenata u polju?
4. Navedite dvije osnovne vrste listi i njihove razlike.
5. Što je stog? Navedite primjer stoga iz svakodnevnog života.
6. Navedite neke od metoda koje sadrži sučelje `Queue<E>`.

9. Oblikovni obrasci

Po završetku ovoga poglavlja polaznik će moći:

- *definirati oblikovne obrasce i njihove primjene*
- *implementirati obrasce Kompozit, Prototip, Iterator i Strategija.*

Prilikom razvoja objektno orijentiranih sustava vrlo je lako osmisliti rješenje koje je neučinkovito te koje je vrlo teško nadograditi i održavati. Iz tog razloga treba poznavati **oblikovne obrasce** – formalizirane predloške isprobanih rješenja za najčešće probleme u razvoju programa [11]. Oblikovni obrasci pojavili su se krajem 20. stoljeća kad su četvorica autora detaljno opisala rješenja različitih problema koji su se u to vrijeme često pojavljivali u objektno orijentiranom razvoju programa [12]. Ta rješenja (obrasci) **nisu strogo definirana** u nekom programskom jeziku, već su opisana na konceptualnoj razini pa se konkretna implementacija prepušta pojedincima. Takav generalizirani pristup omogućuje primjenu obrazaca na cijele skupove sličnih problema. Oblikovne obrasce korisno je poznavati kako bismo u praksi mogli prepoznati različite probleme u dizajnu te ih efikasno riješiti.

Oblikovnih obrazaca ima mnoštvo te ih prema njihovoj primjeni možemo podijeliti u tri skupine:

1. **Strukturalni obrasci** (engl. ***Structural patterns***) koji definiraju različite načine za efikasno definiranje kompleksnih struktura podataka.
2. **Obrasci stvaranja** (engl. ***Creational patterns***) koji sadrže brojne mehanizme za fleksibilno i efikasno stvaranje objekata.
3. **Obrasci ponašanja** (engl. ***Behavioral patterns***) koji se brinu za funkcionalnost sustava i pravilno raspoređivanje odgovornosti među objektima.

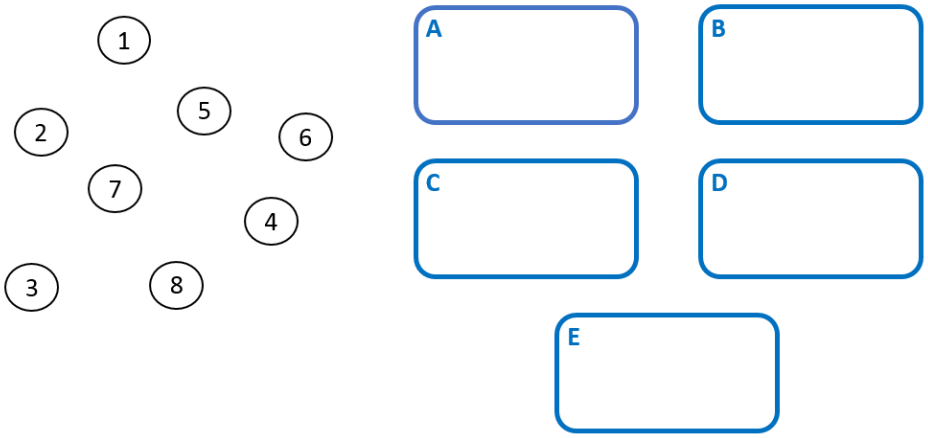
Važno je napomenuti da oblikovni obrasci **nisu nužno najbolje rješenje** za sve probleme. Svaki obrazac ima svoje prednosti i mane, a implementacija istih može unijeti kompleksnost u sustav koja nije nužno potrebna. Često se događa da početnici žele svugdje primijeniti obrasce, čak i u slučajevima gdje postoji jednostavnije rješenje.

U nastavku su kroz primjer detaljno obrađena četiri obrasca — **Kompozit**, **Prototip**, **Iterator** i **Strategija**.

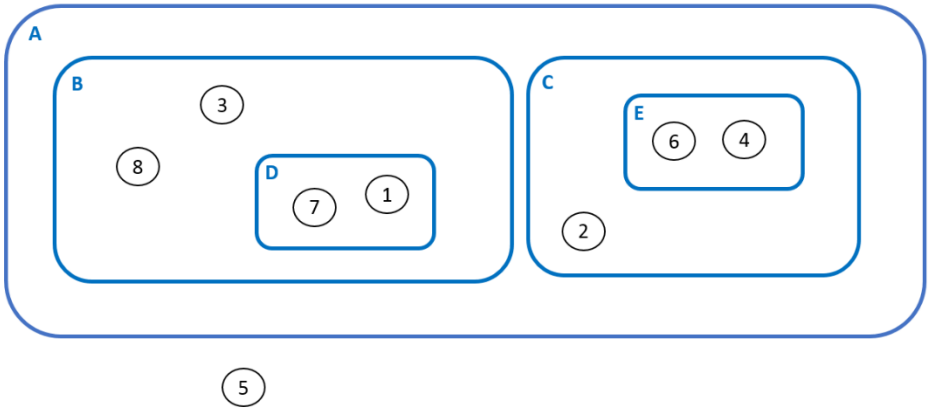
9.1. **Kompozit (engl. *Composite Pattern*)**

Kompozit (engl. ***Composite Pattern***) je strukturalni oblikovni obrazac koji omogućuje povezivanje objekata u **stablaste strukture** (engl. ***tree structures***) te njihovo fleksibilno korištenje.

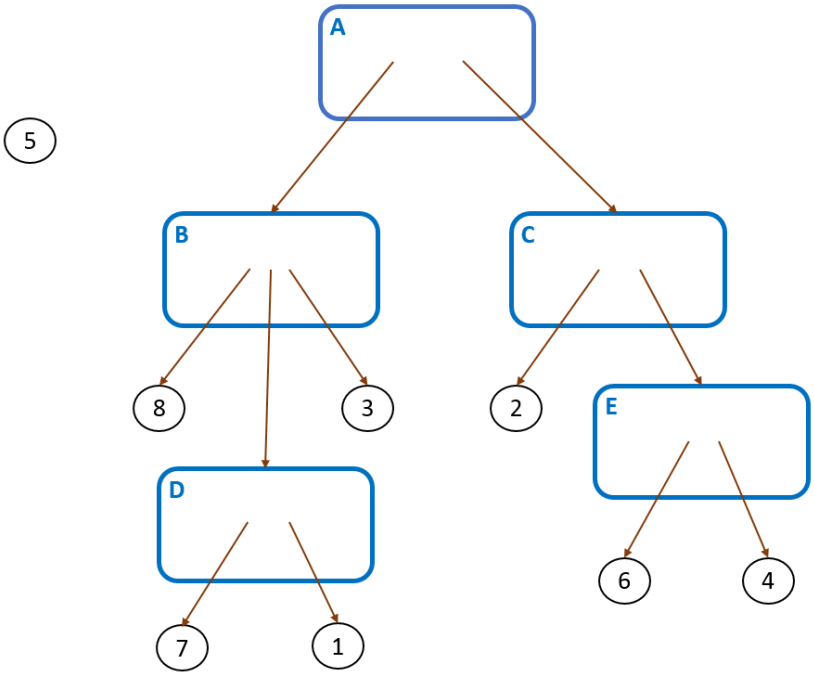
Ovaj obrazac sastoji se od osnovnih **elemenata** (**listova**) koji se mogu povezivati u **grupe** (**kompozite**) koje mogu sadržavati različit broj elemenata u sebi. Sljedeća slika prikazuje primjer elemenata i grupa pri čemu elementi sadrže **broj** (1 — 8), dok grupe imaju svoj **naziv** (A — E).



Elementi i grupe mogu se strukturirati kao na sljedećoj slici pri čemu grupe mogu sadržavati elemente ili čak druge grupe. Postoje brojni praktični primjeri ovakvoga strukturiranja poput raspoređivanja ljudi u prostorije ili predmeta u kutije. Grupe mogu predstavljati i menadžere koji su odgovorni za druge zaposlenike ili menadžere u kompaniji čime se oblikuje hijerarhija zaposlenika.



Prethodna struktura može se prikazati u obliku stabla kao što je vidljivo na sljedećoj slici. Strelice na slici predstavljaju sadržanost elemenata ili grupa unutar drugih grupa. Važno je primijetiti da osnovni elementi ne mogu sadržavati druge elemente ili grupe, zbog čega se za njih kaže da su **listovi stabla**.



Nad složenim strukturama potrebno je omogućiti obavljanje određenih **operacija**, npr. **traženje određenoga broja**. Prednost obrasca Kompozit jest u tome što omogućuje tretiranje osnovnih elemenata i složenih struktura na jednak način kroz **zajedničko sučelje**. Sljedeći isječak kôda prikazuje sučelje **`Komponenta`** koje sadrži jednu operaciju za traženje određenoga broja.

```
package hr.unizg.srce.d470.obrasci.kompozit;

public interface Komponenta {
  boolean sadrzi(int broj);
}
```

Implementirajući zajedničko sučelje moguće je efikasno definirati osnovne elemente i grupe kao što je vidljivo u sljedećem primjeru. Razred **`Element`** sadrži atribut **`broj`** te implementira metodu sučelja **`sadrzi()`** na jednostavan način tako da usporedi vlastiti atribut s traženim brojem.

S druge strane, razred **`Kompozit`** ne sadrži broj već **naziv grupe** i **listu komponenti** koja predstavlja sadržane elemente i/ili grupe. Implementacija metode **`sadrzi()`** je mrvicu složenija jer se u petlji redom ispituju sadržane komponente. U ovoj metodi važno je uočiti fleksibilnost ovog obrasca gdje se sadržani elementi i grupe tretiraju **na jednak način** kao objekti tipa **`Komponenta`**. Ova metoda **rekurzivno** će pretražiti cijelu strukturu bez obzira na njen oblik, dok će se metoda **`sadrzi()`** polimorfno pozivati ovisno o stvarnom tipu komponente (`Element` ili `Kompozit`).

```
package hr.unizg.srce.d470.obrasci.kompozit;

import java.util.ArrayList;
import java.util.List;
```

```
public class Element implements Komponenta {

  private final int broj;

  public Element(int broj) {
     this.broj = broj;
  }

  public int getBroj() {
     return broj;
  }

  @Override
  public String toString() {
     return "Element [broj=" + getBroj() + "]";
  }

  @Override
  public boolean sadrzi(int broj) {
     System.out.println(this);
     return getBroj() == broj;
  }

}

public class Kompozit implements Komponenta {

  private String nazivGrupe;

  private List<Komponenta> komponente;

  public Kompozit(String nazivGrupe) {
     this.nazivGrupe = nazivGrupe;
     komponente = new ArrayList<Komponenta>();
  }

  private String getNazivGrupe() {
     return nazivGrupe;
  }

  private List<Komponenta> getKomponente() {
     return komponente;
  }

  public void dodaj(Komponenta komponenta) {
     getKomponente().add(komponenta);
  }

  @Override
  public String toString() {
     return "Kompozit [nazivGrupe="
            + getNazivGrupe() + "]";
  }

  @Override
```

```
  public boolean sadrzi(int broj) {
     System.out.println(this);
     for (Komponenta komponenta : getKomponente())
        if (komponenta.sadrzi(broj))
           return true;
     return false;
  }

}
```

Sljedeći primjer prikazuje korištenje prethodno definirane kompozitne strukture. Pomoćna metoda **`stvoriStrukturu()`** stvara elemente i grupe te ih međusobno povezuje u prethodno ilustrirano stablo. U glavnoj metodi **`main()`** stvorena struktura ispituje se za postojanje brojeva 5 i 2.

Na izlazu je prikazan **redoslijed pozivanja metode `sadrzi()`** unutar strukture te krajnji rezultat pretrage. U prvom slučaju, s obzirom na to da struktura ne sadrži broj 5, algoritam će obići sve komponente te na kraju ispisati **false**. U slučaju traženja broja 2, vidljivo je da se algoritam zaustavlja u trenutku pronalaska traženog elementa koji sadrži traženi broj.

Pretraživanje u dubinu

Zanimljivo je primijetiti specifičan način obilaska strukture koji je rezultat rekurzivnoga pozivanja metode `sadrzi()`. Taj algoritam naziva se **pretraživanje u dubinu** (engl. ***depth first search***, ***DFS***) te ima široku primjenu u računarskoj znanosti.

```
package hr.unizg.srce.d470.obrasci.kompozit;

public class GlavniProgram {

  private static Komponenta stvoriStrukturu() {
     Element[] elementi = new Element[8];
     for (int i = 0; i < elementi.length; ++i)
        elementi[i] = new Element(i + 1);
        Kompozit[] kompoziti = new Kompozit[5];
     for (int i = 0; i < kompoziti.length; ++i)
        kompoziti[i] = new Kompozit(String.valueOf(
              Character.valueOf((char) ('A' + i))));

     // Veze
     kompoziti[4].dodaj(elementi[5]);
     kompoziti[4].dodaj(elementi[3]);
     kompoziti[3].dodaj(elementi[6]);
     kompoziti[3].dodaj(elementi[0]);
     kompoziti[2].dodaj(elementi[1]);
     kompoziti[2].dodaj(kompoziti[4]);
     kompoziti[1].dodaj(elementi[7]);
     kompoziti[1].dodaj(kompoziti[3]);
     kompoziti[1].dodaj(elementi[2]);
     kompoziti[0].dodaj(kompoziti[1]);
     kompoziti[0].dodaj(kompoziti[2]);

     return kompoziti[0];
  }

  public static void main(String[] args) {
     Komponenta struktura = stvoriStrukturu();
```

```
        System.out.println(struktura.sadrzi(5));
        System.out.println(struktura.sadrzi(2));
    }

}
```

```
Izlaz:
        Kompozit [nazivGrupe=A]
        Kompozit [nazivGrupe=B]
        Element [broj=8]
        Kompozit [nazivGrupe=D]
        Element [broj=7]
        Element [broj=1]
        Element [broj=3]
        Kompozit [nazivGrupe=C]
        Element [broj=2]
        Kompozit [nazivGrupe=E]
        Element [broj=6]
        Element [broj=4]
        false
        Kompozit [nazivGrupe=A]
        Kompozit [nazivGrupe=B]
        Element [broj=8]
        Kompozit [nazivGrupe=D]
        Element [broj=7]
        Element [broj=1]
        Element [broj=3]
        Kompozit [nazivGrupe=C]
        Element [broj=2]
        true
```

9.2. Prototip (engl. *Prototype Pattern*)

Prototip (engl. ***Prototype Pattern***) je obrazac stvaranja koji omogućuje fleksibilno kopiranje postojećih objekata bez uvođenja nepotrebnih ovisnosti između razreda.

Kako bi se određeni objekt kopirao, potrebno je kopirati sve njegove atribute, što ponekad nije moguće, na primjer, ako su pojedini atributi deklarirani kao privatni. Oblikovni obrazac **Prototip** delegira proces kloniranja samim objektima koje je potrebno kopirati. Kako bi se to postiglo, potrebno je deklarirati **zajedničko sučelje** za sve objekte koji podržavaju kloniranje.

U sljedećim primjerima omogućuje se kloniranje prethodno definirane kompozitne strukture. Najprije je potrebno definirati zajedničko sučelje **`Prototip`** koje sadrži metodu **`kloniraj()`** koja vraća objekt tipa `Prototip`. Zatim je potrebno proširiti sučelje **`Komponenta`** na način da naslijedi sučelje `Prototip` čime se deklarira mogućnost kloniranja komponenti strukture.

Java sučelje *Cloneable*

Programski jezik Java već sadrži mehanizam za implementiranje obrasca Prototip korištenjem sučelja `Cloneable` koje sadrži metodu `clone()`.

```
package hr.unizg.srce.d470.obrasci.prototip;

public interface Prototip {
  Prototip kloniraj();
}
```

```
public interface Komponenta extends Prototip {
  boolean sadrzi(int broj);
}
```

S obzirom na to da je prošireno sučelje `Komponenta`, potrebno je u razredima **`Element`** i **`Kompozit`** implementirati apstraktnu metodu **`kloniraj()`** kao što je prikazano u sljedećem primjeru. Implementacija se najčešće obavlja definiranjem tzv. **kopirajućega konstruktora** (engl. ***copy constructor***) koji preko argumenta prima objekt istoga tipa koji je potrebno kopirati. Ovaj konstruktor treba sadržavati svu logiku kopiranja, kopiranje atributa itd. U slučaju razreda `Element` kopiranje je jednostavno, dok je kod razreda `Kompozit` potrebno **rekurzivno klonirati** sadržane komponente. Na kraju je u metodi **`kloniraj()`** dovoljno pozvati novi konstruktor.

```
package hr.unizg.srce.d470.obrasci.prototip;

public class Element implements Komponenta {

   ...

   public Element(Element element) {
      this(element.getBroj());
   }

   @Override
   public Prototip kloniraj() {
      return new Element(this);
   }

}

public class Kompozit implements Komponenta {

   ...

   public Kompozit(Kompozit kompozit) {
      this(kompozit.nazivGrupe);
      for (Komponenta komponenta :
                              kompozit.getKomponente())
         getKomponente().add((Komponenta)
            komponenta.kloniraj());
   }

   @Override
   public Prototip kloniraj() {
      return new Kompozit(this);
   }

}
```

U sljedećem primjeru prikazano je kloniranje prethodno ilustrirane

složene strukture koja sadrži više različitih komponenti, elemenata i grupa.

```
package hr.unizg.srce.d470.obrasci.prototip;

public class GlavniProgram {

   ...

   public static void main(String[] args) {
      Komponenta struktura = stvoriStrukturu();
      Komponenta novaStruktura = (Komponenta)
                                    struktura.kloniraj();
      System.out.println(novaStruktura.sadrzi(5));
   }

}
```

```
Izlaz:
      Kompozit [nazivGrupe=A]
      Kompozit [nazivGrupe=B]
      Element [broj=8]
      Kompozit [nazivGrupe=D]
      Element [broj=7]
      Element [broj=1]
      Element [broj=3]
      Kompozit [nazivGrupe=C]
      Element [broj=2]
      Kompozit [nazivGrupe=E]
      Element [broj=6]
      Element [broj=4]
      False
```

9.3. Iterator (engl. *Iterator Pattern*)

Iterator (engl. ***Iterator Pattern***) je obrazac ponašanja koji omogućuje obilazak elemenata unutar strukture podataka bez otkrivanja detalja o samoj strukturi. Iteratori su već djelomično spomenuti u poglavlju o kolekcijama gdje se obradio iterator listi.

Glavna ideja ovog obrasca jest odvajanje logike obilaska u **zasebni objekt (iterator)** koji će enkapsulirati detalje samog obilaska poput trenutnog elementa ili broj elemenata do kraja obilaska. Ovakav pristup omogućuje stvaranje nekoliko iteratora koji mogu obilaziti elemente strukture neovisno jedan o drugome.

Programski jezik *Java* sadrži mehanizam za implementiranje ovog obrasca korištenjem sučelja **`Iterable<T>`** i **`java.util.Iterator<E>`** čije su apstraktne metode navedene u sljedećoj tablici.

Sučelje	Metode
`Iterable<T>`	`Iterator<T> iterator()`
`Iterator<E>`	`boolean hasNext()` `E next()`

Razredi koji implementiraju `Iterable<T>` predstavljaju strukture koje imaju mogućnost obilaska po elementima tipa **`T`**. Sljedeći primjer prikazuje postojeće sučelje `Komponenta` koje je sada prošireno sučeljem **`Iterable<Integer>`** kako bi se omogućilo obilaženje brojeva koji su sadržani u komponentama.

```
package hr.unizg.srce.d470.obrasci.iterator;

public interface Komponenta extends Prototip,
                                    Iterable<Integer> {
  boolean sadrzi(int broj);
}
```

Sučelje `Iterable<T>` sadrži metodu **`iterator()`** koju izvedeni razredi moraju implementirati te koja mora vratiti objekt tipa `Iterator<T>`. Taj objekt predstavlja instancu iteratora koji mora sadržavati logiku obilaženja elemenata. S obzirom na to da postoji više različitih vrsta komponenti (element i kompozit), potrebno je definirati posebne iteratore za svaki od razreda.

Sljedeći primjer prikazuje prošireni razred `Element` koji sadrži definiciju ugniježđenoga razreda **`ElementIterator`** koji implementira `Iterator<Integer>`. S obzirom na to da se radi o **ugniježđenom razredu**, `ElementIterator` ima pristup **svim privatnim atributima** razreda `Element`, što uvelike olakšava implementaciju obilaska, kao što će biti vidljivo na primjeru razreda `Kompozit`.

```
package hr.unizg.srce.d470.obrasci.iterator;

import java.util.Iterator;

public class Element implements Komponenta {

  ...

  @Override
  public Iterator<Integer> iterator() {
     return new ElementIterator(this);
  }

  private class ElementIterator implements
                                    Iterator<Integer> {

     private boolean hasNext;

     private Element element;

     public ElementIterator(Element element) {
        this.element = element;
        hasNext = true;
     }

     @Override
```

```
        public boolean hasNext() {
            return hasNext;
        }

        @Override
        public Integer next() {
            hasNext = false;
            return element.getBroj();
        }

    }

}
```

Iteratori moraju imati pristup strukturi koju je potrebno obići pa je najčešća praksa **proslijediti objekt strukture preko konstruktora**, kao što je vidljivo na prethodnom primjeru. Također, razred `ElementIterator` mora implementirati dvije metode: **`hasNext()`** i **`next()`**. Metoda `hasNext()` provjerava postoji li još elemenata koje je potrebno obići, dok `next()` vraća sljedeći element. S obzirom na to da razred `Element` sadrži samo jedan broj, dovoljno je njega vratiti u prvom pozivu metode `next()`. Kako bi implementacija razreda `Element` bila potpuna, potrebno je naposljetku implementirati metodu `iterator()` gdje se jednostavno vraća novi objekt tipa `ElementIterator`.

Sljedeći primjer prikazuje implementaciju iteratora u slučaju razreda `Kompozit`. Ovaj primjer je složeniji jer je potrebno obilaziti listu sadržanih komponenti te svaku podkomponentu zasebno iterirati. Iz tog razloga potrebno je pamtiti indeks podkomponente u listi te iterator trenutne podkomponente. Rezultat cijele implementacije jest **rekurzivno obilaženje cijele strukture**.

```
package hr.unizg.srce.d470.obrasci.iterator;

import java.util.ArrayList;
import java.util.Iterator;
import java.util.List;

public class Kompozit implements Komponenta {

   ...

   @Override
   public Iterator<Integer> iterator() {
      return new KompozitIterator(this);
   }

   private class KompozitIterator implements
                                    Iterator<Integer> {

      private Kompozit kompozit;
      private int index;
      private Iterator<Integer> podIterator;
```

```
    public KompozitIterator(Kompozit kompozit) {
       this.kompozit = kompozit;
    }

    @Override
    public boolean hasNext() {
       return index <
              kompozit.getKomponente().size();
    }

    @Override
    public Integer next() {
       if (podIterator == null)
          podIterator = kompozit.getKomponente()
                                .get(index)
                                .iterator();

       Integer rezultat = podIterator.next();

       if (!podIterator.hasNext()) {
          ++index;
          podIterator = null;
       }

       return rezultat;
    }

  }

}
```

U nastavku je prikazan glavni program koji koristi prethodno implementirani obrazac kako bi redom ispisao brojeve sadržane unutar strukture.

```
package hr.unizg.srce.d470.obrasci.prototip;

public class GlavniProgram {

  ...

  public static void main(String[] args) {
     Komponenta struktura = stvoriStrukturu();

     System.out.print("Struktura sadrzi brojeve:");
     for (Integer broj : struktura) {
        System.out.print(" " + broj);
     }
  }
}
```

```
Izlaz:
     Struktura sadrzi brojeve: 8 7 1 3 2 6 4
```

Naizgled nije očito korištenje iteratora jer se stvarna logika iteratora

odvija u pozadini skraćenog oblika petlje `for` (tzv. **`foreach`** petlje) pri čemu se automatski stvaraju iteratori te pozivaju metode `hasNext()` i `next()`. Istu logiku moguće je ručno napisati korištenjem obične **`for`** petlje na sljedeći način:

```
for (Iterator<Integer> it = struktura.iterator();
                       it.hasNext();) {
   int broj = it.next();
   System.out.print(" " + broj);
}
```

9.4. Strategija (engl. *Strategy Pattern*)

Strategija (engl. ***Strategy Pattern***) je obrazac ponašanja koji omogućuje definiranje razreda algoritama (strategija) te njihovo fleksibilno korištenje. U prethodnim primjerima definirana je kompleksna struktura `Komponenta` koja sadrži skup brojeva. U ovom podpoglavlju potrebno je omogućiti različite operacije nad njima, poput traženja maksimuma ili računanje zbroja.

Ovaj obrazac definira skup algoritama kroz **zajedničko sučelje** koje sadrži samo jednu metodu za pokretanje algoritma. Sljedeći primjer prikazuje sučelje **`Agregacija`** koje predstavlja skup algoritama koji za danu komponentu vraćaju broj koji može biti zbroj, maksimum, umnožak, itd..

```
package hr.unizg.srce.d470.obrasci.strategija;

public interface Agregacija {
  int agregiraj(Komponenta komponenta);
}
```

Konkretne strategije definiraju se implementacijom navedenoga sučelja. U nastavku su prikazane implementacije dviju strategija — **zbrajanje parnih elemenata** te **traženje maksimuma**. Obje strategije na jednostavan način obilaze elemenate komponente zbog činjenice da `Komponenta` implementira obrazac Iterator.

```
package hr.unizg.srce.d470.obrasci.strategija;

public class AgregacijaZbrojParnih implements
                                        Agregacija {

  @Override
  public int agregiraj(Komponenta komponenta) {
     int rezultat = 0;
     for (int broj : komponenta) {
        if (broj % 2 == 0)
           rezultat += broj;
     }
     return rezultat;
  }

}
```

```
public class AgregacijaMaksimum implements
                                            Agregacija {

  @Override
  public int agregiraj(Komponenta komponenta) {
     int rezultat = Integer.MIN_VALUE;
     for (int broj : komponenta) {
        if (broj > rezultat)
           rezultat = broj;
     }
     return rezultat;
  }

}
```

Sljedeći primjer prikazuje korištenje prethodno definiranih algoritama gdje se objekti konkretnih agregacija spremaju u varijable baznoga tipa `Agregacija`.

```
package hr.unizg.srce.d470.obrasci.prototip;

public class GlavniProgram {

  ...

  public static void main(String[] args) {
    Komponenta struktura = stvoriStrukturu();

    Agregacija zbrojParnih = new
                              AgregacijaZbrojParnih();
    Agregacija maksimum = new AgregacijaMaksimum();

    System.out.println("Zbroj parnih elemenata je: "
                + zbrojParnih.agregiraj(struktura));
    System.out.println("Maksimum elemenata je: "
                + maksimum.agregiraj(struktura));
  }
}
```

```
Izlaz:
     Zbroj parnih elemenata je: 20
     Maksimum elemenata je: 8
```

Jedan od najčešćih načina korištenja ovog obrasca jest definiranje atributa tipa `Agregacija` koji može sadržavati bilo koju vrstu algoritma čime se dobiva **biranje strategije** unutar željenog razreda. Ovakav pristup potrebno je implementirati u sljedećoj vježbi.

Programski jezik *Java* implementira obrazac Strategija kroz brojna **funkcijska sučelja** iz paketa **`java.util.function`** koja su već spomenuta u prethodnim poglavljima. Tako je prethodni primjer moguće prepisati korištenjem sučelja **`Function<T, R>`**, kao što je vidljivo u sljedećem primjeru. Konkretne agregacije definirane su korištenjem **lambda izraza**.

```
package hr.unizg.srce.d470.obrasci.prototip;

import java.util.function.Function;

public class GlavniProgramFunction {

  ...

  public static void main(String[] args) {
    Komponenta struktura = stvoriStrukturu();

    Function<Komponenta, Integer> zbrojParnih =
        komponenta -> {
           int rezultat = 0;
           for (int broj : komponenta) {
              if (broj % 2 == 0)
                 rezultat += broj;
           }
           return rezultat;
        };

    Function<Komponenta, Integer> maksimum =
        komponenta -> {
           int rezultat = Integer.MIN_VALUE;
           for (int broj : komponenta) {
              if (broj > rezultat)
                 rezultat = broj;
           }
           return rezultat;
        };

    System.out.println("Zbroj parnih elemenata je: "
                    + zbrojParnih.apply(struktura));
    System.out.println("Maksimum elemenata je: "
                    + maksimum.apply(struktura));
  }
}
```

```
Izlaz:
     Zbroj parnih elemenata je: 20
     Maksimum elemenata je: 8
```

9.5. Vježba: Oblikovni obrasci

U ovoj vježbi nastavlja se implementacija igre ***ConnectX*** gdje je potrebno definirati **računalnog igrača** i osnovnu (slučajnu) **strategiju** koju takvi igrači mogu koristiti.

1. Stvorite apstraktni razred **`Strategija`** koji implementira sučelje `BiFunction<Igra, Igrac, Potez>`. Ovim razredom oblikuje se skup algoritama koji će za danu igru i igrača vratiti potez koji igrač treba odigrati.
   - Napišite pomoćnu metodu **`mogucnosti()`** koja vraća listu valjanih poteza koje je moguće odigrati s danim žetonom na danoj ploči.
   - Metodu **`apply()`** implementiranoga sučelja nije potrebno implementirati jer se to ostavlja konkretnim izvedenim razredima.
2. Stvorite razred **`SlucajnaStrategija`** koji će naslijediti prethodno definirani razred te implementirati metodu **`apply()`** na način da vrati nasumično odabrani **valjani potez**.
3. U razredu `Igrac` modificirajte metodu `odluci()` tako da kroz argument prima objekt tipa `Igra`. Ova promjena ima smisla jer bi svaki igrač trebao raspolagati informacijama o igri prilikom donošenja odluke o vlastitom potezu. Istu promjenu napravite i u izvedenom razredu `LjudskiIgrac`.
4. Implementirajte razred **`RacunalniIgrac`** koji nasljeđuje razred `Igrac` te koji dodatno sadrži atribut **`strategija`** tipa `Strategija`.
   - Inicijalizirajte novi atribut preko konstruktora. Nemojte zaboraviti inicijalizirati i atribute baznoga razreda.
   - Nadjačajte metodu **`odluci()`** na način da se poziva vlastita strategija te se vraća njezin rezultat.
5. U glavnom razredu `ConnectX` zamjenite jednoga postojećeg igrača s računalnim kako biste mogli isprobati rješenje.

9.6. Pitanja za ponavljanje: Oblikovni obrasci

1. Što su oblikovni obrasci i čemu služe?
2. Navedite osnovne skupine oblikovnih obrazaca.
3. Nabrojite sudionike koji su definirani obrascem Kompozit.
4. Čemu služi obrazac Prototip?
5. Kako se u *Javi* implementira obrazac Iterator?
6. Kako biste oblikovali sustav koji omogućuje kriptiranje datoteka korištenjem različitih algoritama kao što su AES, 3DES ili RSA?

Završna vježba

Cilj završne vježbe jest kroz praktični primjer objediniti prethodno prikupljeno znanje objektno orijentiranoga programiranja u programskom jeziku *Java*.

U ovoj vježbi potrebno je implementirati generaliziranu varijantu igre ***Connect Four*** [13] pod nazivom ***ConnectX***. To je igra u kojoj se dva igrača izmjenjuju ubacivanjem žetona u vertikalno postavljenu ploču dimenzija ***NxM***. Žetoni se ubacuju u određeni stupac pri čemu padaju na dno stupca. Cilj igre je horizontalno, vertikalno ili dijagonalno skupiti ***X*** vlastitih žetona zaredom. Sljedeća slika [13] prikazuje igru *Connect Four* u kojoj je na ploči dimenzija *6 x 7* potrebno skupiti *4* žetona zaredom.

Kako bi igra bila zanimljivija, *ConnectX* koristi varijantu pravila ***PopOut*** [13] u kojoj igrač umjesto ubacivanja može izbaciti vlastiti žeton ako se on nalazi u prvom redu (tj. na dnu) određenoga stupca.

Važno je primijetiti da se u ovoj varijanti pravila izbacivanjem jednoga žetona može dogoditi da oba igrača pobjede u isto vrijeme. *ConnectX* takvu situaciju proglašava **remijem** odnosno neriješenim rezultatom partije.

Prije početka pisanja programa korisno je navesti sve elemente igre kako bismo lakše vizualizirali vrste objekata koji sudjeluju u igri:

- **Žeton** — igrači ga ubacuju u ploču, može biti različitih boja
- **Ploča** — sadrži žetone te podržava njihovo ubacivanje i izbacivanje
- **Potez** — vrsta akcije koju igrač može napraviti, tj. ubaciti ili izbaciti žeton
- **Stanje igre** — aktivna (u tijeku), pobjeda prvog igrača, pobjeda drugog igrača ili remi
- **Igrač** — čovjek ili računalo, sadrži ime i žetone koje koristi.
- **Strategija** — algoritam koji računalni igrač može koristiti
- **Igra** — sadrži informacije o jednoj partiji te kontrolira logiku i tijek jedne partije

- **Glavni program** — učitava informacije o igračima, pokreće igru te ispisuje rezultat partije.

Nekoliko vježbi prethodnih poglavlja već je postavilo temelje za razvoj ove igre pri čemu su mnogi razredi već implementirani. Završna vježba sastoji se od triju skupina zadataka koje najprije zaokružuju postojeće dijelove, a potom unaprijeđuju igru dodatnim funkcionalnostima. **Nakon svake skupine zadataka isprobajte program kako biste se uvjerili u točnost rješenja.**

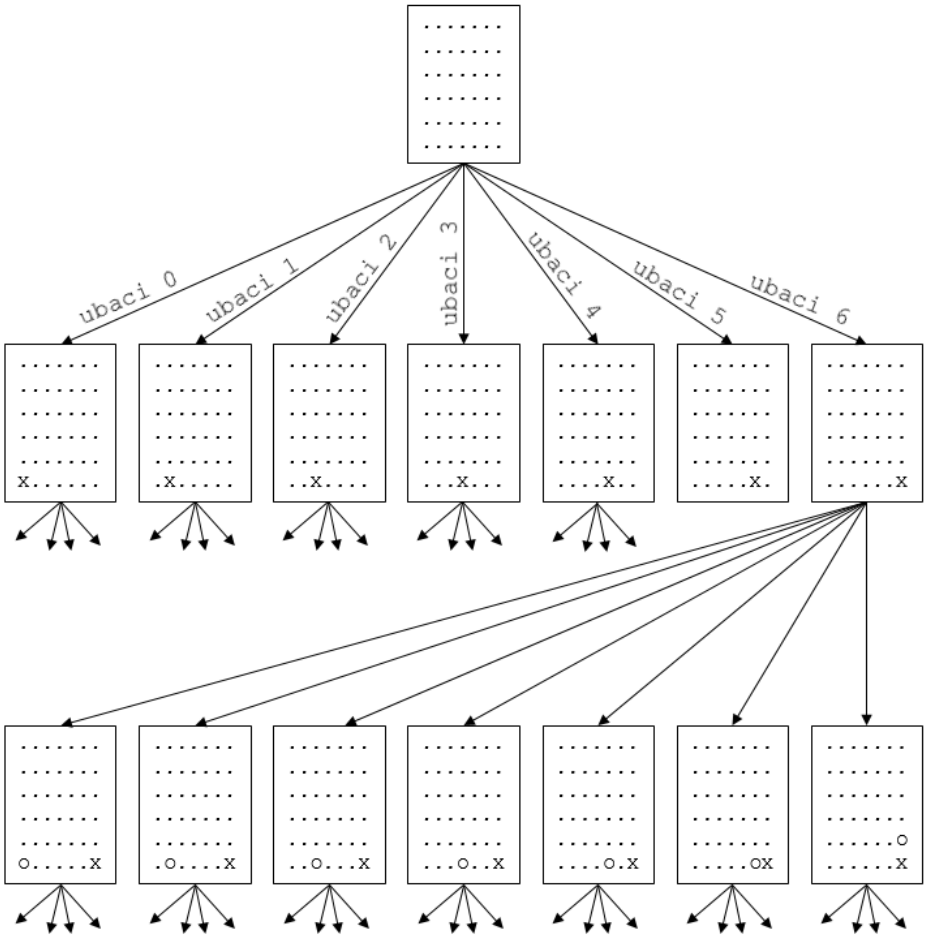
Cilj prve skupine zadataka jest dovršiti osnovnu verziju igre ***ConnectX*** gdje dva igrača igraju jedan protiv drugoga pri čemu je dozvoljeno samo ubacivanje žetona.

1. U razredu `Igra` napišite metodu **`stanjeIgre()`** koja će provjeriti trenutačno stanje na ploči te vratiti jednu od vrijednosti enumeracije `StanjeIgre`.
   - U metodi `odigraj()` nakon svakog odigranog poteza pozovite `stanjeIgre()` te prekinite igru u slučaju da je završila.
2. U razredu `ConnectX` prije stvaranja igre slučajnim odabirom odredite igrača koji će napraviti prvi potez.

Druga skupina zadataka uvodi ***PopOut*** varijantu igre pri čemu se dodaje mogućnost izbacivanja vlastitih žetona s dna stupaca.

3. Implementirajte razred **`PotezIzbaci`** koji nasljeđuje razred `Potez`.
   - Nadjačajte metode `igraj(Ploca)` i `toString()`.
4. U razredu `Ploca<T>` dodajte metodu **`izbaciElement(stupac)`** koja izbacuje i vraća element s dna traženoga stupca.
5. U razredu `LjudskiIgrac` omogućite unošenje naredbe oblika ***„izbaci X“*** pri čemu je X indeks stupca iz kojeg treba izbaciti žeton.
   - Napišite dodatnu provjeru za slučajeve kada učitani indeks nije u odgovarajućem rasponu vrijednosti. Također, provjerite je li moguće izbaciti žeton iz danog stupca. U slučaju greške, u obama slučajevima bacite iznimku tipa **`IllegalArgumentException`** s različitim porukama o grešci.
6. U razredu `Strategija` modificirajte metodu `mogucnosti()` kako biste uzeli u obzir mogućnost izbacivanja žetona iz ploče.

Posljednja skupina zadataka dodaje naprednu računalnu strategiju koja koristi algoritam **minimax** [14]. Ovaj algoritam koristi se u umjetnoj inteligenciji i teoriji igara kao pravilo odlučivanja koje **minimizira maksimalni gubitak** ili pak **maksimizira minimalnu dobit**. U kontekstu igre dvaju igrača, to znači da će algoritam **simulirati** igru i pritom uzimati u obzir najbolje poteze obaju igrača. U svakom potezu analizirat će se **sve mogućnosti** trenutnog igrača što rezultira velikim **prostorom pretraživanja** koje se može vizualizirati kao stablo. Sljedeća slika prikazuje početak stabla pretraživanja za primjer igre ***ConnectX***.



S obzirom na to da je prostor pretraživanja golem, nije praktično simulirati igru do samog završetka, već je potrebno **zaustaviti algoritam** na određenoj dubini te evaluirati trenutačno stanje na ploči. Za evaluiranje stanja na ploči mogu se koristiti sljedeće vrijednosti gdje veći broj označava povoljnije stanje.

- **4** – Pobjeda.
- **2** – Remi.
- **1** – Igra je još u tijeku.
- **0** – Poraz.

Iz prethodnih vrijednosti može se uočiti da će računalo radije odabrati potez koji vodi u remiziranu poziciju nego otići u smjeru gdje je rezultat neizvjesan. Postavljene vrijednosti mogu uvelike utjecati na strategiju — u ovom slučaju računalo će imati donekle **miroljubivu strategiju**.

U nastavku je prikazan **pseudokôd algoritma minimax** za igru *ConnectX*:

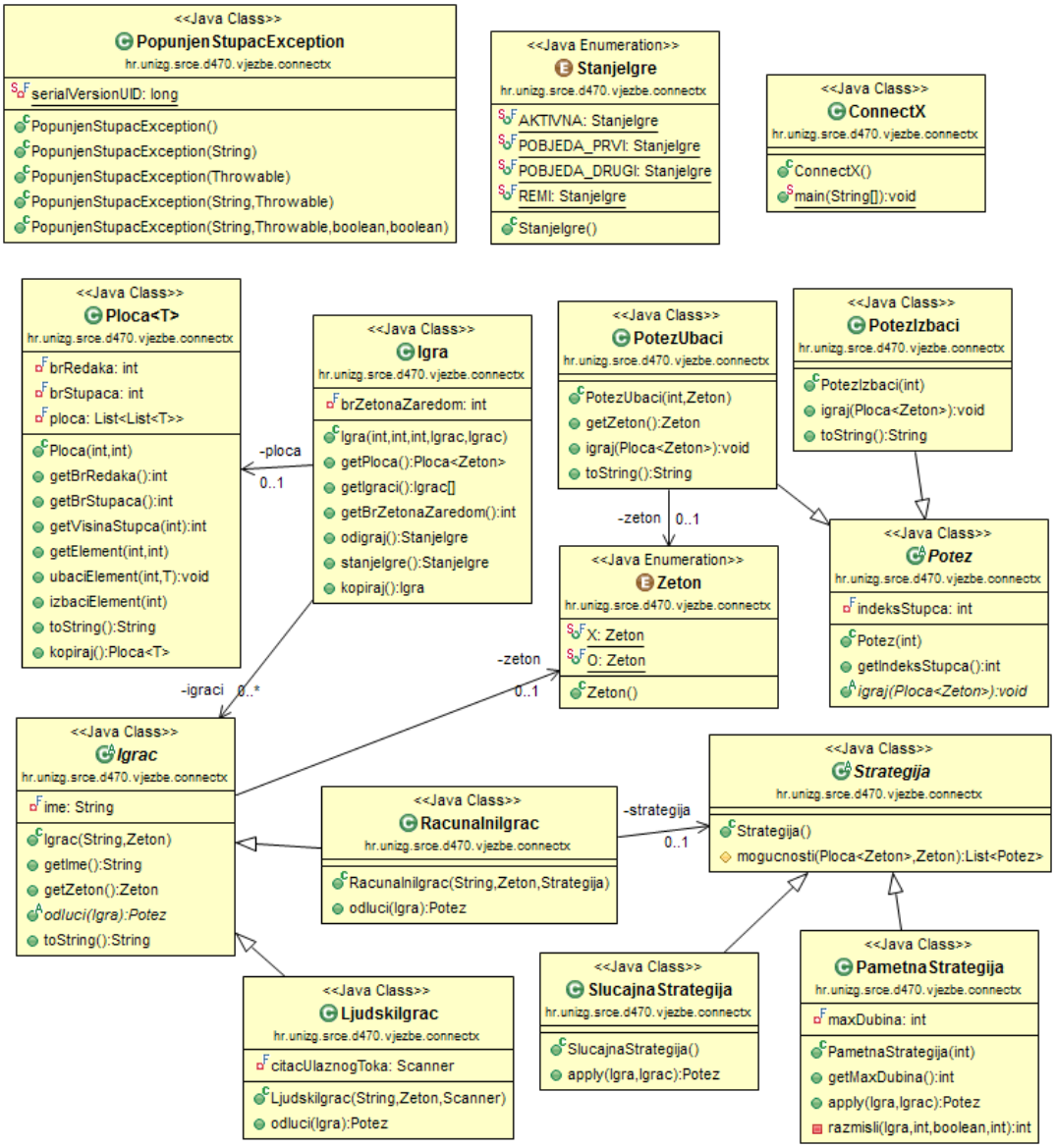
```
minimax(igra, maksimiziraj, dubina):
    izracunaj stanje i evaluaciju igre

    if dubina >= maxDubina ili je igra gotova:
        return evaluacijaIgre
    if maksimiziraj:
        rezultat = -∞
        for moguciPotez : mogucnosti():
            kopiraj igru
            odigraj potez na novoj ploci
            rezultat = max(rezultat, minimax(novaIgra,
                                             false,
                                             dubina+1)
        return rezultat
    else:
        rezultat = +∞
        for moguciPotez : mogucnosti():
            kopiraj igru
            odigraj potez na novoj ploci
            rezultat = min(rezultat, minimax(novaIgra,
                                             true,
                                             dubina+1)
        return rezultat
```

Poboljšanja algoritma

U ovoj vježbi prikazana je osnovna verzija algoritma minimax. U praksi postoje brojna poboljšanja algoritma poput **alfa-beta podrezivanja** koje može drastično smanjiti prostor pretraživanja čime se uvelike ubrzava algoritam. Za više detalja potrebno je pogledati dodatnu literaturu [14].

7. U razredima `Ploca<T>` i `Igra` implementirajte metodu **`kopiraj()`** koja će vratiti kopiju objekata tih razreda. Kopiranje je potrebno za pretraživanje jer nije praktično simulirati različite mogućnosti na istoj instanci ploče.
8. Stvorite razred **`PametnaStrategija`** koji će predstavljati strategiju koja koristi minimax algoritam. Dodajte atribut **`maxDubina`** koji predstavlja ograničenje dosega pretraživanja.
   - Implementirajte metodu **`apply()`** tako da za svaki mogući potez pozove pomoćnu metodu **`razmisli()`** koja će korištenjem algoritma minimax vratiti evaluaciju poteza. Metoda `apply()` treba vratiti potez koji ima najveću evaluaciju. U slučaju više poteza s jednako velikom evaluacijom, potrebno je nasumično odabrati jedan od njih.
   - Metodu **`razmisli()`** implementirajte po uzoru na pseudokôd algoritma minimax.
9. U glavnom razredu `ConnectX` zamjenite jednoga postojećeg igrača s računalnim kako biste mogli isprobati rješenje. Možete pokušati i druge kombinacije, poput sparivanja dvaju računalnih igrača koji koriste iste ili različite strategije.

U nastavku je prikazan dijagram razreda rješenja koji može poslužiti kao pomoć prilikom rješavanja vježbe.


<<Java Class>>
PopunjenStupacException
hr.unizg.srce.d470.vjezbe.connectx
serialVersionUID: long
PopunjenStupacException()
PopunjenStupacException(String)
PopunjenStupacException(Throwable)
PopunjenStupacException(String,Throwable)
PopunjenStupacException(String,Throwable,boolean,boolean)
<<Java Enumeration>>
Stanjelgre
hr.unizg.srce.d470.vjezbe.connectx
AKTIVNA: Stanjelgre
POBJEDA_PRVI: Stanjelgre
POBJEDA_DRUGI: Stanjelgre
REMI: Stanjelgre
Stanjelgre()
<<Java Class>>
ConnectX
hr.unizg.srce.d470.vjezbe.connectx
ConnectX()
main(String[]):void
<<Java Class>>
Ploca<T>
hr.unizg.srce.d470.vjezbe.connectx
brRedaka: int
brStupaca: int
ploca: List<List<T>>
Ploca(int,int)
getBrRedaka():int
getBrStupaca():int
getVisinaStupca(int):int
getElement(int,int)
ubaciElement(int,T):void
izbaciElement(int)
toString():String
kopiraj():Ploca<T>
-ploca
0..1
<<Java Class>>
Igra
hr.unizg.srce.d470.vjezbe.connectx
brZetonaZaredom: int
Igra(int,int,int,Igrac,Igrac)
getPloca():Ploca<Zeton>
getIgraci():Igrac[]
getBrZetonaZaredom():int
odigraj():Stanjelgre
stanjelgre():Stanjelgre
kopiraj():Igra
<<Java Class>>
PotezUbaci
hr.unizg.srce.d470.vjezbe.connectx
PotezUbaci(int,Zeton)
getZeton():Zeton
igraj(Ploca<Zeton>):void
toString():String
<<Java Class>>
PotezIzbaci
hr.unizg.srce.d470.vjezbe.connectx
PotezIzbaci(int)
igraj(Ploca<Zeton>):void
toString():String
-zeton
0..1
<<Java Enumeration>>
Zeton
hr.unizg.srce.d470.vjezbe.connectx
X: Zeton
O: Zeton
Zeton()
<<Java Class>>
Potez
hr.unizg.srce.d470.vjezbe.connectx
indeksStupca: int
Potez(int)
getIndeksStupca():int
igraj(Ploca<Zeton>):void
-igraci
0..*
-zeton
0..1
<<Java Class>>
Igrac
hr.unizg.srce.d470.vjezbe.connectx
ime: String
Igrac(String,Zeton)
getIme():String
getZeton():Zeton
odluci(Igra):Potez
toString():String
<<Java Class>>
RacunalnoIgrac
hr.unizg.srce.d470.vjezbe.connectx
RacunalnoIgrac(String,Zeton,Strategija)
odluci(Igra):Potez
-strategija
0..1
<<Java Class>>
Strategija
hr.unizg.srce.d470.vjezbe.connectx
Strategija()
mogucnosti(Ploca<Zeton>,Zeton):List<Potez>
<<Java Class>>
LjudskiIgrac
hr.unizg.srce.d470.vjezbe.connectx
citacUlaznogToka: Scanner
LjudskiIgrac(String,Zeton,Scanner)
odluci(Igra):Potez
<<Java Class>>
SlucajnaStrategija
hr.unizg.srce.d470.vjezbe.connectx
SlucajnaStrategija()
apply(Igra,Igrac):Potez
<<Java Class>>
PametnaStrategija
hr.unizg.srce.d470.vjezbe.connectx
maxDubina: int
PametnaStrategija(int)
getMaxDubina():int
apply(Igra,Igrac):Potez
razmisli(Igra,int,boolean,int):int

Literatura

1. Čupić, M. Programiranje u Javi. 2015. URL: http://java.zemris.fer.hr/nastava/opjj/book-2015-09-30.pdf. 1.11.2020.
2. Java SE Specifications. URL: https://docs.oracle.com/javase/specs/index.html. 1.11.2020.
3. Java API (Java SE 14). URL: https://docs.oracle.com/en/java/javase/14/docs/api/index.html. 1.11.2020.
4. Java SE Downloads. URL: https://www.oracle.com/java/technologies/javase-downloads.html. 1.11.2020.
5. How to Write Doc Comments for the Javadoc Tool. URL: https://www.oracle.com/technical-resources/articles/java/javadoc-tool.html. 1.11.2020.
6. Help – Eclipse Platform. URL: https://help.eclipse.org/. 1.11.2020.
7. ObjectAid UML Explorer. URL: https://www.objectaid.com/home. 1.11.2020.
8. Predefined Annotation Types. URL: https://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/annotations/predefined.html. 1.11.2020.
9. Ross, T.; Amin, N. *Java and Scala's Type Systems are Unsound: The Existential Crisis of Null Pointers*. 2016.
10. Restrictions on Generics. URL: https://docs.oracle.com/javase/tutorial/java/generics/restrictions.html. 1.11.2020.
11. Design Patterns. URL: https://refactoring.guru/design-patterns. 1.11.2020.
12. E. Gamma; R. Helm; R. Johnson; J. Vilssides. *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*. 1994.
13. Connect Four. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Connect_Four. 1.11.2020.
14. S. J. Russell; P. Norvig. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 2001.
15. Hruška, M. *Programiranje u Pythonu*, Osnovni tečaj Srca, verzija priručnika D460-20190904

Bilješke: