PROGRAMMAZIONE 2
12. Gerarchie di tipi: implementazioni multiple e principio di sostituzione

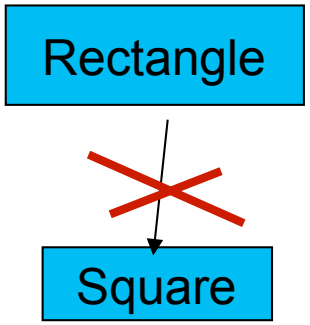

```
interface Rectangle {
        // effects: this_post.width = w, this_post.height = h
        void setSize(int w, int h);
}

interface Square implements Rectangle { ... }
```

Quale è la scelta ottimale per la specifica di **setSize** per **Square**?

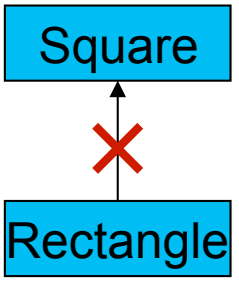
```
1. // requires: w = h
   // effects: ... come sopra
  void setSize(int w, int h);
2. // effects: esattamente come sopra unico parametro
  void setSize(int edgeLength);
3. // effects: come sopra
   // throws BadSizeException if w != h
  void setSize(int w, int h) throws BadSizeException;
```

COMMENTI

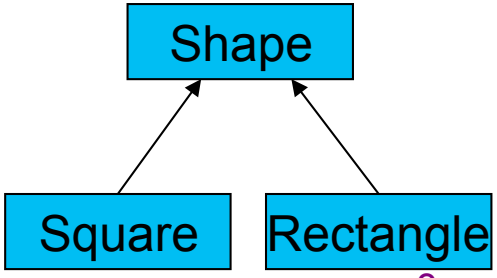
- **Square** non è un sotto-tipo di **Rectangle**
  - gli oggetti di **Rectangle** hanno variabili di istanza (base e altezza) indipendenti
  - **Square** viola questa proprietà



- **Rectangle** non è sotto-tipo di **Square**
  - **Square** base e altezza sono identici
  - **Rectangle** viola questa proprietà



- La nozione di sotto-tipo non è sempre quella suggerita dall'intuizione
- Possibile soluzione
  - aggiungere **Shape**
  - trasformarli in oggetti immutabili



Implementazioni multiple

Il tipo superiore della gerarchia definisce una famiglia di tipi tale per cui

- tutti i membri hanno esattamente gli stessi metodi e la stessa semantica che forniscono l'implementazione di tutti i metodi astratti, in accordo con le specifiche del super-tipo
- gli oggetti dei sotto-tipi vengono visti dall'esterno come oggetti dell'unico super-tipo
- dall'esterno si vedono solo i costruttori dei sotto-tipi

IntList

- Il super-tipo è una classe astratta
- Usiamo i sotto-tipi per implementare i due casi della definizione ricorsiva
  - lista vuota
  - lista non vuota
- La classe astratta ha alcuni metodi non astratti
  - comuni alle due sotto-classi
  - definiti in termini dei metodi astratti
- La classe astratta non ha variabili di istanza e quindi nemmeno costruttori

Super-tipo **IntList**


```
public abstract class IntList  {
   // OVERVIEW: un IntList e' una lista modificabile
   // di Integers. Elemento tipico [x1,...,xn]

public abstract Integer first( ) throws EmptyException;
       // EFFECTS: se this e' vuoto solleva EmptyException,
       // altrimenti ritorna il primo elemento di this
public abstract IntList rest( ) throws EmptyException;
       // EFFECTS: se this e' vuoto solleva EmptyException,
       // altrimenti  ritorna la lista ottenuta da this
       // togliendo il primo elemento
public abstract IntList addEl(Integer x);
       // EFFECTS: aggiunge x all'inizio di this
public abstract int size( );
       // EFFECTS: ritorna il numero di elementi di this
```

La classe astratta non ha variabili di istanza e quindi nemmeno costruttori

Super-tipo **IntList**

```
public abstract class IntList  {
   // OVERVIEW: un IntList e' una lista modificabile
   // di Integers. Elemento tipico [x1,...,xn]


   public String toString( ) {...}
   public boolean equals(IntList o) {...}
}
```

- Metodo **equals** overloaded
- I metodi concreti si possono implementare usando **metodi astratti**

Implementazione **EmptyIntList**


```
public class EmptyIntList  extends IntList  {
  public EmptyIntList ( ) {}

  public Integer first ( ) throws EmptyException {
       throw new EmptyException("EmptyIntList.first");
  }
  public IntList rest ( ) throws EmptyException {
       throw new EmptyException("EmptyIntList.rest");
  }
  public IntList addEl (Integer x) {
    return new FullIntList(x);
  }
  public int size( ) {return 0;}

}
```

Implementazione `FullIntList`


```
public class FullIntList extends IntList {
  private int dim;
  private Integer val;
  private IntList next;

public FullIntList(Integer x) {
    dim = 1; val = x;
    next = new EmptyIntList( );
  }
  public Integer first ( ) { return val; }
  public IntList rest { return next; }
  public IntList addEl(Integer x) {
    FullIntList n = new FullIntList(x);
    n.next = this; n.dim = this.dim + 1;
    return n;
  }
  public int size( ) {return dim;}

}
```

Esercizio

- Completare l'implementazione della classe astratta
- Dare invariante e funzione di astrazione per `FullIntList` e `EmptyIntList`

Principio di sostituzione

- Un oggetto del sotto-tipo può essere sostituito da un oggetto del super-tipo senza influire sul comportamento dei programmi che utilizzano il tipo
  - i sotto-tipi supportano il comportamento del super-tipo
  - per esempio, un programma scritto in termini del tipo **`IntList`** può lavorare correttamente su oggetti del tipo **`FullIntList`** e **`EmptyIntList`**
  - per esempio, un metodo statico che calcola la somma degli elementi contenuti nella lista si scrive guardando la specifica del supertipo **`IntList`**
- Quindi il sotto-tipo deve soddisfare le specifiche del super-tipo

Principio di sostituzione

La regola della segnatura

- gli oggetti del sotto-tipo devono avere tutti i metodi del super-tipo
- le segnature dei metodi del sotto-tipo devono essere compatibili con le segnature dei corrispondenti metodi del super-tipo

Principio di sostituzione

La regola dei metodi

- le chiamate dei metodi del sotto-tipo devono comportarsi come le chiamate dei corrispondenti metodi del super-tipo

Le regole riguardano la semantica!

Principio di sostituzione

La regola delle proprietà

- il sotto-tipo deve preservare tutte le proprietà che possono essere provate sugli oggetti del super-tipo

Le regole riguardano la semantica!

La regola della segnatura

- Se una chiamata è type-correct per il super-tipo lo è anche per il sotto-tipo
  - garantita dal compilatore Java
    - che permette che i metodi del sotto-tipo sollevino meno eccezioni di quelli del super-tipo
    - da Java 5 un metodo della sotto-classe può sovrascrivere un metodo della super-classe con la stessa firma fornendo un return type più specifico
- docs.oracle.com/javase/specs/jls/se8/html/jls-8.html#jls-8.4.8.3
- le altre due regole non possono esser garantite dal compilatore Java…
  - dato che hanno a che fare con la specifica della semantica!

La regola dei metodi

- Si può ragionare sulle chiamate dei metodi usando la specifica del super-tipo anche se viene eseguito il codice del sotto-tipo
- Si è garantiti che va bene se i metodi del sotto-tipo hanno esattamente le stesse specifiche di quelli del super-tipo
- Come possono essere diverse?
  - se la specifica nel super-tipo è non-deterministica (comportamento sotto-specificato) il sotto-tipo può avere una specifica più forte che risolve (in parte) il non-determinismo

La regola dei metodi

- In generale un sotto-tipo può indebolire le pre-condizioni e rafforzare le post-condizioni
- Per avere compatibilità tra specifiche del super-tipo e del sotto-tipo devono essere soddisfatte le regole
  - regola delle pre-condizione
  - **pre $_{super}$ ==> pre $_{sub}$**
  - regola delle post-condizione
  - **pre $_{super}$ && post $_{sub}$ ==> post $_{super}$**

La regola dei metodi

- Ha senso indebolire le pre-condizioni
  - **pre $_{super}$ ==> pre $_{sub}$**

- Infatti il codice che utilizza il metodo è scritto per usare il super-tipo
  - ne verifica la pre-condizione **pre $_{super}$**
  - verifica anche la pre-condizione del sotto-tipo **pre $_{sub}$**

Esempio: precondizione

- un metodo di **`IntSet`**

```
public void addZero(  )
// REQUIRES: this non e' vuoto
// EFFECTS: aggiunge 0 a this
```

- potrebbe essere ridefinito in un sotto-tipo

```
public void addZero(  )
    // EFFECTS: aggiunge 0 a this
```

La regola dei metodi

- Ha senso rafforzare le post-condizioni
  - **pre $_{super}$ && post $_{sub}$ ==> post $_{super}$**
- infatti il codice che utilizza il metodo è scritto per usare il super-tipo
  - assume come effetti quelli specificati nel super-tipo
  - gli effetti del metodo del sotto-tipo includono comunque quelli del super-tipo (se la chiamata soddisfa la pre-condizione più forte)

Esempio: postcondizione

- un metodo di **`IntSet`**

```
public void addZero(  )
     // REQUIRES: this non e' vuoto
     // EFFECTS: aggiunge 0 a this
```

- potrebbe essere ridefinito in un sotto-tipo

```
public void addZero(  )
     // EFFECTS: se this non e' vuoto aggiunge 0 a this
     // altrimenti aggiunge 1 a this
```

Regola dei metodi: violazioni

- Consideriamo **`insert`** di **`IntSet`**

```
public class IntSet {
      public void insert(int x)
          // EFFECTS: aggiunge x a this
```

- Supponiamo di definire un sotto-tipo di **`IntSet`** con la seguente specifica di **`insert`**

```
public class StupidIntSet extends IntSet {

    public void insert(int x)
           // EFFECTS: aggiunge x a this se x è pari,
           // altrimenti non fa nulla
```

Regola delle proprietà

- Il ragionamento sulle proprietà degli oggetti basato sul super-tipo è ancora valido quando gli oggetti appartengono al sotto-tipo
- Sono proprietà degli oggetti (non proprietà dei metodi)
- Da dove vengono le proprietà degli oggetti?
  - dal modello del tipo di dato astratto
    - ✓ le proprietà degli insiemi matematici, etc.
    - ✓ le elenchiamo esplicitamente nell'overview del super-tipo
      - un tipo astratto può avere un numero infinito di proprietà
- Proprietà invarianti
- Proprietà di evoluzione

Regola delle proprietà

- Per mostrare che un sotto-tipo soddisfa la regola delle proprietà dobbiamo mostrare che preserva le proprietà del super-tipo
- Per proprietà invarianti
  - che tutti i metodi (anche quelli nuovi, inclusi i costruttori) del sotto-tipo preservano l'invariante
  - bisogna provare che creatori e produttori del sotto-tipo stabiliscono l'invariante (solita induzione sul tipo)
- Per le proprietà di evoluzione
  - bisogna mostrare che ogni metodo del sotto-tipo le preserva

Una proprietà invariante

- Il tipo **`FatSet`** è caratterizzato dalla proprietà che i suoi insiemi non sono mai vuoti

```
`// OVERVIEW: un FatSet e' un insieme modificabile di interi
 // la cui dimensione e' sempre almeno 1
```

- Assumiamo che **`FatSet`** non abbia un metodo remove, ma invece abbia un metodo **`removeNonEmpty`**

```
public void removeNonEmpty  (int x)
     // EFFECTS: se x e' in this e this contiene altri elementi
     // rimuovi x da this
```

e abbia un costruttore che crea un insieme con almeno un elemento. Si può provare che gli oggetti **`FatSet`** hanno dimensione maggiore di 0?

Una proprietà invariante

- Consideriamo il sotto-tipo **`ThinSet`** che ha tutti i metodi di **`FatSet`** con identiche specifiche e in aggiunta il metodo

```
public void remove(int x)
    // EFFECTS: rimuove x da this
```

- **`ThinSet`** non è un sotto-tipo legale di **`FatSet`**
  - perché il suo extra metodo può svuotare l'insieme, e
  - La proprietà del super-tipo non sarebbe conservato

Una proprietà di evoluzione

- Il tipo **`SimpleSet`** ha i due soli metodi **`insert`** e **`IsIn`**
  - gli oggetti di **`SimpleSet`** possono solo crescere in dimensione
  - **`IntSet`** non può essere un sotto-tipo di **`SimpleSet`** perché il metodo **`remove`** non conserva la proprietà