PROGRAMMAZIONE 2
6a. Eccezioni in Java

Generazione di “errori”

- Un metodo può richiedere che gli argomenti attuali soddisfino determinate precondizioni per procedere nell’esecuzione
  - m(List L) con L non vuota
- Componenti esterni potrebbero fallire
  - File non presente
- Implementazioni parziali
  - Modulo con alcune funzionalità non ancora implementate
- Come gestiamo queste situazioni “anomale”?

Gestione errori

- Diverse tecniche
  - Parser per gli errori sintattici
  - Analisi statica (type checker) per gli errori semantici
  - Test covering & Best practice
  - Ignorare gli errori
- Ora noi vedremo il meccanismo delle eccezioni: meccanismi linguistici che permettono di trasferire il controllo del programma dal punto in cui viene rilevato l'errore al codice che permette di gestirlo

Cosa sono?

- Le eccezioni sono dei particolari oggetti usati per rappresentare e catturare condizioni anomale del comportamento di programmi
  - Comportamenti anomali in operazioni I/O, null pointer, …
- *Sollevare* (*throwing*) una eccezione significa programmare una sorta di uscita di emergenza nell'esecuzione del programma
- *Catturare* (*catching*) una eccezione significa programmare le azioni da eseguire per gestire il comportamento anomalo

Perché sono utili?

- Il compilatore non è in grado di determinare tutti gli errori
- *Separation of concern*: separare il codice di gestione degli errori dal codice "normale"
  - Chiarezza del codice (debugging)
  - Raggruppare e differenziare la struttura (tramite tipi) delle situazioni di comportamento anomalo che si possono presentare

Esempio

```
public class ArrayExceptionExample {
  public static void main(String[] args)
     {String[] colori ={“Rossi”,”Bianchi”, “Verdi”};
      System.out.println(colori[3]);
      }


}
```

Cosa succede quando compiliamo e poi mandiamo il programma in esecuzione?

Esempio

```
public class ArrayExceptionExample {
  public static void main(String[] args)
     {String[] colori ={“Rossi”,”Bianchi”, “Verdi”};
      System.out.println(colori[3]);
      }


}
```

Compilazione OK, ma a run-time…

```
ArrayExceptionExampleException in thread "main"
java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException: 3 at
ArrayExceptionExample.main(ArrayExceptionExample.java:6)
```

Formato dei messaggi

```
[exception class]:
  [additional description of exception] at
    [class].[method]([file]: [line number])
```

Formato

- java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException: 3 at ArrayExceptionExample.main(ArrayExceptionExample.java:6)
- **Exception Class?**
  - java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException
- **Quale indice dell'array (additional information)?**
  - 3
- **Quale metodo solleva l'eccezione?**
  - ArrayExceptionExample.main
- **Quale file contiene il metodo?**
  - ArrayExceptionExample.java
- **Quale linea del file solleva l'eccezione?**
  - 6

Eccezioni a runtime

- Abbiamo visto il caso nel quale le situazioni anomale provocano a run-time la terminazione (anomala) del programma in esecuzione
- Questo tipi di eccezioni a run-time sono denominate *unchecked exception*
- Domanda: è possibile prevedere meccanismi linguistici che permettono di affrontare le situazioni anomale come un “normale” problema di programmazione?

Codificare le anomalie

- Prevedere opportuni meccanismi di codifica per le situazioni anomale
  - ArrayOutOfBound: l'accesso all'array fuori dalla dimensione restituisce il valore "-1" che codifica l'anomalia
  - L'accesso a un file non presente nello spazio del programma restituisce la stringa "null"
  - È fattibile? È un tecnica scalabile?
- Il modo moderno di affrontare questo aspetto è quello di introdurre specifici meccanismi linguistici
  - **OCaml (failwith), Java (throw+try-catch), C++, C# …**

Java: sollevare eccezioni

- Il linguaggio prevede una primitiva specifica per dichiarare e programmare il modo in cui le eccezioni sono sollevate
- Usare il costrutto **`throw`** all'interno del codice dei metodi

```
if (myObj.equals(null))
throw new NullPointerException(stringa);
```

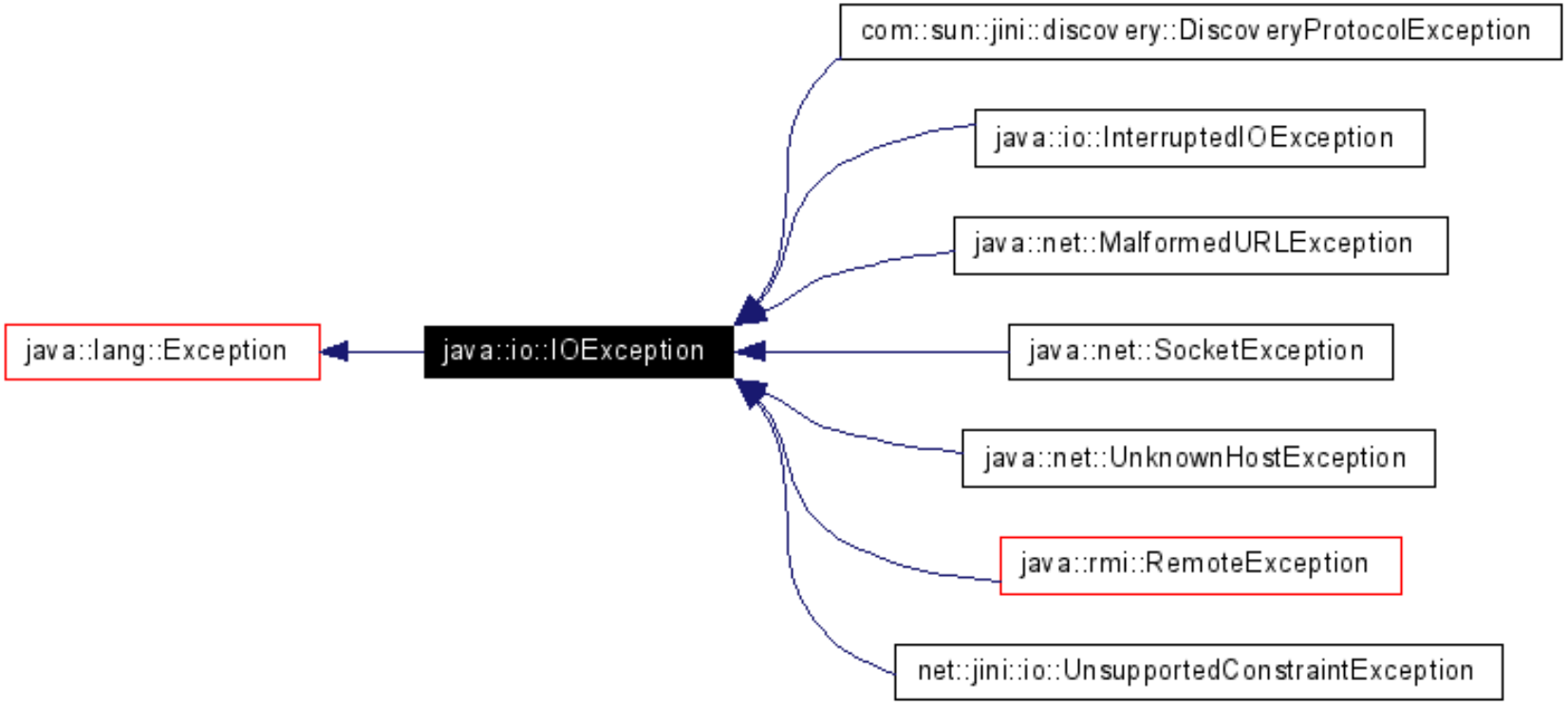
Sollevare eccezioni: `throw`

- Il costrutto **`throw`** richiede come argomento un oggetto che abbia come tipo un qualunque sotto-tipo di **`Throwable`**
- La classe **`Throwable`** contiene tutti i tipi di errore e di eccezioni
- Il metodo che lancia l'eccezione termina ed il controllo viene trasferito al metodo chiamante
- Come si fa a vedere la struttura?
  - Consultate la documentazione on line delle API
  - docs.oracle.com/javase/8/docs/api/java/lang/Throwable.html

Esempi


java.lang
Class NullPointerException
java.lang.Object
java.lang.Throwable
java.lang.Exception
java.lang.RuntimeException
java.lang.NullPointerException

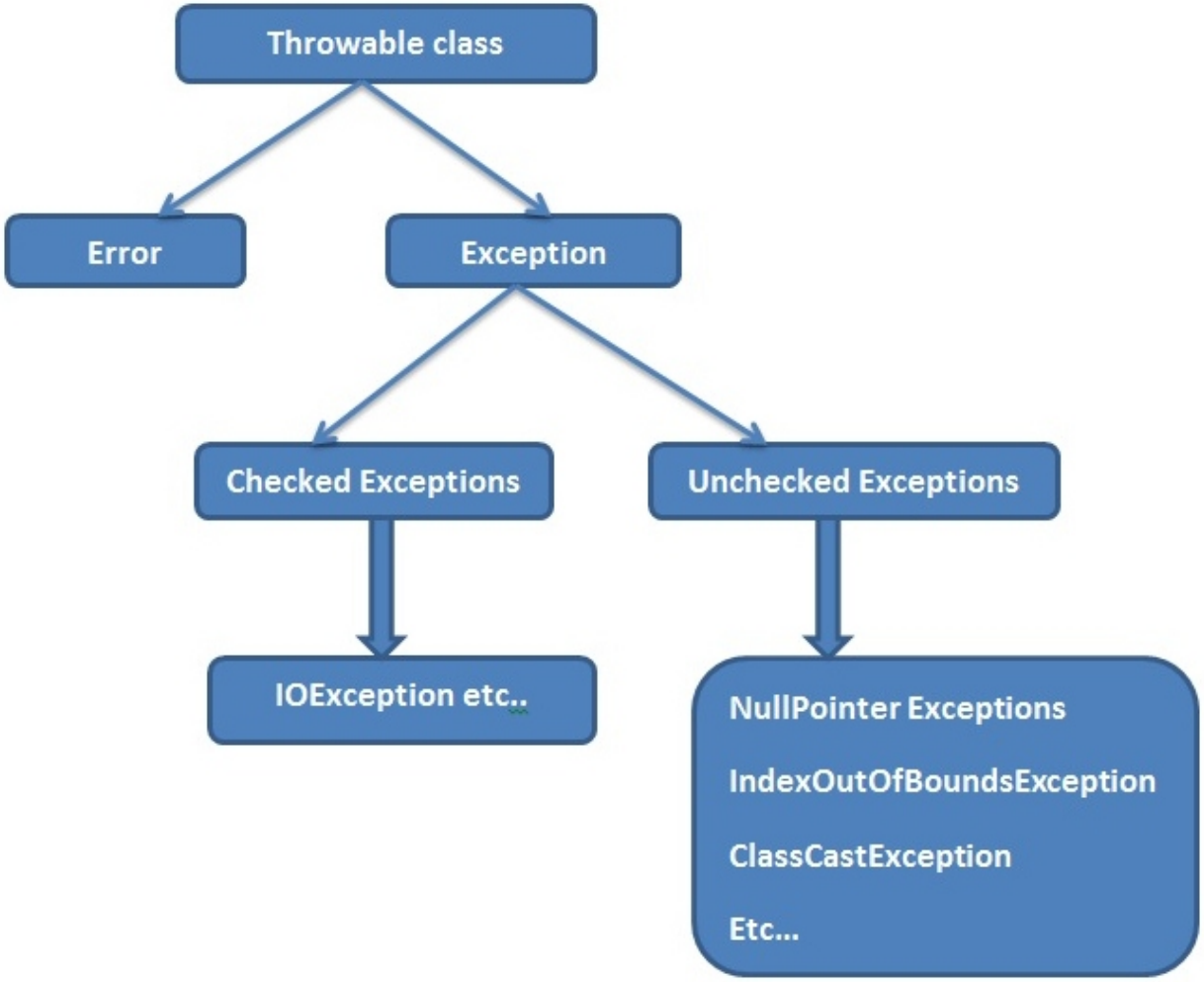
Esempi


com::sun::jini::discovery::DiscoveryProtocolException
java::io::InterruptedIOException
java::net::MalformedURLException
java::lang::Exception
java::io::IOException
java::net::SocketException
java::net::UnknownHostException
java::rmi::RemoteException
net::jini::io::UnsupportedConstraintException

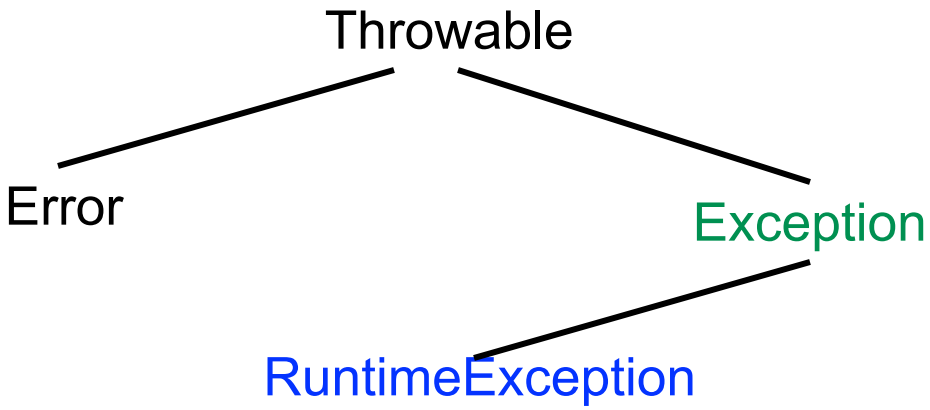
Come definiamo nuovi tipi di eccezione?

- I tipi di eccezione sono classi di Java che
  - contengono solo il costruttore
    - ✓ci possono essere più costruttori overloaded
  - sono definite in "moduli" separati da quelli che contengono i metodi che le possono sollevare
- Le eccezioni sono oggetti
  - creati eseguendo `new` di un exception type e quindi eseguendo il relativo costruttore
- Esiste una gerarchia "predefinita" di tipi relativi alle eccezioni
  - nuovi tipi di eccezioni sono collocati nella gerarchia con l'usuale `extends`

Java Exception Hierarchy



La gerarchia di tipi per le eccezioni



- Se un nuovo tipo di eccezione estende la classe Exception, l'eccezione è checked (eccezioni che si riferiscono a condizioni recuperabili e che quindi possono essere gestite dal metodo chiamante)
- Se un nuovo tipo di eccezione estende la classe RuntimeException (esprimono condizioni non recuperabili, generalmente dovute ad errori di programmazione e quindi non gestibili dal metodo chiamante.)

Definire tipi di eccezione

```
public class NuovoTipoDiEcc extends Exception {
    public NuovoTipoDiEcc(String s) { super(s); }
        }
```

- È checked
- Definisce solo un costruttore
  - come sempre invocato quando si crea una istanza con new
  - il costruttore può avere parametri
- Il corpo del costruttore riutilizza semplicemente il costruttore del super-tipo
  - perché deve passargli il parametro?
- Una new di questa classe provoca la creazione di un nuovo oggetto che "contiene" la stringa passata come parametro

Costruire oggetti eccezione

- L'invocazione di new su questa classe provoca la creazione di un nuovo oggetto che "contiene" la stringa passata come parametro

```
Exception e =
                new NuovoTipoDiEcc ("Questa è la ragione");
String s = e.toString( );
```

- la variabile s punta alla stringa
  "NuovoTipoDiEcc: Questa è la ragione"

Gestione delle eccezioni

- Java prevede strumenti linguistici per programmare la gestione delle eccezioni
- Clausola

```
try {
  // codice che può sollevare l'eccezione
}
catch ([tipo eccezione] e) {
  // codice di gestione della eccezione
}
```

Try Catch Multiple

- È possibile programmare una gestione “multipla” delle eccezioni

```
try{    //codice che può sollevare diverse eccezioni
    }
catch (IOException e) {
    // gestione IOException
    }
catch (ClassNotFoundException e) {
    // gestione ClassNotFoundException
    }
```

Eccezioni senza speranza

- La clausola **`finally`** permette di programmare del codice di *clean-up* indipendentemente da quello che è successo nel codice monitorato

```
try {
    // codice che può sollevare diverse eccezioni
    }
catch ([tipo eccezione] e) {
    // gestione Exception
    }
finally {
   //codice di clean-up che viene sempre eseguito
    }
```

Attenzione

- Se un metodo contiene del codice che può generare una eccezione allora si deve esplicitare nella dichiarazione del metodo tale possibilità
  - `public void myMethod throws Exception { … }`
  - `public void myMethod throws IOException { … }`
- L'eccezione diventa una componente del tipo del metodo!
- Questo tipo di eccezioni è chiamato ***checked exceptions***: "They represent exceptions that are frequently considered *non fatal* to program execution" (Java Tutorial)

Gestire eccezioni

- Quando un metodo termina con un **`throw`**
  - l'esecuzione non riprende con il codice che segue la chiamata (call-return tradizionale)
  - il controllo viene trasferito a un pezzo di codice preposto alla gestione dell'eccezione
- Due possibilità per la gestione
  - gestione esplicita, quando l'eccezione è sollevata all'interno di uno statement **`try`**
    - ✓ in generale, quando si ritiene di poter recuperare uno stato consistente e di portare a termine una esecuzione quasi "normale"
  - gestione di default, mediante propagazione dell'eccezione al codice chiamante
    - ✓ possibile solo per eccezioni unchecked o per eccezioni checked elencate nell'header del metodo che riceve l'eccezione

Checked Exception

- Le eccezioni checked sono eccezioni che devono essere gestite da opportuni gestori
- Il compilatore controlla che le eccezioni checked siano sollevate (clausola **`throw`**) e eventualmente gestite (clausola **`catch`**)

Il nostro esempio

```
public class ArrayExceptionExample {
  public static void main(String[] args)
     {String[] colori ={“Rossi”,”Bianchi”, “Verdi”};
      System.out.println(colori[3]);
      }


}
```

```
ArrayExceptionExampleException in thread "main"
java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException: 3 at
ArrayExceptionExample.main(ArrayExceptionExample.java:6)
```

Esempio di una eccezione unchecked (run-time)
Eccezioni unchecked: il metodo non deve necessariamente prevedere il codice di gestione

Propagazione: unchecked

```
class C {
  public void via() {
  primo();
  System.out.println("Sei al via");
  }

  public void primo(){
  throw new NuovaException();
  System.out.println("Sei al primo");
  }

  }
```

Potrebbe anche essere gestita

Propagazione: checked

```
class C {
  public void via() throws NuovaException {
  primo();
  System.out.println("Sei al via");
  }

  public void primo() throws NuovaException{
  throw new NuovaException();
  System.out.println("Sei al primo");
  }

  }
```

Try catch esplicito

```
class C {
  public static void via() {
      try{primo();}
      catch (Exception e)
    {System.out.println("catturata");}

  System.out.println("Sei al via");
  }

  public static void primo() throws NuovaException{
  throw new NuovaException();
  System.out.println("Sei al primo");
  }

  }
```

Quale eccezione?

```
class C {
  public static void via() throws ???????{
     try{primo();}
     catch (Exception e)
    {throw new AltraException();}

  System.out.println("Sei al via");
  }

  public static void primo() throws NuovaException{
  throw new NuovaException();
  System.out.println("Sei al primo");
  }

  }
```

Eccezioni checked e unchecked

- Se un metodo può sollevare una eccezione checked
  - deve elencarla nel suo header
    - ✓ che fa parte anche della specifica
  - altrimenti si verifica un errore a tempo di compilazione
- Se un metodo può sollevare una eccezione unchecked
  - può non elencarla nel suo header
    - ✓ il suggerimento è di elencarla sempre, per rendere completa la specifica

Eccezioni checked e unchecked

- Se un metodo chiamato da obj ritorna sollevando una eccezione
  - se l'eccezione è checked
    - ✓obj deve gestire l'eccezione (try and catch)
    - ✓se l'eccezione (o un suo super-tipo) è elencata tra le sollevabili da
      può essere propagata alla procedura che ha chiamato obj
  - se l'eccezione è unchecked
    - ✓può essere comunque gestita o propagata

Esempio: sollevare eccezioni

```
public static int fact (int n) throws NonPositiveExc {
    // se n>0, ritorna n!
                    // altrimenti solleva NonPositiveExc
        if (n <= 0) throw new NonPositiveExc("Num.fact");
……..}
```

- La stringa contenuta nell'eccezione è utile soprattutto quando il programma non è in grado di "gestire" l'eccezione
  - permette all'utente di identificare la procedura che l'ha sollevata
  - può comparire nel messaggio di errore che si stampa subito prima di forzare la terminazione dell'esecuzione

Esempio: gestire eccezioni

- Gestione esplicita: l'eccezione è sollevata all'interno di uno statement try
- Codice per gestire l'eccezione `NonPositiveExc` eventualmente sollevata da una chiamata di `fact`

```
    try { x = Num.fact (y); }
    catch (NonPositiveExc e){
// qui possiamo usare e, cioè l'oggetto eccezione
    }
```

- La clausola catch non deve necessariamente identificare il tipo preciso dell'eccezione, ma basta un suo super-tipo

```
    try { x = Arrays.searchSorted (v, y); }
    catch (Exception e) { s.Println(e); return; }
              // s è una PrintWriter
```

- segnala l'informazione su NullPointerExc e su NotFoundExc

Try e Catch annidati

```
try {
   try { x = Arrays.searchSorted (v, y); }
   catch (NullPointerExc e) {
      throw new NotFoundExc( );
   }
}
catch (NotFoundExc b) { ... }
```

- la clausola catch nel try più esterno cattura l'eccezione **NotFoundExc** se è sollevata da **searchSorted** o dalla clausola catch più interna

Aspetti metodologici

- Gestione delle eccezioni
  - riflessione
  - mascheramento
- Quando usare le eccezioni
- Come scegliere tra checked e unchecked
- *Defensive programming*

Gestione delle eccezioni

- Se un metodo chiamato da obj ritorna sollevando un'eccezione, anche obj termina sollevando un'eccezione
  - usando la propagazione automatica
    - ✓ della stessa eccezione (NullPointerException)
  - catturando l'eccezione e sollevandone un'altra
    - ✓ possibilmente diversa (EmptyException)

Gestione delle eccezioni

```
public static int min (int[ ] a) throws
   NullPointerException, EmptyException {
   // se a è null solleva NullPointerException
   // se a è vuoto solleva EmptyException
   // altrimenti ritorna il minimo valore in a

   int m;
       try { m = a[0]; }
       catch (IndexOutOfBoundsException e) {
          throws new EmptyException("Arrays.min");
   }
   for (int i = 1; i < a.length; i++)
       if (a[i] < m) m = a[i];
   return m;
}
```

Usiamo le eccezioni (catturate) al posto di un test per verificare se a è vuoto???

Gestione eccezioni via mascheramento

- Se un metodo chiamato da obj ritorna sollevando una eccezione, obj gestisce l'eccezione e ritorna in modo normale

```
public static boolean sorted (int[ ] a)
                throws  NullPointerException {
   // se a è null solleva NullPointerException
   // se a è ordinato in senso crescente ritorna true
   // altrimenti ritorna false
   int prec;
   try { prec = a[0]; }
           catch(IndexOutOfBoundsException e)
       { return true; }
   for (int i = 1; i < a.length ; i++)
    if (prec <= a[i]) prec = a[i]; else return false;
   return true;
}
```

Quando usare le eccezioni

- Le eccezioni non sono necessariamente errori
  - ma metodi per richiamare l'attenzione del chiamante su situazioni particolari (classificate dal progettista come eccezionali)
- Comportamenti che sono errori ad un certo livello, possono non esserlo affatto a livelli di astrazione superiore
  - `IndexOutOfBoundsException` segnala chiaramente un errore all'interno dell'espressione a[0], ma non necessariamente per le procedure min e sort
- Il compito primario delle eccezioni è di ridurre al minimo i vincoli della strutturazione di un programma in modo da evitare di codificare informazione su terminazioni particolari nel normale risultato

Checked o unchecked

- Le eccezioni checked offrono maggior protezione dagli errori
  - sono più facili da catturare
  - il compilatore controlla che l'utente le gestisca esplicitamente o per lo meno le elenchi nell'header, prevedendone una possibile propagazione automatica
    - ✓ se non è così, viene segnalato un errore
- Le eccezioni checked sono pesanti da gestire in quelle situazioni in cui siamo ragionevolmente sicuri che l'eccezione non verrà sollevata
  - perché esiste un modo conveniente ed efficiente di evitarla o per il contesto di uso limitato
  - solo in questi casi si dovrebbe optare per una eccezione unchecked

Defensive Programming

- L'uso delle eccezioni facilita uno stile di progettazione e programmazione che protegge rispetto agli errori
  - anche se non sempre un'eccezione segnala un errore
- Fornisce una metodologia che permette di riportare situazioni di errore in modo ordinato
  - senza disperdere tale compito nel codice che implementa l'algoritmo
- Nella programmazione *defensive* si incoraggia il programmatore a verificare l'assenza di errori ogniqualvolta ciò sia possibile
  - e a riportarli usando il meccanismo delle eccezioni
  - [un caso importante legato alle implementazioni parziali]