

Progettazione del Software

La fase di progetto

Domenico Fabio Savo

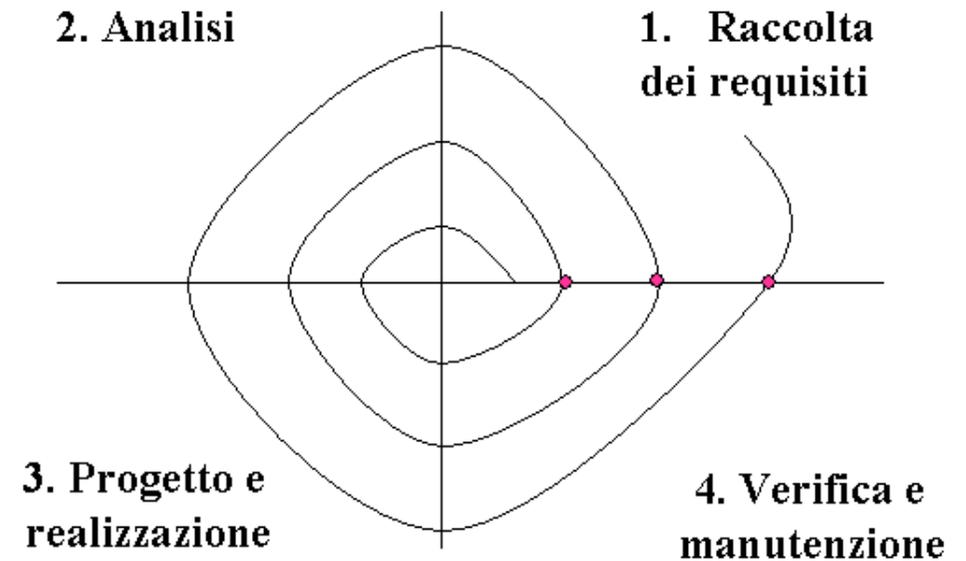
Dipartimento di Ingegneria Informatica, Automatica e Gestionale Antonio Ruberti

Sapienza Università di Roma

Le slide di questo corso sono il frutto di una rielaborazione di analogo materiale redatto da Marco Cadoli, Giuseppe De Giacomo, Maurizio Lenzerini e Domenico Lembo

Fasi del ciclo di vita del software (riassunto)

- 1 Raccolta dei requisiti
- 2 Analisi
- 3 Progetto e realizzazione
- 4 Verifica e manutenzione



Corso di "Progettazione del Software": fasi 2 e 3

Progetto e realizzazione (riassunto)

Si occupa del *come* l'applicazione dovrà realizzare le sue funzioni:

1. definire l'architettura del programma,
2. scegliere le strutture di rappresentazione,
3. produrre la documentazione,
4. scrivere il codice del programma.

Progetto: 1, 2 e 3; realizzazione: 3 e 4

Progetto: generalità

- In inglese: *design*.
- Alcune decisioni prese in questa fase dipendono dal linguaggio di programmazione scelto.
 - In questo corso, usiamo Java.
 - Le considerazioni che facciamo valgono in larga misura ($\geq 90\%$) per altri linguaggi orientati agli oggetti, ad es., C++, C#, VisualBasic.
 - È comunque possibile definire una metodologia anche per linguaggi non orientati agli oggetti, ad es., C, Pascal.

Input alla fase di progetto

È l'output della fase di analisi, ed è costituito da:

- lo **schema concettuale**, formato da:
 - diagramma delle classi e degli oggetti,
 - diagramma degli use case,
 - diagramma degli stati e delle transizioni (non considerati in questa parte del corso).
- la **specifica**:
 - una specifica per ogni classe,
 - una specifica per ogni use case.

Output della fase di progetto

È l'input della fase di realizzazione, ed è costituito da:

1. progetto di **algoritmi** per le operazioni degli use case e delle classi UML;
2. scelta delle classi UML che hanno **responsabilità** sulle associazioni;
3. scelta/progetto delle **strutture di dati**;
4. scelta della corrispondenza fra **tipi** UML e Java;
5. scelta della tecnica di gestione delle **precondizioni**;
6. scelta della **gestione delle proprietà** di una classe UML;

Considereremo ognuno di questi elementi singolarmente.

Caso di studio

- Vedremo la fase di progetto attraverso lo studio di un caso.
- Per tale caso, considereremo già fatta la fase di analisi, per cui, oltre ai requisiti, assumeremo di avere come input:
 - lo schema concettuale,
 - la specifica delle classi e degli use case.

Caso di studio: scuola elementare

Requisiti. L'applicazione da progettare riguarda le informazioni su provveditorati scolastici, scuole elementari e lavoratori scolastici. Di ogni scuola elementare interessa il nome, l'indirizzo e il provveditorato di appartenenza. Di ogni provveditorato interessa il nome e il codice attribuitogli dal Ministero. Dei lavoratori scolastici interessa la scuola elementare di cui sono dipendenti, il nome, il cognome e l'anno di vincita del concorso.

Esistono solamente tre categorie di lavoratori scolastici, che sono fra loro disgiunte: dirigenti, amministrativi e insegnanti. Dei primi interessa il tipo di laurea che hanno conseguito, dei secondi il livello (intero compreso fra 1 e 8), mentre dei terzi interessano le classi in cui insegnano, e, per ogni classe, da quale anno.

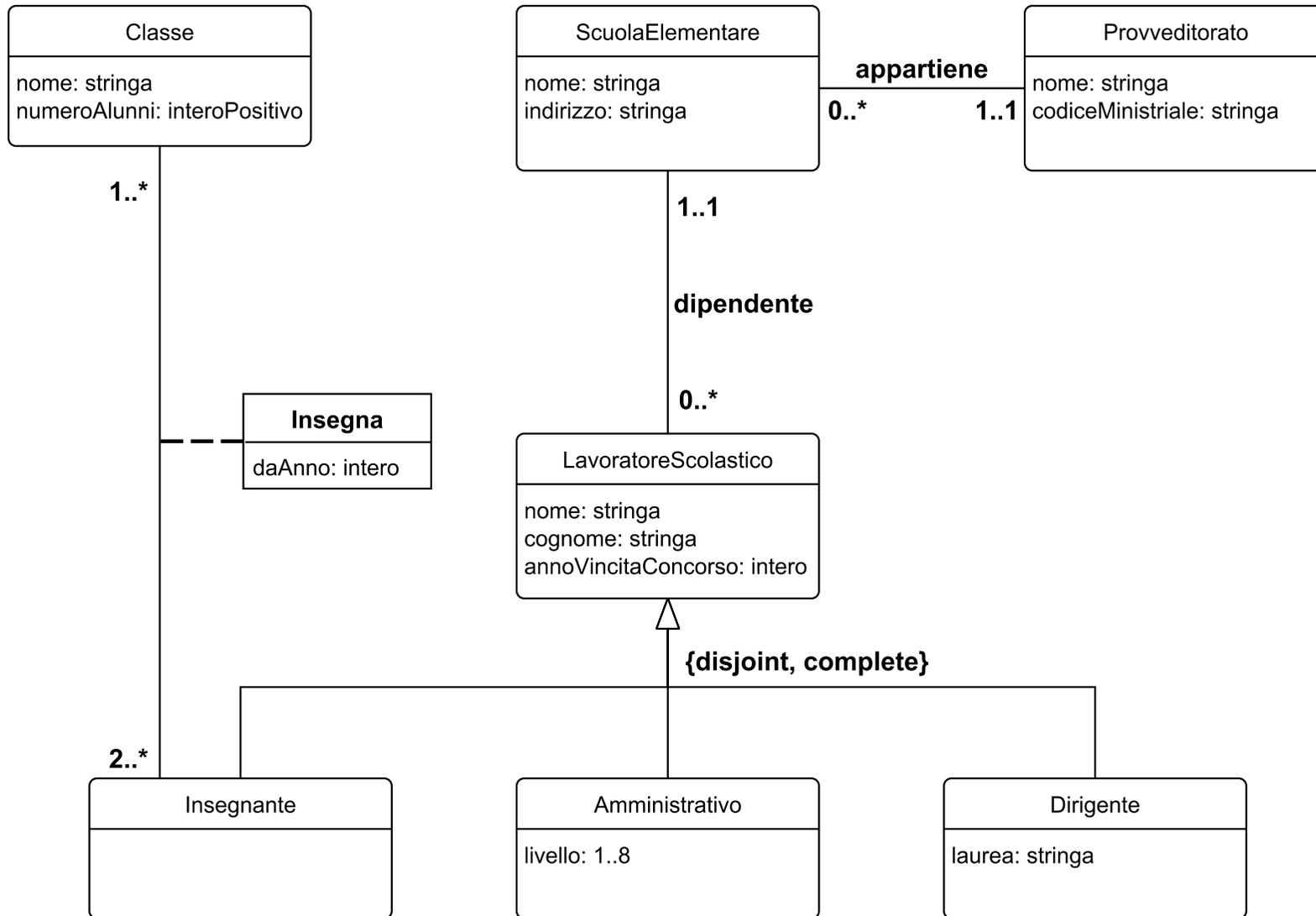
Ogni insegnante insegna in almeno una classe, e ogni classe ha almeno due insegnanti. Di ogni classe interessa il nome (ad es. "IV A") e il numero di alunni.

Caso di studio: scuola elementare (cont.)

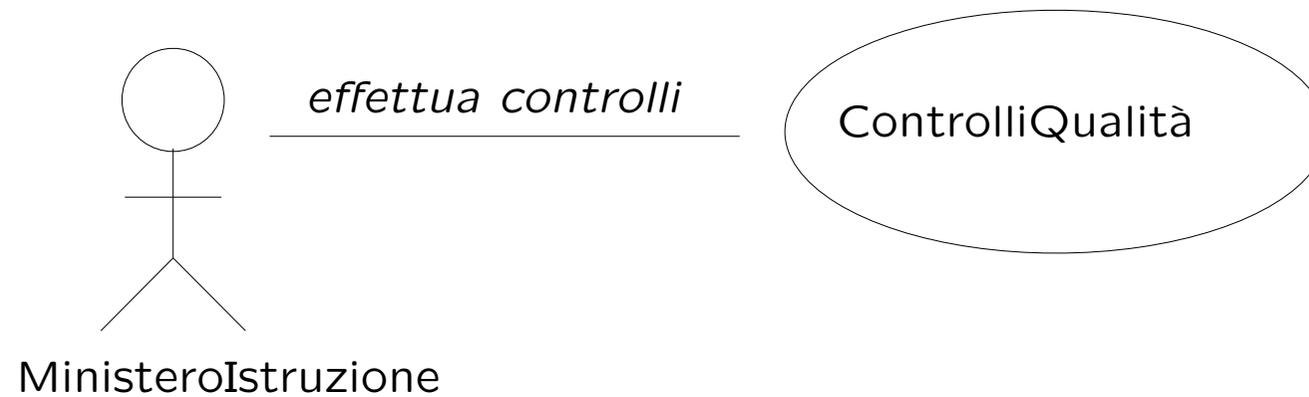
Il Ministero dell'Istruzione deve poter effettuare, come cliente della nostra applicazione, dei controlli sull'insegnamento. A questo scopo, si faccia riferimento ad uno use case che prevede le seguenti operazioni:

- data una classe e l'anno corrente, calcolare quanti insegnanti della classe hanno vinto il concorso da più di 15 anni;
- dato un insegnante, calcolare il numero totale di alunni a cui insegna;
- dato un insieme di insegnanti, calcolare il numero medio di alunni a cui insegnano.

Caso di studio: diagramma delle classi UML



Caso di studio: diagramma degli use case



Caso di studio: specifica dello use case

InizioSpecificaUseCase ControlliQualità

NumeroInsegnantiDaAggiornare (*c: Classe, a: intero*): intero

pre: nessuna

post: *result* è il numero di insegnanti di *c* la cui data di vincita del concorso è inferiore o uguale ad $a - 15$

NumeroAlunniPerDocente (*i: Insegnante*): intero

pre: nessuna

post: *result* è il numero totale di alunni a cui *i* insegna

NumeroMedioAlunniPerDocente (*ins: Insieme(Insegnante)*): reale

pre: c'è almeno un insegnante in *ins*

post: *result* è il numero medio di alunni a cui gli insegnanti di *ins* insegnano

FineSpecifica

Caso di studio: specifica formale dello use case

InizioSpecificaUseCase ControlliQualità

NumeroInsegnantiDaAggiornare ($c: Classe, a: intero$): intero

pre: true

post: definiamo Ins come l'insieme

$\{i \mid i \in Insegnante \wedge \langle i, c \rangle \in Insegna \wedge i.annoVincitaConcorso \leq a - 15\}$.

$result = card(Ins)$

NumeroAlunniPerDocente ($i: Insegnante$): intero

pre: true

post: definiamo Cl_a come l'insieme $\{c \mid c \in Classe \wedge \langle i, c \rangle \in Insegna\}$.

$result = \sum_{c \in Cl_a} c.numeroAlunni$

...

Caso di studio: specifica formale (cont.)

...

NumeroMedioAlunniPerDocente (*ins: Insieme(Insegnante)*): reale

pre: $ins \neq \emptyset$

post: $result = \frac{\sum_{i \in ins} NumeroAlunniPerDocente(i)}{card(ins)}$

FineSpecifica

Progetto: algoritmi

- L'obiettivo è fornire alla fase di realizzazione un algoritmo:
 - per ogni operazione della specifica di ogni use case,
 - per ogni operazione della specifica di ognuna delle classi UML.
- Possiamo specificare gli algoritmi in una delle maniere tradizionali:
 - attraverso *pseudocodice* (usata in questo corso);
 - attraverso *diagrammi di flusso*.

Progetto: algoritmi (cont.)

- Nella specifica di un algoritmo:
 - assumiamo che ne siano verificate le precondizioni;
 - diamo per scontate operazioni su insiemi (ad es., unione, intersezione);
 - prescindiamo dalla rappresentazione delle strutture di dati.
- Il progetto di algoritmi fornisce un criterio di **verifica** del diagramma delle classi: se non riusciamo a scrivere l'algoritmo perché non abbiamo rappresentato nel diagramma alcune informazioni necessarie, allora dobbiamo **ritornare alla fase di analisi**.

Caso di studio: algoritmi

- Per l'operazione **NumeroInsegnantiDaAggiornare** adottiamo il seguente algoritmo:

```
int result = 0;
per ogni link l di tipo insegna in cui c è coinvolto
    Insegnante i = l.insegnante;
    se (a - i.annoVincitaConcorso) > 15 allora
        result++;
return result;
```

Si noti che dato un link l, con la notazione “punto” possiamo accedere alle sue componenti (ad esempio l.insegnante indica l'oggetto istanza di insegnante che occorre nel link).

Caso di studio: algoritmi (cont.)

- Per l'operazione **NumeroAlunniPerDocente** adottiamo il seguente algoritmo:

```
int result = 0;
per ogni link l di tipo insegna in cui i è coinvolto
    Classe c = l.Classe;
    result += c.numeroAlunni;
return result;
```

Caso di studio: algoritmi (cont.)

- Per l'operazione **NumeroMedioAlunniPerDocente** adottiamo il seguente algoritmo:

```
int tot_alunni = 0;
per ogni insegnante i di ins;
    per ogni link l di tipo insegna in cui i è coinvolto
        Classe c = l.Classe;
        tot_alunni += c.numeroAlunni;
float result = tot_alunni / cardinalità(ins);
return result;
```

o, in alternativa

```
int tot_alunni = 0;
per ogni insegnante i di ins;
    tot_alunni += NumeroAlunniPerDocente(i);
float result = tot_alunni / cardinalità(ins);
return result;
```

Esercizio 1

- Considerare un ulteriore use case che prevede le seguenti operazioni:
 - dato un dirigente, calcolare quante classi ci sono nella sua scuola;
 - dato un provveditorato, verificare se è vero che tutte le scuole elementari di sua appartenenza hanno esattamente un dirigente;
 - dato un provveditorato p ed un intero m , determinare quante sono le scuole elementari di appartenenza di p che hanno almeno una classe con più di m alunni.
- Produrre la specifica dello use case e dell'algoritmo per ognuna delle sue operazioni.

Soluzione esercizio 1: specifica use case

InizioSpecificaUseCase UlterioriControlli

NumeroClassiPerDirigente (d : *Dirigente*): *intero*

pre: nessuna

post: *result* è la cardinalità dell'insieme I di classi della scuola elementare s di cui d è dipendente, per cui esiste almeno un insegnante dipendente di s che insegna in almeno una classe di I

DirigenteUnico (p : *Provveditorato*): *booleano*

pre: nessuna

post: *result* è *true* se tutte le scuole elementari che appartengono a p hanno, fra i loro dipendenti, esattamente un dirigente scolastico; è *false* altrimenti

Soluzione esercizio 1: specifica use case (cont.)

...

ScuoleAffollate (*p*: *Provveditorato*, *m*: *intero*): *intero*

pre: $m \geq 1$

post: *result* è pari al numero di scuole elementari di appartenenza di *p* che hanno fra i loro dipendenti almeno un insegnante *i* che insegna in una classe *c* tale che $c.numeroAlunni > m$

FineSpecifica

Soluzione esercizio 1: algoritmi

- Per l'operazione **NumeroClassiPerDirigente** adottiamo il seguente algoritmo:

```
sia dp1 il link di tipo dipendente in cui d è coinvolto;
ScuolaElementare s = dp1.ScuolaElementare;
// bisogna fare attenzione a contare le classi di s solo una volta
Insieme(LavoratoreScolastico) L = insieme vuoto;
per ogni link dp2 di tipo dipendente in cui s è coinvolto
    aggiungi dp2.LavoratoreScolastico a L;
Insieme(Classe) I = insieme vuoto;
per ogni LavoratoreScolastico ls di L
    se ls è un insegnante allora
        per ogni link l di tipo insegna in cui ls è coinvolto
            aggiungi l.Classe a I;
int result = cardinalità(I);
return result;
```

Soluzione esercizio 1: algoritmi (cont.)

- Per l'operazione **DirigenteUnico** adottiamo il seguente algoritmo:

```
Insieme(ScuolaElementare) S = insieme vuoto
per ogni link ap di tipo appartiene in cui p è coinvolto
    aggiungi ap.ScuolaElementare a S;
boolean result = true;
per ogni scuola elementare se di S
    int num_dirigenti = 0;
    per ogni link dp di tipo appartiene a cui se partecipa
        se dp.LavoratoreScolastico è un dirigente allora
            num_dirigenti++;
    se num_dirigenti != 1 allora
        result = false;
return result;
```

Soluzione esercizio 1: algoritmi (cont.)

- Per l'operazione **ScuoleAffollate** adottiamo il seguente algoritmo:

```
Insieme(ScuolaElementare) S = insieme vuoto;
per ogni link ap di tipo appartiene a cui p partecipa
    aggiungi p.ScuolaElementare a S;
int result = 0;
per ogni scuola elementare sc di S
    Insieme(LavoratoreScolastico) L = insieme vuoto;
    per ogni link dp di tipo dipendente a cui sc partecipa
        aggiungi dp.LavoratoreScolastico a L;
    boolean scuolaAffollata = false;
    per ogni lavoratore scolastico ls di L
        se ls è un insegnante allora
            per ogni link ins di tipo insegna a cui ls partecipa
                se ins.Classe.numeroAlunni > m allora
                    scuolaAffollata = true;
    se scuolaAffollata allora
        result+= 1;
return result;
```

Progetto: responsabilità sulle associazioni

Prima di realizzare una classe UML che è coinvolta in un'associazione, ci dobbiamo chiedere se la classe ha **responsabilità** sull'associazione.

Diciamo che **una classe C ha responsabilità sull'associazione A**, quando, per ogni oggetto x che è istanza di C vogliamo poter eseguire opportune operazioni sulle istanze di A a cui x partecipa, che hanno lo scopo di:

- **conoscere** l'istanza (o le istanze) di A alle quali x partecipa,
- **aggiungere** una nuova istanza di A alla quale x partecipa,
- **cancellare** una istanza di A alla quale x partecipa,
- **aggiornare** il valore di un attributo di una istanza di A alla quale x partecipa.

Progetto: responsabilità sulle associazioni (cont.)

Per ogni associazione A , **deve** esserci almeno una delle classi coinvolte che ha responsabilità su A .

I criteri per comprendere se una classe C ha responsabilità sull'associazione A sono i seguenti:

1. esiste una parte (ad es., una frase) nel documento dei requisiti, da cui si evince che per ogni oggetto x che è istanza di C vogliamo poter eseguire almeno una delle operazioni di “conoscere, aggiungere, cancellare, aggiornare”;
2. esiste un'operazione in uno use case per la quale non è possibile realizzare il corrispondente algoritmo senza che la classe C abbia tale responsabilità;
3. la responsabilità è logicamente implicata dai vincoli di molteplicità delle associazioni.

Caso di studio: responsabilità

Prendiamo in considerazione il **criterio 1**.

- *Di ogni scuola elementare interessa [...] il provveditorato di appartenenza.*
→ *ScuolaElementare* ha responsabilità su *appartiene*.
- *Dei lavoratori scolastici interessa la scuola elementare di cui sono dipendenti.*
→ *LavoratoreScolastico* ha responsabilità su *dipendente*.
- *[Degli insegnanti] interessano le classi in cui insegnano.*
→ *Insegnante* ha responsabilità su *insegna*.

Caso di studio: responsabilità (cont.)

Prendiamo in considerazione il **criterio 2**.

- Prendiamo in considerazione l'algoritmo dell'operazione **NumeroInsegnantiDaAggiornare**. È evidente che per la sua realizzazione è necessario che, a partire da un oggetto c che è istanza di *Classe* possiamo conoscere le istanze di *insegna* alle quali c partecipa.
→ *Classe* ha responsabilità su *insegna*.
- Prendiamo in considerazione gli algoritmi delle operazioni **NumeroAlunniPerDocente** e **NumeroMedioAlunniPerDocente**. È evidente che per la loro realizzazione è necessario che, a partire da un oggetto i che è istanza di *Insegnante* possiamo conoscere le istanze di *insegna* alle quali i partecipa.
→ *Insegnante* ha responsabilità su *insegna*.

Si noti che eravamo già a conoscenza di questa responsabilità.

Esercizio 2

Considerando gli algoritmi forniti come soluzione all'esercizio 1

Quali sono le responsabilità che si possono evincere da tali algoritmi?

Soluzione esercizio 2

Le responsabilità che si evincono dagli algoritmi sono le seguenti:

- **NumeroClassiPerDirigente.**
 - *LavoratoreScolastico* su *dipendente*.
 - *ScuolaElementare* su *dipendente*.
 - *Insegnante* su *insegna*.
- **DirigenteUnico.**
 - *Provveditorato* su *appartiene*.
 - *ScuolaElementare* su *dipendente*.

Soluzione esercizio 2 (cont.)

- **ScuoleAffollate.**
 - *Provveditorato* su *appartiene*.
 - *ScuolaElementare* su *dipendente*.
 - *Insegnante* su *insegna*.

Molteplicità e responsabilità

- L'esistenza di alcuni vincoli di molteplicità di associazione ha come conseguenza l'esistenza di responsabilità su tali associazioni.
- In particolare, quando una classe C partecipa ad un'associazione A con un vincolo di:
 1. molteplicità massima finita, oppure
 2. molteplicità minima diversa da zero,la classe C **ha necessariamente responsabilità su A .**
- Il motivo risiede nella necessità di poter interrogare gli oggetti della classe C sul numero di link di tipo A a cui partecipano, al fine di verificare il soddisfacimento del vincolo di molteplicità.

Caso di studio: responsabilità (cont.)

Prendiamo in considerazione il **criterio 3**.

- Esiste un vincolo di molteplicità minima diversa da zero (2..*) nell'associazione *insegna*.
→ *Classe* ha responsabilità su *insegna*.

Si noti che eravamo già a conoscenza di questa responsabilità.

- Anche tutte le altre responsabilità determinate in precedenza possono essere evinte utilizzando questo criterio.

Caso di studio: tabella delle responsabilità

Possiamo riassumere il risultato delle considerazioni precedenti (non considerando gli esercizi 1 e 2) nella seguente *tabella delle responsabilità*.

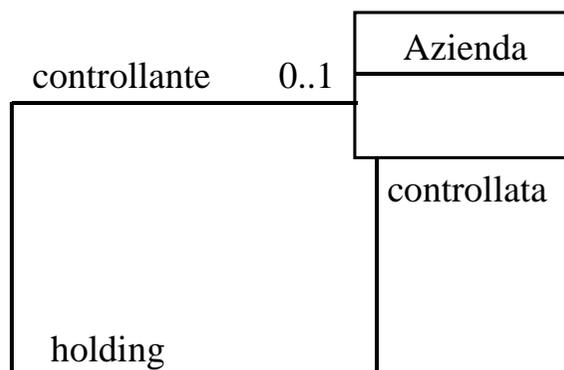
Associazione	Classe	ha resp.
<i>insegna</i>	<i>Classe</i> <i>Insegnante</i>	$\text{SÌ}^{2,3}$ $\text{SÌ}^{1,2,3}$
<i>dipendente</i>	<i>ScuolaElementare</i> <i>LavoratoreScolastico</i>	NO $\text{SÌ}^{1,3}$
<i>appartiene</i>	<i>ScuolaElementare</i> <i>Provveditorato</i>	$\text{SÌ}^{1,3}$ NO

1. dai requisiti
2. dagli algoritmi
3. dai vincoli di molteplicità

Criterio di **verifica**: per ogni associazione deve esserci almeno un “SÌ”.

Responsabilità dei ruoli

Quanto detto vale anche per il caso in cui l'associazione coinvolga più volte la stessa classe. In questo caso il concetto di responsabilità si attribuisce **ai ruoli**, piuttosto che alle classi.



Ad esempio, la classe *Azienda* potrebbe avere la responsabilità sull'associazione *holding*, solo nel ruolo *controllata*. Questo significa che, dato un oggetto x della classe *Azienda*, vogliamo poter eseguire operazioni su x per conoscere l'eventuale azienda controllante, per aggiornare l'azienda controllante, ecc.

Scelta delle strutture di dati

- Prendendo in considerazione:
 - il diagramma delle classi,
 - la tabella delle responsabilità,
 - gli argomenti delle operazioni e i loro valori restituiti;
 - gli algoritmi in pseudocodice,

è possibile determinare se si avrà bisogno di **strutture** per la rappresentazione **dei dati** della nostra applicazione.

Scelta delle strutture di dati (cont.)

- Facendo riferimento allo caso di studio, notiamo che:
 - poiché la classe *Insegnante* ha responsabilità sulla associazione *insegna*, la cui molteplicità è 1..*, per la realizzazione di quest'ultima avremo bisogno di rappresentare *insiemi di link*;
 - lo stesso si può dire prendendo in considerazione la classe *Classe*;
 - per rappresentare l'input dell'operazione *NumeroMedioAlunniPerDocente* avremo bisogno di un opportuno insieme di insegnanti.

Scelta delle strutture di dati (cont.)

- In generale, emerge la necessità di rappresentare *collezioni omogenee* di oggetti.
- Per fare ciò, utilizzeremo il *collection framework* di Java SE 6, che, attraverso l'uso dei *generics* permette di realizzare collezioni omogenee, in particolare:
 - `Set<Elem>`, `HashSet<Elem>`, ,
 - `List<Elem>`, `LinkedList<Elem>`, ,
- Ulteriori strutture di dati verranno studiate nel corso di *Algoritmi e strutture di dati*.

Corrispondenza fra tipi UML e Java

- Prendendo in considerazione:

- il diagramma delle classi,
- la specifica degli use case e delle classi,
- la scelta delle strutture di dati,
- gli algoritmi in pseudocodice,

è possibile compilare una lista dei **tipi** UML per i quali dobbiamo decidere la rappresentazione in Java.

- In generale, per la rappresentazione è opportuno scegliere un tipo base Java (`int`, `float`, ...) o una classe Java di libreria (`String`, ...) ogni volta ci sia una chiara corrispondenza con il tipo UML.

Tabella di corrispondenza tipi UML e Java

Considerando il nostro caso di studio...

...possiamo riassumere il risultato delle nostre scelte nella seguente *tabella di corrispondenza dei tipi UML*.

Tipo UML	Rappresentazione in Java
intero	int
interoPositivo	int
1..8	int
reale	double
stringa	String
Insieme	Set

Corrispondenza fra tipi UML e Java (cont.)

Per due casi servono ulteriori considerazioni:

1. quando il tipo UML è necessario per un attributo di classe con una sua molteplicità (ad es., *NumeroTelefonico: Stringa {0..*}*);
2. quando non esiste in Java un tipo base o una classe predefinita che corrisponda chiaramente al tipo dell'attributo UML (ad es., *Indirizzo*).

Ulteriori considerazioni: caso 1

In questo caso, coerentemente con la scelta precedente relativa alle strutture di dati, scegliamo di rappresentare l'attributo mediante una classe Java per *collezioni omogenee* di oggetti, come `Set`.

Va notato che tali classi non consentono la rappresentazione di insiemi di valori di tipi base (`int`, `float`, etc.), ma **solamente di oggetti**.

Di conseguenza, per la rappresentazione dei valori atomici dobbiamo utilizzare classi Java di libreria, quali `Integer`, `Float`, etc.

Ad esempio, per rappresentare un ipotetico attributo *AnniVincitaConcorsi: intero {0..*}*, useremo un oggetto costruito mediante un'espressione come:

```
HashSet<Integer> s = new HashSet<Integer>();
```

Ulteriori considerazioni: caso 2

- Per quanto riguarda la realizzazione di tipi UML tramite classi Java, notiamo che, dal punto di vista formale, il tipo UML andrebbe specificato ulteriormente tramite le *operazioni* previste per esso.
- In questo corso, affrontiamo questo aspetto in una maniera *intuitiva e non formale*, descrivendo in linguaggio naturale le operazioni.
- L'approccio seguito è simile a quello della realizzazione di *classi* UML (per maggiori dettagli rimandiamo quindi alla successiva parte del corso: "*La fase di realizzazione*"), con alcune regole da seguire per le funzioni speciali:

`toString()`: si può prevedere di farne overriding, per avere una rappresentazione testuale dell'oggetto.

Ulteriori considerazioni: caso 2 (cont.)

`equals()`: è **necessario** fare overriding della funzione `equals()` ereditata dalla classe `Object`.

Infatti due valori sono uguali solo se sono lo stesso valore, e quindi il comportamento di default della funzione `equals()` non è corretto.

`hashCode()`: è **necessario** fare overriding della funzione `hashCode()` ereditata dalla classe `Object`.

Infatti in Java deve sempre valere il principio secondo il quale *se due oggetti sono uguali secondo `equals()` allora questi devono avere lo stesso codice di hash secondo `hashCode()`*. Quindi poiché ridefiniamo `equals()` dobbiamo anche ridefinire coerentemente a detto principio `hashCode()`.

Ulteriori considerazioni: caso 2 (cont.)

`clone()`: ci sono due possibilità:

1. Nessuna funzione della classe Java effettua side-effect. In questo caso, `clone()` non si ridefinisce (gli oggetti sono *immutabili*).
2. Qualche funzione della classe Java effettua side-effect. In questo caso, poiché i moduli clienti hanno tipicamente la necessità di copiare valori (ad esempio, se sono argomenti di funzioni) **si mette a disposizione la possibilità di copiare un oggetto**, rendendo disponibile la funzione `clone()` (facendo overriding della funzione `protected` ereditata da `Object`).

Realizzazione di tipi UML

A titolo di esempio, vediamo la realizzazione del tipo UML *Data*, inteso come aggregato di un giorno, un mese ed un anno validi secondo il calendario gregoriano, e per cui le operazioni previste sono:

- selezione del giorno, del mese e dell'anno;
- verifica se una data sia precedente ad un'altra;
- avanzamento di un giorno.

Realizziamo il tipo UML *Data* mediante la classe Java `Data`, rappresentando il giorno, il mese e l'anno come campi dati `private` di tipo `int`.

Scegliamo di realizzare l'operazione di avanzamento di un giorno mediante una funzione Java che fa side-effect sull'oggetto di invocazione.

Esempio: la classe Java Data (1/4)

```
// File Tipi/Data.java
public class Data implements Cloneable {
// SERVE LA RIDEFINIZIONE DI clone(), in quanto una funzione fa side-effect

// CAMPI DATI
    private int giorno, mese, anno;

//costruttori
    public Data() {
        giorno = 1;
        mese = 1;
        anno = 2000;
    }

    public Data(int a, int me, int g) {
        giorno = g;
        mese = me;
        anno = a;
        if (!valida()) {
            giorno = 1;
            mese = 1;
            anno = 2000;
        }
    }
}
```

Esempio: la classe Java Data (2/4)

```
public int giorno() { return giorno; }
public int mese() { return mese; }
public int anno() { return anno; }

public boolean prima(Data d) {
    return ((anno < d.anno)
        || (anno == d.anno && mese < d.mese)
        || (anno == d.anno && mese == d.mese && giorno < d.giorno));
}

public void avanzaUnGiorno() {
    // FA SIDE-EFFECT SULL'OGGETTO DI INVOCAZIONE
    if (giorno == giorniDelMese())
        if (mese == 12) {
            giorno = 1;
            mese = 1;
            anno++;
        }
        else {
            giorno = 1;
            mese++;
        }
    else
        giorno++;
}
```


Esempio: la classe Java Data (4/4)

```
// FUNZIONI DI SERVIZIO
private int giorniDelMese() {
    if(mese==2)
        if(bisestile()) return 29;
        else return 28;
    else if(mese == 4 || mese == 6 || mese == 9 || mese == 11)
        return 30;
    else return 31;
}

private boolean bisestile() {
    return ((anno % 4 == 0) && (anno % 100 != 0))
        || (anno % 400 == 0);
}

private boolean valida() {
    return anno > 0 && anno < 3000
        && mese > 0 && mese < 13
        && giorno > 0 && giorno <= giorniDelMese();
}
}
```

Esercizio 3

È possibile realizzare l'operazione di avanzamento di un giorno **senza fare side-effect** sull'oggetto di invocazione, ovvero nella cosiddetta maniera *funzionale*.

Ad esempio, ciò è possibile prevedendo un metodo Java pubblico con la seguente dichiarazione.

```
public static Data unGiornoDopo(Data d) {  
    // NON FA SIDE-EFFECT  
    // ...  
}
```

Si noti che la funzione è statica e riceve l'input tramite il suo argomento, e non tramite l'oggetto di invocazione.

Realizzare la funzione Java `unGiornoDopo()` in maniera che restituisca il giorno successivo al suo argomento, senza modificare quest'ultimo.

Soluzione esercizio 3

Gestione delle precondizioni

- Nella fase precedente è possibile che sia stato scelto un tipo o classe Java *semanticamente più esteso* del corrispondente tipo UML, ovvero che ha dei valori **non ammessi** per quest'ultimo.

Ad esempio, abbiamo scelto il tipo Java `int` per la rappresentazione dell'attributo *livello: 1..8* della classe *Amministrativo*.

- Una situazione simile si ha quando un'operazione di una classe o di uno use case ha **precondizioni**.

Ad esempio, l'operazione *NumeroMedioAlunniPerDocente* dello use case ha la precondizione che il suo argomento non sia l'insieme vuoto.

Gestione delle precondizioni (cont.)

- In tali casi si pone il problema di assicurare che i valori usati nei parametri attuali di varie funzioni Java siano coerenti con i valori ammessi per il tipo UML, ad esempio:
 - che il parametro attuale del costruttore della classe Java `Amministrativo` sia compreso fra 1 e 8,
 - che il parametro attuale della funzione Java che realizza l'operazione `NumeroMedioAlunniPerDocente` non sia l'insieme vuoto.
- Vedremo due possibili approcci alla soluzione di questo problema.

Verifica nel lato client

Con il primo approccio è sempre **il cliente** a doversi preoccupare che siano verificate le condizioni di ammissibilità.

Come esempio, facciamo riferimento alla classe Java `Amministrativo` per il caso di studio (maggiori dettagli nella parte successiva del corso) e ad un suo potenziale cliente che ha la necessità di creare un oggetto.

```
// File Precondizioni/LatoClient/Amministrativo.java
public class Amministrativo {
    private int livello;
    public Amministrativo(int l) { livello = l; }
    public int getLivello() { return livello; }
    public void setLivello(int l) { livello = l; }
    public String toString() {
        return " (livello = " + livello + ")";
    }
}
```

Verifica nel lato client (cont.)

Il metodo main.

```
// File Precondizioni/LatoClient/ClientAmministrativo.java
public class ClientAmministrativo {
    public static void main(String[] args) {
        Amministrativo giovanni = null;
        boolean ok = false;
        while (!ok) {
            System.out.println("Inserisci livello");
            int livello = InOut.readInt();
            if (livello >= 1 && livello <= 8) { // CONTROLLO PRECONDIZIONI
                giovanni = new Amministrativo(livello);
                ok = true;
            }
        }
        System.out.println(giovanni);
    }
}
```

Problemi dell'approccio lato client

Con tale approccio, il cliente ha bisogno di un certo grado di conoscenza dei meccanismi di funzionamento della classe, il che potrebbe causare un **aumento dell'accoppiamento**.

Inoltre, il controllo delle precondizioni verrà duplicato in ognuno dei clienti, con **indebolimento dell'estendibilità e della modularità**.

Per questo motivo, un altro approccio tipico prevede che sia la classe a doversi preoccupare della verifica delle condizioni di ammissibilità (si tratta, in altre parole, di un approccio **lato server**).

In tale approccio, le funzioni della classe lanceranno un'eccezione nel caso in cui le condizioni non siano rispettate. Il cliente intercetterà tali eccezioni, e intraprenderà le opportune azioni.

Verifica nel lato server

In questo approccio, quindi:

- Va definita un'opportuna classe (derivata da `Exception`) che rappresenta le eccezioni sulle precondizioni. La classe tipicamente farà overriding di `toString()`, per poter stampare un opportuno messaggio.
- Nella classe server, le funzioni devono lanciare (mediante il costrutto `throw`) eccezioni nel caso in cui le condizioni di ammissibilità non siano verificate.
- La classe client deve intercettare mediante il costrutto `try catch` (o rilanciare) l'eccezione, e prendere gli opportuni provvedimenti.

Verifica nel lato server: esempio (1/3)

Definizione di una eccezione di violazione precondizione:

```
// File Precondizioni/LatoServer/EccezionePrecondizioni.java
public class EccezionePrecondizioni extends Exception {
    private String messaggio;
    public EccezionePrecondizioni(String m) {
        messaggio = m;
    }
    public EccezionePrecondizioni() {
        messaggio = "Si e' verificata una violazione delle precondizioni";
    }
    public String toString() {
        return messaggio;
    }
}
```

Verifica nel lato server: esempio (2/3)

```
// File Precondizioni/LatoServer/Amministrativo.java
public class Amministrativo {
    private int livello;
    public Amministrativo(int l) throws EccezionePrecondizioni {
        if (l < 1 || l > 8) // CONTROLLO PRECONDIZIONI
            throw new EccezionePrecondizioni("Il livello deve essere compreso fra 1 e 8");
        livello = l;
    }
    public int getLivello() { return livello; }
    public void setLivello(int l) throws EccezionePrecondizioni {
        if (l < 1 || l > 8) // CONTROLLO PRECONDIZIONI
            throw new EccezionePrecondizioni("Il livello deve essere compreso fra 1 e 8");
        livello = l;
    }
    public String toString() {
        return " (livello = " + livello + ")";
    }
}
```

Verifica nel lato server: esempio (3/3)

```
// File Precondizioni/LatoServer/ClientAmministrativo.java
public class ClientAmministrativo {
    public static void main(String[] args) {
        Amministrativo giovanni = null;
        boolean ok = false;
        while (!ok) {
            System.out.println("Inserisci livello");
            int livello = InOut.readInt();
            try {
                giovanni = new Amministrativo(livello);
                ok = true;
            }
            catch (EccezionePrecondizioni e) {
                System.out.println(e);
            }
        }
        System.out.println(giovanni);
    }
}
```

Verifica precondizioni

- Riassumendo, per la verifica della coerenza dei parametri attuali delle funzioni Java nel contesto di:
 - precondizioni delle operazioni di classe UML o di use case,
 - tipi UML rappresentati con tipi Java che hanno valori non ammessi,in fase di progetto dobbiamo scegliere l'approccio lato client oppure quello lato server.
- Fatta salva la migliore qualità (come evidenziato in precedenza) dell'approccio lato server, in alcuni casi, **per pure esigenze di compattezza del codice mostrato**, nella quinta parte del corso adotteremo l'approccio lato client.

Gestione delle proprietà di classi UML

- In generale le proprietà (attributi e associazioni) di un oggetto UML evolvono in maniera arbitraria durante il suo ciclo di vita.
- Esistono però alcuni casi particolari che vanno presi in considerazione nella fase di progetto.

Definiamo una proprietà:

- **non nota alla nascita**, se non è completamente specificata nel momento in cui nasce l'oggetto;
- **immutabile**, se, una volta che è stata specificata, rimane la stessa per tutto il ciclo di vita dell'oggetto.

Gestione delle proprietà di classi UML (cont.)

Alcuni esempi relativi al caso di studio:

proprietà immutabile: attributo *nome* della classe UML *LavoratoreScolastico*;

proprietà mutabile: associazione *insegna* nel ruolo di *Insegnante*;

proprietà non nota alla nascita: associazione *dipendente* nel ruolo di *ScuolaElementare*;

proprietà nota alla nascita: associazione *appartiene* nel ruolo di *ScuolaElementare*.

Assunzioni di default

Distinguiamo innanzitutto fra:

- proprietà **singole**, ovvero attributi (di classe o di associazione) e associazioni (o meglio, ruoli) con molteplicità 1..1;
- proprietà **multiple**, tutte le altre.

Le nostre assunzioni di default, ovvero che valgono in assenza di ulteriori elementi, sono le seguenti:

- tutte le proprietà sono **mutabili**;
- le proprietà singole sono **note alla nascita** (anche se vedremo nella parte sulla fase di realizzazione che i ruoli con molteplicità 1..1 saranno implementati in modo semplificato);
- le proprietà multiple **non sono note alla nascita**.

Tabelle di gestione delle proprietà di classi UML

Ovviamente, in presenza di motivi validi, possiamo operare scelte diverse da quelle di default.

Riassumeremo tutte le nostre scelte **differenti da quelle di default** mediante la *tabella delle proprietà immutabili* e la *tabella delle assunzioni sulla nascita*.

Mostriamo le tabelle per il caso di studio.

Classe UML	Proprietà immutabile
<i>Provveditorato</i>	<i>nome</i>
<i>LavoratoreScolastico</i>	<i>nome</i>
	<i>cognome</i>
	<i>annoVincitaConcorso</i>
<i>Dirigente</i>	<i>laurea</i>
<i>ScuolaElementare</i>	<i>appartiene</i>

Classe UML	Proprietà	
	nota alla nascita	non nota alla nascita
<i>LavoratoreScolastico</i>	–	<i>dipendente</i>

Sequenza di nascita degli oggetti

Sono necessari alcuni commenti sulla seconda tabella appena mostrata.

- In generale, non possiamo dire nulla sull'*ordine* in cui gli oggetti nascono. Ad esempio, facendo riferimento al caso di studio, non sappiamo se nasceranno prima gli oggetti di classe *Insegnante* o quelli di classe *Classe*.
- L'assunzione che quando nasce un oggetto Java corrispondente ad una scuola elementare sia noto il suo provveditorato di appartenenza è ragionevole poiché le responsabilità su *appartiene* è *singola*, e la molteplicità è 1..1. Questa assunzione implica che nascano prima i provveditorati delle scuole elementari.
- Viceversa, quando nasce un oggetto Java corrispondente ad un lavoratore scolastico non assumiamo che sia nota la scuola elementare di cui è dipendente.

Valori alla nascita

Per tutte le proprietà che sono note alla nascita potremmo chiederci se per esse esiste un valore di default (valido per tutti gli oggetti) oppure no.

Ad esempio:

- l'attributo *nome* della classe UML *LavoratoreScolastico* è noto alla nascita dell'oggetto, ed è in generale diverso per oggetti distinti;
- nell'ipotesi di aggiungere alla classe *LavoratoreScolastico* l'attributo intero *noteDiDemerito*, potremmo assumere che sia noto alla nascita, che il valore iniziale sia 0 per tutti gli oggetti, e che sia mutabile.

Queste informazioni potrebbero essere rappresentate mediante un'opportuna tabella.

Riassunto fase di progetto

Riassumendo, la fase di progetto prevede varie scelte e richiede come output vari elementi, riportati nella seguente tabella.

	Elemento fase di progetto	Rappresentato con
1	algoritmi per le operazioni	algoritmi in pseudocodice
2	responsabilità sulle associazioni	tabella delle responsabilità
3	strutture di dati	API classi Java
4	rappresentazione tipi UML	tabella corrispondenza tipi UML
		classi Java per tipi nuovi
5	gestione precondizioni	classi Java per eccezioni (se la verifica è lato server)
6	gestione delle proprietà	tabella proprietà immutabili
		tabella delle assunzioni sulla nascita

UML e fase di progetto

- A titolo di completezza, si fa notare che in alcuni testi viene proposto UML come linguaggio grafico **anche per la fase di progetto**. Ad esempio:
 - è possibile rappresentare algoritmi mediante i cosiddetti *diagrammi delle attività*;
 - è possibile rappresentare le responsabilità sulle associazioni con opportuni arricchimenti del diagramma delle classi;
- Per semplicità, in questo corso ci limitiamo ad usare UML per la sola fase di analisi.