

## 3.4 L'analisi dei requisiti

In questa sezione e nella successiva presentiamo le caratteristiche principali delle fasi di analisi dei requisiti e di progettazione concettuale, per dare dei suggerimenti su come procedere nella definizione dello schema concettuale di una base di dati. L'attenzione sarà sostanzialmente rivolta agli aspetti strutturali (progettazione dei dati) con cenni agli aspetti dinamici (progettazione delle procedure). Infine, non verranno prese in considerazione le fasi di progettazione logica e fisica, perché una trattazione di una metodologia completa esula dai fini di questo testo; per approfondire l'argomento si rinvia alla letteratura segnalata nelle note bibliografiche.

### 3.4.1 Scopo dell'analisi dei requisiti

L'analisi dei requisiti presuppone un adeguato studio preliminare dell'organizzazione, e delle sue finalità, che abbia valutato i seguenti aspetti:

1. gli *obiettivi* del sistema informatico da realizzare;
2. le *attività* dell'organizzazione che devono essere supportate dal sistema informatico;
3. le *unità organizzative* (settori o aree funzionali) che utilizzeranno il sistema informatico;
4. il *piano di sviluppo* del sistema informatico, ed uno *studio di fattibilità* che abbia stimato i costi e i tempi di tale piano di sviluppo, per verificarne l'effettiva convenienza.

Il risultato di questo studio preliminare riguarda pertanto scelte fondamentali dell'organizzazione e del suo modo di funzionare, presumibilmente invarianti nel medio termine, dalle quali non si può prescindere nell'affrontare l'analisi dei requisiti. Con questo studio, inoltre, vengono già individuati, ad un massimo livello di astrazione, i bisogni informativi, le procedure di interesse e le loro interazioni con i settori dell'organizzazione.

L'analisi dei requisiti raffina i risultati dello studio preliminare specificando in maniera più precisa ciò che l'organizzazione, ed i vari settori che la compongono, si aspetta dal sistema informatico in corso di progettazione, arrivando a delineare in particolare la struttura delle informazioni da trattare e le procedure che dovranno essere realizzate.

Il risultato della fase di analisi dei requisiti consiste in una serie di documenti che specificano:

- Le informazioni scambiate o condivise tra i settori, fissando il significato dei termini. Molto spesso, infatti, passando da un settore ad un altro, lo stesso termine è usato con significati diversi (omonimi) oppure termini diversi denotano la stessa cosa (sinonimi).
- La struttura della conoscenza concreta e astratta.

- La conoscenza procedurale, ponendo l'attenzione sui servizi che il sistema deve offrire ai suoi utenti per definire cosa devono fare le operazioni, piuttosto che come lo fanno, e sulle loro modalità di attivazione.
- Aspetti quantitativi riguardanti la struttura della base di dati e le modalità d'uso dei dati.
- Fatti riguardanti il grado di privacy e di sicurezza da prevedere sui dati.

Il risultato della fase di analisi dei requisiti può essere dato in modi diversi, i quali possono anche coesistere: (a) informalmente, con linguaggio naturale ristretto, (b) con opportune tabelle integrate da rappresentazioni diagrammatiche o (c) con un linguaggio formale non eseguibile. Altre differenze fra le varie proposte riguardano i meccanismi di astrazione su cui si basa il linguaggio di specifica per trattare gli aspetti strutturali e dinamici.

### 3.4.2 Come procedere

La fase di analisi dei requisiti richiede un forte impegno e una notevole esperienza da parte del progettista. Egli acquisisce familiarità con il funzionamento dell'organizzazione utilizzando fonti diverse: interviste agli utenti, analisi di documenti esistenti (modulistica, archivi cartacei, ordini di servizio, schemi dei dati di realizzazioni già operative). Le informazioni sono di solito raccolte svolgendo due tipi di attività che in linea di principio possono procedere in parallelo, ma che spesso si intrecciano e si influenzano a vicenda: *l'analisi dei dati* e *l'analisi funzionale*.

Con l'analisi dei dati, il progettista si dedica inizialmente alla comprensione e alla specifica degli aspetti strutturali, in particolare di quei fatti da memorizzare nella base di dati, cercando di darne una descrizione indipendente da come essi vengono utilizzati dalle operazioni. Successivamente si specificano le operazioni controllando che siano eseguibili con le informazioni disponibili.

Con l'analisi funzionale il progettista specifica inizialmente le operazioni delle applicazioni per ricavare, poi, una descrizione delle informazioni necessarie per eseguirle.

Come già detto in precedenza, l'analisi dei dati e l'analisi funzionale possono essere eseguite in qualunque ordine, purché si effettui, alla fine, un controllo di coerenza tra i risultati delle due fasi; in pratica, risulta conveniente effettuare queste due analisi con un certo grado di parallelismo, tenendo presenti i risultati intermedi dell'una mentre si esegue l'altra.

Sono stati proposti vari strumenti automatici, spesso integrati in ambienti CASE, per agevolare il trattamento e la gestione memorizzazione e l'aggiornamento delle varie forme di specifiche, per segnalare incompletezze e inconsistenze, per generare come documentazione opportune tabelle riassuntive e di incroci.

Nel seguito si mostra un esempio di metodologia di analisi dei requisiti, focalizzata sull'analisi dei dati. La metodologia è descritta informalmente ed esemplificata attraverso l'analisi di un'applicazione per la gestione degli studenti di un'università.

Per ogni settore aziendale si procede con i seguenti passi:

1. Si analizza il sistema informativo esistente raccogliendo una prima versione dei requisiti, espressa in linguaggio naturale.

2. Si rivedono i requisiti espressi in linguaggio naturale, per eliminare ambiguità, imprecisioni e disuniformità linguistiche.
3. Si raggruppano le frasi relative a categorie diverse di dati, vincoli e operazioni.
4. Si costruisce un glossario dei termini (questo passo viene in realtà eseguito contemporaneamente ai due precedenti).
5. Si definisce uno schema preliminare di settore, detto *schema scheletro*, con il quale si individuano ad un primo livello di dettaglio le classi e le associazioni fra le classi più significative.
6. Si specificano le operazioni degli utenti.
7. Si verifica la completezza (tutti gli aspetti dei requisiti sono stati presi in considerazione) e consistenza (tutti i concetti usati nella specifica sono stati definiti, in particolare le operazioni fanno riferimento a dati definiti e i dati definiti sono usati dalle operazioni).

### 3.4.3 Un esempio di analisi dei requisiti

Immaginiamo di voler progettare una base di dati per la gestione della segreteria studenti di un Corso di Laurea in Informatica, e di effettuare l'analisi dei requisiti relativamente al settore che si occupa delle richieste di trasferimento al Corso di Laurea, occupandoci in particolare di quelle informazioni che servono alla progettazione della struttura dei dati.

#### **Analisi del sistema informativo esistente e raccolta di una versione dei requisiti in linguaggio naturale (passo 1)**

L'analisi del sistema informativo esistente permette al progettista di acquisire familiarità con i compiti svolti nei settori interessati all'automazione delle applicazioni, interagendo con gli utenti dei diversi livelli gerarchici per comprendere le loro esigenze e per far comprendere come potrà essere influenzato il loro lavoro. Il coinvolgimento degli utenti è importante per avere la loro collaborazione nella raccolta dei requisiti, perché imprecisioni in questa fase avranno notevoli ripercussioni sul costo complessivo della realizzazione.

Nel nostro esempio, intervistando il personale, si è ottenuta la seguente descrizione delle informazioni da gestire e dei servizi da prevedere.

*Questa segreteria si occupa della gestione di alcune pratiche relative agli studenti del Corso di Laurea in Informatica. In particolare, noi gestiamo le richieste di trasferimento di studenti che provengono da altri Corsi di Laurea. Quando uno studente desidera trasferirsi da noi, presenta domanda al Dipartimento di appartenenza, che la trasmette al nostro Dipartimento, che poi la trasmette a questa segreteria. La segreteria apre una pratica e trasmette la domanda alla commissione Pratiche Studenti del Consiglio del Corso di Studio (CCS) che prepara una bozza di delibera, nella quale si specificano quali esami vengono riconosciuti allo studente, eventualmente con un colloquio integrativo. Nel convalidare gli esami, si tiene conto del modo in cui esami analoghi sono stati convalidati in passato. Normalmente, cerchiamo di trattare nello stesso modo esami con lo stesso nome fatti nello stesso Dipartimento, ma possono esserci*

delle eccezioni quando i contenuti sono diversi. Per ciò che riguarda le informazioni da trattare, una domanda di trasferimento ha un numero di protocollo, e contiene il nome e il recapito dello studente che la presenta, il Corso di Laurea di provenienza, la data di presentazione, e l'elenco degli esami esterni superati. Il numero di protocollo è assegnato da noi ed è diverso da pratica a pratica. Per ogni domanda di trasferimento viene creata una pratica di trasferimento, che ha un proprio numero d'ordine e che contiene la domanda di trasferimento ed eventuali nostre annotazioni, e conterrà poi la delibera relativa. Una bozza di delibera specifica come sono convalidati gli esami dello studente, e può contenere delle annotazioni. Una delibera approvata contiene anche il numero e la data del verbale del CCS che ha approvato tale delibera. Un esame da convalidare è caratterizzato da un'Università, un Dipartimento, un Corso di Laurea, un Nome, un Anno Accademico. L'Università, il Dipartimento e il Corso di Laurea dove l'esame è stato superato non coincidono necessariamente con l'Università di provenienza, il Dipartimento di provenienza e il Corso di Laurea di provenienza della domanda a cui l'esame esterno appartiene. Gli esami interni hanno un nome e un codice univoco. Quando un esame esterno è convalidato per un esame interno, la convalida può essere "piena" o "previo colloquio". Per alcuni esami esterni esiste una "convalida tipica". Ad esempio, la convalida tipica dell'esame di Fisica I a Ingegneria Elettronica, Dipartimento di Ingegneria, è "Fisica Generale". La convalida tipica sarebbe utile per la preparazione automatica della bozza di delibera. La convalida tipica può essere "previo colloquio". Non sempre un esame dato da uno studente è convalidato secondo la sua convalida tipica.

Siamo interessati ad un sistema che permetta di memorizzare tutte le informazioni relative alle pratiche di trasferimento che vengono via via sbrigate. Questo sistema dovrebbe essere anche in grado di preparare una bozza di verbale a partire dall'elenco degli esami allegato ad una domanda di trasferimento, lasciando però alla segreteria la possibilità di intervenire per modificare i riconoscimenti proposti dal sistema.

Per ottenere la specifica dei requisiti, questa descrizione va rielaborata per eliminare le informazioni non rilevanti, aggiungere quelle mancanti, eliminare sinonimie (termini diversi che indicano la stessa cosa), omonimie (termini uguali che indicano cose diverse) ed ambiguità. Inoltre, è bene che la specifica dei requisiti sia scritta utilizzando frasi con una struttura il più possibile elementare ed omogenea, come nell'esempio che segue.

### **Revisione dei requisiti e raggruppamento delle frasi (passi 2 e 3)**

La revisione dei requisiti produce la seguente specifica.

**Frase di carattere generale** Si vogliono gestire informazioni relative a domande di trasferimento ed alla corrispondenza tra corsi esterni e corsi interni.

**Frase relative alle domande di trasferimento** Di una domanda di trasferimento interessano: il numero di protocollo, che la identifica, il nome e il recapito dello studente che la presenta, l'Università di provenienza, il Dipartimento di provenienza, il Corso di Laurea di provenienza, la data di presentazione, l'elenco dei corsi esterni per i quali è stato superato l'esame.

**Fraasi relative alle pratiche di trasferimento** Di una pratica di trasferimento interessano: la domanda di trasferimento cui si riferisce, il numero progressivo che la identifica, le eventuali annotazioni e l'eventuale delibera relativa.

**Fraasi relative alle delibere** Di una delibera interessa: la pratica relativa, l'insieme di convalide di esami, le eventuali annotazioni, la data ed il numero del verbale del CCS che ha approvato il trasferimento (che può mancare se si tratta solo di una bozza).

**Fraasi relative ai corsi esterni** Di un corso esterno interessano: il nome del corso, l'Anno Accademico, l'Università, il Dipartimento e il Corso di Laurea dove l'esame relativo al corso è stato superato. L'Università, il Dipartimento e il Corso di Laurea dove l'esame è stato superato non coincidono necessariamente con l'Università di provenienza, il Dipartimento di provenienza e il Corso di Laurea di provenienza della domanda di trasferimento a cui il corso esterno appartiene.

**Fraasi relative ai corsi interni** Di un corso interno interessano: il nome e il numero di crediti.

**Fraasi relative ad una convalida di un esame** Di una convalida di un esame interessano: il corso esterno, il corso interno e sapere se l'esame è stato convalidato "previo colloquio". Il corso esterno di una convalida è detto "convalidato per" il corso interno.

**Fraasi relative ad una convalida tipica** Di una convalida tipica interessano: il corso esterno, il corso interno e se l'esame viene convalidato "previo colloquio".

La convalida tipica non vincola le convalide degli esami, ma può essere utilizzata per la preparazione automatica di una prima versione della bozza di delibera a partire da una domanda di trasferimento.

**Fraasi relative alle operazioni** Il servizio che il sistema deve offrire agli utenti prevede le seguenti operazioni, per le quali andranno definite opportune modalità di interazione da concordare con gli interessati (tra parentesi è riportata una stima della frequenza d'uso):

1. Inserimento di corsi interni (3 volte all'anno).
2. Immissione di una domanda di trasferimento (70 volte all'anno).
3. Generazione di una bozza di delibera a partire dall'elenco dei corsi esterni superati allegato ad una domanda (70 volte all'anno).
4. Correzione manuale di una bozza di delibera (30 volte all'anno).
5. Trasformazione di una bozza di delibera in delibera approvata (70 volte all'anno).

#### **Costruzione del glossario (passo 4)**

Come già detto, il glossario viene in realtà costruito durante la fase di revisione dei requisiti. In particolare, ogni volta che si sceglie, in un gruppo di sinonimi, quello che

verrà utilizzato nella specifica dei requisiti, questa scelta deve essere riportata subito nel glossario, come esemplificato sotto per i termini "Riconoscimento di esame" e "Convalida di esame".

Si riportano, a titolo di esempio, le definizioni di alcuni dei termini usati nella specifica dei requisiti:

**CCS** Consiglio di Corso di Studio

**Bozza di delibera** Versione preliminare di una delibera relativa alla domanda di trasferimento di uno studente. Specifica un insieme di convalide per i corsi esterni superati dallo stesso studente. Può essere modificata. Diventa una "delibera approvata", immutabile, dopo che è stata approvata dal CCS. *Sinonimi*: Bozza di verbale.

**Bozza di verbale** *Usa*: Bozza di delibera.

**Convalida di esame** Parte di una delibera; stabilisce che l'esame esterno X è convalidato per il superamento dell'esame di un corso interno Y, eventualmente previo il superamento di un colloquio. *Sinonimi*: Riconoscimento di esame.

**Corso esterno** Corso attivato presso un'istituzione universitaria o assimilata, ma non presso il Corso di Laurea in Informatica dell'Università in questione; ad esempio: il corso di "Analisi I" attivato dal Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica, Dipartimento di Ingegneria, Università di Padova, nell'Anno Accademico 2004/05.

**Corso esterno superato** Un corso esterno è stato superato da uno studente quando lo studente ha superato con successo l'esame relativo a tale corso.

**Corso interno** Corso attivato presso il Corso di Laurea in Informatica dell'Università in questione.

**Crediti** Unità di misura della dimensione di un corso, in relazione all'impegno necessario ad uno studente medio per la preparazione al corso. L'impegno totale dei corsi da superare in un anno è, di norma, di 60 crediti.

**Domanda di trasferimento** Domanda con la quale uno studente iscritto in altro Corso di Laurea chiede il trasferimento a questo Corso di Laurea, chiedendo che gli vengano convalidati alcuni esami che ha superato (esami esterni).

**Esame** Il processo attraverso cui si verifica che lo studente abbia appreso i contenuti di un corso. Quando la verifica dà esito positivo, l'esame è *superato*.

**Esame esterno** Esame relativo ad un corso esterno, superato prima di fare la domanda di trasferimento. Non è stato necessariamente superato presso il Corso di Laurea al quale lo studente era iscritto nel momento in cui ha presentato la domanda di trasferimento.

**Riconoscimento di esame** *Usa*: Convalida di esame.

#### **Definizione dello schema scheletro (passo 5)**

Lo schema scheletro di settore può essere definito a diversi livelli di dettaglio. Alcune metodologie più recenti orientate agli oggetti prevedono di terminare la specifica dei requisiti con uno schema dei dati completo, usando un formalismo come quello suggerito nel capitolo precedente. Altre metodologie suggeriscono invece di limitarsi in questa fase ad uno schema dei fatti essenziali, da completare poi nella fase di pro-

gettazione concettuale, e altre ancora non prevedono uno schema dei dati nella fase di analisi dei requisiti. Si preferisce non entrare nel merito di cosa convenga definire in uno schema scheletro e nello sviluppo dell'esempio si decide di considerare come fatti essenziali le classi e le associazioni ritenute più importanti, ma si lascia al progettista l'eventuale decisione di anticipare alcuni dei passi di raffinamento suggeriti più avanti per aggiungere altri dettagli. Si tenga comunque presente che una visione panoramica di alto livello della struttura della base di dati consente di anticipare con i committenti una verifica sulla corretta interpretazione degli aspetti essenziali dei requisiti, prima di procedere con i passi di raffinamento e di completamento previsti nella fase di progettazione concettuale. Lo schema scheletro si definisce, pertanto, procedendo come segue (tenendo conto che ciascuno di questi passi può richiedere di modificare alcune scelte fatte nei passi precedenti):

1. Identifica le classi.
2. Descrivi le associazioni fra le classi.
3. Individua le sottoclassi.

#### ***Identificare le classi***

Si produce una lista preliminare delle classi di oggetti che interessa modellare e si assegna ad ognuna di esse un nome appropriato. Questo elenco iniziale ha un grado di completezza e di significatività che dipende dal grado di comprensione della realtà osservata e, in generale, sarà soggetto a modifiche mano a mano che si procede. Nella scelta iniziale delle classi si tengono presenti le entità di cui si vogliono ricordare alcuni fatti, senza nessuna pretesa di minimalità. Eventuali ridondanze verranno eliminate successivamente.

Supponiamo che le classi individuate in questa fase siano DomandeTrasferimento, PraticheTrasferimento, Delibere, ConvalideTipiche, CorsiEsterni, CorsiInterni.

#### ***Descrivere le associazioni fra le classi***

Si individuano le possibili associazioni fra le classi finora definite e le loro proprietà strutturali, arrivando ad un risultato come quello esemplificato in Figura 3.11.

L'analisi delle associazioni può indurre ad eliminare una classe che può essere rappresentata da un'associazione, o ad aggiungere una nuova classe per rappresentare un'associazione, in particolare se interessa rappresentare alcuni attributi di quell'associazione.

Ad esempio, la classe delle convalide tipiche contiene solo delle coppie (corso esterno, corso interno), con un attributo booleano che indica se è richiesto un colloquio. In questa fase si può decidere di rappresentare tale informazione attraverso un'associazione tra corsi esterni e corsi interni.

Viceversa, si consideri l'associazione ternaria tra Delibere, CorsiEsterni e CorsiInterni, che stabilisce, per ogni delibera, quali specifiche convalide sono state effettuate. In questa fase si può decidere di rappresentare tale associazione con una nuova classe ConvalideEsami, che conterrà quindi un elemento per ogni "convalida specifica", quale ad esempio "l'esame di Analisi I superato l'A.A. 2004/05 ad Ingegneria Civile da Mario Rossi è convalidato per Analisi I interna".





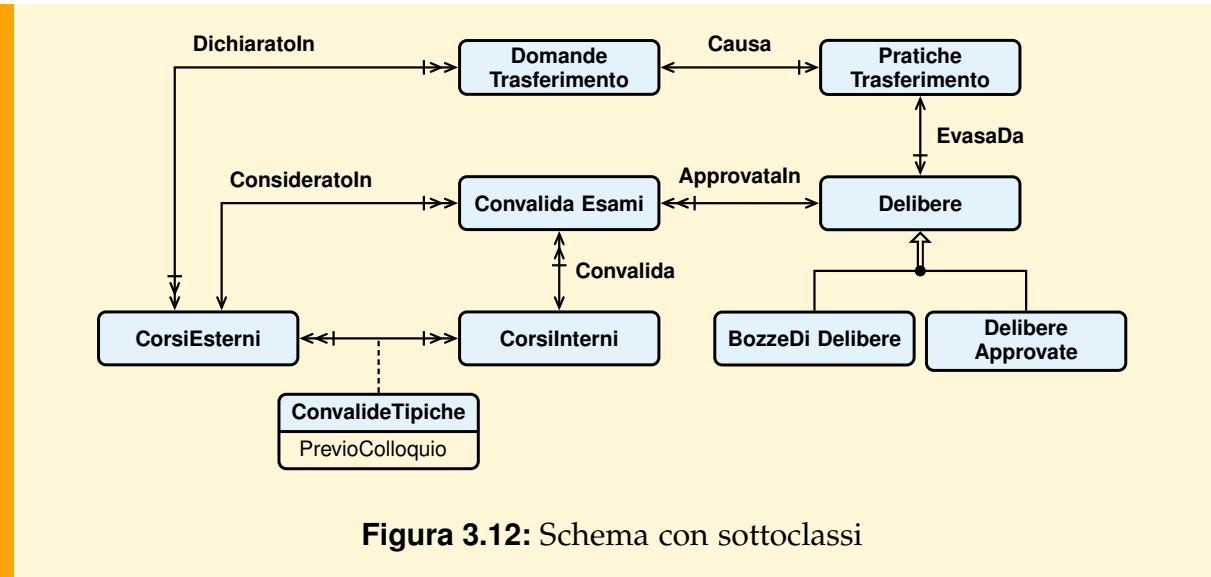


Figura 3.12: Schema con sottoclassi

Specifica delle operazioni (passo 6)

In Figura 3.13 è mostrata la specifica dell'operazione degli utenti ImmissioneDomanda-DiTrasferimento usando il formalismo proposto nel capitolo precedente. Si noti come in questa fase di un'operazione si specifica sostanzialmente l'interazione con l'utente e i depositi dei dati interessati, volendo usare la terminologia dei diagrammi di flusso dati.

Operazione	ImmissioneDomandaDiTrasferimento
Scopo	Immissione dei dati di una domanda di trasferimento
Argomenti	NomeStudente :string, RecapitoStudente :string, UniversitaDiProvenienza :string, DipartimentoDiProvenienza :string, CorsoDiLaureaDiProvenienza :string, ElencoEsamiEsterniSuperati :seq CorsoEsterno; ( OperazioneEseguita; Errore );
Risultato	
Errori	
Usa	
Modifica	DomandeDiTrasferimento, CorsiEsterni, DomandeDiTrasferimento;
Prima	
Poi	

Figura 3.13: Esempio di specifica preliminare di operazione.

## 3.5 La progettazione concettuale

### 3.5.1 Scopo della progettazione concettuale

Scopo della progettazione concettuale è tradurre il risultato dell'analisi dei requisiti settoriali in una descrizione *formale ed integrata* degli aspetti strutturali e dinamici del sistema informatico studiato. Mentre l'analisi dei requisiti analizza cosa si aspettano i *singoli* settori dal sistema, in questa fase l'attenzione è su come disegnare una base di dati ed un insieme di operazioni che garantiscano per *tutti* i settori le funzionalità desiderate. Il risultato della progettazione concettuale è lo schema o progetto concettuale, scritto in un linguaggio formale, indipendente dal DBMS che verrà usato nella realizzazione, con costrutti ad alto livello, adatti a descrivere in modo naturale il *significato* di ciò che si sta modellando.

Il passaggio dalla specifica dei requisiti al progetto concettuale avviene quindi attraverso un processo di formalizzazione e raffinamento dei requisiti settoriali ed attraverso la loro integrazione in un progetto globale. Inoltre, in questa fase gli aspetti quantitativi vengono riformulati con riferimento allo schema concettuale prodotto.

Il progetto concettuale gioca un ruolo fondamentale nel processo di sviluppo del sistema informatico, principalmente per le seguenti ragioni:

- è utilizzato dal progettista per ragionare ad un giusto livello di astrazione sulle scelte fatte e per produrre un modello soddisfacente della realtà osservata;
- è utilizzato dalle diverse figure professionali coinvolte nella progettazione e nella codifica delle applicazioni come specifica formale e dettagliata di ciò che va realizzato;
- è un preciso riferimento a cui ricondursi per modificare il sistema realizzato o per sviluppare nuove applicazioni quando il sistema è già operativo;
- è utilizzabile nelle discussioni con i committenti non informatici che devono approvare le scelte di progetto, usando opportune rappresentazioni grafiche degli aspetti principali;
- è utilizzabile come prototipo che può essere validato dagli utenti finali dopo esperimenti su dati campione, se il linguaggio in cui è espresso è eseguibile.

Un buon progetto concettuale è un obiettivo irrinunciabile all'aumentare della complessità del sistema da realizzare, poiché il processo di sviluppo richiede un tale impegno di risorse da rendere difficilmente praticabile una riprogettazione del sistema in caso di funzionamento non soddisfacente. Le principali proprietà che caratterizzano un buon progetto concettuale sono le seguenti:

**Completezza concettuale** Vanno specificati tutti gli aspetti rilevanti delle applicazioni, in modo dettagliato, per consentirne una realizzazione corretta.

**Indipendenza dalle applicazioni** Lo schema concettuale non deve essere fatto in funzione dell'efficienza di particolari applicazioni, ma con l'obiettivo di una efficace modellazione. Considerazioni sull'efficienza verranno fatte nelle fasi successive.

**Indipendenza dal DBMS** Nello schema concettuale si prescinde da aspetti specifici del DBMS impiegato nella realizzazione.

Sono stati proposti modi diversi per descrivere i vari aspetti di un progetto concettuale: rappresentazioni grafiche, linguaggi formali non eseguibili oppure linguaggi formali eseguibili. Per quanto riguarda gli aspetti strutturali, le soluzioni più comuni sono basate su estensioni del *modello entità-relazione* e su un *modello a oggetti*.

### 3.5.2 Come procedere

Per produrre lo schema concettuale di una base di dati è necessario raffinare la definizione degli schemi scheletro settoriali definiti nella specifica dei requisiti e produrre uno schema globale. La produzione di uno schema globale può procedere per *particolarizzazione* o per *integrazione*.

Nell'approccio per *particolarizzazione*, in un primo passo si definiscono i dati comuni a tutti i settori, successivamente si particolarizzano le definizioni prodotte tenendo conto delle esigenze specifiche di ciascun settore. Il vantaggio di questo modo di procedere sta nel fatto che, una volta uniformata l'interpretazione dei dati comuni, si ha una maggiore stabilità del progetto e si può procedere anche in tempi successivi alla definizione dei dati delle diverse classi di utenti, senza dover ritornare sulle definizioni già date. Le difficoltà sorgono durante il lavoro preliminare effettuato per individuare le informazioni in comune. Questo approccio è usato nelle situazioni più semplici o quando è stato già possibile fondere i requisiti nella fase precedente.

Nell'approccio per *integrazione*, in un primo passo si definisce per ogni settore uno schema parziale delle informazioni, eventualmente per aggregazioni successive dei sottoschemi associati ad ogni applicazione. Nel passo successivo si provvede ad analizzare ed integrare questi schemi parziali in un unico schema concettuale che soddisfi i requisiti di tutti i settori. Il secondo passo è particolarmente critico dovendo individuare e risolvere i conflitti espliciti ed impliciti che sorgono per una diversa modellazione degli stessi fatti in schemi di settori diversi. Per conflitti espliciti si intendono quelli rilevabili da un'analisi degli schemi parziali: ad esempio un fatto descritto come proprietà in uno schema e come entità in un altro, oppure un'associazione modellata con una cardinalità e vincolo di dipendenza diversi. I conflitti impliciti sono invece quelli più difficili da rilevare poiché riguardano le omonimie e le sinonimie. Questo approccio è usato nei casi più complessi, quando esistono molti utenti e applicazioni, ed è l'unico possibile in quelle metodologie in cui l'analisi dei dati viene effettuata a partire dai risultati dell'analisi funzionale, integrando i sottoschemi che rappresentano le informazioni usate da ciascuna applicazione.

In entrambi i casi, il lavoro del progettista dipende da come sono stati specificati i requisiti. Se si ha una rappresentazione in linguaggio naturale, la specifica dello schema concettuale dipenderà molto dall'intuizione e dall'esperienza del progettista. Se si ha invece una rappresentazione formale, il processo richiederà meno sforzi interpretativi. Una volta generata la descrizione globale dei fatti riconducibili a dati, lo schema si completa in ogni dettaglio con la specifica degli aspetti procedurali, dinamici e quantitativi.

Vediamo più in dettaglio come si procede per la produzione del progetto concettuale nell'approccio per integrazione. La progettazione richiede i seguenti passi:

1. definisci gli schemi di settore;
2. integra gli schemi di settore;
3. ristruttura eventualmente lo schema finale;
4. definisci l'architettura delle operazioni degli utenti e i metodi degli oggetti;
5. controlla la completezza delle operazioni degli utenti e di base.

### 3.5.3 I passi della progettazione concettuale

Vediamo ora come si può procedere per effettuare i singoli passi della progettazione concettuale.

Il primo passo verrà esemplificato con riferimento ai requisiti specificati nella sezione precedente. Poiché in tale esempio non sono previsti schemi di settore da integrare, il passo di integrazione sarà trattato invece con un esempio diverso.

#### 1. Definizione di uno schema di settore

Le indicazioni che verranno date in questa sezione sono utilizzabili sia nell'approccio per particolareggiato sia nel disegnare i singoli schemi di settore quando si segue l'approccio per integrazione.

Lo schema scheletro specificato nella fase di analisi dei requisiti si raffina procedendo con i seguenti passi:

1. definisci la struttura degli elementi delle classi;
2. individua le generalizzazioni;
3. tratta le dipendenze funzionali;
4. completa le definizioni delle associazioni;
5. completa le definizioni delle classi.

#### 1. Definire la struttura degli elementi delle classi

Per ogni classe si elencano le proprietà descrittive interessanti dei suoi elementi, specificando, per ognuna di esse, il nome e il tipo. In questa fase le proprietà non vengono riportate nello schema perché non è ancora quello definitivo.

In questo passo va prestata molta attenzione alla possibilità che i valori di alcune proprietà siano più significativi come oggetti a sé stanti, e quindi convenga introdurre nuove classi, o viceversa al fatto che talune entità possano essere rappresentate come semplici attributi di altre. Inoltre, è frequente il caso in cui, tentando di elencare le proprietà di un oggetto, si scopre che la classe non era ben definita ed occorre rifarsi al significato di ciò che si sta descrivendo per decidere come procedere.

In questo caso, potremmo ad esempio scoprire che, poiché interessa mantenere il recapito di ogni studente che fa domanda di trasferimento, potrebbe essere opportuno aggiungere una classe degli Studenti, e considerare Università, Dipartimento e CorsoDiLaureaDiProvenienza come attributi degli studenti (Figura 3.14).

I tipi degli elementi delle classi possono essere definiti come in Figura 3.15.

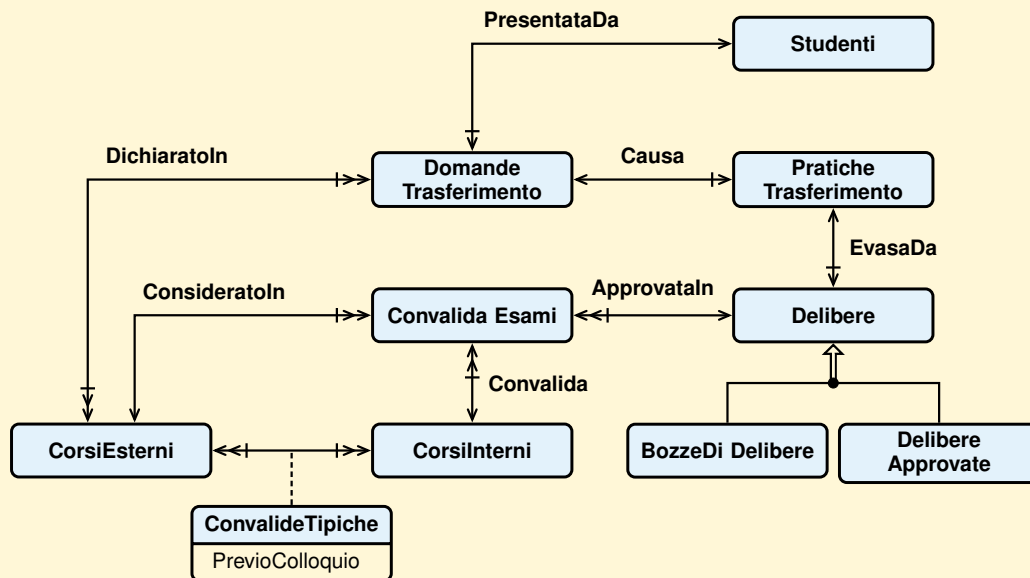


Figura 3.14: Schema arricchito con gli studenti

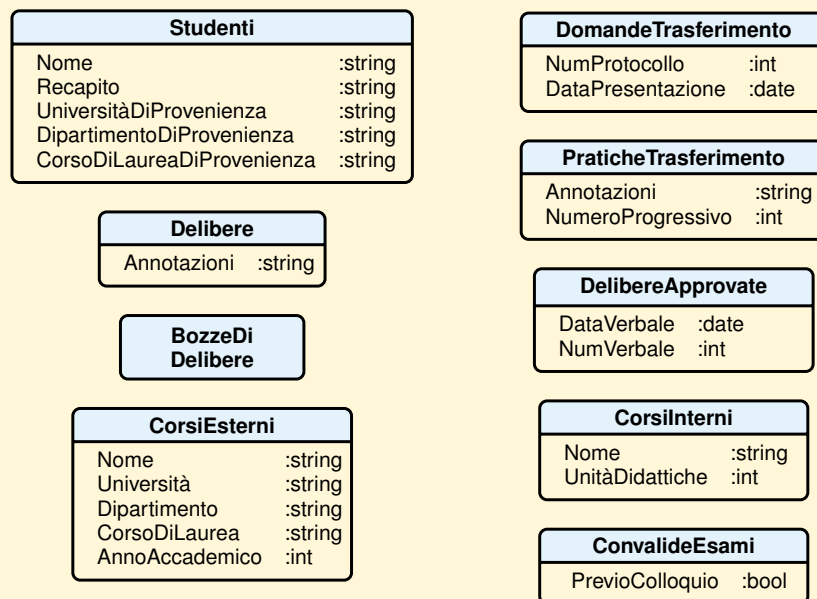
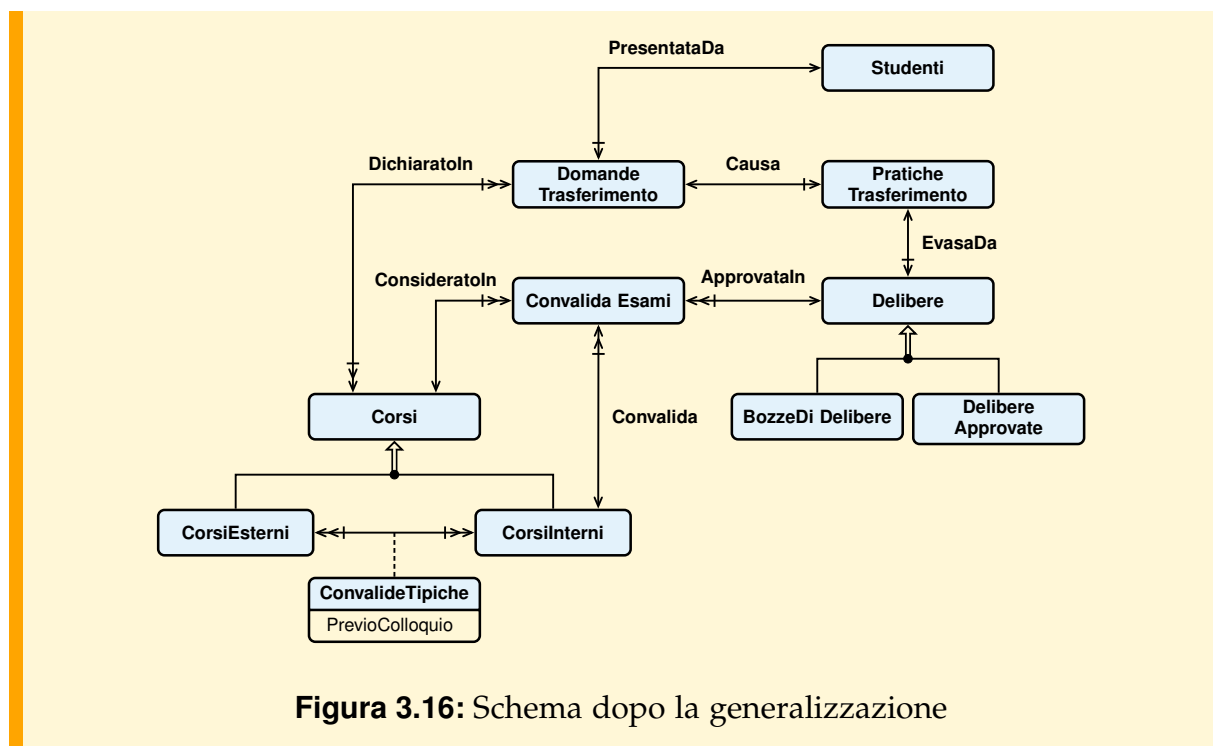


Figura 3.15: Classi con la struttura dei tipi

## 2. Individuare le generalizzazioni

In questo passo si fissa l'attenzione su quelle classi di oggetti con proprietà che hanno lo stesso significato. Se può essere utile, si definisce una nuova classe dalla quale si possono ridefinire le altre per specializzazione.

Ad esempio, nel nostro caso possiamo scoprire che è utile definire una superclasse comune Corsi da cui i corsi esterni ed interni ereditano alcune proprietà (Figura 3.16). Convalide e domande di trasferimento possono ora essere più correttamente collegate a Corsi, anziché a CorsiEsterni, dato che uno studente che chiede il trasferimento potrebbe avere superato alcuni degli esami internamente, ad esempio se si era trasferito nel passato nella direzione inversa.



**Figura 3.16:** Schema dopo la generalizzazione

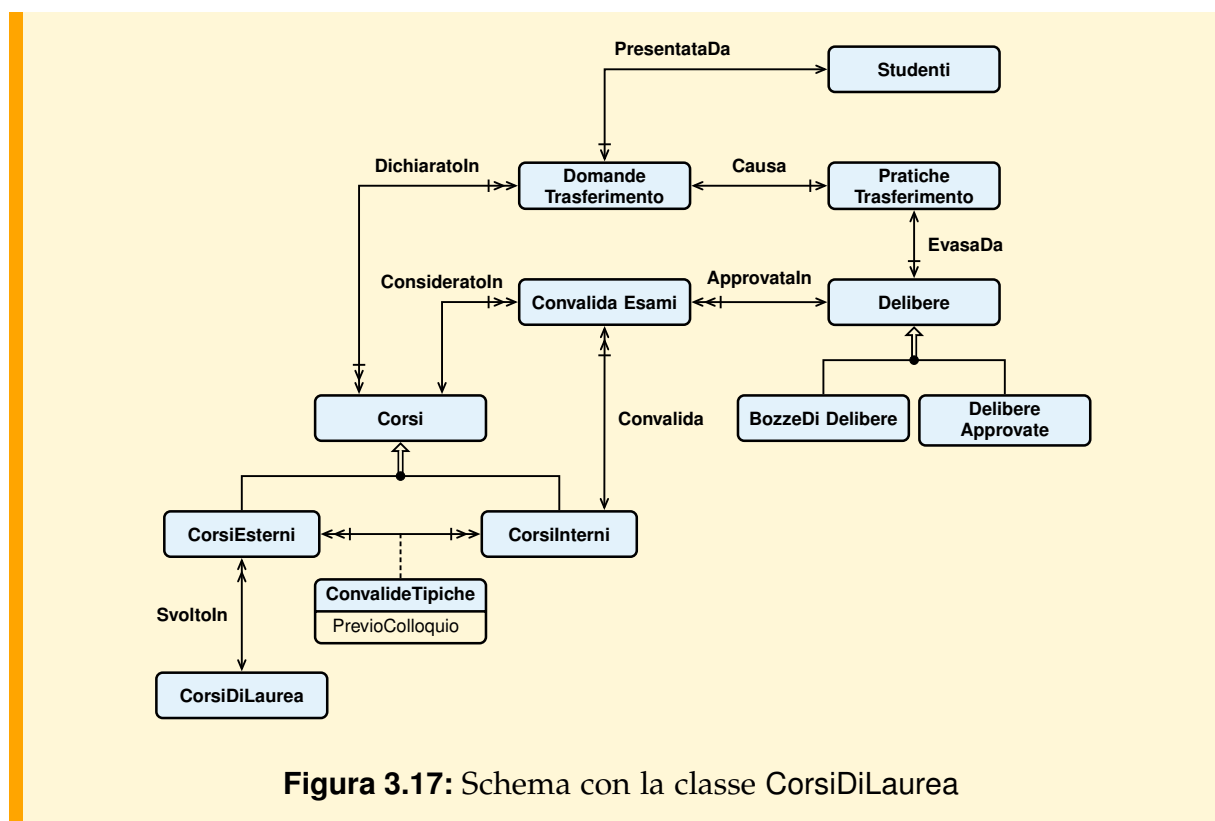
Si ridefiniscono le proprietà di Corsi, CorsiInterni e CorsiEsterni.

## 3. Trattare le dipendenze funzionali

Siano X ed Y due insiemi di attributi; diremo che X determina funzionalmente Y, o che Y è determinato funzionalmente da X, se in ogni possibile estensione della classe due elementi distinti che hanno lo stesso valore per gli attributi di X (il *determinante*) hanno anche lo stesso valore per gli attributi di Y (il *determinato*). Quando si riscontra una dipendenza funzionale in cui il determinante non è una chiave, occorre decidere se le proprietà che formano la dipendenza (determinante e determinato) non si possano meglio vedere come le proprietà degli elementi di una classe a sé stante. In caso

affermativo, si crea la nuova classe e si sostituiscono tutte le proprietà della dipendenza funzionale con un'associazione fra la vecchia e nuova classe. Nel caso, invece, che si decida di non generare una nuova classe bisognerà ricordarsi di trattare questo fatto come ogni altro vincolo d'integrità.<sup>2</sup>

Ad esempio, nel nostro caso potremmo stabilire che gli attributi CorsoDiLaurea e Università della classe dei corsi esterni determinano l'attributo Dipartimento, nell'ipotesi che non esistano in nessuna università due corsi di laurea con lo stesso nome in due dipartimenti diversi. Questa osservazione ci potrebbe spingere a raggruppare le tre proprietà in una nuova classe CorsiDiLaurea associata alla classe degli corsi esterni (Figura 3.17), oppure potremmo mantenere lo schema già scelto e trattare questo fatto come un vincolo di integrità.



#### 4. Completare la definizione delle associazioni

Se nello schema grafico le associazioni non sono state già definite, si completa la loro definizione specificandone il nome, le proprietà strutturali e gli attributi.

2. Questi aspetti saranno trattati diffusamente nel capitolo dedicato alla progettazione relazionale.

**5. Completare la definizione delle classi**

Si completa la definizione delle classi specificando per ognuna:

1. quali proprietà sono costanti e quali sono modificabili;
2. quali proprietà sono memorizzate e quali calcolate, eventualmente a partire da altre, specificando la regola del calcolo;
3. le chiavi, ovvero gli insiemi minimali di attributi che individuano univocamente un elemento della classe;
4. eventuali altri vincoli di integrità sugli elementi della classe;
5. i tipi ausiliari utilizzati.

È importante stabilire quali proprietà siano modificabili per prevedere poi opportuni metodi per cambiare il loro valore, eventualmente rispettando certi vincoli d'integrità.

Nei vincoli di integrità useremo una notazione per cui, se esiste un'associazione binaria  $R$  tra la classe  $A$  a cui appartiene  $a$  ed una classe  $B$ , allora  $a.R$  denota l'insieme di elementi della classe  $B$  associati ad  $a$ , o l'unico elemento di  $B$  associato ad  $a$  se l'associazione è univoca. Se  $X$  è un insieme di elementi,  $X.R$  è l'unione degli insiemi  $a.R$ , per ogni elemento  $a \in X$ .

Nel caso di vincoli di chiave, può accadere che gli elementi di una classe siano univocamente determinati a partire dall'elemento associato in un'altra classe e da un insieme di attributi; ad esempio, un corso esterno è identificato dal corso di laurea associato, dal nome e dall'anno accademico. Questo vincolo sarà espresso come un vincolo di chiave, facendo uso della notazione  $\ll K \gg$  (attributi o elementi) come nella classe CorsiEsterni dell'esempio.

Il risultato di questo passo è mostrato in Figura 3.18.

**2. Integrazione di schemi di settore**

Una volta definiti gli schemi di settore, si procede con i seguenti passi alla loro integrazione per produrre lo schema globale:

1. Risolvi i conflitti di nome, di tipo e di vincoli d'integrità.
2. Fondi gli schemi.
3. Analizza le proprietà interschema.

Poiché nell'esempio sviluppato finora non sono previsti schemi di settore da integrare, per illustrare le idee che sono alla base del processo di integrazione, si considera l'esempio in Figura 3.19, tratto da [Batini et al., 1987], dove sono riportati due possibili schemi da integrare.

**Risoluzione dei conflitti di nome, di tipo e di vincoli d'integrità**

Si supponga di aver verificato che:

- il significato di Argomenti nel primo schema sia lo stesso di Descrittori nel secondo;
- Documenti nel secondo schema sia un concetto più astratto di Libri nel primo schema, perché esso include libri, atti, giornali, monografie ecc.



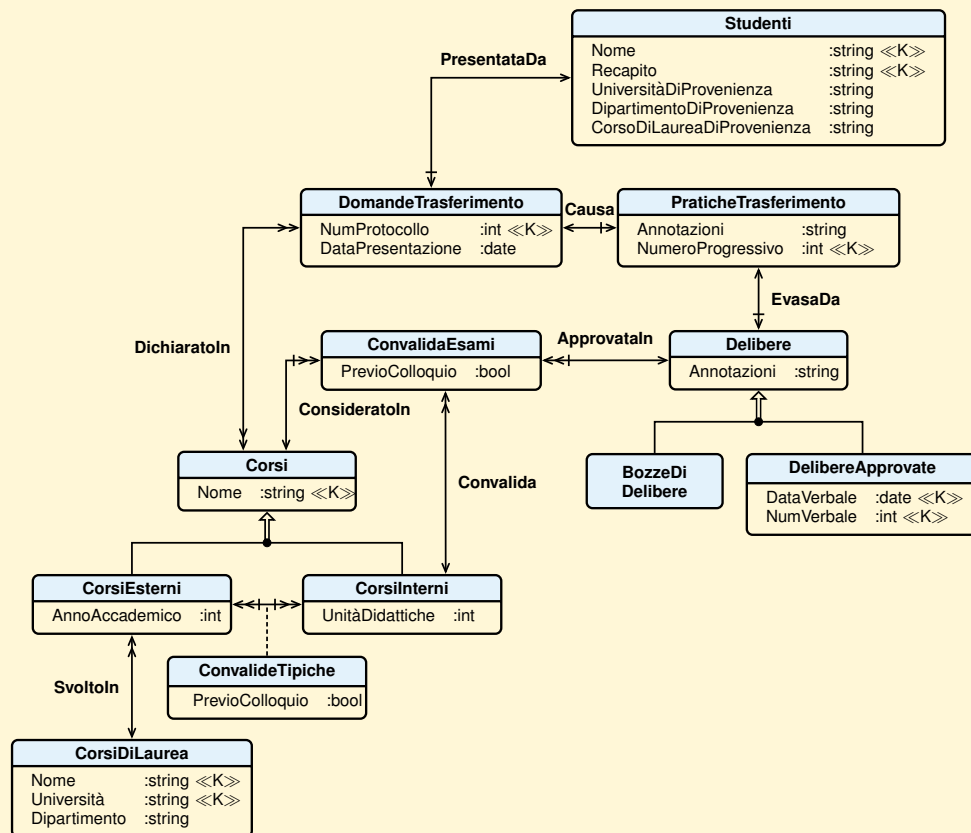


Figura 3.18: Schema finale

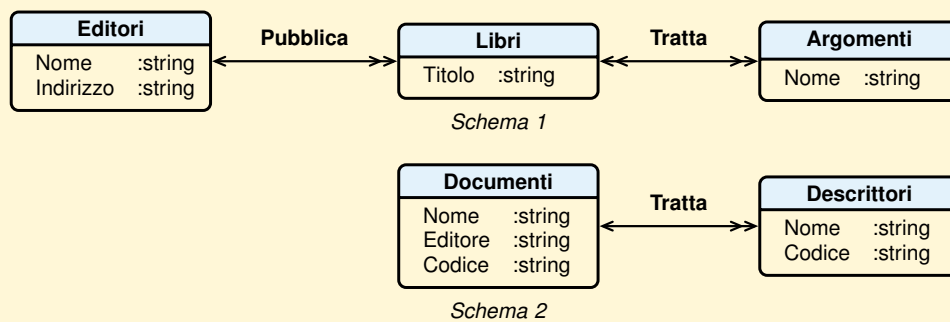
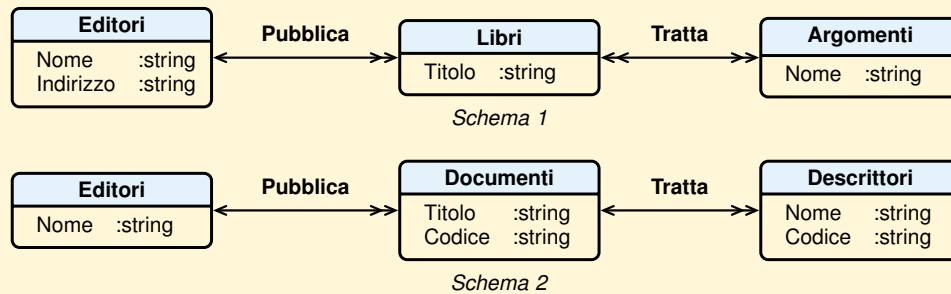


Figura 3.19: Due schemi da integrare

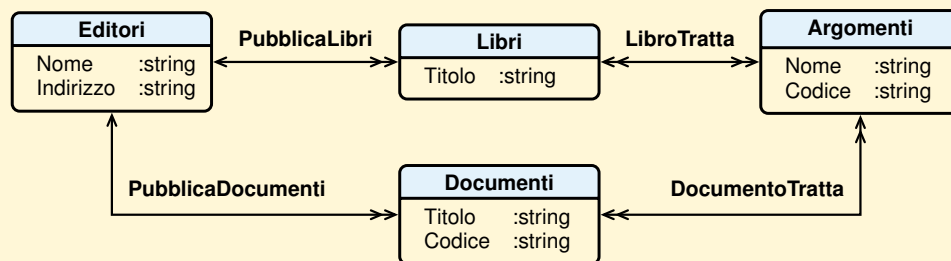
Per integrare i due schemi, poiché Argomenti e Descrittori rappresentano lo stesso concetto, i due nomi vanno unificati: scegliamo, ad esempio, il nome Argomenti. Un'altra differenza fra i due schemi è che lo stesso concetto Editore è rappresentato nel primo schema come entità, mentre nel secondo come attributo. Per uniformare le due rappresentazioni, decidiamo di trattare Editori come entità anche nel secondo schema, assegnandogli l'attributo Nome (vedi Figura 3.20).



**Figura 3.20:** Schemi uniformati

### **Fusione degli schemi di settore**

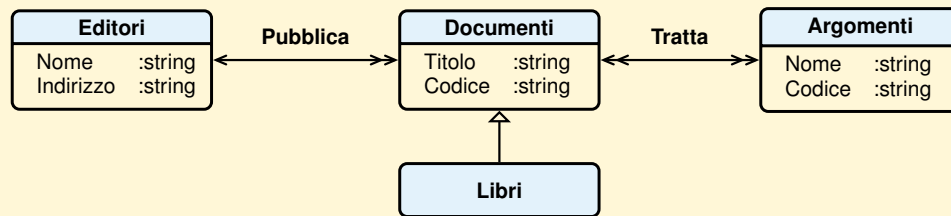
Una volta risolti i conflitti di rappresentazione, gli schemi di settore possono essere sovrapposti, producendo la rappresentazione in Figura 3.21.



**Figura 3.21:** Schema integrato

### **Analisi delle proprietà interschema**

Lo schema integrato viene esaminato per eventuali arricchimenti, dovuti ad esempio al fatto che si scoprono relazioni fra concetti provenienti da schemi diversi (proprietà interschema). Un esempio è la relazione di sottoinsieme tra i concetti Libri e Documenti, che, aggiunta, porta allo schema in Figura 3.22.



**Figura 3.22:** Arricchimento dello schema integrato con una proprietà interschema

Questo esempio di integrazione di schemi, nonostante la sua semplicità, evidenzia i problemi di base che nascono nel processo di integrazione, dovuti alle seguenti ragioni:

1. Differenza di percezione dei fatti rappresentati negli schemi iniziali. Nel processo di progettazione, gruppi differenti di utenti o progettisti possono percepire lo stesso concetto in modo diverso, nel senso che ad esso possono essere associati nomi e proprietà differenti. Nell'esempio visto, allo stesso concetto erano stati dati due nomi differenti (Argomenti e Descrittori).
2. Impiego di costrutti diversi per rappresentare le stesse informazioni. Ad esempio, in Figura 3.19 l'informazione sugli Editori è stata modellata con un attributo in uno schema e con un'associazione nell'altro.
3. Diversità di interpretazione di concetti comuni. Stessi concetti sono modellati con significati diversi, ad esempio un'associazione fra due classi è descritta con proprietà strutturali diverse.

### 3. Ristrutturazioni dello schema finale

Una volta ottenuta una prima versione dello schema finale, che rappresenta tutte le informazioni di interesse di eventuali settori aziendali diversi, si valuta l'opportunità di possibili ristrutturazioni per migliorare la leggibilità dello schema o per eliminare ridondanze, come quelle dovute a cammini distinti fra due classi che modellano associazioni equivalenti.

### 4. Definizione dell'architettura delle operazioni degli utenti e dei metodi degli oggetti

In questo passo si completa la specifica delle operazioni, con riferimento allo schema globale della base di dati.

Una volta definite le operazioni, si verifica che siano state previste tutte le operazioni di base necessarie. Risultano di solito utili matrici di controllo come quella che prevede una riga per ogni operazione e una colonna per ogni classe, con elementi che contengono nessuno, uno o più simboli del tipo:

- U se l'operazione utilizza la classe;

- C se l'operazione crea un elemento della classe;
- M se l'operazione modifica un elemento della classe;
- D se l'operazione distrugge un elemento della classe.

Colonne di classi prive di alcuni di questi simboli sono indizi utili per stabilire la non completezza della specifica.

Per maggiori dettagli su questa fase si rinvia ai testi citati nelle note bibliografiche.

## 3.6 Riepilogo della metodologia di progettazione

### 1. Analisi dei requisiti (da effettuare per ogni settore aziendale)

- 1.1 Analizza il sistema informativo esistente e raccogli una prima versione dei requisiti, espressa in linguaggio naturale.
- 1.2 Rivedi i requisiti espressi in linguaggio naturale per eliminare ambiguità, imprecisioni e disuniformità linguistiche.
- 1.3 Raggruppa le frasi relative a categorie diverse di dati, vincoli e operazioni.
- 1.4 Costruisci un glossario dei termini.
- 1.5 Definisci uno schema preliminare di settore.
  - 1.5.1 Identifica le classi.
  - 1.5.2 Descrivi le associazioni fra le classi.
  - 1.5.3 Individua le sottoclassi.
- 1.6 Specifica le operazioni degli utenti.
- 1.7 Verifica la completezza e consistenza della specifica.

### 2. Progettazione concettuale

- 2.1 Definisci gli schemi di settore.
  - 2.1.1 Definisci la struttura degli elementi delle classi.
  - 2.1.2 Individua le generalizzazioni.
  - 2.1.3 Tratta le dipendenze funzionali.
  - 2.1.4 Completa le definizioni delle associazioni.
  - 2.1.5 Completa le definizioni delle classi.
- 2.2 Integra gli schemi di settore.
  - 2.2.1 Risolvi i conflitti di nome, di tipo e di vincoli d'integrità.
  - 2.2.2 Fondi gli schemi.
  - 2.2.3 Analizza le proprietà interschema.
- 2.3 Ristruttura eventualmente lo schema finale.
- 2.4 Definisci l'architettura delle operazioni degli utenti e i metodi degli oggetti.
- 2.5 Controlla la completezza delle operazioni degli utenti e di base.