



Ingegneria dei requisiti



Anno accademico 2012/13
Ingegneria del Software mod. A

Tullio Vardanega, tullio.vardanega@math.unipd.it

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova1 / 42



Ingegneria dei requisiti

Definizioni – 1

❑ “Requisito” secondo il glossario IEEE

1. Condizione (*capability*) necessaria a un utente per risolvere un problema o raggiungere un obiettivo
2. Condizione (*capability*) che deve essere soddisfatta o posseduta da un sistema per adempiere a un obbligo (contratto, standard, specifica, documento formale)
3. Descrizione documentata di una condizione (*capability*) come in 1 o 2

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova2 / 42



Ingegneria dei requisiti

Definizioni – 2

Qualifica

❑ **Verifica**

- Accertare che l'esecuzione delle attività di processo non abbia introdotto errori
 - Did I build the system right?
- È rivolta ai processi
 - Viene svolta sui loro prodotti per il rispetto di regole, convenzioni e procedure

❑ **Validazione**

- Accertare che il prodotto realizzato corrisponda alle attese
 - Did I build the right system?
- È rivolta ai prodotti finali

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova3 / 42



Ingegneria dei requisiti

Tipi di sistema

❑ **Technical computer-based systems [T]**

- *Systems that include HW and SW but where the operators and operational processes are not normally considered to be part of the system*
 - The system is not self-aware

❑ **Socio-technical systems [ST]**

- **Systems that include technical systems but also operational processes and people who use and interact with the technical system**
 - Socio-technical systems are governed by organisational policies and rules

©Ian Sommerville 2004Software Engineering, 7th edition

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova4 / 42



Ingegneria dei requisiti

Caratteristiche di sistema [ST]

- ❑ **Emergent properties**
 - *Properties of the system as a whole that depend on the system components and their relationships*
- ❑ **Non-deterministic**
 - *They do not always produce the same output when presented with the same input because the system behaviour is partially dependent on human operators*
- ❑ **Complex relationships with organisational objectives**
 - *The extent to which the system supports organisational objectives does not just depend on the system itself*

©Ian Sommerville 2004

Software Engineering, 7th edition

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

5 / 42



Ingegneria dei requisiti

Proprietà emergenti

- ❑ **Properties of the system as a whole**
 - *Rather than directly derived from the properties of system components*
 - Volume e sicurezza dipendono dall'insieme dei componenti
 - Utilizzabilità dipende anche dalle capacità degli operatori
- ❑ **Consequence of the relationships between system components**
- ❑ **Can only be assessed and measured once the components have been integrated into a system**

©Ian Sommerville 2004

Software Engineering, 7th edition

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

6 / 42



Ingegneria dei requisiti

Ingegneria dei requisiti

- ❑ **Parte integrante dell'ingegneria di sistema**
 - Richiede competenze specializzate
- ❑ **L'insieme di attività necessarie per il trattamento sistematico dei requisiti**
 - Secondo ISO/IEC 12207 non è un processo a se stante ma attività chiave del processo di sviluppo
 - Tanto importante da meritare l'applicazione a se del ciclo PDCA
- ❑ **I requisiti SW sono uno (ma non il solo) dei principali prodotti di tali attività**
 - Le attività riguardano prima di tutto il sistema

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

7 / 42



Ingegneria dei requisiti

Attività richieste – 1

- ❑ **Analisi**
 - Analisi dei bisogni e delle fonti
 - Classificazione dei requisiti
 - Modellazione concettuale del sistema
 - Allocazione
 - Negoziazione
- ❑ **Verifica e validazione**
 - Revisione interna/esterna
 - Prototipazione
 - Prove formali

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

8 / 42



Ingegneria dei requisiti

Attività richieste – 2

❑ Documentazione

- Studio di Fattibilità
- Analisi dei Requisiti
- Specifica Tecnica (all'avvio della progettazione)

❑ Gestione e manutenzione dei prodotti

- Tracciamento dei requisiti
- Gestione dei cambiamenti

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

9 / 42



Ingegneria dei requisiti

Attività chiave

❑ Analisi dei bisogni e delle fonti

- Propedeutica a identificazione, analisi, specifica e classificazione dei requisiti

❑ Modellazione concettuale del sistema

- Partizionamento in componenti a scopo di allocazione dei requisiti
- Ma non è progettazione

❑ Attribuzione di requisiti a componenti

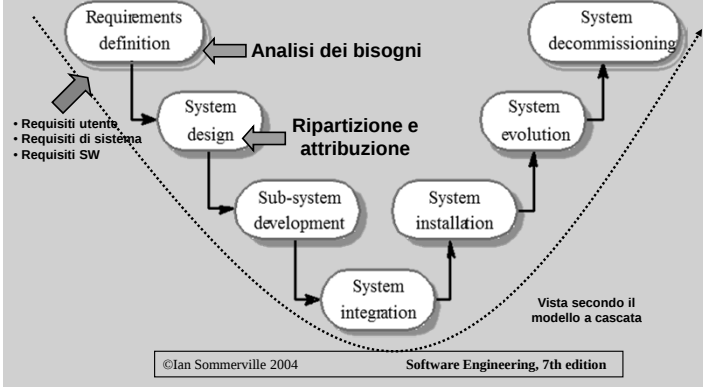
Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

10 / 42



Ingegneria dei requisiti

Relazione con ciclo di vita di sistema



©Ian Sommerville 2004 Software Engineering, 7th edition

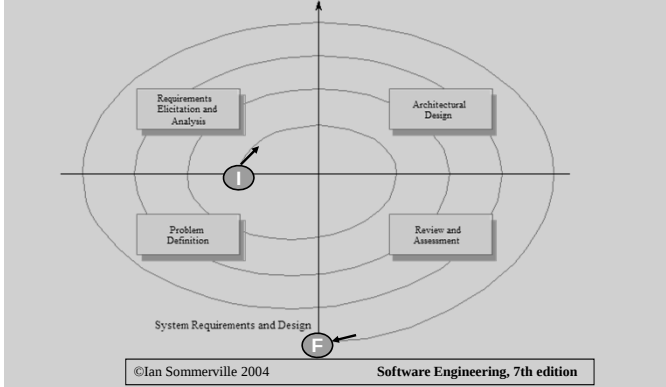
Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

11 / 42



Ingegneria dei requisiti

Ingegneria dei requisiti con modello a spirale



©Ian Sommerville 2004 Software Engineering, 7th edition

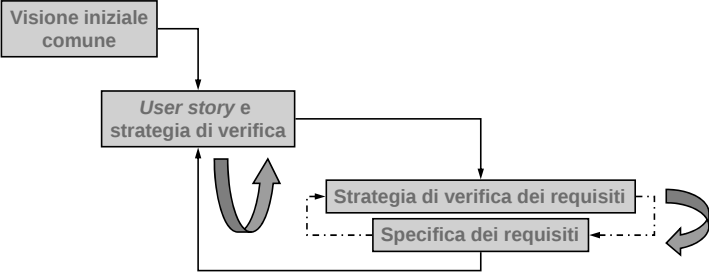
Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

12 / 42



Ingegneria dei requisiti

Ingegneria dei requisiti con modello agile



```
graph TD; A[Visione iniziale comune] --> B[User story e strategia di verifica]; B --> C[Strategia di verifica dei requisiti]; C --> D[Specifica dei requisiti]; D --> B; C -.-> E[ ]; E -.-> C;
```

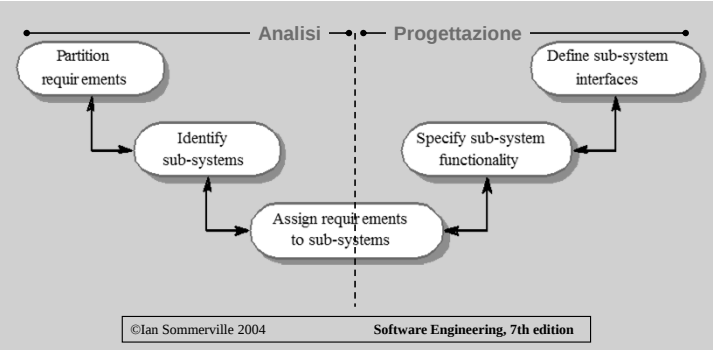
Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

13 / 42



Ingegneria dei requisiti

Analisi vs. Progettazione



```
graph TD; subgraph Analisi; A1[Partition requirements] --> A2[Identify sub-systems]; A2 --> A3[Assign requirements to sub-systems]; end; subgraph Progettazione; P1[Specify sub-system functionality] --> P2[Define sub-system interfaces]; end; A3 --> P1; A3 -.-> A3;
```

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

14 / 42



Ingegneria dei requisiti

Prodotti attesi

- ❑ **Analisi dei bisogni e delle fonti**
 - **Definizione dei requisiti (prima di utente e poi di sistema)**
 - **Capitolato d'appalto** (responsabilità del cliente)
 - A livello sistema i bisogni del cliente sono visti come requisiti contrattuali
 - **Specifica dei requisiti (prima di sistema e poi SW)**
 - **Studio di Fattibilità** (da qui in poi responsabilità esclusiva del fornitore)
 - **Analisi dei Requisiti**
- ❑ **Ripartizione e attribuzione dei requisiti**
 - **Modellazione concettuale del sistema SW con prima caratterizzazione architetturale dei componenti**
 - **Specifica Tecnica**

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

15 / 42



Ingegneria dei requisiti

Studio di fattibilità – 1

- ❑ **Valutare rischi, costi e benefici**
 - **Nell'ottica del cliente e del fornitore**
 - Competenze richieste/disponibili, prospettive future, competizione
 - **Studio basato su dati vari e spesso incerti**
 - **Definizione e valutazione di possibili scenari**
- ❑ **Decidere se procedere**
 - Con l'obiettivo di restare entro un costo massimo prefissato
- ❑ **Con le conoscenze immediatamente disponibili**
 - Senza richiedere ricerche impegnative

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

16 / 42



Ingegneria dei requisiti

Studio di fattibilità – 2

- ❑ **Fattibilità tecnico-organizzativa**
 - Strumenti per la realizzazione
 - Soluzioni algoritmiche e architetturali
 - Piattaforme idonee per l'esecuzione
- ❑ **Rapporto costi/benefici**
 - Confronto tra il mercato attuale e quello futuro
 - Costo di produzione *vs.* redditività dell'investimento
- ❑ **Individuazione dei rischi**
 - Complessità e incertezze

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

17 / 42



Ingegneria dei requisiti

Studio di fattibilità – 3

- ❑ **Valutazione delle scadenze temporali**
 - Risorse disponibili rispetto a quelle necessarie
- ❑ **Valutazione delle alternative**
 - **Scelte architetturali**
 - Esempi: sistema centralizzato o distribuito; modello *client-server*; ...
 - **Strategie realizzative**
 - "*Make or buy*"; riuso o sviluppo ex-novo
 - **Strategie operative**
 - Avvio, esercizio e manutenzione del sistema
 - Formazione e assistenza utenti

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

18 / 42



Ingegneria dei requisiti

Tecniche di analisi – 1

- ❑ **Analisi dei bisogni e delle fonti**
 - **Studio del dominio**
 - Con osservazione dei comportamenti dell'utente finale e dell'ambiente d'uso
 - **Interazione con il cliente**
 - Interviste
 - Generazione, analisi e discussione di scenari
 - **Discussioni creative**
 - *Brainstorming* (con o senza il cliente)
 - **Prototipazione**
 - Interna (per il fornitore)
 - Esterna (per il cliente)

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

19 / 42



Ingegneria dei requisiti

Tecniche di analisi – 2

- ❑ **Dominio**
 - **Campo di applicazione del prodotto**
 - A quali bisogni risponde
 - Quali problematiche coinvolge
- ❑ **Acquisizione delle competenze**
 - Documentazione preesistente
 - Interviste agli utenti potenziali
 - Studio delle soluzioni esistenti
- ❑ **Glossario**
 - Raccoglie e definisce i termini chiave del dominio
 - Da sottoporre alla verifica e approvazione del committente
 - Consolidato mediante uso nelle interviste

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

20 / 42



Ingegneria dei requisiti

Approccio funzionale

- ❑ Studio di fattibilità
- ❑ Analisi dei requisiti
 - Dominio, glossario, requisiti
 - Uso prevalente di linguaggio naturale
 - Limitato uso di linguaggi formali o semi-formali
- ❑ Specifica
 - Uso di linguaggi formali o semi-formali
 - Definizione di funzioni e profilo operativo
- ❑ Progettazione *top-down*
- ❑ Programmazione procedurale

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

21 / 42



Ingegneria dei requisiti

Approccio *object-oriented*

- ❑ Studio di fattibilità
- ❑ Analisi orientata agli oggetti (OO)
 - Dominio, glossario, requisiti
 - Uso prevalente di formalismi grafici (diagrammi “*use case*”)
 - Continuità logica con la progettazione mediante prima identificazione delle classi
- ❑ Progettazione OO (*bottom-up*)
 - Riutilizzo di componenti prefabbricati
 - Realizzazione di componenti riutilizzabili
- ❑ Programmazione OO
 - Più facilmente automatizzabile

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

22 / 42



Ingegneria dei requisiti

Attività di analisi – 1

- ❑ Studiare e definire il problema da risolvere
 - Identificare il prodotto da commissionare
 - Compito del cliente
 - Capire cosa deve essere realizzato
 - Compito del cliente e del fornitore
 - Definire gli accordi contrattuali
 - Compito del cliente e del fornitore
- ❑ Verificare le implicazioni di costo e di qualità
 - La soddisfazione del cliente è relativa ai requisiti
 - Espliciti o impliciti
 - Diretti o derivati

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

23 / 42



Ingegneria dei requisiti

Classificazione dei requisiti – 1

- ❑ Distinguere tra «attributi di prodotto» e «attributi di processo»
 - Gli attributi di prodotto definiscono le caratteristiche richieste al sistema
 - Esempio: specifica di una funzione da calcolare
 - Rispondono alla domanda: **cosa?**
 - Gli attributi di processo pongono vincoli sui processi impiegati nel progetto
 - Esempio: imposizione di una particolare tecnologia e metodologia di sviluppo (linguaggio, strumento, metodo)
 - Rispondono alla domanda: **come?**

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

24 / 42



Ingegneria dei requisiti

Classificazione dei requisiti – 2

❑ Gli attributi di prodotto esprimono

○ Requisiti funzionali

● Che determinano le capacità di calcolo richieste al sistema (*capabilities*)

○ Requisiti prestazionali e qualitativi

❑ Gli attributi di processo esprimono

○ Ulteriori requisiti extra-funzionali

● Riducono i gradi di libertà disponibili nella definizione della soluzione

● Per esempio le caratteristiche di qualità richieste al prodotto

● Spesso si manifestano come proprietà attese del sistema

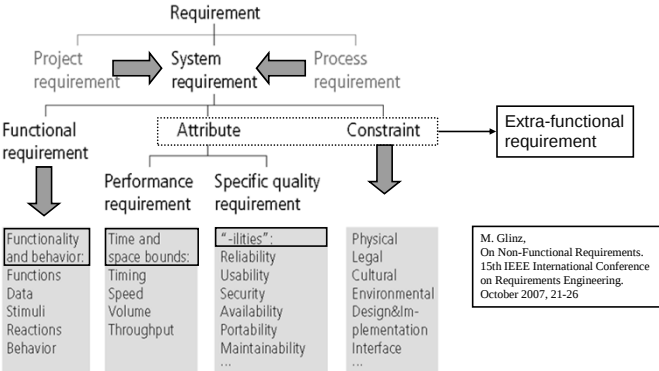
Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

25 / 42



Ingegneria dei requisiti

Classificazione dei requisiti – 3



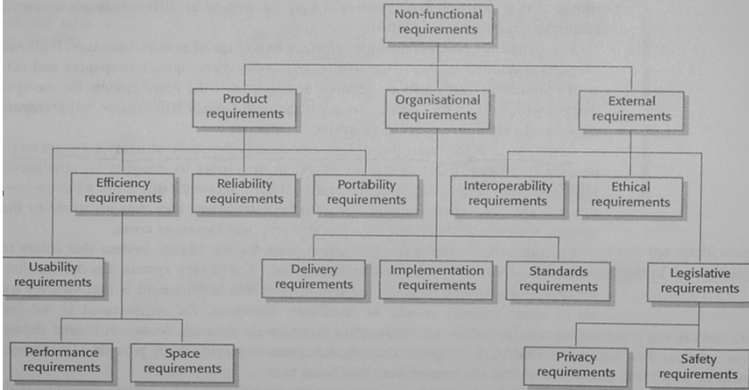
Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

26 / 42



Ingegneria dei requisiti

Classificazione dei requisiti – 4



Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

27 / 42



Ingegneria dei requisiti

Classificazione dei requisiti – 5

❑ I requisiti devono essere verificabili

○ Chi impone un requisito deve avere idea di come accertarne il soddisfacimento

● Requisiti funzionali → *test*, dimostrazione formale, revisione

● Requisiti prestazionali → misurazione

● Requisiti qualitativi → verifica *ad hoc*

● Requisiti dichiarativi (vincoli) → revisione

○ Chi è chiamato a soddisfare un requisito deve saperne valutare costo e complessità di verifica

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

28 / 42

UniPD - 2012 - Ingegneria del Software mod. A

7



Ingegneria dei requisiti

Classificazione dei requisiti – 6

❑ I requisiti hanno diversa rilevanza strategica

- **Obbligatori**
 - Irrrinunciabili per un qualsiasi *stakeholder*
- **Desiderabili**
 - Non strettamente necessari ma a valore aggiunto riconoscibile
- **Opzionali**
 - Relativamente utili oppure contrattabili in seguito

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

29 / 42



Ingegneria dei requisiti

Attività di analisi – 2

❑ Non tutti i requisiti sono simultaneamente soddisfabili

- **Alcuni possono essere tecnicamente impossibili**
 - P.es.: integrare componenti SW scritti in linguaggi incompatibili tra loro
- **Alcuni possono avere realizzazione troppo costosa**
 - P.es.: qualificare un componente SW di cui non si possiede il sorgente
- **Alcuni possono essere mutuamente esclusivi tra loro**
 - P.es.: usare componenti standard (e.g. MS Windows, JVM) e contenere la dimensione totale del sistema entro i 40 KB

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

30 / 42



Ingegneria dei requisiti

Attività di analisi – 3

❑ Accertare la soddisfaccibilità dei requisiti rispetto ai vincoli di processo

❑ I requisiti ritenuti devono essere tutti e soli quelli necessari e sufficienti

- Nessun bisogno trascurato (chiusura)
- Nessuna caratteristica superflua (sinteticità)

❑ Una priorità relativa può essere assegnata ai requisiti confermati

- Un negoziato con il cliente determina la politica di assegnazione e la definizione degli obiettivi minimi

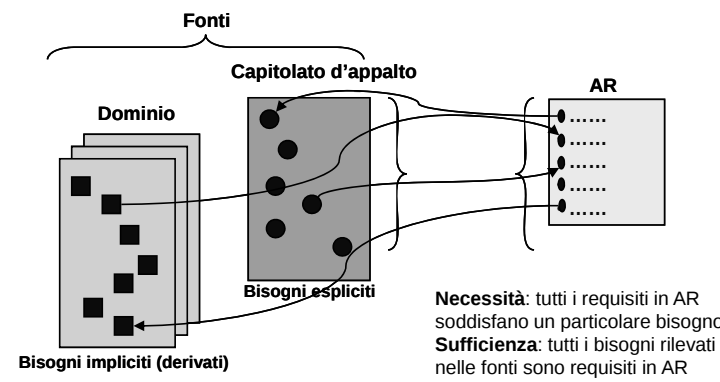
Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

31 / 42



Ingegneria dei requisiti

Attività di analisi – 4



Fonti

Dominio

Capitolato d'appalto

AR

Bisogni espliciti

Bisogni impliciti (derivati)

Necessità: tutti i requisiti in AR soddisfano un particolare bisogno

Sufficienza: tutti i bisogni rilevati nelle fonti sono requisiti in AR

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

32 / 42



Ingegneria dei requisiti

Attività di analisi – 5

❑ Documenti di prodotto spesso scritti in linguaggio naturale

○ Rischio di ambiguità interpretativa

○ Certe linee guida aiutano a evitare espressioni ambigue

- Per ottenere e garantire terminologia consistente

❑ L'uso di metodi (semi-)formali di specifica aiuta a ridurre gli errori di interpretazione

○ Diagrammi e formule invece di testo e disegni in stile libero

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

33 / 42



Ingegneria dei requisiti

Attività di analisi – 6

❑ IEEE 830-1998: Recommended Practice for Software Requirements Specifications

○ La specifica dei requisiti deve avere 8 qualità essenziali

1. Priva di ambiguità (UNAMBIGUOUS)

2. Corretta (CORRECT)

3. Completa (COMPLETE)

4. Verificabile (VERIFIABLE)

5. Consistente (CONSISTENT)

6. Modificabile (MODIFIABLE)

7. Tracciabile (TRACEABLE)

8. Ordinata per rilevanza (RANKED)

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

34 / 42



Ingegneria dei requisiti

Attività di analisi – 7

❑ IEEE 830-1998: Documento AR (SRS)

○ Introduzione

1. Scopo del documento

2. Scopo del prodotto

3. Glossario (definizioni, acronimi, abbreviazioni)

4. Riferimenti (normativi, informativi)

5. Struttura del documento

○ Descrizione generale

1. Prospettive sul prodotto

2. Funzioni del prodotto

3. Caratteristiche degli utenti

4. Vincoli generali

5. Assunzioni e dipendenze

○ (continua ...)

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

35 / 42



Ingegneria dei requisiti

Attività di analisi – 8

❑ (continua ...)

○ Specifica dei requisiti

● Definizione dei requisiti utente

● Architettura del sistema

● Definizione dei requisiti di sistema

● Modelli del sistema

● Evoluzione del sistema

○ Eventuali appendici

Espressi in linguaggi

• semi-formali (grafici o algebrici)

• operazionali (diagrammi di flusso)

• dichiarativi (diagrammi E/R)

• misti (UML)

• formali

• operazionali (automi, algebre)

• dichiarativi (logiche)

• misti (macchine astratte)

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

36 / 42

UniPD - 2012 - Ingegneria del Software mod. A

9



Ingegneria dei requisiti

Verifica dei requisiti – 1

- ❑ Eseguita su un documento organizzato
- ❑ Tramite *walkthrough*
 - Lettura a largo spettro
- ❑ Oppure ispezione
 - Lettura mirata e strutturata
 - Esempio: tecnica del lemmario (indicizzazione dei lemmi)
 - Efficacia provata sperimentalmente (rileva ~60% dei problemi)
- ❑ Matrice delle dipendenze
 - A fini di tracciamento

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

37 / 42



Ingegneria dei requisiti

Verifica dei requisiti – 2

- ❑ Chiarezza espressiva
 - L'uso del linguaggio naturale rende difficile coniugare chiarezza con facilità di lettura
- ❑ Chiarezza strutturale
 - Separazione tra requisiti funzionali e non-funzionali
 - Classificazione precisa, uniforme e accurata
- ❑ Atomicità e aggregazione
 - Requisiti elementari
 - Correlazioni chiare ed esplicite

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

38 / 42



Ingegneria dei requisiti

Gestione dei requisiti

- ❑ Identificazione, classificazione
 - Identificatore unico
 - Garantito da DBMS
 - Numerazione sequenziale basata sulla struttura del documento
 - Esempio: 2.4.7
 - Coppie <CATEGORIA, NUMERO>
- ❑ Gestione di cambiamenti
 - Valutazione di fattibilità tecnica ed impatto sul progetto
- ❑ Tracciabilità
 - Requisiti ↔ parti della specifica ↔ componenti del sistema
 - Strumenti di supporto informatico

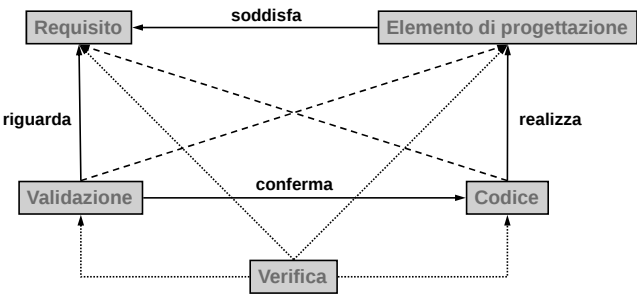
Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

39 / 42



Ingegneria dei requisiti

Tracciabilità a livello di progetto



```
graph TD
    R[Requisito]
    EP[Elemento di progettazione]
    V[Validazione]
    C[Codice]
    Ver[Verifica]

    EP -- soddisfa --> R
    EP -- realizza --> C
    V -- conferma --> C
    V -.->|riguarda| R
    V -.->|riguarda| EP
    Ver -.-> R
    Ver -.-> EP
```

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

40 / 42



Ingegneria dei requisiti

Presa in carico dei requisiti

❑ **L'inizio della progettazione architeturale**

- **Può essere influenzata da esigenze o eventuali opportunità di riuso (sistematico!)**
 - Componenti aziendali preesistenti
 - Componenti commerciali
 - Componenti imposti dal cliente
- **Componenti riusabili possono includere**
 - Codice sorgente o eseguibile
 - Specifiche di interfaccia (p.es. API)
 - Modelli architeturali (*design pattern*)

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

41 / 42



Ingegneria dei requisiti

Implicazioni di costo e di qualità

❑ **Cause di abbandono (Standish Group 1995)**

- **Requisiti incompleti**
- **Insufficiente coinvolgimento del cliente (e/o dell'utente)**
 - Cliente e utente non sono necessariamente la stessa entità
- **Scarsità di risorse**
- **Attese irrealistiche**
- **Volatilità di specifiche e requisiti**
- **Insufficiente competenza tecnologica e/o metodologica del fornitore**

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

42 / 42