



## Ingegneria dei requisiti

# IS

Anno accademico 2009/10  
Ingegneria del Software mod. A

Tullio Vardanega, [tullio.vardanega@math.unipd.it](mailto:tullio.vardanega@math.unipd.it)

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 1/38



## Ingegneria dei requisiti

### Definizioni – 1

- ❑ **Requisito secondo il glossario IEEE**
  1. Una condizione/una capacità necessaria a un utente per risolvere un problema [...]
  2. Una condizione/una capacità che deve essere soddisfatta/posseduta [...] da un sistema [...] per adempiere a un contratto [...]
  3. La descrizione di una condizione/una capacità come in 1 o 2

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 2/38



## Ingegneria dei requisiti

### Definizioni – 2

- ❑ **Verifica**
  - Intende accertare che l'esecuzione delle attività di processo non abbia introdotto errori
    - Did I build the system right?
  - È principalmente rivolta ai processi
    - Viene svolta sui loro prodotti
- ❑ **Validazione**
  - Intende accertare che il prodotto realizzato dai processi corrisponda alle attese
    - Did I build the right system?

Qualifica

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 3/38



## Ingegneria dei requisiti

### Tipi di sistema

- ❑ **Technical computer-based systems [T]**
  - Systems that include hardware and software 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 2004 Software Engineering, 7th edition

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 4/38



## 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 5/38



## Ingegneria dei requisiti

### Proprietà emergenti

- ❑ **Properties of the system as a whole**
  - Rather than derived from the properties of system components
    - *Esempi:*  
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 6/38

Ingegneria dei requisiti

## Ingegneria dei requisiti – 1

- Parte fondamentale dell'ingegneria di sistema
  - Richiede competenze specifiche
- L'insieme di attività necessarie per il trattamento sistematico dei requisiti
  - Non è un processo a se stante ma attività chiave del processo di sviluppo
- I requisiti *software* sono uno dei principali prodotti di tali attività
- Le attività riguardano prima di tutto il sistema del quale il *software* è parte

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 7/38

Ingegneria dei requisiti

## Ingegneria dei requisiti – 2

- Così importante da trattare come "processo" logico a ciclo PDCA
  - Da formalizzare e pianificare (P)
    - Istanziamento di processo, piano delle attività
  - Da eseguire e gestire (D)
    - Coinvolgendo attività di processi primari, organizzativi, di supporto
  - Da verificare e migliorare (CA)
    - Per efficienza di processo e di efficacia di prodotto
- Servono competenze specifiche di gestione di processo

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 8/38

Ingegneria dei requisiti

## Ingegneria dei requisiti – 3

- Attività richieste
  - Analisi
    - Analisi dei bisogni e delle fonti, classificazione, modellazione concettuale, decomposizione del sistema, allocazione, negoziazione
  - Verifica e validazione
    - Tramite revisione interna e/o esterna, prototipazione, analisi del modello concettuale
  - Produzione (dei documenti di specifica)
    - Studio di Fattibilità, Analisi dei Requisiti, Specifica Tecnica
  - Gestione e manutenzione dei prodotti
    - Tracciamento dei requisiti, gestione dei cambiamenti

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 9/38

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 10/38

Ingegneria dei requisiti

## Ripartizione e attribuzione

©Ian Sommerville 2004 Software Engineering, 7th edition

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 11/38

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 12/38

 Ingegneria dei requisiti

## Attività chiave

- Analisi dei bisogni e delle fonti**
  - Propedeutica a identificazione, analisi e specifica dei requisiti
- Partizionamento del sistema (modello concettuale) in componenti**
  - Visione architeturale del modello concettuale dei requisiti
    - Non è ancora progettazione ma serve per avviare il lavoro del progettista
- Attribuzione di requisiti a componenti**

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 13/38

 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 14/38

 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*)**
  - Maggiore uso di componenti prefabbricati
  - Realizzazione di componenti riusabili
- Programmazione OO**
  - Più facilmente automatizzabile

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 15/38

 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 *software*)
    - Studio di Fattibilità (da qui in poi responsabilità esclusiva del fornitore)
    - Analisi dei Requisiti
- Ripartizione e attribuzione dei requisiti**
  - Modellazione concettuale del sistema *software* con prima caratterizzazione architeturale dei componenti
    - Specifica Tecnica

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 16/38

 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 17/38

 Ingegneria dei requisiti

## Studio di fattibilità – 2

- Fattibilità tecnico-organizzativa**
  - Strumenti per la realizzazione
  - Soluzioni algoritmiche e architetture
  - 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 18/38

 Ingegneria dei requisiti

## Studio di fattibilità – 3

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

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 19/38

 Ingegneria dei requisiti

## Tecniche di analisi

- **L'analisi dei bisogni e delle fonti richieste**
  - **Interviste con il cliente**
    - Comprensione del dominio
  - **Generazione e analisi di scenari**
  - **Prototipazione**
    - Interna (per il fornitore)
    - Esterna (per il cliente)
  - **Discussioni creative**
    - *Brainstorming* (approccio maieutico)
  - **Osservazione dei comportamenti**

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 20/38

 Ingegneria dei requisiti

## Dominio e glossario

- **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 21/38

 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
  - I requisiti possono essere sia espliciti che impliciti
    - Quelli impliciti sono fissati dal dominio applicativo

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 22/38

 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 attuati nel progetto**
    - Esempio: imposizione di una particolare tecnologia di sviluppo (un linguaggio, uno strumento); adozione di uno standard di programmazione
    - Rispondono alla domanda: *come?*

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 23/38

 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 (non-funzionali)**
- **Gli attributi di processo esprimono**
  - **Requisiti non 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 del sistema

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 24/38

Ingegneria dei requisiti

## Classificazione dei requisiti – 3

Requirement

Project requirement → System requirement ← Process requirement

Functional requirement    Attribute    Constraint → Non-functional requirement

Functionality and behavior: Functions, Data, Stimuli, Reactions, Behavior

Performance requirement: Time and space bounds: Timing, Speed, Volume, Throughput

Specific quality requirement: Reliability, Usability, Security, Availability, Portability, Maintainability

Physical, Legal, Cultural, Environmental, Design&Implementation, Interface

M. Glanz, On Non-Functional Requirements, 15th IEEE International Conference on Requirements Engineering, October 2007, 21-26

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 25/38

Ingegneria dei requisiti

## Classificazione dei requisiti – 4

□ 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 26/38

Ingegneria dei requisiti

## Classificazione dei requisiti – 5

□ Rilevanza strategica

- Requisiti obbligatori
  - Irrinunciabili per il cliente
- Requisiti desiderabili
  - Non strettamente necessari ma a valore aggiunto riconoscibile
- Requisiti opzionali
  - Relativamente utili oppure contrattabili in seguito

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 27/38

Ingegneria dei requisiti

## Attività di analisi – 2

□ Non tutti i requisiti di sistema sono simultaneamente soddisfabili

- Alcuni possono essere tecnicamente impossibili
  - Esempio: integrare componenti *software* scritti in linguaggi incompatibili tra loro
- Alcuni possono avere realizzazione troppo costosa
  - Esempio: qualificare un componente *software* di cui non si possiede il sorgente
- Alcuni possono essere mutuamente esclusivi tra loro
  - Esempio: 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 28/38

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 29/38

Ingegneria dei requisiti

## Attività di analisi – 4

Fonti

Capitolato d'appalto

Dominio

Bisogni impliciti (derivati)

Bisogni espliciti

AR

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 30/38

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 Padova31/38

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 Padova32/38

Ingegneria dei requisiti

## Attività di analisi – 7

- ❑ **Documento AR (SRS) per IEEE 830-1998**
  - **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
  - **Requisiti specifici** →
  - **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 Padova33/38

Ingegneria dei requisiti

## Verifica dei requisiti – 1

- ❑ **Eseguita su un documento già organizzato**
- ❑ **Walkthrough**
  - **Letture a largo spettro**
- ❑ **Ispezione**
  - **Letture 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 Padova34/38

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 Padova35/38

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 Padova36/38



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 Padova37/38



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 Padova38/38