



Ingegneria dei requisiti



Anno accademico 2015/16
Ingegneria del Software mod. A

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

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 1/42



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 accertare 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 Padova 3/42



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**
 - Visione dal lato del bisogno
 2. **Condizione (*capability*) che deve essere soddisfatta o posseduta da un sistema per adempiere a un obbligo (contratto, standard, specifica, documento formale)**
 - Visione dal lato della soluzione
 3. **Descrizione documentata di una condizione (*capability*) come in 1 o 2**

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 2/42



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 aware of its use environment* ←
- **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*

©lan Sommerville 2004 Software Engineering, 7th edition

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 4/42



Ingegneria dei requisiti

Caratteristiche di un 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

Ingegneria dei requisiti

- ❑ **Parte integrante dell'ingegneria di sistema**
 - Richiede competenze specializzate
- ❑ **L'insieme di attività necessarie per il trattamento sistematico dei requisiti**
 - Per ISO/IEC 12207 non è un processo a se stante
 - Ma è attività chiave del processo di sviluppo
- ❑ **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

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova**7/42**



Ingegneria dei requisiti

Emergent properties

- ❑ **Properties of the system as a whole**
 - *Rather than directly derived from the properties of system components*
- ❑ **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

Attività necessarie – 1

- ❑ **Analisi**
 - Studio dei bisogni e delle fonti
 - Classificazione dei requisiti
 - Modellazione concettuale del sistema (*visione Use Case*)
 - Assegnazione dei requisiti a parti distinte del sistema
 - Negoziazione con il committente e con i sotto-fornitori
- ❑ **Specifica di verifica e validazione**
 - Definizione delle strategie di verifica
 - Scelta dei metodi, tecniche e procedure da usare per la validazione

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova**8/42**

 **Ingegneria dei requisiti**
Attività necessarie – 2

- ❑ **Studio dei bisogni e delle fonti**
 - Propedeutico a identificazione, specifica e classificazione dei requisiti
- ❑ **Modellazione concettuale del sistema**
 - Partizionamento in componenti (ambiti) a scopo di allocazione dei requisiti (con diagrammi dei casi d'uso)
 - **Non** è progettazione della soluzione
- ❑ **Attribuzione di requisiti a «parti»**

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 9/42

 **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**
Processi coinvolti

- ❑ **Documentazione**
 - Studio di fattibilità
 - Analisi dei requisiti
- ❑ **Gestione e manutenzione dei prodotti**
 - Tracciamento dei requisiti
 - Impostazione e gestione della configurazione
 - La prima *baseline* riguarda i requisiti
 - **Gestione dei cambiamenti** ←
 - Ha bisogno di regole, procedure e strumenti di versionamento

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 10/42

 **Ingegneria dei requisiti**
Con modello agile

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 12/42

 **Ingegneria dei requisiti**
Prodotti attesi

- ❑ **Dall'analisi dei bisogni e delle fonti**
 - **Definizione dei bisogni (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**
- ❑ **Dalla ripartizione dei requisiti**
 - **Modellazione concettuale del sistema SW con prima caratterizzazione architettuale dei componenti**
 - **Specifica Tecnica**

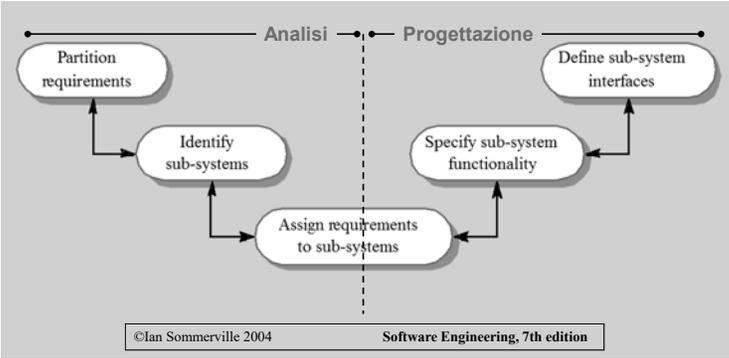
Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova **13/42**

 **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 **15/42**

 **Ingegneria dei requisiti**
Analisi vs. Progettazione



©Ian Sommerville 2004 Software Engineering, 7th edition

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova **14/42**

 **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*)**
 - **Riuso di componenti prefabbricati**
 - **Realizzazione di componenti riusabili**
- ❑ **Programmazione OO**
 - **Più facilmente automatizzabile**

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova **16/42**



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**17/42**



Ingegneria dei requisiti

Studio di fattibilità – 3

- Valutazione delle scadenze temporali**
 - **Risorse disponibili rispetto a quelle necessarie**
- Valutazione delle alternative**
 - **Scelte architeturali**
 - 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**19/42**



Ingegneria dei requisiti

Studio di fattibilità – 2

- Fattibilità tecnico-organizzativa**
 - **Strumenti per la realizzazione**
 - **Soluzioni algoritmiche e architeturali**
 - **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**18/42**



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**20/42**

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**
 - **Necessario per l'interazione con il committente**
 - **Consolidato tramite uso nelle interviste**

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

21/42

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

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 devo fare?**
 - **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 devo farlo?**

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

22/42

Ingegneria dei requisiti

Classificazione dei requisiti – 3

```

graph TD
    Req[Requirement] --> PR[Project requirement]
    Req --> SR[System requirement]
    Req --> PRQ[Process requirement]
    SR --> FR[Functional requirement]
    SR --> Attr[Attribute]
    SR --> Con[Constraint]
    SR --> EFR[Extra-functional requirement]
    FR --> FB[Functionality and behavior]
    Attr --> PRQ2[Performance requirement]
    Attr --> SQR[Specific quality requirement]
    Con --> Phys[Physical]
    FB --> FB_L["Functions<br/>Data<br/>Stimuli<br/>Reactions<br/>Behavior"]
    PRQ2 --> PRQ2_L["Time and space bounds<br/>Timing<br/>Speed<br/>Volume<br/>Throughput"]
    SQR --> SQR_L["'-ilities':<br/>Reliability<br/>Usability<br/>Security<br/>Availability<br/>Portability<br/>Maintainability<br/>..."]
    Phys --> Phys_L["Physical<br/>Legal<br/>Cultural<br/>Environmental<br/>Design&Implementation<br/>Interface<br/>..."]
    
```

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova

24/42

Ingegneria dei requisiti

Classificazione dei requisiti – 4

```
graph TD; NFR[Non-functional requirements] --> PR[Product requirements]; NFR --> OR[Organisational requirements]; NFR --> ER[External requirements]; PR --> ER1[Efficiency requirements]; PR --> RR[Reliability requirements]; PR --> PR1[Portability requirements]; OR --> IR[Interoperability requirements]; ER --> ER2[Ethical requirements]; ER1 --> UR[Usability requirements]; ER1 --> PR2[Performance requirements]; ER1 --> SR[Space requirements]; PR1 --> DR[Delivery requirements]; PR1 --> IR1[Implementation requirements]; ER2 --> SR1[Standards requirements]; ER2 --> LR[Legislative requirements]; LR --> PR3[Privacy requirements]; LR --> SR2[Safety requirements];
```

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 25/42

Ingegneria dei requisiti

Classificazione dei requisiti – 6

- ❑ **I requisiti hanno diversa utilità strategica**
 - **Obbligatori**
 - Irrinunciabili per un qualsiasi *stakeholder*
 - **Desiderabili**
 - Non strettamente necessari ma a valore aggiunto riconoscibile
 - **Opzionali**
 - Relativamente utili oppure contrattabili in seguito
- ❑ **I requisiti non devono essere in conflitto tra loro**

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 27/42

Ingegneria dei requisiti

Classificazione dei requisiti – 5

- ❑ **I requisiti devono essere verificabili**
 - **Chi fissa 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 deve soddisfare un requisito deve saperne valutare costo e complessità di verifica**

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 26/42

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 28/42

Ingegneria dei requisiti

Attività di analisi – 2

- ❑ **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 29/42

Ingegneria dei requisiti

Attività di analisi – 4

- ❑ **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 31/42

Ingegneria dei requisiti

Attività di analisi – 3

The diagram illustrates the flow of information from sources to requirements. On the left, a stack of documents represents the 'Dominio' (Domain), with 'Bisogni impliciti (derivati)' (Derived implicit needs) indicated below it. In the center, a box labeled 'Capitolato d'appalto' (Tender) contains 'Bisogni espliciti' (Explicit needs). On the right, a box labeled 'AR' (Requirements) contains a list of requirements. Arrows show the flow from the domain to the tender, and from the tender to the requirements. A bracket above the tender and domain boxes is labeled 'Fonti' (Sources).

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 30/42

Ingegneria dei requisiti

Attività di analisi – 5

- ❑ **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 32/42



Ingegneria dei requisiti
Attività di analisi – 6

- ❑ **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**33/42**



Ingegneria dei requisiti
Verifica dei requisiti – 1

- ❑ **Eseguita su un documento organizzato**
- ❑ **Tramite *walkthrough***
 - **Letture a largo spettro**
- ❑ **Oppure 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 Padova**35/42**



Ingegneria dei requisiti
Attività di analisi – 7

- ❑ **(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**34/42**



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**36/42**

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 37/42

Ingegneria dei requisiti

Presenza 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 architettonici (*design pattern*)

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 39/42

Ingegneria dei requisiti

Tracciabilità a livello di progetto

```
graph TD; R[Requisito] -- soddisfa --> EP[Elemento di progettazione]; EP -.-> R; V[Validazione] -- riguarda --> R; R -.-> V; EP -- realizza --> C[Codice]; C -.-> EP; V -- conferma --> C; C -.-> V; Ver[Verifica] -.-> R; Ver -.-> EP; Ver -.-> C;
```

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova 38/42

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 40/42



Ingegneria dei requisiti

Stati di progresso per SEMAT – 1

- Conceived**
 - Il committente è identificato e gli *stakeholder* vedono sufficienti opportunità per il progetto
- Bounded**
 - I bisogni macro sono chiari, i meccanismi di gestione dei requisiti (configurazione e cambiamento) sono fissati
- Coherent**
 - I requisiti sono classificati e quelli essenziali (obbligatori) sono chiari e ben definiti

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova41/42



Ingegneria dei requisiti

Stati di progresso per SEMAT – 2

- Acceptable**
 - I requisiti fissati definiscono un sistema soddisfacente per gli *stakeholder*
- Addressed**
 - Il prodotto soddisfa i principali requisiti al punto da poter meritare rilascio e uso
- Fulfilled**
 - Il prodotto soddisfa abbastanza requisiti da meritare la piena approvazione degli *stakeholder*

Corso di Laurea in Informatica, Università di Padova42/42