

Ingegneria dei Requisiti

Corso tenuto dal Professor Mariano Ceccato

Università degli Studi di Verona

Alessio Gjergji

Indice

1	Introduzione	3
1.1	Terminologia di base	3
1.1.1	Le due versioni del mondo	4
1.1.2	I requisiti di sistema e i requisiti software	4
1.2	Scope dell'ingegneria dei requisiti	5
1.2.1	La dimensione del perché	5
1.2.2	La dimensione del cosa	6
1.2.3	La dimensione del chi	6
1.3	Tipologie di requisiti	6
1.3.1	Requisiti di sistema e requisiti software	7
1.3.2	Relazione tra i requisiti software e i requisiti di sistema	8
1.4	Categorie di requisiti	8
1.5	Il ciclo di vita dei requisiti	8
1.5.1	Comprensione del dominio	8
1.5.2	Elicitazione dei requisiti	9
1.5.3	Valutazione e negoziazione	9
1.5.4	Specificazione e documentazione	9
1.5.5	Consolidamento dei requisiti	9
1.6	Target qualitativi dei requisiti	10
1.6.1	Errori comuni	11
1.6.2	Il processo di ingegneria dei requisiti può variare a seconda del tipo di progetto	11
1.7	Ostacoli nell'ingegneria dei requisiti	12
1.7.1	Ostacoli alla buona pratica dell'ingegneria dei requisiti	12
1.7.2	Sviluppo Agile e Ingegneria dei Requisiti	13
1.7.3	Assunzioni forti per il successo dell'agilità	13
2	Elicitazione dei requisiti	15
2.1	Acquisizione della conoscenza	15
2.1.1	Analisi degli stakeholder	16
2.1.2	Difficoltà nell'acquisizione della conoscenza dagli stakeholder	16
2.2	Tecniche di Elicitazione guidate dagli Artefatti	17
2.2.1	Studio del background	17

2.2.2	Raccolta dei dati	17
2.2.3	Questionari	17
2.2.4	Card sorting e repertory grids	18
2.2.5	Scenari e storyboard	19
2.2.6	Prototipi e mock-up	20
2.2.7	Riutilizzo della Conoscenza	21
2.3	Tecniche di Elicitazione guidate dagli Stakeholder	22
2.3.1	Interviste	22
2.3.2	Osservazione e Studi Etnografici	23
2.3.3	Sessioni di Gruppo	24
3	Validazione	26
3.1	Decisione Basata sulla Negoziazione	26
3.2	Gestione delle Inconsistenze	26
3.2.1	Tipi di Inconsistenza nell'Ingegneria dei Requisiti	27
3.2.2	Gestione delle Inconsistenze	28
3.2.3	Come risolvere le Inconsistenze	28
3.3	Analisi dei rischi	31
3.3.1	Tipologie di rischi	31
3.3.2	Come affrontare i rischi	32
3.3.3	Documentazione dei Rischi	35
3.3.4	Defect Detection Prevention	35
3.4	Confronto delle opzioni alternative	36
3.4.1	Valutazione Qualitativa e Quantitativa	36
3.4.2	Criteri di Valutazione	36
3.5	Prioritizzazione dei requisiti	36
3.5.1	Principi di Prioritizzazione dei Requisiti	36
3.5.2	Tecnica di Valutazione Valore-Costo	37
3.5.3	Implementazione della Prioritizzazione	37
4	Specifica e documentazione	38
4.1	Documentazione libera in linguaggio naturale	39
4.2	Documentazione strutturata nel linguaggio naturale	39
4.2.1	Regole locali	40
4.3	Documentazione strutturata con l'ausilio di diagrammi	42
4.3.1	Scope del sistema	42
4.3.2	Diagrammi Entità-Relazione	44
4.3.3	Diagrammi SADT (Structured Analytics Design Technique)	45
4.3.4	Diagrammi di Flusso dei Dati (<i>Dataflow Diagrams</i>)	46
4.3.5	Use Case Diagram	47
4.3.6	Event trace diagrams	48
4.3.7	State Machine Diagram	48
4.3.8	R-net Diagram	49
4.4	Integrare i Diagrammi in un sistema multi-vista	50

Capitolo 1

Introduzione

1.1 Terminologia di base

Per avere un'implementazione corretta e completa del software dobbiamo fare in modo che il software risolva un problema concreto del mondo reale. Dobbiamo quindi comprendere correttamente il mondo reale, ovvero come funziona, come dovrebbe funzionare, quali sono i vincoli che governano, capire il contesto in cui il software deve operare. Questo è il compito dell'ingegneria dei requisiti.

Esempio

- **Problema:** la gestione del freno a mano in un'automobile moderna potrebbe essere automatizzato.
- **Contesto:** se l'automobile è in movimento, se si sta frenando, se è intenzione del guidatore fermarsi, se il guidatore ha premuto il pedale del freno, ...

Quando parliamo di **requisiti** dobbiamo inoltre definire il **mondo**. Quando definiamo il mondo, abbiamo a che fare con elementi molto complessi che contengono di fatto elementi umani (*lo staff, l'utente, il cliente, ...*), elementi fisici (*dispositivi, software legacy, la natura, ...*) e dovrà quindi adattarsi alla situazione esistente.

Dobbiamo definire anche il mondo delle **macchine**. Parliamo quindi di tutto ciò che dovrà essere implementato e/o acquistato, come ad esempio *database, server, client, ...* e i componenti hardware e software che dovranno essere implementati.

L'ingegneria dei requisiti non si limita solamente al mondo delle macchine, ma tiene in considerazione anche gli effetti che il software ha sul mondo reale, che dovrà modellare.

Il mondo e le macchine hanno i propri fenomeni, ma ne condividono anche alcuni. Ad esempio, il mondo ha il *rilascio del freno a mano*, mentre le macchine hanno `errorCode = 013`. Nell'intersezione potremmo avere ad esempio `motor.Regime = 'up'`.

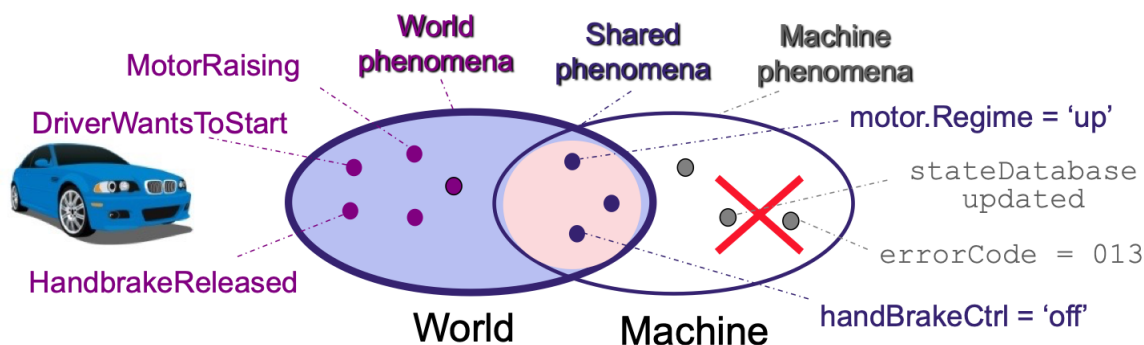


Figura 1.1.1: Il mondo e le macchine

Quando parliamo di requisiti, consideriamo solamente la parte relativa al mondo, che comprende quindi anche l'intersezione. È importante comprendere che non descrivono **nulla** riguardo alle macchine.

1.1.1 Le due versioni del mondo

Il sistema è l'insieme delle interazioni delle componenti che strutturano il mondo.

- Il sistema **as-is**: si tratta del sistema prima che il software venga implementato. Questo sistema è composto da solamente dal mondo.
- Il sistema **to-be**: si tratta del sistema come dovrebbe essere quando il software opererà. Questo sistema è composto dall'unione del mondo e delle macchine.

Definizione preliminare dell'ingegneria dei requisiti

Consiste in una serie di attività collegate tra loro che ci permettono di esplorare, valutare, documentare, consolidare, rivedere e adattare quelli che sono gli obiettivi, le capacità, i vincoli e le assunzioni in un sistema software. Basato sui problemi del sistema **as-is** e le opportunità date dalle nuove tecnologie.

1.1.2 I requisiti di sistema e i requisiti software

Il sistema (*unione del mondo reale e del sistema software*) sono i requisiti che fanno riferimento a tutto, si tratta degli statement che fanno parte del **system to-be**, mentre i requisiti software sono un sottoinsieme dei requisiti di sistema, fanno quindi riferimento solamente al **software to-be**, di fatto le funzionalità che il software che dovrà fornire per rispondere in maniera adeguata ai problemi del nostro utente.

1.2 Scope dell'ingegneria dei requisiti

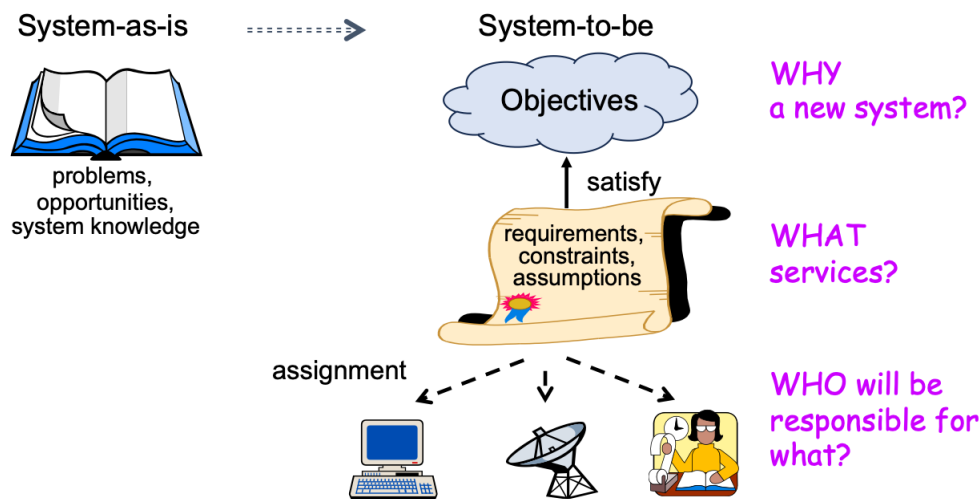


Figura 1.2.1: Scope dell'ingegneria dei requisiti

Prima di iniziare a lavorare sui requisiti, abbiamo il nostro system as-is, che comprenderà i problemi, le opportunità e le conoscenze sul sistema. Da qui mapperemo il tutto nel system to-be. Per comprendere al meglio il system to-be, dobbiamo ragionare in tre prospettive:

- Perché: quali sono gli obiettivi dell'abbinamento tra software e mondo reale. Quindi quali sono le necessità che il software dovrà soddisfare.
- Cosa: quali sono le funzionalità che il software dovrà fornire per soddisfare i bisogni del cliente, quali saranno i vincoli e le assunzioni che il software dovrà rispettare.
- Chi: chi sarà responsabile della fornitura delle funzionalità.

Questa è la chiave di lettura quando ragioniamo in termini di software: dobbiamo capire quali sono le funzionalità espone e come queste danno una risposta agli obiettivi che ci siamo posti e chi ha la responsabilità di implementare tali funzionalità, se una persona, un componente interno al sistema, un componente esterno, Ci saranno quindi delle viste diverse che ci permetteranno di ragionare in questo spazio tridimensionale.

1.2.1 La dimensione del perché

Si tratta dell'identificazione degli obiettivi di cui il sistema software dovrà dare risposta. Vanno identificati, perciò l'interazione con gli stakeholder è essenziale, ma vanno inoltre analizzati. Tali obiettivi andranno poi rifiniti, perché tipicamente quello che viene raccolto in prima battuta è molto astratto e di alto livello. Vedremo in seguito come questi obiettivi verranno rifiniti e a che livello di dettaglio verranno portati.

Ci sono delle difficoltà intrinseche nel definire gli obiettivi:

- È importante capire il dominio del problema, ovvero capire il contesto in cui il software dovrà operare.
- Valutare opzioni alternative (*strade differenti per soddisfare lo stesso obiettivo*). Qui è opportuno limitare le scelte per poter fare una scelta più consapevole quando si avrà una conoscenza del dominio più approfondita per poter valutare in maniera più consapevole le opzioni alternative.
- Potremmo avere obiettivi in contrasto tra loro.

1.2.2 La dimensione del cosa

Sostanzialmente mira a identificare le funzionalità messe a disposizione all'interno del sistema software. L'obiettivo è dare una risposta agli obiettivi identificati nella fase precedente in maniera adeguata. Ci saranno quindi delle metriche per misurare l'adeguatezza di tali risposte in modo che gli utenti siano soddisfatti a pieno delle funzionalità.

Le risposte dovranno essere fornite in maniera realistica, elaborando una soluzione che sia compatibile con quelli che sono i vincoli ambientali.

Anche qui ci sono delle difficoltà:

- Identificazione delle esatte funzionalità che dovranno essere fornite.
- Le funzionalità devono essere descritte in modo che siano comprensibili da tutti gli attori coinvolti, dove gli **attori** sono sia gli ingegneri del software e dei requisiti, sia gli stakeholder.
- Garantire una tracciabilità tra gli obiettivi rispetto alle funzionalità, ovvero un *link* tra gli obiettivi e le funzionalità che dovranno essere implementate. Il link è importante perché se ci accorgiamo che la motivazione cambia, probabilmente cambierà anche il "cosa".

1.2.3 La dimensione del chi

Si tratta di identificare chi sarà responsabile della fornitura delle funzionalità. Le varie responsabilità possono essere distribuite tra più attori, sia interni che esterni al sistema, possono essere quindi hardware o software o persone.

La difficoltà principale è quella di identificare il giusto grado di autonomia. Anche qui è opportuno documentare le alternative ma non adottarle subito, in modo da poter fare una scelta più consapevole in seguito. Solitamente si adotta un approccio iterativo raffinando le scelte in base alle informazioni che si acquisiscono nel tempo.

1.3 Tipologie di requisiti

Quando parliamo di requisiti, possiamo adottare due tipologie di registri:

- **Descrittivo:** raccontiamo le proprietà del sistema **indipendentemente** da come dovrebbe funzionare. Dipendendo quindi da leggi naturali, le leggi fisiche, i vincoli di sistema.

Esempio: se le porte del treno sono chiuse, allora non sono aperte.

- **Percettivo:** raccontiamo le proprietà desiderabili nel sistema che potrebbero dipendere o meno dal comportamento del sistema.

Esempio: le porte dovrebbero sempre rimanere chiuse quando il treno è in movimento.

La seconda tipologia di frasi sono quelle che possono essere negoziate, cambiate, modificate, mentre le prime sono inalterabili.

Gli statement formulati possono avere differenze per quanto riguarda lo scope. Quindi potrebbero riferirsi a fenomeni che riguardano solamente l'ambiente o tra l'ambiente e il sistema software.

1.3.1 Requisiti di sistema e requisiti software

I requisiti di sistema sono frasi prescrittive che si riferiscono ai fenomeni ambientali e dovranno essere soddisfatti dal sistema software. Tali frasi dovranno essere formulate con un vocabolario che sia comprensibile da tutti gli attori coinvolti. Ad esempio, `TrainMoving` \rightarrow `DoorsClosed`.

I requisiti software sono frasi prescrittive che si riferiscono ai fenomeni condivisi tra il sistema software e l'ambiente, che sono supportate dal software-to-be. Tali frasi sono formulate nel vocabolario degli sviluppatori. Ad esempio, `measuredSpeed` $\geq 0 \rightarrow$ `doorState` = 'closed'.

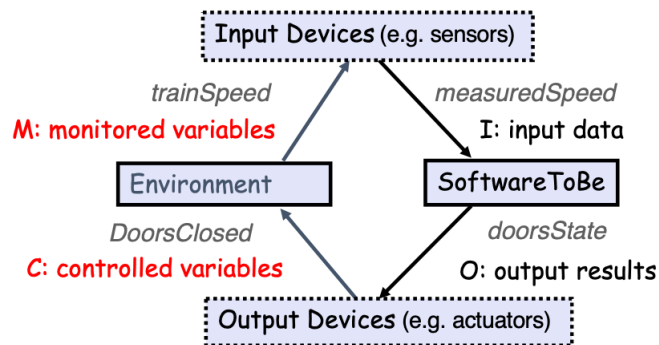
Proprietà di dominio, assunzioni e definizioni

Una proprietà di **dominio** è frase descrittiva che riguarda un fenomeno del mondo reale, che avviene indipendentemente dall'esistenza del sistema software. Ad esempio, "se l'accelerazione del treno è maggiore di 0, allora la velocità del treno è diversa da 0".

Le **assunzioni** sono frasi che devono essere soddisfatte dall'ambiente quando andiamo a considerare il software-to-be e sono formulate in termini dei fenomeni del mondo reale. Tipicamente sono prescrittive, ma non sempre. Ad esempio, "la velocità misurata è diversa da 0 se e solo se la velocità del treno è diversa da 0".

Le **definizioni** sono frasi che definiscono il significato preciso del concetto del sistema o della terminologia ausiliaria. Ad esempio, "la velocità misurata è la velocità misurata dal tachimetro del treno".

1.3.2 Relazione tra i requisiti software e i requisiti di sistema



Quando parliamo di requisiti software abbiamo questo modello quaternario. Possiamo avere degli *input device* e degli *output device* che sono i componenti che permettono di far sì che il software possa interagire con il mondo reale.

Mappatura dei requisiti software e dei requisiti di sistema

Se i requisiti software sono soddisfatti, le assunzioni sono soddisfatte e le proprietà di dominio sono soddisfatte, allora i requisiti di sistema sono soddisfatti.

$$\text{SOFREQ, ASM, DOM} \models \text{SYSREQ}$$

1.4 Categorie di requisiti

I requisiti possono essere classificati in base a diverse categorie:

- **Funzionali:** sono frasi che raccontano quelle che sono le funzionalità che il software dovrà fornire per soddisfare i bisogni del cliente. Catturando il funzionamento del sistema software.
- **Non funzionali:** sono frasi che raccontano le proprietà del sistema software che non sono legate alle funzionalità. Sono quindi legati alla qualità del software. Ad esempio, la sicurezza, la performance, la scalabilità, ...

I requisiti non funzionali, essendo un po' trasversali, potrebbero non emergere direttamente dagli stakeholder, quindi è opportuno adottare delle tassonomie per poterli identificare. Possono essere raccolti mediante domande esplicite mediante interviste, questionari, ...

1.5 Il ciclo di vita dei requisiti

1.5.1 Comprensione del dominio

Prima di tutto è necessario far un passaggio di comprensione del dominio, in modo da comunicare con i committenti e gli stakeholder con la terminologia e la comprensione del dominio

stesso. Principalmente si studia il *system as-is* e si cerca di capire come funziona il mondo prima che il software venga implementato. Studiando quindi l'organizzazione, studiando i ruoli, le prassi e individuando i problemi e le opportunità. Si identificano gli stakeholder e si cerca di capire quali sono i loro bisogni e le loro aspettative.

Ciò che viene prodotto da questa prima fase è un primo glossario della terminologia del dominio.

1.5.2 Elicitazione dei requisiti

In questa fase si può iniziare ad esplorare il problema che il software dovrà risolvere. Capendo le specifiche esigenze degli stakeholder, le opportunità tecnologiche e le limitazioni.

1.5.3 Valutazione e negoziazione

A questo punto possiamo raggiungere il primo target dei requisiti concordati con gli stakeholder. Per raggiungere questo obiettivo, ci sarà, ovviamente una prima fase di negoziazione, dove emergeranno i punti di disaccordo tra le varie parti e iniziare a mediare tra essi trovando una possibile soluzione.

Tipicamente nella fase di raccolta dei requisiti, si raccolgono anche obiettivi contrastanti tra le diverse classi di stakeholder. Ad esempio alcune responsabilità potrebbero essere volute in capo a parti diverse.

Ciò che viene prodotto da questa fase è un primo documento di specifica dei requisiti.

1.5.4 Specifica e documentazione

La fase successiva è quella di documentare tali requisiti con le varie modalità per fissarli in maniera formale. Il documento dei requisiti deve essere un documento strutturato e deve essere redatto in modo che sia comprensibile da tutti gli attori coinvolti.

Ciò che viene prodotto da questa fase è un documento di specifica dei requisiti.

1.5.5 Consolidamento dei requisiti

La fase successiva è la fase di validazione e verifica, in modo da poter capire se è corretto e completo. In modo da capire se abbiamo lacune, inconsistenze e ambiguità. Per far ciò ci sono diverse tecniche per:

- Validare i requisiti: capire se i requisiti danno risposta concreta e completa a quelle che sono le necessità degli stakeholder.
- Verificare i requisiti: capire se sono presenti inconsistenze o lacune nei requisiti.
- Dovrà essere verificato rispetto a target qualitativi.

- I problemi trovati vanno risolti.

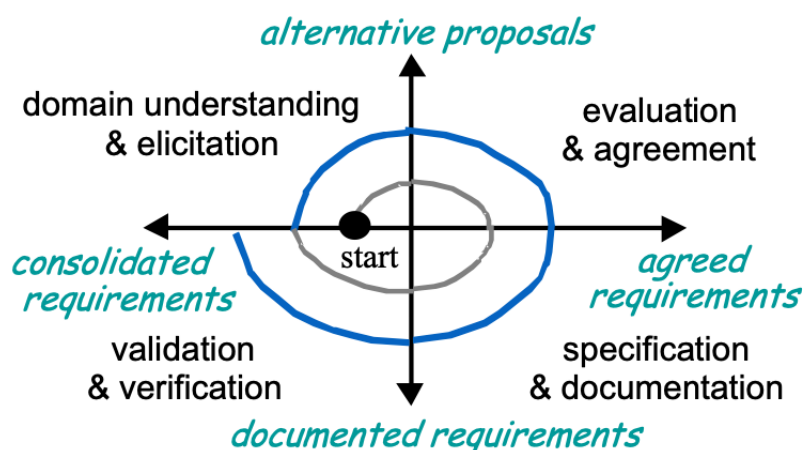
Ciò che viene prodotto da questa fase è un documento di specifica dei requisiti consolidato.

Il documento dei requisiti consolidato può fornire una base per la pianificazione del piano di test di **accettazione**. Definendo gli scenari in cui è possibile decidere se il software è completo o meno. Sono quindi **scenari** di alto livello. È possibile, inoltre, abbozzare un piano di test sviluppo.

Tale documento può essere utilizzato come base per la definizione di un contratto di fornitura del software.

La spirale dei requisiti

Nella prassi si adotta un approccio iterativo e incrementale, in modo da poter affinare i requisiti in base alle informazioni che si acquisiscono nel tempo.



Una visione evolutiva dei requisiti, che si adatta ai mutamenti dell'ambiente di lavoro, è caratteristica dello sviluppo agile del software.

1.6 Target qualitativi dei requisiti

I target di qualità, che verranno approfonditi in seguito, sono:

- **Completezza** degli obiettivi, dei requisiti e delle assunzioni
- **Coerenza** degli elementi del documento dei requisiti
- **Adeguatezza** dei requisiti, delle assunzioni e delle proprietà del dominio
- **Chiarezza** degli elementi del documento dei requisiti
- **Misurabilità** dei requisiti e delle assunzioni

- **Pertinenza** dei requisiti e delle assunzioni
- **Fattibilità** dei requisiti
- **Comprensibilità** degli elementi del documento dei requisiti
- **Buona strutturazione** del documento dei requisiti
- **Modificabilità** degli elementi del documento dei requisiti
- **Tracciabilità** degli elementi del documento dei requisiti

1.6.1 Errori comuni

Ci sono varie tipologie di errori che non devono essere commessi:

Tra questi troviamo:

- **Omissione:** l'assenza di requisiti critici rappresenta un errore grave.
- **Contraddizione:** la presenza di requisiti che si contraddicono tra loro costituisce un errore critico.
- **Inadeguatezza:** requisiti che non soddisfano le necessità o gli standard previsti sono considerati errori critici.
- **Ambiguità:** requisiti poco chiari o interpretabili in modi diversi sono errori gravi.

Altri problemi comuni includono:

- **Inmisurabilità:** requisiti che non possono essere misurati o quantificati.
- **Rumore e sovraspecificazione:** dettagli superflui o eccessivi che complicano il documento dei requisiti.
- **Infattibilità:** requisiti che non possono essere realizzati, spesso dovuti a pensieri desiderativi.
- **Inintelligibilità:** requisiti che non sono chiari o comprensibili.
- **Scarsa strutturazione:** problemi nella struttura del documento, come riferimenti anticipati o errori di organizzazione.
- **Opacità:** mancanza di trasparenza o chiarezza nei requisiti.

1.6.2 Il processo di ingegneria dei requisiti può variare a seconda del tipo di progetto

Il processo di ingegneria dei requisiti può variare significativamente in base al tipo di progetto. Alcuni dei principali fattori di variazione includono:

- **Progetti green-field vs. Progetti brown-field:** I progetti green-field partono da zero, mentre i progetti brown-field riguardano l'aggiornamento o l'espansione di sistemi esistenti.

- **Progetti guidati dal cliente vs. Progetti guidati dal mercato:** I progetti guidati dal cliente si concentrano sulle specifiche esigenze di un cliente particolare, mentre i progetti guidati dal mercato mirano a soddisfare le esigenze generali del mercato.
- **Progetti in-house vs. Progetti esternalizzati:** I progetti in-house sono sviluppati internamente all'organizzazione, mentre quelli esternalizzati vengono affidati a fornitori esterni.
- **Progetti single-product vs. Progetti product-line:** I progetti single-product riguardano un singolo prodotto, mentre i progetti product-line coinvolgono una linea di prodotti correlati.

I fattori di variazione includono:

- Il peso relativo di attività come l'elicitation, la valutazione, la documentazione, il consolidamento e l'evoluzione.
- L'intreccio tra ingegneria dei requisiti e design.
- Il peso relativo dei requisiti funzionali rispetto a quelli non funzionali.
- I tipi di stakeholder e sviluppatori coinvolti.
- Gli usi specifici del documento dei requisiti.
- L'uso di tecniche specifiche.

1.7 Ostacoli nell'ingegneria dei requisiti

Di fatto l'ingegneria dei requisiti è una disciplina molto complessa, che si trova ad affrontare diversi ostacoli. Il costo di identificare e correggere errori nei requisiti aumenta con il tempo, quindi è importante riuscire a identificarli il prima possibile. I costi in fasi avanzate possono arrivare anche a 200 volte il costo di identificazione in fase iniziale.

1.7.1 Ostacoli alla buona pratica dell'ingegneria dei requisiti

Ci sono diversi ostacoli che possono impedire una buona pratica dell'ingegneria dei requisiti. Tra questi troviamo:

- **Gli sforzi nell'ingegneria dei requisiti sono spesso spesi senza la garanzia che il contratto del progetto venga concluso:** Ciò significa che una quantità significativa di lavoro può essere svolta senza avere la certezza che il progetto andrà effettivamente avanti.
- **Pressione su scadenze strette, costi a breve termine e aggiornamenti tecnologici:** Le tempistiche ridotte, i vincoli economici e la necessità di mantenere il passo con la tecnologia possono mettere sotto pressione il processo di ingegneria dei requisiti, portando a compromessi nella qualità.
- **Scarsa disponibilità di studi sull'economia dell'ingegneria dei requisiti:** Esiste una mancanza di dati quantitativi sui benefici e sui risparmi dei costi derivanti

dall'ingegneria dei requisiti, rendendo difficile misurare il progresso rispetto alle fasi di progettazione e implementazione.

- Mancanza di dati quantitativi sui benefici e sui risparmi dei costi dell'ingegneria dei requisiti.
- Il progresso nel processo di ingegneria dei requisiti è più difficile da misurare rispetto alla progettazione e all'implementazione.

- **I documenti dei requisiti sono talvolta percepiti come:**

- Grandi, complessi e rapidamente obsoleti.
- Troppo distanti dal prodotto eseguibile che i clienti stanno pagando.

1.7.2 Sviluppo Agile e Ingegneria dei Requisiti

Lo sviluppo agile può superare alcuni degli ostacoli associati all'ingegneria dei requisiti. Alcuni dei modi in cui lo sviluppo agile riesce a farlo includono:

- **Un maggiore sviluppo agile può superare alcuni ostacoli:**
 - Fornendo in modo continuo e precoce funzionalità di valore per il cliente.
 - Riducendo la distanza tra i requisiti e il codice.
- **Cicli brevi di ingegneria dei requisiti nel processo a spirale, ciascuno seguito direttamente da un breve ciclo di implementazione:**
 - Gli incrementi funzionali utili vengono ricavati direttamente dall'utente.
 - Le fasi di valutazione, specifica e consolidamento sono spesso abbreviate (ad esempio, la specifica equivale a un caso di test sull'implementazione).
 - Gli incrementi vengono implementati e testati da un piccolo team nello stesso luogo, vicino all'utente per un feedback immediato, utilizzando regole rigorose.

1.7.3 Assunzioni forti per il successo dell'agilità

Perché l'agilità abbia successo, sono necessarie alcune assunzioni forti. Queste includono:

- **Tutti i ruoli degli stakeholder sono riducibili a un singolo ruolo:** Questo implica che le responsabilità e i compiti possono essere gestiti da un'unica figura.
- **Il progetto è sufficientemente piccolo da essere assegnabile a un singolo team di piccole dimensioni, localizzato in un unico luogo:** Questo team include programmatori, tester e manutentori.
- **L'utente può interagire prontamente ed efficacemente:** La comunicazione con l'utente deve essere rapida e produttiva.

- **La funzionalità può essere fornita rapidamente, costantemente e in modo incrementale, dalle parti essenziali a quelle meno importanti:** Non è necessaria la prioritizzazione delle funzionalità.
- **Gli aspetti non funzionali, le assunzioni sull'ambiente, gli obiettivi, le opzioni alternative e i rischi possono ricevere poca attenzione:** Questi elementi sono considerati meno critici.
- **Poca documentazione è richiesta per la coordinazione del lavoro e la manutenzione del prodotto:** La precisione dei requisiti non è essenziale; la verifica prima della codifica è meno importante di un rilascio anticipato.
- **Le modifiche ai requisiti non richiedono probabilmente un rifacimento significativo del codice:** Le modifiche ai requisiti sono gestibili senza necessità di grandi ristrutturazioni del codice.

Maggiore/minore agilità è raggiungibile con un minore/maggiore peso nelle fasi di elicitazione, valutazione, documentazione e consolidamento dei cicli di ingegneria dei requisiti.

Capitolo 2

Elicitazione dei requisiti

L'obiettivo comprendere il dominio in cui stiamo lavorando e raccogliere e capire i requisiti del software che dovrà essere implementato.

2.1 Acquisizione della conoscenza

L'acquisizione della conoscenza è una fase cruciale nel processo di ingegneria dei requisiti e include diverse attività importanti.

In primo luogo, è essenziale studiare il sistema attuale, noto come sistema *as-is*. Questo studio comprende la comprensione dell'organizzazione aziendale (*struttura, dipendenze, obiettivi strategici, politiche, flussi di lavoro e procedure operative*) e del dominio applicativo (*concetti, obiettivi, compiti, vincoli e regolamenti*). Inoltre, è necessario analizzare i problemi esistenti nel sistema attuale, identificandone sintomi, cause e conseguenze.

Un'altra attività chiave è l'analisi delle opportunità tecnologiche e delle nuove condizioni di mercato, per valutare le possibilità offerte dalle nuove tecnologie e comprendere come i cambiamenti nelle condizioni di mercato possano influenzare il sistema.

Identificare gli stakeholder del sistema è fondamentale. Gli stakeholder sono tutte le parti interessate che hanno un'influenza o sono influenzate dal sistema. Comprendere le loro esigenze e aspettative è vitale per il successo del progetto.

L'identificazione degli obiettivi di miglioramento per il sistema futuro, noto come sistema *to-be*, è un'altra attività importante. Questo include l'analisi dei vincoli organizzativi e tecnici, l'esplorazione di opzioni alternative, la definizione delle responsabilità e lo sviluppo di scenari ipotetici di interazione tra software e ambiente. Infine, è cruciale stabilire i requisiti specifici per il software e fare assunzioni sull'ambiente operativo.

Queste attività forniscono una base solida per il processo di ingegneria dei requisiti, assicurando che il sistema sviluppato soddisfi le esigenze degli stakeholder e funzioni efficacemente nel suo ambiente operativo.

Ci sono sostanzialmente due macro-approcci per l'acquisizione della conoscenza:

- **Artefact-driven:** Questo approccio si basa sull'analisi di documenti, modelli e altri artefatti esistenti per comprendere il sistema attuale e identificare i requisiti del sistema futuro. È utile quando il sistema attuale è ben documentato e i requisiti del sistema futuro sono chiari.
- **Stakeholder-driven:** Questo approccio si basa sull'interazione diretta con gli stakeholder per comprendere le loro esigenze e aspettative e identificare i requisiti del sistema futuro. È utile quando il sistema attuale è poco documentato o i requisiti del sistema futuro sono incerti.

2.1.1 Analisi degli stakeholder

Gli stakeholder sono tutte le parti interessate che hanno un'influenza o sono influenzate dal sistema.

La cooperazione degli stakeholder è essenziale per il successo dell'ingegneria dei requisiti. Il processo di elicitazione dei requisiti può essere visto come un apprendimento cooperativo, dove la collaborazione tra tutte le parti coinvolte porta a una migliore comprensione dei requisiti del sistema.

Per garantire una copertura adeguata e comprensiva del mondo dei problemi, è necessario selezionare un campione rappresentativo degli stakeholder. Questa selezione deve essere dinamica, adattandosi man mano che si acquisiscono nuove conoscenze.

La selezione degli stakeholder si basa su diversi criteri, tra cui:

- La posizione rilevante nell'organizzazione.
- Il ruolo nella presa di decisioni e nel raggiungimento degli accordi.
- Il tipo di conoscenza contribuita e il livello di competenza nel dominio.
- L'esposizione ai problemi percepiti.
- Gli interessi personali e i potenziali conflitti.
- L'influenza nell'accettazione del sistema.

Selezionare gli stakeholder giusti è cruciale per assicurare che tutte le prospettive rilevanti siano considerate e che il sistema finale soddisfi le esigenze di tutti gli interessati.

2.1.2 Difficoltà nell'acquisizione della conoscenza dagli stakeholder

L'acquisizione della conoscenza dagli stakeholder presenta diverse difficoltà, tra cui fonti di informazione distribuite, punti di vista conflittuali e difficoltà di accesso alle persone chiave e ai dati. Gli stakeholder possono avere background, terminologie e culture differenti, e la conoscenza tacita o le esigenze nascoste possono complicare ulteriormente il processo. Inoltre, i dettagli irrilevanti, la politica interna, la competizione e la resistenza al cambiamento possono influire negativamente.

Il turnover del personale e i cambiamenti organizzativi e delle priorità possono creare ulteriori sfide.

Per superare queste difficoltà, sono essenziali abilità di comunicazione, costruzione di relazioni di fiducia e riformulazione continua della conoscenza attraverso riunioni di revisione.

2.2 Tecniche di Elicitazione guidate dagli Artefatti

2.2.1 Studio del background

Il processo di acquisizione della conoscenza inizia con la raccolta, la lettura e la sintesi dei documenti pertinenti. Questi documenti riguardano:

- **L'organizzazione:** include organigrammi, piani aziendali, rapporti finanziari, verbali di riunioni, ecc.
- **Il dominio:** comprende libri, indagini, articoli, regolamenti e rapporti su sistemi simili nello stesso dominio.
- **Il sistema attuale (as-is):** include flussi di lavoro documentati, procedure, regole aziendali, documenti scambiati, rapporti di difetti/reclami, richieste di modifica, ecc.

Questo studio fornisce le basi necessarie per prepararsi prima di incontrare gli stakeholder e rappresenta un prerequisito per altre tecniche. Tuttavia, un problema comune è la gestione di una grande quantità di documentazione, dettagli irrilevanti e informazioni obsolete. La soluzione è utilizzare la meta-conoscenza per selezionare le informazioni rilevanti, sapendo cosa è necessario conoscere e cosa non lo è.

2.2.2 Raccolta dei dati

La raccolta dei dati è un'attività importante che si concentra sulla raccolta di fatti e cifre non documentati. Questi dati possono includere informazioni di marketing, statistiche di utilizzo, dati sulle prestazioni e costi. La raccolta può avvenire tramite esperimenti progettati o tramite la selezione di set di dati rappresentativi da fonti disponibili, utilizzando tecniche di campionamento statistico.

Questa attività può integrare lo studio del background, fornendo ulteriori informazioni utili per l'elicitazione dei requisiti non funzionali relativi a prestazioni, usabilità e costi.

Tuttavia, ci sono alcune difficoltà nella raccolta dei dati. Ottenere dati affidabili può richiedere tempo e i dati devono essere interpretati correttamente per essere utili.

2.2.3 Questionari

L'utilizzo dei questionari è un metodo efficace per raccogliere informazioni dagli stakeholder in modo rapido, economico e a distanza. I questionari consistono in una lista di domande inviate agli stakeholder selezionati, ognuna con una lista di possibili risposte. Possono includere:

- *Domande a scelta multipla:* dove si seleziona una risposta da una lista di opzioni.

- *Domande con pesatura*: dove si chiede di attribuire un peso a una lista di affermazioni, qualitativamente (ad esempio, “alto” o “basso”) o quantitativamente (percentuali), per esprimere l’importanza percepita, le preferenze, i rischi, ecc.

I questionari sono utili per ottenere rapidamente informazioni soggettive da molte persone e possono essere d’aiuto nella preparazione di interviste più focalizzate.

Tuttavia, i questionari devono essere preparati con attenzione per evitare bias multipli (*dei destinatari, dei rispondenti, delle domande, delle risposte*) e informazioni inaffidabili dovute a fraintendimenti o risposte incoerenti.

Ecco alcune linee guida per la progettazione e la validazione dei questionari:

- Selezionare un campione rappresentativo e statisticamente significativo di persone, fornendo motivazioni per rispondere.
- Verificare la copertura delle domande e delle possibili risposte.
- Assicurarsi che le domande e le formulazioni siano imparziali e non ambigue.
- Aggiungere domande ridondanti implicitamente per rilevare risposte incoerenti.
- Far controllare il questionario da una terza parte.

Pro dei questionari

- Raccolta rapida di informazioni
- Economici e facili da distribuire
- Utili per preparare interviste focalizzate

Contro dei questionari

- Possibili bias dei destinatari e rispondenti
- Rischio di fraintendimenti nelle domande e risposte
- Difficoltà nell’assicurare risposte coerenti

2.2.4 Card sorting e repertory grids

L’obiettivo del card sorting e delle repertory grids è acquisire ulteriori informazioni sui concetti già elicitati. Nel card sorting, si chiede agli stakeholder di dividere un set di carte, ognuna rappresentante un concetto, in sottogruppi basati sui loro criteri. Per ogni sottogruppo, si indaga sulle proprietà condivise utilizzate per la classificazione. Questo processo è iterativo e può essere ripetuto per nuovi raggruppamenti e proprietà.

Ad esempio, nel contesto di un sistema di pianificazione delle riunioni, le carte “Riunione” e “Partecipante” potrebbero essere raggruppate insieme, suggerendo che *i partecipanti devono essere invitati alla riunione*. Nella successiva iterazione, lo stesso raggruppamento potrebbe indicare che *i vincoli dei partecipanti per la riunione devono essere conosciuti*.

Nel repertory grid, si chiede agli stakeholder di caratterizzare un concetto attraverso attributi e intervalli di valori, formando una griglia concetto-attributo. Ad esempio, per il concetto di “Riunione”, gli attributi potrebbero essere *Data* (Lun-Ven) e *Luogo* (Europa).

Il conceptual ladder, invece, richiede agli stakeholder di classificare i concetti target lungo collegamenti di classe-sottoclasse, come ad esempio *RiunioneRegolare* e *RiunioneOccasionale* come sottoclassi di *Riunione*.

Questi metodi sono semplici, economici e facili da usare per l’elicitazione rapida di informazioni mancanti, ma i risultati possono essere soggettivi, irrilevanti o inaccurati.

Pro del card sorting e repertory grids

- Semplici ed economici
- Facili da usare
- Rapida elicitazione di informazioni

Contro del card sorting e repertory grids

- Risultati possono essere soggettivi
- Possibilità di informazioni irrilevanti
- Possibili inaccuranze nei risultati

2.2.5 Scenari e storyboard

Gli scenari e gli storyboard aiutano ad acquisire o validare informazioni attraverso esempi concreti e narrazioni. Gli scenari illustrano sequenze tipiche di interazione tra i componenti del sistema per raggiungere un obiettivo implicito, utilizzati sia per spiegare il sistema attuale (*as-is*) che per esplorare il sistema futuro (*to-be*).

Gli storyboard raccontano una storia attraverso una sequenza di istantanee, che possono essere frasi, schizzi, diapositive o immagini, e possono includere annotazioni che spiegano chi sono i partecipanti, cosa accade loro, perché accade e cosa succede in caso di eventi alternativi.

Le storyboard possono essere inoltre *passive* o *attive*. Le passive se raccontiamo la nostra idea per ricevere un feedback, quindi sono adatte per la validazione dei requisiti. Le attive vengono elaborate o completate dagli stakeholder, quindi sono adatte per l’elicitazione dei requisiti.

Gli scenari possono essere:

- *Scenario positivo*: un comportamento che il sistema dovrebbe coprire.
- *Scenario negativo*: un comportamento che il sistema dovrebbe escludere.
- *Scenario normale*: tutto procede come previsto.
- *Scenario anomalo*: una sequenza di interazione desiderata in situazioni di eccezione.

Pro degli scenari

- Esempi concreti e contro-esempi
- Stile narrativo (*recepibili da tutti*)
- Producono sequenze di animazione, possono essere tradotti in test di accettazione

Contro degli scenari

- Inerentemente parziali (*problema di copertura del test*)
- Esplosione combinatoria (*cf. tracce di programma*)
- Sovraspecificazione potenziale: sequenze non necessarie, decisioni premature.
- Possono contenere dettagli irrilevanti, granularità incompatibili tra diversi stakeholder
- Mantengono i requisiti impliciti

Nonostante ciò, sono preziosi come veicoli iniziali per l'elicitazione dei requisiti.

2.2.6 Prototipi e mock-up

L'obiettivo dei prototipi e dei mock-up è verificare l'adeguatezza dei requisiti attraverso il feedback diretto degli utenti, mostrando uno schizzo ridotto del software futuro in azione. Questo metodo si concentra su requisiti poco chiari e difficili da formulare per elicitare ulteriori dettagli.

Un prototipo è un'implementazione rapida di alcuni aspetti del sistema:

- *Prototipo funzionale*: si focalizza su requisiti funzionali specifici, come l'avvio di una riunione o la raccolta dei vincoli dei partecipanti.
- *Prototipo dell'interfaccia utente*: si concentra sulla usabilità, mostrando moduli di input-output e pattern di dialogo.

I prototipi possono essere implementati rapidamente utilizzando linguaggi di programmazione di alto livello, linguaggi di specifica eseguibile, e servizi generici.

Prototipazione dei requisiti include due approcci principali:

- *Mock-up*: il prototipo viene scartato una volta che ha soddisfatto il suo scopo di chiarire e validare i requisiti.
- *Prototipo evolutivo*: il prototipo viene trasformato e perfezionato fino a diventare parte del prodotto finale.

Pro dei prototipi e mock-up

- Forniscono un'idea concreta di come sarà il software
- Chiariscono i requisiti, elicitano quelli nascosti, migliorano l'adeguatezza, e aiutano a comprendere le implicazioni
- Utili anche per la formazione degli utenti e come stub per test di integrazione

Contro dei prototipi e mock-up

- Non coprono tutti gli aspetti del sistema
- Possono mancare funzionalità importanti
- Ignorano requisiti non funzionali rilevanti (*prestazioni, costi, ecc.*)
- Possono creare aspettative troppo alte e fuorvianti
- Codice "quick-and-dirty" difficile da riutilizzare per lo sviluppo del software
- Potenziali incongruenze tra codice modificato e requisiti documentati

2.2.7 Riutilizzo della Conoscenza

L'obiettivo del riutilizzo della conoscenza è accelerare l'elicitazione attraverso il riutilizzo delle esperienze con sistemi simili o domini analoghi. Questo include la conoscenza di organizzazioni simili, domini, e mondi problematici, come requisiti, assunzioni, proprietà del dominio, ecc.

La trasposizione di conoscenze da un contesto all'altro avviene mediante tre passaggi:

- *Istanziamento*: quello viene fatto è un esempio di ciò che è stato visto.
- *Specializzazione*: concretizzazione dell'astrazione dell'istanziamento.
- *Riformulazione*: adattamento del concetto alla nuova situazione.

Riutilizzo della conoscenza indipendente dal dominio: tassonomie

Spesso è utile adottare una tassonomia in modo da utilizzare esperienza già maturata. Tale tassonomia può essere creata mediante l'esperienza in vari contesti in modo da facilitare il riutilizzo della conoscenza e la velocità nella raccolta dei requisiti.

Riutilizzo della conoscenza dipendente dal dominio: meta-modelli

Come informazioni di riuso è possibile riutilizzare dei meta-modelli elaborati, un meta-modello è un modello di modelli, cioè un modello che descrive come costruire altri modelli. Questo permette di avere una visione più astratta e di poter riutilizzare la conoscenza in modo più efficace.

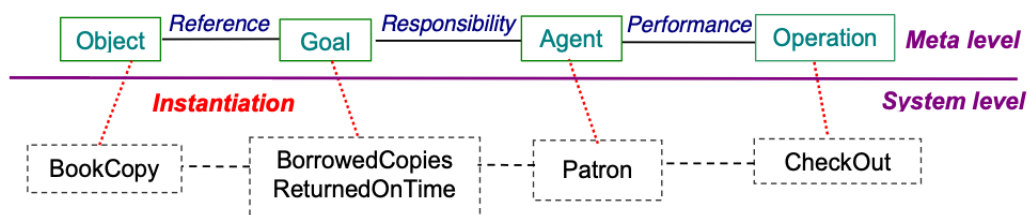


Figura 2.2.1: Esempio di meta-modello

Riutilizzo della conoscenza specifica del dominio

È possibile inoltre utilizzare informazione specifica del dominio astratto, sempre avendo come riferimento il modello, sappiamo che ci sono delle risorse che hanno vincoli di utilizzo limitato, quindi possiamo utilizzare queste informazioni per capire come si comporterà il sistema.

*Un **utente** non deve **usare** più di X **risorse** contemporaneamente*

*Un **patron** non deve **prendere in prestito** più di X **copie di libri** contemporaneamente*

Questa conoscenza può essere personalizzata in diversi modi:

- Lo stesso dominio astratto può avere molte specializzazioni concrete.
- Lo stesso dominio con vincoli diversi può avere molte specializzazioni astratte.
- Di fatto posso riusare molteplici strutture.

Pro del riutilizzo della conoscenza

- Analisti esperti riutilizzano la conoscenza acquisita naturalmente
- Guida molto nell'elicitazione dei requisiti.
- Si eredita la struttura e quindi anche la qualità del dominio che stiamo utilizzando.
- È efficace nel completamento del documento dei requisiti.

Contro del riutilizzo della conoscenza

- Possiamo utilizzare la conoscenza astratta solo quando i domini sono simili.
- Definire i domini astratti è difficile.
- C'è effort aggiuntivo per la creazione di meta-modelli.
- Quando il dominio si avvicina molto richiede un adattamento complesso.

2.3 Tecniche di Elicitazione guidate dagli Stakeholder

2.3.1 Interviste

L'intervista è uno strumento fondamentale per l'acquisizione di conoscenza, permettendo di catturare informazioni direttamente dai portatori di conoscenza come esperti di dominio, manager e utenti finali. L'obiettivo principale dell'intervista è di elicitarne informazioni che non

emergerebbero tramite altri metodi, focalizzandosi sulle percezioni personali e sulle esperienze dei partecipanti.

- *Preparazione dell'intervista:* L'intervistatore deve selezionare accuratamente i partecipanti in base alla loro esperienza e al ruolo ricoperto, preparare in anticipo le domande e organizzare incontri che facilitino una comunicazione aperta e onesta.
- *Conduzione dell'intervista:* La fase di intervista può includere sia parti strutturate, con domande specifiche, sia parti non strutturate, che permettono di esplorare nuove aree attraverso una discussione libera.

Efficacia dell'intervista dipende dalla capacità dell'intervistatore di gestire la conversazione, mantenendo il controllo dell'intervista pur permettendo all'intervistato di esprimersi liberamente. Le interviste possono svelare dettagli critici sul funzionamento interno del sistema che non sono immediatamente evidenti attraverso l'analisi documentale o osservazione diretta.

Pro delle interviste

- Forniscono intuizioni profonde e dirette dal campo
- Permettono la scoperta di requisiti impliciti o non documentati
- Aiutano a comprendere meglio le necessità e le preoccupazioni degli utenti

Contro delle interviste

- Possono essere influenzate dalla soggettività degli intervistati
- Richiedono tempo e possono essere costose in termini di organizzazione e analisi
- Le informazioni raccolte possono essere inconsistenti tra diversi intervistati

L'approccio misto, combinando elementi di interviste strutturate e non strutturate, è spesso il più efficace, permettendo di ottenere una copertura ampia delle informazioni pur mantenendo la capacità di adattarsi a nuove scoperte durante l'intervista stessa.

2.3.2 Osservazione e Studi Etnografici

L'osservazione e gli studi etnografici sono metodologie essenziali per comprendere i compiti all'interno dei sistemi esistenti, facilitando l'osservazione diretta delle interazioni umane e delle pratiche lavorative.

- *Osservazione passiva:* Consiste nel non interferire con i soggetti, registrando le attività tramite note o video e analizzando i dati raccolti senza influenzare i comportamenti.
- *Osservazione attiva:* L'osservatore partecipa direttamente alle attività, integrandosi nel gruppo per ottenere una comprensione interna delle dinamiche del compito.
- *Studi etnografici:* Effettuati su periodi prolungati, mirano a scoprire le caratteristiche emergenti di un gruppo sociale, evidenziando come i compiti vengano eseguiti e quali sono le norme culturali influenti.

Questi metodi possono offrire spunti su come le persone lavorano veramente, rispetto a come dicono di lavorare o a come si crede lavorino.

Vantaggi dell'osservazione e degli studi etnografici

- Forniscono una visione approfondita delle conoscenze tacite e dei modelli mentali.
- Identificano problemi nascosti e pratiche non documentate.
- Consentono un'analisi contestuale che è fondamentale per soluzioni adatte culturalmente.

Svantaggi dell'osservazione e degli studi etnografici

- Processi lunghi e costosi.
- Rischio di inesattezze dovute a comportamenti alterati in presenza di osservatori.
- Complessità nella gestione e interpretazione dei grandi volumi di dati.

Queste tecniche, quando abbinate ad altri metodi come le interviste, possono offrire una visione più completa del sistema studiato.

2.3.3 Sessioni di Gruppo

Le sessioni di gruppo, sia strutturate che non, sono un'efficace metodologia per la raccolta di percezioni, giudizi e idee attraverso l'interazione tra partecipanti diversi. Le sessioni possono variare da incontri focalizzati su obiettivi specifici a brainstorming aperti.

- *Sessioni di gruppo strutturate*: Si svolgono in workshop di gruppo che possono durare alcuni giorni, con ruoli ben definiti per ciascun partecipante (leader, moderatore, manager, utente, sviluppatore, ecc.). Utilizzano strumenti come supporti visivi e grafici per stimolare la discussione e documentare i risultati.
- *Sessioni di gruppo non strutturate (brainstorming)*: In questi incontri, i partecipanti hanno ruoli meno definiti e il processo si divide in generazione di idee senza censura seguita da una valutazione collettiva secondo criteri prestabiliti come valore, costo e fattibilità.

Le sessioni di gruppo possono portare alla luce aspetti nascosti del sistema attuale o futuro e favorire una più ampia esplorazione di problemi e soluzioni, stimolando l'invenzione e la collaborazione tra i partecipanti.

Vantaggi delle sessioni di gruppo

- Potenziale di esplorazione più ampia e creativa dei problemi.
- Possibilità di scoprire soluzioni innovative attraverso la sinergia del gruppo.
- Migliore risoluzione dei conflitti grazie alla collaborazione.

Svantaggi delle sessioni di gruppo

- Richiedono tempo e possono essere difficili da organizzare per persone molto impegnate.
- Rischio di dominanza di alcune personalità che possono influenzare l'intero gruppo.
- Possibili discussioni prolisse senza risultati concreti, copertura superficiale di questioni tecniche.

Capitolo 3

Validazione

L'obiettivo di questa fase è quello di prendere delle decisioni in caso di inconsistenze o quali decisioni prendere in maniera negoziata.

3.1 Decisione Basata sulla Negoziazione

La decisione basata sulla negoziazione nel processo di ingegneria dei sistemi comporta diversi passaggi per affrontare e risolvere varie problematiche che emergono durante il processo di sviluppo. Di seguito, discutiamo i principali componenti evidenziati nel processo decisionale:

- **Identificazione e Risoluzione delle inconsistenze:** Questo passaggio implica la comprensione e la risoluzione dei punti di vista degli stakeholder in conflitto e delle richieste non funzionali per raggiungere un consenso.
- **Identificazione, valutazione e risoluzione dei Rischi di sistema:** Questo passaggio è fondamentale per garantire che il sistema soddisfi tutti gli obiettivi critici di sicurezza e protezione. Include la revisione dei requisiti per sviluppare un sistema più robusto.
- **Confronto delle opzioni alternative:** Si considerano varie opzioni per raggiungere gli obiettivi, assegnare responsabilità e risolvere conflitti e rischi, il che aiuta nella selezione delle soluzioni più appropriate.
- **Prioritizzazione dei requisiti:** La prioritizzazione dei requisiti è essenziale per risolvere i conflitti, aderire ai vincoli di budget e di programma, e supportare lo sviluppo incrementale.

3.2 Gestione delle Inconsistenze

L'inconsistenza rappresenta una violazione delle regole di coerenza tra vari elementi e è un fenomeno altamente frequente nell'ingegneria dei requisiti. Queste incongruenze possono sorgere da diverse prospettive:

- **Inter-punti di vista:** Ogni stakeholder ha le proprie priorità e preoccupazioni, che possono variare significativamente. Per esempio, gli esperti di dominio possono avere requisiti che contrastano con quelli del reparto marketing.
- **Intra-punto di vista:** Possono emergere conflitti anche all'interno dello stesso punto di vista, come tra requisiti di qualità che si contraddicono (*ad esempio, sicurezza vs. usabilità*).

l'inconsistenza può rappresentare anche un valore, permettendo di avere due punti di vista differenti circa uno stesso requisito. Facendo quindi scoprire nuovi requisiti.

Le inconsistenze devono essere rilevate e risolte in modo tempestivo:

- **Non troppo presto:** perché potremmo avere una visione parziale dei requisiti.
- **Non troppo tardi:** perché va risolta prima della progettazione e la realizzazione del sistema.

3.2.1 Tipi di Inconsistenza nell'Ingegneria dei Requisiti

Nell'ambito dell'ingegneria dei requisiti, si possono identificare diversi tipi di inconsistenze, ciascuno con specifiche sfide da gestire:

Clash di Terminologia

Questo tipo di inconsistenza si verifica quando lo stesso concetto viene nominato in modi diversi nelle diverse dichiarazioni. Ad esempio, nella gestione di una biblioteca, i termini *borrower* e *patron* possono essere utilizzati per indicare la stessa figura.

Clash di Designazione

Si verifica un clash di designazione quando lo stesso nome viene utilizzato per concetti differenti. Ad esempio, il termine *user* potrebbe riferirsi sia a un *library user* che a un *library software user*, creando confusione.

Clash Strutturale

Questo tipo di inconsistenza si verifica quando lo stesso concetto è strutturato in modo diverso in dichiarazioni differenti. Un esempio è la *latest return date*, che può essere interpretata sia come un punto temporale specifico (*es. Venerdì alle 17:00*) che come un intervallo di tempo (*es. il Venerdì*).

Conflitto Forte

Un conflitto forte si verifica quando le dichiarazioni sono logicamente inconsistenti e non possono essere soddisfatte contemporaneamente, ad esempio, "le restrizioni dei partecipanti non possono essere divulgate a nessuno" contro "l'iniziatore dell'incontro dovrebbe conoscere le restrizioni dei partecipanti".

Conflitto Debole (*Divergenza*)

I conflitti deboli avvengono quando le dichiarazioni non possono essere soddisfatte insieme sotto certe condizioni limite. Questi sono molto più frequenti nell'ingegneria dei requisiti. Ad esempio, da un punto di vista del personale, “i lettori devono restituire i libri presi in prestito entro due settimane” può confliggere con la prospettiva del lettore che “i lettori possono tenere i libri presi in prestito finché necessario”, se il lettore ha bisogno del libro per più di due settimane.

Questi tipi di inconsistenze richiedono attenzione e strategie specifiche per la loro risoluzione, per garantire che il processo di sviluppo dei requisiti sia efficace e che il prodotto finale soddisfi tutte le parti interessate.

3.2.2 Gestione delle Inconsistenze

La gestione efficace delle inconsistenze è fondamentale nell'ingegneria dei requisiti. Ecco alcune strategie per affrontare questi problemi:

Gestione dei Conflitti di Terminologia, Designazione e Struttura

Per mitigare i conflitti di terminologia, designazione e struttura, è utile sviluppare un **glossario** condiviso di termini durante la fase di raccolta dei requisiti. Questo glossario dovrebbe includere:

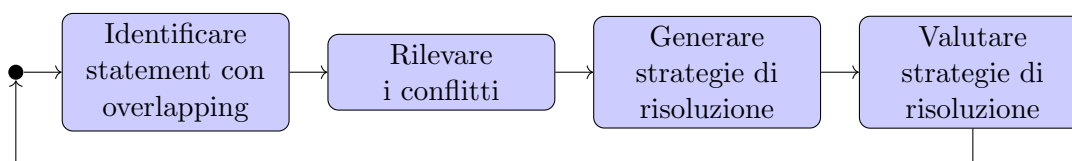
- Definizioni chiare per ogni termine rilevante.
- Sinonimi accettati, se necessario, per garantire coerenza nella comunicazione tra le parti interessate.

Conflitti Deboli e Forti

I conflitti, sia deboli che forti, possono essere radicati in obiettivi personali contrastanti degli stakeholder:

- **Radice dei Conflitti:** Spesso, questi conflitti sono profondamente radicati negli obiettivi personali degli stakeholder e devono essere affrontati a questo livello per poi essere propagati al livello dei requisiti.
- **Conflitti Funzionali e Non-Funzionali:** Sono frequenti in questioni non-funzionali come il bilanciamento tra prestazione e sicurezza, o tra riservatezza e consapevolezza. L'esplorazione di compromessi preferenziali è essenziale.

3.2.3 Come risolvere le Inconsistenze

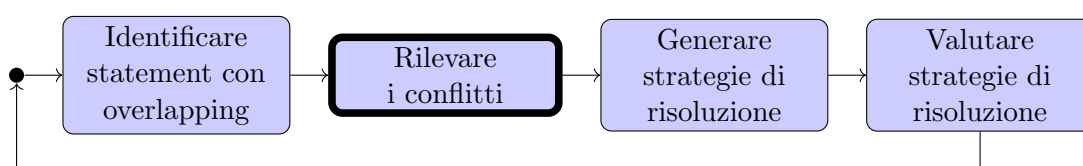


L'**Overlap** si riferisce al riferimento a termini o fenomeni comuni, che sono una preconditione per l'identificazione di dichiarazioni conflittuali. Questo include attività come la raccolta dei vincoli degli incontri e la determinazione dei programmi.

La **Rilevazione dei Conflitti** può avvenire attraverso vari metodi:

- **Informalmente:** Utilizzando conoscenze generali ed esperienza per identificare potenziali conflitti senza metodi formali.
- **Usando euristiche su categorie di requisiti in conflitto**, come la verifica dei conflitti tra “requisiti di informazione e requisiti di riservatezza su oggetti correlati” e la valutazione dei requisiti su “quantità in aumento e diminuzione correlate”.
- **Usando modelli di conflitto:** Identificazione di scenari o strutture ripetuti che tipicamente portano a conflitti nei requisiti.
- **Formalmente (tecniche di dimostrazione teoremi):** Applicazione di metodi matematici o logici per provare se certe combinazioni di requisiti possono coesistere senza conflitti.

Importanza della Documentazione dei Conflitti



Per una successiva risoluzione e analisi dell'impatto, è importante documentare i conflitti rilevati. Utilizzando strumenti di documentazione e query che sfruttano i collegamenti *Conflict* registrati nel database dei requisiti, è possibile tracciare e gestire efficacemente le dichiarazioni che presentano molteplici conflitti.

Matrice di Interazione

Una matrice di interazione è uno strumento utile per visualizzare le relazioni tra i requisiti e identificare i conflitti. Questa struttura consente di vedere facilmente quali requisiti si sovrappongono o entrano in conflitto, come illustrato nella matrice seguente:

Statement	S1	S2	S3	S4	Totale
S1	0	1000	1	1	1002
S2	1000	0	0	0	1000
S3	1	0	0	1	2
S4	1	0	1	0	2
Totale	1002	1000	2	2	2006

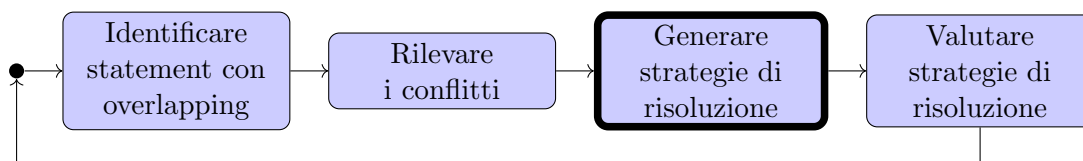
Nella matrice:

- **0** indica nessuna sovrapposizione,

- **1** indica un conflitto,
- **1000** indica l'assenza di conflitti.

La formula per calcolare il numero di conflitti per *S1* è data dal resto della divisione di 1002 per 1000, mentre il numero di sovrapposizioni non conflittuali è il quoziente di 1002 diviso 1000.

Generazione di Strategie di Risoluzione

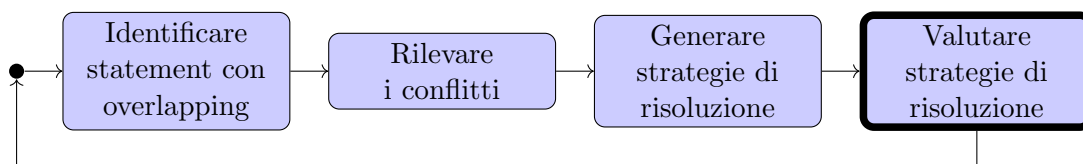


Bisogna per prima cosa identificare le possibili soluzioni che si possono avere a disposizione. Nella fase successiva cerco di confrontare le soluzioni e valutare quale sia la migliore. Per cercare dei candidati per la risoluzione dei conflitti, si possono utilizzare altre tecniche di elicitazione dei requisiti, come interviste, questionari, o altro; oppure utilizzo delle strategie di risoluzione dei conflitti tra cui:

- **Evitare le condizioni al limite:** ad esempio, “*Mantenere le copie dei libri molto richiesti non prenotabili*”.
- **Ripristinare le affermazioni in conflitto:** ad esempio, “*Copia restituita entro 2 settimane e poi presa in prestito di nuovo*”.
- **Indebolire le affermazioni in conflitto:** ad esempio, “*Copia restituita entro 2 settimane a meno di un permesso esplicito*”.
- **Omettere le affermazioni di minore priorità:** questo implica scartare le affermazioni meno critiche per risolvere il conflitto.
- **Specializzare la fonte o il target del conflitto:** ad esempio, “*Stato del prestito del libro noto solo agli utenti dello staff*”.

Queste strategie aiutano a trasformare le affermazioni in conflitto o gli oggetti coinvolti, oppure a introdurre nuovi requisiti per facilitare la risoluzione dei conflitti.

Valutazione delle Strategie di Risoluzione



La valutazione delle strategie per risolvere i conflitti si basa su criteri ben definiti che mirano a ottimizzare il processo decisionale e garantire la coerenza con gli obiettivi del progetto:

- **Contributo agli obiettivi non funzionali critici:** Le strategie di risoluzione vengono valutate in base al loro impatto sui requisiti non funzionali considerati critici per il successo del sistema.
- **Contributo alla risoluzione di altri conflitti e rischi:** Oltre a risolvere il conflitto specifico, una strategia efficace dovrebbe facilitare la gestione di altri conflitti potenziali e mitigare i rischi associati.

Questi criteri sono fondamentali per scegliere la risoluzione che non solo risolve il conflitto immediato ma promuove anche la stabilità e l'integrità del sistema nel lungo termine. Ulteriori dettagli sulla selezione e l'implementazione di queste strategie possono essere trovati nella sezione "Valutazione delle opzioni alternative".

3.3 Analisi dei rischi

Rischio

Un **rischio** è un fattore incerto il cui verificarsi può comportare la perdita di soddisfazione di un obiettivo corrispondente.

Esempi includono:

- Un passeggero che forza l'apertura delle porte mentre il treno è in movimento.
- Un partecipante a una riunione che non controlla regolarmente la posta elettronica.

Un rischio è caratterizzato da:

- Una probabilità di occorrenza.
- Una o più conseguenze indesiderate, come i passeggeri che cadono dal treno in movimento con le porte aperte.

Ogni conseguenza del rischio ha:

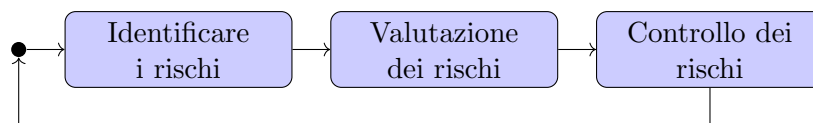
- Una probabilità di occorrenza se il rischio si verifica.
- Una gravità, che è il grado di perdita di soddisfazione dell'obiettivo.

3.3.1 Tipologie di rischi

I rischi possono essere categorizzati in:

- **Rischi legati al prodotto:** Impattano sugli obiettivi funzionali o non funzionali del sistema. Esempi includono minacce alla sicurezza e pericoli per la sicurezza.
- **Rischi legati al processo:** Hanno un impatto sugli obiettivi di sviluppo, come ritardi nella consegna o superamenti di costo. Un esempio comune è il turnover del personale.

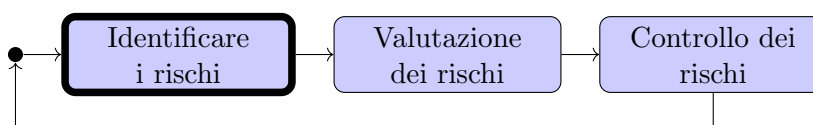
3.3.2 Come affrontare i rischi



L'identificazione del rischio è un processo iterativo, infatti le azioni che prendiamo per controllare i rischi potrebbero dettare nuovi requisiti, ponendo nuovi rischi.

La gestione superficiale è una delle principali cause di fallimento di progetti software.

Identificazione dei Rischi



L'identificazione dei rischi è un processo essenziale che si basa sull'uso di liste di controllo specifiche per ciascuna categoria di progetto, al fine di personalizzare l'approccio al contesto specifico del progetto. Queste liste sono importanti per identificare i rischi potenziali associati alle diverse categorie di requisiti.

- **Rischi Legati al Prodotto:** derivano dalla possibile insoddisfazione nei requisiti funzionali o di qualità:
 - **Inesattezze informative**, come stime errate della velocità o della posizione dei treni.
 - **Indisponibilità o inutilizzabilità** delle informazioni.
 - **Tempi di risposta scarsi o carenze durante picchi di carico**, che possono compromettere l'efficienza del servizio.
- **Rischi Legati al Processo:** includono quelli che possono influenzare negativamente il raggiungimento degli obiettivi di sviluppo:
 - **Volatilità dei requisiti**, che può portare a frequenti cambiamenti e riallineamenti.
 - **Carenze di personale o dipendenze da fonti esterne**, che possono ritardare il progresso del progetto.
 - **Programmazioni o budget non realistici**, aumentando il rischio di superamenti di costi.
 - **Gestione inefficace dei rischi**, come può avvenire con un team di sviluppatori inesperto.

Questi rischi devono essere sistematicamente identificati e gestiti attraverso l'uso di strategie di mitigazione adeguate, affinché il progetto possa procedere senza intoppi e con il minor numero di sorprese possibili.

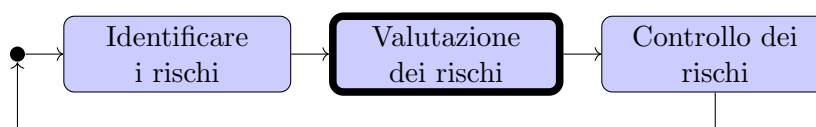
Per i rischi legati al prodotto, tipicamente analizziamo il *system to-be* e ci focalizziamo sulle sotto-componenti per capire in quanti modi ogni singolo componente potrebbe fallire, comprendendo inoltre come ogni componente possa fallire. Possiamo procedere spezzando ulteriormente i componenti in sotto-componenti, fino a quando non siamo in grado di identificare i rischi.

Per identificare i rischi è possibile inoltre utilizzare il **risk tree**, che è un albero che parte da un nodo radice e si dirama in nodi figli, che rappresentano i sotto-rischi. Questo albero può essere utilizzato per identificare i rischi e per capire come questi si propagano.

Quando ho un risk tree, posso analizzare il *cut set*, ovvero la minima decomposizione delle foglie dell'albero che mi permette di analizzare il rischio ed essi stessi possono essere organizzati in un albero.

Per identificare i rischi, oltre a queste analisi, posso dotarmi di scenari e chiedendo agli stakeholder, sessioni di gruppo e il riuso della conoscenza sulla base di esperienze passate.

Valutazione dei Rischi



La valutazione dei rischi è importante per determinare la probabilità e la gravità delle conseguenze dei rischi identificati. Questo processo è guidato da:

- **Stima Qualitativa:** Utilizzo di stime qualitative per la probabilità e la gravità:
 - *Probabilità:* ad esempio, molto probabile, probabile, possibile, improbabile.
 - *Gravità:* ad esempio, catastrofica, grave, alta, moderata.
- **Tavola di Conseguenzialità dei Rischi:** Ogni rischio viene valutato in base a una tabella che incrocia la probabilità del suo verificarsi con la gravità delle sue conseguenze.
- **Confronto e Prioritizzazione dei Rischi:** I rischi vengono confrontati e prioritizzati in base ai loro livelli di severità per focalizzarsi sul controllo dei rischi ad alta priorità.

Questi passaggi sono essenziali per sviluppare strategie efficaci di gestione e mitigazione dei rischi, assicurando così che i rischi ad alta priorità siano gestiti con le risorse adeguate e nei tempi appropriati.

Per la valutazione dei rischi possiamo dotarci di una tabella di valutazione dei rischi:

Conseguenze	Probabile	Possibile	Improbabile
Perdita di vite	Catastrofico	Catastrofico	Grave
Ferite gravi	Catastrofico	Grave	Alta
Danni al treno	Alto	Moderato	Basso
Riduzione passeggeri	Alto	Alto	Basso
Danno reputazionale	Moderato	Basso	Basso

Pro

Questo approccio è **facile da utilizzare** e fornisce stime rapide.

Contro

Le conclusioni sono **limitate**: le stime sono grossolane e soggettive, e non considerano la probabilità complessiva delle conseguenze.

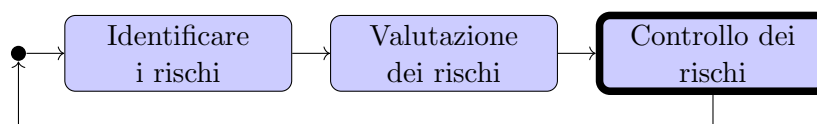
Una valutazione del rischio più quantitativo può essere fatto mediante l'ausilio della probabilità e per la scala di severità sempre con un range di valori. Questo permette di associare dei valori metrici quantitativi per calcolare delle metriche derivate.

Pro

Questo approccio è **più preciso e più accurato**.

Contro

Tale approccio rimane soggettivo, di fatto questi valori dovrebbero essere negoziati con gli stakeholder, che conoscono meglio il contesto.

Controllo dei Rischi

L'obiettivo principale nella gestione dei rischi è ridurre l'esposizione ai rischi più critici attraverso l'implementazione di contromisure efficaci. Queste contromisure non solo mitigano i rischi esistenti ma possono anche portare all'emergere di nuovi requisiti per affrontare condizioni o sfide non precedentemente identificate.

L'adozione di tali misure richiede un'analisi accurata e una valutazione continua per assicurare che i rischi vengano gestiti in modo proattivo e che le soluzioni implementate migliorino effettivamente la robustezza del sistema o del processo.

3.3.3 Documentazione dei Rischi

La documentazione accurata dei rischi è fondamentale per supportare l'evoluzione del sistema e garantire che le contromisure siano adeguatamente pianificate e implementate. Per ogni rischio identificato, è essenziale documentare:

- **Condizioni o Eventi di Occorrenza:** Specificare le circostanze sotto le quali il rischio può manifestarsi.
- **Probabilità Stimata:** Valutare la frequenza con cui il rischio può verificarsi.
- **Cause e Conseguenze Possibili:** Analizzare e registrare le potenziali cause dei rischi e le loro possibili conseguenze.
- **Probabilità e Gravità di Ogni Conseguenza:** Stabilire quanto spesso le conseguenze possono verificarsi e quanto gravi possono essere.
- **Contromisure Identificate e Leverage di Riduzione del Rischio:** Elencare le contromisure proposte e valutare la loro efficacia nel ridurre la probabilità o l'impatto del rischio.
- **Contromisure Selezionate:** Indicare quali contromisure sono state effettivamente scelte per l'implementazione.

Questa documentazione dettagliata forma la base per un **albero dei rischi annotato**, che serve come strumento visivo e funzionale per comprendere e gestire i rischi durante tutto il ciclo di vita del progetto.

3.3.4 Defect Detection Prevention

Il **Defect Detection Prevention (DDP)** è una tecnica e uno strumento sviluppati presso la NASA per fornire supporto quantitativo ai cicli di *Identificazione-Valutazione-Controlla* dei rischi. Questo approccio si articola in tre fasi principali:

Il DDP è un metodo per identificare i rischi e le opportunità, valutarli e controllarli. Questo metodo si basa su tre fasi principali:

1. **Elaborazione della Matrice di Impatto del Rischio:** Questa fase prevede la creazione di una matrice che valuta l'impatto di ciascun rischio identificato, facilitando una comprensione quantitativa delle potenziali conseguenze.
2. **Elaborazione della Matrice di Efficacia delle Contromisure:** Successivamente, viene sviluppata una matrice che valuta l'efficacia delle varie contromisure proposte contro i rischi identificati.
3. **Determinazione del Bilanciamento Ottimale tra Riduzione del Rischio e Costo delle Contromisure:** L'ultima fase del processo mira a trovare un equilibrio ottimale tra il grado di riduzione del rischio ottenuto e il costo delle contromisure implementate.

Questo metodo permette di approcciare la gestione dei rischi in maniera sistematica e quantificabile, assicurando che le decisioni prese siano basate su dati solidi e analisi approfondite.

3.4 Confronto delle opzioni alternative

Il processo di Ingegneria dei Requisiti solleva diverse opzioni alternative per soddisfare gli obiettivi di un sistema, risolvere i conflitti e ridurre i rischi. La selezione delle alternative preferite richiede una negoziazione basata su criteri ben definiti.

3.4.1 Valutazione Qualitativa e Quantitativa

- **Valutazione Qualitativa:** Si determina il contributo di ciascuna opzione ai requisiti non funzionali (NFRs), usando etichette qualitative come molto positivo (++), positivo (+), negativo (-) e molto negativo (-). Ad esempio, nella programmazione di riunioni, le opzioni possono variare nella loro capacità di fornire risposte rapide o minimizzare gli inconvenienti.
- **Valutazione Quantitativa:** Si costruisce una matrice ponderata per valutare ogni opzione secondo diversi criteri, basati sull'importanza relativa di ciascun criterio. Il punteggio complessivo di ogni opzione è calcolato come:

$$\text{Punteggio Totale}(opt) = \sum_{crit} (\text{Punteggio}(opt, crit) \times \text{Peso}(crit))$$

dove i punteggi vanno da 0 a 1, indicando la percentuale di soddisfacimento del criterio.

3.4.2 Criteri di Valutazione

Per selezionare le alternative preferenziali, si concorda sui seguenti criteri:

- Contributo ai requisiti non funzionali critici.
- Contributo alla risoluzione di altri rischi.
- Costo-efficacia, misurato attraverso il leverage di riduzione del rischio.

Questo approccio consente di prendere decisioni informate durante il processo ingegneria dei requisiti, assicurando che le soluzioni scelte offrano il miglior equilibrio tra benefici e costi.

3.5 Prioritizzazione dei requisiti

La prioritizzazione dei requisiti è essenziale per affrontare conflitti di risorse, sviluppo incrementale e per adattarsi a problemi imprevisti durante lo sviluppo del progetto. Qui sono illustrati i principi e le tecniche per una prioritizzazione efficace dei requisiti.

3.5.1 Principi di Prioritizzazione dei Requisiti

- Prioritizzazione ordinata per livelli di priorità.

- Uso di livelli qualitativi e relativi (es. “superiore a”).
- Requisiti di granularità comparabile e stesso livello di astrazione.
- Requisiti non mutuamente dipendenti per permettere eliminazioni selettive.
- Convergenza sui requisiti accettati dai principali stakeholder.

3.5.2 Tecnica di Valutazione Valore-Costo

- **Stima del Contributo Relativo:** Ogni requisito è valutato per il suo contributo al valore e al costo del progetto.
- **Diagramma Valore-Costo:** Viene utilizzato per visualizzare la trade-off tra valore e costo, categorizzando i requisiti in alta, media e bassa priorità.
- **Uso della Tecnica AHP:** L’Analytic Hierarchy Process aiuta a determinare quanto ogni requisito contribuisca al valore o al costo del progetto relativamente agli altri requisiti.

3.5.3 Implementazione della Prioritizzazione

I requisiti vengono quindi mappati in una matrice valore-costo per determinare le priorità basate su una valutazione sistematica e quantificata. Questo metodo fornisce una base oggettiva per decisioni di sviluppo e riallocazione delle risorse.

Capitolo 4

Specifica e documentazione

La specifica e la documentazione dei requisiti sono passaggi fondamentali nel processo di sviluppo di sistemi, assicurando che tutte le parti interessate abbiano una comprensione chiara delle caratteristiche concordate del sistema.

Dettagli della Specifica

- **Definizione precisa di tutte le caratteristiche:** Comprende gli obiettivi, i concetti, le proprietà del dominio rilevanti, i requisiti del sistema, le ipotesi e le responsabilità.
- **Razionale delle opzioni adottate:** Motivazione delle scelte effettuate e argomentazioni per la soddisfazione dei requisiti.
- **Evoluzioni e varianti del sistema:** Discussione sulle possibili evoluzioni e varianti del sistema previste nel tempo.

Organizzazione e Documentazione

- **Struttura Coerente:** Organizzazione delle informazioni in una struttura coerente che faciliti la comprensione e l'utilizzo del documento.
- **Forma di Documentazione:** Preparazione della documentazione in una forma comprensibile per tutte le parti coinvolte. Spesso include allegati con costi, piani di lavoro e calendari di consegna.

Documento dei Requisiti

Il risultato di questo processo è un documento formale che dettaglia tutti gli aspetti del sistema concordato, servendo come riferimento principale per lo sviluppo e la manutenzione del sistema.

4.1 Documentazione libera in linguaggio naturale

La documentazione libera in linguaggio naturale offre diversi vantaggi e svantaggi.

Pro della documentazione libera

- **Espressività illimitata:** Il linguaggio naturale permette una vasta gamma di espressioni, rendendo la documentazione estremamente versatile.
- **Facilità di comunicazione:** Essendo in linguaggio naturale, la documentazione è immediatamente comprensibile senza necessità di formazione specifica.

Contro della documentazione libera

- **Propensione agli errori e difetti specifici:** La natura illimitata del linguaggio naturale lo rende suscettibile a errori di specifica e difetti.
- **Ambiguità intrinseca:** Il linguaggio naturale è naturalmente ambiguo, il che può essere dannoso in contesti tecnici. Esempio: interpretazioni errate di connettivi logici possono portare a conclusioni sbagliate.

4.2 Documentazione strutturata nel linguaggio naturale

Tipicamente, un documento dei requisiti non è composto esclusivamente da testo libero, ma utilizza delle linee guida per strutturare il contenuto in modo coerente e comprensibile. Qui di seguito sono elencate alcune regole locali per la scrittura efficace di specifiche in linguaggio naturale.

- **Identifica il pubblico:** Comprendi chi leggerà il documento e scrivi di conseguenza per assicurare la chiarezza e la pertinenza del contenuto.
- **Struttura l'informazione:** Dichiarare ciò che intendi fare prima di farlo, motivando le scelte all'inizio e riassumendo i punti chiave alla fine.
- **Definizione dei concetti:** Assicurati che ogni concetto venga definito prima del suo utilizzo nel documento per evitare ambiguità.
- **Chiarimenti continui:** Poni a te stesso domande come “È comprensibile?”, “È sufficiente?” e “È rilevante?” per mantenere la pertinenza e la qualità del testo.
- **Controllo della complessità:** Evita di includere più di un requisito, assunzione o proprietà del dominio in una singola frase. Mantieni le frasi brevi e al punto.
- **Linguaggio prescrittivo:** Utilizza “deve” per indicazioni obbligatorie e “dovrebbe” per quelle desiderabili.
- **Evita gergo tecnico:** Minimizza l'uso di gergo tecnico e acronimi a meno che non siano chiaramente definiti o universalmente comprensibili.
- **Esempi illustrativi:** Fornisci esempi suggeriti per chiarire dichiarazioni astratte e complesse.

- **Uso di diagrammi:** Include diagrammi per rappresentare relazioni complesse tra elementi, facilitando la comprensione visiva delle informazioni.

Queste regole sono pensate per migliorare l'efficacia della documentazione mantenendola accessibile e comprensibile per tutte le parti interessate.

4.2.1 Regole locali

La documentazione dei requisiti di sistema deve seguire regole locali ben definite per garantire coerenza e comprensibilità. Queste regole sono fondamentali per strutturare il contenuto in modo che sia accessibile e tracciabile.

Uso delle Tabelle Decisionali

- Le tabelle decisionali aiutano a gestire combinazioni complesse di condizioni, offrendo un supporto sistematico e chiarezza nella documentazione dei requisiti.
- Questo approccio assicura una completa verifica e un'integrazione logica delle condizioni di input e output.

Modelli di Dichiarazione Standardizzati

Le tabelle di decisione sono strumenti utilizzati per mappare e implementare le logiche decisionali che coinvolgono condizioni multiple in maniera sistematica e strutturata. Nelle tabelle di decisione, ogni riga rappresenta un insieme di condizioni di ingresso mentre ogni colonna corrisponde a un risultato decisionale specifico. Questo strumento permette agli ingegneri di vedere chiaramente come combinazioni diverse di condizioni d'ingresso influenzino le azioni da intraprendere.

Le condizioni di ingresso possono includere vari fattori come comandi di accelerazione, posizioni relative dei treni, o velocità di ingresso in una stazione, e le azioni corrispondenti possono essere l'attivazione dei sistemi di frenata, l'emissione di allarmi, o altre misure di sicurezza.

Vantaggi delle Tabelle di Decisione

- **Chiarezza e sistematicità:** Facilitano la comprensione delle relazioni tra cause ed effetti e aiutano a garantire che tutte le possibili situazioni siano considerate.
- **Facilità di manutenzione:** Le modifiche ai criteri o ai procedimenti possono essere implementate aggiornando semplicemente la tabella.
- **Verifica di completezza:** Ogni possibile combinazione di condizioni è rappresentata, permettendo un controllo completo su ogni scenario decisionale.
- **Forniscono test di accettazione:** Le tabelle di decisione possono essere utilizzate per definire test di accettazione per verificare che il sistema soddisfi i requisiti specificati.

Svantaggi delle Tabelle di Decisione

- **Scalabilità:** Man mano che il numero di condizioni aumenta, le tabelle diventano esponenzialmente grandi e complesse da gestire.
- **Rigidità:** Possono non adattarsi bene a scenari non previsti e possono richiedere frequenti aggiornamenti per rimanere efficaci in ambienti dinamici.

Consigli per i template

I template standardizzati per la formulazione delle affermazioni sono fondamentali per standardizzare e organizzare la documentazione dei requisiti nei progetti. Di seguito è riportata un'analisi dettagliata dei componenti essenziali di questi template:

Le componenti principali di un template standard per le affermazioni includono:

- **Identificatore:** Serve a nominare l'affermazione in modo intuitivo e, se necessario, gerarchico, facilitando la ricerca e il riferimento incrociato tra affermazioni correlate.
- **Categoria:** Classifica l'affermazione in categorie quali requisiti funzionali o di qualità, assunzioni, proprietà del dominio, definizioni o esempi di scenario. Questa classificazione aiuta ad organizzare le affermazioni in modo logico.
- **Specifica:** Dettaglia la formulazione dell'affermazione seguendo regole stilistiche precise per garantire chiarezza e precisione.
- **Criterio di Adeguazione:** Fornisce criteri per misurare o verificare l'affermazione, essenziali per la validazione e il controllo della qualità.
- **Fonte:** Indica la fonte dell'affermazione per la tracciabilità, collegandola alle evidenze o ai requisiti originali.
- **Razionale:** Spiega il motivo dietro l'affermazione, migliorando la comprensione e facilitando la tracciabilità.
- **Interazione:** Descrive come l'affermazione interagisce con altre affermazioni, inclusi potenziali contributi o conflitti, essenziale per la gestione delle dipendenze.
- **Livello di Priorità:** Stabilisce un livello di priorità per l'affermazione, aiutando nella gestione delle risorse e nella pianificazione del progetto.
- **Stabilità, Livelli di Comunalità:** Aiutano nella gestione del cambiamento e nella valutazione dell'applicabilità dell'affermazione attraverso diverse applicazioni o progetti.

Criteri di Adeguatezza

I criteri di adeguatezza rendono misurabili le dichiarazioni, quantificando l'estensione con cui devono essere soddisfatte, essenziali specialmente per la misurabilità dei requisiti non funzionali (NFRs). Per esempio, le date di riunioni programmate dovrebbero essere comode per il 90% dei partecipanti in almeno l'80% dei casi.

Documentazione Disciplinata in linguaggio naturale Strutturato

La documentazione deve seguire regole globali per la strutturazione dei documenti di requisiti, raggruppando elementi simili come obiettivi del sistema, componenti, e caratteristiche del software. Questo aiuta a mantenere la documentazione organizzata e facilmente navigabile.

Template IEEE Std-830 per l'Organizzazione del documento dei Requisiti

Il template IEEE Std-830 fornisce una struttura standardizzata per organizzare il documento dei requisiti, includendo specifiche per scopo, dominio e altri elementi critici. Questo standard aiuta le organizzazioni a mantenere una documentazione chiara e conforme alle migliori pratiche del settore.

Uso delle Notazioni Diagrammatiche

Le notazioni diagrammatiche sono utilizzate per completare o sostituire la prosa in linguaggio naturale. Sono dedicate ad aspetti specifici del sistema (*come è o come sarà*) e sono grafiche per facilitare la comunicazione e fornire una panoramica. Queste notazioni possono essere semi-formali, includendo:

- Dichiarazione di elementi in linguaggio formale (*sintassi, semantica*), che permette controlli superficiali sugli elementi del documento dei requisiti e la loro elaborazione automatica.
- Specifiche informali delle proprietà degli elementi in linguaggio naturale.

4.3 Documentazione strutturata con l'ausilio di diagrammi

4.3.1 Scope del sistema

Context Diagram

Il diagramma di contesto è uno strumento utile per rappresentare il sistema mediante le componenti principali e le relazioni tra di esse. I nodi sono le componenti del sistema, mentre gli archi rappresentano le relazioni tra di esse.

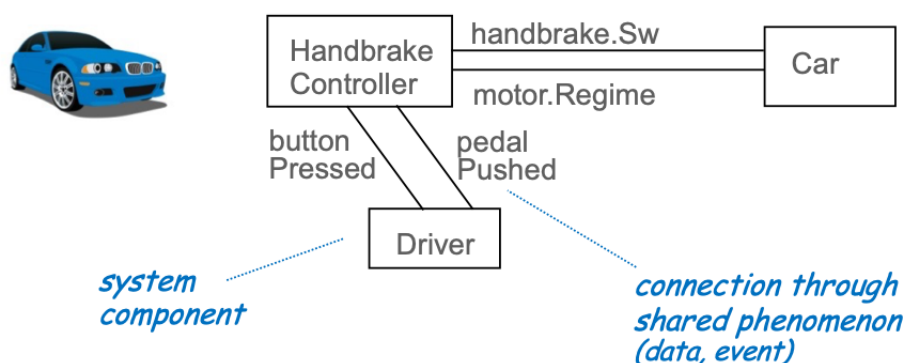


Figura 4.3.1: Esempio di Context Diagram

Problem Diagram

I diagrammi dei problemi sono una forma dettagliata di diagrammi di contesto che evidenziano i componenti del sistema e le loro interazioni. Questi diagrammi mostrano chi controlla e monitora i fenomeni condivisi e indicano i requisiti e i componenti influenzati da essi.

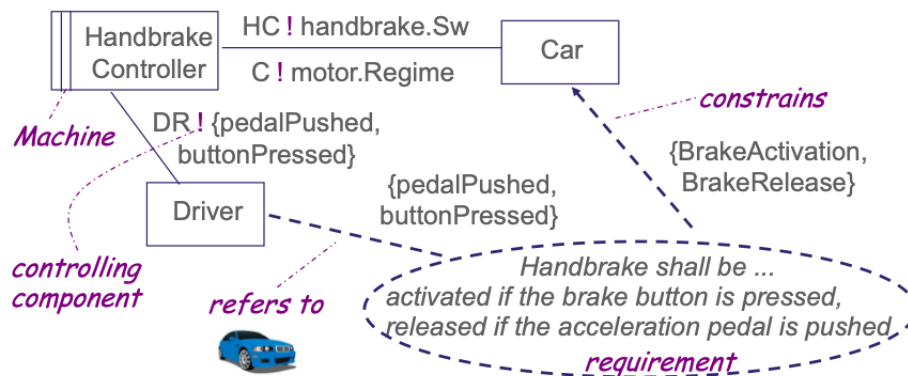


Figura 4.3.2: Esempio di Problem Diagram

Frame Diagram

I frame diagram sono utilizzati per catturare pattern di problemi frequenti all'interno di un sistema, evidenziando fenomeni tipizzati e componenti tipizzati. Questi diagrammi aiutano a comprendere le interazioni tra i vari elementi del sistema e i requisiti correlati.

- **Fenomeni Tipizzati:**

- **Causale (C):** Fenomeni che causano effetti diretti.
- **Evento (E):** Fenomeni che rappresentano eventi specifici.
- **Simbolico (Y):** Fenomeni che rappresentano simboli o dati.

- **Componenti Tipizzati:**

- **Causale (C):** Componenti che causano effetti diretti.
- **Biddable (B):** Componenti che possono essere controllati o influenzati.
- **Lessicale (X):** Componenti che rappresentano dati o informazioni.

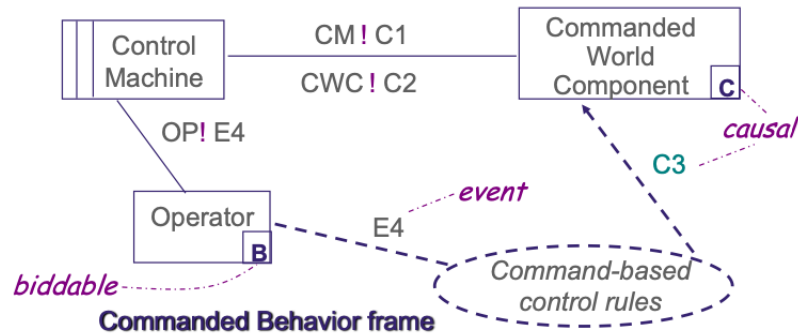


Figura 4.3.3: Esempio di Frame Diagram

Un esempio di istanziazione di un frame diagram è il seguente:

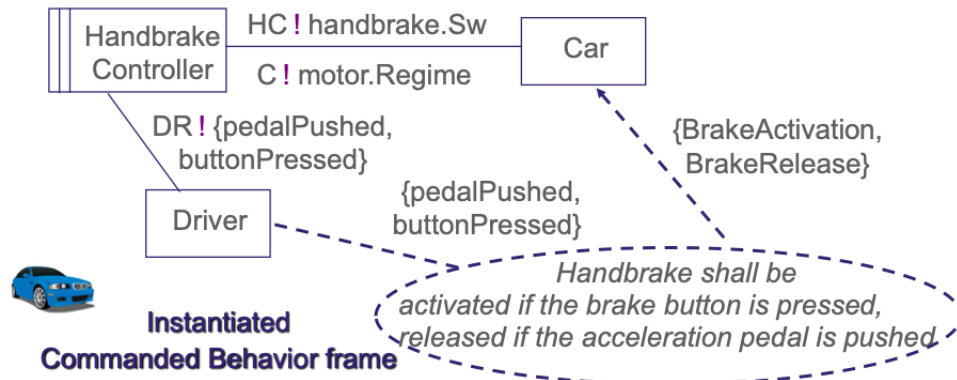


Figura 4.3.4: Esempio di Frame Diagram istanziato

4.3.2 Diagrammi Entità-Relazione

I diagrammi Entità-Relazione sono utilizzati per rappresentare le entità e le relazioni tra di esse in un sistema. Questi diagrammi sono utilizzati per modellare i dati e le loro interazioni all'interno del sistema, aiutando a definire i requisiti relativi alla gestione dei dati.

- **Specializzazione delle Entità:** Le entità possono essere specializzate in sottoclassi con caratteristiche specifiche (attributi, relazioni). Ad esempio, un *ImportantParticipant* eredita attributi e relazioni dalla superclass *Participant*, ma può avere attributi aggiuntivi come *Preferences*.
- **Annotazioni dei Diagrammi:** Essenziali per definire con precisione gli elementi e evitare errori di specifica. Ad esempio, l'annotazione per *Participant* può specificare che è una persona attesa alla riunione in un ruolo specifico.

Svantaggi dei Diagrammi Entità-Relazione

Non si riesce a distinguere tra prescrittivi e percettivi.

4.3.3 Diagrammi SADT (Structured Analytics Design Technique)

I diagrammi SADT sono utilizzati per catturare attività e dati nel sistema, sia nello stato attuale che in quello futuro. Questi diagrammi si dividono in due categorie principali:

- **Actigram:** Relaziona le attività tramite collegamenti di dipendenza dai dati (*input/output*). Mostra come le attività sono correlate attraverso i dati che utilizzano e producono.
- **Datagram:** Relaziona i dati tramite collegamenti di dipendenza dal controllo (*produttori/consumatori*). Indica come i dati vengono prodotti, consumati, validati e le risorse necessarie.
 - **Est:** attività di produzione.
 - **Nord:** attività di validazione.
 - **Ovest:** attività di consumo.
 - **Sud:** risorse necessarie.

Nei diagrammi SADT, esiste una dualità dati-attività:

- I dati in un actigram devono apparire in un datagram.
- Le attività in un datagram devono apparire in un actigram.

Vantaggi dei Diagrammi SADT

- Forniscono una chiara visualizzazione delle dipendenze tra attività e dati.
- Aiutano a identificare le risorse necessarie e le relazioni di controllo.

Svantaggi dei Diagrammi SADT

- Possono diventare complessi e difficili da gestire per sistemi di grandi dimensioni.
- Richiedono una comprensione approfondita delle attività e dei dati coinvolti.

Un esempio di diagramma SADT mostra come le attività di gestione dei vincoli (*handling constraints*) siano correlate attraverso richieste di meeting, data range e risorse necessarie. Ogni attività e dato è chiaramente definito e le loro interazioni sono mappate per garantire la coerenza e la completezza del sistema.

4.3.4 Diagrammi di Flusso dei Dati (*Dataflow Diagrams*)

I diagrammi di flusso dei dati (DFD) sono utilizzati per catturare le operazioni del sistema collegate dalle dipendenze dei dati. Questi diagrammi sono più semplici ma meno espressivi rispetto agli actigram.

- **Operazione:** Attività di trasformazione dei dati.
- **Link di Input e Output:** Flussi di dati. Le operazioni richiedono dati in entrata per produrre dati in uscita (non flusso di controllo).
- **Regole di Trasformazione dei Dati:** Devono essere specificate nelle annotazioni (linguaggio naturale strutturato) o in un altro DFD (raffinamento delle operazioni, cf. SADT).
- **Componenti del Sistema e Repositori di Dati:** Origini e destinazioni del flusso.

Vantaggi dei Diagrammi di Flusso dei Dati

- Semplificano la rappresentazione delle operazioni di trasformazione dei dati.
- Facilitano la comprensione delle dipendenze dei dati nel sistema.

Svantaggi dei Diagrammi di Flusso dei Dati

- Meno espressivi rispetto agli actigram per rappresentare le operazioni complesse.
- Richiedono annotazioni dettagliate per specificare le regole di trasformazione dei dati.

I diagrammi di flusso dei dati sono essenziali per garantire la coerenza e la completezza del sistema, con ogni attività che deve avere un input e un output, e tutti i dati devono avere un produttore e un consumatore. Le regole di consistenza/completa possono essere verificate da strumenti, simili ai diagrammi SADT.

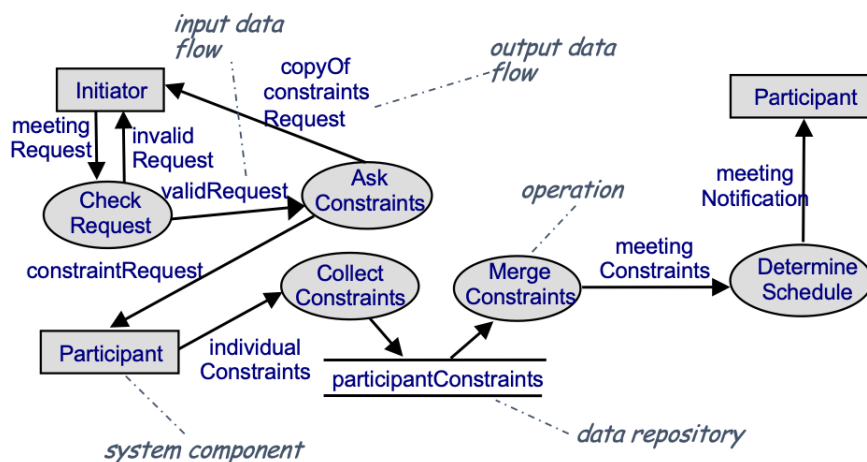


Figura 4.3.5: Esempio di Diagramma di Flusso dei Dati

4.3.5 Use Case Diagram

I diagrammi dei casi d'uso sono utilizzati per catturare le operazioni che devono essere eseguite da un componente del sistema e le interazioni con altri componenti. Questi diagrammi forniscono una vista di insieme semplice ma a volte vaga delle operazioni del sistema.

- **Operazioni del Sistema:** Catturano le operazioni da eseguire e le interazioni con altri componenti. Sono introdotti in UML per sostituire i DFD.
- **Annotazioni e Scenari di Interazione:** Necessari per rendere precisi i diagrammi dei casi d'uso.
- **Meccanismi di Strutturazione:**
 - `<<include>>`: Specifica una “sotto-operazione”.
 - `<<extend>>` + condizione: Specifica un'operazione “variante” in casi eccezionali.

Vantaggi dei Diagrammi dei Casi d'Uso

- Forniscono una vista di insieme delle operazioni del sistema.
- Facilmente comprensibili anche da stakeholder non tecnici.

Svantaggi dei Diagrammi dei Casi d'Uso

- Possono essere troppo vaghi senza annotazioni dettagliate.
- Richiedono scenari di interazione per essere completamente utili.

I diagrammi dei casi d'uso sono strumenti potenti per la modellazione delle operazioni del sistema, ma devono essere integrati con annotazioni e scenari di interazione per garantire una comprensione completa e precisa delle funzionalità del sistema.

4.3.6 Event trace diagrams

I diagrammi delle tracce degli eventi catturano scenari positivi attraverso sequenze di interazioni tra istanze dei componenti del sistema. Questi diagrammi mostrano come le interazioni si svolgono nel tempo.

Vantaggi dei Diagrammi delle Tracce degli Eventi

- Permettono di visualizzare chiaramente le interazioni tra i componenti del sistema.
- Forniscono una sequenza temporale dettagliata degli eventi di interazione.

Svantaggi dei Diagrammi delle Tracce degli Eventi

- Possono diventare complessi con un numero elevato di componenti e interazioni.
- Richiedono una comprensione dettagliata delle sequenze di interazione.

4.3.7 State Machine Diagram

I diagrammi delle macchine a stati catturano i comportamenti ammissibili dei componenti del sistema. Essi rappresentano la sequenza delle transizioni di stato per gli elementi controllati.

- **Comportamento di un'istanza di componente:** Sequenza di transizioni di stato per gli elementi che controlla.
- **Stato della Macchina a Stati:** Insieme di situazioni in cui una variabile che caratterizza un elemento controllato ha sempre lo stesso valore. Ad esempio, lo stato "MeetingScheduled" ha sempre lo stesso valore per "Date" e "Location".
- **Stati Iniziali e Finali:** Stati in cui l'elemento appare o scompare. Gli stati possono avere una certa durata.
- **Transizione di Stato della Macchina a Stati:** Causata da un evento associato. Se l'elemento è nello stato di origine e l'evento si verifica, allora passa allo stato di destinazione. Gli eventi sono fenomeni istantanei.

Vantaggi dei Diagrammi delle Macchine a Stati

- Permettono di modellare chiaramente i comportamenti ammissibili dei componenti del sistema.
- Forniscono una rappresentazione dettagliata delle transizioni di stato.

Svantaggi dei Diagrammi delle Macchine a Stati

- Possono diventare complessi con un numero elevato di stati e transizioni.
- Richiedono una comprensione dettagliata dei comportamenti dei componenti.

Per evitare l'esplosione combinatoria di stati è possibile utilizzare gli statecharts, che permettono di modellare comportamenti complessi in modo più chiaro e conciso.

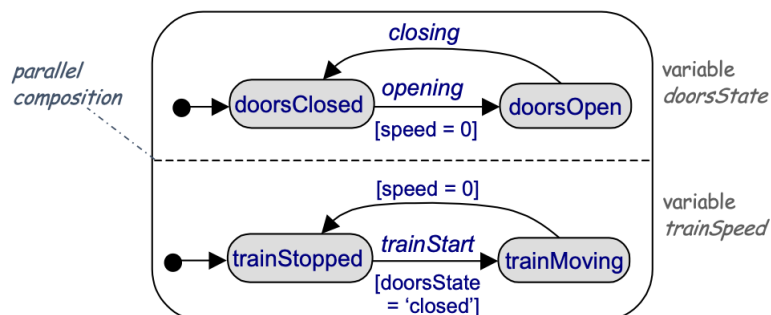


Figura 4.3.6: Esempio di State Machine Diagram

4.3.8 R-net Diagram

Se vogliamo ragionare in termini di stimolo e risposta agli stimoli, una versione alternativa è il diagramma **R-net**, che cattura le relazioni tra gli stimoli provenienti da un'entità esterna e le risposte generate dal sistema.

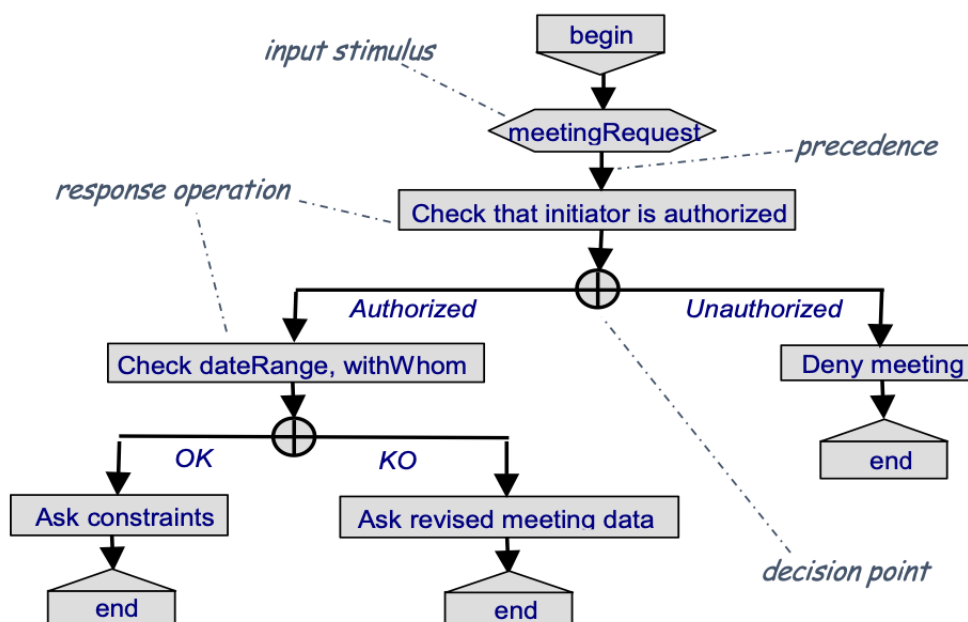


Figura 4.3.7: Esempio di R-net Diagram

4.4 Integrare i Diagrammi in un sistema multi-vista

Avendo a disposizione una varietà di diagrammi per rappresentare i requisiti del sistema, possiamo integrare i diversi diagrammi dato che ciascuno fornisce una prospettiva unica sul sistema. Una prima verifica, data dai sistemi automatici, può essere fatta per verificare la consistenza tra i diagrammi.

Le inconsistenze che si possono verificare possono essere diverse, tra cui:

- tutti i componenti di un problem diagram devono essere presenti in un diagramma entità-relazione.
- tutti i fenomeni di un problem diagram devono essere presenti in un diagramma entità-relazione come un'entità, un attributo o una relazione.

Ci sono viste alternative in UML che ci permettono di ragionare, non tanto sull'architettura, ma supportano nella fase di progettazione e validazione dei requisiti, come ad esempio:

- **Diagrammi delle Classi:** utili per la vista strutturale del sistema.
- **Use Case Diagram:** utile per la vista operativa del sistema.
- **Sequence Diagram:** utile per la visione degli scenari.
- **State Diagram:** utile per la visione delle state machine.

Vantaggi dell'ausilio di Diagrammi

- Sono diversi dalla presentazione in linguaggio naturale, permettendo quindi di essere guidati.
- Hanno una semantica precisa, non ambigua.
- Mezzo di informazione più funzionale per il dialogo con gli stakeholder.
- Hanno una struttura grafica che permette di avere una panoramica di alto livello.
- Sono facili da capire e da comunicare.
- Permettono di fare un'analisi di primo livello e sono supportati da tool.

Svantaggi dell'ausilio di Diagrammi

- Il linguaggio semantico può essere vago (*con interpretazioni differenti*).
- Spesso vengono formalizzati solo gli aspetti più evidenti e superficiali del sistema, lasciando non formalizzate le proprietà dettagliate degli elementi, il che può limitare la profondità dell'analisi.
- L'analisi automatizzata è limitata.
- Si modellano solo aspetti funzionali e strutturali.

Le specifiche più formali sono richieste per sistemi *mission critical*.