



UNIVERSITÀ DI PISA

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'ENERGIA DEI SISTEMI
DEL TERRITORIO E DELLE COSTRUZIONI**

**RELAZIONE PER IL CONSEGUIMENTO DELLA
LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA GESTIONALE**

***Analisi funzionale per la migrazione tecnologica di un
sistema LIMS. Il caso ExtraLIMS***

SINTESI

RELATORI

Prof. Ing. Riccardo Dulmin
Dipartimento DESTEC

Dott. Roberto Pasciuti
Azienda Extra Cube

IL CANDIDATO

Alberto Marchetti
alberto.marchetti95@gmail.com

Sessione di Laurea Magistrale del 28/04/2021

Analisi Funzionale per la migrazione tecnologica di un sistema LIMS. Il caso ExtraLIMS

Alberto Marchetti

Sommario

Questo lavoro di tesi è il risultato di un tirocinio svolto presso l'azienda di consulenza informatica Extra Cube. L'obiettivo della tesi è stato quello di strutturare un processo di analisi funzionale da introdurre all'interno dell'attuale ciclo di sviluppo del software di Extra Cube, e produrre un template standard, redatto secondo lo standard IEEE-830, per la redazione del documento di analisi funzionale. Il template è stato quindi utilizzato per redigere l'analisi funzionale per la migrazione tecnologica di un sistema LIMS (Laboratory Information Management System). Si tratta di un sistema in uso presso un laboratorio di analisi conto terzi, impiegato per la gestione integrata di dati e processi. Il modulo oggetto di analisi è stato quello per la pianificazione delle attività di campionamento in esterna. Il primo passo è stato la modellazione del sistema utilizzando la notazione UML. Successivamente sono stati identificati i requisiti funzionali, le specifiche funzionali e i requisiti non funzionali. La validazione del documento di analisi funzionale è stata eseguita tramite l'esecuzione di una suite di test secondo il metodo SFMEA (Software Failure Modes and Effects Analysis).

Abstract

This thesis work is the result of an internship at the computer consulting company Extra Cube. The aim of the thesis was to build a functional analysis process to be introduced within the current Extra Cube software development life cycle, and to produce a standard template, drawn up to the IEEE-830 standard, for the redaction of the functional analysis document. This template was used to write the functional analysis for the technological migration of a LIMS system. This system, utilized in a third part analysis laboratory, is used for the management of data and processes. The analyzed module was the one used for the outdoor sampling activity planning. The very first step was the system modeling through the UML notation. After this step there was the identification of functional requirements, functional specification and non functional requirements. The validation of the functional analysis document was executed by the creation of a test suite adopting the SFMEA method.

1. Azienda Extra Cube

Extra Cube è una delle aziende che compongono il gruppo Extra, e si occupa di erogare servizi in ambito IT, specializzandosi nella progettazione e nello sviluppo di soluzioni software di tipo Enterprise accessibili in modalità Web.

Presso questa azienda ho svolto un tirocinio della durata di sei mesi, in cui ho affiancato il mio tutor nella strutturazione di un processo di analisi funzionale da introdurre all'interno del ciclo di sviluppo del software di Extra Cube, e nella redazione di un template che consenta di documentare le informazioni emerse da tale processo di analisi.

Sia la validità del processo di analisi funzionale che del template redatto, è stata valutata tramite la loro applicazione ad un progetto già avviato. Il progetto, che per motivi di privacy, all'interno di questo documento di sintesi verrà chiamato ExtraLIMS, riguarda la migrazione tecnologica di un sistema LIMS in uso presso un cliente di Extra Cube, chiamato ExtraLab.

2. Il contesto e l'esigenza del cliente

ExtraLab è un'azienda di consulenza specialistica nel campo dell'igiene ambientale e della sicurezza sul lavoro. Nel corso degli anni ha vissuto una forte crescita, ed oggi offre ai propri clienti i seguenti servizi:

- analisi chimiche e microbiologiche ambientali, grazie ad un laboratorio chimico interno ed unità di campionamento autonome;
- analisi chimiche e microbiologiche nel settore agroalimentare;
- consulenze ambientali sulla sicurezza del lavoro e consulenza su certificazioni secondo le norme UNI EN ISO 14001 e UNI ISO 45001.

Nello svolgimento delle attività operative, ExtraLab è supportata da un software LIMS¹, un sistema che implementa le seguenti funzionalità:

- contabilità: consente la generazione di offerte e l'invio di documenti via E-mail;
- laboratorio: consente la gestione dei parametri di accreditamento, la gestione dei Riferimenti Legislativi valori limite, la gestione degli strumenti di prova;
- estensioni: consente l'importazione di dati strumentali rilevati sul campo dagli operatori tramite una mobile app, non integrata nativamente con il LIMS.

¹ LIMS: Laboratory Information Management System.

- magazzino: consente la gestione della strumentazione, delle attrezzature e delle risorse consumabili presenti a magazzino;
- statistiche/pianificazione: consente l'elaborazione di report statistici sulla base dei parametri raccolti nelle campagne di campionamento e la pianificazione delle attività di campionamento;
- relazioni: consente la redazione di relazioni di rischio sul lavoro.

Al sistema LIMS è associata una mobile application, il cui scopo è quello di supportare gli operatori sul campo durante le attività di campionamento.

L'attuale sistema LIMS in uso presso ExtraLab si basa su tecnologia Microsoft Access ed è realizzato in Visual Basic. Costituito da una struttura monolitica, è stato oggetto, negli anni, di continue modifiche evolutive al fine di adattarsi alla mutevolezza del contesto operativo e legislativo. Le continue customizzazioni implementate hanno aumentato in modo esponenziale la complessità della manutenzione e la difficoltà di aggiornare il sistema, facendo incrementare, nel corso degli anni, il distacco tra la realtà aziendale ed il modo in cui essa viene mappata dal software. Per queste ragioni, tale sistema costituisce un sistema legacy che non risponde più alle esigenze di ExtraLab, inducendo l'azienda a prendere la decisione di dismetterlo, affidando la commessa per la realizzazione di un nuovo LIMS ad Extra Cube.

2.1. Obiettivo del progetto ExtraLIMS

L'obiettivo del progetto ExtraLIMS è quello di sviluppare un nuovo LIMS, basato su piattaforma Java, che abbia una struttura modulare e consenta il superamento della prospettiva funzionale, al fine di:

- introdurre un sistema basato su tecnologie avanzate, aggiornabile e manutenibile con maggiore facilità rispetto al passato;
- ottenere una completa rispondenza tra i processi aziendali e come questi vengono mappati sul sistema;
- avere una integrazione nativa tra il sistema e l'applicazione mobile a supporto dei soggetti che svolgono le attività di campionamento;
- avere una integrazione nativa tra i diversi moduli che compongono il sistema;

2.2. Obiettivo del progetto di tesi

L'assenza di un processo formale di analisi funzionale di sistemi di dimensioni importanti, tra i quali anche i moduli del progetto ExtraLIMS implementati prima del mio inserimento, e di informazioni documentate riguardo i requisiti dei sistemi analizzati, ha causato una comunicazione inefficiente sia con i clienti sia all'interno del team di sviluppo. Questo ha portato alle seguenti problematiche:

- difficoltà nel tracciare le informazioni legate al sistema da implementare;
- presenza di un numero di bugs superiore alle attese;
- possibili fraintendimenti con il committente.

L'obiettivo del progetto di tesi è quello di risolvere le problematiche appena evidenziate, attraverso:

- la formalizzazione di un processo di analisi funzionale da introdurre all'interno dell'attuale ciclo di sviluppo del software di Extra Cube;
- l'identificazione di tecniche e metodologie per la modellazione del sistema e per la gestione dei requisiti;
- la produzione di un template che possa raccogliere in modo efficiente tutte le informazioni emerse in fase di analisi;

L'efficacia di questi aspetti è stata valutata tramite la loro applicazione al progetto ExtraLIMS, in particolare per lo svolgimento dell'analisi funzionale di un modulo specifico, quello relativo alla pianificazione delle attività di campionamento.

Questo modulo consente agli utenti di ExtraLab di pianificare le attività di campionamento in esterna, permettendo la definizione della sede in cui si svolgerà, quali risorse verranno impiegate e per quanto tempo. Tale modulo dovrà consentire, inoltre, la modifica delle attività pianificate esistenti, la redazione dei fogli di lavoro e la gestione della comunicazione coi clienti.

Il mio ruolo è stato quello di selezionare il modello di processo di analisi funzionale da introdurre, identificare le tecniche e le metodologie da utilizzare per la modellazione e la gestione dei requisiti, e strutturare un template per la documentazione dell'analisi. Ho partecipato agli incontri con il personale di ExtraLab, condotti dal mio tutor, ed ho redatto il documento di analisi funzionale del modulo pianificazione delle attività del sistema ExtraLIMS.

3. Analisi funzionale del modulo “pianificazione delle attività” di ExtraLIMS

Gli ultimi progetti commissionati ad Extra Cube hanno evidenziato come l’approccio informale allo sviluppo del software finora utilizzato, mostrato in Fig. 1, e l’assenza di una documentazione dei requisiti del sistema non sia più profittevole, rendendo necessaria l’introduzione di un processo formale di analisi funzionale.



Figura 1: Stato AS IS del ciclo di sviluppo del software in Extra Cube

3.1. Selezione del modello di processo di analisi funzionale

Per prima cosa ho reperito dalla letteratura tre modelli di processo di analisi funzionale, proposti dagli autori Sommerville, Macaulay e Pandey, ognuno dei quali presenta delle peculiarità che lo rendono potenzialmente adeguato al contesto di Extra Cube.

Per decidere quale tra questi fosse il più idoneo al contesto, ho utilizzato la tecnica di supporto alle decisioni AHP². I criteri di valutazione in base ai quali è stata individuata l’alternativa migliore, emersi da un brainstorming in azienda, sono i seguenti:

- reattività al cambiamento: il modello di processo dovrà recepire tempestivamente qualunque tipo di stimolo esterno;
- modularità della documentazione: le attività che compongono il processo dovranno consentire una redazione dinamica della documentazione, garantendo la possibilità di validare in tempi e modi indipendenti le varie sezioni;
- impatto sull’organizzazione: l’analisi funzionale dovrà avere il più basso impatto sulla struttura organizzativa e, esplorando questo aspetto, sono emersi i due sotto-criteri:
 - impatto sull’intero ciclo di sviluppo del software;
 - impatto sul modo di lavorare del personale di Extra Cube;

Il risultato dell’applicazione del metodo AHP, riportato in Fig. 2, ha evidenziato come il modello di processo di analisi funzionale proposto da Sommerville fosse l’alternativa migliore al contesto di Extra Cube.

² AHP: Analytic Hierarchy Process.

Criterio di Primo Livello	Criterio di Secondo Livello	Peso	<i>Sommerville</i>	<i>Macaulay</i>	<i>Pandey/Suman</i>
<i>Reattività al Cambiamento</i>		0,51	0,67	0,06	0,27
<i>Modularità Documentazione</i>		0,42	0,51	0,06	0,42
<i>Impatto su organizzazione</i>	<i>Impatto sul Ciclo di Sviluppo Software</i>	0,04	0,65	0,97	0,13
	<i>Impatto su Persone</i>	0,03	0,49	0,65	0,16
Risultato Finale			0,58	0,1	0,31

Figura 2: Risultati confronto modelli di processo di analisi funzionale

3.2. Le attività dell'analisi funzionale

Il modello di processo introdotto per lo svolgimento dell'analisi funzionale del modulo pianificazione delle attività di ExtraLIMS, si compone di quattro attività:

- elicitazione dei requisiti;
- analisi e documentazione dei requisiti;
- validazione dei requisiti;
- gestione dei requisiti.

3.2.1. Attività di elicitazione

L'attività di elicitazione prevede l'identificazione dei bisogni degli stakeholders del sistema e le informazioni necessarie per poter determinare i confini del sistema da sviluppare.

La tecnica scelta per elicitare i bisogni degli stakeholders di ExtraLIMS è stata l'osservazione diretta delle funzionalità della pianificazione delle attività del vecchio LIMS. Ho assistito a degli incontri, condotti dal mio tutor, durante i quali gli utenti finali del modulo pianificazione delle attività, chiamati utente pianificatore ed utente campionario, ed il direttore di ExtraLab ci hanno mostrato i flussi di lavoro implementati dal sistema, evidenziandone le criticità e le eccezioni.

L'output di questa fase è la modellazione del sistema, che ho redatto sulla base delle informazioni raccolte, introducendo il linguaggio di modellazione UML³. Tra i diagrammi proposti, ho scelto di utilizzare lo state diagram per rappresentare gli stati di una attività pianificata, l'activity diagram che consente di rappresentare i flussi di lavoro che possono essere seguiti da un utente e gli use case diagram, che consentono la descrizione di sequenze di azioni, incluse le sequenze alternative, che un sistema può eseguire interagendo con attori esterni. Per il modulo pianificazione delle attività di ExtraLIMS sono stati

³ UML: Unified Modeling Language.

individuati venti casi d'uso, rappresentati con una notazione grafica UML e con una tabella, chiamata specifica del caso d'uso, il cui template è riportato in Fig. 3, che ne permette una rappresentazione esaustiva.

NOME CASO D'USO	
ID Caso d'uso	
Attore	
Precondizione	
Sequenza di eventi	
Postcondizioni	
Sequenza alternativa	
Postcondizioni sequenza alternativa	

Figura 3: Specifica del caso d'uso

L'introduzione dei casi d'uso ha portato molti vantaggi, consentendo:

- la modellazione del contesto in cui verrà inserito il modulo pianificazione delle attività con un linguaggio standard;
- di poter derivare dai casi d'uso i requisiti funzionali;
- di poter derivare dai casi d'uso i test funzionali che verranno svolti al termine della fase di sviluppo del modulo.

3.2.2. Attività di documentazione dei requisiti

Questa attività prevede la determinazione e documentazione dei requisiti funzionali, delle interfacce esterne e delle specifiche funzionali, sulla base delle informazioni raccolte in fase di elicitazione.

A partire un modello utilizzato in azienda, ho strutturato un template seguendo lo standard IEEE-830⁴, che ho applicato per documentare l'analisi funzionale del modulo pianificazione delle attività di ExtraLIMS. Il template che ho prodotto presenta il seguente indice:

1. informazioni sul documento. Al suo interno sono contenuti i sottoparagrafi che trattano le informazioni generali riguardanti le versioni del documento, le sue approvazioni ed altri eventuali documenti a cui fa riferimento;
2. introduzione. Al suo interno sono contenute le informazioni utili per contestualizzare il documento ed il progetto;
3. modellazione del sistema. Al suo interno sono contenuti i fattori generali e di contesto che influenzano il sistema ed i suoi requisiti. In questo capitolo è contenuta

⁴ IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications.

la modellazione del sistema secondo gli use case diagram e gli altri diagrammi UML selezionati dall'analista;

4. interfacce esterne. Al suo interno vengono riportate tabelle e mock-up che descrivono i campi ed i comandi azione che dovrebbero essere presenti nelle interfacce esterne visualizzate dall'utente. Sia all'interfaccia esterna, sia ai campi ed ai comandi azione è stata associata una codifica che li rende identificabili e li collega alle relative specifiche funzionali;
5. requisiti funzionali. In questo capitolo sono contenuti i requisiti funzionali del sistema. Un requisito funzionale è una condizione o capacità necessaria ad un utente per risolvere un problema o raggiungere un obiettivo. Per il modulo pianificazione delle attività di ExtraLIMS sono stati individuati sedici requisiti funzionali. Per la rappresentazione dei requisiti funzionali è stato utilizzato come template la tabella riportata in Fig. 4, che ne consente sia una descrizione completa sia di collegarlo con le restanti entità del documento;

RF – NOME REQUISITO FUNZIONALE	
Definizione	
Interfacce Esterne (IE)	
Specifiche Funzionali (SF)	
Precondizione	
Attori	
Input	
Output	

Figura 4: Template per la rappresentazione del requisito funzionale

6. specifiche funzionali. All'interno del capitolo sono riportate delle tabelle che consentono di rappresentare le specifiche funzionali, che definiscono come il sistema permetterà di soddisfare un determinato requisito. Si descrive dunque il comportamento dei vari comandi azione e dei campi all'interno delle interfacce con cui l'utente può interagire per soddisfare un determinato requisito funzionale. Ogni specifica funzionale è stata codificata al fine di poterla identificare, riferendola all'interfaccia esterna di appartenenza;
7. requisiti non funzionali. Al suo interno sono contenuti i requisiti non funzionali del sistema in esame. I requisiti non funzionali rappresentano i vincoli, le proprietà o le caratteristiche di un sistema software, come i vincoli di natura temporale, quelli imposti da standard o dai processi, e riguardano il sistema nella sua interezza.

L'adozione delle linee guida proposte dallo standard IEEE-830 ha portato alla redazione del template di cui è stato appena riportato l'indice, portando i seguenti benefici:

- formalizzare i requisiti del sistema da realizzare;
- mantenere e tracciare efficacemente le modifiche;
- fornire una base per la convalida e la verifica dei requisiti funzionali.

3.2.3. Attività di validazione dei requisiti

L'attività di validazione dei requisiti prevede che venga valutato se i requisiti funzionali specificati all'interno del documento siano allineati a ciò che ha richiesto il cliente.

Per validare i requisiti funzionali del modulo di pianificazione delle attività del sistema ExtraLIMS è stata scelta la requirements reviews: dopo aver inviato il documento di analisi ai soggetti coinvolti nell'attività di elicitazione, in accordo col tutor abbiamo svolto una call in cui il cliente avrebbe potuto far emergere criticità riguardo ai requisiti funzionali. Al termine di tale incontro non sono state rilevate problematiche riguardo ai requisiti funzionali.

3.2.4. Attività di gestione dei requisiti

L'attività di gestione dei requisiti è trasversale a tutte le altre appena descritte: in qualunque momento potrebbero pervenire richieste di modifica dei requisiti funzionali, perciò è necessario prevedere una attività che valuti l'importanza delle proposte di modifica ed il loro impatto sulle interfacce esterne e le specifiche funzionali.

Per valutare l'importanza ho utilizzato il metodo MoSCoW, con cui ho classificato i sedici requisiti funzionali identificati secondo la scala di priorità Must have/Should have/Could have/Won't have. Tale tecnica mi ha permesso di raggiungere, in accordo con gli end users del modulo in analisi, un concetto condiviso circa l'importanza che questi ultimi attribuiscono all'implementazione di ogni requisito sul sistema.

Per valutare l'impatto della modifica ho introdotto i concetti di:

- tracciabilità orizzontale del requisito funzionale, sulla base del quale ho esplicitato i collegamenti tra i requisiti funzionali. Ho dunque redatto una matrice che li pone in relazione a coppie, evidenziandone le relazioni;
- tracciabilità verticale del requisito funzionale, che riguarda il collegamento dei requisiti funzionali con le relative interfacce esterne e le specifiche funzionali. Il rispetto di questo concetto è garantito dal template con cui ho rappresentato i requisiti funzionali, riportato in Fig.4, che mi ha permesso di collegarli con le rispettive interfacce esterne e specifiche funzionali.

Con l'introduzione di questi concetti e le relative matrici a supporto, è stato possibile valutare le proposte di modifica ai requisiti funzionali in base alla loro importanza, valutandone sia l'impatto sugli altri requisiti sia sulle interfacce esterne e sulle specifiche funzionali.

3.3. Test funzionali

Al fine di valutare se il processo di analisi funzionale ed il template prodotto abbiano portato all'implementazione di un sistema che soddisfi i requisiti specificati dal cliente, ho prodotto ed eseguito dei test case funzionali sulla versione rilasciata internamente del modulo pianificazione delle attività v1.0.8, documentandoli utilizzando il software Microsoft Excel.

Ho generato la batteria di test completa considerando che gli input che potrebbero essere forniti al sistema possono essere validi e non validi.

Per la generazione dei test case che prevedevano l'immissione nel sistema di input validi, ho sfruttato le informazioni contenute nel template dei casi d'uso, riportato in Fig. 3, per definire le precondizioni dei test ed i risultati attesi.

Per la generazione dei test case con input non validi ho utilizzato il metodo SFMEA (Software Failure Modes and Effects Analysis), una analisi di tipo bottom-up utilizzata per l'individuazione dei potenziali pericoli e rischi legati ad un sistema. L'esecuzione della SFMEA prevede l'analisi di ogni funzionalità del sistema, nello specifico di ogni caso d'uso, partendo dall'identificazione dei modi di guasto più probabili e delle sue cause. In seguito, sfruttando l'activity diagram che relaziona le diverse funzionalità oggetto di analisi, ho identificato gli effetti locali del guasto a livello funzionale e come questi si propagano sul resto del sistema, al fine di stimare la severità del danno. Dopo aver effettuato l'analisi, ho identificato le precondizioni ed il risultato del test, imponendo che il sistema non preveda l'avaria identificata.

Infine, per determinare l'importanza dei test ho sfruttato il concetto di tracciabilità verticale, che consente di collegare requisiti funzionali ai casi d'uso da cui derivano i test: in ragione di questo ho attribuito ai test funzionali lo stesso grado di importanza attribuito al requisito funzionale.

Essendo irrealistico pensare di eliminare completamente l'errore umano durante tutto il ciclo di sviluppo di un software, basandomi anche sull'esperienza del mio tutor, abbiamo concordato un valore soglia del 90% di test positivi, oltre il quale possiamo affermare che il modello di processo ed il template prodotto hanno avuto successo e sarà possibile impiegarli

anche in progetti futuri.

Dopo aver eseguito i test case prodotti, i cui risultati sono riportati in Fig. 5, la percentuale di test riusciti si attesta al 96,9%, e questo ci porta ad affermare che il modello di processo introdotto ed il template generato hanno avuto successo, portando allo sviluppo di un software conforme alle richieste del cliente.

Risultati Test Case			
	Casi di test Positivi	Casi di test Negativi	Totale
Casi di test programmati	82	144	226
Test eseguiti	82	144	226
Test riusciti	80 (97, 56%)	139 (96,53%)	219 (96,9%)
Test falliti	2 (2,44%)	5 (3,47%)	7 (3,1%)

Figura 5: Risultati test case

4. Conclusioni

Il lavoro svolto presso l'azienda Extra Cube sul progetto ExtraLIMS, ha permesso di valutare i vantaggi derivanti dall'introduzione di un processo formale di analisi funzionale all'interno del ciclo di sviluppo del software, il cui stato TO BE è riportato in Fig. 6, e di un documento di analisi basato sulle guideline proposte dallo standard IEEE-830. Sono stati risolti i problemi derivanti dall'assenza di documentazione formale, tra cui la difficoltà nel tracciare i requisiti e le richieste di modifica, grazie anche alla disambiguazione derivante dall'introduzione del linguaggio UML. La produzione ed esecuzione di test funzionali che ha dato il 96,9% di test riusciti, confermando la validità del modello di processo e del template del documento.

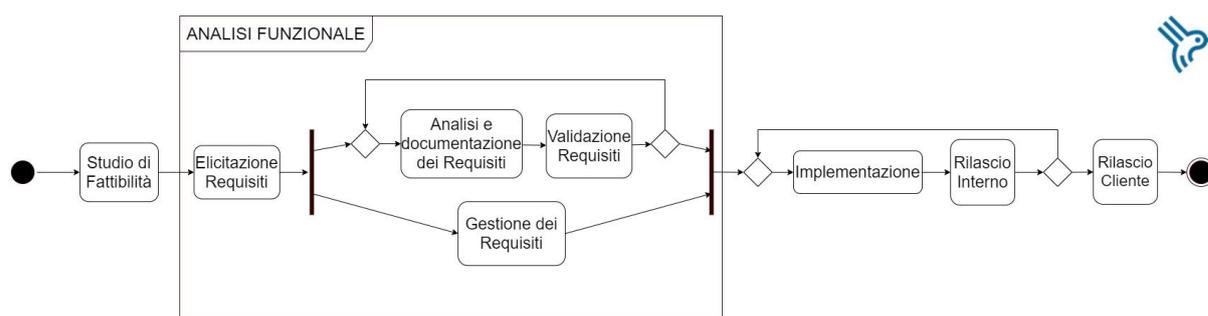


Figura 6: Stato TO BE del ciclo di sviluppo del software in Extra Cube

Tra gli sviluppi futuri si potrebbe prendere in considerazione l'introduzione di una piattaforma condivisa e di strumenti ad hoc per l'identificazione e per la gestione dei requisiti. In questo modo si rendono maggiormente connessi gli stakeholders del progetto e si facilita la gestione della documentazione prodotta, semplificando il confronto e accorciandone i tempi.