



**Specifiche di progetto per il corso di  
Basi di dati  
A.A. 2021 – 2022  
Corso di Laurea in Ingegneria Informatica**

Prof. Gigliola Vaglini, Ing. Francesco Pistolesi



# Indice

<b>1</b>	<b>Descrizione delle fasi di progettazione</b>	<b>3</b>
1.1	Analisi delle specifiche . . . . .	4
1.2	Progettazione concettuale . . . . .	4
1.3	Ristrutturazione del diagramma E-R . . . . .	5
1.4	Individuazione di operazioni sui dati . . . . .	5
1.5	Analisi delle prestazioni delle operazioni . . . . .	5
1.6	Progettazione logica . . . . .	6
1.7	Analisi delle dipendenze funzionali e normalizzazione . . . . .	7
1.8	Implementazione su DBMS Oracle MySQL . . . . .	7
<b>2</b>	<b>Specifiche</b>	<b>8</b>
2.1	Visione d'insieme . . . . .	8
2.2	Area generale . . . . .	8
2.2.1	Struttura di un edificio . . . . .	8
2.2.2	Rischi . . . . .	9
2.3	Area costruzione . . . . .	9
2.3.1	Informazioni generali di progetto edilizio . . . . .	10
2.3.2	Materiali . . . . .	10
2.3.3	Stadi di avanzamento e gestione del personale . . . . .	11
2.3.4	Area monitoraggio . . . . .	12
2.3.5	Sensori . . . . .	12
2.3.6	Dati registrati dai sensori e memorizzazione . . . . .	13
2.4	Area analisi del rischio e monitoraggio danni . . . . .	13
2.4.1	Stato dell'edificio . . . . .	14
2.4.2	Calamità . . . . .	14
2.4.3	Danni . . . . .	14
2.5	Area analytics . . . . .	15
2.5.1	Consigli di intervento . . . . .	16
2.5.2	Stima dei danni . . . . .	16
2.5.3	Custom analytics . . . . .	16
2.6	Dimensionamento del lavoro dei gruppi in base alla loro numerosità	16



# Capitolo 1

## Descrizione delle fasi di progettazione

Si desidera progettare un database relazionale su DBMS Oracle MySQL che permetta di memorizzare i dati relativi a un sistema che gestisce la costruzione, ristrutturazione e il monitoraggio di edifici in ottica di sicurezza. Oltre a ospitare i dati, il database sarà dotato di alcune operazioni e funzionalità di data analytics che dovranno essere realizzate.

Il presente capitolo ha la funzione di spiegare come dovrebbe svolgersi il lavoro e quali sono i requisiti e lo scopo di tutte le sue fasi, le tecniche che dovranno essere utilizzate, e gli artefatti che dovranno essere prodotti e mostrati in sede di verifica. Le specifiche del database da progettare e delle funzionalità da implementare sono fornite nel Capitolo 2.

Il progetto deve essere svolto in gruppi composti da due studenti. Solo in casi eccezionali, a fronte di disagi motivati, si può valutare l'eventualità che un gruppo sia composto da tre studenti oppure da uno; nella sezione 2.6 verranno specificate le parti che sono obbligatorie a seconda della dimensione del gruppo.

Il lavoro si svolgerà attraverso le seguenti fasi:

1. Analisi delle specifiche;
2. Progettazione concettuale tramite un diagramma entità-relazione;
3. Ristrutturazione del diagramma entità-relazione;
4. Individuazione di operazioni interessanti sui dati;
5. Analisi delle prestazioni delle operazioni individuate;
6. Miglioramento della performance tramite introduzione di ridondanze;
7. Traduzione dello schema concettuale nel modello logico relazionale;
8. Analisi delle dipendenze funzionali ed eventuale normalizzazione dello schema;
9. Scrittura di uno script MySQL che crei il database e lo popoli;
10. Implementazione delle funzionalità di analisi dei dati.

Come risultato finale dell'attività, oltre al **database** e allo **script** contenente il codice per la sua creazione e popolazione e per la realizzazione delle funzionalità richieste, in sede d'esame dovrà essere consegnata una **documentazione** nella quale vengono spiegate e giustificate chiaramente tutte le scelte effettuate fase per fase. Più in dettaglio, deve essere consegnata una copia digitale (in PDF) della documentazione, con pagine numerate e provvista di indice. Devono inoltre essere consegnate due copie (in PDF) del diagramma E-R, una non ristrutturata e una ristrutturata. Il diagramma E-R deve essere ordinato e chiaramente leggibile, deve essere realizzato su un foglio digitale di dimensione appropriata (tipicamente A3, A2 o formati più grandi) e il font utilizzato non dovrà essere più piccolo di 12 pt in ogni parte del diagramma. Si deve quindi usare il software di progettazione **impostando all'inizio il formato di pagina e, nel momento in cui si effettua la stampa cartacea (o in PDF), scegliere un formato carta (o di pagina digitale) dello stesso formato scelto nel software**. Per esempio, se nel software si è impostato il formato di pagina A3, quando si stampa si deve stampare in A3. Non usare opzioni "Adatta alla pagina", "Fit to page", "Fit to width", "Fit to whatever".

L'esame si svolgerà sotto forma di colloquio in cui entrambi gli studenti che compongono il gruppo sono chiamati a rispondere a domande su tutto il progetto e ad eventuali domande relative ai concetti teorici sui quali esso si basa. Qualora parti della progettazione siano svolte in autonomia dai componenti del gruppo, in sede d'esame non è accettabile che uno dei due componenti non sappia rispondere a domande relative a una parte di progettazione svolta dall'altro. Gli studenti devono inoltre dimostrare capacità critica e difendere le scelte effettuate, motivandone opportunamente le ragioni. Sarà inoltre oggetto di valutazione il livello di chiarezza espositiva. Il voto della discussione del progetto è espresso in trentesimi ed è lo stesso per entrambi gli studenti che compongono il gruppo.

## 1.1 Analisi delle specifiche

In questa fase preliminare devono essere lette e analizzate nel dettaglio le specifiche fornite nel Capitolo 2. Lo scopo dell'analisi delle specifiche è quello di capire l'utilizzo tipico del database da progettare, al fine di prevedere i dati di cui necessità e l'organizzazione migliore per il loro utilizzo.

## 1.2 Progettazione concettuale

La notazione da utilizzare per il diagramma entità-relazione è quella vista a lezione, presente sia nelle slide che nel libro di testo. Non sono accettate notazioni alternative non trattate estesamente nel corso (ad esempio UML, Crow's Foot, etc.).

Esistono vari tool per la realizzazione (più o meno) assistita di diagrammi entità-relazione. Tali tool sono reperibili sul web, taluni con licenza freeware o shareware, altri a pagamento. Alcuni esempi sono [Draw.io](#), [Microsoft Visio](#), [OmniGraffle](#) [solo macOS], [ConceptDraw](#) [solo macOS], [Adobe Illustrator](#). I tool sottolineati sono stati utilizzati in modo preferenziale dagli studenti in edizioni precedenti del corso.

Il diagramma E-R, prodotto secondo una delle strategie viste a lezione, risultante da questa fase deve contenere: entità e associazioni; attributi di entità e associazioni; identificatori primari delle entità; cardinalità delle associazioni e degli

attributi (se opzionali o multivalore); eventuali generalizzazioni, attributi composti e multivalore.

### 1.3 Ristrutturazione del diagramma E-R

Il diagramma prodotto nella fase precedente deve essere completo: la sua ristrutturazione riguarda soltanto l'eliminazione delle generalizzazioni e degli attributi composti/multivalore. Le generalizzazioni, gli attributi composti e gli attributi multivalore devono essere eliminati tramite una delle opzioni viste durante il corso. In questa fase possono anche essere effettuati partizionamenti/accorpamenti di entità e associazioni, dove si ritengano utili.

Questa fase produce come risultato un diagramma E-R ristrutturato, direttamente traducibile in uno schema nel modello logico relazionale.

### 1.4 Individuazione di operazioni sui dati

Devono essere individuate almeno 8 operazioni significative da effettuare sui dati. Queste operazioni dovranno essere implementate in linguaggio MySQL. Le operazioni individuate possono essere interrogazioni, inserimenti, modifica o cancellazioni. Con il termine "significative" si fa riferimento a operazioni che contribuiscono in maniera apprezzabile a determinare le prestazioni del database durante il normale carico applicativo<sup>1</sup>. Queste operazioni possono essere operazioni semplici ma molto frequenti, oppure operazioni più complesse di analisi dei dati che, anche se eseguite più di rado, possono appesantire considerevolmente il carico applicativo.

### 1.5 Analisi delle prestazioni delle operazioni

Nella documentazione che sarà oggetto di discussione in sede d'esame, per ogni operazione significativa individuata al punto precedente, devono essere riportati nell'ordine: una descrizione chiara dell'operazione; l'input (ciò che è noto a priori ed è dato in ingresso all'operazione); l'output (ciò che l'operazione produce); la porzione del diagramma E-R interessata dall'operazione; la porzione di tavola dei volumi (le righe) con i volumi delle entità e le relazioni coinvolte; la tavola degli accessi.

Per analizzare le prestazioni delle operazioni la tavola dei volumi dovrà essere compilata stimando il numero di occorrenze per ciascuna entità o relazione. Dopodiché, deve essere data una stima sulla frequenza giornaliera dell'esecuzione di ciascuna operazione. Affinché l'analisi sia sufficientemente indicativa, le stime devono essere fatte con giudizio. La documentazione dovrà contenere la tavola dei volumi e le assunzioni sulla frequenza delle operazioni.

Per ogni operazione scelta nel Paragrafo 1.4, la tavola degli accessi conterrà tante righe quanti sono i concetti (entità e relazioni) attraversati dall'operazione. Ogni riga della tavola degli accessi deve contenere, nell'ordine: un identificatore incrementale, il nome del concetto coinvolto, il tipo di concetto (entità o relazione), il tipo di accesso (lettura o scrittura), il numero di accessi necessari, la descrizione

---

<sup>1</sup>Solitamente, per la legge di Pareto, il 20% delle operazioni è responsabile dell'80% del carico.

della motivazione per la quale si effettuano gli accessi, cioè quale attributo (o attributi) si sta leggendo/scrivendo.

Dall'analisi delle prestazioni di ciascuna operazione significativa può emergere che alcune potrebbero trarre beneficio dall'introduzione di ridondanze. Ogniquale volta si introduce una ridondanza per una operazione, per tale operazione deve essere compilata anche la tavola degli accessi che mostra il numero di operazioni elementari<sup>2</sup> da eseguire in presenza della ridondanza. Deve infine essere presa una decisione sul mantenere o no la ridondanza introdotta, in base al risparmio di accessi che essa comporta. Si faccia attenzione che, scelta un'operazione, una ridondanza ne comporta naturalmente un alleggerimento del carico, ma, d'altra parte, la ridondanza deve essere mantenuta aggiornata per essere utilizzata. Più in dettaglio, una ridondanza richiederà un'operazione di aggiornamento (o refresh), ogniqualvolta viene eseguita una modifica (update, insert o delete) della tabella sulla quale la ridondanza è basata.

Per decidere se mantenere o meno una ridondanza, va studiata anche l'operazione di aggiornamento, la sua frequenza, la sua modalità (immediate, deferred, on demand) e la sua complessità in termini di operazioni elementari. Ciò permette di calcolare il rapporto costo-beneficio, dove il beneficio è il risparmio di operazioni elementari che la ridondanza comporta nell'esecuzione di un'operazione significativa (quelle al Paragrafo 1.4), mentre il costo è dovuto alle operazioni elementari necessarie per mantenere coerente la ridondanza. In altre parole, il carico computazionale che si introduce per mantenere aggiornata la ridondanza deve essere giustificato dal beneficio che la ridondanza produce. Per le operazioni significative che coinvolgono ridondanze, la documentazione di progetto deve contenere l'analisi costo-beneficio descritta sotto in dettaglio.

Scelta un'operazione significativa target  $T$ , avente frequenza giornaliera  $f^T$ , nella tavola degli accessi si trova il numero di operazioni elementari  $o^T$  necessari all'esecuzione dell'operazione  $T$ . Il numero di operazioni elementari giornaliere è  $n^T = f^T \cdot o^T$ . A seguito dell'introduzione della ridondanza, il numero di operazioni elementari diventerà  $o_{RID}^T$  (dove  $o_{RID}^T < o^T$ ) e il numero di operazioni giornaliere sarà  $n_{RID}^T = f^T \cdot o_{RID}^T$ . Quindi il numero di operazioni elementari risparmiate per eseguire  $T$  sarà:  $\Delta = n^T - n_{RID}^T$ .

L'operazione  $A$  che aggiorna la ridondanza avrà una frequenza giornaliera  $g^A$  e richiederà un numero di operazioni elementari  $o^A$  per l'aggiornamento e nella giornata avremo  $n^A = g^A \cdot o^A$ . La ridondanza è conveniente se il numero di operazioni elementari effettuate in presenza di ridondanza ( $n_{RID}^T + n^A$ ) è inferiore al numero effettuato da  $T$  in assenza di ridondanza, cioè se  $n^A < \Delta$ .

Nella versione finale del database, è richiesta la presenza di almeno due ridondanze. Fra le otto operazioni significative del Paragrafo 1.4 ci devono essere un'operazione di lettura e una di scrittura che impattino con essa.

## 1.6 Progettazione logica

Il diagramma entità-relazione ristrutturato deve essere tradotto nel modello logico relazionale, producendo così lo schema del database come sarebbe prodotto dall'algoritmo di traduzione automatica, compresi tutti i vincoli di integrità referenziale necessari al suo corretto impiego. La traduzione del diagramma E-R ristrutturato

<sup>2</sup>In questo ambito, un'operazione elementare è un accesso alla memoria. L'accesso in lettura comporta una operazione elementare; l'accesso in scrittura due operazioni elementari



nello schema del database non può contenere scelte progettuali, ma è solo il risultato dell'algoritmo di traduzione.

Eventuali vincoli di integrità generici devono essere implementati mediante check o trigger MySQL. È richiesta la presenza di almeno 2 vincoli di integrità generici.

## **1.7 Analisi delle dipendenze funzionali e normalizzazione**

Per ciascuna relazione (tabella) individuata, devono essere ricercate tutte le dipendenze funzionali non banali. È richiesto che il database progettato sia in forma normale di Boyce-Codd. Qualora la base di dati non lo sia, occorre effettuare una opportuna decomposizione delle relazioni non in forma normale di Boyce-Codd.

Il database potrà contenere parti non normalizzate solo a causa della presenza di ridondanze appositamente introdotte per aumentare le prestazioni. Tali ridondanze devono essere chiaramente indicate nel diagramma E-R, per esempio usando un colore dedicato.

## **1.8 Implementazione su DBMS Oracle MySQL**

Deve essere realizzato uno script MySQL per creare il database e popolare ogni sua tabella con un numero di record sufficienti a eseguire le funzionalità definite e poterne mostrare output sensati nella documentazione e durante la prova orale. Durante l'esame può infatti essere richiesta l'esecuzione di una o più funzionalità e sarà richiesto ai componenti del gruppo di spiegare il codice che le implementa e descrivere l'output. Potranno essere fatte domande relative alle modalità di implementazione.

Lo script deve contenere tutti i vincoli di integrità referenziale, i trigger che gestiscono i principali vincoli di integrità generici e business rule, e gli event e le stored procedure che realizzano le funzionalità di data analytics e di back-end descritte nei vari paragrafi del Capitolo 2.

## Capitolo 2

# Specifiche

### 2.1 Visione d'insieme

Il database che si desidera progettare ha lo scopo di memorizzare i dati a supporto delle funzionalità del sistema informativo di *Smart Buildings*, un sistema che si occupa di memorizzare e gestire i dati di un'azienda che si occupa di costruzione, ristrutturazione, e monitoraggio di edifici tramite sensori, per il miglioramento della sicurezza tramite una sempre più efficiente valutazione del rischio e manutenzione predittiva.

### 2.2 Area generale

Nell'area generale del database sono memorizzate le informazioni sulla struttura degli edifici, sulla collocazione geografica, sul tipo di territorio e i relativi rischi.

#### 2.2.1 Struttura di un edificio

Un edificio (esistente o da realizzare) è caratterizzato da un'area geografica dove ha/avrà sede, da una tipologia (casa unifamiliare, condominio, eccetera), e da una topologia che ne definisce dettagliatamente la struttura. Un edificio ha uno o più piani e ha una *pianta* per ogni piano. La pianta è il poligono ottenuto da una sezione orizzontale dell'edificio all'altezza del piano, come mostrato in Fig. 1. Ogni piano può essere suddiviso in vani; ogni vano ha una larghezza e una lunghezza massime, e un'altezza massima. L'altezza può non essere la stessa in tutti i punti del locale: è il caso dei piani mansardati. Il perimetro di un locale non è necessariamente quadrato o rettangolare.

Un vano è adibito a una o più funzioni (camera, bagno, magazzino, eccetera). Più vani di un piano, e, più in generale, di un edificio, possono essere adibiti a una stessa funzione. Per esempio, una abitazione civile può avere più camere, un fabbricato industriale può avere più magazzini. La pianta di ogni piano deve essere memorizzata nel database in un'opportuna forma di rappresentazione. L'insieme delle piante di tutti i piani definisce la topologia dell'edificio.

Ogni vano ha uno o più punti di accesso, solitamente porte, archi, o aperture senza serramenti. Un punto di accesso permette di accedere a un vano da un altro vano, dall'esterno, o anche da una parte esterna collegata all'edificio. Per esempio,

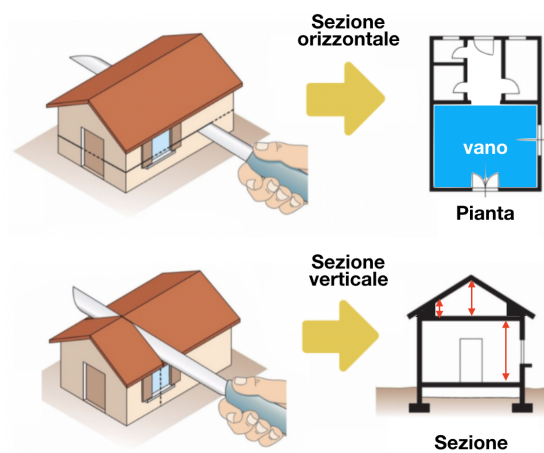


Figura 1: Esempio di semplice edificio con pianta rettangolare per ogni piano. In alto, è mostrata la pianta del primo piano, nella quale è stato evidenziato un vano in celeste. In basso, è mostrata la sezione verticale in cui sono evidenziate in rosso varie altezze dei vani.

un vano può avere un terrazzo (o balcone) annesso, al quale si accede da una portafinestra. Un vano può anche avere una o più finestre. Finestre e portefinestre sono orientate verso un punto cardinale<sup>1</sup>. Porte e portefinestre hanno una forma che, per semplicità, si suppone rettangolare. Le dimensioni di porte e portefinestre, e la loro ubicazione nel vano devono essere memorizzate nel database.

### 2.2.2 Rischi

Ogni area geografica è soggetta a rischi sismici e/o idrogeologici. Per ogni area, deve quindi essere disponibile l'insieme di rischi ai quali è soggetta. Per ogni rischio, relativamente a ciascuna area geografica, il database deve anche memorizzare un coefficiente di rischio. I coefficienti di rischio in genere non sono statici. Per esempio, a seguito di modificazioni del territorio dovute alla costruzione di edifici, paratie, ponti e così via, i coefficienti di rischio possono cambiare.

È necessario che il database mantenga tutti i valori dei coefficienti di rischio di ciascuna area geografica, anche quando questi cambiano. Ciò consente di poter usare i dati dei coefficienti di rischio per aiutare a determinare le potenziali cause di eventi calamitosi che si verificano in una determinata area geografica.

## 2.3 Area costruzione

Quest'area del database contiene le informazioni relative alla costruzione di un nuovo edificio o al suo restauro, e i relativi stadi di avanzamento.

<sup>1</sup>Considerare gli otto punti cardinali N, NE, NW, S, SE, SW, E, W.

### 2.3.1 Informazioni generali di progetto edilizio

Un progetto edilizio prevede di costruire da zero un edificio o modificare la struttura di un edificio già esistente. In entrambi i casi, il progetto edilizio ha un codice, una data di presentazione, una data di approvazione, una data d'inizio, e una stima della data di fine.

Un progetto edilizio complessivamente consiste nell'insieme dei lavori da realizzare. Esempi di lavoro sono la posa delle fondazioni dell'edificio, il posizionamento dei solai, delle pavimentazioni, la costruzione di mura portanti o di separazione, oppure, nel caso di edifici in cemento armato, la realizzazione di pilastri o la colatura del calcestruzzo armato per la realizzazione di pavimentazioni e solai, eccetera. Per ogni lavoro, è previsto l'utilizzo di uno o più materiali, con cui realizzare un lavoro o una sua fase.

Un materiale ha un nome, un codice lotto, il nome del fornitore, e la data di acquisto. Ogni materiale ha anche un costo che può essere al chilo (o quintale) oppure espresso in metri quadri, come nel caso delle piastrelle per la copertura delle pavimentazioni. I dettagli sui materiali saranno descritti nel paragrafo successivo.

### 2.3.2 Materiali

Ogni vano dell'edificio è caratterizzato da vari materiali edili che sono utilizzati durante la sua costruzione (o ristrutturazione). Nel seguito, sono descritti i più comuni materiali usati nelle moderne costruzioni.

#### Intonaco

L'intonaco è un materiale usato per rivestire le mura. Oltre a fornire una protezione ha anche uno scopo estetico. L'intonaco è una malta composta da una parte indurente che ingloba sabbia. Una parete ha tipicamente tre strati di intonaco. Ogni strato ha uno spessore, ed è caratterizzato da un tipo di intonaco potenzialmente diverso dagli altri strati. Tipi di intonaco usati nelle costruzioni includono, per esempio, premiscelati, a calce e cementizi. Le informazioni sull'intonaco usato per ogni parte dell'edificio devono essere memorizzate nel database.

#### Mattoni

I mattoni hanno solitamente una forma a parallelepipedo e possono essere realizzati usando vari materiali. Il più diffuso materiale è il laterizio, argilla che acquista resistenza e il classico colore "rosso mattone" tramite un processo di preparazione e cottura. Molto diffusi sono anche i mattoni in calcestruzzo.

I mattoni possono essere pieni, oppure avere un'alveolatura, cioè una trama di fori interni che possono semplicemente essere vuoti o contenere un materiale isolante. Vi sono diverse alveolature. Il database deve contenere le informazioni dei vari mattoni esistenti e dare la possibilità di inserire nuove tipologie di mattoni, caratterizzati da materiali, dimensioni e alveolature non definite a priori. Le informazioni relative ai mattoni usati per ogni parte dell'edificio devono essere memorizzate nel database.

### Piastrelle e pietre

Gli edifici (o parti di essi) possono anche essere realizzati in pietra, oppure esserne ricoperti a scopo decorativo. Le pavimentazioni vengono invece sempre ricoperte usando piastrelle, oppure lastre di legno, per realizzare le pavimentazioni in parquet.

Le piastrelle sono composte da un materiale, hanno un disegno (naturale o stampato) e una dimensione. Generalmente sono quadrate, ma esistono anche piastrelle rettangolari, esagonali, eccetera. Per semplicità, si può supporre che la forma di una piastrella sia sempre un poligono regolare. Le piastrelle vengono "posate", cioè fissate a terra, tramite l'uso di un materiale adesivo. Fra una piastrella e l'altra può o meno essere lasciato dello spazio in cemento, detto "fuga". La larghezza della fuga è pressoché costante su tutta la pavimentazione realizzata da una determinata tipologia di piastrella. Le informazioni relative alle piastrelle usate per ogni parte dell'edificio devono essere memorizzate nel database.

Le pietre sono usate per ricoprire le mura oppure per realizzarle. Se usate per ricoprire una parete, un soffitto o un muro in genere, occorre che il database contenga le informazioni per determinare quali mura della casa sono ricoperte da pietra, che tipo di pietra è, quali sono la superficie media<sup>2</sup> e il peso medio delle pietre usate su quella parete, e qual è la loro disposizione<sup>3</sup>. Le informazioni relative alle pietre usate per ogni parte dell'edificio devono essere memorizzate nel database.

### Altri materiali

Il database deve prevedere la memorizzazione di altri materiali non descritti precedentemente, rendendo così possibile una loro caratterizzazione in termini di dimensioni, costo e costituzione. Si deve quindi pensare a una rappresentazione generale del materiale, alla quale poter ricorrere nel caso si debba memorizzare un particolare materiale (magari di pregio) che non ricada fra quelli per i quali è stato già previsto uno specifico formato di memorizzazione.

### 2.3.3 Stadi di avanzamento e gestione del personale

Un progetto edilizio si articola in stadi di avanzamento. Per ogni stadio di avanzamento, il database deve memorizzare la data d'inizio, una stima della data data di fine, i lavori svolti in tale stadio di avanzamento, il loro costo *Il costo di un lavoro dipende dai materiali utilizzati e dalla manodopera.*, il/i responsabile/i dei lavori, il/i capo/i cantiere, il gruppo di lavoratori che vi lavorano.

Relativamente a tutta la durata di uno stadio di avanzamento, devono essere memorizzati nel database i turni di lavoro di ogni capo cantiere e di ogni lavoratore, cioè i giorni della settimana e gli orari di lavoro. Ogni capo cantiere può monitorare un numero massimo di lavoratori. Quindi, anche per ragioni di sicurezza, durante un turno non possono lavorare più di un certo numero di lavoratori contemporaneamente. Se vi sono più capi cantiere, il database deve contenere i lavoratori diretti da ciascuno. Durante l'inserimento dei turni nel database, dovranno inoltre essere implementati dei meccanismi che impediscano l'inserimento di turni che violano il numero massimo di lavoratori contestuali in ogni ora della giornata, o in cui il

<sup>2</sup>Per *superficie* si intende l'area della parte in pietra che risulta visibile dopo il fissaggio sulla parete.

<sup>3</sup>La disposizione può essere orizzontale, verticale o naturale, cioè fatta in modo tale da ricoprire la parete in maniera artistica, senza l'impiego di una particolare tecnica di orientazione.

numero di lavoratori coordinati da un capo cantiere superi il numero massimo di lavoratori coordinabili, che può essere diverso dipendentemente dall'esperienza del capo cantiere. Per ogni turno, devono essere memorizzati i lavori che ogni lavoratore deve eseguire, e per quante ore. Non è detto, infatti, che un lavoratore svolga lo stesso lavoro continuativamente per tutta la durata di un turno.

Uno stadio di avanzamento si conclude quando tutti i lavori dai quali è composto sono portati a termine. La data di completamento di uno stadio di avanzamento può essere diversa da quella stimata. In questo caso, lo stadio di avanzamento avrà un costo superiore alla somma dei costi dei singoli lavori che lo compongono.

### 2.3.4 Area monitoraggio

Il *monitoraggio dinamico* degli edifici viene utilizzato sempre più frequentemente per determinare il loro livello di sicurezza, e costituisce un valido supporto alle indagini classiche. Quest'area del database contiene i dati misurati dai sensori installati sull'edificio, i quali misurano continuativamente grandezze fisiche che sofisticati algoritmi di intelligenza artificiale possono elaborare al fine di effettuare la stima dei danni a seguito di eventi calamitosi (terremoti, esondazioni, ecc.), o per prevedere i danni di un'eventuale calamità, tramite simulazioni.

Attraverso l'analisi dei dati acquisiti (soprattutto accelerazioni e velocità angolari), è possibile risalire ai valori dei principali parametri, detti *parametri modali* dell'edificio. Questi valori permettono di conoscere il comportamento dinamico (movimento) dell'edificio a seguito di vibrazioni, al fine di stimare le trazioni, torsioni ecc., a cui sono sottoposte le varie parti dell'edificio, per esempio, quelle più importanti per la stabilità.

### 2.3.5 Sensori

I moderni edifici, di cui *Smart Buildings* mantiene le informazioni, sono costruiti in ottica di sicurezza e sostenibilità, e sono dotati di numerosi sensori che permettono il monitoraggio di varie grandezze. Queste grandezze includono le temperature esterne e interne, l'umidità esterna e interna, il livello di precipitazioni giornaliere, le sollecitazioni accelerometriche tri-assiali<sup>4</sup>, e le sollecitazioni dovute a torsione, misurate tramite giroscopi tri-assiali<sup>5</sup>. Accelerometri e giroscopi sono capaci di misurare le sollecitazioni causate dal carico dei solai, da fenomeni di movimentazione del sottosuolo, e da eventi sismici. Una visione esemplificativa di questi sensori è mostrata in Fig. 2.

Altri sensori usati sono quelli di posizione. Questi sensori hanno solitamente due estremità e sono utili per misurare gli spostamenti murari. Per esempio, in caso di crepe, le due estremità del sensore sono fissate alle parti di parete separate dalla crepa. In questo modo, la larghezza dell'incrinatura muraria è costantemente monitorata in modo da poter intervenire, per esempio tramite l'installazione di giunti, quando la larghezza supera una soglia di pericolo.

I vari tipi di sensori possono essere posizionati in molteplici parti dell'edificio. Ogni parte di un edificio può potenzialmente essere d'interesse per il monitoraggio. Il database deve rendere contenere l'esatta posizione dei sensori di un edificio,

<sup>4</sup>L'accelerazione ha tre componenti, una per ogni asse del sistema di riferimento che è comunemente fissato con due assi ( $x$  e  $y$ ) perpendicolari a formare un piano parallelo ai solai, e il restante asse ( $z$ ) parallelo alle mura verticali dell'edificio.

<sup>5</sup>Il giroscopio misura la velocità angolare lungo i tre assi cartesiani.



Figura 2: Esempio di accelerometro (sinistra) e andamento di una sollecitazione sismica al variare dell'altezza dal suolo. A destra, è mostrato un accelerometro tri-assiale (in alto), e un giroscopio tri-assiale (in basso).

opportunamente rappresentata utilizzando un sistema di riferimento. Per popolare il database, il posizionamento dei sensori è a libera scelta degli studenti, i quali dovrebbero discuterne brevemente le ragioni nella documentazione di progetto.

### 2.3.6 Dati registrati dai sensori e memorizzazione

Un sistema di monitoraggio dinamico sfrutta i sensori, e il DBMS per la memorizzazione delle registrazioni nel database e la conseguente diagnosi strutturale (o stima) effettuata da una procedura di back-end.

Una registrazione comprende i valori misurati da ogni sensore. Le registrazioni si possono eseguire a intervalli regolari, possono essere registrate in continuo (magari a basse frequenze di campionamento), oppure possono essere avviate quando determinati livelli di soglia vengono superati, con riferimento al punto in cui il sensore è posizionato. Le registrazioni sono memorizzate abbinandole al corrispondente timestamp.

Ogni punto dell'edificio in cui si posiziona un sensore è caratterizzato da una soglia di sicurezza decisa da un esperto e memorizzata nel database. Per esempio, un sensore di distanza posizionato in corrispondenza di una determinata crepa muraria potrebbe avere un valore di soglia di 1 cm, superato il quale viene generato un alert. Gli alert, una volta generati, sono memorizzati in un'apposita area del database. Un alert è caratterizzato dal sensore che lo ha generato, da un timestamp, e dal valore misurato.

## 2.4 Area analisi del rischio e monitoraggio danni

I dati acquisiti vengono elaborati identificando quanto i valori misurati si discostano dalle soglie di sicurezza. Una procedura di back-end deve consentire la generazione di un report che classifichi i punti monitorati dell'edificio, individuando così quelli che potrebbero cagionare più danni, dipendentemente dallo scostamento dai valori di soglia.

### 2.4.1 Stato dell'edificio

Sulla base dei valori misurati da tutti i sensori, l'edificio si trova in uno *stato*. Lo stato dell'edificio non dipende esclusivamente dai valori misurati dai sensori durante l'ultima registrazione, ma anche dall'evoluzione che ha caratterizzato i valori misurati dai sensori.

Si può quindi affermare che non esiste un'unica definizione dello stato di un edificio. Gli studenti possono fornire una formulazione dello stato dell'edificio facendo riferimento alle conoscenze di acquisite nei corsi di Fisica e ai concetti precedentemente esposti in questo documento in termini di sensori, punti critici di un edificio, e corrispondenti valori di soglia. Lo stato di un edificio può essere infine rappresentato come un insieme di valori o come unico valore aggregato, opportunamente formulato. Nella documentazione, dovrà essere brevemente spiegata la formulazione di stato dell'edificio che gli studenti hanno realizzato.

Dipendentemente dallo stato dell'edificio, una procedura lato server deve consigliare gli interventi da effettuare su un edificio per ripristinare, consolidare o aumentare il livello di sicurezza dell'edificio. Gli interventi ricadono nella categoria dei lavori, la cui descrizione è stata fornita nella Sezione 2.3.

### 2.4.2 Calamità

Un evento calamitoso è caratterizzato da un tipo (sisma, esondazione, eccetera), una data di accadimento, un livello di gravità, e un'area geografica colpita. Il livello di gravità è direttamente proporzionale alla vicinanza alla posizione in cui la calamità avviene. Per esempio, in caso di terremoto, il massimo livello di gravità si ha in prossimità dell'epicentro. Il livello di gravità decresce man mano che ci si allontana. Lo stesso vale per altri eventi calamitosi, allagamenti, detonazioni causate da fughe di gas, eccetera.

Gli eventi calamitosi sono memorizzati nel database. Il livello di gravità è automaticamente calcolato in base ai valori misurati dai sensori degli edifici appartenenti all'area geografica colpita dalla calamità. Ovviamente, l'area geografica colpita da una calamità deve essere opportunamente memorizzata nel database. Il database deve avere una procedura lato server che stima il livello di gravità nei vari punti dell'area geografica colpita, sulla base di un semplice modello che usa i dati dei sensori posizionati sugli edifici. La definizione del modello è una scelta progettuale degli studenti. Tale modello deve essere presentato nella documentazione consegnata insieme al progetto.

### 2.4.3 Danni

A seguito di un evento calamitoso, per esempio un terremoto, ogni edificio può subire danni più o meno gravi. Fenomeni calamitosi caratterizzati da una bassa energia non arrecano gravi danni, né lasciano evidenti segni sugli edifici. Tuttavia, seppur lievi, questi eventi possono arrecare danni che costituiscono il preludio di un progressivo degrado delle strutture, di cui si deve necessariamente tenere traccia.

Per ogni danno, il database deve memorizzare la parte di edificio coinvolta (o le parti), il tipo di danno (crollo, crepa, cedimento, allagamento, e così via) e l'entità del danno. Alcuni danni minori richiedono lavori di ripristino e/o consolidamento della sicurezza, o l'installazione di nuovi sensori per il monitoraggio delle conseguenze lasciate all'edificio. L'installazione di un nuovo sensore deve essere memorizzata



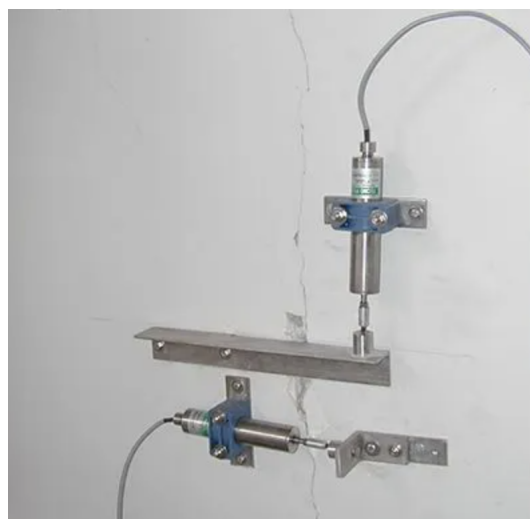


Figura 3: Due sensori di distanza per il monitoraggio di una crepa longitudinale formatasi su una parete in muratura a seguito di un evento sismico.

nel database assieme alla data di installazione, al tipo di sensore, alla parte di edificio sulla quale il sensore è stato posizionato, al tipo di danno, e condizione di tale danno al momento dell'installazione del sensore. Per esempio, se a seguito di un lieve sisma si è formata una crepa longitudinale larga 1 mm su una parete in muratura, la condizione di tale crepa sarà monitorata nel tempo, e non saranno effettuati interventi fintantoché la larghezza della crepa non supererà la soglia di pericolo, come descritto in Sezione 2.3.5. Questo scenario è mostrato in Fig. 3, dove due sensori di distanza permettono di monitorare la crepa in orizzontale e anche lo scivolamento verticale della parete.

I danni di maggiore entità richiedono invece veri e propri lavori di rifacimento che possono anche comprendere la demolizione e ricostruzione di intere parti di un edificio. I lavori previsti a seguito di un danno di maggiore entità ricadono nei lavori descritti nella Sezione 2.3.

## 2.5 Area analytics

L'area analytics contiene funzionalità lato server (data tier) che permettono di analizzare i dati alla ricerca di informazioni utili a migliorare il monitoraggio dinamico degli edifici.

Gli studenti devono implementare le funzionalità di analisi dei dati descritte nei seguenti paragrafi con spirito d'iniziativa. In questa fase della progettazione, sarà valutata la creatività e la capacità di proporre soluzioni che, seppur semplici, rappresentino strumenti di data analytics utili nel contesto applicativo descritto in questo documento di specifica.

Nella documentazione consegnata in fase di discussione del progetto, le funzionalità implementate devono essere spiegate in dettaglio, in un paragrafo dedicato,

mettendone in luce i punti di forza ed eventuali aspetti critici. Non è sufficiente inserire il codice commentato.

### 2.5.1 Consigli di intervento

A fronte dell'analisi dei dati dei sensori, un sistema intelligente, realizzato tramite una o più procedure di back-end, studia i valori misurati nel tempo dai sensori e propone interventi (lavori) da fare sull'edificio in base a considerazioni euristiche scelte dagli studenti<sup>6</sup>. I lavori possono essere, per esempio, installazione di giunti, rifacimento/consolidamento di solai, coperture, oppure altre ristrutturazioni. I consigli devono essere corredati da un coefficiente di rischio di danno alle strutture che ne definisca l'urgenza tramite un codice di priorità.

A titolo di esempio, il sistema potrebbe suggerire che, se non si consolida una *determinata parte danneggiata* dell'edificio, dopo *un certo tempo* oppure dopo un evento calamitoso caratterizzato da *sollecitazioni superiori a determinate soglie*, c'è una *determinata probabilità* che si verifichi un crollo a seguito del quale *una certa spesa* sarebbe necessaria. I termini in italico corrispondono ai valori numerici che il sistema dovrebbe stimare.

### 2.5.2 Stima dei danni

Questa funzionalità si occupa di effettuare la predizione di danni a seguito di eventi sismici, a partire da un'ipotetica sollecitazione e dallo stato dell'edificio.

Gli studenti devono studiare e implementare una funzionalità che stimi i potenziali danni alle parti di un edificio, sfruttando i dati misurati dai sensori e i danni arrecati all'edificio provocati da precedenti sollecitazioni sismiche reali.

Non è importante che la funzionalità sia complessa e articolata. Qualsiasi soluzione proposta è corretta, purché ne sia giustificato il ragionamento nella documentazione.

### 2.5.3 Custom analytics

Gli studenti propongano una funzionalità analytics a piacere e spieghino nella documentazione l'importanza e l'impiego di tale funzionalità, nonché le scelte fatte per l'implementazione.

## 2.6 Dimensionamento del lavoro dei gruppi in base alla loro numerosità

Il progetto deve essere svolto da **2 studenti**. In caso di eccezionali motivi, previa autorizzazione dei docenti, i gruppi possono essere composti da 3 studenti, oppure da 1 solo studente. Questi casi devono rispettare quanto segue:

- i gruppi composti da 3 studenti svolgeranno il progetto nella sua interezza;
- i gruppi composti da 2 studenti possono non realizzare l'Area descritta nel paragrafo 2.4.3 e l'analytics descritta nel paragrafo 2.5.3.

---

<sup>6</sup>Le considerazioni euristiche possono essere basate su conoscenze pregresse e buon senso. Non si deve studiare la teoria delle sollecitazioni sismiche sugli edifici.

- i gruppi composti da 1 studente possono non realizzare l'Area descritta nel paragrafo 2.4.2 e l'Area del paragrafo 2.4.3. L'Analytics 1 (Paragrafo 2.5.1) è l'unica obbligatoria.