



UNIVERSITÀ DI PISA

**DOCUMENTAZIONE PROGETTO
BASI DI DATI**

Respino Emanuele - Ciulli Rachele

Anno accademico 2020-2021

SOMMARIO

GLOSSARIO	5
Area generale	5
Area dispositivi	7
Area energia	8
Area comfort	10
DESCRIZIONE DEL DIAGRAMMA ER.....	11
Area generale	11
Area dispositivi	13
Area energia	15
Area comfort	17
RISTRUTTURAZIONE DIAGRAMMA ER	20
Eliminazione delle generalizzazioni	20
<i>Prima generalizzazione</i>	20
<i>Seconda generalizzazione</i>	21
Ridondanze	22
Eliminazione attributi composti/multivalore	22
Partizionamento/accorpamento entità e relazioni	22
TAVOLA DEI VOLUMI.....	23
Area generale	23
Area dispositivi	24
Area energia	25
Area comfort	26
OPERAZIONI E AGGIUNTA DI RIDONDANZE	28
Lista operazioni	28
Analisi operazioni e introduzione di ridondanze.....	28
1. <i>Classifica giornaliera dispositivi fissi o variabili per consumi</i>	28
2. <i>Avviare tutti gli elementi d'illuminazione in una stanza</i>	29
3. <i>Classifica mensile account per interazioni con dispositivi e climatizzatori nel mese corrente</i>	31
4. <i>Percentuale di utilizzo di un dispositivo da parte di ogni utente</i>	33
5. <i>Consumo mensile degli elementi d'illuminazione per stanza</i>	34
6. <i>Consumo giornaliero di un condizionatore</i>	35
7. <i>Produzione energetica giornaliera</i>	37
8. <i>Elenco di tutti gli elementi dell'abitazione attualmente in funzione</i>	39

TRADUZIONE IN MODELLO LOGICO	42
Schema logico.....	42
Vincoli di integrità referenziale	43
Vincoli di integrità generici.....	44
Normalizzazione BCNF.....	48
DATA ANALYTICS.....	52
Analisi abitudini degli utenti tramite Association Rule Learning	52
<i>Individuazione items e transazioni</i>	52
<i>Algoritmo Apriori</i>	52
<i>Generazione regole forti</i>	53
<i>Note finali</i>	54
Analisi ed ottimizzazione dei consumi energetici	55
<i>Panoramica</i>	55
<i>Calcolo dei parametri fondamentali</i>	55
<i>Ricerca del programma da consigliare</i>	56
<i>Risposta ai suggerimenti</i>	57
<i>Note finali</i>	58
IMPLEMENTAZIONE SU DBMS	59

GLOSSARIO

In questa prima sezione della documentazione andremo a definire nel dettaglio i termini utilizzati per descrivere i diversi elementi che compongono la base di dati, suddividendoli in macroaree e specificando per ciascuno di essi significato, eventuali sinonimi e collegamenti logici con altri termini del glossario.

Area generale

Termine	Descrizione	Sinonimi	Collegamenti
<i>Abitante</i>	Persona che abitualmente risiede nella smart home.		Utente, Documento di riconoscimento, Account
<i>Utente</i>	Abitante registrato all'app <i>mySmartHome</i> .		Abitante, Documento di riconoscimento, Account
<i>Documento di riconoscimento</i>	Documento munito di fotografia del titolare che consente l'identificazione personale del titolare stesso, nel nostro specifico caso trattasi di un <i>utente</i> .		Abitante, Utente, Account
<i>Account</i>	Profilo attraverso il quale un <i>utente</i> può interfacciarsi con i vari servizi forniti dal sistema.	Profilo	Abitante, Utente, Documento di riconoscimento, Impostazione Clima, Autorizzazione, Fascia Oraria
<i>Domanda di sicurezza</i>	Metodo di sicurezza per recuperare la password in caso di smarrimento.		Account
<i>Abitazione</i>	Abitazione con la quale l'app <i>mySmartHome</i> interagisce.	Edificio, Casa, Smart home	Stanza, Abitante, Punto di accesso

<i>Stanza</i>	Ambiente interno collegato agli altri tramite <i>punti di accesso</i> , caratterizzata da una struttura e da un'ubicazione all'interno dell'edificio, del quale compone la topologia. In ognuna sono presenti: <i>dispositivi, elementi di condizionamento dell'aria ed elementi di illuminazione</i> .	Ambiente	Abitazione, Punto di accesso, Elemento di condizionamento, Dispositivo, Elemento di illuminazione
<i>Punto di Accesso</i>	Varco tramite il quale è possibile accedere alle diverse parti della <i>casa</i> . Generalizzazione totale ed esclusiva che comprende: <i>porta, portafinestra e finestra</i> .	Varco	Stanza
<i>Porta</i>	<i>Punto di accesso</i> che permette l'accesso a una <i>stanza</i> da un'altra <i>stanza</i> , dall'esterno, o da una parte esterna collegata alla <i>casa</i> .		Stanza
<i>Portafinestra</i>	<i>Punto di accesso</i> che permette l'accesso a una <i>stanza</i> dall'esterno, o da una parte esterna collegata alla <i>casa</i> .		Stanza
<i>Finestra</i>	Punto di intrusione monitorato dal sistema di controllo degli accessi che permette l'accesso a una <i>stanza</i> dall'esterno. Per semplificare la consideriamo un <i>punto di accesso</i> , anche se non propriamente tale.		Stanza

Area dispositivi

Termine	Descrizione	Sinonimi	Collegamenti
<i>Dispositivo</i>	Elemento elettronico dell'abitazione che provvede a determinate funzioni, ognuno collegato alla propria <i>smart plug</i> . Generalizzazione totale non esclusiva che comprende dispositivi a <i>consumo fisso</i> , a <i>consumo variabile</i> e <i>non interrompibili</i> .		Smart plug, Autorizzazione
<i>Smart plug</i>	Adattatore collegato alla presa elettrica associabile ad un <i>dispositivo</i> , il quale viene così arricchito di funzionalità smart, oltre che a permetterne l'alimentazione.		Stanza, Dispositivo
<i>Interazione</i>	Termine utilizzato per definire l'utilizzo di un determinato <i>dispositivo</i> da parte di un certo <i>account</i> , il quale ne imposta eventuali <i>regolazioni</i> o <i>programmi</i> .	Utilizzo	Autorizzazione, Regolazione, Programma
<i>Dispositivo a consumo energetico fisso</i>	<i>Dispositivo</i> di tipo ON/OFF, che un <i>account</i> può spegnere o accendere.	Dispositivo fisso	
<i>Dispositivo a consumo variabile</i>	<i>Dispositivo</i> che un <i>account</i> può accendere e regolare con determinati valori.	Dispositivo variabile	Regolazione
<i>Regolazione</i>	Valore di livello assumibile da un determinato dispositivo, al quale è associata una specifica potenza.	Gradazione	Dispositivo a consumo variabile
<i>Dispositivo con ciclo di funzionamento non interrompibile</i>	<i>Dispositivo</i> caratterizzato da programmi con varie durate e specifici consumi energetici medi per ciascuno di essi.	Dispositivo non interrompibile	Programma
<i>Programma</i>	Impostazione di un determinato dispositivo non interrompibile che ne stabilisce durata e consumo medio per quel dato periodo. Il database può suggerirne l'impostazione a seconda di vari fattori energetici.		Dispositivo non interrompibile, Suggerimento

Area energia

Termine	Descrizione	Sinonimi	Collegamenti
<i>Sorgente di energia rinnovabile</i>	Dispositivo in grado di <i>produrre energia</i> a partire da varie fonti rinnovabili. Possono essere di varie tipologie, ma nello specifico considereremo presenti solo <i>pannelli fotovoltaici</i> .		
<i>Pannello fotovoltaico</i>	Dispositivo atto alla <i>produzione di energia</i> mediante luce solare.	Pannello solare	Irraggiamento, Energia prodotta
<i>Sistema di accumulo</i>	Sistema in grado di incamerare <i>l'energia prodotta</i> dai <i>pannelli fotovoltaici</i> che non viene utilizzata nell'immediato. Tale energia può essere dunque accumulata per poi essere utilizzata, oppure reimmessa nella rete. È un elemento opzionale dell'abitazione.	Batteria	Eccedenza energetica
<i>Contatore bidirezionale</i>	Dispositivo in grado di misurare i flussi di energia in entrata e in uscita dall'impianto di alimentazione di tutti i <i>dispositivi</i> dell'abitazione nelle diverse <i>fasce orarie</i> .		Consumo energetico, Eccedenza energetica, Flusso di elettricità
<i>Flusso di elettricità</i>	Quantità di energia che può essere uscente o entrante nel sistema di alimentazione dell'abitazione.		Consumo energetico, Eccedenza energetica
<i>Fascia Oraria</i>	Periodo di tempo attraverso il quale gli utenti suddividono la giornata.		Energia, Consumo energetico, Produzione energetica, Eccedenza energetica
<i>Consumo energetico</i>	Energia consumata dai vari <i>dispositivi</i> ed <i>elementi di condizionamento</i> dell'abitazione in una determinata <i>fascia oraria</i> di un dato giorno.	Energia consumata	Dispositivo, Elemento di condizionamento, Elemento di illuminazione
<i>Produzione energetica</i>	Energia prodotta dai <i>pannelli fotovoltaici</i> in una determinata <i>fascia oraria</i> di un dato giorno.	Energia prodotta	Pannello fotovoltaico, Irraggiamento

<i>Eccedenza energetica</i>	Energia prodotta dai <i>pannelli fotovoltaici</i> in più rispetto a quella consumata dai vari dispositivi in una <i>fascia oraria</i> . Può essere stoccata nei <i>sistemi di accumulo</i> o reimmessa nella rete.		Produzione energetica, Consumo energetico
<i>Irraggiamento</i>	Incidenza dei raggi solari rispetto alla superficie dei <i>pannelli solari</i> da cui dipende una differente percentuale di <i>produzione energetica</i> . Tale informazione viene rilevata da specifici sensori e aggiornata con cadenza regolare.		Pannello fotovoltaico, Produzione energetica, Sensore, Aggiornamento sensori
<i>Contratto di fornitura energetica</i>	Piano tariffario che stabilisce il prezzo dell' <i>energia</i> per ogni fascia oraria.		Consumo energetico, Eccedenza energetica, Contatore bidirezionale
<i>Suggerimento di utilizzo</i>	Notifica da parte del sistema di gestione. Un <i>account</i> riceve un avviso che lo invita ad avviare un programma di un dispositivo a ciclo di funzionamento non interrompibile, a seconda di diversi fattori specificati in seguito.	Suggerimento	Account, Dispositivi, Programma, Produzione energetica
<i>Energia Imnessa</i>	Valore algebrico dell'energia immessa in rete, equivalente alla differenza tra le reali energie immesse ed emesse dalla rete: se positiva è maggiore la prima, se negativa è maggiore la seconda.		Produzione energetica, Consumo energetico
<i>Sensore</i>	Strumento di raccolta e aggiornamento dati a cadenza regolare. Nello specifico sono utilizzati per aggiornare i dati della temperatura interna delle stanze e del livello d'irraggiamento dei pannelli fotovoltaici.		Temperatura interna, Irraggiamento

Area comfort

Termine	Descrizione	Sinonimi	Collegamenti
<i>Elemento di condizionamento</i>	Dispositivo che si occupa del riscaldamento e del raffreddamento dell'aria di una determinata <i>stanza</i> .	Condizionatore, Climatizzatore	Impostazione clima, Stanza
<i>Impostazione clima</i>	Impostazione di una determinata temperatura e umidità per una stanza da parte di un <i>account</i> . Generalizzazione parziale che contiene <i>impostazione ricorrente</i> .	Impostazione climatica	Elemento di condizionamento, Account
<i>Impostazione ricorrente</i>	Impostazione climatica attiva per determinati giorni della settimana o in particolari giorni di determinati mesi dell'anno.	Ricorrenza	
<i>Livello di dispersione</i>	Coefficiente che determina il livello d'isolamento di una stanza.	Coefficiente di dispersione termica	Stanza
<i>Elemento di illuminazione</i>	Dispositivo in grado di essere impostato per illuminare una <i>stanza</i> . Può essere fisso o variabile in <i>intensità</i> e/o in <i>temperatura di colore</i> .		Impostazione illuminazione, Stanza
<i>Temperatura di colore</i>	Esprime quanto è calda o fredda la luce di un <i>elemento di illuminazione</i> . Può essere fissa o assumere diversi valori.		Elemento di illuminazione, Impostazione illuminazione
<i>Intensità</i>	Esprime l'intensità di luce di un <i>elemento di illuminazione</i> . Può essere fissa o variabile.		Elemento illuminazione, Impostazione illuminazione
<i>Impostazione illuminazione</i>	Interazione di un <i>account</i> con un <i>elemento di illuminazione</i> , consentendone accensione, spegnimento ed impostazione di eventuali <i>temperatura di colore</i> e <i>intensità</i> .	Illuminazione	Elemento illuminazione, Impostazione illuminazione

DESCRIZIONE DEL DIAGRAMMA ER

In questa sezione viene data una descrizione sintetica del diagramma entità-relazione, in modo tale da chiarire alcune scelte effettuate e il significato di alcuni elementi presenti.

NOTA: Il seguente database è stato concepito e strutturato ipotizzando come fine la memorizzazione dei dati di una singola abitazione.

Area generale

Entità	Attributi	Identificatore
Account	Nome Utente, Password	Nome Utente
Utente	Codice Fiscale, Nome, Cognome, Data nascita, Data iscrizione, Numero telefono	Codice Fiscale
Documento	Tipologia, Numero di documento, Ente rilascio, Scadenza	Tipologia, Numero documento
Domanda di sicurezza	ID, Testo	ID
Stanza	ID, Nome, Piano, Altezza, Larghezza, Lunghezza	ID
Accesso	ID	ID
Finestra	Orientamento	ID (Accesso)
Portafinestra	Orientamento	ID (Accesso)
Porta	-	ID (Accesso)

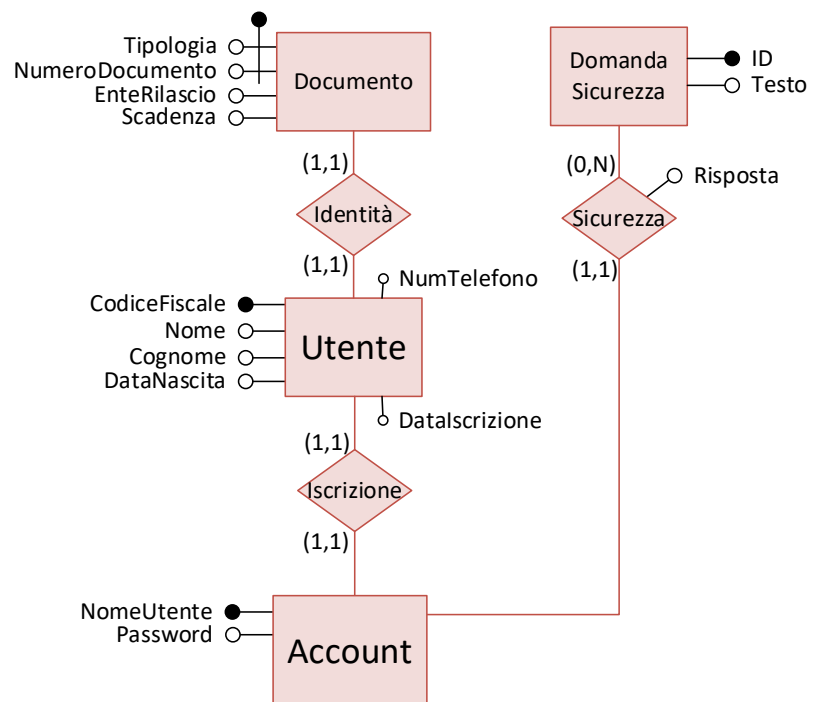
Relazione	Attributi	Entità coinvolte
Iscrizione	-	Account, Utente
Identità	-	Utente, Documento
Sicurezza	Risposta	Account, Domanda sicurezza
Verso 1	-	Stanza, Accesso
Verso 2	-	Stanza, Accesso

In quest'area del database sono memorizzate le informazioni relative agli utenti che abitano la casa e sulla struttura dell'edificio, tramite informazioni relative a stanze e punti di accesso.

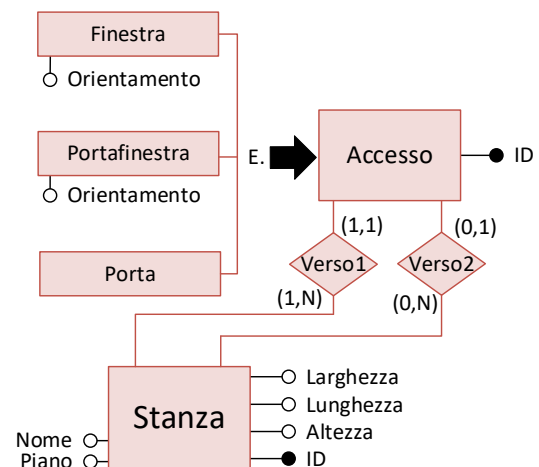
Questa zona di diagramma compone sostanzialmente la sezione di accounting del database. Ogni utente iscritto all'app *MySmarthome* deve difatti indicare codice fiscale (che lo identifica), nome, cognome, data di nascita e numero di telefono. Tali dati vengono memorizzati assieme alla data di iscrizione.

Inoltre, l'utente deve fornire un documento d'identità a lui associato con il quale identificarlo. Anch'esso viene inserito in memoria specificandone tipologia (uno tra i seguenti valori: *Carta Identità, Passaporto, Patente*) e numero di documento (con i quali è possibile identificarlo), ente di rilascio e scadenza.

Ad un utente iscritto viene poi associato un account, per il quale vengono memorizzati un nome utente e una password. L'utente sceglie infine una domanda di sicurezza tra quelle disponibili alla quale associa una risposta in modo da poter recuperare la password in caso di smarrimento.



Tramite questa seconda parte invece viene definita la topologia dell'edificio. La casa è suddivisa in stanze, ciascuna delle quali viene memorizzata nel database con il proprio nome (*camera, bagno, cucina...*), dimensioni (altezza, lunghezza e larghezza) e numero di piano sul quale è situata. Poiché nessuno di questi attributi, né un loro insieme, possono identificare in maniera univoca una stanza, questa sarà identificata tramite l'aggiunta dell'attributo ID incrementale, che associa ad ogni stanza un proprio codice.



Ogni stanza è connessa tramite punti di accesso ad altre stanze, a parti esterne collegate alla casa o all'esterno. Ogni accesso va da una stanza 1 verso una stanza 2 (per esempio una porta) oppure verso l'esterno (ad esempio una finestra, in tal caso identificato con NULL). Per porte e portefinestre viene inoltre memorizzato l'orientamento. Non avendo particolari attributi, i punti di accesso sono identificati tramite l'attributo ID che assegna un codice univoco ad ognuno di essi, in maniera incrementale.

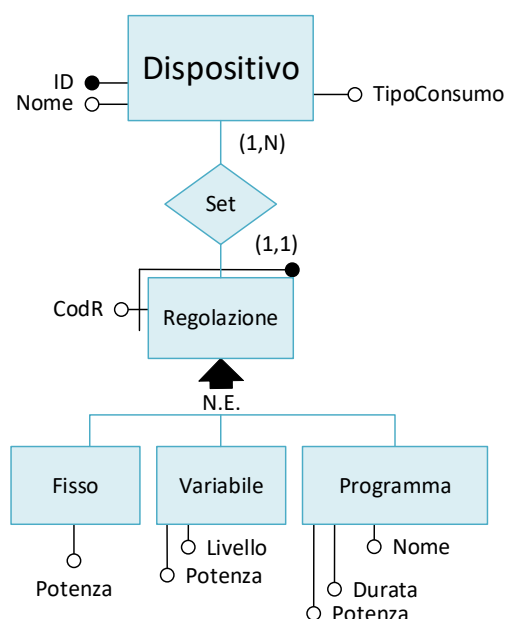
Area dispositivi

Entità	Attributi	Identificatore
Smart plug	ID	ID
Dispositivo	ID, Nome, Tipo consumo	ID
Regolazione	Codice regolazione	ID (Dispositivo), Codice regolazione
Fisso	Potenza	ID (Dispositivo), Codice regolazione
Livello	Livello, Potenza	ID (Dispositivo), Codice regolazione
Programma	Nome, Durata, Potenza	ID (Dispositivo), Codice regolazione
Interazione	Inizio, Fine	ID (Dispositivo), Codice regolazione, Inizio

Relazione	Attributi	Entità coinvolte
Posizione	-	Stanza, Smart Plug
Alimentazione	-	Smart Plug, Dispositivo
Set	-	Dispositivo, Regolazione
Impostazione	-	Regolazione, Interazione
Azione	-	Interazione, Account

In quest'area del database sono memorizzate le informazioni relative ai dispositivi elettrici ed elettronici della smart home e al loro utilizzo.

La zona descritta da questa parte di diagramma contiene i dati relativi ai vari dispositivi elettrici ed elettronici, ad eccezione degli elementi di condizionamento e d'illuminazione, memorizzati in entità a parte. Per ognuno di essi sono specificati nome e tipo di consumo (può assumere uno dei seguenti valori: *Fisso*, *Variabile* o *Non Interrompibile*). Inoltre, è presente l'attributo *ID* che assegna ad ognuno di essi un codice incrementale per identificarli univocamente. Ogni dispositivo può possedere una o più regolazioni,



ognuna delle quali è distinta dalle altre tramite l'identificatore del relativo dispositivo e un attributo di tipo incrementale *CodR*; dunque, ogni dispositivo possiederà il proprio set di regolazioni.

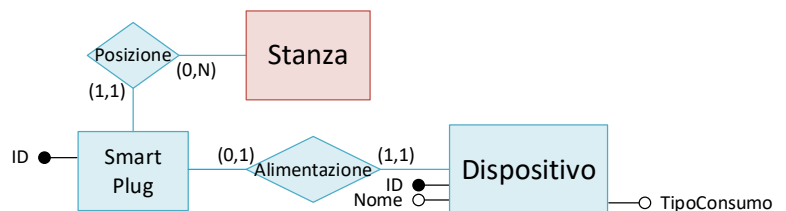
La generalizzazione sta ad indicare che alcuni dispositivi possono essere regolati in maniera differente da altri:

- I dispositivi a consumo fisso possono essere accesi in un determinato momento e spenti in uno successivo e se ne può memorizzare dunque la potenza istantanea.
- I dispositivi con consumo energetico variabile possono essere regolati dall'utente in base ad un numero finito di livelli di potenza: per tale motivo è necessario memorizzare i vari livelli di regolazione e il consumo di ognuno.
- Altri dispositivi possono essere regolati tramite programmi (tali dispositivi sono detti a ciclo di funzionamento non interrompibile) per ognuno dei quali sono memorizzati nel database il nome del programma, la durata e la relativa potenza.

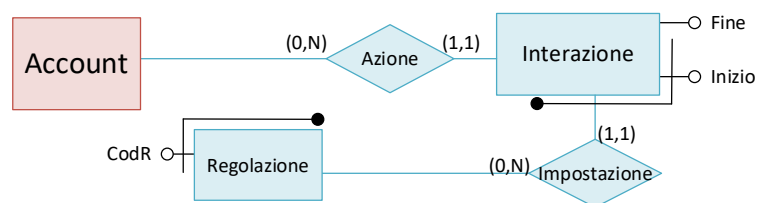
È possibile osservare che un dispositivo a consumo fisso potrebbe essere visto come un particolare dispositivo a consumo variabile con un'unica regolazione disponibile. Poiché concettualmente sarebbe un errore accorpare le due entità, è stato ritenuto opportuno mantenerle separate. Tenendo conto di questa affermazione, inoltre, i dispositivi a consumo fisso sono in realtà un sottoinsieme di quelli a consumo variabile, rendendo la generalizzazione non esclusiva.

I dispositivi sopra citati possono essere resi intelligenti tramite il collegamento a smart plug, la quale consente anche l'alimentazione del suddetto dispositivo. Ogni smart plug è memorizzata attraverso un codice che la identifica.

Essendo ogni smart plug situata in una stanza, sarà possibile averne una o più situate nella stessa stanza dell'abitazione come può darsi che in alcune non siano presenti.



Ogni utente, attraverso il proprio account, può interagire con i dispositivi dell'ambiente, rendendo attiva una determinata impostazione del dispositivo. I dati relativi a tali interazioni sono memorizzati nel database con orario di inizio e di fine. L'interazione viene identificata univocamente dalla regolazione impostata e dall'orario nella quale è stata attivata.



Area energia

Entità	Attributi	Identificatore
Fascia Oraria	Inizio, Utilizzo Energia, Prezzo	Inizio
Pannello fotovoltaico	ID, Massima potenza produttiva	ID
Irraggiamento	Percentuale, Istante	ID (Pannello fotovoltaico), Istante
Suggerimento	Istante	Istante

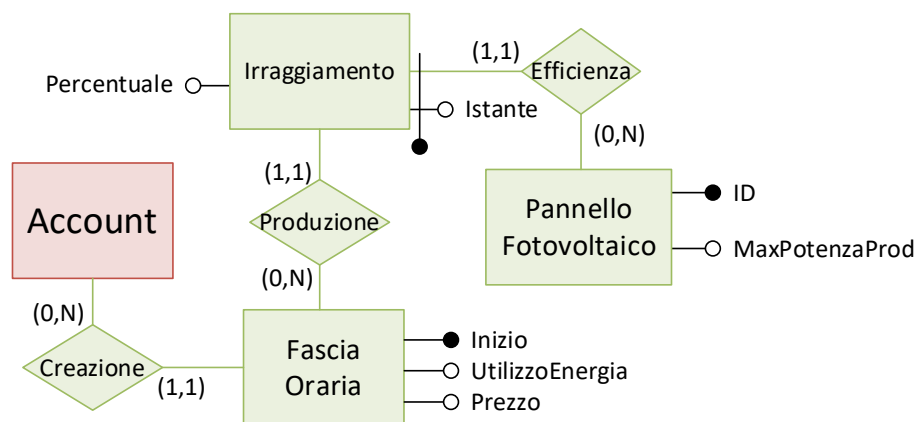
Relazione	Attributi	Entità coinvolte
Efficienza	-	Pannello fotovoltaico, Irraggiamento
Produzione	-	Irraggiamento, Fascia Oraria
Creazione	-	Fascia Oraria, Account
Notifica	Risposta	Suggerimento, Account
Disponibilità	-	Suggerimento, Programma

In quest'area del database sono memorizzate le informazioni relative a produzione, consumo e impiego dell'energia della smart home.

NOTA: Viene evidenziato nelle specifiche come i sistemi di accumulo siano opzionali nell'abitazione. Nello sviluppo e nella gestione dell'area energetica di questo database sono stati ipotizzati assenti.

Il database registra informazioni sul passaggio di elettricità nelle diverse fasce orarie nelle quali gli utenti decidono di suddividere la giornata. Per ognuna di queste vengono memorizzati l'orario di inizio (che la identifica univocamente), il prezzo di mercato dell'energia per quella specifica fascia oraria e la modalità

con cui l'utente, sempre in quel periodo di tempo, decide di utilizzare l'energia prodotta dai pannelli fotovoltaici. Quest'ultimo attributo può assumere due valori: IN (l'energia prodotta viene utilizzata



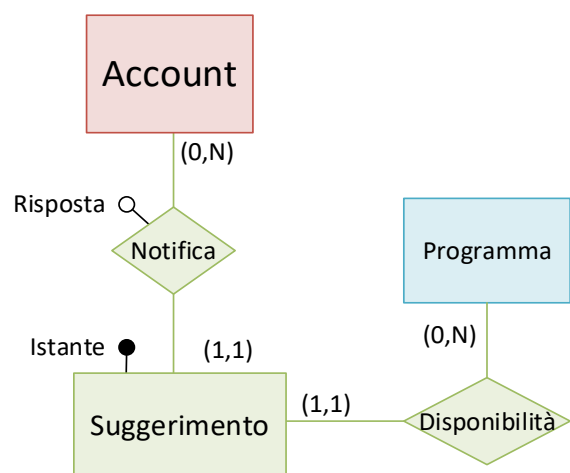
per sopperire ai consumi dell'abitazione e nel caso di una sovrapproduzione l'eccedenza è persa), oppure OUT (l'energia prodotta in eccesso viene immessa nella rete).

L'abitazione è inoltre dotata di una o più pannelli fotovoltaici, ognuno dei quali identificato univocamente da un ID, memorizzato assieme al valore corrispondente alla massima potenza che tale pannello è in grado di produrre.

Il livello di produzione energetica effettivo di un pannello fotovoltaico varia dipendentemente dall'irraggiamento, il quale deve essere anch'esso memorizzato nel database, specificandone la percentuale energetica di produzione (rispetto all'energia massima producibile dal relativo pannello), a quale pannello fotovoltaico è associato il dato e la fascia oraria alla quale appartiene la registrazione. L'ID del pannello fotovoltaico associato e l'istante di memorizzazione identificano univocamente un dato di irraggiamento.

Il database può produrre dei suggerimenti rivolti agli account con i quali si invita ad eseguire un programma di un determinato dispositivo, in base alla disponibilità di energia rinnovabile e sulla base di considerazioni sull'evoluzione di situazioni d'irraggiamento simili precedenti.

Il database, dunque, memorizza il suggerimento generato, identificato univocamente dall'istante per cui è creato, specificandone anche il programma suggerito e l'account al quale viene inviato, memorizzandone inoltre la risposta affermativa (SI) o negativa (NO).



Area comfort

Entità	Attributi	Identificatore
Temperatura interna	Temperatura, Istante	ID (Stanza), Istante
Elemento di illuminazione	ID, Potenza, Intensità minima, Temperatura colore minima, Temperatura colore massima	ID
Impostazione illuminazione	Inizio, Fine, Temperatura colore, Intensità	ID (Elemento illuminazione), Inizio
Climatizzatore	ID, Potenza	ID
Impostazione clima	Inizio, Fine, Umidità, Temperatura	ID (Climatizzatore), Inizio
Ricorrenza	ID, Temperatura, Umidità, Attiva, Orario, Giorno della settimana, Giorno del mese, Mese	ID
Predefinito	ID, Temperatura colore, Intensità	ID

Relazione	Attributi	Entità coinvolte
Termostato	-	Temperatura interna, Stanza
Locazione	-	Elemento illuminazione, Stanza
Accensione	-	Elemento illuminazione, Impostazione illuminazione
Generale	-	Predefinito, Impostazione illuminazione
Clima	-	Climatizzatore, Stanza
Attivazione	-	Climatizzatore, Impostazione clima
Settaggio	-	Impostazione clima, Account
Schedule	-	Ricorrenza, Impostazione clima

In quest'area del database sono memorizzate le informazioni relative agli elementi di condizionamento e di illuminazione e alle interazioni che gli utenti hanno con questi.

NOTA: Viene evidenziato nelle specifiche come il consumo energetico derivato dall'utilizzo di un climatizzatore sia dipendente da vari fattori, quali il livello di dispersione termica della stanza, il volume della stanza e la temperatura interna iniziale, quella esterna e quella desiderata. Tuttavia, supponendo che i dati della temperatura interna di ogni stanza siano rilevati attraverso dei sensori, ne deriva che i dati raccolti sono già affetti da questi fattori. Per cui l'eventuale consumo energetico derivato dall'attivazione di un climatizzatore si riduce ad essere dipendente solamente dalla potenza erogata dal dispositivo e dal periodo di tempo per cui tale impostazione rimane attiva.

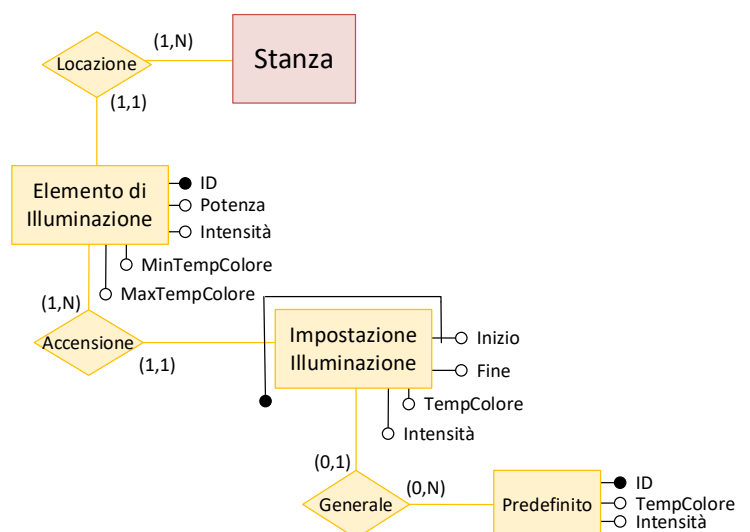
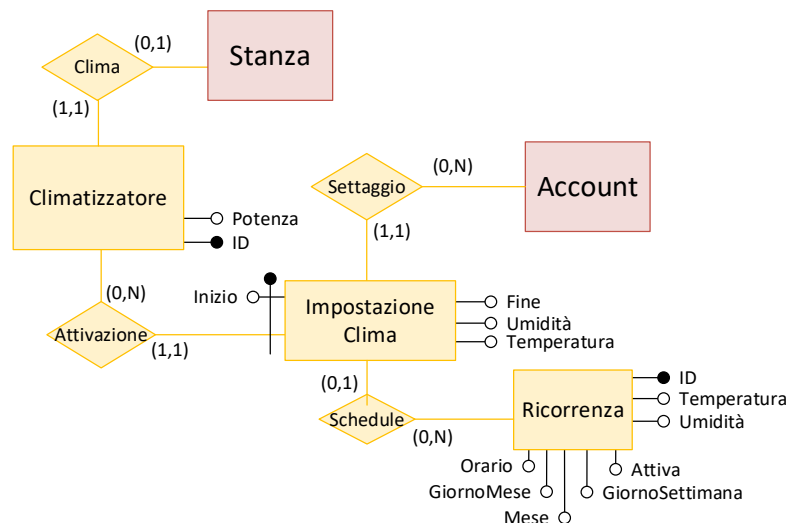
In ogni stanza può essere presente un climatizzatore che ne riscalda/raffredda l'aria e ne imposta l'umidità. Ogni elemento di condizionamento ha una propria potenza e viene identificato in modo univoco nel database attraverso l'attributo ID di tipo incrementale.

Ogni utente, attraverso il proprio account, può interagire con tali elementi, effettuando un'impostazione. In particolare, attraverso un'impostazione, ogni abitante ha la possibilità di settare una temperatura e un livello di umidità desiderata per ogni stanza della casa. Il database memorizza questi dati congiuntamente all'istante di inizio, l'elemento di climatizzazione su cui viene applicata l'impostazione e l'istante di fine nel quale l'impostazione è disattivata.

In aggiunta a ciò, ogni utente può creare impostazioni ricorrenti, in modo che siano attivate in specifici orari di alcuni giorni di alcuni mesi. In questo caso la ricorrenza può essere impostata in modo che avvenga in certi giorni della settimana (lunedì - domenica) tramite l'attributo *GiornoSettimana*, oppure in determinati giorni del mese (1 – 31, dipende anche dal mese per cui la ricorrenza è impostata). Se *Mese* = NULL, allora l'impostazione è valida per ogni mese dell'anno.

Ogni stanza è dotata di uno o più elementi di illuminazione individualmente impostabili dagli utenti. Ognuno di questi è memorizzato nel database indicandone consumo e possibilità di regolare temperatura di colore e intensità, tramite gli attributi di:

- *Minima Intensità* = in una scala di valori da 0 (0%) a 100 (100%), se pari al 100% significa che l'intensità è non regolabile, in quanto è possibile attivare tale elemento esclusivamente con intensità massima (che equivale sempre al 100%);

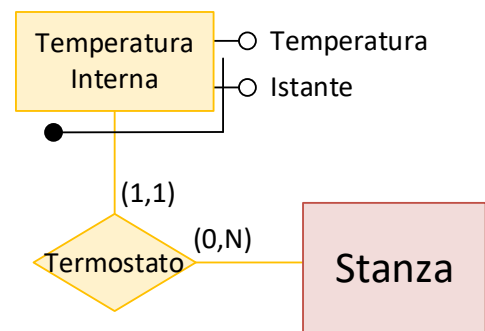


- *Minima e Massima Temperature di colore* = in una scala di valori tra 2.600 (K) e 8.000 (K), rappresentano rispettivamente gli estremi inferiore e superiore dell'intervallo di valori che la temperatura di colore di una luce può assumere. Se sono lo stesso valore significa che di tale elemento d'illuminazione non è configurabile la temperatura di colore e quella è l'unica disponibile.

Quando un utente attiva un elemento di illuminazione, avvia una delle possibili combinazioni presenti nel database, per cui se ne memorizza istante di inizio e fine.

Tramite l'entità Predefinito invece è possibile creare delle impostazioni preferite da poter poi attivare con i vari elementi d'illuminazione della casa richiamando la relativa chiave primaria, costituita da un ID di tipo incrementale.

Dalle considerazioni effettuate ad inizio paragrafo, i dati relativi alla temperatura interna in ogni stanza vengono prelevati dall'ambiente da appositi sensori. L'entità è dunque un log che contiene, per ogni stanza, il valore della relativa temperatura ad ogni istante di aggiornamento.



RISTRUTTURAZIONE DIAGRAMMA ER

In questa sezione sono descritte le fasi della ristrutturazione del diagramma ER, tramite cui vengono eliminati e sostituiti tutti quegli elementi dello schema che, seppur utili alla progettazione concettuale, non sono direttamente traducibili nello schema logico.

Eliminazione delle generalizzazioni

La prima fase della ristrutturazione consiste nel rimuovere le generalizzazioni, sostituendole con altri opportuni elementi.

Nel diagramma ER definito inizialmente è stato ritenuto necessario inserire 2 generalizzazioni totali, una esclusiva e un'altra non esclusiva. Affrontiamole in dettaglio e determiniamo le più opportune sostituzioni.

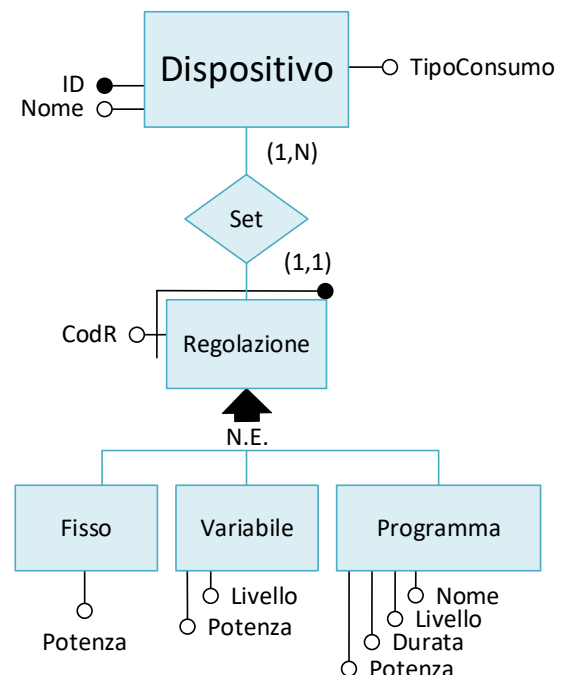
Prima generalizzazione

- **Tipologia:** Generalizzazione totale non esclusiva;
- **Entità padre:** Regolazione;
- **Entità figlie:** Fisso, Livello, Programma.

Tale generalizzazione è stata prodotta a partire dalla classificazione dei vari dispositivi.

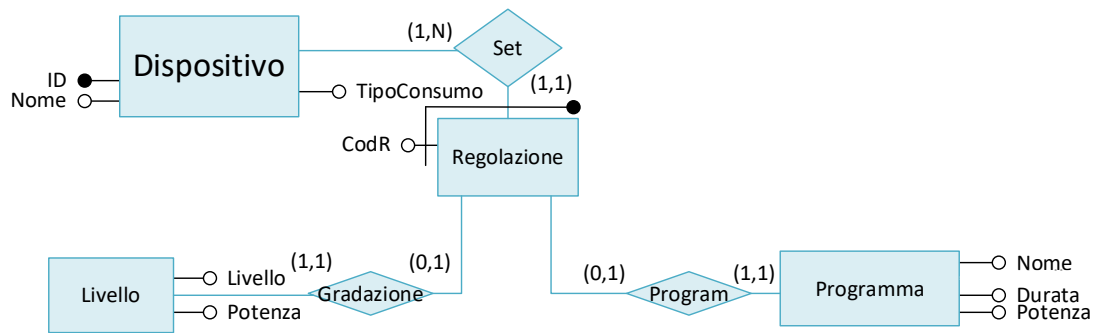
Verifichiamo le possibili traduzioni della generalizzazione:

- **Eliminazione delle entità figlie:** ciò implicherebbe dover accorpare gli attributi delle tre entità figlie all'entità padre, ottenendo dunque una sola entità con molti attributi, alcuni dei quali potrebbero assumere valore NULL;
- **Eliminazione dell'entità padre:** con questa operazione gli attributi dell'entità padre sono ereditati dalle entità figlie; le due relazioni associate all'entità padre (*Set* e *Impostazione*) devono essere associate a ciascuna entità figlia, rendendo alcune possibili operazioni molto più costose dovendo accedere a tre diverse entità;
- **Sostituire la generalizzazione con relazioni padre / figlia:** ogni entità figlia viene messa in relazione con l'entità padre tramite una relazione, evitando di creare attributi che possono assumere valori NULL e non appesantendo troppo eventuali operazioni sui dati, nonostante l'inserimento di tre nuove relazioni.



L'ultima strategia è quella utilizzata in questo caso. Si osserva inoltre che, per facilitare la traduzione e in base a ciò che è stato osservato in fase di descrizione di questa parte di schema, è stato scelto di associare a ciascun dispositivo a consumo fisso un singolo *Livello* di Regolazione, in modo tale da condividere gli stessi attributi dei dispositivi a consumo variabile e semplificare lo schema.

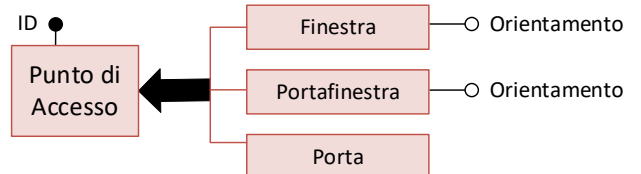
Lo schema che ne risulta è il seguente:



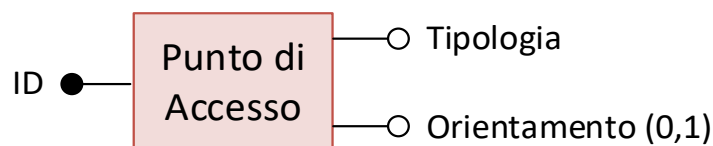
Seconda generalizzazione

- **Tipologia:** Generalizzazione totale ed esclusiva;
- **Entità padre:** Punto di Accesso;
- **Entità figlie:** Finestra, Portafinestra, Porta.

La generalizzazione distingue i punti di accesso in tre tipologie, per due delle quali viene specificato un ulteriore attributo Orientamento (per le entità figlie *Finestra* e *Portafinestra*).



È possibile osservare come non siano presenti relazioni che facciano riferimento esclusivamente ad una delle entità figlie. Inoltre, si nota come, ogni volta che vogliamo avere accesso ad una delle entità figlie è sempre necessario accedere anche all'entità padre, per ricavarne l'ID, attributo chiave. Per questo motivo è stato scelto di **accorpare le entità figlie al padre della generalizzazione**, inserendo in questo gli attributi *Tipologia*, indicante il tipo di punto di accesso memorizzato, e *Orientamento*, che può dunque essere NULL (possiamo però ipotizzare che tale valore sia assunto in bassa percentuale rispetto ad altri, cioè che il numero di porte sia non poco inferiore a quello delle finestre e delle portefinestre). Per cui l'entità finale avrà il seguente aspetto:



Ridondanze

Nello schema concettuale definito non sono presenti ridondanze. Nel corso della specifica delle operazioni da sviluppare sul database sarà verificata l'eventuale aggiunta di alcune di esse, le quali saranno eventualmente inserite nello schema concettuale finale, opportunamente evidenziate.

Eliminazione attributi composti/multivalore

Nello schema concettuale, per come è stato concepito e strutturato, non sono presenti né attributi multivalore né attributi composti.

Osservando le specifiche del progetto alcuni possibili attributi multivalore sarebbero potuti essere i possibili valori assunti da ipotetici attributi di *intensità* e *temperatura di colore* nell'entità Elemento di Illuminazione. Tuttavia, durante la realizzazione dello schema concettuale è stato preferito adottare una struttura diversa da dare ai dati in modo da rendere più semplici e immediate alcune relazioni, sia dal punto di vista logico che pratico.

Altro possibile attributo multivalore sarebbe potuto essere *Numero di Telefono* nell'entità Utente. Difatti, nelle specifiche non è determinato se un utente possa inserire uno o più numeri di telefono ed è stato perciò ipotizzato, per semplicità, che ad ogni utente è permesso inserire uno ed un solo numero di telefono, eliminando in principio la possibilità di generare attributo multivalore.

In fase di strutturazione del diagramma ER sarebbe potuto sembrare opportuno inserire l'attributo composto *Documento d'Identità* nell'entità Utente, ma a ciò è però stato preferito introdurre, fin da principio, direttamente tale attributo come entità a sé stante. Così facendo gli eventuali attributi del composto sono stati inseriti come attributi dell'entità Documento d'Identità.

Partizionamento/accorpamento entità e relazioni

Un accorpamento è stato effettuato in fase di eliminazione delle ridondanze tra regolazioni di dispositivi fissi e di dispositivi variabili: modalità e motivazioni sono descritti nel relativo paragrafo. Non sono stati individuati altri punti del diagramma che necessitano di una ristrutturazione di questo tipo.

L'unica possibile criticità sarebbe stata data dal gruppo di entità Documento d'Identità, Utente e Account, se queste fossero state trattate come una unica macro-entità. Il tutto è però già stato scomposto opportunamente nella prima fase di progettazione del diagramma ER.

TAVOLA DEI VOLUMI

Prima di procedere con la definizione delle operazioni significative da effettuare sui dati, è necessaria la descrizione della tavola dei volumi, nella quale è stimato il numero di occorrenze presenti per ogni entità e relazione presente nel database.

La tavola dei volumi è di seguito suddivisa nelle principali aree del database ed è rappresentata da una tabella che specifica, per ogni entità e per ogni relazione, *Nome*, *Tipo*, *Volume* e *Motivazione*.

Area generale

Concetto	Tipo	Volume	Motivazione
Utente	Entità	5	Ipotesi n° abitanti di una casa.
Documento d'Identità	Entità	5	Ogni Utente deve fornire le informazioni relative a un documento di riconoscimento.
Identità	Relazione	5	Ogni Utente è identificato con un documento d'identità.
Account	Entità	5	Ad ogni Utente è associato un account.
Iscrizione	Relazione	5	Ogni Utente deve effettuare l'iscrizione.
Domanda di Sicurezza	Entità	11	Ipotesi n° Domande di Sicurezza disponibili.
Sicurezza	Relazione	5	Ogni Account seleziona una sola Domanda di Sicurezza per il recupero della password.
Stanza	Entità	8	Ipotesi n° Stanze in una casa.
Punto di Accesso	Entità	24	Ipotesi n° punti di accesso di una casa, considerando in media 3 punti di accesso per stanza (tra porte, portefinestre e finestre). Otteniamo: $8 \times 3 = 24$
Verso1	Relazione	24	Ogni punto di accesso che immette da una stanza a un'altra stanza o all'esterno.
Verso2	Relazione	10	Ipotesi n° Punti di Accesso che immettono in una stanza da un'altra.

Area dispositivi

Nome	Tipo	Volume	Motivazione
Smart Plug	Entità	40	Ipotesi: in ogni stanza sono presenti in media 5 smart plug. Otteniamo: $8*5=40$
Posizione	Relazione	40	Relazione con cardinalità (1,1) su Smart Plug
Dispositivo	Entità	36	Ipotesi n° dispositivi utilizzati regolarmente in una casa abitata da 5 persone
Alimentazione	Relazione	36	Relazione con cardinalità (1,1) su Dispositivo
Regolazione	Entità	80	Ipotizziamo 10% di dispositivi programmabili (4), 40% di dispositivi a consumo fisso (14) e 50% di dispositivi a consumo variabile (18) e una media di 1 regolazione per ogni dispositivo fisso, 3 per ogni dispositivo variabile e programmabile. Otteniamo, approssimando: $(36*10%)*3 + (36*40%)*1 + (36*50%)*3 = 80$
Set	Relazione	80	Relazione con cardinalità (1,1) su Regolazione
Livello	Entità	68	Abbiamo ipotizzato che i dispositivi a consumo fisso sono il 40% del totale con 1 sola regolazione e che i dispositivi a consumo variabile sono il 50% del totale con in media 3 possibili regolazioni di livello. Otteniamo: $(36*40%)*1+(36*50%)*3 = 68$
Gradazione	Relazione	68	Relazione con cardinalità (1,1) su Livello
Programma	Entità	12	Abbiamo ipotizzato che i dispositivi programmabili sono il 10% del totale e che in media ognuno di essi ha 3 possibili regolazioni di programma. Otteniamo, approssimando: $(36*10%)*3 = 12$
Program	Relazione	12	Relazione con cardinalità (1,1) su Programma
Interazione	Entità	11.250	Ipotizzando 25 iterazioni al giorno per utente, con conservazione dei dati per 90 giorni, otteniamo: $25*5*90 = 11.250$ (Si ipotizza inoltre che i dispositivi fissi o variabili incidano per il 70% sul numero di interazioni).
Impostazione	Relazione	11.250	Relazione con cardinalità (1,1) su Interazione
Azione	Relazione	11.250	Relazione con cardinalità (1,1) su Interazione

Area energia

Nome	Tipo	Volume	Motivazione
Fascia Oraria	Entità	3	Ipotesi n° fasce orarie.
Creazione	Relazione	3	Relazione con cardinalità (1,1) su Fascia Oraria.
Produzione	Relazione	90.720	Relazione con cardinalità (1,1) su Irraggiamento.
Suggerimento	Entità	180	Ipotesi n° suggerimenti al giorno. Media di 2 suggerimenti al giorno per ogni utente e conservazione dei dati per 90 giorni. Otteniamo: $2 \cdot 90 = 180$
Disponibilità	Relazione	180	Relazione con cardinalità (1,1) su Suggerimento.
Notifica	Relazione	180	Relazione con cardinalità (1,1) su Suggerimento.
Irraggiamento	Entità	90.720	Ipotesi Irraggiamento. Ognuno dei 12 pannelli registra un dato ogni 20 minuti e conserva i dati per 90 giorni. Otteniamo: $12 \cdot 3 \cdot 24 \cdot 90 = 90.720$
Pannello Fotovoltaico	Entità	12	Ipotesi n° pannelli fotovoltaici. Un impianto fotovoltaico da 3 kWp è sufficiente per sopperire alle esigenze energetiche di una famiglia composta da 3-4 persone, per realizzarlo servono 12 pannelli di dimensioni standard che occupano circa 20 mq di spazio sul tetto.
Efficienza	Relazione	90.720	Relazione con cardinalità (1,1) su Irraggiamento.

Area comfort

Nome	Tipo	Volume	Motivazione
Temperatura Interna	Entità	51.840	Ipotesi Temperatura Interna. Ogni 20 minuti vengono rilevate le temperature interne delle 8 stanze, con conservazione dei dati per 90 giorni. Otteniamo: $8 \times 3 \times 24 \times 90 = 51.840$
Termostato	Relazione	51.840	Relazione con cardinalità (1,1) su Temperatura Interna.
Predefinito	Entità	50	Ipotesi Predefinito.
Generale	Relazione	1.012	Ipotesi: 15% del volume di Impostazione Illuminazione. Relazione con cardinalità (0,1) su Impostazione Illuminazione e (0,N) su Predefinito.
Impostazione Illuminazione	Entità	6.750	Ipotesi Impostazione Illuminazione. Ognuno dei 5 utenti interagisce con gli Elementi di Illuminazione in media 15 volte al giorno e i dati sono conservati per 90 giorni. Otteniamo: $5 \times 15 \times 90 = 6.750$
Accensione	Relazione	6.750	Relazione con cardinalità (1,1) su Impostazione Illuminazione.
Elemento di Illuminazione	Entità	48	Ipotesi n° Elementi Illuminazione. In ogni stanza sono presenti in media 4 elementi regolabili e 2 fissi. Otteniamo: $4 \times 8 + 2 \times 8 = 48$
Locazione	Relazione	48	Relazione con cardinalità (1,1) su Elemento di Illuminazione.
Ricorrenza	Entità	20	Ipotesi n° Ricorrenze.
Schedule	Relazione	100	Ipotesi Schedule. Relazione con cardinalità (0,1) su Impostazione Clima e (0,N) su Ricorrenza.
Impostazione Clima	Entità	900	Ipotesi Impostazione Clima. Ognuno dei 5 utenti interagisce con i Climatizzatori in media 2 volte al giorno e i dati sono conservati per 90 giorni. Otteniamo: $5 \times 2 \times 90 = 900$
Settaggio	Relazione	900	Relazione con cardinalità (1,1) su Impostazione Clima.
Attivazione	Entità	900	Relazione con cardinalità (1,1) su Impostazione Clima.

<i>Climatizzatore</i>	Entità	6	Ipotesi n° Climatizzatore. Ipotizziamo che nel 75% delle 8 stanze totali sia presente un elemento di condizionamento dell'aria. Otteniamo: $8 \cdot 75\% = 6$
<i>Clima</i>	Relazione	6	Relazione con cardinalità (1,1) su Climatizzatore.

OPERAZIONI E AGGIUNTA DI RIDONDANZE

In questo capitolo sono elencate e descritte le 8 operazioni scelte, ognuna delle quali viene analizzata nel caso medio, specificandone i dati di input e di output, la frequenza, la tavola dei volumi interessata, la tavola degli accessi e le eventuali ridondanze.

Lista operazioni

- 1) Classifica giornaliera dei dispositivi fissi o variabili con maggiori consumi
- 2) Avviare tutti gli elementi d'illuminazione di una stanza
- 3) Classifica account sulla base delle interazioni con i dispositivi e i climatizzatori nel mese corrente **(Ridondanza aggiunta)**
- 4) Percentuale di utilizzo di un dispositivo da parte di ogni utente
- 5) Consumo mensile degli elementi d'illuminazione per ciascuna stanza
- 6) Consumo giornaliero di un condizionatore
- 7) Produzione energetica giornaliera **(Ridondanze aggiunte)**
- 8) Elenco di tutti gli elementi dell'abitazione attualmente in funzione **(Ridondanze aggiunte)**

Analisi operazioni e introduzione di ridondanze

1. *Classifica giornaliera dispositivi fissi o variabili per consumi*

Descrizione: Produce una classifica, in ordine decrescente, dei dispositivi che hanno consumato più energia in una determinata giornata.

Input: Data.

Output: Tabella (ID, Nome, Tipologia, ConsumoGiornaliero_kW, Posizione)

Frequenza: 2/gg

Porzione diagramma interessato:

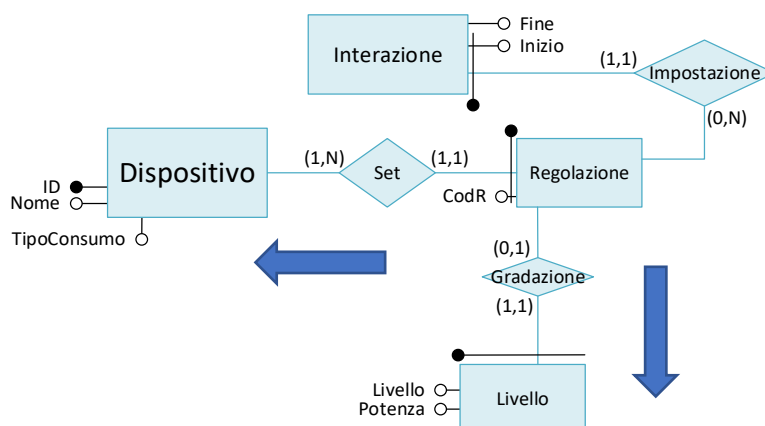


Tavola dei volumi interessata:

Nome	Tipo	Volume
Interazione	Entità	11.250
Impostazione	Relazione	11.250
Regolazione	Entità	80
Set	Relazione	80
Dispositivo	Entità	36
Gradazione	Relazione	68
Livello	Entità	68

Tavola degli accessi:

Concetto	Tipo	Accessi	Operazione	Motivazione
Dispositivo	E	36	L	Lettura tipologia e nome di consumo di ciascun dispositivo.
Interazione	E	7.875	L	Lettura degli istanti di inizio e fine delle interazioni con dispositivi fissi o variabili. Dalle ipotesi fatte sui volumi: $11.250 * 70\% = 7.875$
Livello	E	68	L	Lettura delle potenze di ciascun livello di regolazione di ogni dispositivo.

Calcolo numero degli accessi:

$36 + 7.875 + 68 = 7.979$ accessi ad operazione;

$7.979 * 2 = 15.958$ accessi giornalieri.

2. Avviare tutti gli elementi d'illuminazione in una stanza

Descrizione: Dato il codice di una stanza, intensità e temperatura di colore desiderati, sono attivati tutti gli elementi d'illuminazione di tale ambiente avviandoli con l'impostazione desiderata (se non possibile si attiva la prima regolazione con intensità e temperatura di colore più simili a quella desiderata).

Input: Codice stanza, Intensità illuminazione, Temperatura colore illuminazione.

Output: Nessuno.

Frequenza: 3/gg

Porzione diagramma interessato:

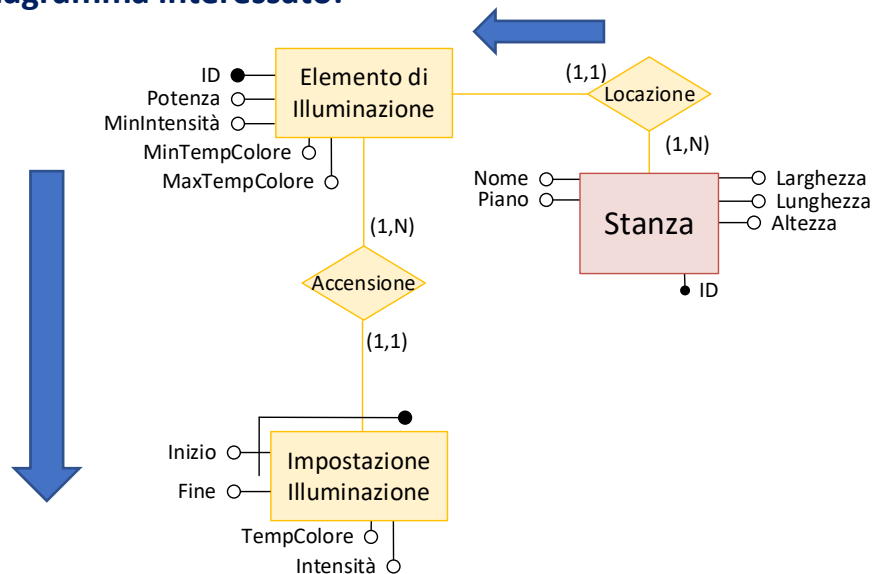


Tavola dei volumi Interessata:

Nome	Tipo	Volume
Stanza	Entità	8
Locazione	Relazione	48
Elemento di illuminazione	Entità	48
Accensione	Relazione	6.750
Impostazione illuminazione	Entità	6.750

Tavola degli accessi:

Concetto	Tipo	Accessi	Operazione	Motivazione
Locazione	R	6	L	Numero medio di dispositivi in una stanza: $48/8 = 6$
Elemento di illuminazione	E	6	L	Verificare le caratteristiche degli elementi di illuminazione.
Impostazione illuminazione	E	6	S	Attivazione delle impostazioni trovate.

Calcolo numero degli accessi:

$6 + 6 + 6 * 2 = 24$ accessi ad operazione;

$24 * 3 = 72$ accessi giornalieri.

3. Classifica mensile account per interazioni con dispositivi e climatizzatori nel mese corrente

Descrizione: Produce una classifica degli account in base al loro numero di interazioni con i dispositivi e i climatizzatori nel mese corrente, in ordine decrescente (il primo elemento della classifica è l'account che ha avuto più interazioni).

Input: Nessuno.

Output: Tabella (Nome utente, Interazioni, Posizione).

Frequenza: 2/gg, considerando che ogni giorno il 40% degli account effettua l'operazione una volta.

Porzione diagramma interessato:

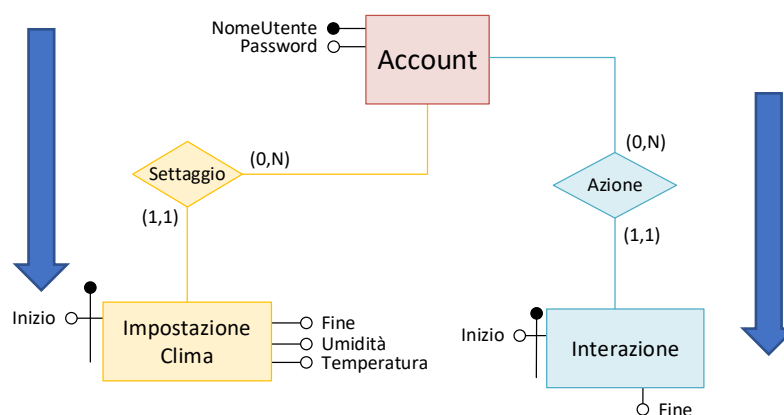


Tavola dei volumi Interessata:

Nome	Tipo	Volume
Account	Entità	5
Azione	Relazione	11.250
Interazione	Entità	11.250
Settaggio	Relazione	900
Impostazione Clima	Entità	900

Tavola degli accessi:

Concetto	Tipo	Accessi	Operazione	Motivazione
Settaggio	R	900	L	Lettura di tutti i settaggi per poi contare chi li ha impostati per stilare la classifica.
Azione	R	11.250	L	Sotto la stessa ipotesi: $11.250/6 = 1.841$

Calcolo numero degli accessi:

$900 + 11.250 = 12.150$ accessi ad operazione;

$12.150 * 2 = 24.300$ accessi giornalieri.

Aggiunta ridondanza: Verifichiamo ora il costo dell'operazione con l'aggiunta della ridondanza **Interazioni** su **Account**.

Porzione diagramma interessato:

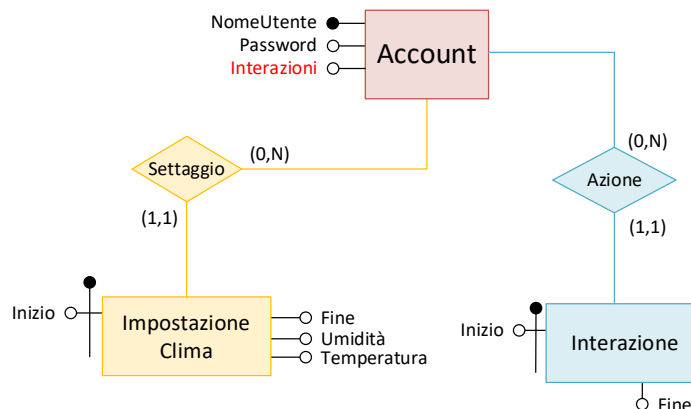


Tavola degli accessi:

Concetto	Tipo	Accessi	Operazione	Motivazione
Account	E	5	L	La ridondanza è letta per ogni account.

Si hanno $5 * 2 = 10$ accessi giornalieri.

Calcolo costo aggiornamento della ridondanza:

Concetto	Tipo	Accessi	Operazione	Motivazione
Account	E	1	S	La ridondanza è aggiornata incrementandola di 1.

La ridondanza è aggiornata subito all'aggiunta di una nuova interazione o impostazione climatica. Avendo in media 25 interazioni e 2 impostazioni climatiche giornaliere ad utente, otteniamo $(25 + 2) * 5 = 54$ interazioni giornaliere.

Il costo di aggiornamento è dunque $54 * 2 = 108$.

Conclusione:

$10 + 108 = 118$ accessi giornalieri con ridondanza.

Poiché sono minori dei 24.300 accessi iniziali, **si decide di inserire la ridondanza.**

4. Percentuale di utilizzo di un dispositivo da parte di ogni utente

Descrizione: Specificato un dispositivo e un mese, si produce un elenco dei vari account dove è riportato la percentuale di utilizzo di quel determinato dispositivo nel dato mese.

Input: Dispositivo, Mese, Anno.

Output: Tabella (Nome utente, Percentuale di utilizzo).

Frequenza: 4/gg

Porzione diagramma interessato:

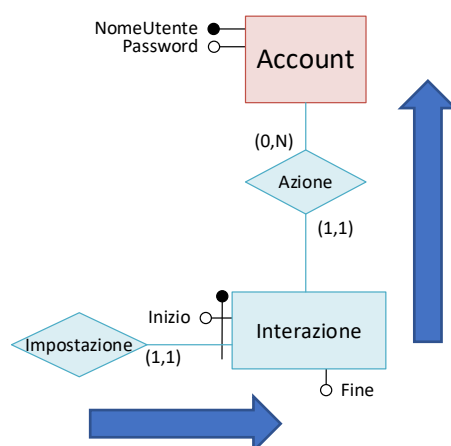


Tavola dei volumi Interessata:

Nome	Tipo	Volume
Interazione	Entità	11.250
Azione	Relazione	11.250
Account	Entità	5
Impostazione	Relazione	11.250
Dispositivo	Entità	36

Tavola degli accessi:

Concetto	Tipo	Accessi	Operazione	Motivazione
Impostazione	E	312	L	In media per un dispositivo si hanno $11.250 / 36 = 312$ interazioni memorizzate.
Azione	E	312	L	Lettura dei Nome Utente per ogni interazione con il dispositivo.

Calcolo numero degli accessi:

$312 + 312 = 624$ accessi ad operazione;
 $624 * 4 = 2.496$ accessi giornalieri.

5. Consumo mensile degli elementi d'illuminazione per stanza

Descrizione: Produce un rapporto sui consumi di un determinato mese derivati dalle impostazioni relative ai sistemi d'illuminazione, suddividendoli per stanze.

Input: Mese, anno.

Output: Tabella (Codice stanza, Consumo mensile in kW)

Frequenza: 4/settimana

Porzione diagramma interessato:

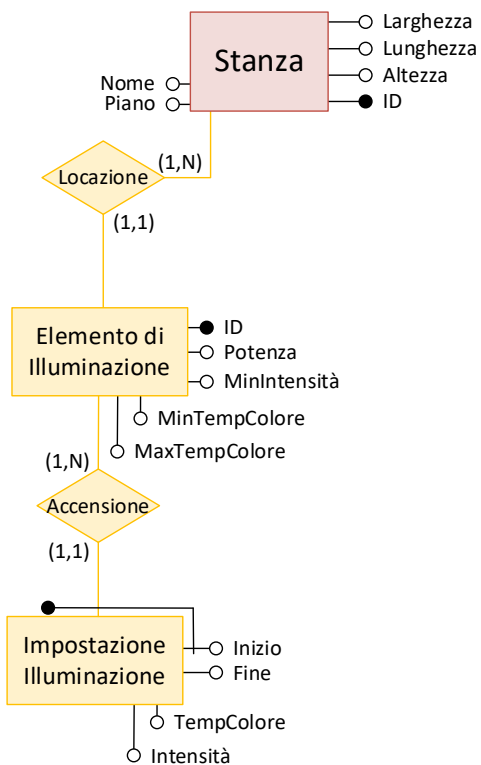


Tavola dei volumi Interessata:

Nome	Tipo	Volume
Stanza	Entità	8
Locazione	Relazione	48
Elemento di Illuminazione	Entità	48
Accensione	Relazione	6.750
Impostazione Illuminazione	Entità	6.750

Tavola degli accessi:

Concetto	Tipo	Accessi	Operazione	Motivazione
Elemento di Illuminazione	E	48	L	Lettura della potenza dei vari dispositivi e dove sono locati.
Impostazione illuminazione	E	6.750	L	Lettura degli istanti di inizio e fine di ogni impostazione.

Calcolo numero degli accessi:

$48 + 48 + 2.250 = 2.346$ accessi ad operazione;

$2.346 * \frac{4}{7} = 1.341$ accessi giornalieri.

6. Consumo giornaliero di un condizionatore

Descrizione: Avuti in input il codice di un condizionatore e una data, restituisce il consumo in kW di tale climatizzatore nella relativa data (da ricordare che quando una stanza ha raggiunto la temperatura desiderata, anche se l'impostazione climatica è attiva, il climatizzatore non consuma energia fin quando la temperatura non varia nuovamente).

Input: Codice condizionatore, Data.

Output: Consumo in kW.

Frequenza: 2/gg

Porzione diagramma interessato:

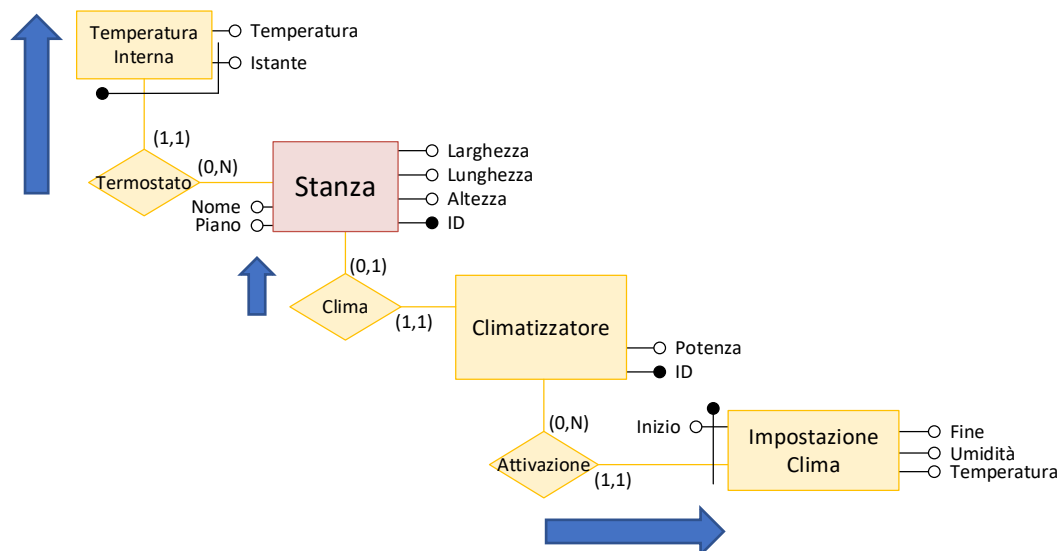


Tavola dei volumi interessata:

Nome	Tipo	Volume
Stanza	Entità	8
Termostato	Relazione	51.840
Temperatura interna	Entità	51.840
Climatizzatore	Entità	6
Clima	Relazione	6
Attivazione	Relazione	900
Impostazione Clima	Entità	900

Tavola degli accessi:

Concetto	Tipo	Accessi	Operazione	Motivazione
Attivazione	R	150	L	In media per un climatizzatore sono memorizzate $900/6 = 150$ impostazioni.
Impostazione clima	E	150	L	Accesso in lettura per conoscere la temperatura impostata.
Termostato	R	6.480	L	A regime, per ogni stanza sono memorizzate $51.840/8 = 6.480$ temperature.
Temperatura Interna	E	6.480	L	Accesso in lettura per verificare la temperatura interna durante le rilevazioni.

Calcolo numero degli accessi:

$150 + 150 + 6.480 + 6.480 = 13.260$ accessi ad operazione;

$13.260 * 2 = 26.520$ accessi giornalieri.

7. Produzione energetica giornaliera

Descrizione: Calcola l'energia totale prodotta da ciascun pannello fotovoltaico durante la giornata.

Input: Nessuno.

Output: Energia prodotta (kW).

Frequenza: 5/gg

Porzione diagramma interessato:

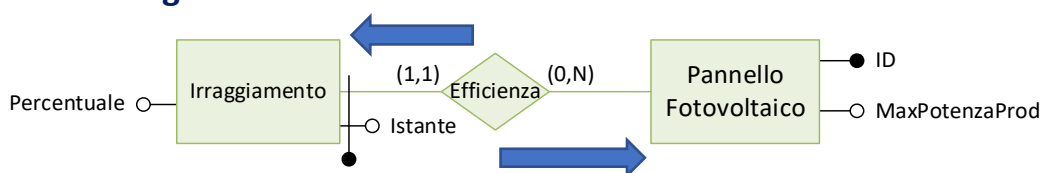


Tavola dei volumi Interessata:

Nome	Tipo	Volume
Pannello fotovoltaico	Entità	12
Efficienza	Relazione	90.720
Irraggiamento	Entità	90.720

Tavola degli accessi:

Concetto	Tipo	Accessi	Operazione	Motivazione
Efficienza	R	90.720	L	Lettura delle rilevazioni d'irraggiamento di ogni pannello fotovoltaico.
Irraggiamento	E	90.720	L	Lettura della percentuale di irraggiamento ad ogni rilevazione.
Pannello fotovoltaico	E	12	L	Lettura della massima produzione possibile di ogni pannello.

Calcolo numero degli accessi:

$90.720 + 90.720 + 12 = 181.452$ accessi ad operazione;

$181.452 * 5 = 907.260$ accessi giornalieri.

Aggiunta ridondanze: Verifichiamo ora il costo dell'operazione con l'aggiunta delle ridondanze **Produzione Giornaliera** e **Irraggiamento Attuale** su **Pannello Fotovoltaico**.

Porzione diagramma interessato:

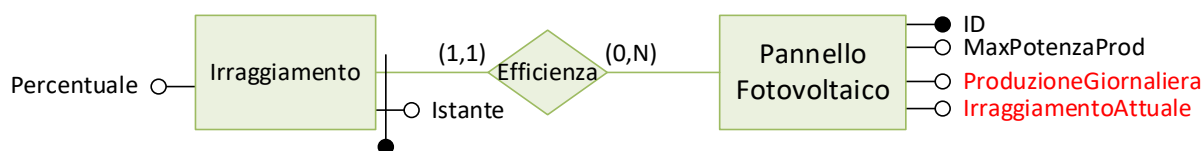


Tavola degli accessi:

Concetto	Tipo	Accessi	Operazione	Motivazione
Pannello fotovoltaico	E	12	L	Lettura della ridondanza da ogni Pannello fotovoltaico.

Si hanno $12 * 5 = 60$ accessi giornalieri.

Calcolo costo di aggiornamento della ridondanza:

Concetto	Tipo	Accessi	Operazione	Motivazione
Pannello fotovoltaico	E	1	L	Lettura del valore di massima produzione del pannello e del valore di irraggiamento.
Pannello fotovoltaico	E	1	S	Le ridondanze sono aggiornate.

Prima di inserire il nuovo valore d'irraggiamento rilevato, viene effettuata la lettura dei valori massima potenza di produzione del pannello e dell'irraggiamento, con i quali viene calcolata e aggiornata la produzione energetica; dopodiché si aggiorna l'irraggiamento attuale. Poiché i livelli d'irraggiamento sono aggiornati ogni 20 minuti per ciascuno dei 12 pannelli fotovoltaici, otteniamo $3 * 24 * 12 = 864$ aggiornamenti giornalieri.

Il costo di aggiornamento è dunque $864 * (2 + 1) = 2.592$.

Conclusione:

$60 + 2.592 = 2.652$ accessi giornalieri con ridondanza.

Poiché sono minori dei 907.260 accessi iniziali, si decide di inserire le ridondanze.

8. Elenco di tutti gli elementi dell'abitazione attualmente in funzione

Descrizione: Produce un elenco di tutti i dispositivi, gli elementi d'illuminazione e di condizionamento attivi al momento.

Input: Nessuno.

Output: Tabella Dispositivi (Codice, Nome, Stato), Tabella Climatizzatori (Codice Climatizzatore, Stato), Tabella Illuminazioni (Codice Illuminazione, Stato)

Frequenza: 3/gg

Porzione diagramma interessato:

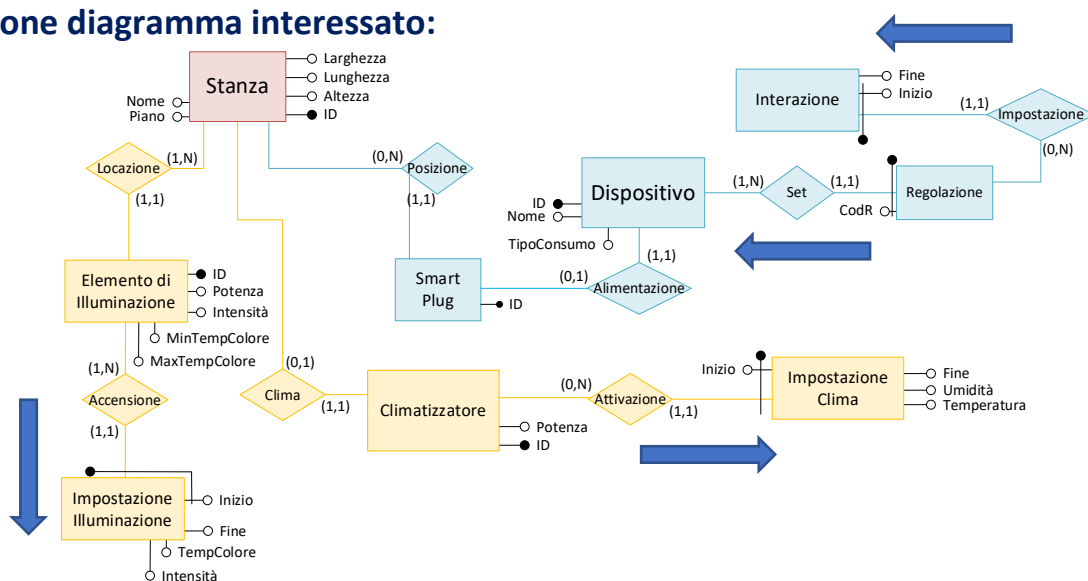


Tavola dei volumi Interessata:

Nome	Tipo	Volume
Elemento di Illuminazione	Entità	48
Accensione	Relazione	6.750
Impostazione Illuminazione	Entità	6.750
Climatizzatore	Entità	6
Attivazione	Relazione	900
Impostazione Clima	Entità	900
Dispositivo	Entità	36
Set	Relazione	80
Regolazione	Entità	80
Impostazione	Relazione	11.250
Interazione	Entità	11.250

Tavola degli accessi:

Concetto	Tipo	Accessi	Operazione	Motivazione
Dispositivo	E	36	L	Lettura dei nomi dei dispositivi.
Impostazione	R	11.250	L	Lettura delle interazioni di ciascun dispositivo.
Interazione	E	11.250	L	Lettura dell'attributo degli istanti di inizio e fine di ogni interazione.
Attivazione	R	900	L	Lettura delle impostazioni di ciascun climatizzatore.
Impostazione clima	E	900	L	Lettura dell'attributo degli istanti di inizio e fine di ogni impostazione.
Accensione	R	6.750	L	Lettura delle impostazioni di ciascuna illuminazione.
Impostazione illuminazione	E	6.750	L	Lettura dell'attributo degli istanti di inizio e fine di ogni impostazione.

Calcolo numero degli accessi:

$36 + 11.250 + 11.250 + 900 + 900 + 6.750 + 6.750 = 37.836$ accessi ad operazione;
 $37.750 * 3 = 113.508$ accessi giornalieri.

Aggiunta ridondanze: Verifichiamo ora il costo dell'operazione con l'aggiunta delle ridondanze **Stato** su **Dispositivo**, **Climatizzatore** ed **Elemento d'illuminazione**.

Porzione diagramma interessato:

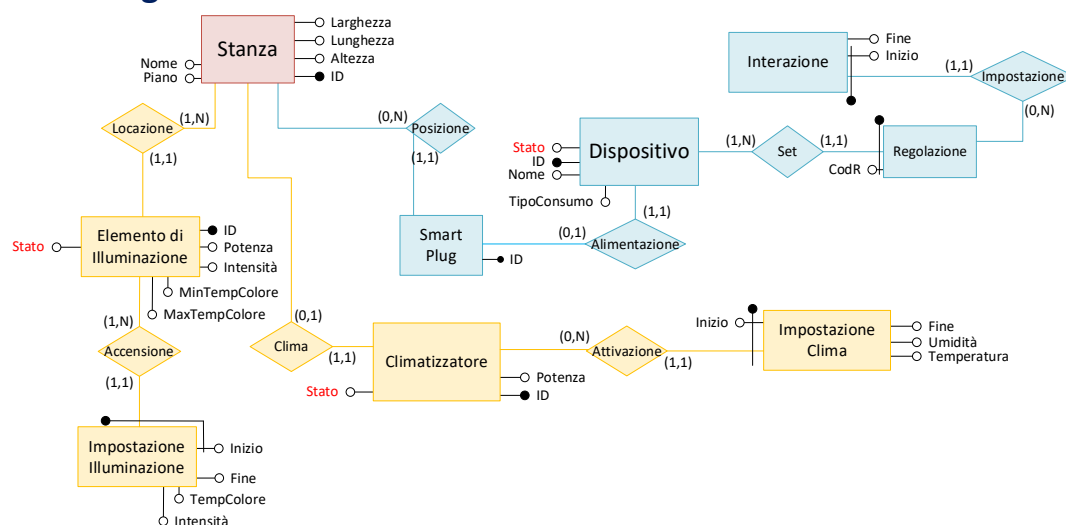


Tavola degli accessi:

Concetto	Tipo	Accessi	Operazione	Motivazione
Dispositivo	E	36	L	Lettura dello stato e del nome di ogni dispositivo.
Climatizzatore	E	6	L	Lettura dello stato di ogni climatizzatore.
Elemento d'illuminazione	E	48	L	Lettura dello stato di ogni luce.

Si hanno $(36 + 6 + 48) * 3 = 270$ accessi giornalieri.

Calcolo costo di aggiornamento della ridondanza:

Concetto	Tipo	Accessi	Operazione	Motivazione
Dispositivo	E	2	S	Aggiornamento all'avvio e allo spegnimento per ogni interazione.
Climatizzatore	E	2	S	Aggiornamento all'avvio e allo spegnimento di ogni impostazione.
Elemento d'illuminazione	E	2	S	Aggiornamento all'avvio e allo spegnimento di ogni impostazione.

In media vengono effettuate ogni giorno: $11.250/90 = 125$ interazioni, $6.750/90 = 75$ impostazioni ad elementi d'illuminazione e $900/90 = 10$ attivazioni di climatizzatori.

Il costo di aggiornamento è dunque: $125 * (2 * 2) + 75 * (2 * 2) + 10 * (2 * 2) = 840$.

Conclusione:

$270 + 840 = 1.110$ accessi giornalieri con ridondanza.

Poiché sono minori dei 113.508 accessi iniziali, si decide di inserire le ridondanze.

TRADUZIONE IN MODELLO LOGICO

In questo capitolo viene affrontata la traduzione dello schema concettuale in modello logico.

Schema logico

È di seguito riportata la struttura del database mediante lo schema logico.

Account (NomeUtente, Password, DomandaSicurezza, RispostaSicurezza, Utente, Interazioni)

Utente (CodiceFiscale, Nome, Cognome, DataNascita, DataIscrizione, NumTelefono, TipologiaDocumento, NumeroDocumento)

Documento (Tipologia, NumeroDocumento, EnteRilascio, Scadenza)

DomandaSicurezza (ID, Testo)

Stanza (ID, Nome, Piano*, Larghezza*, Lunghezza*, Altezza*)

Accesso (ID, Tipologia, Orientamento*, Verso1, Verso2*)

SmartPlug (ID, Stanza)

Dispositivo (ID, Nome, TipoConsumo, SmartPlug, Stato)

Regolazione (Dispositivo, CodR)

Livello (Dispositivo, CodR, Livello*, Potenza)

Programma (Dispositivo, CodR, Nome*, Durata, Potenza)

Interazione (Dispositivo, CodR, Inizio, Fine*, Account)

FasciaOraria (Inizio, UtilizzoEnergia, Prezzo, Account)

Irraggiamento (PannelloFotovoltaico, Istante, Percentuale, FasciaOraria)

PannelloFotovoltaico (ID, MaxPotenzaProd, ProduzioneGiornaliera, IrraggiamentoAttuale)

Suggerimento (Istante, Dispositivo, CodR, Account, Risposta)

TemperaturaInterna (Stanza, Istante, Temperatura)

ElementoLuce (ID, Potenza, MinIntensità, MinTempColore, MaxTempColore, Stanza, Stato)

ImpostazioneLuce (ElementoLuce, Inizio, Fine, TempColore, Intensità)

Generale (ElementoLuce, Inizio, Predefinito)

Predefinito (ID, TempColore, Intensità)

Climatizzatore (ID, Potenza, Stanza, **Stato**)

ImpostazioneClima (Climatizzatore, Inizio, Fine, Umidità*, Temperatura, Account)

Schedule (Climatizzatore, Inizio, Ricorrenza)

Ricorrenza (ID, Temperatura, Umidità*, Orario, GiornoMese, Mese, GiornoSettimana, Attiva)

Vincoli di integrità referenziale

Sono di seguito elencati tutti i vincoli di integrità referenziale, mediante una tabella nella quale per ogni riga sono specificati l'attributo della relazione (a sinistra) e l'elemento a cui si riferisce (a destra) tramite la sintassi *Relazione (Attributo1, ..., AttributoN)*.

Attributo	Riferimento
Account (Utente)	Utente (CodiceFiscale)
Account (DomandaSicurezza)	DomandaSicurezza (ID)
Utente (TipologiaDocumento, NumeroDocumento)	Documento (Tipologia, NumeroDocumento)
Accesso (Verso1)	Stanza (ID)
Accesso (Verso2)	Stanza (ID)
SmartPlug (Stanza)	Stanza (ID)
Dispositivo (SmartPlug)	SmartPlug (ID)
Regolazione (Dispositivo)	Dispositivo (ID)
Livello (Dispositivo, CodR)	Regolazione (Dispositivo, CodR)
Programma (Dispositivo, CodR)	Regolazione (Dispositivo, CodR)
Interazione (Dispositivo, CodR)	Regolazione (Dispositivo, CodR)
Interazione (Account)	Account (NomeUtente)
FasciaOraria (Account)	Account (NomeUtente)
Irraggiamento (PannelloFotovoltaico)	PannelloFotovoltaico (ID)
Irraggiamento (FasciaOraria)	FasciaOraria (Inizio)
Suggerimento (Account)	Account (NomeUtente)

Suggerimento (Dispositivo, CodR)	Programma (Dispositivo, CodR)
TemperaturaInterna (Stanza)	Stanza (ID)
ElementoLuce (Stanza)	Stanza (ID)
ImpostazioneLuce (ElementoLuce)	ElementoLuce (ID)
Generale (ElementoLuce, Inizio)	ImpostazioneLuce (ElementoLuce, Inizio)
Generale (Predefinito)	Predefinito (ID)
Climatizzatore (Stanza)	Stanza (ID)
ImpostazioneClima (Climatizzatore)	Climatizzatore (ID)
ImpostazioneClima (Account)	Account (NomeUtente)
Schedule (Climatizzatore, Inizio)	ImpostazioneClima (Climatizzatore, Inizio)
Schedule (Ricorrenza)	Ricorrenza (ID)

Vincoli di integrità generici

In questo paragrafo sono elencati i vincoli di integrità generici.

Account:

Interazioni è un valore maggiore o pari a zero;

Password deve avere *almeno 8 caratteri*.

Utente:

DataNascita deve essere minore della *data corrente – 14 anni* al momento dell'iscrizione.

Documento:

Tipologia deve essere uno tra i seguenti valori: *Carta identità, Passaporto, Patente*;

Scadenza deve essere maggiore della *data corrente* al momento dell'inserimento.

Stanza:

Lunghezza, Larghezza, Altezza sono valori strettamente positivi (espressi in *metri*).

Accesso:

Tipologia deve essere uno tra i seguenti valori: *Finestra, Porta, Portafinestra*;

Orientamento, se non *NULL*, deve essere uno tra i seguenti valori: *S, SO, O, NO, N, NE, E, SE*.

Dispositivo:

Stato deve essere uno tra i seguenti valori: *ON, OFF*;

TipoConsumo deve essere uno tra i seguenti valori: *Fisso, Variabile, Non interrompibile*.

Livello:

Potenza è un valore strettamente positivo (espresso in kW);

Possono essere registrati livelli **solo per dispositivi di TipoConsumo Fisso o Variabile**.

Programma:

Potenza è un valore strettamente positivo (espresso in kW);

Durata è un valore espresso in minuti (*min*);

Possono essere registrati programmi **solo per dispositivi di TipoConsumo Non interrompibile**.

Interazione:

Inizio deve essere maggiore o pari del timestamp corrente al momento dell'inserimento;

Fine, se non *NULL*, deve essere maggiore del valore di **Inizio**.

FasciaOraria:

Inizio è un valore compreso *tra 0 e 23*;

UtilizzoEnergia deve essere uno tra i seguenti valori: *IN, OUT*;

Prezzo è un valore strettamente positivo (espresso in €).

Irraggiamento:

Percentuale è un valore compreso *tra 0 e 100* (espresso in %).

PannelloFotovoltaico:

MaxPotenzaProd è un valore strettamente positivo (espresso in kW);

ProduzioneGiornaliera è un valore maggiore o pari a zero (espresso in kWh);

IrraggiamentoAttuale è un valore compreso *tra 0 e 100* (espresso in %)

Suggerimento:

Risposta deve essere uno tra i seguenti valori: *SI', NO*.

TemperaturaInterna:

Temperatura è un valore espresso in gradi centigradi (°C).

ElementoLuce:

Potenza è un valore strettamente positivo (espresso in kW);

MinIntensità è un valore compreso *tra 1 e 100* (espresso in %);

MinTempColore è un valore compreso *tra 2600 e 8000* (espresso in K);

MaxTempColore è un valore compreso *tra MinTempColore e 8000* (espresso in K);

Stato deve essere uno tra i seguenti valori: *ON, OFF*.

ImpostazioneLuce:

Inizio deve essere maggiore o pari del timestamp corrente al momento dell'inserimento;

Fine, se non *NULL*, deve essere maggiore del valore di **Inizio**;

Intensità deve essere compresa tra il valore di **MinIntensità** dell'*ElementoLuce* a cui si riferisce e *100* (espresso in %);

TempColore deve essere compresa tra i valori di **MinTempColore** e **MaxTempColore** dell'*ElementoLuce* a cui si riferisce (espresso in K).

Predefinito:

Intensità è un valore compreso *tra 1 e 100* (espresso in %);

TempColore è un valore compreso *tra 2600 e 8000* (espresso in K);

Climatizzatore:

Potenza è un valore strettamente positivo (espresso in kW);

Stato deve essere uno tra i seguenti valori: *ON, OFF*.

ImpostazioneClima:

Inizio deve essere maggiore o pari del timestamp corrente al momento dell'inserimento;

Fine, se non *NULL*, deve essere maggiore del valore di **Inizio**;

Temperatura è un valore espresso in gradi centigradi (°C);

Umidità è un valore compreso *tra 0 e 100* (espresso in %).

Ricorrenza:

Temperatura è un valore espresso in gradi centigradi (°C);

Umidità è un valore compreso *tra 0 e 100* (espresso in %);

Attiva deve essere uno tra i seguenti valori: *ON, OFF*;

GiornoMese è un valore compreso *tra 1 e 31 oppure NULL*;

GiornoSettimana è un valore compreso *tra 0 e 6 oppure NULL*;

Mese è un valore compreso *tra 1 e 12 oppure NULL*;

In caso di **conflitto tra ricorrenze**, ha precedenza quella che specifica il giorno settimanale (es: venerdì 28, una ricorrenza che si attiva di venerdì ha precedenza su una che si attiva il 28 del mese);

All'inserimento di una nuova ricorrenza, **non possono essere presenti** altre **ricorrenze con stessi valori** su *GiornoMese*, *GiornoSettimana*, *Mese*.

Normalizzazione BCNF

In questo paragrafo, per ciascuna tabella sono specificate le dipendenze funzionali ed è verificata la forma normale BCNF: se non rispettata si procede eseguendo l'algoritmo di normalizzazione. Tuttavia, fin dalla progettazione concettuale è stata applicata la teoria di normalizzazione, al fine di semplificare questa fase.

Account (NomeUtente, Password, DomandaSicurezza, RispostaSicurezza, Utente, Interazioni)

NomeUtente, Password → DomandaSicurezza, RispostaSicurezza, Utente, Interazioni

Già in forma BCNF.

Utente (CodiceFiscale, Nome, Cognome, DataNascita, DataIscrizione, NumTelefono, TipologiaDocumento, NumeroDocumento)

CodiceFiscale → Nome, Cognome, DataNascita, DataIscrizione, NumTelefono, TipologiaDocumento, NumeroDocumento

Già in forma BCNF.

Documento (Tipologia, NumeroDocumento, EnteRilascio, Scadenza)

Tipologia, NumeroDocumento → EnteRilascio, Scadenza

Già in forma BCNF.

DomandaSicurezza (ID, Testo)

ID → Testo

Già in forma BCNF.

Stanza (ID, Nome, Piano*, Larghezza*, Lunghezza*, Altezza*)

ID → Nome, Piano, Larghezza, Lunghezza, Altezza

Già in forma BCNF.

Accesso (ID, Tipologia, Orientamento*, Verso1, Verso2*)

ID → Tipologia, Orientamento, Verso1, Verso2

Già in forma BCNF.

SmartPlug (ID, Stanza)

ID → Stanza

Già in forma BCNF.

Dispositivo (ID, Nome, TipoConsumo, SmartPlug, Stato)

ID → Nome, TipoConsumo, SmartPlug, Stato

Già in forma BCNF.

Regolazione (Dispositivo, CodR)

Già in forma BCNF.

Livello (Dispositivo, CodR, Livello, Potenza)

Dispositivo, CodR → Livello, Potenza

Già in forma BCNF.

Programma (Dispositivo, CodR, Nome*, Livello, Durata, Potenza)

Dispositivo, CodR → Nome, Livello, Durata, Potenza

Già in forma BCNF.

Interazione (Dispositivo, CodR, Inizio, Fine*, Account)

Dispositivo, CodR, Inizio → Fine, Account

Già in forma BCNF.

FasciaOraria (Inizio, UtilizzoEnergia, Prezzo, Account)

Inizio → UtilizzoEnergia, Prezzo, Account

Già in forma BCNF.

Irraggiamento (PannelloFotovoltaico, Istante, Percentuale, FasciaOraria)

PannelloFotovoltaico, Istante → Percentuale, FasciaOraria

Già in forma BCNF.

PannelloFotovoltaico (ID, MaxPotenzaProd, ProduzioneGiornaliera, IrraggiamentoAttuale)

ID → MaxPotenzaProd, ProduzioneGiornaliera, IrraggiamentoAttuale

Già in forma BCNF.

Suggerimento (Dispositivo, CodR, Istante, Account*, Risposta*)

Dispositivo, CodR, Istante → Account, Risposta

Già in forma BCNF.

TemperaturaInterna (Stanza, Istante, Temperatura)

Stanza, Istante → Temperatura

Già in forma BCNF.

ElementoLuce (ID, Potenza, MinIntensità, MinTempColore, MaxTempColore, Stanza, Stato)

ID → Potenza, MinIntensità, MinTempColore, MaxTempColore, Stanza, Stato

Già in forma BCNF.

ImpostazioneLuce (ElementoLuce, Inizio, Fine, TempColore, Intensità, Predefinito*)

ElementoLuce, Inizio → Fine, TempColore, Intensità, Predefinito

Già in forma BCNF.

Predefinito (ID, TempColore, Intensità)

ID → TempColore, Intensità

Già in forma BCNF.

Climatizzatore (ID, Potenza, Stanza, Stato)

ID → Potenza, Stanza, Stato

Già in forma BCNF.

ImpostazioneClima (Climatizzatore, Inizio, Fine, Umidità*, Temperatura, Account, Ricorrenza*)

Climatizzatore, Inizio → Fine, Umidità, Temperatura, Account, Ricorrenza

Già in forma BCNF.

Ricorrenza (ID, Temperatura, Umidità*, Orario, Giorno, Mese, Durata, Attiva)

ID → Temperatura, Umidità, Orario, Giorno, Mese, Durata, Attiva

Già in forma BCNF.

DATA ANALYTICS

In questo capitolo vengono mostrati e spiegati metodi e strategie adottati al fine di implementare le data analytics richieste dal progetto.

Analisi abitudini degli utenti tramite Association Rule Learning

La prima data analytics riguarda l'implementazione dell'algoritmo Apriori, tramite il quale sono individuate le regole associative forti tra i dispositivi.

Individuazione items e transazioni

È stato scelto come **insieme degli items** l'insieme dei dispositivi appartenenti all'entità *Dispositivo*.

Ogni **transazione** invece individua l'insieme dei dispositivi avviati dallo stesso account nell'intervallo di tempo $[RI.Inizio - span, RI.Inizio + span]$, dove *span* è una variabile (in minuti) che ha valore di default di 20 minuti.

```
24  -- Parametri per definire le transazioni:
25  •  set @min_length = 2;
26  •  set @span = 20;
```

Scartate le transazioni con un solo elemento ($@min_length = 2$), in quanto queste non potranno generare alcuna regola associativa forte, si otterrà una tabella di transazioni come questa:

ID	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
2	0	1	0	1	0	1	0	0	0
3	0	0	1	1	0	0	1	0	0
4	0	0	1	1	0	0	1	0	0
5	0	0	0	0	1	1	0	0	0
6	0	0	0	0	1	1	0	0	0
7	0	0	1	1	0	0	1	0	0

Ogni record rappresenta una transizione e in ognuno di essi viene identificata la presenza o meno di ciascun dispositivo tramite un assegnamento binario (1: dispositivo presente, 0: dispositivo assente).

Algoritmo Apriori

Viene inizialmente creata la tabella di utilità **Items{ID, Item[i]}**, composta da record aventi come attributi *ID*, cioè l'ID della transazione, e *Item[i]*, ovvero l'i-esimo elemento presente nella transazione. Tale tabella sarà utile per il calcolo del supporto.

ID	Item
1	1
1	9
1	8
2	2
2	4
2	6

Esempio di tabella di Items a partire dai primi due record dell'esempio precedente.

Tramite l'algoritmo è inizialmente ricavato l'insieme C_1 degli **1-Itemset**, da cui si produce l'insieme L_1 degli **1-Large-Itemset**, cioè quegli elementi di C_1 che soddisfano un determinato Supporto minimo. Successivamente si procede con l'iterazione di 3 passaggi per un numero massimo di passi dato in input alla funzione. Tale processo può arrestarsi prima se, all'iterazione k , L_k risulta vuoto.

All'iterazione k -esima, i 3 passi sono:

1. Passo di Join: si genera C_k a partire da L_{k-1} .

Bisogna combinare ogni record di L_{k-1} con tutti gli altri dello stesso insieme, dopodiché prendere quelli contenenti k item distinti l'uno dall'altro. Le combinazioni sono senza ordine né ripetizioni.

Esempio: $\{1, 2, 3\} \cup \{2, 3, 4\} \rightarrow \{1, 2, 3, 4\}$.

2. Calcolo del supporto di ciascun k -Itemset in C_k , avvalendosi della tabella Items, tramite lo statement GROUP BY. Il supporto consiste nella *percentuale di transazioni* in cui compaiono tutti gli elementi del k -Itemset, o più in generale dell'insieme di cui si vuol calcolare il supporto.

Item1	Item2	Item3	Item4	Support
1	3	6	13	0.33
3	6	11	13	0.133
3	6	12	13	0.018
3	9	11	13	0.25
3	9	11	16	0.28
6	12	13	14	0.30

Esempio di tabella C_4 .

3. Passo di Pruning: viene generato L_k con i k -Large-Itemset presenti in C_k , cioè quelli con $Support > Support\ minimo$. Dopodiché si dà a ciascun record un id univoco, in modo da semplificare la fase di Join successiva, in questo modo da fare utilizzando solo la clausola $ON a.ID < b.ID$.

Item1	Item2	Item3	Item4	ID
1	3	6	13	1
3	9	11	13	2
3	9	11	16	3
6	12	13	14	4

Esempio di tabella L_4 con supporto minimo 0.2 a partire dall'esempio precedente.

Generazione regole forti

A questo punto, una volta prodotte le tabelle C_1, \dots, C_k e L_1, \dots, L_k si procede alla generazione delle regole forti.

A tale scopo viene utilizzata la funzione **GetRules(int i)**, con $i = 2, \dots, k - 1$ dove k è il numero di iterazioni effettuate. La funzione partiziona ogni large-itemset di L_i in **tutti i possibili due sottoinsiemi** disgiunti non vuoti (X e Y).

Successivamente, occorre calcolare i **supporti** di X , Y e XUY , cioè del large-itemset in questione, tramite un join con la tabella C_j , dove j è pari alla dimensione (o cardinalità) dell'insieme di cui si calcola il supporto.

A partire da tali elementi, attraverso le formule

$$\text{conf}(X \rightarrow Y) = \frac{\text{supp}(X \cup Y)}{\text{supp}(X)}$$

e

$$\text{conf}(Y \rightarrow X) = \frac{\text{supp}(X \cup Y)}{\text{supp}(Y)}$$

si calcolano le **confidenze** delle regole $X \rightarrow Y$ e $Y \rightarrow X$ e dopodiché si inseriscono nella tabella **Rules{X, Y, Confidence}**. La confidenza di una regola $X \rightarrow Y$ misura, in percentuale, quante volte gli item di Y compaiono in transazioni che contengono quelli di X.

X	Y	Confidence
11	9, 16	0.034
11, 12	15	0.575
11, 13	3	0.492
11, 15	12	0.586
11, 16	9	0.594
12	1	0.029
12	10	0.051

Esempio di regole associative trovate.

Infine, si **eliminano** da tutte le combinazioni di regole trovate quelle con *confidenza minore di quella minima prestabilita*, mantenendo così solo le **regole associative forti**.

X	Y	Confidence
11, 12	15	0.575
11, 15	12	0.586
11, 16	9	0.594

Esempio di regole associative forti con confidenza minima 0.5 a partire dall'esempio precedente.

Note finali

Solitamente il supporto minimo dovrebbe essere intorno al 10% mentre la confidenza minima più alta, intorno al 90%, in modo da trovare regole associative forti che, nonostante non siano troppo frequenti nelle transazioni, hanno una confidenza alta e sono dunque interessanti.

Purtroppo, per provare l'algoritmo sul registro delle interazioni dei dispositivi *Interazione*, occorre abbassare entrambi i valori, poiché il database è stato popolato in maniera automatica. Di default, dunque, sono stati impostati il *supporto minimo allo 0,5%* e la *confidenza minima al 70%*:

```
20      -- Parametri per Apriori:
21 •     SET @Confidence = 0.7;
22 •     SET @Support = 0.005;
```

Data la complessità della data analytics, potrebbe rendersi necessario modificare manualmente le impostazioni riguardanti la durata della connessione: *Edit* → *SQL Editor* → *MySQL Session*, incrementando adeguatamente il valore di *DBMS connection read timeout interval* ed eventualmente anche di *DBMS connection timeout interval*.

Analisi ed ottimizzazione dei consumi energetici

Si vuole attuare un piano di ottimizzazione riguardante l'efficienza energetica, con lo scopo di migliorare l'impiego dell'energia rinnovabile prodotta dai pannelli fotovoltaici di cui la smart home è dotata.

Panoramica

Lo scopo della data analytics è la creazione di un **suggerimento** (record della tabella *Suggerimento*), il quale consiglia l'accensione di un programma relativo ad un determinato dispositivo nelle ore in cui il suo consumo si stima possa essere sopperito dalla produzione dei pannelli fotovoltaici, sulla base dei livelli di irraggiamento del mese precedente.

Calcolo dei parametri fondamentali

Per lo sviluppo dell'ottimizzazione è necessario calcolare alcuni parametri:

1. **Potenza_attivi**: consiste nella somma delle potenze dei dispositivi, climatizzatori ed elementi d'illuminazione attivi al momento *@tempo* in tutta l'abitazione;

potenza_dispositivi_attivi	potenza_climatizzatori_attivi	potenza_luci_attive	potenza_attivi
0.15	0.85	0.105	1.105

Esempio di potenze degli elementi attivi calcolate.

2. **Potenza_ultima_rilevazione**: pari al valore della potenza totale prodotta dai pannelli fotovoltaici nel corso dell'ultima rilevazione d'irraggiamento;

```
91      -- Calcolo potenza_ultima_rilevazione
92      WITH massimo AS (SELECT PannelloFotovoltaico as ID, max(Istante) as massimo
93                          FROM Irraggiamento
94                          WHERE Istante <= @tempo
95                          GROUP BY PannelloFotovoltaico)
96      SELECT SUM(Percentuale * MaxPotenzaProd / 100)
97      FROM Irraggiamento i
98      INNER JOIN
99      PannelloFotovoltaico pf ON i.PannelloFotovoltaico = pf.ID
100     WHERE i.Istante = ( SELECT m.massimo
101                         FROM massimo m
102                         WHERE m.ID = pf.ID)
103     INTO potenza_ultima_rilevazione;
```

Parte di codice che calcola il parametro.

3. **Potenza_prodotta_prevista**: indica la potenza che ci si aspetta i pannelli fotovoltaici producano nelle 3 ore successive all'istante *@tempo*.

Questo dato viene calcolato sulla base dei giorni dell'ultimo mese, che hanno un **irraggiamento simile** a quello dell'ultima rilevazione, nello stesso momento della giornata. Per irraggiamento simile si intende un irraggiamento che rende una potenza prodotta che rientra nell'intervallo $[Potenza_ultima_rilevazione - @variance, Potenza_ultima_rilevazione + @variance]$, dove *@variance* è una variabile impostata di default a 50. Di tali giorni

prendiamo dunque la produzione nelle 3 ore successive all'orario *@tempo* e ne si calcola la **media**.

Una volta calcolati i parametri, questi vengono confrontati per decidere se è vantaggioso suggerire l'avviamento di un programma di un altro dispositivo oppure no, **sulla base delle 3 ore successive**: se non si prevede una diminuzione dell'irraggiamento e la potenza dell'irraggiamento in quel momento riesce a coprire almeno la potenza consumata dagli elementi attivi, allora si procede con il resto della data analytics, altrimenti termina. In caso si proceda infatti, ciò che è stato verificato ci assicura che, anche nel caso in cui i dispositivi al momento accesi per le successive 3 ore, in tale periodo di tempo l'irraggiamento previsto fornirà più energia di quella che si prevede potrà essere consumata.

In caso affermativo, si calcola **l'energia che si prevede sarà disponibile** a partire dall'ultima rilevazione per le successive 3 ore.

```
161      -- Verifica possibilità di creare suggerimento
162      IF (potenza_prodotta_prevista >= potenza_ultima_rilevazione)
163          AND (potenza_ultima_rilevazione >= potenza_attivi) THEN
164
165          -- Se le condizioni sono soddisfatte si procede con la creazione del suggerimento.
166          SET energia_disponibile = (potenza_prodotta_prevista * 3
167                                     + potenza_ultima_rilevazione / 3
168                                     - potenza_attivi * 3);
```

Ricerca del programma da consigliare

Arrivati a questo punto, occorre trovare il programma più adatto ad essere consigliato, basandosi sull'orario in cui viene suggerito e sulla disponibilità energetica prevista.

Per ogni dispositivo, viene considerato il numero di interazioni avviate, nell'ultimo mese, in un orario della giornata appartenente all'intervallo $[TIME(@tempo) - @span, TIME(@tempo) + @span]$. A partire da questi dati, si stila una **classifica** dei soli dispositivi programmabili secondo la loro **frequenza di utilizzo** in tali orari, dal meno al più frequente.

```
173      WITH frequenza AS (
174          SELECT Dispositivo, COUNT(*) as Frequenza
175          FROM Interazione
176          WHERE Inizio BETWEEN
177              (@tempo - INTERVAL 1 MONTH - INTERVAL @span MINUTE)
178              AND @tempo
179              AND TIME(Inizio) BETWEEN
180              (TIME(@tempo) - INTERVAL @span MINUTE)
181              AND (TIME(@tempo) + INTERVAL @span MINUTE )
182          GROUP BY Dispositivo
183      ),
184      ranking AS (
185          SELECT D.ID, RANK() over (ORDER BY IFNULL(F.Frequenza, 0)) as Ranking
186          FROM frequenza F RIGHT OUTER JOIN Dispositivo D ON (F.Dispositivo = D.ID)
187          WHERE D.TipoConsumo = 'Non interrompibile'
188      )
```


Dopodiché, si considerano i soli programmi il cui consumo di energia sia inferiore a quello dell'energia disponibile e il cui dispositivo di riferimento non sia attualmente in funzione. Di questi si stila una classifica, ordinata secondo il ranking della classifica sulla frequenza dei relativi dispositivi e in secondo luogo rispetto al **consumo energetico** del programma, in ordine decrescente.

```

189      SELECT p.Dispositivo,
190             p.CodR,
191             p.Potenza,
192             p.Durata
193      FROM   Programma p INNER JOIN ranking R ON p.Dispositivo = R.ID
194     WHERE  p.Potenza <= energia_disponibile / p.Durata * 60 AND
195            NOT EXISTS (SELECT *
196                       FROM Interazione I
197                       WHERE I.Dispositivo = p.Dispositivo AND I.CodR = p.CodR AND
198                             I.Inizio <= @tempo AND (I.Fine IS NULL OR I.Fine > @tempo))
199     ORDER BY R.Ranking, (p.Potenza * p.Durata / 60) DESC

```

Di tale classifica, se esiste almeno un elemento, il primo programma è quello con cui viene generato il suggerimento.

dispositivo_programma	codr_programma	potenza_programma	durata_programma
17	5	2.5	80

Esempio di programma selezionato.

Dispositivo	CodR	Istante	Account	Risposta
17	5	2022-01-15 09:00:00	NULL	NULL

Esempio di suggerimento creato con @tempo = "2022-01-15 09:00:00".

Risposta ai suggerimenti

La risposta ai suggerimenti equivale all'update del suggerimento nel quale sono inseriti account con il quale si dà risposta e la risposta stessa, che può essere affermativa o negativa.

Tutto ciò è gestito tramite un **trigger prima dell'update**, tramite cui si verifica che al suggerimento al quale si risponde non sia già stato risposto, che i dati siano tutti specificati e che si risponda entro massimo un'ora dall'istante per cui il suggerimento viene creato.

In caso i dati e il tempo di risposta, *@tempo_risposta*, siano validi, si procede con la modifica del suggerimento, inserendo account e relativa risposta, e, se quest'ultima è affermativa, anche all'avvio del programma.

Il programma viene avviato all'istante di creazione del suggerimento se il tempo di risposta è precedente a tale momento, altrimenti l'inizio è pari al tempo di risposta.

```

328      UPDATE Suggerimento
329      SET Account = 'Scotti01', Risposta = 'NO'
330      WHERE Dispositivo = 17 AND CodR = 5 AND Istante = '2022-01-15 09:00:00';

```

Dispositivo	CodR	Istante	Account	Risposta
17	5	2022-01-15 09:00:00	Scotti01	NO

Esempio di risposta negativa con Account = 'Scotti01'.

Note finali

TEMPI DI RISPOSTA: La data analytics prevede di creare un suggerimento per l'avviamento di un programma per l'ora successiva a quella in cui il suggerimento è stato generato. L'utente può dunque rispondere prima dell'istante suggerito e dunque l'avvio sarà posticipato a quest'ultimo istante, oppure dopo l'effettivo momento per cui il suggerimento è stato creato (al massimo entro un numero di minuti dato dalla variabile `@response_time_limit`). In tal caso il programma sarà avviato subito. Esempio: viene creato un suggerimento alle 14 per avviare un programma alle 15. Se rispondo entro le 15 il programma partirà comunque alle 15, se rispondo invece tra le 15 e le 16 (nel caso in cui `@response_time_limit = 60`) allora partirà nell'istante in cui rispondo, altrimenti significa che non posso più rispondere al suggerimento perché è passato troppo tempo.

VARIABILI GLOBALI: Poiché il database è popolato solo con il mese di gennaio 2022, si è reso necessario utilizzare le variabili globali `@tempo` e `@tempo_risposta` per simulare rispettivamente i tempi per la creazione del suggerimento e di risposta ai suggerimenti generati.

Sono state inserite inoltre altre 3 variabili globali in modo da poter modificare più agevolmente i parametri con cui lavorano procedura e trigger.

```
7      -- Utilizzo la variabile @tempo in sostituzione di
8      -- CURRENT_TIME() + INTERVAL 1 HOUR per la creazione del suggerimento
9 •    SET @tempo = '2022-01-01 06:00:00';
10
11     -- Valore per definire l'intervallo
12     -- [potenza_ultima_rilevazione - variance ; potenza_ultima_rilevazione + variance]
13 •    SET @variance = 50;
14
15     -- Tempo massimo di risposta per un suggerimento.
16 •    SET @response_time_limit = 60;
17
18     -- Utilizzo la variabile @tempo_risposta in sostituzione di
19     -- CURRENT_TIME() per il tempo di risposta al suggerimento.
20     -- Per un corretto funzionamento impostare
21     -- @tempo_risposta >= @tempo - INTERVAL 1 HOUR (a cui equivarrebbe CURRENT_TIME())
22 •    SET @tempo_risposta = @tempo - INTERVAL 10 MINUTE;
23
24     -- Minuti per definire l'intervallo [TIME(@tempo) - @span, TIME(@tempo) + @span]
25 •    SET @span = 45;
```

IMPORTANTE: In fase di creazione del database è stato inserito un vincolo per cui non possono essere inserite nuove interazioni se ne esistono di già avviate ma non ancora terminate al momento dell'inserimento riguardo allo stesso dispositivo. Tale vincolo è costruito per gestire casi reali, in cui le interazioni non sono logicamente inserite in un momento passato già popolato da interazioni negli istanti successivi, dunque, testando la risposta ai suggerimenti generati per il mese popolato, **non sarà possibile inserire le interazioni**, in caso di risposta affermativa e nonostante siano stati rispettati tutti gli altri vincoli. È possibile però verificare che tale caso viene identificato dal messaggio di errore: *“Questo dispositivo è attualmente in uso.”*, dunque il presentarsi di ciò in questa situazione presuppone una corretta esecuzione della funzionalità di risposta ai messaggi nel caso a regime.

IMPLEMENTAZIONE SU DBMS

In questo capitolo viene illustrata brevemente la suddivisione degli script MySQL nei diversi file:

1. **Smart_home.sql**: contiene la creazione del database e delle tabelle, inclusi vincoli d'integrità referenziale, i più semplici vincoli di dominio implementati mediante clausola CHECK e altri vincoli d'integrità.
2. **Operazioni.sql**: contiene le 8 operazioni e gli aggiornamenti delle ridondanze.
3. **Popolamento.sql**: contiene lo script per popolare il database, in modo da poter testare le operazioni, cercando di inserire i dati in maniera verosimile, per quanto possibile.
4. **Test_operazioni.sql**: contiene uno script che può essere eventualmente utilizzato per testare le 8 operazioni.
5. **Data_Analytics_1.sql**: contiene lo script della data analytics riguardante lo studio delle abitudini, compreso il test di verifica del funzionamento.
6. **Data_Analytics_2.sql**: contiene lo script della data analytics riguardante l'analisi e l'ottimizzazione dei consumi, comprendente il test di verifica del funzionamento.

I primi 3 file sono da **eseguire per primi e in tale ordine**.

Alcune tabelle non sono state popolate poiché l'esecuzione di tali queries sarebbe troppo costosa in termini di tempo e non sono rilevanti per provare le operazioni implementate. Eventuali trigger commentati sono stati inseriti per velocizzare il popolamento.

Operazioni che tengono conto di date andrebbero testate con il solo mese di **gennaio 2022**, essendo l'unico popolato.

Inoltre, è da sottolineare come alcune operazioni sfruttino le ridondanze inserite e che queste, testando il database, renderanno i risultati di tali operazioni poco realistici. Ciò è dato dal fatto che il database viene popolato tramite uno script in pochi minuti simulando l'intero arco di un mese e le ridondanze si avvalgono di trigger ed eventuali event di reset per rimanere aggiornate e corrette. Esempio: la ridondanza *Interazioni* su Account, che tiene conto delle interazioni avute da ciascun account con dispositivi e climatizzatori, terrà conto di ogni inserimento effettuato in fase di popolamento e sarà aggiornata per ciascuno di essi, nonostante il mese popolato non sia quello corrente.