



Università di Pisa
Corso di laurea in Ingegneria Informatica

Specifiche di progetto per il corso di
Basi di dati
Anno Accademico 2015 – 2016

Prof. Gigliola Vaglini, Ing. Francesco Pistolesi

Indice

1	Descrizione delle fasi di progettazione	3
1.1	Analisi delle specifiche	4
1.2	Progettazione concettuale	4
1.3	Ristrutturazione del diagramma E-R	4
1.4	Individuazione di operazioni sui dati	4
1.5	Analisi delle prestazioni delle operazioni	5
1.6	Introduzione di ridondanze	5
1.7	Progettazione logica	6
1.8	Analisi delle dipendenze funzionali e normalizzazione	6
1.9	Implementazione su DBMS Oracle MySQL	7
1.10	Progettazione fisica	7
2	Specifiche	8
2.1	Visione d'insieme	8
2.2	Area coltivazione	9
2.2.1	Caratteristiche principali delle piante	9
2.2.2	Illuminazione e temperatura	9
2.2.3	Terreno	10
2.2.4	Irrigazione	11
2.2.5	Concimazione	11
2.2.6	Manutenzione	11
2.2.7	Patologie e trattamenti	12
2.2.8	Coltivazione in serra	13
2.3	Area store online e social	14
2.3.1	Social	14
2.3.2	Store	15
2.4	Area manutenzione	16
2.5	Area progettazione e garden design	17
2.6	Area analytics	19
2.6.1	Smart design	19
2.6.2	Reporting	19
2.6.3	Indagini statistiche	19

Capitolo 1

Descrizione delle fasi di progettazione

Si desidera progettare un database relazionale su DBMS Oracle MySQL che gestisca i dati relativi al sistema informativo di una grande azienda nel settore del giardinaggio. L'azienda coltiva e vende piante di ogni tipo. Inoltre, progetta e gestisce la manutenzione di giardini e aree verdi in genere. L'oggetto della progettazione include anche alcune funzionalità di back-end per l'analisi dei dati e la gestione intelligente.

Le specifiche del database da progettare e delle funzionalità da implementare sono fornite nel Capitolo 2. La progettazione del database si articola nelle seguenti fasi:

1. Analisi delle specifiche;
2. Progettazione concettuale e produzione del diagramma entità-relazione;
3. Ristrutturazione del diagramma entità-relazione;
4. Individuazione di operazioni interessanti sui dati;
5. Analisi delle prestazioni delle operazioni individuate;
6. Introduzione di ridondanze;
7. Progettazione logica e produzione del modello logico relazionale;
8. Analisi delle dipendenze funzionali e normalizzazione dello schema;
9. Implementazione su DBMS Oracle MySQL;
10. Progettazione fisica.

Il presente capitolo ha la funzione di spiegare brevemente i requisiti e lo scopo di ogni fase della progettazione, le tecniche in esse utilizzate, e gli artefatti prodotti.

Come risultato dell'attività di progettazione, oltre al **database** e al **codice** per la sua creazione, popolazione e implementazione delle funzionalità richieste, deve essere consegnata una **documentazione** nella quale si evidenziano le particolari scelte effettuate, fase per fase, e si documentano le parti che necessitano

di essere spiegate in dettaglio. Il giorno dell'esame, deve essere consegnata una copia della documentazione (possibilmente rilegata) e due copie del diagramma E-R non rilegate alla documentazione. L'esame si svolge sotto forma di colloquio orale.

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 le funzionalità per le quali si progetta il database, al fine di dotare ognuna di esse del supporto per i dati di cui necessita.

1.2 Progettazione concettuale

Scegliere una strategia di progettazione concettuale fra quelle viste a lezione (top-down, bottom-up, inside-out...), con la quale produrre, in maniera incrementale, il diagramma entità-relazione. Il diagramma entità-relazione deve contenere: nomi di entità e associazioni; attributi di entità e associazioni; identificatori primari delle entità; cardinalità delle associazioni; eventuali generalizzazioni e attributi composti o multivalore. La notazione da utilizzare per il diagramma entità-relazione è quella vista a lezione, presente sia nelle slide che nel libro di testo consigliato. Non saranno accettate notazioni alternative (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 free-ware o shareware, altri a pagamento. Alcuni esempi sono: Dia, OmniGraffle, ConceptDraw, Microsoft Visio, Adobe Illustrator.

Questa fase produce come risultato il diagramma E-R.

1.3 Ristrutturazione del diagramma E-R

La ristrutturazione del diagramma entità-relazione prevede che siano eliminate le generalizzazioni e gli attributi multivalore. Si ricorda, infatti, che né le generalizzazioni né gli attributi multivalore sono direttamente traducibili nel modello logico relazionale. Le generalizzazioni devono essere espresse mediante opportune traduzioni alternative (accorpamenti, introduzione di associazioni...). Gli eventuali attributi multivalore presenti devono essere espressi nel diagramma entità-relazione in modo tale da poter essere tradotti nel modello logico relazionale.

Questa fase produce come risultato il diagramma E-R ristrutturato, traducibile nel modello logico relazionale.

1.4 Individuazione di operazioni sui dati

Devono essere individuate almeno 8 operazioni significative da effettuare sui dati che devono essere implementate in linguaggio MySQL. Le operazioni individuate possono essere sia query di selezione, che query di inserimento, modifica o

cancellazione. Con il termine *significative* si fa riferimento a quelle particolari operazioni che contribuiscono in maniera significativa a determinare le prestazioni del database durante il normale carico applicativo¹. Le prestazioni di queste operazioni devono essere ottimizzate se si desidera una buona performance di tutto il database perché la stragrande maggioranza del carico applicativo sarà determinata da esse. E se esse sono inefficienti, la performance generale sarà pessima.

1.5 Analisi delle prestazioni delle operazioni

Per analizzare le prestazioni delle operazioni significative individuate al paragrafo 1.4 si devono dapprima compilare le tavole dei volumi con le quali stimare la mole di dati coinvolta in ciascuna entità o relazione, in termini di occorrenze. Ovviamente, per effettuare un'analisi delle prestazioni che sia sufficientemente indicativa, le stime devono essere fatte con giudizio. Dopodiché, per ciascuna operazione significativa deve essere effettuata una stima sulla sua frequenza giornaliera di esecuzione.

Conseguentemente, per ogni operazione deve essere compilata la tavola degli accessi, ottenendo così una stima delle operazioni elementari, cioè accessi in lettura o scrittura a entità e relazioni, necessarie all'esecuzione. Il numero di accessi a entità e relazioni dipende ovviamente anche dalle stime presenti nelle tavole dei volumi. La tavola degli accessi deve contenere, nell'ordine, i seguenti campi: numero di operazioni elementari eseguite; tipo di operazione elementare (lettura o scrittura); tipo di costrutto coinvolto (E o R); nome del costrutto; breve descrizione.

Nella documentazione che sarà oggetto di discussione in sede d'esame, per ogni operazione devono essere riportati, nell'ordine: una descrizione chiara dell'operazione, dell'input (ciò che è noto a priori ed è considerato come dato) e dell'output (ciò che si desidera ottenere); la porzione del diagramma E-R interessata, necessaria a comprendere i cammini di join effettuati dall'operazione; la porzione della tavola dei volumi interessata; la tavola degli accessi. Si consiglia di studiare approfonditamente questa parte della progettazione prima di cimentarsi nella compilazione delle tavole degli accessi.

1.6 Introduzione di ridondanze

Dall'analisi delle prestazioni di ciascuna operazione significativa può emergere che alcune di esse trarrebbero beneficio dall'introduzione di ridondanze. Ogniqualvolta 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 eseguite in presenza della ridondanza. Infine, deve essere presa una decisione sul mantenere o no la ridondanza introdotta, in base al risparmio di operazioni elementari che essa comporta. Si faccia attenzione che, scelta un'operazione, una ridondanza ne comporta un alleggerimento del carico (riduce drasticamente le operazioni elementari), ma d'altra parte, inevitabilmente, essa deve essere mantenuta aggiornata per essere utilizzata.

¹Solitamente, per la legge di Pareto, il 20% delle operazioni determinano l'80% del carico.

Più in dettaglio, una ridondanza deve essere aggiornata, mediante una operazione di aggiornamento, ogniquale volta viene eseguita una modifica (update, insert o delete) su una tabella sulla quale la ridondanza è basata. Al fine di decidere se mantenere o meno una ridondanza, deve essere studiata anche l'operazione di aggiornamento della stessa, la sua frequenza, la sua modalità (immediate, deferred, on demand) e la sua complessità in termini di operazioni elementari. Ciò permette di calcolare un rapporto costo-beneficio, dove il beneficio è il risparmio di operazioni elementari che la ridondanza comporta per l'operazione della quale si è deciso di migliorare le prestazioni, mentre il costo (quindi lo svantaggio) è dovuto all'introduzione dell'operazione di aggiornamento che mantiene coerente la ridondanza, in termini di operazioni elementari. Si noti che in assenza della ridondanza, l'operazione di aggiornamento della stessa non esiste, quindi il carico computazionale che si introduce per mantenere aggiornata la ridondanza deve essere motivato dal beneficio che comporta la sua presenza. In buona sostanza, scelta un'operazione che si intende migliorare, si deve confrontare la tavola degli accessi dell'operazione stessa, così com'è, con la tavola degli accessi dell'operazione in presenza di ridondanza, penalizzata dalle informazioni contenute nella tavola degli accessi dell'operazione che mantiene aggiornata la ridondanza. Per tutte le operazioni che coinvolgono ridondanze, la documentazione di progetto deve contenere l'analisi costo-beneficio descritta precedentemente, e le motivazioni che spingono al mantenimento o meno di una ridondanza introdotta.

Nella versione finale del database, è richiesta la presenza di almeno due ridondanze e, per ciascuna ridondanza, deve essere fornita un'operazione di lettura e una di scrittura che impatti con essa.

1.7 Progettazione logica

Il diagramma entità-relazione ristrutturato deve essere tradotto nel modello logico relazionale, producendo così lo schema del database. In questa fase devono essere scelte le traduzioni più appropriate, qualora un costrutto concettuale sia traducibile in modi diversi.

Le scelte effettuate devono essere opportunamente motivate nella documentazione. Inoltre, devono essere specificati chiaramente tutti i vincoli di integrità referenziale necessari al corretto impiego del database.

Infine, eventuali vincoli di integrità generici devono essere implementati mediante trigger MySQL. Qualora non ve ne siano, è richiesta l'introduzione di almeno 2 vincoli di integrità generici.

1.8 Analisi delle dipendenze funzionali e normalizzazione

Per ciascuna relazione (tabella) individuata, devono essere ricercate tutte le dipendenze funzionali non banali. Escluse le relazioni che coinvolgono ridondanze, è richiesto che il database progettato sia, a questo livello della progettazione, in forma normale di Boyce-Codd. Quindi, qualora la base di dati non lo sia (per relazioni che non coinvolgono ridondanze volute) occorre effettuare

una normalizzazione verso la forma normale di Boyce-Codd, tramite opportune decomposizioni delle tabelle che violano tale forma normale.

1.9 Implementazione su DBMS Oracle MySQL

Deve essere realizzato uno script MySQL per creare il database e popolare ogni sua tabella con almeno 10 record. Lo script deve contenere anche 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 descritte nei vari paragrafi del Capitolo 2.

1.10 Progettazione fisica

La fase di progettazione fisica è mirata all'individuazione degli indici necessari a rendere più efficienti le operazioni sul database. Deve essere ottimizzata almeno una delle operazioni individuate nel paragrafo 1.4. Gli indici introdotti devono essere motivati dai piani di esecuzione delle query prima e dopo l'introduzione degli indici stessi. Deve essere mostrato che effettivamente il DBMS sfrutta gli indici introdotti e ne trae vantaggio.

Questa fase della progettazione è obbligatoria solo per i gruppi composti da tre studenti.

Capitolo 2

Specifiche

2.1 Visione d'insieme

Il database che si desidera progettare è volto a contenere i dati a supporto delle funzionalità del sistema informativo di una grande impresa distribuita sul territorio nazionale che si occupa di giardinaggio.

L'impresa è dislocata in diverse sedi, nelle quali ospita svariati tipi di piante per la vendita online. Tali piante sono gestite secondo principi di smart gardening. In particolare, fra le altre funzionalità, un sistema intelligente provvede ai fabbisogni delle piante e a riconoscere istantaneamente le patologie e le carenze di elementi, per poter somministrare il giusto principio chimico nel più breve tempo possibile. Per fare ciò, l'azienda si avvale di droni muniti di microcamere che riescono a individuare visivamente le principali patologie, rappresentando un valido ausilio per la diagnosi. Le eventuali carenze idriche e/o di macro/micro elementi sono rilevate mediante sensori presenti nel terreno.

I trattamenti contro le patologie rilevate sono effettuati in automatico e il personale è allertato ogniqualvolta il sistema automatico rileva anomalie che non sono gestibili direttamente.

Oltre alla coltivazione delle piante, l'impresa si occupa anche di progettazione di spazi verdi. In particolare, in base alle caratteristiche fisiche del terreno, alla morfologia degli spazi e alle condizioni climatiche dell'area geografica, il sistema informativo è in grado di fornire soluzioni che consistono di combinazioni di piante che potrebbero esservi messe a dimora, tenendo in considerazione sia l'accrescimento delle stesse che i futuri interventi di manutenzione.

Un'altra attività dell'azienda consiste nella manutenzione degli spazi verdi. La manutenzione è gestita mediante richiesta diretta del cliente, oppure in modo automatico. Particolari funzionalità di notifica permettono di segnalare eventuali necessità di interventi di potatura, concimazione, o diverso intervento, direttamente sullo smartphone (o smartwatch) del cliente. In ottica di manutenzione, l'azienda effettua rinvasi, piantumazioni, trattamenti contro patologie, concimazioni e potature.

L'azienda ha un sito web che ospita una piattaforma social mediante la quale possono interagire, come sarà descritto in dettaglio nel seguito. Inoltre, il sito web ospita lo store tramite il quale i clienti possono acquistare esemplari di pian-

te per il giardino, nonché prenotare interventi di manutenzione e/o effettuare la progettazione dei propri spazi verdi.

L'oggetto del lavoro è la progettazione di una realtà dei dati, corredata da alcune funzionalità di back-end, implementate mediante stored procedure a livello data tier su DBMS Oracle MySQL. In questo modo, un'applicazione distribuita può interfacciarsi al database, memorizzare i dati che le occorrono, interrogarli e usufruire delle funzionalità di back-end.

Il database da progettare deve rendere possibile la gestione dei dati relativi alle seguenti aree: *area coltivazione*, *area store e social*, *area manutenzione*, *area progettazione* e *area analytics*. Ciascuna area, sarà descritta in dettaglio nei paragrafi seguenti.

2.2 Area coltivazione

L'area coltivazione contiene tutte le informazioni necessarie alla coltivazione delle piante. Inoltre, relativamente alla coltivazione in serra, l'area coltivazione mantiene tutti i dati di monitoraggio degli esemplari ospitati e del loro stato di salute, come descritto in seguito.

2.2.1 Caratteristiche principali delle piante

Una pianta è caratterizzata da un nome, un genere, una cultivar¹, una dimensione massima raggiungibile (in termini di volume) e un indice di accrescimento della parte aerea e della parte radicale. L'indice di accrescimento è un indice che dà informazioni circa la velocità con cui la pianta giunge alla dimensione massima raggiungibile. I dettagli circa l'indice di accrescimento, così come la sua formulazione, sono lasciati a discrezione dello studente.

Una pianta è poi caratterizzata da uno o più periodi di fioritura e/o fruttificazione e da un insieme di esigenze di luce, temperatura, terreno, irrigazione e concimazione. Inoltre, una pianta possiede un periodo vegetativo e uno di riposo che si alternano durante l'anno. Infine, una pianta può essere sempreverde o a fogliame caduco, e può o meno essere dioica, cioè vi sono esemplari maschili e femminili della stessa.

In base alle sue caratteristiche ed esigenze, una pianta è associata a un indice di manutenzione. L'indice di manutenzione dà informazioni circa il livello di cure che una pianta richiede nel tempo. L'indice di manutenzione tiene in considerazione anche l'indice di accrescimento.

Il calcolo e l'attribuzione dell'indice di manutenzione a una pianta è lasciato a discrezione e creatività dello studente, il quale può proporre liberamente formulazioni che devono essere spiegate adeguatamente nella documentazione di progetto. È da preferirsi una spiegazione che includa del formalismo.

2.2.2 Illuminazione e temperatura

Relativamente alle esigenze di illuminazione, una pianta può richiedere il pieno Sole, la mezz'ombra o l'ombra. Una pianta può richiedere, inoltre, un numero minimo di ore di luce al giorno. Il numero di ore di luce al giorno varia in

¹Con il termine *cultivar* si intende una speciale variante con particolari caratteristiche (per esempio, rusticità e adattabilità) che sono in grado di mantenersi con la riproduzione

base al periodo in cui si trova la pianta: vegetativo o riposo. La luce può essere sia diretta che indiretta, dipendentemente dal fatto che la pianta possa, rispettivamente, essere esposta direttamente o meno ai raggi del Sole.

Circa la temperatura, ogni genere di pianta ha un range di temperature nel quale può vivere. In particolare, spesso la temperatura minima è il valore più importante perché al di sotto di essa la linfa congela e la pianta perde la parte aerea oppure muore.

2.2.3 Terreno

Le esigenze di terreno (detto anche substrato) sono di quattro tipi e riguardano: PH, elementi disciolti, consistenza e permeabilità. Relativamente al PH, una pianta può preferire un sottosuolo acido (piante acidofile) oppure alcalino. In generale, un determinato valore di PH è da preferire per il substrato in cui una pianta è messa a dimora, sia in vaso che in piena terra.

In merito alle esigenze di elementi disciolti, una pianta può richiedere un terreno ricco di calcio, magnesio, ferro e così via. In generale, una pianta esige un substrato in cui siano presenti più micro o macro elementi, ciascuno in una determinata concentrazione. Quanto più il substrato in cui una pianta si colloca è prossimo a tali concentrazioni, tanto migliore sarà lo stato generale della pianta durante la sua coltivazione. Inoltre, il substrato ideale per una pianta può avere diverse consistenze. Un substrato può essere argilloso, sabbioso, laterico ecc.

La consistenza, così come la permeabilità, sono determinate dai componenti del substrato quali, per esempio, sabbia, torba e ghiaia. Un substrato può quindi essere sciolto, compatto, argilloso, sabbioso, oppure un ibrido dei precedenti. In un dato substrato, i componenti sono presenti in una determinata percentuale che ne determina sia la consistenza che la permeabilità. Per esempio, terreni ricchi di argilla sono molto compatti e poco permeabili. D'altra parte, terreni sabbiosi tenderanno a rimanere più friabili e a mantenere un elevato livello di drenaggio.

Fra le esigenze sopra descritte, quella legata agli elementi disciolti può senz'altro essere annoverata fra le più importanti. Infatti, quando si progetta di mettere a dimora una determinata pianta in prossimità di un'altra pianta (in piena terra o in grandi vasi), non si possono mettere a dimora piante che entrano in conflitto fra di loro per l'approvvigionamento degli elementi presenti nel terreno. Con il termine conflitto si intende qui una particolare condizione in cui una pianta sottrae a un'altra alcuni elementi ad essa necessari per vivere, portandola a sofferenza. Oltre che dall'approvvigionamento di elementi, il conflitto può anche essere originato dalle particolari caratteristiche dell'apparato radicale o della parte aerea di un genere di pianta. In particolare, per ciascuna pianta che può cagionare conflitti, è stabilita una distanza minima più vicino della quale è bene non mettere a dimora altre piante perché, nel tempo, le due piante entreranno in conflitto. Relativamente all'apparato radicale, non possono essere messe a dimora troppo in prossimità piante che necessitano degli stessi elementi perché prima o poi finiranno per sottrarsi. In merito alla parte aerea, a causa dell'espansione della stessa, è possibile che si generino sofferenze dovute alla mancanza di luce. I conflitti relativi alla parte aerea possono essere stimati in base all'indice di accrescimento. Infine, vi sono piante cosiddette infestanti. Le piante infestanti sono caratterizzate da un particolare vigore, e riescono a creare danni alle altre piante fino a provocarne la morte. Queste piante devo-

no essere messe a dimora in zone dove non possano cagionare danni alle altre. Per le piante infestanti, la distanza minima oltre la quale è bene non mettere a dimora altre piante è notevolmente più grande.

Lo studente è libero di fornire una modellizzazione del vincolo di conflitto per piante che necessitano degli stessi elementi (o di una percentuale di essi). In particolare tale vincolo esprime, data una pianta, quali altre piante non possono essere messe a dimora in prossimità di tale pianta e a quale distanza limite.

2.2.4 Irrigazione

Relativamente al fabbisogno idrico, ogni pianta ha esigenze diverse dipendentemente dal periodo dell'anno. Una pianta, come detto in precedenza, può trovarsi nel periodo vegetativo o nella periodo di riposo. Il periodo o i periodi di fioritura e/o fruttificazione sono inclusi nel periodo vegetativo.

Si suppone che una pianta richieda di essere irrigata con una certa periodicità durante il suo periodo vegetativo. Tale periodicità è espressa in giorni. Per esempio, una pianta potrebbe richiedere, in media, di essere irrigata due volte a settimana mentre un'altra ogni giorno. Durante la fase di riposo, le irrigazioni seguono un'altra periodicità. In particolare, le irrigazioni devono essere diradate (spesso fino a essere sospese) durante il periodo di riposo.

Sia nel periodo vegetativo che in quello di riposo, è ovviamente importante anche la quantità d'acqua da distribuire durante le irrigazioni. Generalmente, questo dato è qualitativo, quindi si può supporre di classificare il fabbisogno idrico di ogni pianta in un intervallo di valori discreto, per esempio *basso*, *medio*, *alto*.

2.2.5 Concimazione

Durante il periodo vegetativo, le piante necessitano generalmente anche di interventi di concimazione. Un intervento di concimazione si basa sulla somministrazione di uno o più macro (o micro) elementi da disciogliere nel terreno o da nebulizzare sulla parte aerea della pianta. Gli interventi di concimazione che una pianta richiede possono essere molteplici durante il periodo vegetativo. Ciascun intervento di concimazione è caratterizzato da un periodo dell'anno in cui è opportuno effettuarlo, dalle sostanze richieste, dalla rispettiva quantità (peso) e da una periodicità. Ad esempio, un intervento nel quale si somministra del chelato di ferro² potrebbe essere richiesto due volte a distanza di tre mesi per garantire un'ottimale disponibilità di ferro nel terreno durante tutta la fase vegetativa. Non è detto che in ambedue le somministrazioni la quantità da somministrare sia la stessa.

2.2.6 Manutenzione

Una pianta, dipendentemente dal suo genere di appartenenza, è caratterizzata da un indice di accrescimento in base al quale essa può più o meno espandere la sua parte aerea e la sua parte radicale nel tempo. Ciò determina l'esigenza di interventi diversificati, da pianificare nel tempo, per gestire la salute e il corretto sviluppo delle piante, soprattutto per adattarne le dimensioni e renderle consone

²Giusto per placare la curiosità, il chelato di ferro funge da rinverdente per le foglie.

al luogo in cui sono messe a dimora. In particolare, una pianta può necessitare di uno o più interventi di potatura durante l'anno. Vi sono diverse tipologie di potatura. Le potature possono infatti essere destinate al contenimento delle dimensioni, all'aumento di produzione di fiori e frutti, alla rimozione di parti morte o logore, oppure al rinnovo della pianta, come per esempio la capitozzatura, un intervento drastico di potatura che si effettua ad alberi di dimensioni ragguardevoli per ridefinirne la chioma, tagliando le principali diramazioni del tronco, in prossimità dello stesso. Questo tipo di potatura è spesso visibile sui viali alberati. Un intervento di potatura è caratterizzato, quindi, da una tipologia e da uno o più periodi dell'anno in cui si può effettuare. La stessa tipologia di potatura può non essere effettuabile nello stesso periodo dell'anno su piante di genere diverso.

Caratteristiche analoghe valgono per i rinvasi, che consistono nella sostituzione del vaso che contiene una pianta con uno di capienza maggiore. Anche i rinvasi possono essere effettuati in determinati periodi dell'anno in determinate piante. Altre, invece, tollerano rinvasi durante tutto il periodo dell'anno.

2.2.7 Patologie e trattamenti

In determinati periodi dell'anno, una pianta è suscettibile a particolari patologie, con una certa probabilità ed entità. Le patologie delle piante si dividono in base all'agente patogeno che le causa, fra i quali vi sono insetti, acari, crittogame, funghi, virus e batteri. Ciascuna patologia è caratterizzata da sintomi che sono evidenti semplicemente osservando la pianta. I sintomi di ogni patologia sono classificati nel database mediante un codice, una descrizione testuale e una o più immagini, in modo tale che apparati smart riescano a contribuire alla diagnosi tempestiva delle patologie mediante pattern recognition. L'insieme dei sintomi osservati su una pianta è detto sintomatologia. Esempi di sintomatologia includono l'arricciamento delle foglie, la loro caduta, il loro cambio di colore, oppure cambiamenti relativi alla turgidità della pianta nel suo complesso, così come l'interruzione della fioritura o la crescita stentata. Si noti che patologie diverse possono essere contraddistinte da alcuni sintomi comuni.

Ciascuna patologia può essere combattuta mediante lotta chimica oppure mediante lotta biologica. I principi di lotta biologica non sono qui presi in considerazione.

Relativamente alla lotta chimica, esistono prodotti anticrittogamici per i funghi, insetticidi per la lotta agli insetti, acaricidi contro gli acari e così via. Ogni prodotto si basa su un principio attivo o sulla combinazione di più principi attivi, presenti in esso in determinate concentrazioni. Un prodotto chimico può essere somministrato in modi diversi per combattere una patologia. Alcuni possono essere somministrati per irrigazione nel terreno, altri per nebulizzazione, altri ancora in ambedue le modalità. In generale, lo stesso prodotto chimico può essere capace di combattere uno o più agenti patogeni. In particolare, si parla di insetticidi selettivi oppure ad ampio spettro. Un insetticida ad ampio spettro combatte più di un agente patogeno ed è quindi indicato per più patologie. Per esempio, un attacco di afidi si può combattere con Confidor, un insetticida prodotto dalla Bayer. Lo stesso Confidor combatte anche altri insetti come metcalfa, psilla, cicalina, dorifora e altri. Per ogni insetto da debellare, Confidor ha un dosaggio consigliato. Un insetticida ad ampio spettro non può essere utilizzato in alcuni periodi dell'anno. Per esempio, Confidor non può essere

utilizzato durante il periodo di fioritura per non provocare la morte di intere colonie di api. Se un prodotto chimico è utilizzato su piante destinate alla produzione di frutti per l'alimentazione dell'uomo, deve essere atteso un tempo minimo prima di poter consumare i frutti. Infatti, solo quando tale tempo è trascorso, il prodotto chimico si è dissolto ed è divenuto praticamente innocuo per la salute dell'uomo.

2.2.8 Coltivazione in serra

La coltivazione delle piante all'interno dell'azienda avviene mediante principi smart. L'azienda è dislocata sul territorio nazionale in più sedi. Il personale nelle sedi è limitato e la tecnologia è utilizzata in maniera massiva in molte delle ordinarie attività. Ciascuna sede è contraddistinta da un codice, da un nome, da un indirizzo e da un numero di dipendenti.

Le sedi si compongono generalmente di più serre, nelle quali sono coltivate le piante. Ogni serra possiede un codice, un nome, in indirizzo³, delle dimensioni (larghezza, lunghezza, altezza), un numero massimo di piante ospitabili e un numero di piante attualmente presenti. Ciascuna serra è munita di impianto di irrigazione, illuminazione, regolazione della temperatura e umidità ambientale. Queste informazioni sono salvate nel database a intervalli regolari, in modo tale da poter studiare, a posteriori, le cause degli eventi che causano danni alle piante.

Ogni serra è suddivisa in sezioni. Ogni sezione ha un codice, un nome, una capienza in termini di numero di piante ospitabili e un livello di riempimento in termini di piante effettivamente presenti. Ciascuna sezione è caratterizzata da un livello di irrigazione, illuminazione, umidità e temperatura, ed è munita di ripiani sui quali sono disposte le piante. Ogni ripiano possiede un codice e un insieme di contenitori. I ripiani condividono l'illuminazione, l'umidità e la temperatura della sezione alla quale appartengono, ma non il livello di irrigazione.

Ogni pianta ospitata nella serra è collocata in un contenitore. Quando una nuova partita di piante arriva in una sede, a ciascuna di esse viene attribuito un codice e un'anagrafica, contenente tutte le informazioni relative a nome, esigenze e caratteristiche descritte nei paragrafi precedenti. Viene inoltre associata una dimensione (derivante dall'ingombro della parte radicale) e un prezzo. Generalmente il prezzo cresce all'aumentare delle dimensioni di un esemplare. Al termine di questa fase, la pianta viene sistemata in un contenitore di dimensione adatta e collocata in un settore di una serra, su un determinato ripiano. Ogni contenitore ha un codice, una dimensione in termini di superficie occupata, un livello di idratazione e una particolare composizione del substrato. Queste informazioni sono rilevate dai sensori del contenitore. Il livello di irrigazione, che determina il livello di idratazione, è diverso da un contenitore all'altro ed è regolato automaticamente in base ai dati provenienti dai sensori presenti in ogni contenitore.

Ogni pianta è insomma costantemente monitorata mediante tali sensori che sono posizionati nel terreno e che rilevano in tempo reale informazioni relative a umidità, concentrazione dei principali elementi (potassio, magnesio ecc) e anche

³Non è detto che l'indirizzo di una serra coincida con l'indirizzo della sede della quale fa parte.

formazioni riconducibili a marcescenza o a sofferenza radicale. In particolare, queste formazioni possono essere rilevate mediante esalazioni gassose di elementi putrescenti, come il metano, oppure di altre sostanze che si sviluppano nel terreno, ad esempio elevati tassi di ammoniaca. Giornalmente, i dati relativi a ogni contenitore sono misurati e le informazioni sono memorizzate nel database, senza rimuovere i dati relativi alle misurazioni precedenti.

Per la lotta alle patologie, in ogni serra è in funzione un sistema di prevenzione e cura delle principali malattie delle piante che vi risiedono in attesa di essere vendute. L'identificazione delle patologie delle piante avviene mediante microcamere collocate su droni che monitorano costantemente gli esemplari della serra. Come detto precedentemente, ogni pianta è monitorata anche grazie ai sensori posizionati nel terreno. Ogniqualevolta il sistema rileva una patologia in vivaio, a fine giornata, compila un report di diagnostica nel quale segnala gli esemplari colpiti e propone una serie di patologie possibili, ordinate per attinenza con i sintomi rilevati. Inoltre, il report di diagnostica contiene informazioni relative all'istante in cui è stata rilevata una potenziale patologia. In particolare, nel report di diagnostica è presente il codice della pianta colpita, le informazioni circa le principali sostanze rilevate nel terreno e in quali concentrazioni, e l'insieme di sintomi rilevati.

La diagnosi finale è fatta da un esperto che decide anche il trattamento da mettere in pratica. In particolare, tutte le piante colpite dalla stessa patologia vengono solitamente isolate e messe in quarantena in apposite sezioni della serra. Una volta isolate, irrigatori a pioggia erogano un prodotto chimico in una determinata dose, effettuando quindi un trattamento. I trattamenti subiti da ogni pianta sono memorizzati nel database mediante un codice trattamento, il codice della pianta coinvolta, il prodotto somministrato, in quale dose e in quale data. Le piante vengono successivamente monitorate e, in caso di inefficacia del primo trattamento, sottoposte a trattamenti aggiuntivi finché la patologia non viene debellata. Solo allora la pianta può essere collocata nuovamente nel contenitore originario che, nel frattempo, non deve essere rimpiazzato da altre piante per evitare potenziali contaminazioni.

2.3 Area store online e social

L'area store online e social si occupa di gestire: i) lo store web dal quale i clienti possono acquistare le piante; ii) i profili social degli utenti.

2.3.1 Social

Ogni cliente ha un account al quale collega le sue informazioni di anagrafica, quali nome, cognome, un nickname, una password, un indirizzo di posta elettronica, una domanda segreta per il recupero della password (con relativa risposta), e la città di residenza. Ad ogni account è anche collegato un profilo nel quale il cliente esprime quali sono le piante delle quali è più appassionato. Inoltre, il profilo è connesso a schede, ciascuna relativa a una pianta (esemplare) che il cliente ha acquistato dall'azienda. Ciascuna scheda è contraddistinta da un codice, il nome della pianta a cui si riferisce, la dimensione della stessa al momento dell'acquisto, la data d'acquisto e l'attuale collocazione: piena terra o vaso. Se è stata collocata in un vaso, devono essere presenti le dimensioni dello stesso.

L'area social contiene anche un forum di discussione nel quale gli utenti possono inserire post per chiedere consigli circa l'acquisto di nuove piante, per la cura di patologie che coinvolgono esemplari acquistati, o per condividere le loro esperienze e piccoli successi nel giardinaggio. I post sono pubblicati dagli utenti in diversi thread del forum. Ciascun post è contraddistinto dal nickname dell'utente che lo ha pubblicato, da un testo, dal timestamp di pubblicazione, dal thread del forum in cui è pubblicato e da eventuali link a contenuti multimediali (URL a contenuti ospitati su server di terze parti). I post ricevono risposte da altri utenti del forum. I post di risposta possono essere valutati dagli altri utenti con un giudizio (da una a cinque stelle). Un utente acquisisce una determinata credibilità all'interno del forum in base al numero di post pubblicati nel tempo e ai giudizi ottenuti dagli altri utenti che valutano i suoi post. La politica di attribuzione della credibilità (cioè, di un punteggio) e la sua evoluzione temporale è lasciata a discrezione dello studente.

2.3.2 Store

Una volta in possesso di un profilo, il cliente può collegarsi allo store online ed effettuare ordini, acquistando così esemplari di piante presenti in una delle sedi dell'azienda. Per permettere all'utente di velocizzare le sue ricerche e individuare con facilità piante di suo gradimento, alcune funzionalità di back-end permettono di visualizzare una lista di piante basata sulle preferenze dell'utente, dalla quale scegliere più agevolmente. L'utente specifica i suoi desideri in termini di criteri quali, ad esempio, le esigenze della pianta, indice di manutenzione, periodo di fioritura, costo e dimensioni, e il sistema automaticamente effettua una ricerca delle piante più vicine al suo set di preferenze. I criteri possono essere utilizzati anche solo in parte e può essere loro attribuita un'importanza in modo tale che alcuni criteri influenzino maggiormente il risultato.

Una volta selezionata la pianta da acquistare, il sistema crea un nuovo ordine. Un ordine è caratterizzato da un codice ordine, un codice cliente (lo si può pensare coincidente con il nickname del profilo), un codice pianta acquistata, un istante temporale di effettuazione dell'ordine e uno stato. Lo stato di un ordine passa attraverso i seguenti valori: **in processazione**, **in preparazione**, **spedito**, **evaso**. Un ordine deve necessariamente seguire la precedente sequenza di stati. Quando un ordine passa nello stato **evaso**, viene creata automaticamente una scheda all'interno del suo profilo.

Se un esemplare non è attualmente presente in alcuna delle sedi, l'utente ha ugualmente la possibilità di completare un acquisto. L'ordine relativo a tale acquisto è memorizzato, in stato *pendente*. Sostanzialmente, ordini di questo tipo non sottraggono credito al cliente, ma sono utili all'azienda per capire quali prodotto (piante) devono essere a breve reperite dai fornitori per poter far avanzare lo stato degli ordini pendenti. Non appena gli articoli relativi a ordini pendenti risultano di nuovo disponibili⁴ un ordine pendente passa in stato **in processazione**, e da lì negli altri stati, secondo l'ordine sopra descritto.

Settimanalmente, alcune funzionalità di back-end confezionano dei report di ordine ai fornitori basati sugli ordini pendenti, analizzando anche le vendite in generale. Tali report rendono disponibili alla direzione quantità indicative di

⁴Ciò avviene quando un nuovo lotto di piante – che include la pianta oggetto di ordine pendente – viene consegnato a una delle serre.

piante di cui rifornire le serre, per esempio piante stagionali oppure piante dalle quali attualmente il mercato è più attratto⁵.

2.4 Area manutenzione

L'area manutenzione si occupa di gestire gli interventi di manutenzione su richiesta, programmata e automatica.

La manutenzione *su richiesta* è segnalata mediante il sito web, tramite un'apposita richiesta effettuata dall'utente. La richiesta è collegata a una delle schede presenti nel profilo dell'utente, dalla quale è possibile capire per quale pianta il cliente richiede manutenzione. Ad ogni richiesta il cliente associa una scadenza temporale entro la quale desidera che l'intervento di manutenzione sia portato a termine. Infine, per ogni richiesta, il cliente esprime di che tipo di manutenzione necessita. Esempi di manutenzione includono la potatura, il rinvaso e la concimazione. A seguito dell'inserimento di una richiesta di manutenzione del database, la richiesta viene processata (possibilmente entro i tempi stabiliti dal cliente). Alcune funzionalità di back-end si occupano di produrre snapshot nei quali gli interventi di manutenzione sono aggregati cercando di programmare geograficamente e temporalmente gli interventi di manutenzione in modo da ottimizzare i consumi per gli spostamenti, massimizzando le ore lavorate.

Nella manutenzione *programmata*, l'utente stabilisce quali delle sue piante desidera siano oggetto di manutenzione programmata nel corso del tempo. Per esempio, se l'utente possiede alcuni alberi da frutto, può desiderare che ogni anno, alla fine dell'inverno, i suoi alberi da frutto siano potati. In questo modo, l'utente non dovrà più preoccuparsi di avvertire l'azienda, la quale provvederà autonomamente a eseguire i regolari interventi di potatura. Anche in questo caso, ci saranno delle funzionalità che saranno adibite a trovare degli schedule per ottimizzare le risorse ed effettuare gli interventi di manutenzione entro il periodo scelto dal cliente. In particolare, è anche molto importante capire se il personale delle varie serre è sufficiente. Se non lo è, o si stima che non lo sarà, un sistema di reporting mensile deve segnalarlo in modo tale da promuovere il reclutamento di personale aggiuntivo, anche a tempo determinato, per i periodi interessati da maggiore carico lavorativo.

La manutenzione *automatica* si basa sull'indice di accrescimento delle piante, sui periodi di fioritura e sulle loro esigenze in genere. In particolare, in base alle piante possedute da un utente, ciascuna riconducibile a una scheda nel relativo profilo, il sistema visualizza delle notifiche sul social, nei vari profili, suggerendo interventi di manutenzione ai clienti. Le notifiche sono visualizzate, per gli utenti che lo desiderano, nelle schede che essi indicano come oggetto di manutenzione automatica. Per esempio, le siepi e le bordure si potano circa due volte all'anno. Quindi, un cliente che possiede una siepe in alloro, avrà degli interventi automatici che gli saranno notificati, se ne ha espressa la volontà, ogni anno in Settembre e in Marzo. Inoltre, in base al tipo di pianta posseduta e alle sue vulnerabilità, saranno suggeriti anche interventi di concimazione, nonché trattamenti chimici nei periodi con maggiore probabilità di attacco di parassiti, crittogame e così via. Se un cliente non risponde alla notifica prenotando un intervento di manutenzione, o comunque non afferma di avervi provveduto autonomamente, il sistema continua a fare le sue stime, usando fra le altre cose, gli

⁵Ovviamente le quantità indicative tengono in considerazione anche gli ordini pendenti.

indici di accrescimento e manutenzione, tenendo quindi traccia dell'entità dell'intervento di manutenzione che diviene tanto più rilevante quanto più tempo si lascia passare dalla prima notifica ricevuta.

Gli interventi di manutenzione da effettuare (e già effettuati) sono memorizzati nel database e sono sempre visibili nel profilo del cliente. Il cliente può, inoltre, inserire nel suo profilo interventi di manutenzione da egli/ella effettuati senza coinvolgere l'azienda. In particolare, il cliente può aver provveduto autonomamente a rinvasare una certa pianta, a concimarne un'altra e a potarne un'altra ancora. Il profilo contiene, quindi, lo stato aggiornato di tutte le sue piante, mediante le schede.

Ogni intervento di manutenzione ha un costo che è inserito nella scheda dopo che il personale ha valutato la situazione con un sopralluogo. Inoltre, gli interventi di manutenzione di tutte le persone che possiedono una determinata pianta, se monitorati per un periodo significativo, possono dare indicazioni circa il costo di manutenzione di una certa pianta, in modo tale da sconsigliarne l'acquisto a persone che desiderano esemplari più o meno facilmente manutenibili, sia dal punto di vista del tempo che del denaro. Come detto nel paragrafo 2.3.2, l'indice di manutenzione è uno dei criteri espressi dall'utente in fase di ricerca, durante l'acquisto. Il monitoraggio degli interventi di manutenzione è eseguito a intervalli di tempo regolari da alcune routine che si occupano di popolare degli snapshot di reporting.

2.5 Area progettazione e garden design

L'area progettazione è raggiungibile dall'area riservata (profilo) di ciascun cliente e si occupa di memorizzare tutte le informazioni che i clienti forniscono circa i settori da progettare (quindi prive di piante) dei loro spazi verdi. In base a queste informazioni, il sistema fornisce suggerimenti su quali piante possono effettivamente essere messe a dimora nei vari settori del giardino del cliente sia in base alle necessità di queste che dal punto di vista economico. Nell'area



Figura 2.1: Esempio di giardino visto dall'alto.

progettazione, il sistema crea una griglia di pixel come sistema di riferimento. L'utente può tracciare un prospetto del giardino⁶ nel quale può contrassegnare spazi a verde e spazi non destinati alla presenza di piante. Inoltre, ogni spazio può essere a sua volta diviso in settori. Ogni settore destinato alla presenza di piante può consistere di piena terra, oppure può essere pavimentato, ma contenere vasi. Anche un settore composto di piena terra può contenere vasi. I vasi sono caratterizzati da una dimensione e da un materiale. I settori possono essere pensati come poligoni, così come il giardino in sé. Ogni settore ha una esposizione (cioè si rivolge verso un punto cardinale) ed è più o meno esposto alla luce diretta del Sole. Non è detto che settori esposti a sud siano sempre esposti al Sole perché potrebbero essere presenti verande, pergolati, e così via. L'utente, oltre a specificare il punto cardinale di ogni settore, deve quindi indicare anche il numero di ore approssimativo nelle quali il settore riceve la luce diretta del Sole. Una volta costruito il modello del giardino, il sistema assegna un codice a ogni settore e a ogni vaso. Un esempio di modello è visibile in Fig. 2.2.

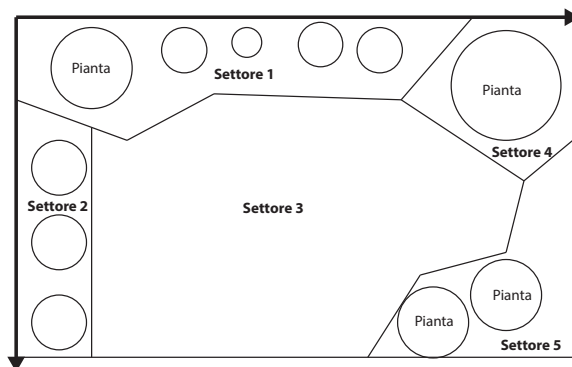


Figura 2.2: Modello schematizzato che l'utente può costruire.

Mediante funzionalità web⁷, selezionato un settore, il cliente fa drag and drop di elementi (piante) che appaiono in un menu laterale, in modo tale da configurare il proprio giardino. La configurazione è adattiva, nel senso che il querying iniziale propone nel menu un insieme abbastanza numeroso di piante, adatte a un determinato settore. L'insieme è via via ristretto in base alle scelte che il cliente compie. Per esempio, se in un settore composto di piena terra, esposto al Sole per sei ore al giorno, si decide di piantare un albero come un tiglio, saranno automaticamente tolte dalla lista altre piante che, per quel settore, non sono più adatte perché quell'area sarà prevalentemente esposta all'ombra adesso. Quindi l'insieme delle piante suggerite cambia perché l'utente cambia le caratteristiche delle aree e dei settori man mano che compie azioni di progettazione. Completata la progettazione di un settore, deve essere possibile salvare nel database una configurazione spaziale dell'arredo del giardino, con

⁶Il prospetto viene tracciato trascinando in un'area grafica alcune forme presenti in un menu, le quali possono essere dimensionate e posizionate a piacere.

⁷Queste funzionalità sono realizzate generalmente mediante linguaggi di scripting lato client, come JavaScript.

tutte le posizioni delle varie piante collocate dal cliente. In questo modo, un login successivo può ricostruire il prospetto e mostrarlo a video. Il prospetto alla fine può essere oggetto di richiesta di preventivo all'azienda. Il preventivo è costruito automaticamente da una funzionalità di back-end in base alla quantità e alla tipologia delle piante scelte dall'utente.

Gli insiemi di piante che appaiono via via come suggerimenti d'arredo, a lato della pagina web, considerano le esigenze climatiche delle varie piante (luce, terreno, vaso/terra...), ma anche l'indice di accrescimento e la sensibilità a parassiti. Il cliente esprime un grado medio di manutenzione preferito, e i suggerimenti saranno forniti di conseguenza. La disposizione delle piante proposta è memorizzata nel database utilizzando il sistema di riferimento in pixel creato dal sistema. Lo studente deve trovare una soluzione per poter memorizzare l'architettura del giardino mediante il modello relazionale. Il cliente può generare più versioni alternative dell'arredamento e, in seguito scegliere quale acquistare in base ai preventivi ricevuti.

2.6 Area analytics

L'area analytics contiene funzionalità lato server (data tier) che permettono di analizzare i dati alla ricerca di informazioni utili sulle vendite, le opinioni dei clienti, le loro preferenze e così via.

2.6.1 Smart design

La prima funzionalità analytics è lo smart design. Questa funzionalità, in base al prospetto del giardino memorizzato nel database fornisce configurazioni di piante che possono essere messe a dimora in un settore del giardino attualmente da riprogettare. La configurazione suggerita è caratterizzata da un indice di manutenzione (basso, medio, alto) deciso dall'utente che andrà a influenzare in qualche modo le piante selezionate. Inoltre un altro criterio potrebbe essere il costo e la diversificazione dei periodi di fioritura. Spesso, per armonizzare gli spazi, è esteticamente migliore avere aree del giardino che presentano fiori in più stagioni dell'anno, piuttosto che aree che fioriscono solo d'estate o solo d'inverno.

2.6.2 Reporting

Un'altra funzionalità è il reporting delle patologie e della manutenzione che richiedono le piante acquistate. Analizzando i dati per lunghi periodi si può scoprire che determinate cultivar sono troppo sensibili a determinati attacchi parassitari, magari solo in determinati climi, oppure sono vendute poco. In questi casi, tali piante devono essere segnalate in modo da non essere oggetto di nuovi ordini, per realizzare una gestione intelligente del magazzino.

2.6.3 Indagini statistiche

In base all'analisi della storia dei dati memorizzati nel database delle serre, è possibile investigare relativamente alle condizioni che hanno potenzialmente determinato un danno alle piante (temperatura, umidità...). Per poter fare

questa analisi, si deve scegliere una determinata patologia e analizzare i dati in periodi diversi e per attacchi diversi, al fine di individuarne le cause.