

GIADA, A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR A DEMAND-DRIVEN IRRIGATION

GIADA, UN SISTEMA CENTRALIZZATO PER LA GESTIONE DELL'IRRIGAZIONE A DOMANDA

Fabio Zottele^{1*}, Marco Roveri², Elia Rigo², Eros Simoni³, Paolo Villa³, Giambattista Toller¹

¹ Fondazione E. Mach di San Michele all'Adige, Via E. Mach, 1, 38010 San Michele all'Adige, TN - ITALY

² Fondazione Bruno Kessler, Via Sommarive 18, 38123 Povo, TN - ITALY

³ Euroautomations srl, via Matteotti, 3/B, 38065 Mori, TN - ITALY

*fabio.zottele@fmach.it

Abstract

GIADA is a centralized system to manage both irrigation and self-regulation to be used in agriculture, green areas, parks and gardens. A central computing system communicates with the peripherals in the field via free-frequency radio. Peripherals can collect environmental data, pressures, flow rates or other measures and can execute commands, adjustments and manage failures and malfunctions. The peripherals in the field are powered by battery and thanks to the low power consumption have a guaranteed duration of 5 years. Peripheral devices can be operated and managed automatically or manually through authentication with an iButton key. Depending on the location, type of cultivation, environmental data and weather forecasts, the central system computes the optimal irrigation value updated in real time leveraging on an expert system. The user see the quantity proposed by the central expert system and decides whether to apply it directly or make corrections. Everything is controlled by a web interface that allows both the user to view all the information related to the irrigated areas and the administrator to manage the entire system. The central system stores all the data that contribute to the functioning of the system, including weather and forecast data, allowing analysis according to the optimization of the process and of the irrigation network and the search for leaks. Moreover, it poses the basis for more precise forecasting leveraging on emerging technologies based on Artificial Intelligence.

Parole chiave

Irrigazione, cloud, Sistema di supporto alle decisioni, gestione della risorsa irrigua

Keywords

Irrigation, cloud, Decision Support System, Water resource scheduling

Introduzione

La corretta gestione della risorsa idrica a fini irrigui è uno dei punti cruciali nel contesto più ampio della gestione agronomica per garantire la produzione primaria e la gestione del verde urbano sia pubblico che privato. Negli ultimi decenni numerosi sono stati gli strumenti proposti per la pianificazione dell'irrigazione come, ad esempio, AQUATER (Acutis *et al.*, 2010) o WISCHE (Almiñana *et al.*, 2009).

Il progetto GIADA (Gestione Irrigua a Domanda Assistita) qui presentato consiste in un sistema di supporto alle decisioni per la gestione dell'acqua a scopo irriguo in cui il software di gestione comunica in tempo reale con le periferiche di campo via protocollo radio a frequenze libere 169 Mhz.

Esistono già soluzioni commerciali che offrono soluzioni di telecontrollo e automazione nel settore irriguo. A differenza dei competitor, GIADA punta su una soluzione che integra a) periferiche di telecontrollo alimentate a batteria e comunicanti tra loro via radio; b) gestione centralizzata degli utenti, delle notifiche, delle tariffazioni, dell'abilitazione e disabilitazione delle bocche di utenza; c) un sistema di identificazione dell'utente che permette all'agricoltore (o al gestore) di gestire autonomamente l'irrigazione in base ad un consiglio irriguo proposto sulla

base di informazioni di campo ottenute in tempo reale e a delle soglie massime di utilizzo preimpostate.

La "periferica" che è stata sviluppata, è ottimizzata per il basso consumo, comunica in maniera bidirezionale tramite il protocollo di comunicazione, è dotata di un'interfaccia utente per la gestione del consiglio irriguo e può raccogliere dati da qualsiasi strumento di misura ad essa collegato in tempo reale o su attivazione come ad esempio l'umidità del suolo, la pressione e la portata nelle condotte di distribuzione. I dati raccolti vengono inviati al centro e concorrono alla costruzione del consiglio irriguo. A livello di utenza il sistema può agire sia autonomamente, sia con un intervento manuale da parte dell'utente con un sistema di autenticazione e tariffazione dei volumi utilizzati.

Nel sistema GIADA è stata prevista una notevole flessibilità nella gestione delle informazioni che riguardano il sistema pianta, terreno, atmosfera (dati storici e previsioni meteorologiche) e rete di distribuzione dell'acqua. Attraverso l'utilizzo del bilancio idrico viene proposto all'utenza un consiglio irriguo che può essere accettato, declinato o corretto (entro i limiti stabiliti contrattualmente con l'ente gestore), mentre il flusso informatico, sia di gestione che di informazione, è visualizzato grazie ad un'interfaccia web. I dati storici vengono registrati ed archiviati sia per poter analizzare l'efficacia del sistema, sia

in previsione di future ottimizzazioni ed estensioni dei servizi del sistema GIADA.

Materiali e Metodi

Il sistema GIADA è modulare: ogni elemento software o hardware sviluppato nell'ambito del progetto concorre all'obiettivo di calcolare il fabbisogno irriguo necessario alle colture e a trasferire l'informazione fino alla bocca d'utenza dove avverrà la decisione.

L'architettura del sistema è mostrata in Figura 1.

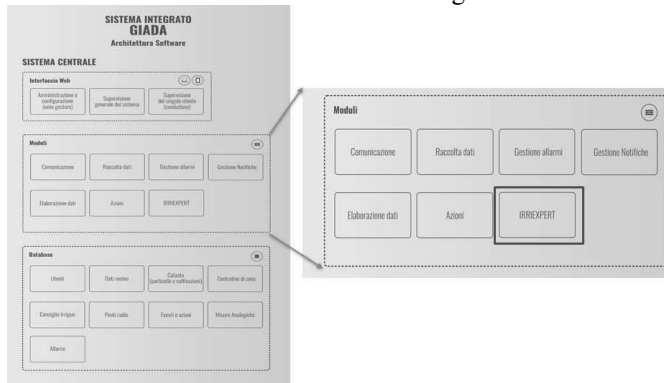


Fig.1 - Architettura di alto livello del sistema GIADA e del modulo IRRIEXPERT. Il sistema software gestisce le informazioni del sistema suolo-pianta-atmosfera e quelle dell'area agricola gestita (tipo di impianto e modalità di somministrazione dell'acqua irrigua), il sistema di calcolo del bilancio irriguo, le utenze ed il sistema per la loro gestione.

Fig.1 - High level architecture of the GIADA system with the IRRIEXPERT module. The software system manages the information of the soil-plant-atmosphere system and those of the agricultural area managed and the system used to manage the irrigation water up to the final user (with its scheduled water) and the module for calculating the irrigation budget.

Al modulo software IRRIEXPERT è delegato il compito di calcolare il consiglio irriguo, ossia il valore ottimale d'acqua irrigua espresso in metri cubi, per a) ogni lotto di terreno b) per ogni bocca di utenza e c) per ogni conduttore tenendo in conto di una moltitudine di parametri significativi per la coltura interessata, delle previsioni meteo, e dello stato fenologico delle colture del terreno agricolo considerato (In Fig. 1 è riportata una visione architetture dell'intero sistema GIADA).

GIADA considera la soglia di portata massima e i turni dei vari conduttori associati ad ogni bocca di utenza in modo che un conduttore non possa superare la soglia di portata assegnata e possa usufruire del servizio di irrigazione solamente all'interno del turno orario assegnatogli.

Il calcolo del consiglio irriguo si basa su un bilancio idrico del terreno mutuato dal sistema Irri4web come già sviluppato da Zottele *et al.* (2010).

A differenza di Irri4web il sistema prevede che il calcolo dell'evapotraspirazione avvenga utilizzando il modello di Penman Monteith (Allen *et al.*, 1998), che sia possibile specializzare il bilancio per numerose colture sia erbacee

che arboree utilizzando opportuni coefficienti colturali legati all'andamento fenologico della pianta. Il modulo IRRIEXPERT, utilizza il modello di Penman Monteith come modello di riferimento per il calcolo dell'evapotraspirazione. Se per qualche motivo (ad esempio la stazione meteo non mette a disposizione tutte le informazioni necessarie per l'applicazione del modello di Penman Monteith, o la stazione è temporaneamente non completamente o totalmente operativa), il sistema utilizza in cascata prima il modello di Hargreaves Samani (Hargreaves e Samani, 1982), più semplice di Penman Monteith in quanto richiede meno dati per il calcolo dell'evapotraspirazione, e se anche questo non è applicabile per la mancanza qualche dato, utilizza un modello ancora più semplificato che usa la media degli ultimi N valori calcolati (dove N è un parametro configurabile dall'operatore, e inizializzato a 10 come valore predefinito). In questo modo, il sistema GIADA è sempre in grado di proporre all'utente un consiglio irriguo.

In particolare, per ottenere una stima del contenuto d'acqua nel terreno attuale e futuro, vengono utilizzate le informazioni raccolte in tempo reale dalle stazioni meteorologiche che fanno riferimento alla rete GIADA e le previsioni meteo fino a 10 giorni utilizzando Application Protocol Interface (API) di servizi di previsione meteo locali, nazionali o mondiali (Fig. 2).

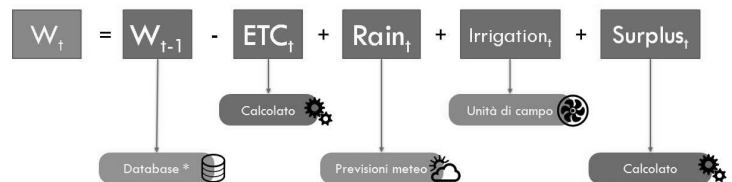


Fig. 2 - Schema di calcolo del bilancio irriguo dell'unità agronomica. Per ogni variabile vengono indicate le sorgente dei dati in ingresso. $W(t)$ rappresenta il contenuto d'acqua nel terreno, t rappresenta l'unità di tempo. ETC è l'evapotraspirazione della coltura, Rain la pioggia (misurata dalle stazioni meteorologica o predetta dai servizi di previsione). Irrigation è l'irrigazione somministrata all'unità agronomica, mentre Surplus è la quantità di acqua residua dovuta ad eventi di precipitazione intensa. Per i dettagli si consulti Zottele *et al.* (2010).

Fig. 2 - Calculation of the water budget for an agronomic unit. For each variable the source of the input data is indicated. $W(t)$ represents the water content in the soil, t represents the unit of time. ETC is the evapotranspiration of the crop, Rain the rain (measured by meteorological stations or predicted by forecasting services). Irrigation is the dose of water given to the agronomic unit, while Surplus is the amount of residual water due to intense precipitation events. For details, see Zottele *et al.* (2010).

Lo stesso IRRIEXPERT fornisce le API per la visualizzazione dei risultati del bilancio e dei dati utilizzati dall'algoritmo. Per la realizzazione del software e per lo

sviluppo delle API si è utilizzato il framework Django (Burch, 2010) mentre i vari elementi dell'architettura software comunicano attraverso Representational State Transfer (REST, Richardson *et al.*, 2013). Tutti i dati, sia calcolati che acquisiti, sono memorizzati nel database del sistema GIADA basato su MySQL.

Il modulo IRRIEXPERT è in comunicazione con gli elementi del sistema GIADA, in particolare con il sistema hardware, in meccanismo di *feed-in e feed-back*.

In dettaglio, le componenti hardware di GIADA sono: un sistema centrale (server applicativi e database) che interagisce con le Unità di Campo (UDC) ognuna delle quali governa la valvola volumetrica della bocca di utenza. Per mezzo dell'UDC, l'utente può effettuare l'autenticazione, visualizzare il consiglio irriguo - calcolato da IRRIEXPERT - e quindi, eventualmente, autorizzare l'erogazione. In questo caso il volume erogato verrà memorizzato ed inserito nell'archivio storico digitale (database).

Per garantire un corretto e robusto sistema di comunicazioni è stata sviluppata un'Unità Centrale (UCE) che rappresenta il punto di partenza e di arrivo di tutte le comunicazioni dal sistema centrale e le UDC. Il sistema di comunicazione via radio è delegato all'Unità Ponte Radio (UPR).

Risultati e Discussione

Il calcolo del bilancio idrico nel suolo è stato sottoposto a test automatizzati ed indipendenti, sia con misure orarie effettuate dalle stazioni agrometeorologiche della Fondazione Mach, sia con diverse combinazioni dei parametri del modello utilizzato.

Prima di integrare il modulo IRRIEXPERT nel sistema GIADA, sono stati effettuati oltre 5000 test per il controllo della correttezza di calcolo e per la robustezza dell'algoritmo (stress test, corner cases ...).

Particolare attenzione è stata posta nel predisporre il sistema a ricevere i dati di previsione meteorologica da differenti servizi di diffusione di dati sia a livello globale, attualmente forniti da Weather Underground (2018), che locale (fornite da unità meteorologiche installate in campo dal gestore o da eventuali attori privati).

La massa di informazioni raccolta in tempo reale e durante l'inizializzazione del sistema viene gestita nel server centrale che acquisisce ed elabora ogni tipologia di dati (misure meteorologiche, previsioni, misure di consumo, allarmi, eventi notevoli...), calcola con IRRIEXPERT il consiglio irriguo e ne gestisce la schedulazione, salva lo storico, elabora allarmi e notifiche ed, infine, può inviare comandi alle periferiche in maniera autonoma.

Il flusso di informazioni viene smistato dall'UCE verso le UDC via radio. L'UCE è dotato di scheda elettronica dedicata con microprocessore e modulo radio, memorie di lavoro e di archiviazione dedicate al fine di garantire il perfetto flusso delle informazioni verso il sistema centrale e viceversa.

Le comunicazioni vengono gestite dall'UDP che è stata installata su supporti dedicati e consiste in una scheda

elettronica di comunicazione radio, alimentata autonomamente da pannello solare e protetta da doppio case che comunica con l'UDP, alimentata a batteria ed ottimizzata per avere un bassissimo consumo energetico.

Attualmente la periferica identifica l'utente attraverso un iButton abilitando così l'irrigazione e comandando gli attuatori (valvole, idranti...) a seconda dei turni e delle condizioni idrauliche del sistema di distribuzione. Inoltre, visualizza il consiglio irriguo mediante display e, per gli utenti abilitati, permette operazioni di manutenzione dell'unità. Infine, è stata prevista la possibilità di salvare i dati raccolti in caso di mancata comunicazione verso l'UCE.

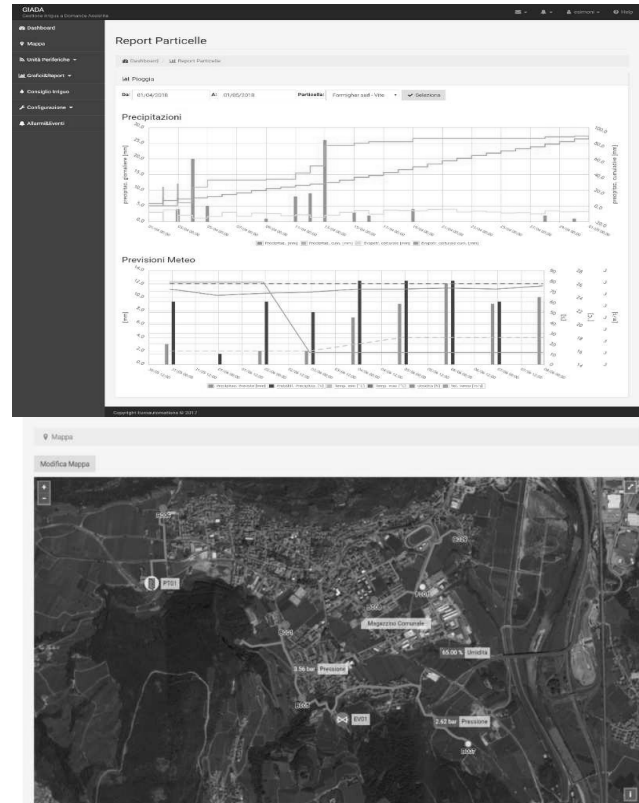


Fig. 3 - Interfaccia web di IRRIEXPERT: nella schermata in alto è possibile visualizzare i dati storici e le previsioni per ogni variabile utilizzata dall'algoritmo di bilancio irriguo (dati istantanei e cumulati). In basso è presentata l'interfaccia webGIS di visualizzazione dello stato della rete di distribuzione dell'acqua irrigua e le informazioni delle Unità di Campo.

Fig 3 - IRRIEXPERT web interface: the top image shows the data (measured and calculated) and the forecasts of each variable used by the irrigation budget algorithm. On the bottom there is the webGIS interface which displays the status of the irrigation water distribution network and the informations of each UDC.

Le informazioni dell'intero sistema GIADA sono consultabili da remoto, via internet, attraverso un'interfaccia web (<http://giada.euroautomations.it>) attraverso la quale può essere visualizzato lo storico di

IRRIEXPERT (Fig. 3). L'interfaccia è stata realizzata per la consultazione su dispositivi fissi e mobili quali tablet e cellulari.

Conclusioni

Sono stati qui presentati i primi risultati del progetto GIADA, ovvero di una piattaforma software e hardware per la gestione dell'acqua irrigua. Il sistema si compone sia di un sistema di supporto alle decisioni, IRRIEXPERT, basato sul calcolo del bilancio idrico del terreno sfruttando informazioni acquisite in tempo reale da fonti eterogenee, sia della parte di comunicazione hardware/software dal centro di elaborazione centrale verso le unità di campo e quindi alla bocca di utenza.

Da questo momento l'intero sistema GIADA verrà testato direttamente in campo ed, attraverso un confronto tra politiche di gestione dell'irrigazione differenti, verranno valutati i benefici dell'utilizzo di questo sistema in termini di risparmio d'acqua a parità di produzione.

Ringraziamenti

Il progetto GIADA (Gestione Irrigua a Domanda Assistita) è stato co-finanziato con Legge Provinciale sugli incentivi alle Imprese (L.P. 6/99 Provincia Autonoma di Trento).

Bibliografia

- Acutis M., Perego A., Bernardoni E., Rinaldi M., 2010. AQUATER Software as a DSS for Irrigation Management in Semi-Arid Mediterranean Areas. *Italian Journal of Agronomy*, 5 (2): 205-216.
- Allen R. G., Pereira L. S., Raes D., Smith M., 1998. Crop Evapotranspiration – Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 300 pp.
- Burch C., 2010. Django a web framework using Python: a tutorial presentation. *Journal of Computing Science in Colleges*. 25 (5): 154-155.
- Almiñana M., Escudero L. F., Landete M., Monge J. F., Rabasa A., Sánchez-Soriano J., 2009. WISCHE: A DSS for water irrigation scheduling. *Omega*, 38 (6): 292-500
- Hargreaves, G., H., Samani Z. A., 1982. Estimating potential evapotranspiration. *J. Irrig. and Drain Engr.*, ASCE, 108(IR3):223-230.
- Richardson L., Amundsen M., Ruby S., 2013. RESTful Web APIs. O'Reilly Media. Sebastopol, Calif, 406 pp.
- Weather Underground (2018). Weather & Forecast web povidder www.wunderground.com.
- Zottele, F., Toller, G., Eccel, E., 2010. Irri4web: crop water needs definition by webGIS. *Italian Journal of Agrometeorology*, 15 (3): 5-14.