



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

Sistema Integrato di Monitoraggio (SIM)

Progetto Esecutivo

ALLEGATO _V2_C.U.2.2

Richiesta consiglio irriguo da servizio IRRIFRAME



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU



Storia del documento

Versione	Data	Autore	Autorizzato da	Descrizione delle modifiche
1.0	24/11/2023	RTI DXC	MASE	Rilascio prima versione

Sommario

1	CU.V2.2 – Richiesta consiglio irriguo da servizio IRRIFRAME.....	5
1.1	Obiettivo del servizio applicativo.....	5
1.1.1	Introduzione.....	5
1.1.2	Scopo Generale.....	5
1.1.3	Esigenze e Requisiti Chiave	6
1.1.4	Tematiche e Obiettivi Correlati.....	6
1.1.5	Benefici Attesi.....	7
1.1.6	Vincoli e Limitazioni	7
1.1.7	Stakeholders Coinvolti	7
1.1.8	Conclusione e Riepilogo	7
1.2	Requisiti funzionali.....	8
1.2.1	Elenco dei Requisiti Funzionali	9
1.2.2	Requisiti non Funzionali Correlati	13
1.2.3	Vincoli e Limitazioni	13
1.3	Architettura logico-applicativa del sistema.....	13
1.3.1	Requisiti Non-Funzionali	13
1.3.2	Diagramma Architetture	14
1.3.3	Piattaforme SIM utilizzate.....	17
1.4	Dati di input.....	21
1.4.1	Introduzione ai Dati di Input	21
1.4.2	Catalogo delle Fonti di Dati.....	22
1.4.3	Specifiche di contenuto.....	23
1.5	Sistemi federati.....	23
1.5.1	Introduzione ai Sistemi Federati.....	23
1.5.2	Elenco dei Sistemi Federati.....	25
1.6	Funzioni, Algoritmi e Modelli	26

1.6.1	Introduzione e Panorama Generale.....	28
1.6.2	Criteri di Selezione.....	28
1.6.3	Tipologie di Funzioni Applicative	28
1.6.4	Dettagli sugli Algoritmi	28
1.6.5	Dettagli sui Modelli	32
1.6.6	Interazione tra Algoritmi e Modelli.....	32
1.6.7	Analisi della Complessità Computazionale	32
1.6.8	Casistica di Utilizzo	32
1.6.9	Misure di Validazione e Verifica	32
1.7	Dati di output.....	32
1.7.1	Introduzione.....	33
1.7.2	Elenco Dati di Output	34

1 CU.V2.2 – Richiesta consiglio irriguo da servizio IRRIFRAME

1.1 Obiettivo del servizio applicativo

1.1.1 Introduzione

La Fertirrigazione di Precisione contribuisce all'incremento della sostenibilità ambientale delle produzioni agricole attraverso la riduzione degli input, sia in termini di utilizzo delle risorse idriche, sia in termini di apporti di sostanze chimiche quali ad esempio l'azoto, soggetto a lisciviazione, con conseguente inquinamento degli acquiferi superficiali e sotterranei. Tale pratica favorisce inoltre l'incremento della sostenibilità economica della conduzione agricola, attraverso la riduzione dei costi di produzione connessi all'irrigazione e alla fertilizzazione.

I soggetti, pubblici o privati, che hanno in carico la gestione della risorsa idrica irrigua, necessitano dunque di strumenti che forniscano informazioni per pianificarne l'utilizzo e ottimizzarne l'allocazione. A tal proposito si rende quindi necessario sviluppare uno strumento per la stima dei fabbisogni irrigui di distretto, comprensorio, bacino e area, in grado di costruire scenari personalizzati, a seconda delle esigenze degli utenti, sulla base dei dati disponibili relativi a clima, colture e terreno, integrando ulteriori dati provenienti sia da sensoristica remota (satellite), sia da sensoristica prossimale (sensori IoT, droni etc.). Tale strumento fornirà un importante supporto sia alla pianificazione in condizioni scarsità di risorse, sia alla gestione operativa delle reti idrauliche e alla loro progettazione.

1.1.2 Scopo Generale

Il progetto oggetto del presente documento si prefigge il duplice scopo di supportare sia le attività degli operatori agricoli, sia quelle dei gestori delle risorse idriche.

In particolare, per gli operatori agricoli si intende realizzare l'erogazione di mappe irrigue e di fertirrigazione a rateo variabile, basate sulla clusterizzazione in aree omogenee (per diversi criteri quali ad esempio indici satellitari e caratterizzazioni dei suoli), tipicamente presenti all'interno di uno stesso appezzamento, in cui condurre una strategia di fertilizzazione e irrigazione sito-specifica, ovvero, differenziata sulla base di dati analitici o sensoristici disponibili; fra questi, i dati satellitari e più in generale i dati telerilevati (Multispettrale, Iperspettrale, SAR) sono in grado di fornire, con diversa risoluzione spaziale e temporale, indici spettrali ed indicatori utili ad identificare informazioni relative alla tipologia, salute e accrescimento delle colture, nonché alle condizioni del suolo.

Diversamente, per i gestori e pianificatori della risorsa, si prevede lo sviluppo di uno strumento real-time di simulazione per la stima dei consumi e dei fabbisogni irrigui di area, in grado di fornire previsioni a breve termine (15gg), oltre che di stima del beneficio economico apportato dall'irrigazione su di un particolare sistema colturale, in termini di Produzione Lorda Vendibile (PLV), utile a valutare il beneficio economico atteso da nuove aree irrigue, nonché stimare le perdite economiche derivanti da apporti idrici limitati. Attraverso il calcolo del beneficio economico irriguo è infatti possibile valutare l'impatto dei nuovi investimenti in infrastrutture per la trasformazione irrigua di aree non servite e costruire inoltre scenari di simulazione di tipo "what if", per determinare

i probabili impatti in termini di incremento o perdita di rese e di valore delle produzioni di un determinato sistema agricolo, a seguito di riduzioni degli apporti irrigui (riduzione delle concessioni, scarsità idrica, siccità).

L'accuratezza delle stime prodotte, sarà garantita dall'integrazione con il sistema federato per la gestione del consiglio irriguo, denominato Irriframe; tale sistema, è infatti in grado di restituire la stima del beneficio economico irriguo in termini di incremento della resa colturale rispetto alle condizioni di asciutta (assenza di irrigazione), basandosi sull'aumento di resa specifico delle diverse fasi fenologiche di ciascuna coltura. ovvero della loro diversa "risposta" all'irrigazione.

1.1.3 Esigenze e Requisiti Chiave

I consumi irrigui attuali e previsti nel futuro possono fornire importante supporto sia alla gestione operativa delle reti idrauliche, sia alla pianificazione in condizioni di risorsa scarsa. Al tempo stesso, possono inoltre fornire una base razionale per valutare il passaggio ad una tariffazione a consumo, incentivando comportamenti virtuosi, con conseguente riduzione dei prelievi di risorsa idrica.

Requisito chiave per i gestori è quindi la possibilità di costruire scenari altamente personalizzabili, in grado di simulare le diverse realtà dei sistemi colturali nazionali e delle caratteristiche delle reti di adduzione da cui sono servite.

Relativamente al supporto per la pianificazione in condizioni di risorsa scarsa, le mappe di prescrizione fertirrigue a rateo variabile permettono al tecnico o all'agricoltore di avere informazioni sulla strategia irrigua ottimale per le proprie colture, in una logica di agricoltura di precisione intra campo. In questo caso i requisiti chiave prevedono la fornitura di mappe in grado di dialogare con le diverse tipologie di impianto irriguo di precisione presenti sul mercato e di fornire informazioni quanto più possibili "precise" elaborando una mole di informazioni di diversa origine non sempre disponibile nei sistemi di controllo localizzati.

1.1.4 Tematiche e Obiettivi Correlati

Gli obiettivi dell'applicativo in oggetto si inseriscono nel contesto del Green Deal europeo e più specificamente nella strategia del Farm to Fork (F2F), quale piano decennale messo a punto dalla Commissione Europea per guidare la transizione verso un sistema alimentare equo, sano e rispettoso dell'ambiente, attraverso la condizionalità rafforzata, gli ecoschemi e gli interventi dello Sviluppo Rurale; tale strategia è stata poi trasposti nella nuova Politica Agricola Comunitaria (PAC).

Per quanto riguarda inoltre la stima dei volumi irrigui di distretto, si evidenzia un obiettivo correlato nell'ambito dell'attuazione della Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE (DQA) nella linea del Documento MIPAAF – "Metodologie di stima dei volumi irrigui (prelievi, utilizzi e restituzioni)" DM 31/07/2015. Tale articolo evidenzia l'obbligo di stima è del titolare del punto di approvvigionamento e nelle situazioni in cui non è possibile installare dei misuratori, raccomanda l'adozione di un sistema di consiglio irriguo per la stima dei fabbisogni, indicando esplicitamente IRRIFRAME.

Ulteriore tematica correlata alla DQA è la transizione verso la tariffazione a consumo della risorsa irrigua che può richiedere strumenti razionali di stima dei consumi nelle condizioni di assenza di contatori in campo.

1.1.5 Benefici Attesi

La tecnica della fertirrigazione di precisione consiste nel far arrivare alla pianta nei tempi e nei modi giusti, con le tecniche e gli strumenti giusti, i nutrienti di cui ha bisogno massimizzando le rese e la qualità del prodotto. Inoltre, la fertirrigazione di precisione riduce gli sprechi e migliora l'efficienza delle risorse, aumentando la redditività e contribuendo alla sostenibilità ambientale.

Gli strumenti di stima dei fabbisogni irrigui areali e del beneficio irriguo possono quindi migliorare la gestione operativa delle reti idrauliche, l'ottimizzazione della risorsa, e la migliore allocazione di risorse idriche limitate in termini di ritorno economico.

1.1.6 Vincoli e Limitazioni

Con il rispetto delle indicazioni inserite all'interno del seguente documento, non si intravedono vincoli tecnici e/o normativi al netto dell'indicazione ricevuta dallo stakeholder CREA che non condividerà la Carta dei Suoli.

1.1.7 Stakeholders Coinvolti

Elenco degli stakeholder principali e come sono interessati dagli obiettivi del servizio applicativo.

Nome/tipologia	Funzione nel CU	Interesse
ANBI-Irriframe	Sistema federato: fornitura di calcolo del bilancio idrico colturale	
AGEA	Erogazione dei Piani colturali grafici (PCG)	
CREA	SIGRIAN: fornitura di informazioni su distretti irrigui e reticolo idraulico Utente	Stima degli impatti delle politiche irrigue
Autorità di Bacino	Utente	Stima dei fabbisogni irrigui di bacino e degli aspetti economici irrigui
Consorzi di bonifica/enti irrigui	Utente	Stima dei fabbisogni irrigui di distretto e supporto alla gestione operativa delle reti. Tariffazione a consumo.
MASAF/Comparto agricolo	Utente	Supporto alla fertirrigazione di precisione

1.1.8 Conclusione e Riepilogo

Gli obiettivi principali del progetto sono i seguenti:

- Erogazione di mappe di prescrizione irrigue e di fertirrigazione a rateo variabile, sulla base degli input dell'utente e dei dati disponibili nel SIM utilizzabili sui principali impianti di fertirrigazione sul mercato
- Sviluppo di uno strumento per la stima dei fabbisogni irrigui areali e del beneficio economico apportato dall'irrigazione a supporto della progettazione e gestione delle reti e per la simulazione di scenari di ridotta disponibilità idrica

1.2 Requisiti funzionali

1.2.1 Elenco dei Requisiti Funzionali

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
V2AP02_SF001	Fertirrigazione di precisione	<p>La produzione di mappe fertirrigue a rateo variabile si basa sulla possibilità di differenziare delle aree omogenee (individuare con appositi algoritmi per omogeneità dei terreni, dello stato vegetativo o altro), tipicamente all'interno dello stesso appezzamento, in cui condurre una strategia di fertilizzazione e irrigazione precisa cioè differenziata sulla base di dati analitici o sensoristici disponibili. Per quanto riguarda l'irrigazione, Irriframe include già un algoritmo che permette la produzione di mappe di prescrizione sulla base di un dataset di indici vegetativi (data-indice). Per la fertilizzazione questo algoritmo non è attualmente presente nelle API di Irriframe: la ricetta di fertilizzazione NPK e il suo frazionamento in base alle curve di assorbimento colturale alla fenologia della pianta si riferisce sempre all'intero appezzamento. Per scelta progettuale non si intende estendere o modificare il codice Irriframe di ANBI, almeno in questa fase, per cui la catena di processamento utilizzerà le API di Irriframe, ponendosi a valle di esse. Per arrivare all'implementazione di una fertirrigazione a rateo variabile è quindi necessario sviluppare una Specifica funzionalità che si basa sui seguenti assunti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La definizione di area a gestione omogenea con caratteristiche omogenee ai fini della fertilizzazione. La loro identificazione si può basare su: <ul style="list-style-type: none"> o Disponibilità di indici vegetativi di origine satellitare – Alcuni indici che stimano il vigore della vegetazione possono essere correlati al minore o maggiore quantitativo in elementi chimici 	<p>Si prevede l'implementazione di un'algoritmica dedicata alla gestione dei sub-appezzamenti interni ad un unico appezzamento. Tale algoritmica permetterà il raggiungimento di un miglior grado di distribuzione dei nutrienti all'interno dell'appezzamento, provocando vantaggi intrinseci sia in termini economici che ecologici.</p>

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
		<p>principalmente azoto o Dati analitici intra campo (singola geometria al suolo omogenea per coltura) che, mediante algoritmi di spazializzazione, permettano di differenziare delle aree sufficientemente omogenee all'interno dell'appezzamento. Tali dati saranno disponibili all'interno dell'ecosistema SIM, essendo definibili come "orizzontali" ai diversi verticali. o Dati da sensori di suolo in grado di misurare micronutrienti di azoto, fosforo e potassio nella soluzione circolante del terreno (per ora in fase sperimentale) vedi Progetto UE NutriStat (https://cordis.europa.eu/article/id/156603-new-technology-for-sensing-soil-nutrients/it) e LIFE MONIFER sonde ad analisi ultravioletta della soluzione circolante per la determinazione in tempo reale del contenuto di N.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definite le aree omogenee è necessario calcolare ricette differenziate, non più una sola ricetta per tutto l'appezzamento, e quindi procedere con un calcolo del frazionamento differenziato per aree omogenee: in pratica ai fini Irriframe ogni area omogenea va considerata come un singolo PLOT. Quindi l'appezzamento originario diventa un mosaico di più "sub-appezzamenti" • Vanno tenuti in considerazione i limiti imposti dai diversi disciplinari regionali che indicano di solito un quantitativo ettaro: va sempre verificato che la media di tutti i sub-appezzamenti non superi i limiti imposti dal disciplinare per quella determinata fase • Il sistema dovrà riferirsi a impianti di irrigazione specializzati che permettono l'implementazione delle mappe a rateo variabile. Va quindi considerato anche l'aspetto tecnologico di 	

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
		integrazione con questo tipo di impianto e il conseguente formato delle mappe fertirrigue erogate dal sistema.	

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
V2AP02_SF002	Costruzione di scenari per la determinazione dei fabbisogni idrici di distretto e del beneficio irriguo	Elaborazione e produzione dei seguenti prodotti <ul style="list-style-type: none"> • Volumi irrigui di distretto attuali • Mappe dei volumi irrigui di distretto attuali • Volumi irrigui di distretto previsti a 15gg • Mappe dei volumi irrigui di distretto previsti a 15gg • Distribuzione giornaliera/decadale/mensile dei consumi attuali e previsti • Stima del beneficio irriguo • Mappa del beneficio irriguo • Stima della perdita in PLV per un determinato scenario 	Si prevede l'implementazione dell'algoritmica necessaria alla raccolta dati ed all'elaborazione delle richieste verso il sistema Irriframe ai fini di produrre e visualizzare gli scenari indicati.

Tabella 1 Elenco dei Requisiti funzionali

1.2.2 Requisiti non Funzionali Correlati

I requisiti non funzionali sono identificati dalle esigenze di monitoraggio e governance dell'applicativo fornito. A tal proposito, si precede la realizzazione di funzionalità di monitoraggio automatico per la verifica del funzionamento dei servizi interni e delle relative prestazioni (stato di esercizio del sistema, tempistiche di risposta dei servizi, esito delle invocazioni e delle elaborazioni, etc.).

Nella predisposizione del modello di governance, saranno definiti specifici “livelli di servizio” sulla base dei diversi scenari end-to-end che coinvolgono il modulo, con particolare riguardo al modello sincrono o asincrono di generazione dei payload necessari al consumo dei dati da parte dei client. Lo stesso modello di governance definirà inoltre le logiche di provisioning dei dati verso utenti e sistemi collegati, nel rispetto delle condizioni previste dalle relative licenze di utilizzo.

1.2.3 Vincoli e Limitazioni

Con il rispetto delle indicazioni inserite all'interno del seguente documento, non si intravedono vincoli tecnici e/o normativi al netto dell'indicazione ricevuta dallo stakeholder CREA che non condividerà la Carta dei Suoli.

1.3 Architettura logico-applicativa del sistema

Questo paragrafo contiene informazioni relative a specifiche applicative e funzionali del sistema, con l'obiettivo di trasmettere al lettore le logiche applicative del servizio.

1.3.1 Requisiti Non-Funzionali

L'architettura di questo applicativo si basa sui seguenti requisiti non funzionali:

REQUISITO	Descrizione
scalabilità	I servizi implementati nell'Application Platform e nell'Intelligence Platform devono poter avere una infrastruttura scalabile sia verticalmente che orizzontalmente per venire incontro ai requisiti prestazionali che i modelli deterministici e i modelli di machine learning richiedano
scalabilità	I moduli software devono poter essere mandati in esecuzione in parallelo senza causare collisioni di processo o di dati
alta disponibilità	Il deployment dei servizi deve avvenire in continuous delivery o in continuous deployment mantenendo la disponibilità del servizio a front end durante i rilasci
alta disponibilità	I servizi devono garantire auto recovery mantenendo la consistenza dei dati ad ogni riavvio
performance	I tempi di risposta delle request API eseguite da interfaccia webGIS nel caso di funzionamento in modalità sincrona, devono rientrare nei tempi accettabili alle esigenze dell'utente
sicurezza	L'accesso all'interfaccia deve avvenire secondo le regole definite nel documento “classi di utenza” del SIM
interoperabilità	Lo scambio dei dati tra il SIM e gli stakeholder avviene secondo protocolli di interoperabilità definiti negli accordi di servizio tra il MASE e gli stakeholder
microservizi	L'interazione tra i servizi e l'utente può avvenire in modalità sincrona nel momento in cui l'interfaccia utente aspetta l'esito del risultato, tipicamente in questo caso il controllo delle

REQUISITO	Descrizione
	invocazioni delle request e delle relative response sono ad appannaggio del GIS Server. Oppure in modalità asincrona nel momento in cui l'interfaccia utente non attende l'esito del microservizio invocato, ma il risultato viene notificato all'utente tramite messaggio al termine dell'elaborazione. Nella modalità asincrona viene invocato il servizio di elaborazione che, a sua volta invia un messaggio a un message broker per notificare l'esito dell'elaborazione oppure per notificare l'alert di una situazione di pericolo.
content sharing	I dati prodotti dalle applicazioni del SIM, utili tra diverse applicazioni vengono memorizzate nel repository del SIM a meno di diverse indicazioni degli stakeholder
policy di ingestion	In linea con la definizione di data mesh, i dati degli stakeholder vengono importati nel SIM su aree di storage temporanee solo nel momento in cui servano alla richiesta dell'utente.
logging	I log applicativi devono poter essere accessibili tramite interfaccia unica per facilitare le attività di operation nella ricerca delle cause di errore
logging	I log devono essere categorizzati e ordinabili per priorità (es: FATAL, ERROR, WARNING, ...), ordinabili per data e riconoscibili univocamente
compatibility	L'interfaccia webGIS deve essere compatibile con i browser più utilizzati (Google Chrome, Safari, Microsoft Edge, Firefox, Opera, Internet Explorer)

1.3.2 Diagramma Architeturale

L'accesso all'applicativo avviene tramite la piattaforma della digital experience che consente di gestire l'interfaccia web GIS sui diversi device (pc o mobile) e di definire le regole di accesso in funzione delle classi di utenza definite nel SIM, quali: l'utenza di portale, l'utenza di geo processing e l'utenza di monitoraggio. L'utente visualizza la mappa cartografica dell'Italia, ha la possibilità di selezionare un'area di interesse su tale mappa e di sovrapporre i layer delle immagini satellitari e delle mappe di caratterizzazione del suolo. I riferimenti API alle mappe cartografiche vengono reperite tramite il discovery and access broker GEO DAB del SIM in funzione delle caratteristiche geospaziali necessarie (scala, sistema di riferimento, etc ...)

Nell'intelligence platform l'applicativo implementa l'ingestion e la trasformazione del dato in un formato coerente e appropriato per l'applicazione degli algoritmi di consiglio fertirriguo e irriguo. Questa trasformazione può includere la pulizia dei dati, la conversione di formati, la gestione di errori e la creazione di nuove strutture di dati necessarie per soddisfare i requisiti degli algoritmi.

L'applicativo applica algoritmi di consiglio fertirriguo e irriguo e ne memorizza il risultato nell'area di storage del repository del SIM in formato strutturato e in formato geospaziale.

Il database "Master Catalog" contiene i metadati associati ai dati degli stakeholder relativi alle informazioni tecniche degli "accordi di servizio" tra gli stakeholder e il SIM, come per esempio,

- formato del dato
- qualità del dato
- modalità di accesso
- API esposte
- modalità di refresh dei dati

Nel database GEO DAB del “Master Catalog” l'applicativo memorizza i riferimenti dei layer ottenuti dagli algoritmi e quelli delle mappe cartografiche a supporto. Il GEO DAB permette di gestire in modo intelligente la ricerca delle mappe necessarie in funzione delle caratteristiche geospaziali richieste.

Le richieste verso i servizi degli stakeholder o verso servizi all'interno del SIM vengono veicolati tramite l'integration platform e il database Master Catalog, l'API del dato dello stakeholder viene storicizzato nel Master Catalog e caricato ciclicamente nella cache del API Gateway a partire dal Master Catalog stesso. Si presentano due scenari, se l'API dello stakeholder è presente nella cache dell'API Gateway allora quest'ultimo veicola la richiesta verso lo stakeholder, se l'API dello stakeholder non è presente nella cache dell'API Gateway allora quest'ultimo esegue una richiesta al Master Catalog per recuperare l'API dello stakeholder. Sia il database management del Master Catalog che l'integration platform si preoccupano di eseguire un'analisi sintattica dell'API request.

L'applicativo memorizza nel repository del SIM le mappe di consiglio fertirriguo e irriguo e le rende disponibili sia per la visualizzazione su interfaccia web GIS che per l'estrazione da parte di applicativi esterni al SIM tramite richieste API.

L'interoperabilità tra SIM e stakeholder è garantita dall'integration platform, l'accesso ai dati degli stakeholder avviene tramite servizi esposti da GIS server per i dati cartografici e tramite servizi di accesso specifici nel caso di database SQL e NOSQL per i dati strutturati e non strutturati.

Nel repository del SIM sono presenti le informazioni in formato geospaziale della caratterizzazione chimico fisica del suolo prodotta da applicativo orizzontale.

Di seguito viene presentato il diagramma architetturale dell'applicativo mappato sull'architettura di riferimento del SIM e le interconnessioni principali tra le piattaforme che lo compongono. Identifichiamo le seguenti fasi operative e flussi dati relativi.

1. All'avvio dell'applicativo avviene la visualizzazione della mappa cartografica di base. Prima di visualizzare la mappa, l'applicativo ricerca nel GEO DAB il riferimento della mappa che è consistente con le caratteristiche geospaziali necessarie alla visualizzazione quali ad esempio scala o sistema di riferimento

Generazione mappa fertirrigua VRT:

2. L'utente effettua la selezione della zona di interesse a livello di appezzamento delineando un poligono su mappa oppure usufruendo delle informazioni del Piano Colturale Grafico (PCG) di AGEA
3. L'utente seleziona il layer delle ortofoto satellitari con risoluzione sufficiente a mostrare la variabilità degli indici intra-appezzamento mappe satellitari rappresentative degli indici
4. L'utente tramite interfaccia web GIS invoca la generazione delle mappe satellitari rappresentative degli indici vegetativi e delle mappe geografiche rappresentative della tipologia della vegetazione in funzione delle immagini selezionate al punto precedente
5. L'utente, tramite interfaccia web GIS, sovrappone alla zona di interesse selezionata il layer delle mappe geografiche rappresentative delle caratteristiche del suolo memorizzate nel repository

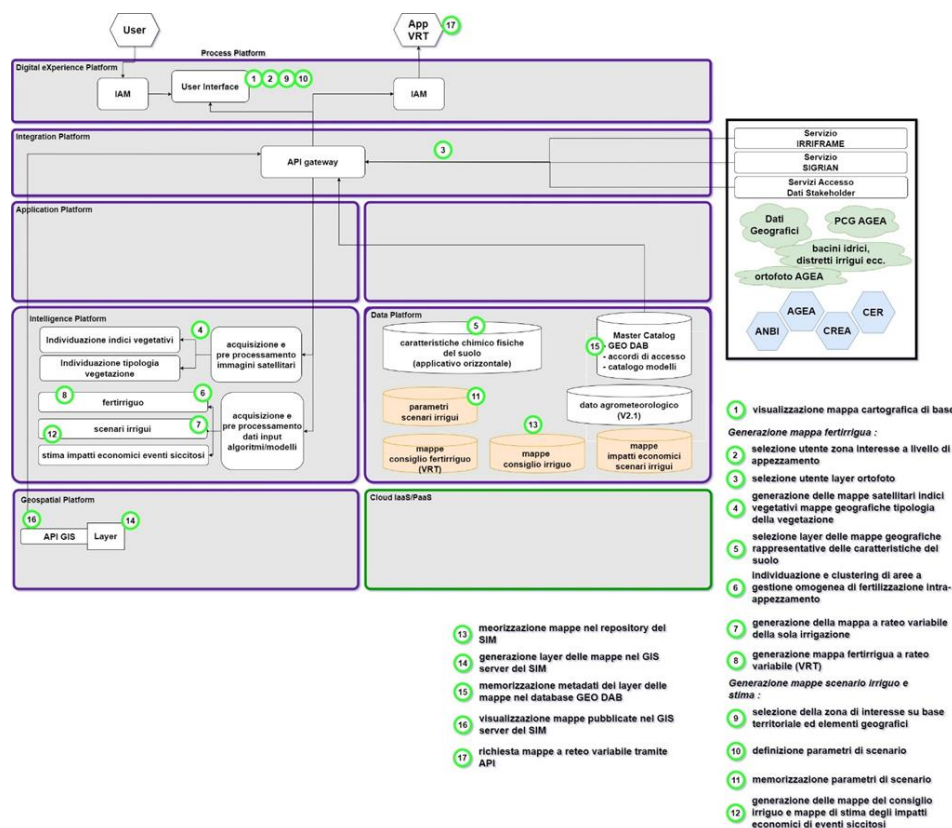
del SIM dall'applicativo orizzontale omonimo, in modo da definire un set di dati da fornire in input agli algoritmi fertirriguo e di scenario irriguo

6. L'utente invoca tramite interfaccia web GIS il servizio di individuazione e clustering di aree a gestione omogenea di fertilizzazione intra-appezzamento per la generazione delle mappe di area omogenea di fertilizzazione associando relativo calcolo delle ricette fertirrigue in funzione dei dati selezionati ai punti precedenti
7. L'utente invoca tramite interfaccia web GIS il servizio IRRIFRAME al fine della generazione della mappa a rateo variabile della sola irrigazione che si basa su di un dataset di valori NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ottenuti nei passaggi precedenti
8. L'utente invoca tramite interfaccia web GIS l'integrazione della mappa dell'area omogenea di fertilizzazione con la mappa dell'irrigazione a rateo variabile per generare la mappa fertirrigua a rateo variabile (VRT)

Generazione mappe scenario irriguo:

9. L'utente effettua la selezione della zona di interesse sia su base territoriale (i.e. distretto, bacino, area amministrativa, etc..), che secondo chiavi analitiche (i.e. tipologia di coltura, annualità etc..). Per la selezione di elementi geografici, tipicamente bacini idrici, comprensori consortili, distretti irrigui ecc., l'applicativo effettua la connessione al database SIGRIAN di CREA
10. L'utente definisce tramite interfaccia web GIS i parametri di scenario quali il periodo di elaborazione, le colture, le caratteristiche del terreno, l'efficienza irrigua e le tipologie degli impianti di irrigazione. Per ottenere la stima degli impatti economici di eventi siccitosi l'utente imposta anche i parametri di resa della coltura e data di inizio e fine ciclo colturale
11. L'utente tramite interfaccia web GIS memorizza nel repository del SIM i parametri di scenario
12. L'utente tramite interfaccia web GIS invoca i servizi IRRIFRAME al fine della generazione delle mappe del consiglio irriguo e delle mappe di stima degli impatti economici di eventi siccitosi
13. L'applicativo memorizza le mappe generate ai punti precedenti nel repository del SIM
14. L'applicativo genera i layer delle mappe generate ai punti precedenti e li rende pubblici nel GIS server del SIM
15. L'applicativo memorizza i riferimenti dei layer del punto precedente e le relative caratteristiche geospaziali nel database del GEO DAB
16. L'utente visualizza tramite interfaccia web GIS i layer generati ai punti precedenti pubblicati nel GIS server del SIM
17. L'applicativo mette a disposizione API per la richiesta di mappe a rateo variabile ad applicativi esterni al SIM come, per esempio, applicativi che gestiscono impianti di irrigazione predisposti con tecnologia VRT

I punti contrassegnati in verde nel diagramma danno evidenza delle fasi appena descritte.



1.3.3 Piattaforme SIM utilizzate

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
Application Platform (DevSecOps)	Pipeline CI/CD Engine	SI	Il codice software dei microservizi dell'application platform viene versionato sul repository di progetto e deployato in collaudo e produzione tramite tool di pipeline automatizzate
	Software Forge	SI	La gestione del versioning, del tracciamento dei problemi, la collaborazione tra gli sviluppatori ha impatti su tutte le piattaforme coinvolte nel disegno architetturale come da paragrafo precedente
	Application Defined Storage Engine	SI	Disponibilità di una permanent storage per memorizzare temporaneamente i dati in input ai agli algoritmi fertirriguo e consiglio irriguo
	Service Mesh	SI	È necessario un framework di Service Mesh per semplificare la comunicazione, monitorare e gestire i servizi, avere un'applicazione ad alta affidabilità, e

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			gestire la sicurezza e la resilienza del sistema.
	Observability	SI	La capacità di misurare, monitorare e comprendere il comportamento di un sistema software in esecuzione, in modo da poter diagnosticare problemi, tracciare le prestazioni e ottenere informazioni dettagliate sullo stato del sistema impatta tutte le piattaforme coinvolte nel disegno architetturale come da paragrafo precedente
Process Platform	Business Process Modelling	NO	
	Workflow Engine	NO	
	Business Rule Engine	NO	
	Analytics and Reporting	NO	
	Integration and Connectivity	NO	
	Collaboration and Communication tools	NO	
	Security and Access Control	NO	
	Complex Event Processing	NO	
Data Platform	Extract, Transform, Load (ETL) tools	NO	
	Data Modelling tools	SI	Il formato delle sorgenti di dati delle stazioni di monitoraggio nazionali e regionali deve essere normalizzato a formato univoco e confrontabile. L'applicativo definisce gli schemi dei database che compongono il master catalog e il database del GEO DAB
	Business Intelligence tools	NO	
	Metadata Management tools	SI	Le informazioni degli stakeholder vengono inserite nel master catalog tramite tool di metadata management
	Data Governance tools	NO	
	Data modeling and Preparation tools	NO	
	Report creation/generation	NO	
	Data Visualization engines	NO	

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
	Indexing, search	SI	L'applicativo permette la selezione dei layer delle mappe e l'accesso a tali dati tramite GEO DAB e accordi di accesso registrati nel master catalog. Quest'ultimo è indicizzato allo scopo di migliorarne le performance di estrazione
Intelligence Platform	AI/ML Frameworks catalog	NO	
	AI/ML Flows	NO	
	AI Models Lifecycle Management	NO	
	AI Data Preparation	NO	
	Model Deployment	NO	
	Model Monitoring	NO	
	ML Scaling Framework	NO	
Integration Platform	Integration Flows (Scenarios)	SI	Il flusso di integrazione tra i componenti delle piattaforme avviene sempre tramite l'integration platform
	Connectors	SI	L'applicativo implementa connettori software per estrarre le informazioni della sensoristica delle reti di monitoraggio dislocate presso gli stakeholder
	Data mapping and transformation	SI	L'applicativo esegue un controllo sintattico e semantico sui dati letti dagli stakeholder e applica una prima fase di trasformazione in modo da omogeneizzare i dati in input alle elaborazioni successive
	Integration workflow automation	NO	
	API management	SI	L'applicativo implementa il routing delle richieste API tra le varie componenti delle piattaforme
	API gateway	SI	L'applicativo gestisce il routing delle richieste API tra le varie componenti
	Policies, monitoring and analytics	SI	Le richieste API tra le varie component vengono monitorate per analizzarne le performance
	Security and compliance	SI	I dati in transito vengono gestiti secondo criteri di integrità e confidenzialità e l'accesso sicuro ai servizi è garantito tramite token di autenticazione
Digital Experience Platform	Content Management Service	NO	

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
	Mobile Devices Support	NO	
	Content Personalization	NO	
	Content and Service Analytics	NO	
	Identity Management Support Integration	SI	
	Service Access Policies	SI	
	Single Page Apps	SI	
	Forms	NO	Non è previsto l'utilizzo di formulari per la raccolta di informazioni sui profili o sui contatti degli utenti
	Asset Publisher	NO	
	Search	NO	
	Fragments and Pages	SI	L'applicativo implementa componenti software riutilizzabili all'interno di più pagine web
	SEO and Page Analytics	NO	
Geospatial Platform	Data Integration	SI	L'applicativo integra le mappe della cartografia di base e i layer delle mappe dell'applicativo in un modello di coordinate di riferimento univoco
	Remote Sensing	NO	
	GIS base services	SI	L'applicativo fornisce servizi e formati in standard OGC
	Spatial Analysis	SI	L'utente deve avere la possibilità di identificare e selezionare la zona di interesse sui layer dell'interfaccia web GIS predisposti per l'applicativo
	Risk Assessment	NO	
	Predictive Modeling	SI	L'applicativo visualizza le mappe relative al consiglio fertirriguo e irriguo prodotte
	Climate Change Analysis	NO	
	Environmental Impact Assessment	SI	L'applicativo visualizza le mappe relative al consiglio fertirriguo e irriguo prodotte
	Reporting and Visualization	SI	
	Historical Data Analysis	SI	Tramite questa capability l'applicativo permette delle analisi grafiche dei dati di serie storiche delle immagini satellitari
	Scenario Planning	SI	L'applicativo permette di visualizzare graficamente scenari possibili e analisi what-if

1.4 Dati di input

1.4.1 Introduzione ai Dati di Input

Il modulo in oggetto necessita in input dei dati utili alla formulazione delle richieste per il calcolo del consiglio irriguo/bilancio idrico prodotto dal sistema Irriframe. Il colloquio con Irriframe avverrà come descritto nel paragrafo dedicato ai Sistemi federati.

1.4.2 Catalogo delle Fonti di Dati

Id	Nome Sorgente Dati	Proprietà dei Dati (owner)	Modalità di Accesso	Frequenza di Aggiornamento	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Caratteristiche Sensibilità Dato	Uso del Dato	Criticità
V2A P02 _I0 01	Dati agrometeorologici	AgroMet eoHUB	API	Variabile dal sistema federato di riferimento e dalla natura del dato richiesto	API	limitazioni e protocolli d'uso e trattamento definiti dai sistemi master dell'ecosistema SIM acceduti	Formulazione delle richieste per la generazione dei consigli irrigui/bilancio.	Non rilevata
V2A P02 _I0 02	PCG Agea	AGEA	API	Variabile dal sistema federato di riferimento e dalla natura del dato richiesto	API	limitazioni e protocolli d'uso e trattamento definiti dai sistemi master dell'ecosistema SIM acceduti	Formulazione delle richieste per la generazione dei consigli irrigui/bilancio.	Non rilevata
V2A P02 _I0 03	Mappe geografiche rappresentative delle caratteristiche del suolo	SIM	API	Variabile dal sistema di riferimento e dalla natura del dato richiesto	API	limitazioni e protocolli d'uso e trattamento definiti dai sistemi master dell'ecosistema SIM acceduti	Formulazione delle richieste per la generazione dei consigli irrigui/bilancio.	Non rilevata
V2A P02 _I0 04	Mappe satellitari rappresentative degli indici vegetativi	SIM	API	Variabile dal sistema di riferimento e dalla natura del dato richiesto	API	limitazioni e protocolli d'uso e trattamento definiti dai sistemi master dell'ecosistema SIM acceduti	Formulazione delle richieste per la generazione dei consigli irrigui/bilancio.	Non rilevata
V2A P02 _I0 05	Mappe geografiche rappresentative della tipologia della vegetazione	SIM	API	Variabile dal sistema di riferimento e dalla natura del dato richiesto	API	limitazioni e protocolli d'uso e trattamento definiti dai sistemi master dell'ecosistema SIM acceduti	Formulazione delle richieste per la generazione dei consigli irrigui/bilancio.	Non rilevata

Tabella 2 Catalogo delle Fonti di Dati

1.4.3 Specifiche di contenuto

ID	Specifiche di contenuto
V2AP02_I001	Dati agrometeorologici: Dati provenienti dai servizi WEB adibiti alla gestione delle reti agrometeorologiche. Rappresentano diversi parametri utili all'alimentazione dei modelli previsti internamente al SIM. I parametri e le loro specifiche dipendono fortemente dalla rete agrometeorologica di provenienza.
V2AP02_I002	PCG Agea: Piani colturali grafici prodotti e resi disponibili da AGEA.
V2AP02_I003	Mappe geografiche rappresentative delle caratteristiche del suolo: Rappresentano la distribuzione geografica delle caratteristiche chimico fisiche del suolo. La risoluzione ed i parametri prescelti dipendono dall'ambito di applicazione. Solitamente nell'ambito dell'agricoltura di precisione vengono utilizzate mappe con risoluzione sufficiente a mostrare la variabilità delle caratteristiche intra-appezzamento. Tale risoluzione permette di individuare e suddividere l'appezzamento in sub-appezzamenti a gestione omogenea. L'identificazione dei sub-appezzamenti omogenei permette l'applicazione di algoritmi a rateo variabile permettendo all'utente utilizzatori una maggiore puntualità delle informazioni.
V2AP02_I004	Mappe satellitari rappresentative degli indici vegetativi: mappe satellitari che mostrano lo stato vegetativo di una coltura o di un'area geografica attraverso l'utilizzo di indici satellitari generati dall'elaborazione di dati raw. Gli indici vegetativi sono diversi, sia in numero che in scopo d'uso. Solitamente nell'ambito dell'agricoltura di precisione vengono utilizzate mappe con risoluzione sufficiente a mostrare la variabilità degli indici intra-appezzamento permettendo la creazione, attraverso processi di clustering, di aree a gestione omogenea intra-appezzamento.
V2AP02_I005	Mappe geografiche rappresentative della tipologia della vegetazione: Mappe satellitari che mostrano le vegetazioni in atto all'interno delle diverse aree geografiche. All'interno del verticale rappresentano i dati di input necessari alla creazione di scenari con perimetro distrettuale, premettendo al verticale la possibilità di fornire sia informazioni macroscopiche, sia informazioni di dettaglio.

Tabella 3 Specifiche di contenuto

1.5 Sistemi federati

1.5.1 Introduzione ai Sistemi Federati

Il servizio in oggetto interagirà con le API di Irriframe. Irriframe è un sistema avanzato di supporto tecnico per il risparmio idrico in agricoltura, realizzato dal CER, Consorzio per il Canale Emiliano Romagnolo. Si tratta di un sistema di precisione a disposizione gratuita dei produttori agricoli, in grado di elaborare consigli irrigui sulla base di specifici input forniti relativi a dati agrometeorologici (pioggia ed evapotraspirazione), dei suoli o inerenti parametri colturali. La combinazione di questi dati genera il cosiddetto bilancio idrico della singola coltura, con il computo di tutte le uscite ed entrate d'acqua, il tutto perfettamente geolocalizzato per il singolo appezzamento di terreno. Il modello di bilancio idrico alla base del servizio Irriframe incrocia diverse informazioni quali ad esempio la quantità di acqua piovana infiltrata nel terreno, la simulazione della crescita dell'apparato radicale e l'avvicendamento delle fasi fenologiche nello sviluppo delle colture; lo stato

di eventuale stress idrico della coltura; l'apporto di falda, il flusso dell'acqua attraverso tre strati di suolo (superficiale, strato occupato dalle radici, e strato sottostante) per il calcolo dell'esatto del volume d'acqua necessario in considerazione, inoltre, del momento in cui l'acqua è disponibile per l'agricoltore. La ponderazione di questi elementi, ovvero la quantità d'acqua disponibile in rapporto al preciso fabbisogno idrico, restituisce il consiglio irriguo corredato da grafici dell'andamento dell'umidità del terreno nella stagione irrigua.

Le API di Irriframe restituiscono anche i fabbisogni idrici (cumulata delle irrigazioni necessarie in un determinato PLOT) e il beneficio irriguo in termini di resa.

1.5.2 Elenco dei Sistemi Federati

ID	Nome Sistema Federato	Descrizione Sis Fed	Proprietà del servizio (owner)	Modalità di Interazione	Caratteristiche Sensibilità Servizio
V2AP02_SF001	Irriframe	Sistema di calcolo del bilancio/ consiglio irriguo	ANBI	API	limitazioni e protocolli d'uso e trattamento definiti dai sistemi master dell'ecosistema SIM acceduti
V2AP02_SF002	SIGRIAN	Banca dati dei perimetri riguardanti bacini idrici, comprensori consortili, distretti irrigui ecc.	CREA	API	limitazioni e protocolli d'uso e trattamento definiti dai sistemi master dell'ecosistema SIM acceduti

Tabella 4 Elenco dei Sistemi Federati

1.6 Funzioni, Algoritmi e Modelli

ID	Denominazione	Descrizione	Dati in input / Attributi	Formulazione	Output
V2AP2-1	Fertirrigazione di precisione	Algoritmo per la generazione dei consigli fertirrigui	<ul style="list-style-type: none"> Dati agro-meteorologici PCG (poligoni/culture) acquisiti dai servizi WEB resi disponibili da Agea Mappe geografiche rappresentative delle caratteristiche del suolo Mappe geografiche rappresentative della tipologia della vegetazione Mappe satellitari rappresentative degli indici vegetativi. 	<p>Algoritmo atto alla generazione di aree a gestione omogenea intra-appezzamento e alla formulazione delle relative chiamate API necessarie alla generazione del consiglio fertirriguo specifico dell'appezzamento in esame.</p> <p>(si rimanda a "Dettagli sugli Algoritmi" per la formazione dettagliata)</p>	Consiglio fertirriguo
V2AP2-2	Scenari irrigui	Algoritmo per la generazione degli scenari irrigui	<ul style="list-style-type: none"> Dati agro-meteorologici PCG (poligoni/culture) acquisiti dai servizi WEB resi disponibili da Agea Mappe geografiche rappresentative delle caratteristiche del suolo Mappe geografiche rappresentative della 	<p>Ai fini di utilizzare il sistema IRRIFRAME per il calcolo degli scenari irrigui, si prevede l'implementazione di un algoritmo, atto alla costruzione degli scenari, esterno al sistema IRRIFRAME. Tale algoritmo si occuperà della</p>	Scenario irriguo

ID	Denominazione	Descrizione	Dati in input / Attributi	Formulazione	Output
			<p>tipologia della vegetazione</p> <ul style="list-style-type: none"> Mappe satellitari rappresentative degli indici vegetativi. 	<p>formulazione del dataset iniziale e della generazione delle chiamate API necessarie alla rappresentazione dello scenario.</p> <p>(si rimanda a “Dettagli sugli Algoritmi” per la formazione dettagliata)</p>	
V2AP2-3	Stima impatti economici di eventi siccitosi	Algoritmo per la Stima impatti economici di eventi siccitosi	<ul style="list-style-type: none"> Dati agro-meteorologici PCG (poligoni/culture) acquisiti dai servizi WEB resi disponibili da Agea Mappe geografiche rappresentative delle caratteristiche del suolo Mappe geografiche rappresentative della tipologia della vegetazione Mappe satellitari rappresentative degli indici vegetativi. 	<p>Algoritmo che deriva parte della propria struttura dall'algoritmo precedente ma che aggiunge le analisi necessarie all'individuazione e alla rappresentazione delle stime economiche.</p> <p>(si rimanda a “Dettagli sugli Algoritmi” per la formazione dettagliata)</p>	Scenari irrigui finalizzati alla stima degli impatti economici di eventi siccitosi

Tabella 5 Algoritmi e Modelli

1.6.1 Introduzione e Panorama Generale

Gli algoritmi enunciati all'interno del seguente modulo hanno come scopo l'estrazione dei dati relativi ai bilanci/consigli irrigui provenienti dal sistema Irriframe e la loro orchestrazione per renderli consumabili dai servizi interni all'ecosistema SIM. Tali algoritmi dovranno integrare al loro interno la possibilità di raggruppamento delle informazioni per la generazione di bilanci/consigli irrigui su aree geografiche a livello distrettuale, oltre alla capacità di predisporre tali informazioni per renderle consumabili dai servizi citati precedentemente.

1.6.2 Criteri di Selezione

Gli algoritmi previsti per l'implementazione all'interno del modulo dedicato all'interfacciamento con il sistema Irriframe sono stati scelti ed individuati al fine di garantire ed incentivare la flessibilità del sistema proposto, elemento rilevante per quanto riguarda l'usabilità dell'applicativo da parte di enti, privati o pubblici, posti a gestione della risorsa idrica.

Durante la fase di selezione degli algoritmi si sono comunque considerate le caratteristiche di scalabilità ed operatività, necessarie a garantire il corretto sviluppo e la corretta evoluzione nel tempo dell'applicativo.

1.6.3 Tipologie di Funzioni Applicative

Il modulo in oggetto comprende al proprio interno le funzionalità applicative necessarie alla predisposizione di dataset complessi ed eterogenei per la generazione delle chiamate API verso il sistema Irriframe. I risultati ottenuti da queste chiamate verranno successivamente rielaborati tramite algoritmi di aggregazione e rappresentazione del dato atti a produrre l'output richiesto dall'utente.

1.6.4 Dettagli sugli Algoritmi

• **Funzionalità di Fertirrigazione di precisione**

Lo sviluppo di una funzionalità di Fertirrigazione di precisione richiede il seguente algoritmo:

- Produzione della mappa a rateo variabile della sola irrigazione mediante la API Irriframe che si basa su di un dataset di valori NDVI;
- Acquisizione dei dati necessari alla determinazione delle aree omogenee di fertilizzazione (vedi sopra) ;
- Produzione della mappa "area omogena di fertilizzazione" con poligoni a cui sono associati i dati specifici necessari al calcolo delle relative ricette fertirrigue;
- Calcolo delle ricette di fertirrigazione delle singole aree omogenee di fertilizzazione sulla base del disciplinare della zona in cui ricadono e verificando che la loro somma non superi i vincoli del disciplinare stesso;
- Integrazione della mappa area omogena di fertilizzazione con la mappa dell'irrigazione a rateo variabile in base alla tipologia di impianto irriguo presente in campo per la produzione di una mappa fertirrigua integrata che contiene N poligoni denominati area omogena di fertilizzazione+irrigazione;

- Per ciascuna area omogena di fertilizzazione+irrigazione viene richiesto ad Irriframe il calcolo del piano di frazionamento NPK per ottenere, per ciascuna area omogena di fertilizzazione+irrigazione, sia le informazioni irrigue (data intervento e quantità di acqua) che quelle di fertilizzazione (unità di NPK da distribuire in corrispondenza delle irrigazioni);
- Produzione della mappa finale in base ai protocolli della centralina di controllo dell'impianto a cui dovrà essere inviata.

• **Algoritmo di generazione degli scenari irrigui**

Per consentire l'integrazione con la piattaforma IRRIFRAME è necessario predisporre uno strumento di costruzione di scenari in grado di:

- Definire i parametri di scenario;
- Reperire i dati necessari al calcolo in base ai parametri di scenario e trasformarli secondo le specifiche della piattaforma;
- Interrogare in modo seriale le API di Irriframe passando le informazioni di cui al punto 2;
- Ottenere e memorizzare i risultati elementari dei bilanci idrici;
- Aggregare i risultati elementari per elaborare report e mappe sulla base degli scenari impostati dall'utente.

Si prevede quindi di realizzare un'interfaccia per la costruzione di scenari sia su base territoriale (i.e. distretto, bacino, area amministrativa, etc..), sia secondo chiavi analitiche (i.e. tipologia di coltura, annualità etc..). Il motore di scenario si incaricherà di reperire le informazioni presenti nel SIM sulla base delle richieste dell'utente, generando una serie di chiamate API, spazializzando ed aggregando i risultati sia in forma GIS, sia mediante apposita reportistica.

I parametri di scenario e i relativi risultati potranno essere salvati nel sistema per un successivo recupero, in quanto il calcolo, soprattutto in caso di scenari complessi, potrebbe richiedere un significativo tempo di elaborazione.

In considerazione della complessità di inserimento dei dati necessari alla generazione dello scenario, per alcuni di essi verrà previsto un default indicato nello specifico paragrafo.

I parametri di scenario sono i seguenti:

- Area geografica
- Periodo di elaborazione
- Colture presenti
- Caratteristiche del terreno (tessitura)
- Efficienza irrigua
- Tipologie impianti irrigui
- Fertirrigazione
- Area geografica

L'area geografica di scenario può essere definita mediante selezione diretta su mappa, con la scelta di elementi geografici oppure caricando una copertura GIS multipoligonale.

Per la selezione su mappa deve essere possibile la definizione di aree di forma rettangolare e anche di forma poligonale, possono essere selezionate più aree, quindi più poligoni per lo stesso scenario.

Per la selezione di elementi geografici, tipicamente bacini idrici, comprensori consortili, distretti irrigui ecc., sarebbe utile la connessione al database SIGRIAN di CREA (citato nel Progetto Preliminare SIM) che contiene già gli elenchi di gran parte di questi elementi con il relativo poligono georeferenziato. Deve essere possibile una selezione multipla anche per gli elementi.

Il caricamento di una copertura GIS dell'utente ha il solo scopo di definire l'area di scenario e non contiene altre informazioni che la georeferenziazione dei poligoni che definiscono l'area.

- Periodo di elaborazione

Tipicamente data inizio e data fine del periodo di elaborazione dello scenario. Nel caso in cui il periodo di scenario si estenda nel futuro, questo sarà limitato a 15/20 giorni oltre la data corrente oppure in base alla disponibilità di dati meteorologici previsionali.

- Colture

Le colture possono essere definite in automatico in base alla copertura uso del suolo o a quella delle domande PAC o attraverso la consultazione della mappa delle colture ottenuta tramite classificazione automatica di immagini telerilevate se disponibili per il periodo di elaborazione. In entrambi i casi è necessaria una tabella di decodifica verso le colture Irriframe. In questo caso il parametro di scenario da salvare è "in automatico".

Se non disponibili oppure nel caso l'utente voglia inserire le proprie colture deve essere disponibile una interfaccia dove si inseriscono in modalità multipla coltura e relativa superficie percentuale riferita alla superficie dell'area di scenario. La lista delle colture deve essere richiesta ad Irriframe utilizzando una apposita API esistente. La lista colture e percentuali di superficie deve essere salvata come parametro di scenario.

- Caratteristiche del terreno

Irriframe utilizza essenzialmente la sola tessitura (sabbia, limo, argilla e scheletro) del terreno come media dei primi 50cm di suolo.

Anche in questo caso la scelta può essere "in automatico" se sono presenti in base dati le informazioni necessarie oppure l'utente può comunque inserire le classi granulometriche presenti nell'area di scenario. Per classe granulometrica si intende una combinazione di sabbia, limo, argilla e scheletro non è necessaria la georeferenziazione. Le classi inserite vanno salvate.

- Efficienza irrigua

Una volta ottenuta la somma dei fabbisogni di distretto calcolati da Irriframe poiché Irriframe calcola i fabbisogni AL CAMPO per ottenere la stima a livello di TESTA di DISTRETTO, come richiesto dalle Linee Guida, è necessario applicare dei coefficienti di efficienza irrigua:

- efficienza dell'impianto irriguo

- efficienza di applicazione (al campo): rappresenta l'efficienza del sistema di distribuzione all'interno del distretto
- efficienza di adduzione (fino al distretto): quest'ultimo termine può essere posto uguale ad 1 nel caso in cui la determinazione dei fabbisogni si riferisca al distretto irriguo

Il parametro 1 viene assegnato in base alla scelta delle tipologie di impianto irriguo. Le efficienze 2 e 3 possono essere inserite dall'utente e nel caso vanno salvate.

- **Tipologie impianti irrigui**

La lista degli impianti irrigui gestiti da Irriframe può essere ottenuta mediante una apposita API. L'utente può scegliere di riferire lo scenario ad uno o più tipologie di impianti. In base a questa scelta viene anche reperita la relativa efficienza di default che può essere modificata dall'utente.

In base ai parametri di scenario vengono reperite le informazioni necessarie e prodotte le chiamate API ad Irriframe necessarie per ottenere i risultati

Algoritmo di definizione delle combinazioni

Irriframe basa il proprio calcolo su di una unità elementare (plot) univoca in termini di suolo-cultura-clima composta quindi da una singola coltura, un dataset meteo (pixel meteo) e una classe granulometrica. A questo plot può essere assegnata una tipologia di impianto.

Vanno pertanto generate un numero di combinazioni/plot di scenario pari alla risultante

$N_{plot} = N_{colture} \times N_{suoli} \times N_{pixel\ meteo} \times N_{tipologia\ impianti\ irrigui}$

N colture: si ottiene dalla copertura uso del suolo per l'area selezionata e per il periodo di scenario oppure dalle colture inserite dall'utente. Nel primo caso esiste una georeferenziazione nel secondo no

N suoli: si ottiene dalla copertura pedologica per l'area selezionata oppure dalle classi inserite dall'utente. Nel primo caso esiste una georeferenziazione nel secondo no

N pixel meteo: si ottiene dalla copertura dei pixel meteo quindi è sempre georeferenzata

N tipologia impianti: inserita dall'utente e non georeferenzata

A ciascun plot, in base alla sua georeferenziazione, possono essere associati anche i seguenti dataset se disponibili

- indici vegetazionali per la correzione dei KC
- umidità del terreno a data (Soil Moisture)

Ogni singolo plot generato viene passato alla API di calcolo che restituisce un dataset di righe giornaliere di bilancio (max 365) generando quindi un numero di record pari a $N_{plot} \times N_{giorni\ di\ bilancio}$. La quantità di dati da gestire è quindi considerevole.

- **Algoritmo di stima impatti economici di eventi siccitosi**

Rispetto allo scenario base descritto nei punti precedenti le differenze sono descritte di seguito.

Ai parametri base si aggiungono

Resa della coltura

Se l'utente usa una propria tabella culturale si tratterà di prevedere in tabella per ogni coltura anche l'inserimento di questo dato. Se invece l'utente utilizza una mappa di uso del suolo o altre origini sarà necessario costruire una lista delle colture risultanti (solo quelle abilitate al calcolo economico) e verrà richiesto l'inserimento delle rese per ciascuna di esse. La resa si compone di due informazioni tipo resa (Q/ha, capolini ecc.) e valore corrispondente.

Data inizio/fine ciclo colturale

Con le stesse modalità viste precedentemente dovrà essere inserita per ciascuna coltura una data prevista di inizio ciclo (Ripresa vegetativa, semina o trapianto) e una data di raccolta o di fine ciclo.

La definizione delle combinazioni necessaria alla generazione della stima economica di eventi siccitosi seguirà la stessa logica del punto precedente (Algoritmo di definizione delle combinazioni).

1.6.5 Dettagli sui Modelli

In questo applicativo in fase di progettazione non si prevede l'implementazione di Modelli.

1.6.6 Interazione tra Algoritmi e Modelli

Si veda paragrafo precedente.

1.6.7 Analisi della Complessità Computazionale

Durante le fasi di analisi previste all'interno della roadmap di svolgimento del progetto (vedi paragrafo **"Error! Reference source not found."**), verrà svolta la analisi atta a definire la complessità delle suite di algoritmi nella loro interezza. All'interno di tale analisi verranno prese in considerazione diverse variabili derivanti dalla frequenza e dalla onerosità delle comunicazioni e dei relativi servizi operativi necessari all'elaborazione e alla generazione di quest'ultime.

1.6.8 Casistica di Utilizzo

L'insieme dei casi d'uso, in cui il modulo di interfacciamento al sistema Irriframe si rivela di particolare efficacia ed importanza, è racchiuso all'interno della descrizione dettagliata degli algoritmi in esame.

1.6.9 Misure di Validazione e Verifica

All'interno del lavoro necessario al completamento del progetto è prevista una "fase di pianificazione della fase di test", in cui verranno individuate le misure di validazione e verifica opportune a garantire il funzionamento del modulo sviluppato e a permettere la corretta esecuzione dei sistemi di monitoraggio previsti.

1.7 Dati di output

1.7.1 Introduzione

I dati di output previsti per il seguente modulo riguardano principalmente i dati forniti dal sistema Irriframe in modalità consumabile dai servizi interni al SIM dedicati alla visualizzazione geografica di tali informazioni o di altro tipo. I dati consisteranno quindi nell'elaborato prodotto dal sistema Irriframe previsto delle elaborazioni svolte e descritte nel capitolo precedente.

1.7.2 Elenco Dati di Output

ID	Nome Dato Output	Descrizione	Proprietà dei Dati (owner)	Modalità di Accesso	Frequenza di Aggiornamento	Caratteristiche Sensibilità Dato	Uso del Dato	Criticità
V2AP 02_O 001	Mappe di prescrizione a rateo variabile per la fert-irrigazione	Informazioni tabellari/testuali utilizzate ai fini di supporto alle decisioni dell'utente.	SIM	Comunicazione interna al SIM	Dipendente dallo stakeholder di riferimento	Si rimanda ad una fase successiva dell'approfondimento di questo aspetto.	Visualizzazione del dato a scopo informativo da parte dell'utente	Non rilevata
V2AP 02_O 002	Scenari irrigui	Gli scenari irrigui permettono di acquisire informazioni sia in termini di andamento in tempo reale dei consumi idrici che di stima dei fabbisogni futuri mediante previsione con orizzonte di una quindicina di giorni che saranno quanto più attendibili in relazione alla maggior o minore disponibilità di dati previsionali. I dati elementari possono essere raggruppati secondo diversi criteri che essenzialmente corrispondono ai parametri di scenario e alle loro combinazioni: • area o elemento (distretto, comprensorio ecc.)	SIM	Comunicazione interna al SIM	Dipendente dallo stakeholder di riferimento	Si rimanda ad una fase successiva dell'approfondimento di questo aspetto.	Visualizzazione del dato a scopo informativo da parte dell'utente	Non rilevata

ID	Nome Dato Output	Descrizione	Proprietà dei Dati (owner)	Modalità di Accesso	Frequenza di Aggiornamento	Caratteristiche Sensibilità Dato	Uso del Dato	Criticità
		<ul style="list-style-type: none"> coltura periodo e sottoperiodo (mese, decade ecc.) tipo terreno tipologia impianto irriguo tempistica fertirrigua (apporti NPK nel tempo) <p>I dati aggregati secondo i diversi criteri e la combinazione di essi viene scaricata tramite Excel e può anche essere graficata o visualizzata su mappa in base ai criteri che possiedono una georeferenziazione (vedi parametri). Anche i dati elementari, intesi come righe di bilancio, devono poter essere accessibili per ciascun plot.</p>						

Tabella 6 Elenco Dati di Output