



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

Sistema Integrato di Monitoraggio (SIM)

Progetto Esecutivo

ALLEGATO _VI_C.U.1.2

Estrazione e analisi delle caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrografici



**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.V1.2 - Estrazione e analisi delle caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrografici.....	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	8
1.1.4 Tematiche e Obiettivi Correlati.....	9
1.1.4.1 Analisi Geomorfologica finalizzata alla caratterizzazione dei bacini idrografici	10
1.1.4.2 Supporto alle Autorità di Bacino e all'ISPRA	11
1.1.4.3 Miglioramento della Gestione Cloud.....	12
1.1.4.4 Interoperabilità.....	13
1.1.5 Benefici Attesi.....	14
1.1.6 Vincoli e Limitazioni.....	15
1.1.7 Stakeholders Coinvolti	17
1.1.8 Conclusione e Riepilogo.....	19
1.2 Requisiti funzionali.....	19
1.2.1 Elenco dei Requisiti Funzionali	19
1.2.2 Requisiti non Funzionali Correlati	39
1.2.3 Vincoli e Limitazioni.....	40
1.3 Architettura logico applicativa del sistema	41
1.3.1 Requisiti Non-Funzionali	41
1.3.2 Diagramma Architetturale	42
1.3.3 Piattaforme SIM utilizzate.....	43
1.4 Dati di input.....	51
1.4.1 Introduzione ai Dati di Input.....	51
1.4.2 Catalogo delle Fonti di Dati.....	51
1.4.3 Specifiche di contenuto.....	57
1.5 Sistemi federati	58

1.5.1	Introduzione ai sistemi federati.....	58
1.5.2	Elenco dei sistemi federati.....	58
1.6	Funzioni, Algoritmi e Modelli	58
1.6.1	Introduzione e Panorama Generale.....	58
1.6.2	Criteri di Selezione.....	58
1.6.3	Tipologie di Funzioni Applicative	58
1.6.4	Dettagli sugli Algoritmi	59
1.6.5	Dettagli sui Modelli	60
1.6.6	Interazione tra Algoritmi e Modelli.....	62
1.6.7	Analisi della Complessità Computazionale	62
1.6.8	Casistica di Utilizzo	62
1.6.9	Misure di Validazione e Verifica	62
1.7	Dati di output.....	63
1.7.1	Introduzione.....	63
1.7.2	Elenco Dati di Output	64

1 CU.VI.2 – Estrazione e analisi delle caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrografici

1.1 Obiettivo del servizio applicativo

1.1.1 Introduzione

Il bacino idrografico è l'ambito territoriale di riferimento per la gestione e la tutela quali-quantitativa delle risorse idriche. Utilizzando la definizione che ne dà la L 183/89 il bacino idrografico è "il territorio dal quale le acque pluviali o di fusione delle nevi e dei ghiacciai, defluendo in superficie, si raccolgono in un determinato corso d'acqua direttamente o a mezzo di affluenti, nonché il territorio che può essere allagato dalle acque del medesimo corso d'acqua, ivi compresi i suoi rami terminali con le foci in mare ed il litorale marittimo prospiciente". Generalmente la definizione di un bacino idrografico è legata ad una determinata sezione di chiusura, sezione di corso d'acqua rispetto alla quale si individuano le porzioni di territorio che drenano tutte le acque superficiali confluenti nell'assegnata sezione di chiusura.

Una corretta caratterizzazione geomorfologica del bacino idrografico è fondamentale per studi e modellazioni idrologiche e idrauliche, finalizzate ad es., alle previsioni delle piene, alla progettazione di opere di difesa idraulica e alla delimitazione delle aree inondabili. Gli output di questo caso d'uso andranno ad arricchire il catalogo dei metadati del Repository di Sistema (RdS) del SIM e costituiranno uno degli input primari di ulteriori casi d'uso quali il *CU.VI.5 - Supporto a modelli idrologici e idraulici*.

1.1.2 Scopo Generale

Il servizio applicativo ha come obiettivo primario l'estrazione e l'analisi automatica delle caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrografici e si configura come un ambiente integrato in cui l'utente accede mediante profilazione all'interfaccia dedicata (Graphical User Interface - GUI).

Il servizio è pensato in primo luogo per supportare le Autorità di Bacino, le Regioni e le Province Autonome e l'ISPRA, enti fondamentali nella valutazione e gestione delle risorse idriche e nella tutela del territorio. Inoltre, il servizio assicura che i dati di output siano accessibili nel repository del SIM, fornendo risorse cruciali per ulteriori analisi effettuate mediante modelli idrologici e idraulici, per la mitigazione degli impatti di eventi estremi, quali siccità e alluvioni.

Il servizio ha una duplice finalità:

1. Mettere in condizione l'utente di consultare, visualizzare ed estrarre informazioni esistenti condivise dai Sistemi Federati nazionali e regionali; tali dati non saranno memorizzati tutti in un repository centrale del SIM (RdS) ma saranno distribuiti in vari sistemi in funzione del produttore di tali dati. Questa interazione tra sistemi è realizzabile grazie a un uso sistematico di protocolli di interoperabilità che garantiscano l'utilizzo distribuito di dati e modelli di calcolo. Nel caso specifico di dati cartografici il riferimento principale per la formalizzazione dei protocolli standard

de-iure è l'Open Geospatial Consortium (<https://www.ogc.org>), abbreviato in OGC. I dati che più comunemente vengono messi a disposizione sono i layer dei reticoli idrografici e dei bacini idrografici con diverso livello di gerarchizzazione e di soglia d'area drenante e altri strati informativi facilmente derivabili dai DTM come le mappe di pendenza e di esposizione dei versanti. Il dettaglio di questa funzionalità è descritto nell'applicativo CU.V1.5.

2. Mettere in condizioni gli utenti attraverso l'interfaccia dedicata (Digital Experience), che potrebbero essere anche gli stessi Sistemi Federati, di utilizzare le capacità computazionali del SIM per effettuare, sempre a partire dal DTM, analisi geomorfologiche automatizzate su specifiche aree di interesse in cloud piuttosto che utilizzando software che operano in modalità desktop. In questo caso tutti i dati prodotti andranno ad arricchire direttamente il RdS, ampliando l'offerta informativa del SIM.

Per questa seconda finalità è stata prevista l'integrazione nel SIM di GeoFrame-NewAGE, in uso presso l'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po, un sistema modellistico per l'idrologia sviluppato dall'Università di Trento e da HydroloGI. L'applicazione del sistema GeoFrame-NewAGE comprende la suddivisione del bacino idrografico oggetto di studio in sub-unità dette HRU "Hydrological Response Units" connesse tra di loro per rappresentare la risposta dell'intero bacino. Originariamente noto come JGRASS-NewAGE, l'infrastruttura consente di collegare componenti modellistiche per concorrere alla risoluzione di uno specifico processo del ciclo idrologico potendo disporre di diverse alternative per la sua descrizione e definizione matematico/numerica. Il sistema è composto da diverse componenti o moduli che simulano processi quali il deflusso superficiale, l'evaporazione, la traspirazione, l'infiltrazione, oltre a fornire strumenti di analisi del terreno, modelli di interpolazione, strumenti di calibrazione, ecc, includendo o potendo includere approcci modellistici che vanno dai modelli fisicamente basati, ai modelli concentrati, al machine learning, ecc.

Di tale sistema ai fini dell'analisi geomorfologica è stato integrato nel SIM il solo modulo "geomorfologico" di GeoFrame-NewAGE dedicato all'estrazione, a partire da un DTM, del reticolo idrografico come primo elemento, fino alla generazione dei bacini idrografici e di tutti i sottoprodotti strettamente connessi.

L'utente avvalendosi del tool "geomorfologico" di GeoFrame-NewAGE per il geoprocessing idrologico di base, da eseguire su DTM, messi a disposizione nel RdS, seleziona l'area di interesse sulla quale saranno estratte le informazioni suddette e opereranno gli algoritmi.

In particolare, il workflow di geoprocessing di base deve permettere di:

- Elaborare il DTM per trattare i "sink" (file di output *Pitfiller*): è il passo essenziale prima di procedere con l'estrazione del reticolo idrografico, poiché la presenza di "sink" (buchi o depressioni) non trattati può influenzare significativamente la rappresentazione e la modellazione del deflusso d'acqua nell'area oggetto dell'elaborazione. Nei DTM derivati da dati di telerilevamento, infatti, tali "sink" possono essere sia rappresentazioni accurate di caratteristiche reali del paesaggio (come piccole depressioni o laghetti) sia errori nei dati (causati, ad esempio, da rumore nel processo di acquisizione dei dati).
- Eseguire lo "stream-burning": un reticolo idrografico noto (*blue lines*) o una linea di flusso viene "impresso" o "bruciato" nel DTM, per assicurarsi che il modello digitale del terreno rifletta

accuratamente la posizione dei corsi d'acqua noti. Questo aiuta a guidare l'estrazione del reticolo idrografico e a garantire che i corsi d'acqua nel modello risultante siano consistenti con le osservazioni e i dati noti. Si tratta di un passaggio comune nell'estrazione di reticoli idrografici da modelli digitali del terreno (DTM), per:

- elaborare la mappa delle direzioni di flusso;
- elaborare la mappa degli accumuli di flusso;
- elaborare un'anteprima del reticolo idrografico risultante.

Una volta generato il reticolo idrografico, visualizzabile su mappa nella Digital Experience, si attiva la funzione per poter indicare il punto (sezione) di chiusura del bacino per la generazione dei relativi sottobacini contribuenti. In particolare, l'algoritmo di geoprocessing consentirà di variare il grado di dettaglio, in termini di gerarchizzazione (ordine di Strahler), del reticolo idrografico ed estrarre i poligoni (SHP files) dei diversi sottobacini contribuenti. Il livello di gerarchizzazione definisce il livello di dettaglio con cui viene resa la complessità e la struttura del reticolo idrografico.

Di seguito si riporta la procedura di un utente esperto che vuole eseguire sul SIM un'analisi geomorfologica su un'area di interesse mediante accesso all'interfaccia utente (Digital Experience) tramite profilo di autenticazione.

Nel FrontEnd:

- Seleziona dal catalogo prodotti il DTM tra quelli disponibili
- Visualizza su mappa il DTM
- Strumento mappa "disegna l'area di interesse"
- Strumento mappa "estrai l'area di interesse"
- Seleziona dal catalogo algoritmi/modelli il "modulo analisi geomorfologica"
- Lancia il processo "genera reticolo idrografico"

Nel BackEnd:

- Il sistema passa a GeoFrame-NewAGE le coordinate dell'area di interesse;
- Lancia il processo di analisi;
- Genera tutti i prodotti intermedi e li rende disponibili nel catalogo prodotti.

Nel FrontEnd:

- Visualizza su mappa il reticolo idrografico e attiva la funzione "indica punto di chiusura per la generazione dei relativi bacini idrografici".

Nel BackEnd:

- Il sistema passa a GeoFrame-NewAGE le coordinate del punto di chiusura indicato
- Lancia il processo di analisi
- Genera tutti i prodotti intermedi e li rende disponibili nel catalogo prodotti.

Nel FrontEnd:

- Visualizza su mappa i bacini idrografici

- Se valido attiva la funzione download.

1.1.3 Esigenze e Requisiti Chiave

Il bisogno di sviluppare il presente servizio applicativo è scaturito da varie esigenze e requisiti identificati nel dominio dell'analisi geomorfologica, finalizzata a contribuire alla comprensione e simulazione dei processi idrologici, idraulici e morfologici all'interno dei bacini idrografici ma anche alla definizione e progettazione di misure e interventi di prevenzione e mitigazione degli impatti di eventi estremi, quali alluvioni e siccità.

La disponibilità e l'affidabilità dei dati di input sono essenziali per i modelli idrologici e idraulici. Di seguito un approfondimento delle esigenze e dei requisiti a cui l'applicativo è chiamato a rispondere:

1. Dal GIS Desktop alla Gestione Cloud:

- **Esigenza di Accessibilità e Collaborazione:** i software GIS for desktop offrono funzionalità potenti, tuttavia la loro natura stand-alone limita l'accesso simultaneo e la collaborazione tra diversi team o entità. La necessità di una piattaforma unificata, accessibile da qualsiasi luogo e dispositivo, è diventata sempre più rilevante.
- **Requisito di Scalabilità:** Le soluzioni cloud offrono scalabilità, permettendo di gestire grandi set di dati e picchi di domanda, elementi essenziali per analisi complesse e articolate.
- **Backup e Recupero dei Dati:** I cloud offrono soluzioni integrate per il backup e il ripristino dei dati, riducendo i rischi associati alla perdita di dati.

2. Disponibilità Limitata di Dati Geomorfologici:

- **Esigenza di Dati Completi:** oltre alla possibilità di accedere ai reticoli idrografici allo stato attuale piuttosto agevole da diverse fonti e con diverso livello di dettaglio, occorre garantire la possibilità di accedere anche attraverso strumenti di analisi ed elaborazione su DTM ad altre caratteristiche geomorfologiche funzionali ad attività quali pianificazione, progettazione, delimitazione delle aree inondabili.
- **Requisito di Integrazione:** Un servizio ottimale dovrebbe permettere l'integrazione di diverse fonti di dati, inclusi quelli facilmente derivabili dai DTM come pendenze ed esposizione, e fornire strumenti per l'analisi complessa di questi dati.

3. Problemi con DTM non Omogenei:

- **Esigenza di Omogeneità:** è fondamentale avere dati di input coerenti, soprattutto quando si analizzano grandi bacini che attraversano diverse regioni.
- **Requisito di Standardizzazione e Aggiornamento:** Gli organismi come il MASE, fornendo un DTM basato su tecnologie come il LiDAR, possono garantire omogeneità e uniformità con un'ampia copertura spaziale. Tuttavia, occorre considerare la necessità di uno strumento che permetta la rianalisi e il miglioramento dei dati esistenti.

4. Aggiornamenti Continui:

- **Esigenza di Aggiornamento:** i cambiamenti climatici, di uso del suolo anche a seguito dei processi di urbanizzazione, gli interventi effettuati sui reticoli idrografici per la gestione della

risorsa idrica e la mitigazione del rischio idraulico e altre dinamiche possono alterare i pattern idrologici, rendendo necessari frequenti aggiornamenti dei dati.

- **Requisito di Agilità:** Gli strumenti devono essere flessibili per incorporare nuovi dati o adattarsi a nuove metodologie.

5. Interoperabilità:

- **Esigenza di Integrazione:** I modelli e gli strumenti dovrebbero poter operare con una varietà di altre piattaforme e tecnologie, facilitando la condivisione e l'analisi.
- **Requisito di Standard Open:** Favorire l'adozione di standard aperti può aiutare nella creazione di un ecosistema integrato e collaborativo.

In sintesi, mentre le esigenze che l'applicativo è in grado di soddisfare, i requisiti che i dati in input devono possedere affinché gli output possano essere utilizzati in modo efficace e accurato sono complessi e in continua evoluzione. Emerge la necessità di un sistema integrato che possa gestire sia l'ampiezza dei dati disponibili sia la complessità delle analisi richieste.

1.1.4 Tematiche e Obiettivi Correlati

Tabella che elenca tematiche e obiettivi correlati.

Tematica	Obiettivi Correlati
Analisi Geomorfologica finalizzata alla caratterizzazione dei bacini idrografici	<ul style="list-style-type: none"> • Accesso ed Estrazione di Dati Esistenti presso i Sistemi Federati
	<ul style="list-style-type: none"> • Integrazione ed automatizzazione del tool "GeoFrame-NewAGE " nel SIM. • Analisi geomorfologica automatizzata, mediante interfaccia web user-friendly, ed estrazione automatica delle caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrografici.
Supporto alle Autorità di Bacino e all'ISPRA	<ul style="list-style-type: none"> • Fornire dati e modelli a supporto nella comprensione e simulazione dei processi idrologici all'interno dei bacini idrografici.
	<ul style="list-style-type: none"> • Assicurare che i dati di output generati ai punti precedenti siano archiviati nel RdS del SIM e accessibili e interoperabili dall'interfaccia utente (Digital experience) sia nel catalogo dati/prodotti che dal catalogo modelli/algoritmi
	<ul style="list-style-type: none"> • Omogeneità e Standardizzazione dei DTM
Miglioramento della Gestione Cloud	<ul style="list-style-type: none"> • Promuovere l'accessibilità, la collaborazione, la scalabilità, il backup e il recupero dei dati tramite soluzioni cloud.
Interoperabilità	<ul style="list-style-type: none"> • Favorire l'integrazione con una varietà di altre piattaforme e tecnologie attraverso l'adozione di standard aperti.

1.1.4.1 *Analisi Geomorfologica finalizzata alla caratterizzazione dei bacini idrografici*

L'analisi geomorfologica consente l'estrazione di indici e parametri fondamentali per comprendere la dinamica delle risorse idriche e le caratteristiche fisiche del territorio e utilmente applicabili nella modellistica idrologica e idraulica dei bacini idrografici per finalità quali la gestione delle risorse idriche, la pianificazione territoriale e la mitigazione del rischio idraulico.

1 Accesso ed Estrazione di Dati Esistenti

La facilitazione dell'accesso e dell'estrazione di dati esistenti presso gli Enti Federati è un aspetto cruciale per rendere efficace l'analisi delle caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrografici e la gestione a tale scala della risorsa idrica e dei rischi connessi all'occorrenza di eventi estremi. Tuttavia, la disponibilità di dati accurati, aggiornati e facilmente accessibili, è fondamentale per gli esperti e gli enti responsabili della gestione delle risorse idriche e del rischio di alluvioni. Questo applicativo mira a semplificare e ottimizzare il processo di accesso, scaricamento ed estrazione dei dati relativi ai bacini idrografici, rendendo le risorse informative e computazionali più facilmente fruibili per gli utenti.

Obiettivo: Semplificare il Processo di Scaricamento di Dati Relativi ai Bacini Idrografici

- **Ottimizzazione del Processo di Scaricamento:** Sviluppare meccanismi che consentano un processo di scaricamento dei dati più semplice e veloce, riducendo la complessità e i tempi necessari per accedere ai dati desiderati.
- **Interfaccia User-Friendly:** Creare un'interfaccia user-friendly che guidi gli utenti attraverso il processo di scaricamento dei dati, fornendo opzioni chiare e informazioni pertinenti che aiutino gli utenti a selezionare e scaricare i dati di cui hanno bisogno.
- **Guida e Supporto agli Utenti:** Fornire documentazione, guide e supporto agli utenti per assistere nel processo di scaricamento dei dati, assicurando che gli utenti siano in grado di accedere ai dati desiderati con il minimo sforzo.
- **Feedback e Miglioramenti Continui:** Implementare meccanismi di feedback per raccogliere le opinioni degli utenti sui tool di estrazione e di consultazione, e utilizzare tali feedback per apportare miglioramenti continui, assicurando che gli strumenti soddisfino sempre meglio le esigenze degli utenti.

2 Estrazione Automatica delle Caratteristiche Geomorfologiche dei Bacini Idrografici mediante l'integrazione del modello GeoFrame-NewAGE (modulo di analisi geomorfologica).

L'obiettivo è focalizzato sull'integrazione nel SIM per consentire l'utilizzo in cloud del modello GeoFrame (in particolare del modulo di analisi geomorfologica), finalizzato all'estrazione automatica di parametri geomorfologici caratterizzanti i bacini idrografici.

In particolare:

- **Sviluppo dell'Interfaccia:** Creare un'interfaccia web user-friendly che permetta agli utenti di eseguire analisi geomorfologiche senza necessità di competenze tecniche avanzate, rendendo la piattaforma accessibile a una vasta gamma di utenti.
- **Automatizzazione dell'Analisi:** Integrare strumenti e funzionalità che permettano l'analisi automatizzata delle caratteristiche geomorfologiche, fornendo risposte rapide e precise.

- **Automatizzazione dei Processi:** Automatizzare i processi associati all'uso di GeoFrame-NewAGE per semplificare l'analisi geomorfologica, riducendo la necessità di intervento manuale e accelerando la produzione di dati e analisi utili.
- **Ottimizzazione dell'Interazione:** Lavorare sull'ottimizzazione dell'interazione tra GeoFrame-NewAGE e il SIM, per garantire che l'integrazione porti a un miglioramento sostanziale delle capacità di analisi geomorfologica e di estrazione dei dati.
- **Validazione e Verifica:** sarà cura degli utenti esperti che accedono al SIM, confrontando i risultati ottenuti con dati di riferimento. Nel SIM saranno implementate funzioni di consultazione, visualizzazione, estrazione, nonché le modalità di segnalazione di errori negli output generati.
- **Supporto e Formazione:** Fornire risorse formative e supporto agli utenti per aiutarli a utilizzare l'interfaccia e a interpretare i risultati delle analisi geomorfologiche, contribuendo alla comprensione e all'utilizzo efficace dei dati.

1.1.4.2 Supporto alle Autorità di Bacino e all'ISPRA

Il supporto alle Autorità di Bacino e all'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) rappresenta una priorità, data la loro importanza cruciale nella valutazione e gestione delle risorse idriche e nella tutela del territorio. Queste entità necessitano di dati accurati e di strumenti efficaci per comprendere, simulare e gestire i processi idrologici nei bacini idrografici, al fine di supportare decisioni informate e strategie efficaci per la gestione delle risorse idriche e la mitigazione dei rischi idrogeologici.

- 1 Fornire Supporto nella Comprensione e Simulazione dei Processi Idrologici all'interno dei Bacini Idrografici
 - **Sviluppo di Strumenti e Modelli:** Sviluppare e integrare strumenti e modelli idrologici avanzati per permettere una comprensione e simulazione accurata dei processi idrologici all'interno dei bacini idrografici. Questo includerà l'integrazione di modelli che possono replicare i processi idrologici naturali in vari scenari e condizioni.
 - **Collaborazione Continua:** Stabilire un flusso di comunicazione e collaborazione continua con le Autorità di Bacino e l'ISPRA per comprendere meglio le loro esigenze, ricevere feedback sugli strumenti e sui modelli forniti, e apportare miglioramenti in modo proattivo.
- 2 Assicurare che i Dati di Output siano Accessibili nel Repository del SIM
 - **Sviluppo e Mantenimento del Repository:** Creare e mantenere un repository (RdS) affidabile e sicuro all'interno del SIM dove tutti i dati di output possono essere archiviati, organizzati e resi facilmente accessibili.
 - **Disponibilità di Dati:** Assicurare la disponibilità di un ampio spettro di dati geomorfologici, inclusi indici geomorfologici, mappe di pendenza, mappe di aspetto, limiti di bacino, direzioni di flusso, e altri dati pertinenti.
 - **Standardizzazione dei Dati:** Adottare standard di dati coerenti per garantire che tutti i dati di output siano archiviati in un formato standardizzato, facilitando l'accesso, l'analisi e la condivisione dei dati tra le diverse entità interessate.
 - **Politiche di Accesso e Sicurezza dei Dati:** Stabilire politiche chiare di accesso e sicurezza dei dati per garantire che i dati siano protetti e accessibili solo da utenti autorizzati, mantenendo al contempo la conformità con le normative sulla privacy e sulla protezione dei dati.

- **Promozione della Condivisione delle Informazioni:** Promuovere la condivisione delle informazioni e la collaborazione tra diversi stakeholder, inclusi enti governativi, organizzazioni ambientali, e comunità locali, per assicurare un approccio integrato alla gestione delle risorse idriche e alla pianificazione territoriale.
- **Analisi e Feedback:** Implementare meccanismi di analisi e feedback per valutare l'efficacia delle informazioni geomorfologiche fornite nel supportare decisioni informate e per identificare aree di miglioramento.

3 Omogeneità e Standardizzazione dei DTM

La tematica dell'omogeneità e della standardizzazione dei Modelli Digitali del Terreno (DTM) è centrale per garantire l'affidabilità e l'accuratezza delle analisi geomorfologiche e per le modellazioni idrologiche e idrauliche. Un DTM è una rappresentazione digitale della topografia della superficie terrestre ed è fondamentale per molte applicazioni in ambito geospaziale. L'uniformità dei DTM e la loro standardizzazione sono cruciali per garantire che le analisi basate su questi modelli siano coerenti, accurate e ripetibili. Inoltre, la possibilità di rianalizzare e migliorare i dati esistenti è essenziale per mantenere l'affidabilità dei DTM nel tempo, soprattutto alla luce delle dinamiche di cambiamento del territorio.

Obiettivo: Garantire Uniformità dei DTM e Permettere la Rianalisi e il Miglioramento dei Dati Esistenti

- **Uniformità dei DTM:**
 - Stabilire protocolli e standard per garantire l'uniformità dei DTM, assicurando che siano coerenti in termini di risoluzione, precisione, e copertura geografica.
 - Promuovere l'adozione di tecnologie avanzate, come il LiDAR, per la creazione di DTM ad alta risoluzione e uniformi su vaste aree geografiche.
 - Implementare processi di verifica della qualità per identificare e correggere eventuali incoerenze nei DTM, come discrepanze altimetriche o aree mancanti.
- **Standardizzazione dei DTM:**
 - Definire e promuovere standard comuni per la creazione, la gestione e la distribuzione dei DTM, facilitando la condivisione e l'interoperabilità dei dati.
 - Fornire linee guida e strumenti per la conversione dei DTM esistenti ai formati standard, promuovendo l'adozione di questi standard all'interno della comunità geospaziale.
- **Rianalisi e Miglioramento dei Dati Esistenti:**
 - Sviluppare strumenti e metodologie per la rianalisi dei DTM esistenti, identificando aree di miglioramento e aggiornando i dati dove necessario.
 - Fornire piattaforme e strumenti che permettano agli utenti di contribuire al miglioramento dei DTM, ad esempio attraverso la segnalazione di errori o l'aggiunta di nuovi dati.

1.1.4.3 Miglioramento della Gestione Cloud

La tematica del miglioramento della gestione cloud è focalizzata sull'ottimizzazione dell'uso delle tecnologie cloud per garantire un accesso semplice, una condivisione efficiente dei dati e una gestione solida delle risorse digitali.

Obiettivo: Promuovere l'Accessibilità, la Collaborazione, la Scalabilità, il Backup e il Recupero dei Dati tramite Soluzioni Cloud

- **Accessibilità:**
 - Fornire accesso remoto ai dati e alle applicazioni da qualsiasi luogo e dispositivo, garantendo al contempo la sicurezza delle connessioni.
 - Implementare interfacce user-friendly che facilitino l'accesso e l'uso delle risorse cloud da parte degli utenti.
- **Collaborazione:**
 - Abilitare la condivisione di dati e documenti in tempo reale, facilitando la collaborazione tra team e individui.
 - Integrare strumenti di comunicazione e collaborazione che promuovano l'interazione e la condivisione delle conoscenze.
- **Scalabilità:**
 - Progettare infrastrutture cloud che possano essere facilmente scalate per gestire l'aumento della domanda e dei carichi di lavoro.
 - Monitorare e ottimizzare le risorse cloud per garantire un uso efficiente e ridurre i costi operativi.
- **Backup e Recupero dei Dati:**
 - Implementare strategie robuste di backup e recupero per proteggere i dati critici da perdite accidentali o da eventi catastrofici.
 - Effettuare test regolari dei piani di backup e recupero per assicurare la loro efficacia e prontezza operativa.
- **Sicurezza e Conformità:**
 - Garantire che le soluzioni cloud adottate siano conformi agli standard di sicurezza e di conformità dell'industria, proteggendo i dati sensibili e garantendo la privacy degli utenti.
 - Educare gli utenti sulle best practice di sicurezza cloud e fornire strumenti per monitorare e gestire la sicurezza delle risorse cloud.
- **Monitoraggio e Analisi:**
 - Utilizzare strumenti avanzati di monitoraggio e analisi per tracciare l'uso delle risorse cloud, identificare eventuali problemi e ottimizzare le prestazioni.
 - Fornire report dettagliati e insights sui dati operativi per aiutare le decisioni strategiche relative all'uso e all'espansione delle risorse cloud.

1.1.4.4 Interoperabilità

L'interoperabilità è una caratteristica cruciale in un ambiente dove la condivisione di dati e l'integrazione di diversi sistemi e tecnologie è essenziale per una gestione efficace e informata delle risorse idriche e del territorio.

Attraverso l'interoperabilità, è possibile garantire che i diversi sistemi, piattaforme e strumenti possano comunicare e lavorare insieme in modo armonico, permettendo lo scambio di dati e la collaborazione tra differenti entità e stakeholder. L'adozione di standard aperti è al cuore di questo processo, facilitando la creazione di un ecosistema integrato e collaborativo che può supportare una vasta gamma di analisi e decisioni.

Obiettivo: Favorire l'integrazione con una varietà di altre piattaforme e tecnologie attraverso l'adozione di standard aperti

- **Adozione di Standard Aperti:**

- Promuovere l'adozione di standard aperti, come quelli definiti dall'Open Geospatial Consortium (OGC), per facilitare l'interoperabilità tra diversi sistemi, piattaforme e tecnologie utilizzate nell'ambito dell'analisi geomorfologica e idrologica.
- Partecipare attivamente a comunità di standardizzazione per contribuire allo sviluppo e all'evoluzione di standard aperti che possano supportare le esigenze dell'analisi geomorfologica e idrologica.
- **Integrazione di Piattaforme e Tecnologie:**
 - Sviluppare e mantenere interfacce, API (Application Programming Interfaces) e connettori che permettano l'integrazione efficiente con una varietà di altre piattaforme e tecnologie.
 - Collaborare con fornitori di piattaforme e tecnologie correlate per garantire che l'integrazione sia realizzata in modo efficace e che le interazioni tra i sistemi siano affidabili e performanti.
- **Scambio di Dati:**
 - Creare flussi di lavoro e protocolli per lo scambio di dati tra diversi sistemi in modo sicuro, affidabile e tempestivo.
 - Promuovere la condivisione di dati attraverso piattaforme interoperabili, facilitando l'accesso a dati cruciali per l'analisi geomorfologica e idrologica.

1.1.5 Benefici Attesi

Il servizio applicativo progettato si prefigge di offrire una serie di benefici sia a breve che a lungo termine, contribuendo significativamente all'analisi geomorfologica dei bacini idrografici e alla gestione delle risorse idriche e la mitigazione dei rischi idrogeologici. Ecco una descrizione dettagliata dei benefici attesi:

- **Analisi Omogenee e Miglioramento dei Dati Esistenti:**
 - **A Breve Termine:** Fornendo un tool unico per l'analisi, il servizio permetterà di eseguire analisi basate sui dati e modelli DTM esistenti, garantendo una certa omogeneità negli output prodotti a livello nazionale.
 - Questo è particolarmente vantaggioso per gli ENTI che già utilizzano strumenti come GeoFrame-NewAGE, permettendo l'inserimento immediato a catalogo dei dati generati.
 - **A Lungo Termine:** Con l'eventuale disponibilità di un nuovo DTM uniforme e aggiornato, le analisi potranno essere ulteriormente standardizzate e migliorate, estendendo l'omogeneità degli output a livello nazionale e fornendo una base solida per analisi future.
- **Miglioramento Continuo del Tool:**

La continua evoluzione di GeoFrame-NewAGE assicurerà che il servizio applicativo rimanga all'avanguardia, con miglioramenti e aggiornamenti regolari che aumenteranno le capacità analitiche e la facilità d'uso del servizio nel tempo.
- **Efficienza e Risparmio di Tempo:**

La possibilità di eseguire analisi geomorfologiche utilizzando un tool unico e integrato porterà a un notevole risparmio di tempo e a una maggiore efficienza nel processo di analisi, facilitando la gestione e la condivisione dei dati tra diversi stakeholder.
- **Supporto alla Decisione Informata:**

Le informazioni e gli insights generati dal servizio applicativo saranno fondamentali per supportare decisioni informate in ambito di gestione delle risorse idriche e pianificazione territoriale, contribuendo a una migliore comprensione e gestione dei bacini idrografici e dei processi che li caratterizzano.

- **Facilitazione della Collaborazione e Condivisione dei Dati:**

La standardizzazione degli output e la facilità di inserimento dei dati a catalogo promuoveranno la collaborazione e la condivisione dei dati tra differenti ENTI e altri stakeholder, creando una comunità collaborativa attorno alla gestione e analisi delle risorse idriche.

- **Adattabilità e Scalabilità:**

La struttura modulare del servizio e l'architettura aperta permetteranno una facile adattabilità e scalabilità per soddisfare esigenze future ed emergenti nel campo dell'analisi geomorfologica, della gestione delle risorse idriche e della tutela del territorio.

Questi benefici attesi delineano come il servizio applicativo possa fornire valore sia nel breve che nel lungo termine, indirizzando le esigenze attuali e future degli utenti e degli stakeholder coinvolti.

1.1.6 Vincoli e Limitazioni

La problematica legata ai DTM non omogenei presenta diversi vincoli che possono influenzare l'obiettivo di un'analisi geomorfologica accurata.

- **Vincoli Tecnici:**

- **Qualità del Dato:** La qualità del DTM varia in base alla tecnologia utilizzata per la sua realizzazione, ad esempio la differenza tra un DTM ottenuto tramite tecniche satellitari, rilievi fotogrammetrici rispetto a uno ottenuto con LiDAR aereo.
- **Risoluzione Spaziale:** DTM con differenti risoluzioni spaziali possono portare a risultati diversi nell'analisi geomorfologica.
- **Aggiornamento dei Dati:** DTM più datati potrebbero non riflettere le attuali caratteristiche del territorio a causa di cambiamenti geomorfologici nel tempo.

- **Vincoli Normativi:**

- **Standard Regionali:** Diverse regioni potrebbero avere diversi standard per la creazione e manutenzione dei DTM, che influiscono sull'omogeneità dei dati.
- **Normative sulla Privacy e sulla Sicurezza:** In alcune aree, potrebbero esistere restrizioni sulla raccolta o condivisione di dettagli topografici per ragioni di sicurezza nazionale o privacy.

- **Vincoli Economici:**

- **Costi Associati:** La realizzazione di un DTM omogeneo e ad alta risoluzione, specialmente attraverso tecnologie come il LiDAR, può essere costosa, portando a possibili disparità nelle risorse disponibili tra le diverse regioni.

- **Vincoli Organizzativi:**

- **Gestione delle Informazioni:** L'archiviazione, la manutenzione e l'aggiornamento regolare dei DTM richiedono una gestione delle informazioni ben organizzata e strutturata.
- **Collaborazione Inter-regionale:** La cooperazione tra regioni diverse per standardizzare e omogeneizzare i DTM è cruciale, ma può essere ostacolata da differenze nelle priorità, nelle risorse o nella burocrazia.

- **Vincoli Ambientali:**

- **Variazioni Ambientali:** Fenomeni come l'erosione, frane o altri eventi naturali possono alterare significativamente il paesaggio, rendendo obsoleti i DTM più vecchi.

L'integrazione del tool GeoFrame-NewAGE deve essere attuata seguendo uno scrupoloso percorso che tenga conto dei vincoli legali e tecnici, garantendo un utilizzo efficiente, sicuro e conforme alle normative vigenti.

- **Vincoli Normativi:**

- **Conformità AGID:** Le linee guida dell'Agenzia per l'Italia Digitale (AGID) impongono una serie di regole e standard per garantire sicurezza, interoperabilità e usabilità nei servizi digitali pubblici.
- **Interoperabilità:** Assicurare che il tool GeoFrame-NewAGE sia compatibile con gli standard definiti da AGID per favorire lo scambio e l'utilizzo dei dati attraverso diverse piattaforme e servizi.
- **Sicurezza:** Implementare misure di sicurezza che siano in linea con il Quadro Normativo di Riferimento per la Sicurezza delle Informazioni (QNRSI) stabilito da AGID, per proteggere i dati e le informazioni manipolate dal tool.
- **Accessibilità:** Il tool dovrebbe essere accessibile a tutti gli utenti, compresi quelli con disabilità, secondo le direttive AGID sull'accessibilità.
- **Conservazione dei dati:** Adottare procedure e formati standardizzati per la conservazione dei dati, conformemente ai principi indicati da AGID, garantendo integrità, autenticità e accessibilità dei dati nel lungo termine.
- **Protezione dei Dati (GDPR):** considerare le normative relative alla protezione dei dati personali (GDPR), assicurando che ogni dato personale sia gestito nel pieno rispetto delle norme di privacy e consenso.
- **Licenze Open Source:** verificare e aderire alle licenze di utilizzo di GeoFrame, garantendo il rispetto dei termini di utilizzo, distribuzione e modifica del software.

- **Vincoli Tecnici:**

- **Integrazione Tecnologica:**
 - **Compatibilità:** Assicurare che GeoFrame-NewAGE sia tecnologicamente compatibile con le infrastrutture esistenti e che possa essere integrato senza frizioni con altri sistemi o piattaforme utilizzate dagli enti.
 - **Scalabilità:** Il sistema dovrebbe essere in grado di gestire volumi di dati crescenti e un potenziale aumento degli utenti nel tempo.
 - **Performance:** Ottimizzare le performance del tool in termini di velocità di elaborazione dei dati e risposta alle interazioni dell'utente.
- **Formazione e Supporto:**
 - **Formazione Utenti:** Fornire adeguata formazione agli utenti per garantire un utilizzo efficace e corretto del tool.
 - **Supporto Tecnico:** Stabilire un meccanismo di supporto tecnico per assistere gli utenti nelle problematiche e nelle domande relative all'utilizzo di GeoFrame-NewAGE.
- **Manutenzione e Aggiornamento:**
 - **Manutenzione:** Pianificare attività regolari di manutenzione per garantire l'affidabilità e la sicurezza del tool nel tempo.

- **Aggiornamenti:** Implementare un meccanismo per l'aggiornamento del software, permettendo di incorporare nuove funzionalità e di adattarsi a cambiamenti nel contesto tecnologico e normativo.

1.1.7 Stakeholders Coinvolti

Il servizio applicativo di Estrazione ed analisi automatica delle caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrografici si propone come uno strumento prezioso per enti quali l'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) e le ABD (Autorità di Bacino Distrettuale) e nello specifico per la ABD del Fiume Po, che rappresentano stakeholder chiave nel monitoraggio e nella gestione delle risorse idriche e territoriali. L'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) è l'ente nazionale italiano che si occupa di monitoraggio, tutela e ricerca nell'ambito ambientale. In relazione alla tematica dei bacini idrografici e delle relative caratteristiche geomorfologiche, il ruolo dell'ISPRA può essere delineato nei seguenti modi:

1. **Monitoraggio e Ricerca:** L'ISPRA svolge attività di ricerca e sperimentazione; attività conoscitiva, di controllo, monitoraggio e valutazione; attività di consulenza strategica, assistenza tecnica e scientifica, nonché di informazione, divulgazione, educazione e formazione in materia ambientale, con riferimento alla tutela delle acque, alla difesa dell'ambiente atmosferico, del suolo, del sottosuolo della biodiversità marina e terrestre. Ai sensi della normativa vigente, in particolare, l'ISPRA ha competenze di rilievo nazionale in materia di idrologia, idraulica e idromorfologia.
2. **Tutela Ambientale:** L'ISPRA è parte integrante del Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), rispetto al quale esercita funzioni d'indirizzo e di coordinamento tecnico. Lo SNPA annovera tra le sue funzioni quella di monitoraggio dello stato dell'ambiente, del consumo di suolo, delle risorse ambientali e della loro evoluzione in termini quantitativi e qualitativi, eseguito avvalendosi di reti di osservazione e strumenti modellistici, in special modo per quanto attiene al monitoraggio delle grandezze idrometeorologiche.
3. **Fornitura di Dati e Informazioni:** L'ISPRA svolge direttamente attività di ricerca scientifica negli ambiti di propria competenza con particolare riferimento all'azione conoscitiva delle fenomenologie, dei processi dei determinanti e degli impatti ambientali, assicurando la raccolta sistematica, direttamente o attraverso il coordinamento di altri soggetti, l'elaborazione e la pubblicazione dei dati e delle informazioni ambientali, anche attraverso il consolidamento e la gestione del Sistema Informativo Nazionale per l'Ambiente (SINA) e il raccordo con la rete informativa ambientale europea, nonché le attività per ottemperare agli obblighi di reporting ambientale anche di livello sovranazionale.
4. **Supporto alle Autorità Locali:** L'ISPRA, supporta il MASE nello svolgimento delle sue funzioni di indirizzo dell'Autorità di Bacino Distrettuale (ABD) e di coordinamento con le altre ABD.
5. **Formazione e Sensibilizzazione:** Nelle materie di propria competenza l'ISPRA organizza corsi, seminari e workshop per formare specialisti nel settore e sensibilizzare la popolazione sulle varie tematiche ambientali.
6. **Normative e Linee Guida:** Nelle materie di propria competenza l'ISPRA predispone atti tecnico-normativi, metodologie, standard e linee-guida, nazionali ed europee.

L'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po (ABDPo) è un'entità pubblica non economica sotto la supervisione del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE). L'ABDPo si focalizza

sulla cooperazione unitaria e operativa tra gli enti istituzionali per la salvaguardia e lo sviluppo del bacino del Po, affrontando problematiche ambientali complesse.

In relazione ai bacini idrografici e alle caratteristiche geomorfologiche, l'ABDPo gioca un ruolo cruciale nella cooperazione e sinergia tra entità istituzionali per la gestione, salvaguardia e sviluppo del bacino del Po.

L'analisi delle caratteristiche geomorfologiche permette di affrontare questioni ambientali, pianificare interventi strategici e migliorare la gestione delle risorse idriche. Attraverso l'analisi e la valutazione di tali caratteristiche, l'ABDPo può contribuire significativamente alla protezione ambientale e alla gestione sostenibile delle risorse idriche nella vasta area interessata dal bacino del Po.

Segue una descrizione più dettagliata del valore aggiunto che tale servizio può fornire nell'operatività degli utenti:

1. Ottimizzazione dei Processi:

- **Riduzione Complessità e Tempo:** Il servizio automatizza e semplifica le analisi geomorfologiche, riducendo notevolmente il tempo e l'effort richiesti. Questo permette alle autorità di risparmiare risorse preziose che possono essere indirizzate verso altre attività cruciali.
- **Efficienza Operativa:** L'ottimizzazione dei processi conduce a una maggiore efficienza operativa, consentendo una risposta più rapida ed efficace ai problemi emergenti o agli obiettivi strategici.

2. Centralizzazione delle Risorse:

- **Repository SIM:** La creazione di un repository centralizzato come il SIM permette una gestione più efficiente e organizzata dei dati. Tutti i dati geomorfologici e idrologici sono raccolti e archiviati in un unico luogo, facilitando l'accesso, l'aggiornamento e la condivisione delle informazioni.
- **Interoperabilità dei Dati:** La centralizzazione favorisce anche l'interoperabilità dei dati tra diversi enti e settori, promuovendo una collaborazione più efficace e una comprensione condivisa delle sfide e delle opportunità.

3. Supporto Decisionale:

- **Informazioni Basate sui Dati:** Grazie all'analisi geomorfologica dettagliata fornita dal servizio, le autorità ricevono informazioni basate sui dati che possono guidare decisioni critiche in materia di protezione ambientale, pianificazione territoriale e gestione delle risorse idriche.
- **Anticipazione e Mitigazione dei Rischi:** Il servizio può aiutare a identificare ad es., aree a rischio di erosione o di inondazione, permettendo una migliore pianificazione e mitigazione dei rischi.
- **Pianificazione Strategica:** Le insights derivanti dall'analisi possono supportare la pianificazione strategica a lungo termine, inclusa la designazione di aree protette, lo sviluppo di infrastrutture idriche e la valutazione dell'impatto di vari scenari di gestione.

4. Miglioramento Continuo:

- **Feedback e Aggiornamenti:** Il servizio può incorporare feedback e aggiornamenti basati sull'esperienza pratica delle autorità, promuovendo un miglioramento continuo e l'adattamento alle esigenze mutevoli.

5. Conformità Normativa:

- **Adesione alle Normative:** L'abilità di condurre analisi geomorfologiche accurate ed efficienti può assistere le autorità nel conformarsi alle normative nazionali ed europee relative alla gestione delle risorse idriche e alla protezione ambientale.

Attraverso l'ottimizzazione dei processi, la centralizzazione delle risorse e il robusto supporto decisionale, il servizio applicativo in questione emerge come un asset fondamentale per l'ISPRA e le ABD, supportando la loro missione di valutare e gestire sostenibilmente le risorse idriche e territoriali.

1.1.8 Conclusione e Riepilogo

Il servizio ha come obiettivo principale quello di fornire un applicativo per l'analisi geomorfologica dei bacini idrografici al fine di supportare una gestione efficace delle risorse idriche e una pianificazione territoriale informata.

Le priorità includono l'estrazione e l'analisi delle caratteristiche geomorfologiche, la suddivisione e la connessione dei bacini idrografici e l'abilitazione degli utenti ad eseguire analisi geomorfologiche interattive.

Per il futuro sviluppo del servizio, potrebbero essere previsti ulteriori sviluppi come l'implementazione di metodologie avanzate per l'estrazione e l'analisi delle caratteristiche geomorfologiche, l'ottimizzazione delle funzionalità di suddivisione e connessione dei bacini idrografici e il miglioramento dell'interattività dell'analisi geomorfologica. Tali sviluppi potrebbero contribuire a una maggiore precisione e completezza nell'analisi dei bacini idrografici, consentendo una gestione ancora più efficace delle risorse idriche e una pianificazione territoriale basata su dati accurati e affidabili.

1.2 Requisiti funzionali

Nella descrizione dei requisiti funzionali si fornirà un elenco completo dei requisiti necessari per il corretto espletamento dello specifico Caso d'Uso, ma qualora il singolo requisito sia esattamente compliant con uno analogo previsto nell'ambito degli altri Caso d'Uso, sia del Verticale in oggetto (Instabilità idrogeologica) che degli altri verticali, per la descrizione dettagliata si rimanderà al relativo Caso d'Uso e paragrafo di riferimento. Nel caso specifico tutti i requisiti relativi alla consultazione nel catalogo dati del SIM di dati esistenti presso Enti terzi ed alle eventuali successive funzioni di visualizzazione, selezione ed estrazione, sono stati dettagliatamente descritti nel CU.V1.5 nei relativi paragrafi.

1.2.1 Elenco dei Requisiti Funzionali

Contesto

Il bacino idrografico, ambito territoriale di riferimento per la valutazione, gestione e la protezione delle risorse idriche, comprende una porzione di territorio in cui le acque pluviali o di fusione delle nevi e dei ghiacciai, defluendo in superficie, vengono drenate attraverso un reticolo idrografico convergendo in una sezione di corso d'acqua chiamata sezione di chiusura del bacino. L'identificazione e la caratterizzazione dei bacini idrografici è vitale per studi e modellazioni idrologiche e idrauliche, contribuendo come base conoscitiva alla prevenzione di eventi alluvionali e alla progettazione di opere di difesa idraulica. Queste analisi arricchiscono il catalogo dei metadati del RdS del SIM, fornendo dati cruciali per ulteriori modellazioni idrologiche e idrauliche, in particolare nei contesti di siccità e alluvioni

Scopo Generale

Lo scopo generale del CU 1.2 del progetto SIM del MASE si articola in diversi obiettivi principali, che si possono elencare come segue:

- **Estrazione e Analisi Automatica delle Caratteristiche Geomorfologiche:** Utilizzare un'interfaccia utente grafica (GUI) per facilitare l'estrazione e l'analisi automatizzate delle caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrografici.
- **Supporto a Entità Chiave nella Gestione delle Risorse Idriche e Tutela del Territorio:** Il servizio è progettato per assistere le Autorità di Bacino e l'ISPRA, enti fondamentali nella gestione delle risorse idriche e nella tutela del territorio.
- **Facilitazione della Comprensione e Simulazione dei Processi Idrologici:** Contribuire alla comprensione e simulazione dei processi idrologici all'interno dei bacini idrografici.
- **Disponibilità dei Dati di Output nel Repository del SIM:** Assicurare che i dati generati siano accessibili nel repository del SIM per ulteriori analisi con modelli idrologici e idraulici.

A chi è rivolto

In Italia, diversi enti istituzionali utilizzano l'analisi geomorfologica, derivata dal Modello Digitale del Terreno (DTM), per estrarre dati di input per la modellistica idrologica o altre finalità. Questi enti hanno ruoli e responsabilità in aree come la protezione civile, la pianificazione territoriale, la gestione delle risorse idriche e la protezione ambientale. In dettaglio:

- **ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale):** Gioca un ruolo chiave nella ricerca e monitoraggio ambientale in Italia. L'istituto fornisce dati, analisi e linee guida su vari aspetti, compresa l'idrologia e l'idromorfologia.
- **Autorità di Bacino:** Queste autorità sono responsabili della gestione e pianificazione delle risorse idriche a livello di bacino idrografico. Utilizzano modelli idrologici per prevedere la disponibilità di risorsa idrica, simulare possibili scenari di piena, delimitare aree potenzialmente inondabili e pianificare interventi di mitigazione degli impatti di eventi estremi (alluvioni, siccità).
- **Protezione Civile:** A livello nazionale, regionale e locale, questi enti utilizzano l'analisi geomorfologica e la modellistica idrologica per prevedere e gestire situazioni di emergenza come in caso di inondazioni e frane.
- **Regione e Provincia:** Questi enti territoriali hanno competenze in materia di pianificazione territoriale e gestione delle risorse idriche. Possono utilizzare analisi geomorfologiche per pianificare sviluppi urbanistici, infrastrutture e interventi di protezione del suolo.
- **CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche):** Attraverso i suoi istituti e centri di ricerca, il CNR svolge ricerche avanzate in vari campi, compresa l'analisi geomorfologica e idrologica.
- **Università e Centri di Ricerca:** Diverse università italiane e centri di ricerca sono coinvolti in studi geomorfologici e idrologici, spesso in collaborazione con enti pubblici o privati.
- **Enti Parco:** Gli Enti responsabili di aree protette, come parchi nazionali e regionali, possono utilizzare l'analisi geomorfologica per la conservazione e gestione sostenibile del territorio.
- **Privati**

Obiettivi

Il servizio si configura come un ambiente integrato dove l'utente, attraverso l'interfaccia web utente dedicata (GUI) del SIM, può accedere a diverse funzionalità con un duplice obiettivo:

1. **Consultazione, Visualizzazione ed Estrazione di Informazioni:** Consentire agli utenti di consultare, visualizzare ed estrarre informazioni presenti nel SIM, compresi quelli provenienti dai Sistemi Federati, in particolare ISPRA e ADB. La comunicazione tra questi sistemi è facilitata dai protocolli di interoperabilità dell'Open Geospatial Consortium (OGC), che consentono un utilizzo distribuito di dati e modelli di calcolo.
2. **Analisi Geomorfologiche Automatizzate in Cloud:** Fornire agli utenti esperti le capacità computazionali del SIM per eseguire analisi geomorfologiche automatizzate su specifiche aree di interesse, partendo dai DTM. Queste analisi vengono eseguite in cloud anziché su software desktop, con i dati prodotti che arricchiscono direttamente il repository del SIM (RdS). In questo caso è stato integrato nel SIM il modulo "geomorfologico" di GEOframe-NewAGE dedicato all'estrazione del reticolo idrografico come primo elemento, fino alla generazione dei Bacini imbriferi e di tutti sottoprodotti strettamente connessi.

Funzionalità Specifiche per Tipologia di Utente:

- **L'utente base** potrà accedere a un'interfaccia semplificata, con funzionalità automatizzate per analisi di base e supporto nell'interpretazione dei risultati. In questo caso il SIM utilizza i servizi/dati che i vari Sistemi Federati mettono a disposizione e li veicola a livello più ampio (nazionale) senza ulteriori integrazioni o valore aggiunto a parte una modalità di accesso - ai servizi - unificata su web e app mobile.
- **L'utente esperto** avrà accesso completo a tutte le funzionalità tecniche e complesse per l'utilizzo di tool avanzati di analisi geomorfologica e l'accesso a funzioni specifiche di analisi. In questo caso il SIM integra un modello di geoprocessing open source che permette di generare dati a valore aggiunto. Lo stakeholder e/o l'utilizzatore esperto rimane il proprietario e principale responsabile del servizio e dei dati generati, il SIM assume un ruolo di partner nell'offerta del servizio.

Funzionalità per l'Utente Base:

- Accesso Semplice all'Ambiente WebGIS e Catalogo Prodotti Utilizzo dall'interfaccia web del SIM semplificata per consultare il Catalogo prodotti del SIM:
- Seleziona dal catalogo prodotti il "DTM nazionale"
- Visualizza su mappa
- Strumento mappa "disegna l'area di interesse"
- Strumento mappa "estrai l'area di interesse"
- Esportazione, nei principali formati, dei dati selezionati sull'area di interesse.

Funzionalità per l'Utente Esperto:

Oltre alle funzionalità dell'utente base, potrà operare direttamente nel SIM accedendo al Catalogo Modelli/Algoritmi

- Utilizzo del tool specifico per analisi geomorfologiche a partire dall'area selezionata.
 - Funzioni automatizzate di Analisi:
 - Riempimento dei punti di depressione nel DTM (Pitfiller).
 - Calcolo delle direzioni di drenaggio (Flowdirections).

- Correzione delle direzioni di drenaggio (Draindirections).
- Identificazione dei punti che drenano all'esterno del bacino (Markoutlets).
- Estrazione della Rete Idrografica (Extract Network) e visualizzazione su mappa.
- Inserimento delle Coordinate di Chiusura del Bacino (Water Outlets) da mappa.
- Creazione di Mappe Vettoriali e Assegnazione Attributi (Net Attribute Builder) e Bacini imbriferi.
- Visualizzazione su mappa e validazione, Archiviazione e Disponibilità dei Dati di Output.
- Conservazione dei dati generati durante l'analisi in ogni step intermedio su GeoFrame.

Elenco dei principali modelli e algoritmi utilizzati nel Caso d'Uso:

1. Modelli di Analisi Geomorfologica:

- **GeoFrame (o GEOframe-NewAGE):** Si tratta di un modello idrologico integrato, concettuale e a parametri semidistribuiti. Originariamente noto come JGRASS-NewAGE, il modello è composto da diverse componenti che simulano i processi fisici del ciclo idrologico. È in grado di riprodurre il deflusso superficiale e la risposta idrologica del bacino idrografico utilizzando Modelli Digitali del Terreno e dati meteorologici, pluviometrici e idrometrici.

2. Algoritmi per l'Accesso ai Dati:

- Autenticazione: Verifica dell'identità degli utenti o dei sistemi che accedono ai dati.
- Autorizzazione: Determinazione delle autorizzazioni per l'accesso o la manipolazione dei dati.
- Interrogazione: Creazione e ottimizzazione di query per recuperare dati da database o fonti di dati.
- Caching: Memorizzazione temporanea di dati frequentemente utilizzati per efficienza.

3. Algoritmi per la Visualizzazione:

- Rendering: Conversione di dati grezzi in rappresentazioni visive.
- Interattività: Permette agli utenti di interagire con le visualizzazioni.
- Adattamento: Adatta la visualizzazione in base a dispositivi o preferenze degli utenti.

4. Algoritmi per l'Estrazione:

- Parsing: Analisi di dati grezzi per estrarre informazioni rilevanti.
- Trasformazione: Modificazione o aggregazione dei dati per l'analisi o la visualizzazione.
- Filtraggio: Selezione di sottoinsiemi di dati in base a criteri specificati.

5. Algoritmi per la Delivery:

- Compressione: Riduzione della dimensione dei dati per una trasmissione più efficiente.
- Criptazione: Protezione dei dati durante la trasmissione.
- Trasmissione: Gestione del modo in cui i dati vengono inviati.
- Notifica: Informazione agli utenti o sistemi sulla disponibilità dei dati.

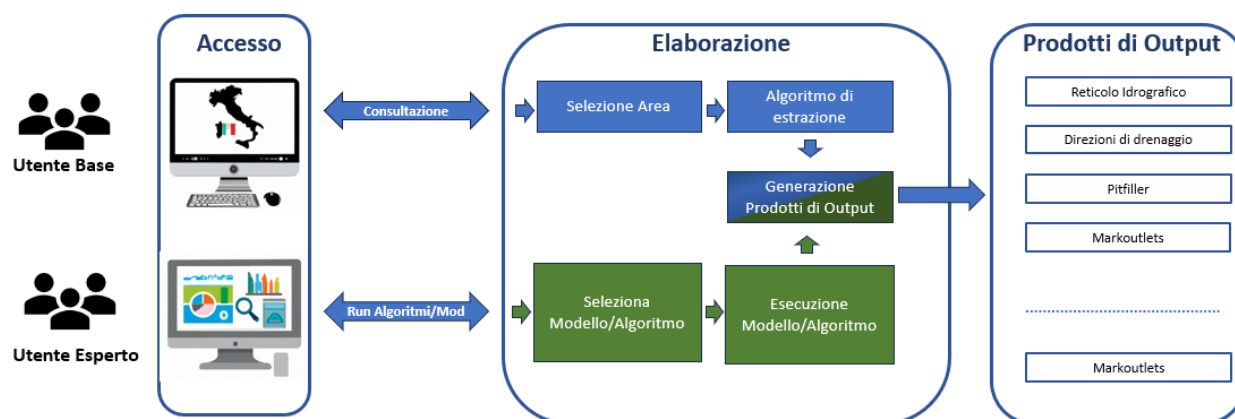
Elenco sintetico dei dati di output generati nell'ambito di questo Caso d'Uso:

- **Dati prodotti dal Modello GEOFRAME (shp file):**
 - File depitted
 - File delle direzioni di flusso
 - File delle direzioni di drenaggio, File di area contributiva totale
 - File della rete idrografica in formato raster
 - File di direzione di drenaggio con punti di uscita marcati
 - File del bacino, File del punto di uscita, File poligonale del bacino
 - File del bacino

- File di drenaggio, File della rete, File dell'area contributiva totale
- Numerazione della rete, File dei sottobacini, File di dimensione desiderata del sottobacino, File di topologia
- GeoframeInputsBuilder: File di direzione di drenaggio, File di numerazione della rete, File della rete, File del fattore di vista del cielo, Shapefile del sottobacino

• **Dati messi a disposizione dai sistemi federati:**

- Bacini Idrografici Rappresentazione vettoriale delle aree e contorni dei bacini idrografici
- Corpi Idrici Rappresentazione vettoriale dei corpi idrici e mappa raster della profondità
- Modelli di elevazione del terreno.



CU1.2 Flusso Operativo

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
VIAP02_RF001	Disponibilità di ambiente WebGIS	Si rimanda alla descrizione generale di progettazione	Si rimanda alla descrizione generale di implementazione
VIAP02_RF002	Disponibilità di un sistema di profilazione utente	Si rimanda alla descrizione generale di progettazione	Si rimanda alla descrizione generale di implementazione
VIAP02_RF003	Deve essere disponibile un profilo amministratore	Si rimanda alla descrizione generale di progettazione	Si rimanda alla descrizione generale di implementazione
VIAP02_RF004	Disponibilità di accesso a un catalogo di prodotti	Si rimanda alla descrizione generale di progettazione	Si rimanda alla descrizione generale di implementazione
VIAP02_RF005	Deve essere possibile selezionare uno o più prodotti di input	Vedere CU.V1.5 - Supporto a modelli idrologici e idraulici	Vedere CU.V1.5 - Supporto a modelli idrologici e idraulici
VIAP02_RF006	L'utente deve poter selezionare un'area amministrativa di interesse fornendo nome del comune, provincia o regione	Vedere CU.V1.5 - Supporto a modelli idrologici e idraulici	Vedere CU.V1.5 - Supporto a modelli idrologici e idraulici

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
VIAP02_RF007	L'utente deve poter mandare in esecuzione l'estrazione del dato di interesse selezionato e relativo alla area di interesse configurata (Su mappa o mediante selezione alfanumerica)	Vedere CU.VI.5 - Supporto a modelli idrologici e idraulici	Vedere CU.VI.5 - Supporto a modelli idrologici e idraulici
VIAP02_RF008	L'utente deve poter disegnare su mappa una area di interesse mediante selezione direttamente sul DTM per l'avvio del tool di analisi geomorfologica di GeoFrame	Vedere dettaglio nel seguito del paragrafo	Vedere dettaglio nel seguito del paragrafo
VIAP02_RF009	Disporre della funzione di riempimento dei punti di depressione presenti nel DTM, in modo da definire in maniera univoca le direzioni di drenaggio in ogni punto.	Vedere dettaglio nel seguito del paragrafo	Vedere dettaglio nel seguito del paragrafo
VIAP02_RF010	Calcolare le direzioni di drenaggio nella direzione della massima pendenza discendente (Flowdirections)	Vedere dettaglio nel seguito del paragrafo	Vedere dettaglio nel seguito del paragrafo
VIAP02_RF011	Correzione della direzione che minimizza l'effetto di deviazione dalla reale direzione identificata dal gradiente (Draindirections)	Vedere dettaglio nel seguito del paragrafo	Vedere dettaglio nel seguito del paragrafo
VIAP02_RF012	Identificazione dei punti che drenano all'esterno del bacino in analisi. (Markoutlets)	Vedere dettaglio nel seguito del paragrafo	Vedere dettaglio nel seguito del paragrafo
VIAP02_RF013	Determinazione della mappa di afflusso (TCA)	Vedere dettaglio nel seguito del paragrafo	Vedere dettaglio nel seguito del paragrafo
VIAP02_RF014	Estrazione della rete idrografica (Extract Network)	Vedere dettaglio nel seguito del paragrafo	Vedere dettaglio nel seguito del paragrafo
VIAP02_RF015	Inserire le coordinate di chiusura del bacino prescelto (Water Outlets)	Vedere dettaglio nel seguito del paragrafo	Vedere dettaglio nel seguito del paragrafo

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
VIAP02_RF016	Mappa vettoriale e attributi dei rami (Net Attribute Builder)	Vedere dettaglio nel seguito del paragrafo	Vedere dettaglio nel seguito del paragrafo
VIAP02_RF017	Estrazione dei sottobacini imbriferi (Net Numbering)	Vedere dettaglio nel seguito del paragrafo	Vedere dettaglio nel seguito del paragrafo
VIAP02_RF018	Mappa raster per la porzione di cielo visibile (Skyview)	Vedere dettaglio nel seguito del paragrafo	Vedere dettaglio nel seguito del paragrafo
VIAP02_RF019	L'utente deve poter configurare il metodo di delivery del prodotto estratto (Download in locale, generazione di un link dal quale fare in download del dato, distribuzione mediante WMS e WFS)	Vedere CU.V1.5 - Supporto a modelli idrologici e idraulici	Vedere CU.V1.5 - Supporto a modelli idrologici e idraulici
VIAP02_RF020	Possibilità di Archiviazione e Disponibilità dei Dati di Output in ogni Step Intermedio su GeoFrame nel Repository dei Dati Spaziali (RdS) e nel Catalogo Prodotti	Vedere dettaglio nel seguito del paragrafo	Vedere dettaglio nel seguito del paragrafo

Iaddove non trattati in altri documenti ai quali si rimanda, nel seguito, viene indicato un maggior dettaglio dei requisiti.

Requisito Funzionale VIA02_RF001

Per la descrizione di dettaglio si rimanda alla descrizione generale.

Requisito Funzionale VIA02_RF002

Per la descrizione di dettaglio si rimanda alla descrizione generale.

Requisito Funzionale VIA02_RF003

Per la descrizione di dettaglio si rimanda alla descrizione generale.

Requisito Funzionale VIA02_RF004

Per la descrizione di dettaglio si rimanda alla descrizione generale.

Requisito Funzionale VIA02_RF005

Per la descrizione di dettaglio si rimanda al CU.V1.5 Supporto a modelli idrologici e idraulici.

Requisito Funzionale VIA02_RF006

Per la descrizione di dettaglio si rimanda al CU.V1.5 Supporto a modelli idrologici e idraulici.

Requisito Funzionale VIA02_RF007

Per la descrizione di dettaglio si rimanda al CU.V1.5 Supporto a modelli idrologici e idraulici.

Requisito Funzionale VIA02_RF008

Descrizione del Requisito:

La definizione dell'area di interesse è un passo critico nel processo di analisi geomorfologica. La funzionalità richiesta dovrebbe permettere agli utenti di selezionare direttamente un'area sul DTM fornito, che sarà poi utilizzata come input per le successive analisi geomorfologiche. Questa selezione dovrebbe essere facile da effettuare, precisa e interattiva, permettendo una delimitazione chiara dell'area di interesse.

Progettazione:

1. Interfaccia Utente (UI):

- Fornire una UI intuitiva e user-friendly che permetta agli utenti di selezionare direttamente un'area sul DTM tramite operazioni di drag-and-drop o clic.
- Implementare funzionalità di zoom e pan per aiutare gli utenti a focalizzarsi sull'area di interesse e a definirla con precisione.

2. Backend:

- Implementare una logica di backend che catturi le coordinate della selezione dell'utente e la trasmetta al sistema per le successive analisi.
- Assicurarsi che il sistema possa gestire in modo efficiente diverse risoluzioni del DTM e diverse dimensioni dell'area di interesse.

3. API per la Selezione dell'Aoi:

- Sviluppare una API robusta che permetta la selezione dell'area di interesse e la trasmissione delle coordinate selezionate al backend per le analisi successive.

4. Validazione dell'Input:

- Implementare controlli di validazione per assicurarsi che la selezione dell'area di interesse sia valida e all'interno dei limiti del DTM disponibile.

Implementazione:

1. Tecnologie:

- Utilizzare frameworks FrontEnd come React o Angular per costruire l'interfaccia utente.
- Utilizzare librerie GIS come Leaflet o OpenLayers per gestire l'interazione con il DTM.

2. Processo:

- Iniziare con lo sviluppo dell'interfaccia utente e dell'API per la selezione dell'area di interesse.
- Proseguire con lo sviluppo del BackEnd per gestire e processare la selezione dell'area di interesse.
- Implementare i controlli di validazione dell'input per garantire selezioni valide.

3. Ottimizzazione:

- Ottimizzare la performance dell'interfaccia utente per garantire una risposta rapida anche con grandi DTM.

- Ottimizzare il backend per gestire in modo efficiente la selezione dell'area di interesse e le analisi successive.

Test:

1. Test Funzionali:

- Verificare che la selezione dell'area di interesse funzioni come previsto su diversi browser e dispositivi.
- Verificare che i controlli di validazione dell'input funzionino correttamente.

5. Test di Performance:

- Verificare la performance dell'interfaccia utente con diversi DTM e diverse dimensioni dell'area di interesse.
- Verificare la performance del backend con diverse dimensioni dell'area di interesse.

6. Test di Interoperabilità:

- Verificare l'integrazione con altre parti del sistema, come il modulo di analisi geomorfologica, per assicurarsi che l'area di interesse selezionata sia correttamente utilizzata per le analisi successive.

7. Test di Usabilità:

- Conduzione di test di usabilità con utenti finali per assicurarsi che la funzionalità di selezione dell'area di interesse sia intuitiva e facile da usare.

Requisito Funzionale VIA02_RF009

Il riempimento dei punti di depressione nel DTM è una procedura essenziale per garantire che le direzioni di drenaggio siano definite in modo univoco in ogni punto del terreno. Questo processo elimina le depressioni artificiali che possono interferire con l'analisi accurata del drenaggio e dei percorsi di flusso d'acqua. La funzione di riempimento deve essere in grado di identificare e riempire automaticamente queste depressioni nel DTM.

Progettazione:

1. Algoritmo di Riempimento di Depressione:

- Selezione o sviluppo di un algoritmo efficace per il riempimento delle depressioni, come l'algoritmo Planchon-Darboux o altri algoritmi noti nel campo dell'analisi geomorfologica.

2. Interfaccia Utente (UI):

- Fornire una UI intuitiva che permetta agli utenti di avviare il processo di riempimento delle depressioni, visualizzare lo stato del processo, e visualizzare i risultati.

3. Backend:

- Implementare una logica di backend robusta che esegua l'algoritmo di riempimento delle depressioni sul DTM fornito, gestisca eventuali errori e fornisca feedback agli utenti.

4. API per la Funzione di Riempimento:

- Sviluppare una API che permetta di avviare, monitorare e ottenere risultati dal processo di riempimento delle depressioni.

5. Validazione dell'Input:

- Implementare controlli di validazione per assicurarsi che il DTM fornito sia valido e adatto per il processo di riempimento delle depressioni.

Implementazione:

1. Tecnologie:

- Utilizzare frameworks come Python con librerie specializzate come GDAL per implementare l'algoritmo di riempimento delle depressioni.
2. **Processo:**
 - Iniziare con lo sviluppo dell'algoritmo di riempimento delle depressioni e dell'infrastruttura di backend necessaria.
 - Proseguire con lo sviluppo dell'interfaccia utente e delle API per la funzione di riempimento.
 3. **Ottimizzazione:**
 - Ottimizzare la performance dell'algoritmo e del backend per garantire che il processo di riempimento delle depressioni sia eseguito in modo efficiente anche su grandi DTM.

Test:

1. **Test Funzionali:**
 - Verificare che l'algoritmo di riempimento delle depressioni funzioni come previsto e che le direzioni di drenaggio siano definite in modo univoco.
2. **Test di Performance:**
 - Verificare la performance del processo di riempimento delle depressioni su vari DTM con diverse dimensioni e complessità.
3. **Test di Interoperabilità:**
 - Verificare l'integrazione con altre parti del sistema, come le funzionalità di analisi del drenaggio e di estrazione delle caratteristiche geomorfologiche.
4. **Test di Usabilità:**
 - Conduzione di test di usabilità per assicurarsi che la funzione di riempimento delle depressioni sia facile da utilizzare e comprendere da parte degli utenti.

Requisito Funzionale VIA02_RF010

Il calcolo delle direzioni di drenaggio verso la direzione della massima pendenza discendente è cruciale per l'analisi idrologica e geomorfologica. Questo requisito implica lo sviluppo di un algoritmo che calcoli accuratamente le direzioni di drenaggio su ogni punto del Modello Digitale del Terreno (DTM), guidando così l'analisi del flusso d'acqua attraverso il paesaggio.

Progettazione:

1. **Algoritmo di Calcolo delle Direzioni di Drenaggio:**
 - Selezionare o sviluppare un algoritmo robusto per calcolare le direzioni di drenaggio, come l'algoritmo D8, D^∞ o altri metodi consigliati nel dominio GIS.
2. **Interfaccia Utente (UI):**
 - Fornire una UI intuitiva che permetta agli utenti di avviare il calcolo delle direzioni di drenaggio, visualizzare lo stato del processo, e visualizzare i risultati.
3. **Backend:**
 - Implementare una logica di backend che esegua l'algoritmo di calcolo delle direzioni di drenaggio sul DTM fornito, gestisca eventuali errori e fornisca feedback agli utenti.
4. **API per la Funzione di Calcolo delle Direzioni di Drenaggio:**
 - Sviluppare una API che permetta di avviare, monitorare e ottenere risultati dal processo di calcolo delle direzioni di drenaggio.
5. **Validazione dell'Input:**
 - Implementare controlli di validazione per assicurarsi che il DTM fornito sia valido e adatto per il calcolo delle direzioni di drenaggio.

Implementazione:

1. Tecnologie:

- Utilizzare frameworks come Python con librerie specializzate come GDAL o Pysheds per implementare l'algoritmo di calcolo delle direzioni di drenaggio.

2. Processo:

- Iniziare con lo sviluppo dell'algoritmo di calcolo delle direzioni di drenaggio e dell'infrastruttura di backend necessaria.
- Proseguire con lo sviluppo dell'interfaccia utente e delle API per la funzione di calcolo delle direzioni di drenaggio.

3. Ottimizzazione:

- Ottimizzare la performance dell'algoritmo e del backend per garantire che il processo di calcolo delle direzioni di drenaggio sia eseguito in modo efficiente anche su grandi DTM.

Test:

1. Test Funzionali:

- Verificare che l'algoritmo di calcolo delle direzioni di drenaggio funzioni come previsto e che le direzioni di drenaggio siano calcolate accuratamente.

2. Test di Performance:

- Verificare la performance del processo di calcolo delle direzioni di drenaggio su vari DTM con diverse dimensioni e complessità.

3. Test di Interoperabilità:

- Verificare l'integrazione con altre parti del sistema, come le funzionalità di riempimento delle depressioni e di analisi del flusso d'acqua.

4. Test di Usabilità:

- Conduzione di test di usabilità per assicurarsi che la funzione di calcolo delle direzioni di drenaggio sia facile da utilizzare e comprendere da parte degli utenti.

Requisito Funzionale VIA02_RF011

La corretta identificazione delle direzioni di drenaggio è cruciale per l'analisi idrologica e geomorfologica. Questo requisito implica lo sviluppo di un algoritmo che corregga eventuali deviazioni nelle direzioni di drenaggio calcolate, in modo da allineare le direzioni di drenaggio con il gradiente reale del terreno come rappresentato nel Modello Digitale del Terreno (DTM).

Progettazione:

1. Algoritmo di Correzione delle Direzioni di Drenaggio:

- Selezionare o sviluppare un algoritmo robusto che minimizzi la deviazione tra le direzioni di drenaggio calcolate e la reale direzione identificata dal gradiente del DTM.

2. Interfaccia Utente (UI):

- Fornire una UI intuitiva che permetta agli utenti di avviare la correzione delle direzioni di drenaggio, visualizzare lo stato del processo, e visualizzare i risultati.

3. Backend:

- Implementare una logica di backend che esegua l'algoritmo di correzione delle direzioni di drenaggio sul DTM fornito, gestisca eventuali errori e fornisca feedback agli utenti.

4. API per la Funzione di Correzione delle Direzioni di Drenaggio:

- Sviluppare una API che permetta di avviare, monitorare e ottenere risultati dal processo di correzione delle direzioni di drenaggio.
5. **Validazione dell'Input:**
- Implementare controlli di validazione per assicurarsi che il DTM fornito e le direzioni di drenaggio iniziali siano validi e adatti per la correzione delle direzioni di drenaggio.

Implementazione:

1. **Tecnologie:**

- Utilizzare frameworks come Python con librerie specializzate come GDAL o Pysheds per implementare l'algoritmo di correzione delle direzioni di drenaggio.

2. **Processo:**

- Iniziare con lo sviluppo dell'algoritmo di correzione delle direzioni di drenaggio e dell'infrastruttura di backend necessaria.
- Proseguire con lo sviluppo dell'interfaccia utente e delle API per la funzione di correzione delle direzioni di drenaggio.

3. **Ottimizzazione:**

- Ottimizzare la performance dell'algoritmo e del backend per garantire che il processo di correzione delle direzioni di drenaggio sia eseguito in modo efficiente anche su grandi DTM.

Test:

1. **Test Funzionali:**

- Verificare che l'algoritmo di correzione delle direzioni di drenaggio funzioni come previsto e che le direzioni di drenaggio corrette siano allineate con il gradiente reale del DTM.

2. **Test di Performance:**

- Verificare la performance del processo di correzione delle direzioni di drenaggio su vari DTM con diverse dimensioni e complessità.

3. **Test di Interoperabilità:**

- Verificare l'integrazione con altre parti del sistema, come le funzionalità di calcolo delle direzioni di drenaggio e di analisi del flusso d'acqua.

4. **Test di Usabilità:**

- Condurre test di usabilità per assicurarsi che la funzione di correzione delle direzioni di drenaggio sia facile da utilizzare e comprendere da parte degli utenti.

Requisito Funzionale VIA02_RF012

L'identificazione accurata dei punti che drenano all'esterno del bacino in analisi è fondamentale per una corretta modellazione idrologica e idraulica e per l'analisi geomorfologica. Questo requisito mira a sviluppare una funzionalità che identifichi e marchi questi punti nel Modello Digitale del Terreno (DTM).

Progettazione:

1. **Algoritmo di Identificazione dei Punti di Drenaggio:**

- Selezionare o sviluppare un algoritmo robusto che identifichi i punti di drenaggio che fuoriescono dal bacino in analisi.

2. **Interfaccia Utente (UI):**

- Fornire una UI intuitiva che permetta agli utenti di avviare il processo di identificazione dei punti di drenaggio, visualizzare lo stato del processo, e visualizzare i risultati.

3. **Backend:**

- Implementare una logica di backend che esegua l'algoritmo di identificazione dei punti di drenaggio sul DTM fornito, gestisca eventuali errori e fornisca feedback agli utenti.

4. **API per la Funzione di Identificazione dei Punti di Drenaggio:**

- Sviluppare una API che permetta di avviare, monitorare e ottenere risultati dal processo di identificazione dei punti di drenaggio.

5. **Validazione dell'Input:**

- Implementare controlli di validazione per assicurarsi che il DTM fornito sia valido e adatto per l'identificazione dei punti di drenaggio.

Implementazione:

1. **Tecnologie:**

- Utilizzare frameworks come Python con librerie specializzate come GDAL o Pysheds per implementare l'algoritmo di identificazione dei punti di drenaggio.

2. **Processo:**

- Iniziare con lo sviluppo dell'algoritmo di identificazione dei punti di drenaggio e dell'infrastruttura di backend necessaria.
- Proseguire con lo sviluppo dell'interfaccia utente e delle API per la funzione di identificazione dei punti di drenaggio.

3. **Ottimizzazione:**

- Ottimizzare la performance dell'algoritmo e del backend per garantire che il processo di identificazione dei punti di drenaggio sia eseguito in modo efficiente anche su grandi DTM.

Test:

1. **Test Funzionali:**

- Verificare che l'algoritmo di identificazione dei punti di drenaggio funzioni come previsto e che i punti di drenaggio identificati siano accurati.

2. **Test di Performance:**

- Verificare la performance del processo di identificazione dei punti di drenaggio su vari DTM con diverse dimensioni e complessità.

3. **Test di Interoperabilità:**

- Verificare l'integrazione con altre parti del sistema, come le funzionalità di calcolo delle direzioni di drenaggio e di analisi del flusso d'acqua.

4. **Test di Usabilità:**

- Conduzione di test di usabilità per assicurarsi che la funzione di identificazione dei punti di drenaggio sia facile da utilizzare e comprendere da parte degli utenti.

Requisito Funzionale VIA02_RF013

La mappa di afflusso è un elemento chiave per analizzare il comportamento idrologico di un bacino. Essa rappresenta l'area totale che contribuisce al flusso in ogni punto del bacino. Questo requisito mira a sviluppare una funzionalità che calcoli e visualizzi la mappa di afflusso basandosi sul Modello Digitale del Terreno (DTM).

Progettazione:

1. **Algoritmo di Calcolo TCA:**

- Selezionare o sviluppare un algoritmo affidabile per il calcolo della mappa di afflusso basandosi sul DTM.
- 2. **Interfaccia Utente (UI):**
 - Fornire una UI intuitiva che permetta agli utenti di avviare il calcolo della mappa di afflusso, visualizzare lo stato del processo, e visualizzare i risultati.
- 3. **Backend:**
 - Implementare una logica di backend che esegua l'algoritmo di calcolo della mappa di afflusso sul DTM fornito, gestisca eventuali errori e fornisca feedback agli utenti.
- 4. **API per la Funzione di Calcolo TCA:**
 - Sviluppare una API che permetta di avviare, monitorare e ottenere risultati dal processo di calcolo della mappa di afflusso.
- 5. **Validazione dell'Input:**
 - Implementare controlli di validazione per assicurarsi che il DTM fornito sia valido e adatto per il calcolo della mappa di afflusso.

Implementazione:

1. **Tecnologie:**
 - Utilizzare frameworks come Python con librerie specializzate come GDAL o Pysheds per implementare l'algoritmo di calcolo della mappa di afflusso.
2. **Processo:**
 - Iniziare con lo sviluppo dell'algoritmo di calcolo della mappa di afflusso e dell'infrastruttura di backend necessaria.
 - Proseguire con lo sviluppo dell'interfaccia utente e delle API per la funzione di calcolo della mappa di afflusso.
3. **Ottimizzazione:**
 - Ottimizzare la performance dell'algoritmo e del backend per garantire che il processo di calcolo della mappa di afflusso sia eseguito in modo efficiente anche su grandi DTM.

Test:

1. **Test Funzionali:**
 - Verificare che l'algoritmo di calcolo della mappa di afflusso funzioni come previsto e che la mappa di afflusso generata sia accurata.
2. **Test di Performance:**
 - Verificare la performance del processo di calcolo della mappa di afflusso su vari DTM con diverse dimensioni e complessità.
3. **Test di Interoperabilità:**
 - Verificare l'integrazione con altre parti del sistema, come le funzionalità di calcolo delle direzioni di drenaggio e di identificazione dei punti di drenaggio.
4. **Test di Usabilità:**
 - Conduzione di test di usabilità per assicurarsi che la funzione di calcolo della mappa di afflusso sia facile da utilizzare e comprendere da parte degli utenti.

Requisito Funzionale VIA02_RF014

L'estrazione della rete idrografica è fondamentale per l'analisi e la gestione delle risorse idriche in un bacino idrografico. Questo processo si basa sul Modello Digitale del Terreno (DTM) per identificare e

delineare i corsi d'acqua e le loro interconnessioni all'interno del bacino. Questo requisito richiede la progettazione e l'implementazione di un sistema che permetta di estrarre la rete idrografica in modo preciso ed efficiente.

Progettazione:

1. Algoritmo di Estrazione:

- Selezionare o sviluppare un algoritmo affidabile per l'estrazione della rete idrografica dal DTM, come l'algoritmo D8, D-Infinity o altri algoritmi consolidati nel campo GIS.

2. Interfaccia Utente (UI):

- Fornire una UI intuitiva che permetta agli utenti di avviare l'estrazione della rete idrografica, visualizzare lo stato del processo e visualizzare i risultati.

3. Backend:

- Implementare una logica di backend che gestisca l'esecuzione dell'algoritmo di estrazione della rete idrografica, gestione degli errori e fornire feedback agli utenti.

4. API per la Funzione di Estrazione:

- Sviluppare API che permettano di avviare, monitorare e ottenere risultati dal processo di estrazione della rete idrografica.

5. Validazione dell'Input:

- Implementare controlli di validazione per assicurarsi che il DTM fornito sia valido e adatto per l'estrazione della rete idrografica.

Implementazione:

1. Tecnologie:

- Utilizzare frameworks come Python con librerie specializzate come GDAL o Pysheds per implementare l'algoritmo di estrazione della rete idrografica.

2. Processo:

- Iniziare con lo sviluppo dell'algoritmo di estrazione della rete idrografica e dell'infrastruttura di backend necessaria.
- Proseguire con lo sviluppo dell'interfaccia utente e delle API per la funzione di estrazione della rete idrografica.

3. Ottimizzazione:

- Ottimizzare la performance dell'algoritmo e del backend per garantire che il processo di estrazione della rete idrografica sia eseguito in modo efficiente anche su grandi DTM.

Test:

1. Test Funzionali:

- Verificare che l'algoritmo di estrazione della rete idrografica funzioni come previsto e che la rete idrografica generata sia accurata.

2. Test di Performance:

- Verificare la performance del processo di estrazione della rete idrografica su vari DTM con diverse dimensioni e complessità.

3. Test di Interoperabilità:

- Verificare l'integrazione con altre parti del sistema, come le funzionalità di calcolo delle direzioni di drenaggio e di identificazione dei punti di drenaggio.

4. Test di Usabilità:

- Conduzione di test di usabilità per assicurarsi che la funzione di estrazione della rete idrografica sia facile da utilizzare e comprendere da parte degli utenti.

Requisito Funzionale VIA02_RF015

Il punto di chiusura di un bacino idrografico è una sezione d'alveo significativa attraverso la quale defluisce l'acqua drenata dal bacino. Identificare correttamente questo punto è essenziale per una corretta analisi e gestione delle risorse idriche. Questo requisito richiede la possibilità per gli utenti di inserire manualmente le coordinate del punto di chiusura del bacino idrografico prescelto.

Progettazione:

1. Interfaccia Utente (UI):

- Creare un'interfaccia user-friendly che permetta agli utenti di inserire le coordinate del punto di chiusura o di selezionarle direttamente sulla mappa.

2. Validazione dell'Input:

- Implementare controlli di validazione per assicurarsi che le coordinate inserite siano valide e si trovino all'interno del DTM del bacino idrografico in analisi.

3. Backend:

- Creare una logica di backend che memorizzi e gestisca le coordinate del punto di chiusura e fornisca feedback appropriato agli utenti.

4. API per la Funzione di Inserimento Coordinate:

- Sviluppare API che permettano di inserire, recuperare e gestire le coordinate del punto di chiusura del bacino.

Implementazione:

1. Tecnologie:

- Utilizzare frameworks e librerie GIS come Leaflet o OpenLayers per la parte dell'interfaccia utente, e server backend come Node.js o frameworks Python per la gestione dei dati.

2. Processo:

- Iniziare con lo sviluppo dell'interfaccia utente per l'inserimento delle coordinate.
- Proseguire con lo sviluppo del backend e delle API per la gestione delle coordinate del punto di chiusura.

3. Ottimizzazione:

- Ottimizzare la performance dell'interfaccia utente e del backend per garantire una risposta rapida e un'esperienza utente fluida.

Test:

1. Test Funzionali:

- Verificare che l'interfaccia utente permetta l'inserimento corretto delle coordinate e che le coordinate vengano memorizzate e gestite correttamente dal backend.

2. Test di Usabilità:

- Conduzione di test di usabilità per assicurarsi che la funzione di inserimento delle coordinate sia facile da utilizzare e comprendere da parte degli utenti.

3. Test di Interoperabilità:

- Verificare l'integrazione con altre parti del sistema, come le funzioni di estrazione della rete idrografica e calcolo delle direzioni di drenaggio.

4. Test di Performance:

- Verificare la performance del sistema con un grande numero di richieste simultanee di inserimento delle coordinate.

Requisito Funzionale VIA02_RF016

Il requisito richiede la creazione di una mappa vettoriale che rappresenti la rete idrografica del bacino idrografico, insieme alla generazione e associazione degli attributi pertinenti ai vari rami della rete. Questi attributi possono includere, ma non sono limitati a, lunghezza del ramo, pendenza, area del bacino a monte, ecc.

Progettazione:

1. Interfaccia Utente (UI):

- Fornire una UI intuitiva che permetta agli utenti di visualizzare la mappa vettoriale e di accedere agli attributi associati ai vari rami della rete idrografica.

2. Generazione della Mappa Vettoriale:

- Sviluppare algoritmi per la creazione della mappa vettoriale dalla rete idrografica estratta.

3. Calcolo degli Attributi:

- Implementare funzioni di calcolo per determinare gli attributi dei vari rami della rete idrografica.

4. Backend:

- Creare una logica di backend per gestire la memorizzazione e il recupero della mappa vettoriale e degli attributi associati.

5. API per la Funzione Net Attribute Builder:

- Sviluppare API che permettano di generare, recuperare e gestire la mappa vettoriale e gli attributi associati.

Implementazione:

1. Tecnologie:

- Utilizzare tecnologie GIS come PostGIS per la gestione dei dati spaziali, e frameworks come Leaflet o OpenLayers per la visualizzazione della mappa vettoriale.

2. Processo:

- Iniziare con lo sviluppo degli algoritmi per la creazione della mappa vettoriale e il calcolo degli attributi.
- Proseguire con lo sviluppo dell'interfaccia utente e del backend.

3. Ottimizzazione:

- Ottimizzare la performance degli algoritmi e del backend per garantire una risposta rapida e un'esperienza utente fluida.

Test:

1. Test Funzionali:

- Verificare che la mappa vettoriale sia generata correttamente e che gli attributi dei rami della rete idrografica siano calcolati e associati in modo accurato.

2. Test di Usabilità:

- Conduzione di test di usabilità per assicurarsi che gli utenti possano facilmente accedere e comprendere le informazioni fornite dalla mappa vettoriale e dagli attributi associati.

3. Test di Interoperabilità:

- Verificare l'integrazione con altre parti del sistema, come le funzioni di estrazione della rete idrografica e inserimento delle coordinate di chiusura del bacino.

4. **Test di Performance:**

- Verificare la performance del sistema con un grande numero di richieste simultanee per la generazione della mappa vettoriale e il calcolo degli attributi.

Requisito Funzionale VIA02_RF017

Il requisito richiede la possibilità di estrarre e identificare distintamente i sottobacini imbriferi all'interno di un bacino idrografico più ampio, attraverso una funzione di numerazione o etichettatura. Questo processo è fondamentale per analizzare e gestire le risorse idriche a una scala più dettagliata.

Progettazione:

1. **Interfaccia Utente (UI):**

- Creare un'interfaccia intuitiva che permetta agli utenti di inizializzare l'estrazione dei sottobacini e visualizzare i risultati.

2. **Algoritmo di Estrazione e Numerazione:**

- Sviluppare un algoritmo robusto per estrarre i sottobacini imbriferi e assegnare un identificativo univoco a ciascuno.

3. **Backend:**

- Implementare una logica di backend per gestire il processo di estrazione e numerazione, e memorizzare i dati risultanti.

4. **API per la Funzione Net Numbering:**

- Sviluppare API che permettano di inizializzare, recuperare e gestire l'estrazione e la numerazione dei sottobacini.

Implementazione:

1. **Tecnologie:**

- Utilizzare tecnologie GIS come PostGIS per la gestione dei dati spaziali, e frameworks come Leaflet o OpenLayers per la visualizzazione dei sottobacini.

2. **Processo:**

- Iniziare con lo sviluppo dell'algoritmo di estrazione e numerazione.
- Proseguire con lo sviluppo dell'interfaccia utente e del backend.

3. **Ottimizzazione:**

- Ottimizzare la performance dell'algoritmo e del backend per garantire una risposta rapida e un'esperienza utente fluida.

Test:

1. **Test Funzionali:**

- Verificare che l'algoritmo estragga correttamente i sottobacini e assegni un identificativo univoco a ciascuno.

2. **Test di Usabilità:**

- Conduzione di test di usabilità per assicurarsi che gli utenti possano facilmente inizializzare l'estrazione dei sottobacini e interpretare i risultati.

3. **Test di Interoperabilità:**

- Verificare l'integrazione con altre parti del sistema, come le funzioni di estrazione della rete idrografica e generazione della mappa vettoriale.

4. **Test di Performance:**

- Verificare la performance del sistema con un grande numero di richieste simultanee per l'estrazione dei sottobacini.

Requisito Funzionale VIA02_RF018

Il requisito richiede la creazione di una mappa raster che rappresenti la porzione di cielo visibile da ogni punto all'interno del bacino idrografico in esame. Questa mappa è cruciale per studi legati all'irraggiamento solare, alla ventilazione, e ad altre analisi meteorologiche o geomorfologiche.

Progettazione:

1. Interfaccia Utente (UI):

- Fornire un'interfaccia utente intuitiva per permettere agli utenti di generare e visualizzare la mappa Skyview.

2. Algoritmo di Generazione della Mappa Skyview:

- Sviluppare un algoritmo per calcolare la porzione di cielo visibile da ogni punto, basandosi sul Modello Digitale del Terreno (DTM).

3. Backend:

- Creare una logica di backend per gestire la generazione, la memorizzazione e il recupero della mappa Skyview.

4. API per la Funzione Skyview:

- Sviluppare API che permettano di inizializzare, recuperare e gestire la mappa Skyview.

Implementazione:

1. Tecnologie:

- Utilizzare tecnologie GIS come GDAL per la generazione della mappa raster, e frameworks come Leaflet o OpenLayers per la visualizzazione della mappa.

2. Processo:

- Iniziare con lo sviluppo dell'algoritmo di generazione della mappa Skyview.
- Proseguire con lo sviluppo dell'interfaccia utente e del backend.

3. Ottimizzazione:

- Ottimizzare la performance dell'algoritmo e del backend per garantire una risposta rapida e un'esperienza utente fluida.

Test:

1. Test Funzionali:

- Verificare che la mappa Skyview sia generata correttamente e rappresenti accuratamente la porzione di cielo visibile da ogni punto.

2. Test di Usabilità:

- Conduzione di test di usabilità per assicurarsi che gli utenti possano facilmente generare e interpretare la mappa Skyview.

3. Test di Interoperabilità:

- Verificare l'integrazione con altre parti del sistema, come le funzioni di estrazione dei dati DTM.

4. Test di Performance:

- Verificare la performance del sistema con un grande numero di richieste simultanee per la generazione della mappa Skyview.

Requisito Funzionale VIA02_RF019

Per la descrizione di dettaglio si rimanda al CU.V1.5.

Requisito Funzionale VIA02_RF020

Il requisito prevede la possibilità di archiviare i dati generati in ogni step intermedio su GeoFrame nel Repository dei Dati Spaziali (RdS) e di renderli disponibili nel catalogo prodotti per l'accesso e l'utilizzo da parte degli utenti. La funzionalità di archiviazione e disponibilità dei dati è un'opzione che può facilitare l'organizzazione, la conservazione, e la disponibilità dei dati prodotti in ogni fase del processo.

Progettazione:

1. Interfaccia Utente (UI):

- Sviluppare un'interfaccia utente che permetta agli utenti di visualizzare, cercare e accedere ai dati eventualmente archiviati nel RdS e nel catalogo prodotti, in ogni step intermedio su GeoFrame.

2. Sistema di Archiviazione:

- Progettare e implementare un sistema di archiviazione che, se utilizzato, garantirebbe la conservazione sicura dei dati generati in ogni fase del processo su GeoFrame.

3. Backend:

- Sviluppare una logica di backend per gestire l'archiviazione, il recupero, e la disponibilità dei dati nel RdS e nel catalogo prodotti, in ogni step intermedio su GeoFrame.

4. API per la Gestione dei Dati:

- Creare API che permettano di caricare, recuperare e gestire i dati archiviati nel RdS e nel catalogo prodotti.

Implementazione:

1. Tecnologie:

- Utilizzare database spaziali come PostGIS per l'archiviazione dei dati, e tecnologie web come RESTful APIs per l'accesso ai dati.

2. Processo:

- Iniziare con lo sviluppo del sistema di archiviazione dei dati per ogni step intermedio su GeoFrame.
- Proseguire con lo sviluppo dell'interfaccia utente e del backend per la gestione dei dati.

3. Ottimizzazione:

- Ottimizzare la performance del sistema di archiviazione e del backend per garantire un accesso rapido e affidabile ai dati archiviati, in ogni step intermedio su GeoFrame.

Test:

1. Test Funzionali:

- Verificare che i dati generati in ogni step intermedio su GeoFrame possano essere correttamente archiviati nel RdS e resi disponibili nel catalogo prodotti.

2. Test di Usabilità:

- Conduzione di test di usabilità per assicurarsi che gli utenti possano facilmente accedere e gestire i dati archiviati, in ogni step intermedio su GeoFrame.

3. Test di Interoperabilità:

- Verificare l'integrazione con altre parti del sistema, come le funzioni di generazione dei dati e l'interfaccia utente.

4. Test di Performance:

- Verificare la performance del sistema con un grande numero di richieste simultanee per l'accesso ai dati archiviati, in ogni step intermedio su GeoFrame.

1.2.2 Requisiti non Funzionali Correlati

I requisiti non funzionali correlati al sistema descritto includono aspetti che riguardano la qualità del sistema e il suo comportamento, oltre alle funzionalità specifiche. Questi requisiti non funzionali sono essenziali per garantire che il sistema sia robusto, efficiente e in grado di soddisfare le esigenze degli utenti in termini di prestazioni, sicurezza e usabilità.

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
VIAP2_RNF001	Interoperabilità È fondamentale che il sistema possa interfacciarsi efficacemente con altre piattaforme e sistemi che forniscono dati di input. Questo può essere realizzato attraverso API standardizzate, protocolli di comunicazione comuni come REST o SOAP, e formati di dati standard come JSON o XML	Consolidamento selezione dei protocolli di comunicazione standard e definizione di dettaglio delle API	Sviluppo API e attivazione protocolli di comunicazione
VIAP2_RNF002	Orchestrazione del Processo La necessità di un orchestratore è cruciale per gestire l'intero flusso di lavoro dal momento dell'attivazione del CU fino alla delivery del prodotto di output. L'orchestratore deve essere in grado di coordinare e monitorare tutte le fasi del processo, gestire le dipendenze, e assicurare che ogni fase sia completata correttamente prima di passare alla successiva.	Definizione di dettaglio dei passaggi del flusso di lavoro e le dipendenze tra di essi.	Sviluppo dell'orchestratore in base alla progettazione, integrando meccanismi di monitoraggio e gestione delle dipendenze
VIAP2_RNF003	Gestione dei Log Un sistema di gestione dei log robusto è essenziale per tracciare e monitorare le attività del sistema, identificare e risolvere i problemi, e fornire insight sulle performance del	Definizione dei tipi di eventi da registrare nei log e determinazione della struttura di registrazione chiara e informativa	Sviluppo del sistema di gestione dei log in linea con la progettazione e integrazione delle funzionalità di registrazione nei vari

id_applicativo_id_rf	descrizione_rf	progettazione_rf	implementazione_rf
	sistema. I log dovrebbero essere facilmente accessibili, leggibili e archiviati in modo sicuro per eventuali analisi future.		componenti del sistema
VIAP2_RNF004	Gestione delle Interruzioni La capacità di gestire interruzioni durante il processo è vitale per assicurare la resilienza del sistema. Questo include la capacità di riprendere da dove si era interrotto in caso di fallimenti, e di notificare agli amministratori o agli utenti le interruzioni e i relativi dettagli.	Definizione del sistema di gestione delle interruzioni che comprende la strategia di recupero da fallimenti, la notifica agli amministratori e agli utenti, e la struttura per il ripristino del processo da punti di interruzione.	Codifica delle logiche di gestione delle interruzioni, con particolare attenzione alla corretta esecuzione della ripresa dal punto di interruzione e all'invio tempestivo di notifiche informative. Le funzionalità sono integrate in modo efficace nel flusso operativo del sistema.
VIAP2_RNF005	Scalabilità Il sistema dovrebbe essere scalabile per gestire un aumento del carico di lavoro o del volume dei dati. Questo può essere realizzato attraverso l'uso di risorse cloud scalabili, bilanciamento del carico, e altre tecniche di ottimizzazione delle performance.	Definizione dell'implementazione su Sistema SIM e quindi basato su risorse cloud	Implementazione e configurazione su risorse cloud
VIAP2_RNF006	Manutenibilità Il sistema dovrebbe essere progettato in modo da facilitare la manutenzione, l'aggiornamento e l'evoluzione nel tempo. Questo include una buona documentazione del codice, test automatizzati, e un'architettura modulare.	Definizione dell'architettura modulare che facilita la manutenzione e l'evoluzione del sistema nel tempo	Implementazione delle linee guida progettuali per creare un sistema con elevata manutenibilità

1.2.3 Vincoli e Limitazioni

La realizzazione dei requisiti funzionali può essere influenzata da vincoli e limitazioni, tra cui:

- Accesso ai Sistemi Fornitori di Dati:

- **Indisponibilità dei Sistemi:** La mancanza di accesso ai sistemi che forniscono i dati di input può rappresentare un vincolo significativo. L'indisponibilità può essere causata da interruzioni di rete, manutenzione programmata o non programmata, guasti hardware o software, o altre problematiche tecniche. Questo può ritardare o impedire l'esecuzione di processi cruciali che dipendono da tali dati.
- **Accesso Limitato:** Alcuni sistemi potrebbero avere restrizioni sull'accesso, che possono essere basate su permessi, politiche di sicurezza o accordi contrattuali. Questo può limitare la capacità del sistema di ottenere dati in tempo reale o di accedere a certi tipi di dati.
- **Concorrenza degli Utenti:**
 - **Accesso Simultaneo:** L'accesso di molti utenti in contemporanea può mettere sotto stress le risorse del sistema, causando rallentamenti o fallimenti. La gestione efficace della concorrenza è cruciale per mantenere alte performance e una buona esperienza utente.
 - **Scalabilità:** La capacità del sistema di scalare per gestire picchi di traffico è un vincolo importante. Un sistema che non scala bene sotto carichi elevati può esperire ritardi, errori o interruzioni.
- **Performance e Latenza:**
 - Il tempo necessario per processare richieste e fornire risposte può essere influenzato dalla latenza nella rete, nella elaborazione dei dati, o nell'accesso ai sistemi esterni. Performance scadenti possono influenzare negativamente l'usabilità e l'efficacia del sistema.
- **Sicurezza dei Dati:**
 - La protezione dei dati sensibili e la conformità con le leggi e i regolamenti sulla privacy e sulla sicurezza possono imporre vincoli sul modo in cui i dati sono accessibili, gestiti e conservati.
- **Compatibilità e Standard:**
 - La necessità di aderire a standard specifici o di assicurare la compatibilità con altri sistemi può imporre vincoli su come sono implementate certe funzionalità.
- **Documentazione e Formazione:**
 - La mancanza di documentazione adeguata o di formazione può limitare la capacità degli utenti di utilizzare il sistema in modo efficace.

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
interoperabilità	Necessità di reperire i dati necessari dai sistemi federati ISPRA e ADB tramite specifici accordi di servizio e in modalità on demand
accessibilità e collaborazione	Necessità di una piattaforma unificata, accessibile da qualsiasi luogo o dispositivo; accesso simultaneo e collaborazione tra diversi team ed entità
scalabilità	Possibilità di gestire grandi set di dati e picchi di domanda sono elementi essenziali per analisi approfondite
general	Necessità di integrazione del tool "Geoframe" nella piattaforma SIM
scalabilità	I moduli software devono poter essere mandati in esecuzione in parallelo senza causare collisioni di processo o di dati

REQUISITO	Descrizione
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 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 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 servono 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

1.3.2 Diagramma Architettuale

Di seguito viene presentato il diagramma architettuale dell'applicativo mappato sull'architettura di riferimento del SIM.

L'interoperabilità tra SIM e stakeholder è garantita dall'API Gateway, si ipotizza che l'accesso ai dati degli stakeholder avvenga tramite API GIS server per i dati cartografici e tramite servizi di accesso specifici per i database SQL e NOSQL.

Il repository RdS contiene:

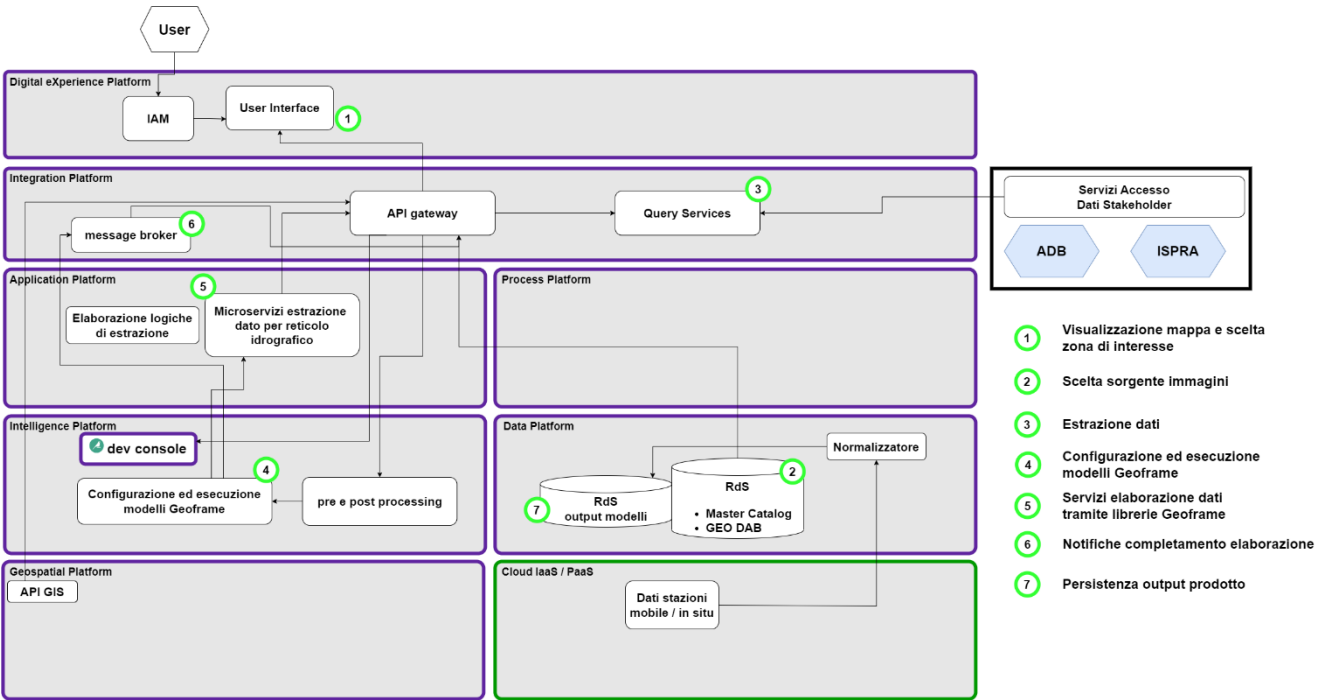
- le informazioni del Master Catalog quali i metadati dei sorgenti degli stakeholder e la lista degli algoritmi disponibili
- i dati di output prodotti a valle delle elaborazioni effettuati.

Le fasi di pre processing ed elaborazione possono essere gestite in modo sincrono nel momento in cui la response del servizio di elaborazione del modello è in modalità sincrona e quindi l'interfaccia utente attende il risultato del layer costruito. Oppure gestite in modo asincrono, in questo caso il servizio di elaborazione del modello invia un messaggio di fine lavorazione all'utente che visualizza il risultato del layer in modalità off-line.

Il flusso dei dati avviene secondo le seguenti fasi principali:

- Visualizzazione mappa e scelta della zona di interesse: l'utente accede alla GUI dell'applicativo, che presenta un'interfaccia user-friendly per la navigazione e l'interazione
- Scelta sorgente immagini: sulla base delle scelte operate dall'utente, viene utilizzato il discovery and access broker GEO DAB del SIM Master Catalog per l'identificazione della sorgente dati (federata, RdS)
- Estrazione dati: tramite l'utilizzo della componente di Api Gateway e appositi servizi di estrazione dati, vengono effettuate le chiamate ai sistemi federati (o alle API di RdS) per il recupero dei dati necessari
- Configurazione ed esecuzione modelli Geoframe
- Servizi elaborazione dati tramite librerie Geoframe
- Notifiche completamento elaborazione: ad elaborazione ultimata viene notificato l'esito dell'elaborazione
- Persistenza output prodotto: l'output prodotto viene storicizzato all'interno di RdS, ed inserito nel Master Catalog, a beneficio di ulteriori consultazioni da parte di utenti o di utilizzi da parte di altre applicazioni.

I punti in verde nel diagramma danno evidenza della sequenza temporale di come avviene la richiesta di fruizione dei dati tramite le componenti software di backend.



L'utente potrà validare e pubblicare la carta dell'uso del suolo e renderla così disponibile ad altri applicativi.

1.3.3 Piattaforme SIM utilizzate

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
Application Platform (DevSecOps)	Pipeline CI/CD Engine	SI	Il codice dei microservizi, degli algoritmi

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			implementati all'interno dell'Intelligence Platform, Geospatial Platform e dell'eXperience Platform (come saranno descritti di seguito) saranno soggetti al deployment del software negli ambienti di collaudo e di produzione.
	Software Forge	SI	Il codice dei microservizi, degli algoritmi implementati all'interno dell'Application Platform saranno soggetti a versionamento. La gestione del versioning, del tracciamento dei problemi, la collaborazione tra gli sviluppatori ha impatti su tutte le piattaforme coinvolte nel disegno architetturale
	Application Defined Storage Engine	NO	
	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	Sarà necessario comprendere, misurare e monitorare il comportamento dei sistemi software in esecuzione, in modo da poter diagnosticare problemi, tracciare le prestazioni e ottenere informazioni dettagliate sullo stato del sistema
Process Platform	Business Process Modelling	NO	
	Workflow Engine	SI	L'applicativo utilizza questo servizio per l'esecuzione del workflow del processo di validazione degli output prodotti
	Business Rule Engine	NO	
	Analytics and Reporting	NO	
	Integration and Connectivity	SI	Connettività con componenti interni al SIM tra interfaccia grafica e Process Platform per avviare i controlli e i processi di validazione. Una volta che il processo di validazione è terminato, il workflow gestisce il processo di pubblicazione

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			nel Master Catalog
	Collaboration and Communication tools	NO	
	Security and Access Control	SI	Gestione degli accessi e delle utenze
	Complex Event Processing	NO	
Data Platform	Extract, Transform, Load (ETL) tools	NO	
	Data Modelling tools	NO	
	Business Intelligence tools	NO	
	Metadata Management tools	SI	L'utente usa il Master Catalog per ricercare i dataset in input e quindi fa uso dei metadati che sono ad essi associati.
	Data Governance tools	SI	Prima di essere utilizzati, i dati di input vengono sottoposti a verifiche e controlli che assicurano la qualità e la conformità dei dati, perché è condizione necessaria per essere censiti nel Master Catalog. Allo stesso tempo i dati di output da censire all'interno del Master Catalog dovranno essere gestiti tramite i tool di Data Governance, per assicurarne la gestione del ciclo di vita, l'aderenza agli standard qualitativi, la corretta

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			indicizzazione, ecc
	Data modeling and Preparation tools	NO	
	Report creation/generation	NO	
	Data Visualization engines	NO	
	Indexing, search	SI	Gli utenti avranno a disposizione funzionalità per ricercare determinati dataset da utilizzare, mediante funzionalità di semantic search.
Intelligence Platform	AI/ML Frameworks catalog	SI	Nel master catalog vengono gestiti i modelli di AI/ML disponibili per l'applicazione in ambito
	AI/ML Flows	SI	Vengono predisposti strumenti di progettazione di workflow che implementano flussi condizionati di elaborazioni AI/ML
	AI Models Lifecycle Management	SI	Viene gestito il versioning dei modelli AI/ML, e il loro ciclo di vita
	AI Data Preparation	SI	Tramite gli strumenti relative alla componente di intelligence platform vengono gestiti eventuali step elaborativi di preparazione del dato, propedeutici

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			all'applicazione dei modelli
	Model Deployment	SI	L'applicativo utilizza gli modelli in ambito Geoframe. Quindi questo servizio serve per poter implementare e poi effettuare il deploy dei modelli nell'Intelligence Platform
	Model Monitoring	SI	L'utente deve poter monitorare l'esecuzione degli algoritmi e verificarne l'esito
	ML Scaling Framework	NO	
Integration Platform	Integration Flows (Scenarios)	SI	L'applicativo utilizza questo servizio per far comunicare le piattaforme tra loro e con i servizi esterni tramite API.
	Connectors	SI	Vengono predisposti dei connettori per il reperimento dei dati dagli stakeholder
	Data mapping and transformation	SI	Si esegue un controllo sintattico e semantico sui dati letti dagli stakeholder e applicata una prima fase di trasformazione in modo da omogeneizzare i dati in input alle

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
			elaborazioni successive
	Integration workflow automation	SI	La connessione e i flussi di dati possono essere gestiti tramite schedulazioni asincrone di processi o tramite generazione di notifiche per istanziare comunicazioni sincrone tra le componenti delle piattaforme
	API management	SI	Si implementa il routing delle richieste API tra le varie componenti delle piattaforme
	API gateway	SI	Viene gestito 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	SI	Le mappe di output possono essere consultabili mediante App Mobile dedicata
	Content Personalization	NO	
	Content and Service Analytics	NO	
	Identity Management Support Integration	SI	
	Service Access Policies	NO	
	Single Page Apps	NO	
	Forms	NO	
	Asset Publisher	NO	
	Search	SI	L'applicativo utilizza questo servizio per dare la possibilità all'utente di richiamare da Front End un'API che effettua la ricerca di specifici dataset sul Master Catalog
	Fragments and Pages	NO	
	SEO and Page Analytics	NO	
Geospatial Platform	Data Integration	SI	L'applicativo integra e combina i vari tipi di input in formati differenti
	Remote Sensing	NO	
	GIS base services	SI	L'utente deve avere la possibilità di identificare e selezionare una zona di interesse sui layer dell'interfaccia webGIS predisposti per l'applicativo
	Spatial Analysis	NO	
	Risk Assessment	NO	
	Predictive Modeling	NO	

MODULO	SERVIZIO	UTILIZZO	NOTE
	Climate Change Analysis	NO	
	Environmental Impact Assessment	NO	
	Reporting and Visualization	NO	
	Historical Data Analysis	SI	Tramite questa capability l'applicativo permette delle analisi grafiche dei dati di serie storiche
	Scenario Planning	NO	

1.4 Dati di input

Lo scopo generale di questo paragrafo è identificare tutti i dati che devono essere raccolti e/o generati al fine di mettere in condizione le diverse tipologie di utenti di accedere al SIM per avere le informazioni geomorfologiche necessarie per supportarli nella corretta caratterizzazione dei bacini idrografici.

I dati di input sono stati, pertanto, suddivisi in due categorie: quelli esistenti presso i sistemi federati, che il SIM metterà a disposizione richiamandoli, in funzione delle richieste, secondo i meccanismi di interoperabilità precedentemente descritti; quelli necessari ad utilizzare il tool GeoFrame di analisi geomorfologica.

Per questo secondo caso è necessaria una precisazione. L'integrazione del tool GeoFrame di analisi geomorfologica nel SIM consentirà di eseguire in sequenza automatica le singole funzioni di processamento fino alla generazione del risultato prescelto dall'utente: estrazione del reticolo idrografico e bacini imbriferi. Tutti i risultati di ogni singolo passaggio funzionale, che costituiscono i dati di input per la successiva funzione, verranno archiviati direttamente nel RdS come prodotti intermedi.

Nella descrizione di questo capitolo si terrà conto anche di questa ulteriore specifica.

1.4.1 Introduzione ai Dati di Input

In base alla suddivisione suddetta sono stati identificati i suddetti dati di input:

- Dati esistenti (possono provenire da sistemi federati o da SIM stesso)
- Dati generati dal modello (che costituiscono sia l'output di una fase sia l'input della successiva)

1.4.2 Catalogo delle Fonti di Dati

Dati esistenti

1. Dati in ingresso nel SIM dai sistemi federati sono:
 - Perimetri dei bacini idrografici prodotti da ISPRA e/o dal Portale Cartografico Nazionale (PCN) e/o dalle ADB.

I dati saranno resi disponibili mediante i protocolli di interoperabilità.

2. Dati nel Repository Centrale del sistema di monitoraggio del SIM (in quanto prodotti e dettagliatamente descritti nel CU.V1.5):
 - Modello Digitale del Terreno (DTM)
 - Modello Digitale della Superficie (DSM).

Il DTM costituisce la base di partenza da cui il tool GeoFrame inizia l'analisi e l'estrazione delle caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrografici.

ID	Tipo di Dato di Input	Proprietà dei Dati	Modalità di Accesso	Frequenza di Aggiornamento	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Caratteristiche Sensibilità Dato	Uso del Dato	Criticità
VIAPI_DI001	Perimetri dei bacini idrografici	ISPRA/PCN/ADB	Open/Restrict	Periodica	Protocolli di Interoperabilità Standardizzati	Alta (Informazioni Geografiche)	Dato di input per il modello GeoFrame	Accuratezza dei dati
VIAPI_DI002	Modello Digitale del Terreno (DTM)	Repository Centrale del sistema di monitoraggio del SIM	Open/Restrict	Periodica	Protocolli di Interoperabilità Standardizzati	Alta (Dati Topografici)	Dato di input per il modello GeoFrame	Risoluzione e Accuratezza
VIAPI_DI003	File di pendenza (DTM)	Repository Centrale del sistema di monitoraggio del SIM	Open/Restrict	Periodica	Protocolli di Interoperabilità Standardizzati	Media (Dati Topografici)	Dato di input per il modello GeoFrame	Precisione del Dato
VIAPI_DI004	File di aspetto (DTM)	Repository Centrale del sistema di monitoraggio del SIM	Open/Restrict	Periodica	Protocolli di Interoperabilità Standardizzati	Media (Dati Topografici)	Dato di input per il modello GeoFrame	Direzionalità
VIAPI_DI005	Modello Digitale della Superficie (DSM)	Repository Centrale del sistema di monitoraggio del SIM	Open/Restrict	Periodica	Protocolli di Interoperabilità Standardizzati	Alta (Dati Topografici)	Dato di input per il modello GeoFrame	Risoluzione e Accuratezza

ID	Tipo di Dato di Input	Proprietà dei Dati	Modalità di Accesso	Frequenza di Aggiornamento	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Caratteristiche Sensibilità Dato	Uso del Dato	Criticità
VIAPI_DI006	File di altezza degli oggetti (DSM)	Repository Centrale del sistema di monitoraggio del SIM	Open/Restrict	Periodica	Protocolli di Interoperabilità Standardizzati	Media (Dati Topografici)	Dato di input per il modello GeoFrame	Precisione del Dato

Dati generati dal modello

Durante le varie fasi di esecuzione del tool GeoFrame, per ogni passaggio, vengono generati dei dati di output che andranno a costituire l'input per la fase successiva e la cui descrizione si trova nel paragrafo dedicato ai requisiti funzionali:

1. Punti di depressione presenti nel DTM, in modo da definire in maniera univoca le direzioni di drenaggio in ogni punto (Pitfiller)
2. Direzioni di drenaggio nella direzione della massima pendenza discendente (Flowdirections)
3. Correzione delle direzioni che minimizza l'effetto di deviazione dalla reale direzione identificata dal gradiente (Draindirections)
4. Punti di drenaggio esterno del bacino in analisi. (Markoutlets)
5. Mappa di afflusso (TCA)
6. Rete idrografica (Extract Network)
7. Coordinate di chiusura del bacino prescelto (Water Outlets)
8. Mappa vettoriale e attributi dei rami (Net Attribute Builder)
9. Sottobacini imbriferi (Net Numbering)
10. Mappa raster per la porzione di cielo visibile (Skyview)

Si tratta di una lavorazione intermedia che, pur non rappresentando un input propriamente detto, viene riportato per completezza.

ID	Procedura	Dati di Input	Descrizione	Proprietà del Dato	Modalità di Accesso	Generazione	Soluzione di Accesso	Caratteristiche di Sensibilità
VIAP1_DI007	Pitfiller	Punti di depressione	Identificazione e riempimento delle depressioni nel DTM per definire le direzioni di drenaggio.	File raster	Web interface	Su richiesta utente	SIM/GeoFrame	Validazione utente esperto
VIAP1_DI008	FlowDirections	Direzioni di drenaggio	Calcolo delle direzioni di drenaggio seguendo la massima pendenza discendente.	File raster	Web interface	Su richiesta utente	SIM/GeoFrame	Validazione utente esperto
VIAP1_DI009	DrainDirections	Correzione direzioni	Correzione delle direzioni di drenaggio per minimizzare le deviazioni dal gradiente reale.	File raster	Web interface	Su richiesta utente	SIM/GeoFrame	Validazione utente esperto
VIAP1_DI010	Markoutlets	Punti di drenaggio esterno	Identificazione dei punti che drenano all'esterno del bacino in analisi.	File raster	Web interface	Su richiesta utente	SIM/GeoFrame	Validazione utente esperto
VIAP1_DI011	TCA	Mappa di afflusso	Mappa raster che rappresenta l'area di contribuzione di afflusso per ogni cella.	File raster	Web interface	Su richiesta utente	SIM/GeoFrame	Validazione utente esperto
VIAP1_DI012	Extract Network	Rete idrografica	Estrazione della rete idrografica basata sulle direzioni di drenaggio e sulla mappa di afflusso.	File raster/vettoriale	Web interface	Su richiesta utente	SIM/GeoFrame	Validazione utente esperto
VIAP1_DI013	Water Outlets	Coordinate di chiusura	Inserimento delle coordinate del punto di chiusura del bacino prescelto.	File vettoriale	Web interface	Su richiesta utente	SIM/GeoFrame	Validazione utente esperto
VIAP1_DI014	Net Attribute Builder	Mappa vettoriale e attributi	Generazione di una mappa vettoriale con attributi associati ai rami della rete idrografica.	File vettoriale	Web interface	Su richiesta utente	SIM/GeoFrame	Validazione utente esperto
VIAP1_DI015	Net Numbering	Sottobacini imbriferi	Identificazione e estrazione dei sottobacini imbriferi.	File vettoriale	Web interface	Su richiesta utente	SIM/GeoFrame	Validazione utente esperto

ID	Procedura	Dati di Input	Descrizione	Proprietà del Dato	Modalità di Accesso	Generazione	Soluzione di Accesso	Caratteristiche di Sensibilità
VIAP1_DI016	Skyview	Mappa raster cielo visibile	Calcolo della porzione di cielo visibile in ogni punto del terreno.	File raster	Web interface	Su richiesta utente	SIM/GeoFrame	Validazione utente esperto

1.4.3 Specifiche di contenuto

ID	Specifiche di Contenuto
VIAP02_DI_001	Rappresentazione raster del terreno naturale che esclude oggetti sopraelevati come edifici e vegetazione, fornendo un modello accurato della morfologia del terreno.
VIAP02_DI_002	Mappa raster della pendenza derivata dal DTM che mostra l'angolo di inclinazione del terreno in ogni punto.
VIAP02_DI_003	Mappa raster dell'aspetto derivata dal DTM che indica la direzione in cui un versante è rivolto.
VIAP02_DI_004	Rappresentazione raster della superficie terrestre che include tutti gli oggetti sopraelevati come edifici, alberi e altre strutture.
VIAP02_DI_005	Mappa raster delle altezze degli oggetti sopraelevati derivata dalla differenza tra il DSM e il DTM.

1.5 Sistemi federati

1.5.1 Introduzione ai sistemi federati

Vengono identificati e descritti i sistemi con cui il servizio applicativo opera in modalità di federazione/interoperabilità sia in termini applicativi che di scambio dati.

1.5.2 Elenco dei sistemi federati

Ente Federato	Proprietà del servizio	Riferimento al sistema/servizio da federare	Caratteristiche legate alla sensibilità del servizio	Modalità di interazione in interoperabilità
Autorità di Bacino (AdB)	Bacini idrografici e corpi idrici	Siti delle Autorità di bacino Distrettuali	Pubblico	Servizi standard OGC
HIS-CENTRAL IDROGEO (ISPRA)	Dati idrologici	http://www.hiscentral.isprambiente.gov.it https://idrogeo.isprambiente.it/app/	Pubblico	Servizi standard OGC

1.6 Funzioni, Algoritmi e Modelli

1.6.1 Introduzione e Panorama Generale

Considerando l'obiettivo del servizio, così come indicato nel paragrafo "obiettivi del servizio applicativo", ed in particolare al paragrafo 1.2., gli algoritmi e/o modelli richiesti allo specifico servizio applicativo rispecchiano la duplice finalità:

- Algoritmi per il contesto dell'accesso ai dati, visualizzazione, estrazione, e delivery;
- Modello di analisi geomorfologica (GeoFrame).

1.6.2 Criteri di Selezione

Il modello GeoFrame, pur avendo valenza internazionale è in continua evoluzione e pertanto è stato selezionato come primo prototipo di implementazione congiunta con lo stakeholder ADBPO, che ha messo a disposizione i dati necessari per i test finalizzati all'utilizzo su scala nazionale da parte anche delle altre ADB.

1.6.3 Tipologie di Funzioni Applicative

Nel contesto dell'applicativo di estrazione e analisi automatica delle caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrografici, le diverse tipologie di funzioni applicative possono essere categorizzate in base agli obiettivi specifici dell'applicazione. Di seguito è riportata una suddivisione delle funzioni applicative in diverse categorie:

- **Gestione dell'Utente:**

- Registrazione e autenticazione degli utenti.
- Profilazione utente e gestione dei permessi.
- Creazione e gestione di profili amministrativi.
- **Accesso ai Dati:**
 - Recupero e visualizzazione del catalogo di prodotti disponibili.
 - Selezione di uno o più prodotti di input da utilizzare nelle analisi.
- **Estrazione e Analisi Geomorfologica:**
 - Estrazione del dato di interesse selezionato per un'area configurata.
 - Analisi geomorfologiche avanzate, inclusi riempimento dei punti di depressione, calcolo delle direzioni di drenaggio, identificazione dei punti che drenano all'esterno del bacino, determinazione della mappa di afflusso, estrazione della rete idrografica, ecc.

1.6.4 Dettagli sugli Algoritmi

Algoritmi per il contesto dell'accesso ai dati, visualizzazione, estrazione, e delivery

- **Algoritmi per l'Accesso ai Dati**
 - **Autenticazione:** Algoritmi che verificano l'identità degli utenti o dei sistemi che tentano di accedere ai dati.
 - **Autorizzazione:** Algoritmi che determinano quali dati un utente o un sistema sono autorizzati a vedere o manipolare.
 - **Interrogazione:** Algoritmi per creare e ottimizzare query per recuperare dati da un database o da una fonte di dati.
 - **Caching:** Algoritmi che memorizzano temporaneamente dati frequentemente utilizzati per migliorare l'efficienza e ridurre il carico sulle risorse del sistema.
- **Algoritmi per la Visualizzazione**
 - **Rendering:** Algoritmi che convertono dati grezzi in rappresentazioni visive, come grafici, tabelle, o mappe.
 - **Interattività:** Algoritmi che permettono agli utenti di interagire con le visualizzazioni, ad esempio zoomare, scorrere, o cliccare per ulteriori dettagli.
 - **Adattamento:** Algoritmi che adattano la visualizzazione in base ai dispositivi o alle preferenze degli utenti.
- **Algoritmi per l'Estrazione:**
 - **Parsing:** Algoritmi che analizzano dati grezzi per estrarre informazioni rilevanti.
 - **Trasformazione:** Algoritmi che modificano o aggregano dati per prepararli per l'analisi o la visualizzazione.
 - **Filtraggio:** Algoritmi che selezionano sottoinsiemi di dati in base a criteri specificati.
- **Algoritmi per la Delivery:**
 - **Compressione:** Algoritmi che riducono la dimensione dei dati per una trasmissione più efficiente.
 - **Criptazione:** Algoritmi che proteggono i dati durante la trasmissione, assicurando che solo i destinatari autorizzati possano accedervi.
 - **Trasmissione:** Algoritmi che governano il modo in cui i dati vengono inviati da un punto all'altro, ad esempio attraverso protocolli di rete.

- **Notifica:** Algoritmi che informano gli utenti o i sistemi quando i dati sono pronti per essere ritirati o sono stati consegnati con successo.

1.6.5 Dettagli sui Modelli

Modello di analisi geomorfologica (GeoFrame).

Il modello GeoFrame è un sistema informativo geografico (GIS) che facilita l'analisi geomorfologica e idrologica di bacini idrografici. Permette l'estrazione di dati da modelli digitali del terreno e fornisce strumenti per l'analisi e la visualizzazione delle caratteristiche geomorfologiche ed idrologiche dei bacini.

Nome del modello:

GeoFrame (o *GeoFrame-NewAGE*)

Descrizione:

Il modello GeoFrame-NewAGE è un modello idrologico integrato, concettuale e a parametri semidistribuiti in origine conosciuto come JGRASS-NewAGE, è il risultato di una sequenza composta da diverse componenti che simulano individualmente i processi fisici del ciclo idrologico e assemblate insieme riescono a riprodurre il deflusso superficiale e la risposta idrologica del bacino idrografico a partire dai Modelli Digitali del Terreno, da dati meteorologici, pluviometrici e idrometrici orari a disposizione.

Il bacino idrografico viene suddiviso in singole unità dette HRU, ognuna schematizzata con una serie di invasi, di cui il modello risolve il bilancio e infine connette tra loro le singole unità per ottenere la risposta complessiva dell'intero bacino.

Il sistema è fondato principalmente sull'impiego di una piattaforma di visualizzazione GIS, uDig (user friendly Desktop Internet GIS), la quale consente la manipolazione del modello digitale del terreno attraverso la feature uDig Spatial toolbox, e sull'impiego del framework OMS3 (Object Modelling System), una console che permette di connettere tra loro, in seguito alla gestione e scrittura di codici in linguaggio OMS3, le cosiddette componenti, che, raccolte in librerie software, prendono il nome di OMSGeoFrame components attraverso le quali simulare lo specifico processo idrologico e calibrare il modello.

La caratteristica di questi mezzi è quella di essere completamente Open Source e di essere disponibili in linguaggio Java. Ciò facilita il dialogo tra gli strumenti utilizzati; l'estensione a nuove possibili features e di parti del modello stesso, infine, l'integrazione con altri strumenti di visualizzazione GIS e analisi dei dati e dei risultati.

- **Parametri:** Il modello richiede diversi parametri che vengono calibrati per identificare le relazioni concettuali del modello stesso.
- **Input:** Il modello richiede il DTM, come primo parametro di input. Durante le varie fasi di esecuzione del modello, per ogni passaggio, vengono generati dei dati di output che andranno a costituire l'input per la fase successiva.

- **Flusso operativo:** Il flusso operativo del modello comprende diversi step che vengono eseguiti per stimare le caratteristiche del bacino e dei sottobacini.
- **uDig Spatial Toolbox:** Lo Spatial toolbox è un pacchetto che contiene tutti gli strumenti (denominati JGrasstools) per l'importazione, l'esportazione e la realizzazione di mappe raster e vettoriali utilizzate nel modello nonché le features per l'analisi morfologica del bacino denominate Horton Machines. La forma che rappresenta un Modello Digitale del Terreno (DTM nella maniera più efficace è una griglia quadrata regolare di dati che prende il nome di raster. Ciascun punto del raster rappresenta la coordinata verticale z di quota per una serie di punti successivi lungo un profilo spaziale. Il DTM della regione di interesse rappresenta dunque l'unico dato di ingresso da manipolare con i J-Grasstools in ambiente uDig.
- **J-Grasstools e Horton Machine:** I comandi del pacchetto JGrasstools sono suddivisi in più categorie e consentono le elaborazioni del DTM di partenza ai fini dell'estrazione del bacino e della rete idrografica di interesse.

Flusso operativo

Di seguito si riportano le funzioni utilizzate per l'elaborazione e gli Step operativi del modello:

- **Pitfiller**
 - INPUT: dem file
 - OUTPUT: depitted file, mappa raster che rappresenta la distribuzione delle quote all'interno del bacino di interesse
- **FlowDirections**
 - INPUT: depitted file
 - OUTPUT: flowdir file
- **DrainDir**
 - INPUT: depitted file, flowdir file
 - OUTPUT: draindir file, tca file
- **ExtractNetwork**
 - INPUT: tca file
(se mode "only tca", oppure se criterio "tca + slope" --> tca file, draindir file, gradient file; se mode "tca in convergent sites" --> tca file, draindir file, tc 3 classi file *)
 - * tc da **Tc** con input planar curvature file, profile curvature file **
 - ** curvature da **Curvatures** con input depitted file
 - OUTPUT: network file (raster)
- **Markoutlets**
 - INPUT: draindir file
 - OUTPUT: draindir_marked file
- **ExtractBasin**
 - INPUT: draindir_marked file, coordinate punto di chiusura (che deve essere posizionato sul reticolo idrografico)
 - OUTPUT: mybasin file (maschera raster del bacino estratto), outlet_point file (shp), mybasin_polygon file (shp)
- **Wateroutlet** (in alternativa a ExtractBasin ma molto più rapido)
 - INPUT: draindir_marked file, coordinate punto di chiusura (che deve essere posizionato sul reticolo idrografico)

- OUTPUT: mybasin file (maschera raster del bacino estratto)
- **CutOut** (ritaglia i file in ingresso sulla maschera del bacino estratto in precedenza)
 - INPUT: drain_marked file + mybasin file, network file + mybasin file, tca file + mybasin file
 - OUTPUT: mydrain file, mynetwork file, mytca file
- **NetNumbering**
 - INPUT: mydrain file, mynetwork, mytca file, monitoring_points file (shp, i punti devono essere posizionati sul reticolo idrografico)
 - OUTPUT: netnumber file, subbasin file, desired_size_subbasin file, topology file (tool ancora in fase di sviluppo)
- **GeoFrameInputsBuilder** (crea una cartella della relativa analisi geomorfologica per ogni sottobacino individuato da NetNumbering)
 - INPUT: depitted file, mydrain file, mynetwork file, skyview_factor* file, desired_size_subbasin file
 - OUTPUT: draindir file, netnumber file, network file, skyview_factor file, shapefile del sottobacino (per ognuno dei sottobacini).

1.6.6 Interazione tra Algoritmi e Modelli

Nel contesto del sistema di estrazione e analisi automatica delle caratteristiche geomorfologiche dei bacini idrografici descritto precedentemente, l'interazione tra algoritmi è fondamentale per condurre le analisi richieste. L'insieme di algoritmi lavora in sinergia per eseguire operazioni come l'estrazione del dato di interesse, la delineazione delle caratteristiche geomorfologiche, e la generazione di output significativi. L'integrazione con modelli idrologici esterni e la gestione di eventi specifici, come quelli siccitosi ed alluvionali, coinvolgono algoritmi avanzati per simulazioni dettagliate. L'efficace integrazione tra questi algoritmi supporta l'obiettivo di fornire analisi idrologiche e geomorfologiche complete, contribuendo alla gestione delle risorse idriche e alla tutela del territorio.

1.6.7 Analisi della Complessità Computazionale

La complessità computazionale del modello può essere considerata moderata.

1.6.8 Casistica di Utilizzo

Il modello GeoFrame viene utilizzato principalmente in contesti di studio e analisi idrologica, in particolare per la simulazione del deflusso superficiale e la risposta idrologica di un bacino idrografico.

1.6.9 Misure di Validazione e Verifica

Validazione verifica sono a carico dell'utente esperto.

Grado di Maturità

Il modello GeoFrame pur essendo ampiamente adottato dalla Comunità internazionale, è attualmente in corso di evoluzione.

Riferimenti

Il modello GeoFrame è opensource, rilasciato sotto modello di licenza GPL3 (<https://github.com/GeoFramecomponents>).

Governance e Manutenzione

Matrice di tracciabilità, linee guida AGID.

Documentazione e Risorse

Documentazione standard per gli algoritmi per il contesto dell'accesso ai dati, visualizzazione, estrazione, e delivery, mentre per il modello GeoFrame fare riferimento alla documentazione specifica (<https://github.com/GeoFramecomponents>).

Considerazioni Future e Sviluppi Previsti

Il modulo GeoFrame è in continua evoluzione, che costituiranno l'oggetto di aggiornamenti futuri.

1.7 Dati di output

1.7.1 Introduzione

L'intento di questa sezione è esplorare in dettaglio i dati prodotti e condivisi attraverso il servizio applicativo, facilitando così l'accesso alle informazioni geomorfologiche essenziali per gli utenti, a sostegno di un'accurata caratterizzazione dei bacini idrografici. I dati generati, o output, emergono da processi e analisi specifiche, che si avvalgono tanto di dati esistenti quanto di nuovi dati, elaborati mediante l'ausilio del tool GeoFrame per l'analisi geomorfologica.

L'integrazione del tool GeoFrame all'interno del Sistema Integrato di Monitoraggio (SIM) non solo permette l'esecuzione automatizzata di una serie di funzioni di processamento, ma anche la generazione di risultati selezionati dall'utente. A titolo esemplificativo, alcune delle funzionalità potrebbero comprendere l'estrazione del reticolo idrografico e la definizione dei bacini imbriferi. Ciascun output, generato a seguito di ogni singola fase di elaborazione, non solo rappresenta un elemento chiave nel processo complessivo, ma costituisce anche un dato di valore da archiviare.

Pertanto, tutti i risultati, sia quelli intermedi che quelli finali, saranno archiviati nel Repository di Sistema (RdS) e, consecutivamente, resi disponibili nel catalogo prodotti del SIM. L'attenzione verrà posta anche sui prodotti intermedi, poiché, sebbene rappresentino passaggi nel processo di analisi, possiedono un intrinseco valore informativo e potrebbero essere impiegati in analisi e applicazioni future.

1.7.2 Elenco Dati di Output

Dati prodotti dal Modello GEOFRAME

ID	Descrizione	Proprietà dei Dati (owner)	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Frequenza di Aggiornamento	Caratteristiche Sensibilità Dato	Criticità
VIAP2_DO001	Pitfiller (depitted file)	Utente esperto	Web interface/GeoFrame/SIM	Su richiesta utente	Validazione Utente Esperto	Si rimanda ad una fase successiva l'approfondimento di questo aspetto
VIAP2_DO002	FlowDirections (Flowdir file)	Utente esperto	Web interface/GeoFrame/SIM	Su richiesta utente	Validazione Utente Esperto	Si rimanda ad una fase successiva l'approfondimento di questo aspetto
VIAP2_DO003	DrainDir (draindir file, tca file)	Utente esperto	Web interface/GeoFrame/SIM	Su richiesta utente	Validazione Utente Esperto	Si rimanda ad una fase successiva l'approfondimento di questo aspetto
VIAP2_DO004	ExtractNetwork (network file (raster))	Utente esperto	Web interface/GeoFrame/SIM	Su richiesta utente	Validazione Utente Esperto	Si rimanda ad una fase successiva l'approfondimento di questo aspetto
VIAP2_DO005	Markoutlets (draindir_marked file)	Utente esperto	Web interface/GeoFrame/SIM	Su richiesta utente	Validazione Utente Esperto	Si rimanda ad una fase successiva l'approfondimento di questo aspetto
VIAP2_DO006	ExtractBasin (mybasin file, outlet_point file, mybasin_polygon file)	Utente esperto	Web interface/GeoFrame/SIM	Su richiesta utente	Validazione Utente Esperto	Si rimanda ad una fase successiva l'approfondimento di questo aspetto
VIAP2_DO007	Wateroutlet (alt) (mybasin file)	Utente esperto	Web interface/GeoFrame/SIM	Su richiesta utente	Validazione Utente Esperto	Si rimanda ad una fase successiva l'approfondimento di questo aspetto
VIAP2_DO008	CutOut	Utente esperto	Web interface/GeoFrame/SIM	Su richiesta utente	Validazione Utente Esperto	Si rimanda ad una fase successiva

ID	Descrizione	Proprietà dei Dati (owner)	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Frequenza di Aggiornamento	Caratteristiche Sensibilità Dato	Criticità
	(mydrain file, mynetwork file, mytca file)					l'approfondimento di questo aspetto
VIAP2_DO009	NetNumbering (netnumber file, subbasin file, desired_size_subbasin file, topology file)	Utente esperto	Web interface/GeoFrame/SIM	Su richiesta utente	Validazione Utente Esperto	Si rimanda ad una fase successiva l'approfondimento di questo aspetto
VIAP2_DO010	GeoFrameInputsBuilder (draindir file, netnumber file, network file, skyview_factor file, shapefile del sottobacino)	Utente esperto	Web interface/GeoFrame/SIM	Su richiesta utente	Validazione Utente Esperto	Si rimanda ad una fase successiva l'approfondimento di questo aspetto
VIAP2_DO011	Creazione dello shapefile (centroids.shp)file	Utente esperto	Web interface/GeoFrame/SIM	Su richiesta utente	Validazione Utente Esperto	Si rimanda ad una fase successiva l'approfondimento di questo aspetto

Dati a disposizione dai sistemi federati

ID	Descrizione	Proprietà dei Dati (owner)	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Frequenza di Aggiornamento	Caratteristiche Sensibilità Dato	Criticità
VIAP2_DO012	file del bacino (vector) Rappresentazione vettoriale delle aree dei bacini idrografici, delineando le regioni geografiche che raccolgono le acque verso un punto comune di uscita.	Vedere tabelle dati input	Federato / Servizi Standard OGC	Come da sistema federato	Come da sistema federato	Si rimanda ad una fase successiva l'approfondimento di questo aspetto
VIAP2_DO013	file del contorno del bacino (vector) Contorni vettoriali dei bacini idrografici, fornendo le linee di demarcazione che separano un bacino idrografico da un altro.	Vedere tabelle dati input	Federato / Servizi Standard OGC	Come da sistema federato	Come da sistema federato	Si rimanda ad una fase successiva l'approfondimento di questo aspetto
VIAP2_DO014	file del corpo idrico (vector) Rappresentazione vettoriale dei corpi idrici come laghi, fiumi, e riserve idriche, delineando le loro estensioni e posizioni geografiche.	Vedere tabelle dati input	Federato / Servizi Standard OGC	Come da sistema federato	Come da sistema federato	Si rimanda ad una fase successiva l'approfondimento di questo aspetto

ID	Descrizione	Proprietà dei Dati (owner)	Soluzioni per l'Accesso ai Dati	Frequenza di Aggiornamento	Caratteristiche Sensibilità Dato	Criticità
VIAP2_DO015	file di profondità (raster) Mappa raster della profondità dei corpi idrici, fornendo informazioni su come la profondità varia attraverso la superficie dei corpi idrici.	Vedere tabelle dati input	Federato / Servizi Standard OGC	Come da sistema federato	Come da sistema federato	Si rimanda ad una fase successiva l'approfondimento di questo aspetto
VIAP2_DO016	file dei dati idrologici Dati relativi ai flussi idrici, livelli d'acqua, qualità dell'acqua, e altre misure idrologiche utilizzate per monitorare e gestire le risorse idriche.	Vedere tabelle dati input	Federato / Servizi Standard OGC	Come da sistema federato	Come da sistema federato	Si rimanda ad una fase successiva l'approfondimento di questo aspetto
VIAP2_DO017	file di serie storica Serie storiche dei dati idrologici, fornendo un registro temporale delle misurazioni idrologiche che possono essere utilizzate per analisi trend, modellazione e altre analisi.	Vedere tabelle dati input	Federato / Servizi Standard OGC	Come da sistema federato	Come da sistema federato	Si rimanda ad una fase successiva l'approfondimento di questo aspetto

