

DAT@RESQ: INTEGRAZIONE DI TECNOLOGIE OPEN SOURCE AL SERVIZIO DELLA RICERCA SCIENTIFICA PER LA CARATTERIZZAZIONE DEI DEFLUSSI IN BACINI IDROLOGICI NATURALI E STRUMENTATI

Silvia Garbin^{1,2}, *Elisa Alessi Celegon*², *Pietro Fanton*², *Alvise Fiume*², *Mauro Tortorelli*², *Benhnam Doulatyari*^{3,4}, *Mario Schirmer*^{3,4} & *Gianluca Botter*¹

(1) Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale, Università degli Studi di Padova, Via Loredan 20, 35131, Padova, Italia; (2) i4 Consulting S.r.l., Via Barroccio dal Borgo 1, 35124, Padova, Italia; (3) EAWAG Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Department of Water Resources and Drinking Water, Duebendorf, Switzerland; (4) University of Neuchâtel, The Centre of Hydrogeology and Geothermics (CHYN), Neuchâtel, Switzerland.

ASPETTI CHIAVE

- Velocizzare l'attività di ricerca scientifica attraverso l'automatizzazione di procedure di manipolazione dei dati esistenti e della gestione delle simulazioni;
- Integrare differenti componenti modellistiche e differenti basi di dati attraverso un'interfaccia grafica di semplice utilizzo;
- Facilitare la predisposizione di file di input personalizzati per l'esecuzione di codici di calcolo, l'elaborazione grafica dei dati idrologici e la visualizzazione dei risultati.

1 INTRODUZIONE

I modelli analitici fisicamente basati costituiscono un efficace strumento per comprendere i processi di formazione dei deflussi a scala di bacino, specie quando vi sia carenza di dati misurati. La diponibilità di diverse fonti di dati e di modelli analitici più o meno complessi che operano a scale differenti in bacini di medio-grandi dimensioni, suggerisce lo sviluppo di una piattaforma software in grado di gestire contemporaneamente dati alfanumerici e cartografici e componenti modellistiche, e di rendere di immediata fruibilità i risultati ottenuti.

L'automatizzazione delle procedure di manipolazione dei dati e della gestione delle simulazioni di calcolo consente di velocizzare la stima della funzione di densità di probabilità delle portate e della corrispondente curva di durata a partire dalle sole caratteristiche climatiche e morfologiche del bacino, e di replicarne l'applicazione ad ogni punto del reticolo idrografico.

Il software sviluppato consente di integrare modelli idrologici complessi e basi di dati, numeriche e cartografiche, attraverso un'interfaccia grafica di semplice utilizzo che permette di svolgere analisi automatiche predefinite ai dati di input dei modelli e di visualizzare i risultati prodotti dalle simulazioni.

La piattaforma software è costituita da un geo-database e da una interfaccia Web personalizzata per il caricamento, la gestione e la modellazione di dati idrologici e la gestione automatica delle simulazioni e dei risultati.

2 L'ARCHITETTURA WEBGIS

La piattaforma sviluppata si compone di soli strumenti open source (Figura 1). Il sistema operativo scelto è Ubuntu Server LTS (Long-Term Support) sul quale sono state installate le componenti di database e archiviazione dei dati da diverse fonti esterne, le componenti di web server, le componenti di consultazione e le componenti di esportazione dei dati in formati idonei all'utilizzo nei codici di calcolo idrologici.

La componente di gestione e archiviazione dei dati utilizza il software PostgreSQL 9.3 con estensione per la gestione dei dati spaziali PostGIS 2.1. Da un punto di vista logico, la piattaforma si compone di due macro categorie: componenti che gestiscono dati alfanumerici e componenti che gestiscono dati cartografici.

L'interfaccia utente WebGIS per la gestione e il caricamento dei dati e dei risultati geo-referenziati è sviluppata con tecnologie Web 2.0. La consultazione avviene attraverso una interfaccia per la gestione dei dati alfanumerici e una interfaccia per la gestione dei dati cartografici. La base dati è alimentata in

automatico da diverse fonti di dati misurati (USGS, NOAA) e consente anche il caricamento di dati in possesso dell'utente.

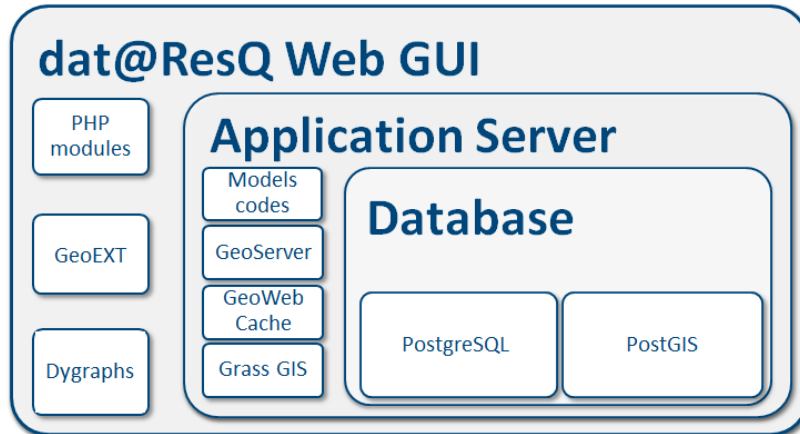


Figura 1. Architettura della piattaforma WebGIS.

2.1 Database

PostgreSQL è un sistema di gestione di database relazionale (RDBMS). Come un server di database, la sua funzione primaria è quella di memorizzare i dati e recuperarli quando richiesto da altre applicazioni software. PostgreSQL è un software open source, libero da costi di licenza ed in continuo sviluppo e aggiornamento.

PostGIS è l'estensione spaziale per il database PostgreSQL che fornisce un supporto alle entità geografiche e consente la formulazione integrata in SQL di query di localizzazione e di analisi spaziale.

2.2 Application server

GeoServer è un software server open source scritto in codice Java che permette all'utente di condividere, elaborare e modificare dati geospaziali. Pubblica i dati da qualsiasi fonte di dati spaziali che usa standard aperti: Open Geospatial Consortium (OGC), Web Feature Service (WFS) e degli standard Web Coverage Service (WCS).

GeoWebCache è un'applicazione web Java che consente di accelerare e ottimizzare la restituzione dei dati. Essa implementa molteplici interfacce di servizio per il rilascio di immagini e mappe provenienti da una varietà di fonti come OGC Web Map Service (WMS).

Grass è l'acronimo di Geographic Resources Analysis Support System; si tratta di un Sistema di informazione geografica multiutente utilizzato per la gestione e l'analisi di dati geospaziali, l'elaborazione di immagini, la produzione di grafici e mappe, la modellazione spaziale e temporale e la visualizzazione di dati grafici. Le funzionalità di Grass Gis integrate nella struttura sono:

- Estrazione morfologica della rete idrografica (ricampionamento di raster, definizione delle direzioni di drenaggio, determinazione delle aree cumulate, definizione dei sottobacini);
- Interpolazione di dati climatici (intensità e frequenza della precipitazione ed ET alla scala giornaliera).

Lo strumento di calcolo coniuga il modello stocastico analitico introdotto da *Botter et al.* (2009) associato al metodo di stima dei parametri proposto da *Doulatyari et al.* (2015). Tale metodo di stima utilizza dati di pioggia, di evapotraspirazione potenziale e mappe digitali del terreno sfruttando un modello di bilancio idrico (*Porporato et al.*, 2004) ed un modello per lo studio delle recessioni su base geomorfologica (*Biswal & Marani*, 2010).

Il modello prevede le curve di durata dei deflussi, in assenza di dati di portata e sulla base delle sole caratteristiche climatiche e morfologiche del bacino.

2.3 Web GUI

Per lo sviluppo dell'interfaccia grafica sono stati utilizzati un software di sviluppo rapido (PHP Rapid Application Development) e l'applicazione Web per la composizione e la pubblicazione delle mappe (GeoExt). Dygraph è un modulo per la creazione e gestione di grafici a partire da dati su server.

3 RISULTATI

La piattaforma software dat@ResQ integra automaticamente un geo-database e le simulazioni dei modelli idrologici per la stima delle curve di durata dei deflussi in diversi bacini svizzeri e statunitensi (Figura 2).

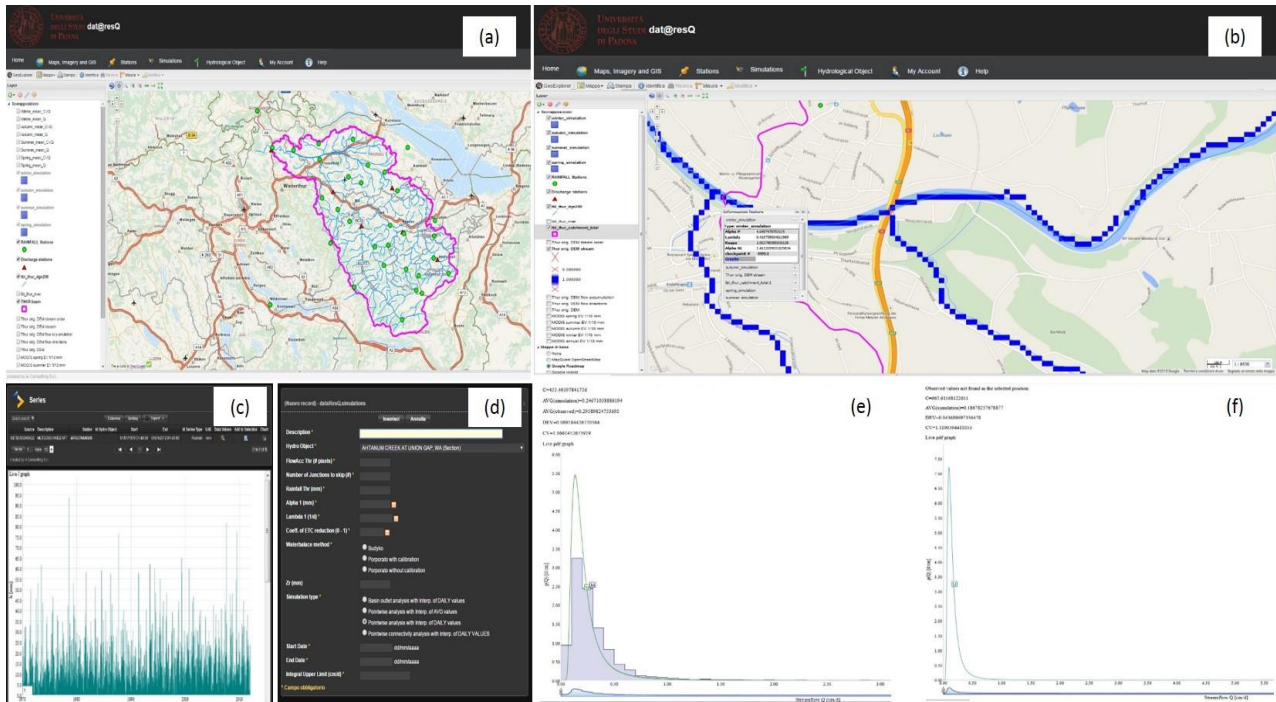


Figura 2. Visualizzazione dei dati e dei risultati mediante l'interfaccia grafica della piattaforma dat@ResQ per il bacino idrografico del Thur. Nel pannello (a) è riportata la visualizzazione dei diversi tematismi, il pannello (b) rappresenta la visualizzazione del raster multibanda su un pixel avente stazione di portata, il pannello (c) illustra la selezione di una stazione di misura della precipitazione e il relativo grafico dei dati, il pannello (d) mostra l'inserimento dei parametri necessari ai modelli per una configurazione nuova simulazione, i pannelli (e) e (f) rappresentano pdf e cdf rispettivamente in un pixel con stazione di portata e in un pixel senza stazione di portata.

La struttura WebGIS è accessibile tramite un menu a tendina mediante il quale l'utente può consultare la banca dati, effettuare richieste ai dati ed eseguire le simulazioni.

La piattaforma è stata sviluppata per lavorare in multiutenza: utenti diversi possono lanciare le proprie simulazioni simultaneamente. Ciascuna simulazione, infatti, è caratterizzata da un codice identificativo univoco.

I dati contenuti nel database e i risultati delle simulazioni possono inoltre essere esportati secondo formati standard o personalizzabili (i.e. compatibili con codici numerici esterni al dat@ResQ sviluppati in ambiente MATLAB) e possono essere facilmente visualizzati su ciascun punto del reticolo idrografico investigato attraverso grafici e mappe spaziali.

A disposizione dell'utente vi è inoltre un set di strumenti utile per l'elaborazione, la gestione e la consultazione di mappe di base (Google, Bing, ecc.) e temi specifici:

- Simulazioni stagionali (output dei modelli implementati);
- Stazioni pluviometriche;
- Stazioni di portata;

- Elaborazioni spaziali di dati idrologici;
- Dati territoriali geografici.

4 CONCLUSIONI

La piattaforma si dimostra essere uno strumento utile a supporto della modellazione idrologica per la stima dei regimi di deflusso, rendendo fruibili i modelli e i risultati per nuovi sviluppi scientifici di ricerca applicata.

Il punto di forza dello strumento consiste nella sua struttura modulare in cui ciascuna componente modellistica (i.e. metodi di interpolazione delle piogge, modelli di separazione dei deflussi, modello di deflusso per recessione geomorfologica, ecc.) è separata dalle altre. Questa scelta consente, dunque, in qualsiasi momento di aggiungere e/o aggiornare i moduli analitici, di utilizzare set di dati di input differenti e di applicare agilmente il framework ad altri casi studio. Inoltre, la capacità di integrare in modo spazialmente esplicito dati idrologici di natura diversa e i risultati delle simulazioni, consente all'utente una facile e veloce elaborazione dei dati e visualizzazione dei risultati.

A partire dalla definizione del tipo di regime idrologico e dalla diversa variabilità dei deflussi ad esso associata ottenuti dalla piattaforma, è possibile integrare una nuova serie di processi controllati dal regime fluviale. Futuri sviluppi potranno quindi interessare l'impatto dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche, la simulazione di scenari di gestione in bacini idrografici naturali e strumentati, utilizzando in alternativa dati di precipitazioni sintetiche, le dinamiche di connettività eco-idrologica, l'approvvigionamento idrico e il trasporto solido.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Biswal, B., & Marani, M. Geomorphological origin of recession curves, *Geophysical Research Letters*, 2010, 37.
- Botter, G., Porporato, A., Rodriguez-Iturbe, I. & Rinaldo, A. Basin-scale soil moisture dynamics and the probabilistic characterization of carrier hydrologic flows: Slow, leaching-prone components of the hydrologic response, *Water Resources Research*, 2007, 43.
- Botter, G., Porporato A., Rodriguez-Iturbe, I. & Rinaldo, A. Nonlinear storage-discharge relations and catchment streamflow Regimes, *Water Resources Research*, 2009, 45.
- Botter, G., Basso, S., Rodriguez-Iturbe, I. & Rinaldo, A. Resilience of river flow regimes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2013.
- Dawes, N., Lehning, M., Bavay, M., Iosifescu, I., Sarni, S., Gwadera, R., Scipión, D. E., Blanchett, J., Davison, A., Berne, A., Hurni, L., Aberer, K. & Parlange, M. B. Open Support Platform for Environmental Research (OSPER) – tools for the discovery and exploitation of environmental data, *AGU Fall Meeting, San Francisco, December 2012*.
- Doulatyari, B., Betterle, A., Basso, S., Biswal, B., Schirmer, M. & Botter, G. Predicting streamflow distributions and flow duration curves from landscape and climate, *Advances in Water Resources*, 2015, 83, 285-298.
- Milly, P. C. D., Dunne, K. A. & Vecchia, A. V. Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate, *Nature*, 2005, 438(7066), 347-350.
- Porporato, A., Daly, E. & Rodriguez-Iturbe, I. Soil water balance and ecosystem response to climate change, *American Naturalist*, 2004, 164.