

MONITORAGGIO DI INVASI ARTIFICIALI DELL'ECUADOR TRAMITE INTERFEROMETRIA DIFFERENZIALE

ABSTRACT

Le dighe sono grandi infrastrutture, tra le più critiche dal punto di vista della sicurezza. Per questo motivo devono essere monitorate, affinché non si verifichino catastrofi umane e socio-economiche. Al fine di garantire il corretto funzionamento, tanto durante la costruzione quanto durante l'esercizio di queste opere, bisogna attuare un piano di monitoraggio, utilizzando tecniche e strumenti che consentano la valutazione dell'evoluzione spaziale e temporale degli spostamenti del corpo diga e dei versanti circostanti l'invaso, per individuare la presenza di situazioni di pericolo, o prevenirne l'insorgenza.

Il monitoraggio viene realizzato generalmente mediante l'uso di strumentazioni tradizionali, quali assestimetri, inclinometri, stazioni totali e GPS, ottenendo informazioni puntuali. In affiancamento a queste attrezzature, negli ultimi anni, si sono sviluppate tecniche innovative di monitoraggio. In particolare, l'Interferometria Differenziale (DInSAR) è uno strumento utile nel controllo delle grandi infrastrutture, in grado di ottimizzare tempi e costi.

In Ecuador, paese dell'America del Sud affacciato sull'Oceano Pacifico, caratterizzato dalla presenza di zone estremamente umide e di altre estremamente aride, la razionalizzazione dell'acqua è particolarmente importante, a causa del fatto che l'accesso a questa risorsa condiziona la vita ed il possibile sviluppo economico nelle varie aree del paese. Per questo motivo sono stati creati molti invasi artificiali in tutto il territorio nazionale, sbarrando alcuni tra gli oltre 2000 fiumi e torrenti nazionali. Dunque, è facile capire quanto la necessità di approfondire la conoscenza dei rischi legati al funzionamento dello sbarramento idraulico risulti importante per amministrazioni pubbliche ed enti che operano nella gestione del territorio. In particolare, le principali problematiche che si possono presentare relativamente agli invasi artificiali sono due, e riguardano da

un lato la stabilità del corpo diga, e dall'altro la stabilità delle sponde del lago artificiale, che spesso, soprattutto se poste in aree impervie e di difficile accessibilità, non vengono monitorate.

Il presente lavoro di tesi si configura come una applicazione della metodologia di monitoraggio interferometrico ai problemi degli invasi artificiali, individuando il comportamento in esercizio di queste opere, per mostrare l'utilità della tecnica e la sua applicabilità in tali situazioni. Per l'analisi è stata utilizzata una procedura automatica che consente l'individuazione di aree, dette aree critiche, vale a dire instabili, interessate da deformazioni superficiali. Tale procedura è stata realizzata per valutare l'evoluzione di fenomeni in atto e pervenire alla conoscenza di fenomeni sconosciuti. Quanto espresso finora viene esplicitato, all'interno del lavoro di tesi, nell'introduzione e nel capitolo 1, nel quale vengono anche riportati alcuni concetti di carattere generale relativi alle dighe.

La tecnica di monitoraggio satellitare tramite interferometria differenziale si basa sull'acquisizione di immagini radar tramite sensori posti su piattaforme satellitari, in orbita intorno alla Terra. I sensori, denominati SAR, ossia Synthetic Aperture Radar, sono in grado di leggere la distanza tra essi ed i bersagli posti sulla superficie terrestre, tramite il calcolo del tempo di volo di una radiazione elettromagnetica da essi emessa, e ricevuta in ritorno come segnale eco, dopo essere stata riflessa dai target. In particolare, per il presente studio sono state utilizzate le immagini raccolte dai satelliti della costellazione SENTINEL-1 della Agenzia Spaziale Europea. Successivamente, queste immagini sono state elaborate tramite un software specializzato, che ha applicato la metodologia di trattamento di queste immagini chiamata DInSAR, che sta per Differential Synthetic Aperture Radar Interferometry, al fine di arrivare ad ottenere una mappa dei punti riflettenti al suolo, visualizzati con colori corrispondenti alle proprie velocità. Una estesa disamina del funzionamento dell'interferometria è stata realizzata nel secondo capitolo, insieme ad una descrizione del monitoraggio tradizionalmente effettuato per le dighe e degli strumenti impiegati a questo scopo.

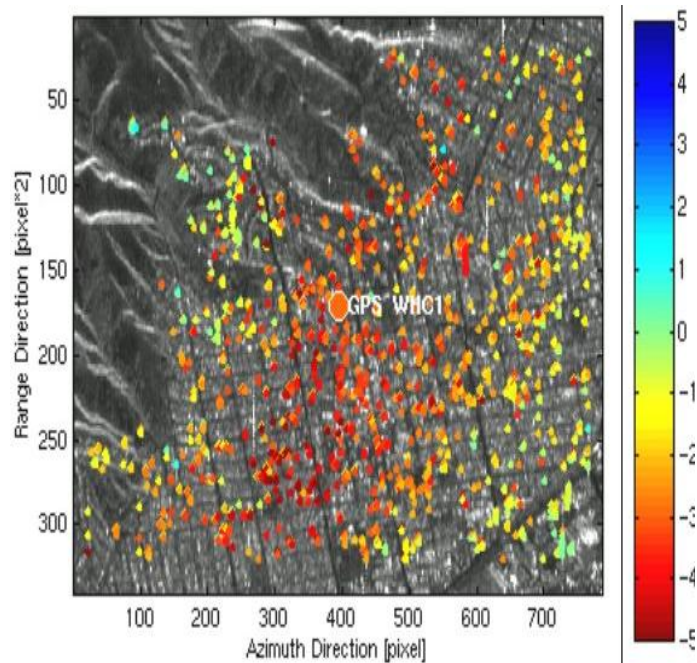


Figura 1. Una mappa dei Persistent Scatterers, ossia dei punti riflettenti al suolo, con la legenda dei colori per le velocità

Questa metodologia di monitoraggio è stata applicata alla valutazione delle condizioni di stabilità di tre invasi artificiali, localizzati in Ecuador. Di essi sono stati studiati i movimenti esibiti dagli sbarramenti, come nel caso della diga di La Esperanza e di Mazar, nonché gli spostamenti dei versanti che ne costituiscono le sponde, come effettuato per l’invaso di Mazar e quello di Amaluza, lago artificiale creato dalla diga Daniel Palacios. Nel terzo capitolo viene quindi presentata una descrizione delle tre strutture e dei relativi bacini.

Nel quarto capitolo sono stati esposti i risultati ottenuti dall’applicazione dell’interferometria ai tre casi studio, in primo luogo come ottenimento delle mappe dei punti riflettenti e delle loro velocità, nonché delle serie temporali degli spostamenti dei suddetti punti, ma anche come applicazione della procedura, implementata in ambiente GIS, volta al riconoscimento delle aree ritenute instabili. Sempre nell’ambito dell’utilizzazione di questa metodologia, le aree critiche sono state messe a confronto con le carte delle frane realizzate per le aree in esame.



Figura 2 L'ubicazione dei 3 casi studio

L'interferometria è uno strumento capace di fornire informazioni areali e non solo puntuali, il che le ha consentito di descrivere quella che è la reale situazione del comportamento in esercizio delle dighe analizzate, trovandosi in perfetto accordo con i dati relativi al funzionamento degli invasi, laddove disponibili, e ponendosi come efficace descrittore, nel caso in cui questi dati non fossero fruibili.

A seguito dell'ampio studio che è stato realizzato per questo lavoro di tesi, è quindi possibile affermare che l'interferometria differenziale da satellite si conferma essere un valido strumento di supporto alle tradizionali strumentazioni per il monitoraggio di strutture a grande estensione areale, come le dighe. Il SAR permettere di avere un'idea di quella che è la situazione, a piccola scala, anche di aree estese, integrando il monitoraggio tradizionale, il quale andrà a posizionarsi all'interno delle aree che l'interferometria individua come aree critiche, in modo da darne una descrizione puntuale e più di dettaglio. Così facendo, l'uso dell'interferometria SAR, offrendo una preliminare valutazione delle criticità, permette una ottimizzazione di tutte le risorse disponibili.

Dunque, la metodologia di analisi, già ampiamente impiegata e validata per lo studio di strutture puntuali, fenomeni franosi, dighe ed infrastrutture lineari in

Italia, risulta essere un efficace descrittore, utile in tutti i casi di opere posizionate in luoghi difficilmente raggiungibili, nelle quali installare una rete di monitoraggio strumentale può risultare complesso, oltre che molto costoso, tanto in termini di tempi quanto in termini di costi e di personale.

In virtù dell'importanza dei bacini analizzati, molti dei quali utilizzati per la produzione idroelettrica, nonché per la distribuzione di acqua potabile, sarebbe sicuramente consigliabile andare ad inserire dei riflettori artificiali, anche in numero elevato, nei dintorni di tutti gli invasi. Ciò permetterà al sensore radar di acquisire più punti e quindi dare un maggior numero di informazioni, che possano orientare sempre di più gli interventi da realizzare, al fine di rendere più sicuri, più longevi e più performanti questi importanti serbatoi artificiali, che rendono un grande servizio ad un paese che merita di potersi sviluppare al massimo delle proprie capacità, ancora adesso troppo poco espresse.

Giulia Manzoni