

II.2 >>>

Costruzioni Idrauliche e Protezione del Territorio

ICAR-02 Costruzioni idrauliche e marittime e idrologia

>>> Introduzione

Vengono di seguito presentate le principali linee di ricerca sviluppate nel biennio 2022-2023 nell'ambito dello sviluppo di modelli per la valutazione e gestione dei rischi legati all'acqua, con particolare riferimento alle inondazioni fluviali e costiere, sia tramite l'impiego di modelli di apprendimento automatico data-driven che fisicamente basati. Tali attività sono state affiancate da studi sull'earthquake hydrology e sull'analisi degli impatti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche.

>>> Modelli data-driven per la valutazione del danno da tsunami agli edifici civili

In un primo studio, sono stati sviluppati modelli di apprendimento automatico su un dataset esteso che riporta informazioni sui danni causati agli edifici civili dallo tsunami del 2011 nella regione del Tōhoku, Giappone. L'obiettivo principale è centrato sul cogliere le complesse interazioni non lineari tra le variabili descrittive dei meccanismi di danneggiamento e analizzarne l'importanza relativa sulla capacità predittiva dei modelli.

Oltre alle tradizionali caratteristiche di vulnerabilità, lo studio ha introdotto nuove variabili descrittive dell'ambiente circostante gli edifici, con un approccio basato su aree di influenza. Queste nuove variabili tengono conto del potenziale effetto di schermatura degli edifici che si frappongono alla propagazione dello tsunami e dell'impatto prodotto dai detriti generati dagli edifici collassati. Da un punto di vista fisico, tali nuove variabili possono essere interpretate come proxy per la velocità dell'acqua, catturando gli effetti idrodinamici associati alla propagazione dello tsunami. L'effetto dell'utilizzo di tali proxy sulla capacità predittiva dei modelli è stato confrontato con approcci alternativi per rappresentare gli impatti idrodinamici sugli edifici, sia utilizzando misure dirette di velocità derivate dalla simulazione idrodinamica dettagliata dell'evento, sia tramite misure indirette attraverso l'altezza d'acqua.

I risultati hanno rivelato che le nuove variabili sintetiche descrittive l'interazione reciproca tra edifici inondata giocano un ruolo importante nella modellazione dei danni da tsunami, superando l'importanza dei fattori di vulnerabilità comunemente incorporati nelle funzioni di fragilità (come la tipologia strutturale e il numero di piani degli edifici) e con efficacia nella capacità predittiva del tutto paragonabile a quella ottenuta con l'utilizzo di informazioni idrodinamiche di dettaglio. Tali risultati hanno messo in luce non solo l'importanza di adottare modelli di vulnerabilità da tsunami più complessi, di tipo multi-variabile, ma anche le limitazioni intrinseche degli approcci convenzionali presenti in letteratura, basati sull'utilizzo di semplici funzioni di fragilità univariate.

>>> Modelli data-driven per la valutazione del danno da tsunami alle infrastrutture stradali

La stima dei danni provocati dagli tsunami sulle infrastrutture stradali costiere rappresenta una sfida ancora aperta nel panorama scientifico. Gli approcci convenzionali, basati sulle funzioni di fragilità, seppur utili, risultano limitati nel fornire una descrizione completa delle interazioni non lineari tra le diverse variabili coinvolte nei meccanismi di danneggiamento. Attualmente, le attività del gruppo di ricerca sono focalizzate sullo sviluppo di modelli avanzati di apprendimento automatico multivariato, mirando a superare le attuali limitazioni dei modelli presenti in letteratura.

In continuità con le iniziative descritte nella sezione precedente, il dataset empirico su cui si basa questa ricerca è costituito dal dataset dei danni alle strade compilato dopo lo tsunami del 2011 nella regione del Tōhoku. Questo dataset fornisce dettagli sul livello di danneggiamento osservato (nullo, lieve, moderato o grave) per circa 4300 km di strade inondate. Al fine di ottenere una comprensione approfondita della natura multivariata dei meccanismi di danneggiamento da tsunami sulle strade, tale database è stato ampliato con ulteriori variabili esplicative, includendo aspetti morfologici della posizione stradale e le stesse variabili proxy precedentemente menzionate in riferimento agli edifici.

>>> Earthquake-hydrology tramite approcci di deep-learning

Un ulteriore ambito di ricerca ha riguardato l'analisi degli effetti sismici sulle portate delle sorgenti negli acquiferi carsici, caratterizzati da una complessità ed eterogeneità intrinseche, che rendono la loro modellazione particolarmente complessa sotto tali condizioni.

Nel corso dell'ultimo decennio, l'idrologia ha assistito a una crescente adozione di approcci basati su algoritmi di apprendimento automatico, impiegati sia in so-

stituzione sia in combinazione con i tradizionali modelli fisicamente basati. In linea con questa tendenza, si è andati ad esaminare per la prima volta in letteratura l'applicabilità e l'affidabilità di tali modelli nella rappresentazione del comportamento idrologico degli acquiferi carsici esposti a rischio sismico.

I risultati ottenuti hanno evidenziato che, nonostante le potenziali restrizioni dovute alla scarsa disponibilità di dati per l'addestramento dei modelli, tali approcci possono rivelarsi efficaci nella previsione delle portate di sorgenti in aree carsiche soggette a eventi sismici significativi. Tale efficacia è riconducibile alla loro abilità nel cogliere in modo implicito i complessi meccanismi geofisici che determinano alterazioni immediate nelle proprietà idrologiche degli acquiferi a seguito di eventi sismici di rilievo.

>>> Modelli di danno da alluvione fisicamente basati, con trattamento esplicito delle incertezze associate ai dati in input: INSYDE

Un'accurata valutazione del rischio da alluvioni è fondamentale per definire efficienti strategie di mitigazione delle potenziali conseguenze negative delle inondazioni. Tuttavia, la complessità dei sistemi coinvolti e l'ingente quantità di dati richiesti per la modellazione, rendono la stima dei danni da alluvione un compito impegnativo, soggetto a incertezze legate ai dati di input, alle ipotesi di base e alla struttura del modello adottati. Trovare un equilibrio tra l'affidabilità e rappresentatività dei risultati e le risorse impiegate per la modellazione è cruciale per valutazioni del rischio efficienti e complete per i processi decisionali.

Per affrontare queste sfide, le attività del gruppo di ricerca si sono rivolte al perfezionamento del modello di danno da alluvione per gli edifici residenziali, INSYDE, sviluppato negli anni precedenti. Tale modello stima i danni economici diretti a livello di edificio in funzione delle variabili idrauliche che descrivono l'evento e delle caratteristiche dell'edificio impattato. Dato il livello di complessità e dettaglio richiesto dalle variabili in input, il processo di reperimento e preparazione dei dati per un modello siffatto può richiedere molte risorse; inoltre, la mancanza di informazioni su alcune di queste variabili può influire in modo significativo sull'incertezza delle stime del danno.

Nella versione aggiornata di INSYDE è stato quindi introdotto un modulo probabilistico per la compilazione di (eventuali) dati di input mancanti, offrendo in output risultati trasparenti sulle incertezze derivanti dalla possibile conoscenza limitata su alcune variabili esplicative. L'adozione di tale approccio garantisce valutazioni più robuste, riducendo il rischio di trasmettere una falsa percezione di certezza nei processi decisionali, cosa che può verificarsi invece con l'utilizzo di approcci univariati o deterministici semplici.

>>> Modellazione della variabilità stagionale nelle stime del rischio: AGRIDE-c

AGRIDE-c, sviluppato dal gruppo di ricerca negli anni precedenti, è un modello di danno sintetico fisicamente basato che consente di stimare i danni causati da un evento alluvionale di caratteristiche idrauliche note per diverse tipologie di colture.

Ancor più rispetto ad altri settori esposti, i danni alle colture sono influenzati da numerosi parametri di pericolosità, tra cui la durata dell'inondazione, la salinità dell'acqua, la presenza di sedimenti e contaminanti, e il periodo dell'anno in cui si verifica l'evento. Quest'ultimo aspetto è particolarmente rilevante a causa della stagionalità della produzione agricola e delle variazioni nella vulnerabilità delle piante nelle diverse fasi fenologiche. Questa complessità richiede un passaggio dalle tradizionali rappresentazioni degli scenari di inondazione basati sulla probabilità di accadimento (tempo di ritorno) annuale a stime mensili per una valutazione più accurata del rischio di alluvione.

Attualmente, le attività di ricerca in corso sono pertanto concentrate sul miglioramento continuo di AGRIDE-c, con particolare attenzione all'inclusione nel modello degli aspetti dinamici dei fattori che influenzano il rischio, come l'effetto della stagionalità, sia in termini di pericolosità che di vulnerabilità ed esposizione. Questo approccio mira a migliorare la capacità del modello nel cogliere dinamiche complesse, contribuendo così a una valutazione più accurata e informativa del rischio associato alle inondazioni in ambito agricolo.

>>> Studio degli impatti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche e produttività agricola

Il gruppo di ricerca è impegnato nell'analisi degli impatti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche, tema di particolare rilevanza a livello economico e sociale, dal momento che i cambiamenti del clima possono generare significative conseguenze negative, tra cui, ad esempio, fluttuazioni nelle rese agricole e volatilità nella disponibilità e prezzi di risorse alimentari essenziali.

In uno studio recente, si è andati ad analizzare le variazioni nelle variabili climatiche e nelle rese agricole delle principali colture nella Regione Abruzzo negli ultimi 50 anni. I risultati hanno indicato un aumento dell'intensità e della persistenza delle siccità a partire dagli anni '80, con un passaggio verso condizioni più temperate nei mesi invernali e un'evoluzione verso un clima più caldo e arido durante la stagione estiva. L'analisi ha evidenziato inoltre un aumento complessivo dell'intensità della correlazione tra le fluttuazioni delle rese agricole e le variabili climatiche nell'ultimo trentennio, che può essere interpretato come un

cambiamento nella resilienza (o un aumento della vulnerabilità) del sistema di produzione agricola di fronte ai cambiamenti climatici.

Questo lavoro costituisce un caso di studio interessante nell'area mediterranea, che fornisce spunti per la costruzione di modelli probabilistici sulle fluttuazioni indotte dai cambiamenti climatici sulla produzione agricola.

»»» Pubblicazioni

Articoli su rivista

DI BACCO M., MOLINARI D., SCORZINI A.R. *The value of ultra-detailed survey data for an improved flood damage modelling with explicit input data uncertainty treatment: INSUDE 2.0*, Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions, 2023 [preprint, doi: 10.5194/nhess-2023-179]

GUERRIERO V., SCORZINI A.R., DI LENA B., IULIANELLA S., DI BACCO M., TALLINI M. *Impact of climate change on crop yields: insights from the Abruzzo Region, central Italy*. Sustainability, 15 (19): 14235, 2023

SCORZINI A.R., DI BACCO M., DE LUCA G., TALLINI M., *Deep learning for earthquake hydrology? Insights from the karst Gran Sasso aquifer in central Italy*. Journal of Hydrology, 617, 129002, 2023

DI BACCO M., ROTELLO P., SUPPASRI A., SCORZINI A.R., *Leveraging data driven approaches for enhanced tsunami damage modelling: Insights from the 2011 Great East Japan event*. Environmental Modelling & Software, 160, 105604, 2023

SHAROONIZADEH S., AHADIYAN J., SCORZINI A.R., DI BACCO M., SAJJADI M., MOGHADAM M.F. *Turbulence characteristics of the flow resulting from the hydrodynamic interaction of multiple counter flow jets in expanding channels*. Acta Mechanica, 233: 3867-3880, 2022

MY L., DI BACCO M., SCORZINI A.R. *On the use of gridded data products for trend assessment and aridity classification in a Mediterranean context: the Case of the Apulia Region*. Water, 14 (14): 2203, 2022

SCORZINI A.R., DEWALS B., RODRIGUEZ CASTRO D., ARCHAMBEAU P., MOLINARI D., *INSUDE-BE: adaptation of the INSUDE model to the Walloon region (Belgium)*, Natural Hazards and Earth System Sciences, 22: 1743-1761, 2022

Articoli in atti di convegno

SCORZINI A.R., D'ERAMO C., DI BACCO M. *Estimating flood damage to crops and implications for flood risk assessment*. Proceedings of the 12th World Congress of the European Water Resources Association (EWRA2023), Thessaloniki, Greece, pp. 71-72. ISBN: 978-618-84419-1-0, 2023

DI BACCO M., SCORZINI A.R., SUPPASRI A. *Empirical multi-variable tsunami damage models based on the 2011 Great East Japan dataset: analysis of the performances at different spatial scales*. Proceedings of COMPDYN2023, 9th ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering, Athens, Greece, Vol. 2, pp. 2678-2686. ISBN: 978-618-5827-00-7, 2023

BALLIO F., ARMAROLI C., AROSIO M., ARRIGHI C., BORGOGNO-MONDINO E., CARISI F., CASTELLI F., CIA-

VOLA P. [...], SCORZINI A.R. [...] ZOPPI L. *The MOVIDA project to support the update of flood risk mapping in the Po River District: methodology for flood damage assessment*. Proceedings of the 39th IAHR World Congress, Granada, Spain, p. 27-38. ISSN-L 2521-7119, 2022

