

IA PER RIDURRE “RUMORE” IN OSSERVATORI ONDE GRAVITAZIONALI, GSSI IN TEAM DI STUDIO INTERNAZIONALE

5 Settembre 2025



L'AQUILA - Il Gran Sasso Science Institute dell'Aquila, con Tomislav Andric e Jan Harms, è nel team internazionale che ha messo a punto un metodo basato sull'AI per ridurre il rumore negli osservatori di onde gravitazionali come LIGO, Virgo e il futuro Einstein Telescope.

Deep Loop Shaping, sviluppato da Google DeepMind, in collaborazione con Gssi e Caltech, è lo strumento che sfrutta l'intelligenza artificiale per aiutare gli astronomi a comprendere meglio le dinamiche e la formazione dell'universo.

Un articolo pubblicato ieri sulla rivista Science, e firmato anche da Jan Harms e Tomislav Andric, rispettivamente professore ordinario e ricercatore post-doc al GSSI, entrambi ricercatori associati all'INFN - Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, presenta Deep Loop Shaping, un nuovo metodo di intelligenza artificiale essenziale per l'osservazione di onde gravitazionali con strumenti più sensibili e di nuova generazione, come l'Einstein Telescope.

Lo studio arriva a pochi giorni dal decimo anniversario della prima osservazione a Terra delle onde gravitazionali (il 14

settembre 2015), vibrazioni dello spazio-tempo teorizzate da Albert Einstein un secolo prima. Secondo lo studio, il Deep Loop Shaping riduce il rumore e migliora il controllo nel sistema di un osservatorio gravitazionale da 30 a 100 volte.

Se applicato ai rivelatori attuali - LIGO negli Stati Uniti, Virgo in Italia, e KAGRA in Giappone - potrebbe aiutare gli astronomi a rilevare e raccogliere dati su centinaia di eventi di onde gravitazionali in più all'anno, con un livello di precisione assai maggiore.

Da quando sono state osservate per la prima volta, le onde gravitazionali hanno rivoluzionato l'astronomia, permettendo di osservare centinaia di collisioni tra buchi neri e stelle di neutroni, comprendere la morte delle stelle massicce e la nascita di nuovi buchi neri, svelare la fisica degli eventi più estremi dell'Universo (inclusa la creazione di elementi pesanti come l'oro), e di gettare le basi per lo studio delle proprietà della materia in condizioni estreme e la comprensione del destino dell'Universo.

Gli interferometri laser, come LIGO, Virgo e KAGRA, utilizzano l'interferenza della luce laser per captare e misurare le proprietà delle onde gravitazionali. Quando le onde gravitazionali attraversano i due bracci dell'interferometro (3 chilometri nel caso di Virgo), deformano lo spazio, causando una variazione della distanza tra gli specchi alle due estremità del rivelatore talmente piccola da essere una frazione del diametro di un protone.

Per misurazioni così precise, gli specchi del rivelatore devono essere mantenuti assolutamente immobili e isolati da qualsiasi disturbo ambientale.

Ciò richiede un isolamento meccanico di sospensione degli specchi e un sistema di controllo per sopprimere attivamente le vibrazioni. Un controllo insufficiente provoca l'oscillazione degli specchi, rendendo impossibile qualsiasi misurazione. Ma un controllo eccessivo amplifica il rumore nel sistema, invece di sopprimerlo, soffocando il segnale in determinate gamme di frequenza.

Questo "rumore di controllo" è un ostacolo fondamentale al miglioramento della capacità di Virgo e LIGO di scrutare l'Universo.

I ricercatori del GSSI, del Caltech e di Google DeepMind hanno progettato Deep Loop Shaping per andare oltre gli approcci tradizionali: esso sfrutta un metodo di machine learning che supera le prestazioni di ogni altro tipo di controllo.

"Deep Loop Shaping utilizza simulazioni del rivelatore e del suo ambiente riproducendo il problema numerose volte in modo che l'algoritmo di machine learning possa "imparare" il controllo ottimale per il rivelatore -, spiega Jan Harms -. Realizzare un sistema di controllo basato sul machine learning in un rivelatore di onde gravitazionali è stata un'impresa ardua. Ho iniziato questa ricerca nel 2014 a Urbino con uno studente di dottorato, cercando di raggiungere un obiettivo che alla fine ha richiesto quattro anni di lavoro con circa 15 esperti di livello mondiale nel campo del machine learning e delle onde gravitazionali".

Deep Loop Shaping è stato testato sull'interferometro LIGO di Livingston, in Louisiana, scoprendo che funziona bene sia nelle simulazioni, sia nell'apparato sperimentale reale.

"I nostri risultati mostrano che Deep Loop Shaping riduce il rumore fino a 30-100 volte rispetto ai controllori esistenti", affermano gli autori dello studio pubblicato su Science.

Oltre a migliorare notevolmente le osservazioni di onde gravitazionali da fonti lontane e deboli, i ricercatori ritengono che Deep Loop Shaping sarà essenziale per la realizzazione di futuri rivelatori come l'Einstein Telescope in Europa o Cosmic Explorer negli Stati Uniti. Inoltre, l'ambito di applicabilità del sistema non si limita agli interferometri: Deep Loop Shaping fa parte di un campo di ricerca che sviluppa controlli di alta precisione per la navigazione dei veicoli sulla Terra e nello spazio, la produzione di chip, la robotica.

""Grazie a questa scoperta abbiamo dimostrato che il machine learning può controllare gli interferometri in tempo reale, strumenti che realizzano le misurazioni più sensibili e precise mai ottenute -, spiega Tomislav Andric - L'utilizzo di questo metodo con Virgo e, in futuro, con Einstein Telescope, ci permetterà di raggiungere la loro piena potenzialità e di scoprire segnali che altrimenti rimarrebbero nascosti. Questo passo amplia gli orizzonti di ciò che possiamo fare con i rivelatori di onde gravitazionali, rendendo più alla portata una sfida scientifica estremamente complessa. Riducendo il rumore amplifichiamo il volume dell'Universo e lo ascoltiamo con maggiore chiarezza»

© 2020 Abruzzo Web Enfasi Srl - Quotidiano digitale registrato presso il Tribunale dell'Aquila con decreto n° 501 del 2 settembre 2003
Iscrizione al ROC n° 20392 - P.IVA 01622420667

Direttore responsabile Berardo Santilli