

Pressemitteilung**Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme****Linda Behringer**

27.04.2023

<http://idw-online.de/de/news813350>Forschungsergebnisse, Wissenschaftliche Publikationen
Informationstechnik, Mathematik, Physik / Astronomie
überregional**Mit doppeltem Boden: Tiefes neuronales Netz für die Analyse verschmelzender schwarzer Löcher**

Selbstkontrollierter Algorithmus interpretiert Gravitationswellendaten Ein interdisziplinäres Team des Max-Planck-Instituts für Intelligente Systeme und des Max-Planck-Instituts für Gravitationsphysik hat einen Algorithmus entwickelt, der seine eigenen Berechnungen der Eigenschaften verschmelzender schwarzer Löcher umgehend überprüft und sein Resultat gegebenenfalls korrigiert – kostengünstig und zeitnah. Die Machine Learning Methode liefert dabei sehr genaue Informationen über die gemessenen Gravitationswellen und kann eingesetzt werden, wenn das weltweite Netzwerk der Gravitationswellen-Detektoren im Mai die nächste Messkampagne beginnt.

Tübingen, Potsdam – Wenn zwei schwarze Löcher miteinander verschmelzen, rasen die dabei abgestrahlten Gravitationswellen mit Lichtgeschwindigkeit durchs All. Treffen sie irgendwann auf die Erde, können große Detektoren in den USA (LIGO), in Italien (Virgo) und in Japan (KAGRA) die Signale auffangen. Durch Vergleich der Messdaten mit theoretischen Vorhersagen können die Wissenschaftler:innen dann die Eigenschaften der schwarzen Löcher herausfinden: z.B. Größe, Eigendrehimpuls, Ausrichtung, Position am Himmel und Entfernung von der Erde.

Ein Forscherteam der Abteilung für Empirische Inferenz des Max-Planck-Instituts für Intelligente Systeme (MPI-IS) in Tübingen und der Abteilung für Astrophysikalische und Kosmologische Relativitätstheorie am Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik (Albert-Einstein-Institut/AEI) in Potsdam hat jetzt ein sich selbstkontrollierendes Deep Learning System entwickelt, das sehr präzise Informationen aus Gravitationswellenmessungen herausfiltert. Dabei überprüft das System selbst seine eigenen Vorhersagen über die Parameter der verschmelzenden schwarzen Löcher – im wahrsten Sinne des Wortes ein tiefes neuronales Netz mit doppeltem Boden. 42 gemessene Gravitationswellen verschmelzender schwarzer Löcher wurden mit dem Algorithmus erfolgreich analysiert: Beim Vergleich mit rechenintensiven Standardalgorithmen waren die Ergebnisse nicht zu unterscheiden. Die Forschungsarbeit wurde am 26. April 2023 im Fachjournal Physical Review Letters veröffentlicht.

DINGO: ein tiefes neuronales Netz für die Gravitationswellen-Analyse

Die Forschenden verwenden das von ihnen entwickelte tiefe neuronale Netz namens DINGO (Deep INference for Gravitational-wave Observations) zur Analyse der Daten. DINGO wurde darauf trainiert, die Gravitationswellenparameter aus den Messdaten auszulesen. Eine Pressemeldung gab es dazu im Dezember 2021. Mit vielen Millionen simulierter Signale verschieden zusammengesetzter Doppelsysteme lernte das Netzwerk, echte, d.h. tatsächlich gemessene, Gravitationswellendaten zu interpretieren.

Vertrauen ist gut – Kontrolle ist besser

Ob das tiefe neuronale Netz die Informationen korrekt ausliest, ist allerdings auf den ersten Blick nicht erkennbar. Ein Nachteil herkömmlicher Deep Learning Systeme ist nämlich, dass sie Ergebnisse liefern, die selbst dann plausibel klingen, wenn sie falsch sind. Deswegen haben die Forschenden des MPI-IS und des AEI den Algorithmus um eine Kontrollfunktion erweitert. Maximilian Dax, Doktorand der Abteilung für Empirische Inferenz am MPI-IS und Erstautor der Publikation erläutert: „Wir haben ein Netz mit doppeltem Boden entwickelt: Zunächst berechnet der Algorithmus aus der gemessenen Gravitationswelle die Eigenschaften der schwarzen Löcher. Aus diesen berechneten Parametern wird ein Gravitationswellensignal simuliert, und anschließend mit der gemessenen Gravitationswelle verglichen. Das tiefe neuronale Netz kann also seine eigenen Resultate gegenchecken und im Zweifelsfall korrigieren.“

Der Algorithmus kontrolliert sich so selbst und ist dadurch deutlich zuverlässiger als bisherige Methoden des maschinellen Lernens. Und nicht nur das: „Überraschenderweise entdeckten wir, dass der Algorithmus oftmals in der Lage ist, ungewöhnliche Ereignisse zu erkennen, nämlich echte Daten, die nicht mit unseren theoretischen Modellen übereinstimmen. Diese Informationen können für die schnelle Kennzeichnung von Daten genutzt werden, die genauer untersucht werden sollen“, so Stephen Green, Mit-Erstautor und ehemals Wissenschaftler am AEI, der jetzt an der Universität Nottingham forscht.

„Wir liefern Garantien für die Genauigkeit unserer Machine Learning Methode – etwas, das es sonst im Forschungsfeld Deep Learning fast nie gibt. Damit wird es für die wissenschaftliche Community attraktiv, den Algorithmus für die Analyse der Gravitationswellendaten einzusetzen“, sagt Alessandra Buonanno, Mitautorin und Direktorin der Abteilung für Astrophysikalische und Kosmologische Relativitätstheorie am AEI. Wissenschaftler:innen aus der ganzen Welt erforschen Gravitationswellen in großen Kollaborationen, z.B. in der LIGO Scientific Collaboration (LSC), in der über 1.500 Forschende organisiert sind.

Bernhard Schölkopf, Direktor der Abteilung für Empirische Inferenz am MPI-IS, fügt hinzu: „Heute analysiert DINGO Gravitationswellendaten – aber solch eine sich selbst kontrollierende und korrigierende Methode ist auch für andere wissenschaftliche Anwendungsbereiche interessant, bei denen es entscheidend ist, die Richtigkeit von ‚Black-Box‘-Methoden neuronaler Netze überprüfen zu können.“

Mitgliedschaft in der LSC:

Maximilian Dax und Jonas Wildberger, die beiden Doktoranden am MPI-IS, sind Mitglieder der LIGO Scientific Collaboration. Dadurch haben sie schnellen Zugang zu den Daten der Gravitationswellen-Detektoren und stehen in regelmäßigem Austausch mit den relevanten Arbeitsgruppen. Ihr Ziel ist es, DINGO zu einer Standardmethode für die Analyse von Gravitationswellendaten zu entwickeln.

wissenschaftliche Ansprechpartner:

Maximilian Dax
maximilian.dax@tuebingen.mpg.de

Originalpublikation:

<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.130.171403>

URL zur Pressemitteilung: <https://is.mpg.de/de/news/casting-a-safety-net-a-reliable-machine-learning-approach-for-analyzing-coalescing-black-holes>