

Forschungsprojekt „KI-HopE-De - KI-gestützte Hochwasserprognose für kleine Einzugsgebiete in Deutschland“

Autorenschaft: Karlsruher Institut für Technologie (KIT) & Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU RLP)

Presseinformation 012/2025 des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT):

« Starkregen und daraus resultierende Hochwasser und Überflutungen gehören zu den größten Naturgefahren mit gravierenden Auswirkungen auf Mensch, Natur und Infrastruktur – vor allem in kleinen Flusseinzugsgebieten. Im vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) koordinierten Projekt KI-HopE-De wollen Forschende, Wetterdienste und Hochwasserzentralen die Vorhersage solcher Hochwasser in Deutschland mithilfe Methoden des Maschinellen Lernens maßgeblich verbessern. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert das kürzlich gestartete Projekt mit 1,8 Millionen Euro.

Hochwasserereignisse in kleinen Flusseinzugsgebieten – also Gebiete von etwa fünf bis 500 Quadratkilometern – treten bei extremen Wetterbedingungen schnell und lokal auf. Das verkürzt die Vorwarnzeiten und erhöht die Unsicherheiten der meteorologischen und hydrologischen Vorhersagen. Die Bundesländer veröffentlichen deshalb für kleinere Flüsse meist nur regionale, einzugsgebiets- oder landkreisbezogene Warnstufen und keine detaillierten Vorhersagen. „Unser Hauptziel ist es daher, das erste nationale, probabilistische Hochwasservorhersagemodell zu entwickeln, das eine konsistente und zuverlässige Vorhersage für das gesamte Bundesgebiet ermöglicht“, sagt der Projektleiter Dr. Ralf Loritz vom Institut für Wasser und Umwelt des KIT.

Datenmodelle auf Basis Künstlicher Intelligenz sollen Genauigkeit der Hochwasservorhersage verbessern

Um solche kurzfristigen Hochwasservorhersagen von bis zu 48 Stunden für kleine Einzugsgebiete erstmals möglich zu machen und sie effizienter, robuster und flexibler zu gestalten, untersuchen und entwickeln die Forschenden im Verbundprojekt KI-HopE-De (steht für „KI-gestützte Hochwasserprognose für kleine Einzugsgebiete in Deutschland“) Methoden der Künstlichen Intelligenz. „Wir wollen einen umfassenden hydro-meteorologischen Datensatz erstellen, der weltweit öffentlich zugänglich ist und sowohl Mess- als auch Vorhersagedaten enthält. Diese beziehen wir aus eigenen Quellen sowie vom Deutschen Wetterdienst und über verschiedene Landesumweltämter aus ganz Deutschland“, so Loritz.

Der Datensatz soll die Grundlage bilden, um künftig hydrologische Vorhersagemodelle zu trainieren und zu vergleichen. Loritz schätzt das Potenzial moderner Methoden des Maschinellen Lernens hier als enorm ein. Sie seien in der Lage, komplexe Zusammenhänge in hydrologischen Datensätzen zu erlernen und so robuste und recheneffiziente Simulationen auf Basis hydro-meteorologischer Messdaten und numerischer Wettervorhersagen zu generieren. „Die Forschung zeigt, dass diese Modelle

physikalisch basierten Modellen, wie sie aktuell in der Hochwasservorhersage eingesetzt werden, mindestens ebenbürtig und teilweise bereits überlegen sind“, sagt der Hydrologe.

Anwendungsorientierte Entwicklung erleichtert Transfer in die Praxis

Das Projekt KI-HopE-De ist interdisziplinär und institutionenübergreifend angelegt: Es bündelt Expertise aus Hydrologie, Meteorologie sowie Maschinellern und verbindet Universitäten, nationale Großforschungseinrichtungen sowie Landes- und Bundesbehörden. Neben dem KIT sind der Deutsche Wetterdienst (DWD), das Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU RP) und das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW) Projektpartner. „Wir erforschen und entwickeln die Modelle von Anfang an gemeinsam mit den späteren Anwendern – in diesem Fall den Landesbehörden“, sagt Loritz. „Damit stellen wir eine anwendungsorientierte Prototypenentwicklung sowie den Kompetenzaufbau bei den späteren Nutzern sicher und erleichtern so den Praxistransfer.“ »

Im Rahmen des Projektes koordiniert das LfU die Erstellung eines konsistenten hydro-meteorologischen Benchmark-Datensatzes, der als Grundlage für die Bewertung und Verbesserung bestehender und zukünftiger hydrologischer Modelle (physikalisch basiert, datenbasiert, hybrid) für die Kurzfrist-Hochwasservorhersage dient. Der Datensatz wird die Reproduzierbarkeit von Forschungsergebnissen und den Übergang in die praktische Anwendung erleichtern und die Effizienz von Vorhersage- und Warnsystemen über die Projektdauer hinaus steigern. Dazu trifft das LfU gemeinsam mit den Projektpartnern die Gebietsauswahl für das Projekt und stellt die entsprechenden Gebietsinformationen, wie z.B. Angaben zum Gewässernetz oder zur Landnutzung, sowie die hydrologischen Mess- und Vorhersagedaten für Rheinland-Pfalz bereit. Darüber hinaus gehört es zu den Aufgaben des LfU, das im Rahmen des Projektes entwickelte MachineLearning-Modell (ML-Modell) in die operationelle Umgebung der Hochwasservorhersagezentrale zu übernehmen.

Durch den Einsatz des ML-Modells soll die Hochwasservorhersage in kleinen Einzugsgebieten verbessert werden, insbesondere im Hinblick auf Extremereignisse. Die Ergänzung der etablierten hydro-meteorologischen Modelle um KI-basierte Versionen ist wegen der schnellen Rechenzeiten insbesondere im Kontext der Hochwasservorhersage für kleine, schnell reagierende Einzugsgebiete sehr vielversprechend. Des Weiteren wird die KI-Kompetenz im LfU durch die direkte Beteiligung am Modellaufbau und durch regelmäßige Schulungen weiter verbessert.

Projet de recherche « KI-HopE-De – Prévision des crues assistée par l'IA pour les petits bassins versants en Allemagne »

Auteur: Karlsruher Institut für Technologie (KIT) & Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz (LfU RLP)

Communiqué de presse 012/2025 de l'Institut de technologie de Karlsruhe (KIT) :

« Les pluies intenses, les crues et les inondations qui en découlent font partie des plus graves risques naturels majeurs avec des conséquences désastreuses pour les êtres humains, la nature et les infrastructures, et ce principalement dans les petits bassins fluviaux. Dans le cadre du projet « KI-HopE-De » coordonné par l'Institut de technologie de Karlsruhe (KIT), des chercheurs, des services météorologiques et des centres de prévision des crues ont pour objectif d'améliorer de manière significative, à l'aide de méthodes d'apprentissage automatique, les prévisions de telles inondations en Allemagne. Le ministère fédéral de l'Éducation et de la Recherche octroie 1,8 million d'euros à ce projet récemment lancé.

En cas de conditions météorologiques extrêmes, les événements de crues dans les petits bassins fluviaux, c'est-à-dire des zones d'environ 5 à 500 kilomètres carrés, se produisent de manière rapide et locale. Cela raccourcit les délais de préalerte et augmente l'incertitude des prévisions météorologiques et hydrologiques. C'est pourquoi, pour les cours d'eau de petite taille, les Länder ne publient généralement que des niveaux d'alerte régionaux, spécifiques à un bassin versant ou à un district, et non des prévisions détaillées. « Notre objectif principal est donc de développer le premier modèle de prévision des crues national et probabiliste permettant d'établir des prévisions cohérentes et fiables pour l'ensemble du territoire allemand », explique le chef de projet, le Dr Ralf Loritz de l'Institut de l'eau et de l'environnement du KIT.

Les modèles de données basés sur l'intelligence artificielle permettront de rendre les prévisions de crues plus précises

Les chercheurs du projet collectif KI-HopE-De (abréviation venant de l'allemand qui signifie « Prévisions des crues assistée par l'IA pour les petits bassins versants en Allemagne ») étudient et développent des méthodes basées sur l'intelligence artificielle, afin de rendre possibles pour la première fois de telles prévisions de crues à court terme (jusqu'à 48 heures) pour les petits bassins versants, mais aussi pour les rendre plus efficaces, plus robustes et plus flexibles. « Nous voulons créer un jeu de données hydrométéorologiques complet, accessible au public du monde entier et contenant des données de mesure et de prévision. Ces données sont issues de nos propres sources, ainsi que du service météorologique allemand (DWD) et des différents offices de l'environnement des Länder de toute l'Allemagne », explique M. Loritz.

Ce jeu de données doit servir de base pour entraîner et comparer de futurs modèles de prévision hydrologique. Ralf Loritz estime que les méthodes modernes d'apprentissage

automatique représentent un potentiel énorme dans ce domaine. Ces programmes sont capables d'apprendre des relations complexes présentes dans des jeux de données hydrologiques et de générer des simulations fiables et efficaces en termes de calcul sur la base de données hydrométéorologiques mesurées et de prévisions météorologiques numériques. « Les recherches montrent que ces modèles sont au moins équivalents, voire parfois déjà supérieurs, aux modèles physiques, tels qu'actuellement utilisés pour la prévision des crues », indique l'hydrologue.

Le développement orienté sur l'application facilite la mise en pratique

Le projet KI-HopE-De est interdisciplinaire et multiinstitutionnel : Il regroupe des experts en hydrologie, en météorologie et en apprentissage automatique et rassemble des universités, de grands instituts de recherche nationaux ainsi que des autorités régionales et fédérales. Outre l'Institut de technologie de Karlsruhe (KIT), le service météorologique allemand (DWD), l'Office rhénano-palatin pour l'environnement (LfU RP) et l'Office de la nature, de l'environnement et de la protection des consommateurs de Rhénanie-du-Nord-Westphalie (LANUV NRW) sont partenaires du projet. « Depuis le début, nous étudions et développons les modèles en étroite collaboration avec les futurs utilisateurs, ici les autorités régionales », déclare M. Loritz. « Nous assurons ainsi le développement de prototypes axé sur l'utilisation ainsi que l'acquisition de compétences chez les futurs utilisateurs, ce qui facilite la mise en pratique. »

Dans le cadre de ce projet, le LfU coordonne la création d'un jeu de données hydrométéorologiques de référence cohérent. Il sert de base pour évaluer et améliorer les modèles hydrologiques existants et futurs (physiques, basés sur des données, hybrides) pour la prévision des crues à court terme. Ce jeu de données permettra de faciliter la reproductibilité des résultats de recherche et leur mise en pratique, mais aussi d'augmenter l'efficacité des systèmes de prévision et d'alerte au-delà de la durée du projet. En collaboration avec les partenaires du projet, le LfU sélectionne des zones pour le projet et met à disposition des informations sur les zones concernées, par exemple des indications sur le réseau hydrographique ou sur l'occupation des sols, ainsi que des données de mesure et de prévision hydrologiques pour la Rhénanie-Palatinat. De plus, le LfU a également pour tâche de transférer le modèle d'apprentissage automatique (modèle machine learning - ML) développé dans le cadre du projet dans l'environnement opérationnel du centre de prévision des crues.

L'utilisation du modèle ML doit permettre d'améliorer la prévision des crues dans les petits bassins versants, notamment en ce qui concerne les événements extrêmes. L'ajout de versions basées sur l'IA aux modèles hydrométéorologiques existants est très prometteur en raison des temps de calcul courts, en particulier pour la prévision des crues dans les petits bassins versants très réactifs. En outre, le personnel du LfU améliore en permanence ses compétences en intelligence artificielle grâce à sa participation directe au développement du modèle et à des formations régulières.