

Strokovnjaki z uporabo UI hitreje napovedujejo vreme, razlivanje rek in visoko plimovanje morja

Datum 23.9.2026
Subjekt gov.si
Region Slovinsko
Kategorie Technologíe, Veda a výskum, Životné prostredie

Umetno inteligenco na Agenciji za okolje uporabljamo kot orodje za čimprejšnje zaznavanje naravnih pojavov, ki bi lahko ogrozili varnost, življenja in premoženje. Tako prebivalcem, Civilni zaščiti in službam, odvisnim od vremena, omogočamo kar najhitrejšo zaščitno in samozaščitno ravnanje. Naša pozornost je usmerjena v pravočasno opozarjanje in večjo varnost ljudi.

Meteorologija, hidrologija in oceanografija so računsko in podatkovno zelo zahtevna področja, zato smo na Agenciji za okolje že dolgo tesno povezani z razvojem računalniških tehnologij in spremljamo razvoj na tem področju. Ne govorimo o zamenjavi klasičnih modelov za napovedovanje z umetno inteligenco, ampak predvsem o povezovanju fizikalnih modelov, opazovanj, podatkov in metod strojnega učenja.

Strojno učenje nam omogoča:

- pri nekaterih računskih postopkih večjo hitrost in učinkovitost,
- uporabo večje količine podatkov ter
- izboljšanje nekaterih napovedi in informacij za uporabnike.

Predstavnica ministrstva za okolje in prostor **Monika Zajc** je v uvodnem nagovoru rekla: "Ko na telefonu pogledamo vremensko napoved ali prejememo opozorilo, se nam lahko zdi, da je to nekaj samoumevnega. Toda za vsako napovedjo so znanje, raziskave, meritve, modeli in ure dela. Za tem so ljudje, ki spremljajo razmere tudi takrat, ko je zunaj nevihta, ko naraščajo reke ali ko se dogajajo pojavi, ki jih ni mogoče preprosto predvideti.

Zato je prav, da ne govorimo samo o tehnologiji, ampak tudi o ljudeh, ki jo razvijajo in uporabljajo.

O ljudeh, ki imajo strokovno znanje, raziskovalno radovednost in pogum, da preizkusijo nekaj novega.

Pri tem je še posebej pomembno sodelovanje različnih področij: meteorologije, hidrologije, oceanografije, matematike, računalništva in akademske sfere. Prav na stičišču teh znanj nastajajo rešitve, ki imajo možnost, da presežejo posamezno področje in koristijo celotni družbi."

Generalni direktor Agencije za okolje, mag. **Jože Knez** pa je poudaril: "Pogosto spregledamo, da so naši podatki narodno bogastvo. Desetletja meritev vremena, voda in morja. Preverjeni. Urejeni. Dostopni. Prav ti podatki so temelj, na katerem se učijo modeli umetne inteligence. Ne le naši. Tudi modeli drugih institucij, raziskovalcev in podjetij. Kakovostni okoljski podatki so danes strateška surovina. Agencija za okolje jo ima. In z njo ravnamo odgovorno.

Nobena institucija ne zmore vsega sama. Učenje velikih modelov zahteva računske zmogljivosti, ki

presejajo posamezno agencijo. Zato Slovenija potrebuje skupno nacionalno infrastrukturo za učenje modelov umetne inteligence. Infrastrukturo, ki bo služila znanosti, javnim službam in gospodarstvu. Agencija za okolje je pripravljena pri tem sodelovati. S podatki, z znanjem in z izkušnjami."

Dogodka se je udeležilo 160 obiskovalcev iz 45 različnih organizacij iz gospodarstva in javne ter raziskovalne sfere.

Konkretno si z umetno inteligenco na Agenciji za okolje pomagamo na naslednjih področjih.

Uporaba prenosnega učenja za regionalno napovedovanje vremena

Glavna motivacija je možnost razvoja kompleksnih modelov z manjšimi podatkovnimi zbirkami in manjšimi zahtevami po računski moči. Uporabljeni so modeli na osnovi grafnih nevronske mreže in zbirke orodij Anemoid, pri čemer se znanje iz predhodno naučenih modelov prenaša na območje Slovenije z dodatnim učenjem na analizah modela ALADIN-SI.

Rezultati verifikacije na arhivu opazovanj za obdobje januar-julij 2025 kažejo, da dodatno učenje izboljša rezultate predhodno naučenega modela. Za večino spremenljivk je povprečna napaka napovedi manjša tudi v primerjavi z operativnim numeričnim modelom ALADIN.

Rezultati kažejo, da je regionalni podatkovno vodeni model za Slovenijo mogoče uspešno razviti s prenosom znanja iz predhodno naučenih modelov.

Nadaljnje delo bo usmerjeno v dopolnitev in razširitev zbirke analiz ALADIN-SI na obdobje 2014–2026 ter vključevanje opazovanj, predvsem radarskih in letalskih meritev, kot vhodnih podatkov v model.

Zelo kratkoročne napovedi in poprocesiranje

Za zelo kratkoročne napovedi so potrebne hitre računske metode, ki jih lahko pogosto ponavljamo, vseeno pa morajo pokriti kompleksnost vremenskega področja. Metode umetne inteligence in strojnega učenja (AI/ML) odlično ustrezajo tem potrebam.

S poprocesiranjem želimo učinkovito nadgraditi surove numerične vremenske napovedi na vseh časovnih skalah, tako na področju izboljševanja točnosti kot na izračunu izvedenih vremensko odvisnih količin. Tudi tu AI/ML metode ustrezno priskočijo na pomoč.

Te uporabljamo pri storitvah zelo kratkoročnih napovedi (napovedovanje neviht in kratkovalovnega sevanja) in poprocesiranju tako za potrebe napovedi proizvodnje sončnih elektrarn kot za izboljšanje srednjeročnih skupinskih vremenskih napovedi."

Asimilacija meteoroloških opazovanj v numerične modele, podprta z umetno inteligenco

Pri asimilaciji (procesu vključevanja v določeno okolje s prevzemanjem njegovih značilnosti ali prilagajanjem) opazovanj ocenimo trenutno stanje atmosfere, tako da združimo informacije iz predhodne kratkoročne vremenske napovedi in svežih opazovanj. Tako pridobljena ocena za trenutno stanje atmosfere služi kot začetni pogoj pri zagonu izračuna naslednje vremenske napovedi z numeričnimi modeli.

Umetna inteligenca nudi možnosti za izboljšave in nadgradnje trenutnih asimilacijskih pristopov. Algoritem za asimilacijo v latentnem prostoru samokodirnika so razvili na Fakulteti za matematiko in

fiziko Univerze v Ljubljani. Izvedba v t. i. latentnem prostoru samokodirnika zelo olajša samo računsko zahtevnost asimilacije in opis povezav med napakami predhodne napovedi za različne atmosferske spremenljivke. Algoritem bomo v kratkem preizkusili tudi v praksi v modelu za globalno numerično napovedovanje vremena Evropskega centra za srednjeročne vremenske napovedi ter v modelu ALADIN na Agenciji za okolje.

Meteocunamiji

Meteocunamiji so redki, vendar lahko povzročijo zelo velike in hitre oscilacije (nihanja) morske gladine v obalnih in pristaniških območjih. V Jadranu so znani primeri v Veli Luki, Bakru in Pločah, kjer so povzročili škodo na plovilih in obalni infrastrukturi.

Za napovedovanje dogodkov smo razvili nevronske mreže, ki uporabljajo:

- meteorološka polja (tlak, temperatura, veter, geopotencial),
- meritve morske gladine,
- spektralne informacije preteklih nihanj morske gladine.

Rezultati kažejo, da model dobro napoveduje višino visokofrekvenčnih oscilacij morske gladine v Bakru in Pločah, vendar se pojavljajo večja odstopanja pri najizrazitejših dogodkih. Omejitve so predvsem v modelu ali pa v količini in kakovosti vhodnih podatkov. Naslednji korak za izboljšanje napovedi je gostejša mreža avtomatskih meteoroloških postaj in mareografov vzdolž vzhodne obale Jadrana, saj bi boljši opazovalni podatki omogočili zanesljivejše učenje modelov in natančnejše napovedi nevarnih dogodkov.

Povezovane modela ALADIN z meritvami rek ter urne napovedi za prihodnjih 60 ur

V sodelovanju s Fakulteto za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani smo razvili model globokega učenja SIREN. Model povezuje napovedi vremenskega modela ALADIN z meritvami padavin in pretokov rek ter vsako uro pripravi napovedi za prihodnjih 60 ur. Testiranje na izbranih vodomernih postajah je pokazalo, da lahko SIREN doseže boljše rezultate od nekaterih obstoječih modelskih rešitev, zlasti pri napovedovanju visokih pretokov.

Napovedovanje višine morske gladine po vsej Evropi

Na Agenciji za okolje razvijamo sistem HIDRA4, ki s pomočjo umetne inteligence napoveduje višino morske gladine po vsej Evropi.

Sistem združuje podatke o vremenu, plimovanju in preteklih meritvah morske gladine ter omogoča hitro in zanesljivo napovedovanje obalnih poplav, ki jih povzročajo kombinacije plimovanja, vetra, zračnega tlaka in značilnih nihanj morske gladine.

V nasprotju s klasičnimi numeričnimi modeli, ki zahtevajo velike računske zmogljivosti, HIDRA4 uporablja nevronske mreže, ki lahko napoved za posamezno lokacijo izdelajo v nekaj sekundah. Model je bil razvit na podlagi več kot 25 let meritev in atmosferskih podatkov za približno 250 evropskih mareografskih postaj.

Projekt predstavlja pomemben korak k hitrejšemu in učinkovitejšemu opozarjanju na nevarnost obalnih poplav ter krejitvi odpornosti obalnih skupnosti na vse pogostejše vremenske in podnebne ekstreme.

Sistem omogoča napovedovanje morske gladine za celotno evropsko obalo, od Sredozemlja in Jadrana do Baltika in severnih morij

Napovedovanje hudourniških poplav

FLOODCAST je sistem, ki s pomočjo strojnega učenja napoveduje možnost hudourniških poplav v Sloveniji.

Hudourniške poplave v Sloveniji se pogosto pojavljajo na porečjih, manjših od 74 km² – kar pomeni, da je v trenutku, ko reka začne vidno naraščati, za opozarjanje že prepozno. Poleg tega se pri klasičnem pristopu morebitna napaka iz napovedi padavin prenaša skozi celotno verigo napovedovanja.

FLOODCAST uporablja drugačen pristop. Na podlagi trenutnega stanja ozračja ocenjuje, kako verjetno je, da bo vodostaj oziroma pretok na določenem območju v naslednjih 6 do 72 urah presegel pretok, ki je značilen za 10-letno povratno dobo.

Rezultati se uporabljajo v opozorilnem procesu pred poplavami. V letih, ki jih model za učenje ni uporabljal, pri približno devetih opozorilih na enoto na leto, FLOODCAST napove poplave približno trikrat pogosteje kot klasični model. Najizrazitejša prednost se pokaže pri napovedih šest ur vnaprej. FLOODCAST pove, kdaj je razlog za povečano pozornost, ne pa še, katera dolina bo poplavljen.

Model še ne deluje v realnem času in se ne uporablja v operativnem procesu. Namenjen je kot prva ocena, ki strokovnjakom pomaga pri odločanju, ne pa kot samodejni sistem za izdajanje opozoril.

<https://www.gov.si/novice/2026-09-23-strokovnjaki-z-uporabo-ui-hitreje-napovedujejo-vreme-razlivanja-rek-in-visoko-plimovanje-morja>