

# Rezumat

Numărul și intensitatea evenimentelor meteorologice severe este în creștere, ceea ce duce la pierderi de bunuri, proprietăți și vieți umane. Prognoza meteo perfecționată, în special pentru evenimentele meteorologice severe, așteptate în mai puțin de 6 ore, cunoscută și sub numele de *nowcasting*, se dorește să ajute la atenuarea consecințelor unor astfel de evenimente. Proiectul WeaMyL își propune să îmbunătățească acuratețea prognozei pe termen scurt a vremii prin metode de învățare profundă și abordări *Big Data* capabile să gestioneze volumul mare de date meteorologice care sunt produse în mod constant. Institutetele Naționale de Meteorologie sunt beneficiarii direcți ai proiectului, în timp ce publicul larg este cel mai important beneficiar indirect. Atât populația din România, cât și cea din Norvegia vor fi beneficiare, prin faptul că vor avea mai mult timp de pregătire și mai multă încredere în alertele meteorologice cu risc redus de alarmă falsă.

Echipa proiectului cuprinde cercetători de la [Universitatea Babeș-Bolyai](#) (UBB), care contribuie cu expertiza lor în învățarea automată (*machine learning* - ML). Experții meteorologi de la [Administrația Națională de Meteorologie România](#) (ANM) furnizează date și interpretări pentru România, în timp ce colegii lor de la [Institutul Meteorologic Norvegian](#) (MET) au aceleași atribuții pentru Norvegia. Echipa norvegiană cuprinde specialiști în dezvoltare software (echipa MET-IT), care sunt responsabili atât de partea de front-end a platformei WeaMyL, integrarea modulelor dintre datele meteorologice și platforma software, cât și de integrarea cu sistemele naționale de avertizare. Echipa MET include și o echipă de meteorologi operativi (echipa MET-MT) care vor testa și evalua extensiv platforma WeaMyL.

După trei ani de muncă susținută, la finalul proiectului WeaMyL au fost realizate progrese științifice consistente. Sistemul WeaMyL, care a fost implementat la ambii parteneri meteorologi, beneficiază de modele de învățare automată îmbunătățite, capabile să prezică valorile radar cu 60-120 de minute în viitor, de un atlas adnotat care oferă o regăsire inteligentă a informațiilor, de o platformă de prognoză care produce predicții, oferind produse meteorologice care să fie consumate de celelalte componente ale sistemului WeaMyL pentru vizualizare, analize și predicția vremii pe termen scurt (*nowcasting*), toate acestea fiind integrate cu sistemele naționale de avertizare din România și Norvegia. Nu în ultimul rând, comunitatea a fost sensibilizată în mod corespunzător cu privire la importanța problemei în cauză, cât și aspectele interdisciplinare provocatoare ale utilizării abordărilor de învățare automată în vederea soluționării unor probleme precum predicția pe termen scurt a evoluției vremii.

## Realizări științifice și tehnice

Principalele obiective stabilite pentru 2023 au fost îndeplinite în totalitate. Conform planului de realizare a proiectului, principalele obiective tehnice ale celei de-a patra faze a proiectului (faza 4, 2023) - intitulată *Evaluare, interpretare și analiză meteorologică* - au fost: (O1) Extragerea, adnotarea și validarea datelor meteorologice care urmează să fie utilizate pentru antrenare din bazele de date ANM și MET. (O2) Definirea metodelor conceptuale de filtrare a datelor relevante. (O3) Testarea Atlasului și a Platformei de Prognoză în cadrul mediului operațional și (O4) Evaluarea și oferirea de feedback cu privire la platforma WeaMyL pentru a îmbunătăți continuu modelul încorporat de *nowcasting* bazat pe învățare profundă. Aceste obiective au fost îndeplinite de prototipul final WeaMyL, care constă din următoarele componente de nivel înalt: *Platforma de*

*Prognoză bazată pe Învățare Automată, Atlasul Adnotat al Observațiilor Meteorologice și Modulul de Integrare* care integrează componentele anterioare cu sistemele software deja implementate la MET Norvegia și ANM România.

În cele ce urmează, vom descrie activitățile desfășurate de partenerii din proiect în vederea atingerii obiectivelor științifice și tehnice prevăzute pe parcursul anului 2023.

**Activitățile desfășurate de echipa UBB** sunt sumarizate în cele ce urmează.

Modelele de regresie bazate pe învățarea profundă integrate în platforma de prognoză (antrenate atât pe date radar, cât și pe date satelit) au fost îmbunătățite continuu pe baza feedback-ului oferit de meteorologii ANM și MET. Echipa UBB a coordonat dezvoltarea metodologiei de validare a modelelor de învățare automată. Evaluarea experimentală a modelelor de învățare automată, comparațiile și analizele statistice ale rezultatelor obținute au fost efectuate pentru selectarea celor mai performante modele de învățare supervizată în vederea integrării lor în prototipul final al platformei de prognoză. Feedback-ul primit de la partenerii meteorologi în ceea ce privește performanța modelelor de prognoză a fost utilizat pentru a decide cele mai adecvate măsuri de performanță pentru evaluarea acurateții modelelor. UBB a asistat MET-IT în activitățile de dezvoltare software. Echipa a oferit sprijin echipei MET-IT pentru integrarea modulului de învățare profundă în prototipul final al platformei de prognoză. În plus, membrii echipei au contribuit la integrarea datelor istorice și generate în timp real obținute de la partenerii meteorologici în modulul de învățare profundă al platformei de prognoză. Membrii echipei UBB au îmbunătățit continuu modelele computaționale dezvoltate pentru predicția vremii pe termen scurt (*nowcasting*), în funcție de feedback-ul primit de la meteorologii operaționali de la ANM și MET-MT cu privire la performanța platformei de prognoză.

**Activitățile echipei ANM pentru anul 2023** pot fi rezumate după cum urmează. Membrii echipei ANM au oferit expertiză meteorologică cu privire la datele utilizate și rezultatele experimentelor efectuate de către UBB și au evaluat performanța tehnicilor ML implementate, pe baza criteriilor de calitate pentru nowcasting. Echipa ANM a asistat MET în procesul de integrare a platformei de prognoză cu sistemele naționale de avertizare, furnizând specificații despre protocoalele de comunicare utilizate în România, pentru a stabili un transfer eficient de date și o integrare eficientă. Membrii echipei ANM au continuat o activitate începută în 2022 prin extragerea, adnotarea și validarea datelor radar din baza de date a ANM. Seturile de date meteorologice au fost folosite de echipa UBB pentru antrenarea modelelor ML ale platformei de prognoză. Meteorologii operaționali ai ANM au analizat funcționalitățile Atlasului Adnotat de Observații Meteorologice, integrarea cu infrastructura existentă de software și hardware, precum și calitatea și performanța Atlasului. În timpul acestei activități, echipa MET-IT a furnizat suport tehnic și monitorizare pentru meteorologii operaționali ai ANM. Membrii echipei ANM au analizat, de asemenea, performanța platformei de prognoză în comparație cu tehnicile stabilite în ceea ce privește pragurile de calitate legate de acuratețea spațială, temporală și cantitativă. Activitatea s-a desfășurat într-un mediu operațional utilizând date în timp real. Suportul tehnic a fost furnizat de MET-IT, care a folosit feedback-ul pentru dezvoltarea prototipului final. Membrii echipei ANM au participat la activitatea referitoare la exploatarea post-proiect, o activitate coordonată de MET.

**Activitățile echipelor MET (MT și IT)** sunt rezumate în cele ce urmează. MET-MT a oferit perspective meteorologice referitoare la datele utilizate și rezultatele experimentelor realizate de UBB și a evaluat performanța tehnicilor de învățare automată implementate pe baza criteriilor de calitate a prognozei pe termen scurt. MET-IT a continuat dezvoltarea și testarea interfeței utilizator a Platformei de Prognoză. Componentele de învățare automată dezvoltate de UBB au fost integrate continuu în platformă. Activitatea a condus la primul prototip funcțional al platformei de prognoză. Modelul de învățare automată îmbunătățit încorporat în prototipul final al Platformei de Prognoză a

ținut cont de observațiile primite în timpul pilotării platformei. Componenta de Achiziție a Datelor a fost îmbunătățită conform observațiilor primite de la echipele meteorologice și a integrat seturile de date meteorologice necesare pentru a construi prototipurile inițial și final ale băncii de date semantice *Annotated Atlas*. Prototipul final Atlas a fost testat de meteorologi ANM și MET într-un mediu operațional. Membrii echipei MET-MT au analizat performanța adnotărilor, funcționalitățile de căutare și filtrare și relevanța acestora pentru achiziția de date și prognoza pe termen scurt. Membrii echipei MET au fost implicați în implementarea prototipului final al Platformei de Prognoză. Durata totală a implementării a fost de 12 luni, permițând astfel pilotului să cuprindă un întreg an calendaristic, oferind echipei de cercetare date valoroase privind comportamentul platformei în diferite condiții meteorologice, atât vara cât și iarna. MET a coordonat de asemenea activitatea privind exploatarea proiectului. Exploatarea prototipului post-proiect va fi demarată atât la ANM cât și la MET și pilotul este planificat să fie utilizat pentru o perioadă de timp nedeterminată.

## Diseminare

În calitate de promotor al proiectului, UBB a fost responsabilă de coordonarea administrativă, științifică și tehnică a proiectului. Aceasta a implicat coordonarea comunicării și colaborării dintre parteneri, identificarea și monitorizarea riscurilor și luarea de măsuri corective atunci când este necesar. Promotorul proiectului a coordonat munca privind livrabilele și artefactele relevante pentru a se asigura că proiectul a progresat în conformitate cu constrângerile de timp și de buget pentru îndeplinirea obiectivelor definite. Toți partenerii consorțiului au lucrat la diseminarea rezultatelor către autoritățile relevante și organizațiile științifice. În acest sens, ei au contribuit la publicarea rezultatelor activităților tehnice și științifice în reviste de înaltă calitate ce sunt public disponibile și în conferințe. Aceste eforturi s-au concretizat în publicarea a 4 lucrări științifice recenzate și a unei alte publicații într-un revistă de software: 2 sunt în reviste indexate Web of Science (WoS) (una situată în **Q1** și una în **Q2**) și 2 sunt la conferințe indexate WoS, publicate într-o revistă indexată Scopus. Dintre acestea, una este o publicație comună a celor trei parteneri de proiect.

Una din cele mai importante activități din ultimul an al implementării proiectului a fost a 3-a ediție a [atelierului WeADL](#), organizat în data de 9 iunie 2023. Scopul său principal a fost creșterea gradului de conștientizare a comunității științifice cu privire la provocările învățării profunde, ale învățării automate sau ale cercetării științifice bazate pe inteligența artificială în domenii interdisciplinare. Accentul a fost pus pe scopurile actualului proiect - folosirea tehnicilor de învățare profundă pentru îmbunătățirea previziunii meteorologice pe baza satelitelui istoric, radar și alte produse meteorologice. Evenimentul a avut loc pe platforma Zoom, cu programul și discuțiile înregistrate și puse la dispoziție pe site-ul web. La eveniment s-au înscris peste 40 de persoane, dintre care peste 20 au participat activ. Printre participanți s-au numărat cercetători în domeniu, doctoranzi și masteranzi, precum și oameni de știință din partea partenerilor proiectului.

Partenerii proiectului au depus eforturi pentru a face cunoscute cercetările lor în cadrul comunității științifice și au adăugat conținut original pe [site-ul proiectului](#). Site-ul web ilustrează funcționarea sistemului cu ajutorul unor videoclipuri scurte și descriptive și reprezintă un vehicul cheie pentru diseminare. Social media a fost utilizată pentru a implica comunitatea științifică, diverse părți interesate și publicul larg. Rezultatele obținute în cadrul proiectului WeaMyL au fost, de asemenea, diseminate către publicul larg în cadrul unui eveniment public, [Artificial Intelligence 4.0 @UBB, Cluj-Napoca](#), o conferință on-site organizată de UBB, la care au participat peste 200 de invitați, eveniment în cadrul căruia membrii echipei noastre, Iuliana Bocicor (UBB) și Eugen Mihulet (ANM), au prezentat rezultatele proiectului WeaMyL. Alte activități importante pentru diseminarea proiectului includ evenimente de popularizare a științei, la care au participat membrii proiectului, precum și articole și interviuri furnizate de membrii proiectului pentru presa audio-vizuală și scrisă.