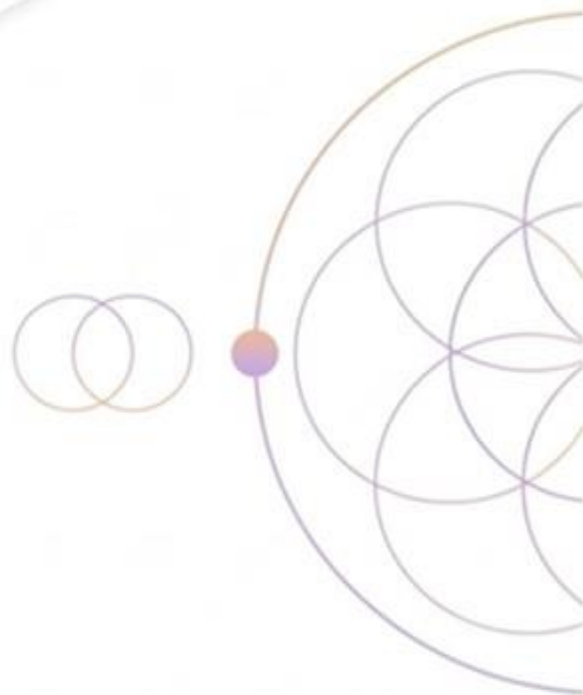


فراخوان

دستیابی به مدل شبیه‌سازی و پیش‌بینی وضع هوا در مقیاس کوچک با استفاده از مدل‌های یادگیری عمیق مبتنی بر فیزیک

پیش‌بینی دقیق وضعیت هوا در مقیاس‌های کوچک به ویژه در مناطق صنعتی و دریایی به یکی از چالش‌های مهم سامانه‌های پیش‌بینی جوی تبدیل شده است. مدل‌های عددی متداول پیش‌بینی هوا به دلیل تفکیک مکانی کیلومتری و زمان پردازش بالا، توانایی محدودی در بازنمایی پدیده‌های محلی مانند تغییرات سریع سرعت باد، نوسانات دما، رطوبت و بارندگی‌های موضعی دارند؛ در حالی که روش‌های دقیق‌تر مانند شبیه‌سازی گردابه‌های بزرگ (LES) اگرچه قادر به تولید داده‌های بسیار دقیق در مقیاس‌های ۱۰۰ تا ۵۰۰ متر هستند، اما هزینه محاسباتی سنگین آن‌ها استفاده عملیاتی و بلندرنج را عملاً دشوار می‌سازد. در چنین شرایطی، بهره‌گیری از شبکه‌های عصبی مبتنی بر فیزیک (PINNs)، مسیر جدیدی برای توسعه سامانه‌های پیش‌بینی هوا در مقیاس کوچک فراهم می‌کند.

هدف از اجرای این طرح طراحی و ایجاد سامانه‌ای برای پیش‌بینی وضعیت آب و هوا در مقیاس کوچک بر اساس شبکه‌های عصبی مبتنی بر فیزیک (PINNs) تا با دقت تشخیص حداقل ۶۰ درصد است. این سامانه قادر خواهد بود پارامترهای جوی را در زمانی کمتر از ۵ ثانیه شناسایی و تحلیل کرده و پیش‌بینی‌ها را در مقیاس ۱۰۰ تا ۵۰۰ متر، فراتر از محدودیت تفکیک کیلومتری مدل‌های عددی لکاسیک و برابر با روش LES، ارائه کند. همچنین انتظار می‌رود سامانه توسعه یافته پیش‌بینی میان‌مدت ۱۵ تا ۲۰ روز آینده را ارائه کرده و بدین‌ترتیب نسبت به روش‌های متداول پیش‌بینی که عمدتاً گزارش‌های کوتاه‌مدت ۵ تا ۱۰ روزه ارائه می‌کنند، افق زمانی گسترده‌تر را در اختیار کاربران عملیاتی قرار دهد.



پیشینه مسئله پژوهشی

توسعه پیش‌بینی‌های جوی در مقیاس شهری در سطح جهانی طی دو دهه گذشته از اتکا به مدل‌های عددی کلاسیک با تفکیک مکانی^۱ افقی در مقیاس کیلومتری به سمت استفاده از شبیه‌سازی‌های با تفکیک بسیار بالا (۱۰۰ تا ۵۰۰ متر) مبتنی بر روش شبیه‌سازی گردابه‌های بزرگ^۲ (LES) حرکت کرده است. این روش مبتنی بر شبیه‌سازی عددی در دینامیک سیالات محاسباتی است که در آن گردابه‌های بزرگ جریان به صورت مستقیم حل شده و اثر گردابه‌های کوچکتر از طریق مدل‌های زیرشبکه‌ای^۳ مدل‌سازی می‌شود. در مراکز پیشرفته‌ای مانند اداره ملی اقیانوسی و جوی^۴ (NOAA) و مرکز اروپایی پیش‌بینی‌های هواشناسی میان‌مدت^۵ (ECMWF) از روش LES به عنوان ابزاری مرجع برای مطالعه دقیق دینامیک لایه مرزی شهری، پدیده جزیره حرارتی و الگوهای جریان در اطراف ساختمان‌ها و زیرساخت‌های شهری به کار گرفته می‌شود. با این حال، به دلیل هزینه محاسباتی بسیار بالا و نیاز به منابع پردازشی قابل توجه، کاربرد عملی این روش‌ها عمدتاً به مطالعات پژوهشی و شبیه‌سازی‌های موردی محدود مانده است.

هم‌زمان با این روند، در سال‌های اخیر بهره‌گیری از مدل‌های هوش مصنوعی مانند شبکه‌های عصبی مبتنی بر فیزیک^۶ (PINNs)، با هدف تقریب رفتار معادلات ناویر-استوکس^۷ و شبیه‌سازی جریان‌های ژئوفیزیکی با سرعت بالا، در پیش‌بینی‌های میان‌مدت هواشناسی به طور قابل توجهی گسترش یافته است. این رویکردها می‌توانند با حفظ سازگاری با قیود فیزیکی مسئله، دقتی نزدیک به شبیه‌سازی‌های LES ارائه دهند، در حالی که هزینه محاسباتی آن‌ها به مراتب کمتر بوده و امکان استفاده عملیاتی در سامانه‌های پیش‌بینی و با تفکیک مکانی بالا را فراهم می‌سازد.

^۱ ابعاد هر سلول محاسباتی مدل عددی هواشناسی در طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع

^۲ Large Eddy Simulation - LES

^۳ Subgrid-Scale Models

^۴ National Oceanic and Atmospheric Administration

^۵ European Centre for Medium-Range Weather Forecasts

^۶ Physics-Informed Neural Networks

^۷ Navier-Stokes

در ایران، پیش‌بینی‌های جوی و اقلیمی عمدتاً بر پایه مدل‌های عددی میان‌مقیاس و منطقه‌ای مانند مدل پژوهش و پیش‌بینی هواشناسی^۸ (WRF) استوار است؛ در حالی که کاربرد روش‌های چون LES و مدل‌های هوش مصنوعی مبتنی بر فیزیک (PINNs) تاکنون عمدتاً به پژوهش‌های دانشگاهی محدود شده است. هدف از این طرح، تلفیق مدل‌های دینامیک سیالات^۹ با شبکه‌های عصبی مبتنی بر فیزیک برای شبیه‌سازی جریان‌های متلاطم شهری با دقت زیرکیلومتری است. این رویکرد، امکان پیش‌بینی پدیده‌های خرد اقلیمی را با دقتی هم‌تراز با شبیه‌سازی‌های LES (۱۰۰ تا ۵۰۰ متر) فراهم می‌آورد، در حالی که به واسطه بهینه‌سازی ساختار محاسباتی، زمان پردازش را حداقل تا ده برابر نسبت به روش‌های کلاسیک کاهش می‌دهد.

مشروح مسئله پژوهشی

روش متداول LES اگرچه دقت بالایی در شبیه‌سازی لایه مرزی جو کوچک مقیاس دارد، اما به دلیل هزینه محاسباتی سنگین، در عمل برای پیش‌بینی عملیاتی قابل استفاده نیست. در مقابل، PINNs با ترکیب داده‌های منتخب LES و معادلات بنیادی دینامیک سیالات، قادرند همان سطح از دقت را با هزینه محاسباتی به مراتب کمتر بازتولید کنند. این ویژگی، امکان توسعه یک مدل جانشین سبک و سریع را فراهم می‌سازد که قابلیت اتصال به سامانه‌های پیش‌بینی عددی موجود را دارد.

در این طرح، گام‌های اصلی شامل تولید داده‌های مرجع LES در یک دامنه شهری، طراحی و آموزش مدل PINN، اعتبارسنجی با داده‌های مستقل و توسعه یک رابط نرم‌افزاری برای کوپل کردن آن با مدل‌های هواشناسی خواهد بود. خروجی پروژه، یک نمونه‌ی آزمایشی از مدل جایگزین LES است که می‌تواند مبنای توسعه نرم‌افزار عملیاتی برای شهرهای هوشمند، مدیریت ریسک اقلیمی و ارتقای ایمنی شهری قرار گیرد.

چالش نیاز فناورانه

^۸ Weather Research and Forecasting Model

^۹ Fluid Dynamics Models

- نیاز به توان پردازشی بسیار بالا برای اجرای شبیه‌سازی‌های LES و آموزش شبکه‌های عصبی فیزیک‌محور (PINN) که وابستگی به زیرساخت‌های پردازش موازی را افزایش می‌دهد.
- حجم بسیار زیاد داده‌های تولیدشده در شبیه‌سازی‌های LES که چالش‌های قابل‌توجهی در ذخیره‌سازی، انتقال، پردازش و مدیریت داده‌ها ایجاد می‌کند.
- پیچیدگی فنی در هم‌بندی و یکپارچه‌سازی مدل‌های PINN با مدل‌های پیش‌بینی عددی هواشناسی
- ماهیت میان‌رشته‌ای طرح و نیاز هم‌زمان به تخصص در حوزه‌های دینامیک سیالات محاسباتی (CFD)، شبیه‌سازی LES، یادگیری عمیق و علوم جو که تأمین نیروی انسانی متخصص را دشوار کرده و وابستگی به همکاری با تیم‌ها و نهادهای تخصصی را افزایش می‌دهد.

گام‌های پژوهشی



- ایجاد پایگاه داده از مجموعه داده‌های ورودی مدل‌های عددی
- آماده‌سازی مدل هواشناسی با امکان استفاده از LES جهت پارامترسازی فیزیکی لایه مرزی جو
- ایجاد پایگاه داده شبیه‌سازی لایه مرزی در شرایط جوی مختلف با اجرای مدل‌های عددی
- طراحی معماری شبکه، تعریف تابع هزینه مبتنی بر معادلات ناویر-استوکس
- آموزش مدل شبکه عصبی بر مبنای فیزیک با داده‌های مدل دینامیک سیالاتی LES
- اعتبارسنجی مدل
- توسعه بسته نرم‌افزاری متن باز رابط
- یکپارچه‌سازی و تست عملیاتی بر روی داده‌های هواشناسی در اختیار شرکت متقاضی مربوط به دکل نفتی



خروجی‌های پژوهش

- سامانه پیش‌بینی وضعیت آب و هوا در مقیاس کوچک با استفاده از شبکه عصبی مبتنی بر فیزیک با دقت تشخیص ۶۰ درصد.
- تحلیل پارامترهای جوی در کمتر از ۵ ثانیه
- قابلیت پیش‌بینی وضعیت آب و هوا در مقیاس کوچک (۱۰۰ تا ۵۰۰ متر) در مقایسه با مدل‌های عددی کلاسیک با تفکیک افقی در مقیاس کیلومتری
- امکان پیش‌بینی وضع هوا به صورت گزارش‌های میان‌مدت (۱۵ تا ۲۰ روز آینده) در مقایسه با سایر روش‌های پیش‌بینی وضع هوا (گزارش‌های کوتاه‌مدت ۵ الی ۱۰ روزه)

الزامات پژوهش

- دسترسی تیم اجرایی به زیرساخت‌های محاسباتی و پردازش موازی برای آموزش و اجرای مدل
- اجرای پایلوت تحقیق بر روی داده‌های ایستگاه هواشناسی دکل نفتی شامل سرعت باد، دما، رطوبت نسبی و فشار برای ارزیابی دقت مدل، تطبیق با شرایط ساحلی و مستندسازی عملکرد عملیاتی (تامین این داده‌ها توسط شرکت متقاضی)

تسهیم مالکیت فکری

مالکیت معنوی: مجری در مالکیت معنوی ناشی از اجرای پژوهش سهیم خواهد بود و انتشار مقاله مشترک توسط مجری و متقاضی در ژورنال‌های داخلی و خارجی، ارائه مقاله در کنفرانس‌ها و سمینارها با موافقت و اشاره به نام همه دست‌اندرکاران مجاز خواهد بود.

مالکیت منافع مادی: با توجه به مدل کسب‌وکار و اجرا و اثبات دستاوردهای حاصل از طرح توسط شرکت متقاضی، منافع مالی ناشی از توسعه این فناوری برای شرکت متقاضی خواهد شد اما مطابق تراضی بین شرکت متقاضی و مجری، قابل اشتراک بین آنها خواهد بود.

نحوه پذیرش

پذیرش طرح‌ها رقابتی است و از بین پروپوزال‌های دریافتی، موردی که شرایط زیر را داشته باشد، در اولویت خواهد بود:

- ۱- ترکیب متخصصین تیم پیشنهادی مرتبط باشد.
- ۲- افراد پیشنهادشده، دارای سابقه پژوهشی و فنی در آن موضوع باشند.
- ۳- زمان‌بندی، هزینه و شرح خدمات، متناسب و مرتبط با پژوهش موردتقاضا باشد. (در این بخش، مجری می‌تواند برآورد اولیه خود را اعلام کند اما بدیهی است جزئیات اجرایی در ابتدای امر مشخص نیست و مجری و کارفرما با علم به این موضوع وارد این توافق خواهند شد).
- ۴- پروپوزال، طبق فرمت پیشنهادی بنیاد ملی علم، تهیه و از طریق سامانه کایپر ارسال شده باشد.
- ۵- فونت حروف و اعداد فارسی B Nazanin و اندازه قلم ۱۳ و فونت حروف و اعداد انگلیسی، Times New Roman و اندازه قلم ۱۱ باشد.

هزینه‌های قابل قبول

- حق‌التحقیق نیروی انسانی؛
- تجهیزات و زیرساخت‌های فنی
- خدمات

حوزه‌های اولویت‌دار

- ژئوفیزیک
- هواشناسی
- مهندسی عمران
- مهندسی مکانیک
- هوش مصنوعی
- مهندسی نرم‌افزار

واجدین شرایط

پژوهشگر اصلی تیم لازم است عضو هیئت‌علمی فعال یکی از دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی کشور باشد. پس از دریافت پروپوزال از طریق سامانه، ارزیابی انجام گرفته و در صورت کسب امتیاز بالا، تیم برگزیده جهت مذاکره با بنیاد و شرکت متقاضی دعوت خواهد شد.

فایل‌های پیوست

- فرم درخواست پیشنهاد (پروپوزال)
- متن فراخوان

تاریخ فراخوان

کلیه افراد واجد شرایط به مدت یک ماه از تاریخ انتشار فراخوان یعنی از ۶ تیر تا ۶ مرداد ۱۴۰۵ تا فرصت دارند که پروپوزال خود را از طریق سامانه کاپیر برای بنیاد ملی علم ایران ارسال نمایند. شایان ذکر است که مهلت ثبت این پیشنهاد، تاریخ اعلام شده در فراخوان بوده و پیشنهاده‌هایی که پس از این تاریخ ثبت شوند مورد بررسی قرار نخواهند گرفت.

مبلغ حمایت

پژوهش پیشنهاد شده تا سقف ۸۰ درصد، حداکثر ۴ میلیارد تومان، توسط بنیاد ملی علم ایران حمایت خواهد شد. بدیهی است که مابقی هزینه‌ها باید توسط شرکت متقاضی ارائه دهنده پژوهش تامین شود.

شیوه ثبت‌نام و ارسال درخواست

متقاضیان جهت ثبت‌نام می‌توانند به سامانه کاپیر مراجعه و از طریق بخش متقاضیان/پژوهشگران اقدام نمایند. در صورتیکه در این سامانه پروفایل مشخصات فردی ندارید ابتدا ثبت‌نام نموده و سپس به وسیله نام کاربری (Email) و رمز عبور اعطا شده وارد سامانه شوید. پس از ورود در بخش ارسال طرح جدید می‌توانید از کارتابل پژوهش عمیق شرکت‌های دانش بنیان اقدام به ارسال طرح نمایید.

مسئول پاسخگویی

پژوهشگران پس از مطالعه توضیحات فراخوان و آیین‌نامه‌های مربوطه در پورتال بنیاد علم، در صورت داشتن هرگونه ابهام یا سؤال در خصوص فرآیند ارسال طرح، شرایط و محتوای علمی فراخوان می‌توانند از پروفایل خود در سامانه کایپر با کارگروه دانش‌بنیان از طریق تیکت، یا با ایمیل hatamkhani.a@insf.org سؤالات خود را مطرح نمایند و یا با شماره تلفن ۰۲۱۸۲۱۶۱۳۵۰ تماس حاصل فرمایند.



بنیاد ملی علم ایران

Iran National Science Foundation

آدرس:

تهران، خیابان کارگر شمالی، بالاتر از تقاطع جلال

آل احمد، کوچه پنجم، پلاک ۳۳

تلفن تماس: ۰۲۱۸۲۱۶۱۱۸۴

وبسایت:

www.insf.org