ریاست جمهوری
معاونت علمی، فناوری و اقتصاد دانش بنیان
ستاد توسعه اقتصاد دانش بنیان آب، انرژی و محیط زیست

درخواست پیشنهاد (RFP)

پروژه

طراحی، توسعه و استقرار سامانه هوشمند پیش‌بینی مخاطرات و کمک در تصمیم گیری، کاهش زمان غیرمولد و در عملیات حفاری چاه‌های عمیق آب

مهر ماه سال ۱۴۰۵

۱. مقدمه

حفاری چاه‌های آب در ایران در بستر سازندهای زمین‌شناسی بسیار متنوعی انجام می‌شود؛ از آبرفت‌های ریزدانه و درشت‌دانه گرفته تا مناطق کارستی، رس‌های متورم‌شونده، لایه‌های شکسته و مناطق با افت شدید سطح ایستابی. در چنین شرایطی، بخش عمده‌ای از تصمیم‌گیری‌های عملیاتی بر پایه تجربه شخصی سرحفار و مهندس ناظر استوار است، بدون آنکه سابقه چاه‌های مجاور به شکل ساختارمند در دسترس باشد.

موضوع این درخواست، طراحی، توسعه و استقرار یک سامانه بومی پشتیبانی تصمیم مبتنی بر هوش مصنوعی است که با تحلیل داده‌های دستگاه حفاری، لاگ‌های حفار، گزارش‌های روزانه و سوابق تاریخی چاه‌ها، مخاطرات عملیاتی را پیش از وقوع پیش‌بینی کرده، هشدار داده و توصیه‌های اصلاحی را ارائه می‌کند.

سامانه درخواستی از دو لایه اصلی تشکیل می‌شود: لایه پیش‌بینی و هشدار زودهنگام، و لایه توصیه‌گر مبتنی بر مدل زبانی بزرگ متن‌باز که روی زیرساخت داخلی کارفرما اجرا می‌شود. در کنار این دو لایه، پایگاه دانش سازمانی می بایست در قالب گراف دانش و پایگاه برداری ساخته شده تا تجربیات حفاری را ذخیره و قابل بازیابی باشد. کل داده‌ها، مدل‌ها و پردازش‌ها در زیرساخت کارفرما باقی مانده و هیچ وابستگی به سرویس‌های ابری خارجی وجود نخواهد داشت.

۲. ضرورت اجرای پروژه

اجرای این پروژه از منظر فنی، اقتصادی، مدیریتی و امنیتی ضروری است. مهم‌ترین دلایل عبارت‌اند از:

- بلااستفاده ماندن سرمایه داده‌ای: حجم بزرگی از داده‌های تاریخی حفاری، گزارش‌های روزانه و مستندات فنی چاه‌ها بدون بهره‌برداری تحلیلی مانده است. این داده‌ها ظرفیت بالایی برای استخراج الگوهای مخاطره و بهینه‌سازی عملیاتی دارند که در حال حاضر کاملاً نادیده گرفته می‌شود.
- دشواری دسترسی به تجربیات گذشته: کارشناسان نمی‌توانند به‌سرعت از دروس آموخته پیشین خود استفاده کنند. دانش عملیاتی در ذهن افراد باقی مانده و با جابه‌جایی یا خروج نیروهای باتجربه، بخشی از آن از بین می‌رود.
- هزینه بالای رخدادهای پیش‌بینی‌نشده: گیر لوله، هرزروی سیال، ریزش دیواره و از دست رفتن چاه، زمان غیرمولد و هزینه مستقیم قابل توجهی ایجاد می‌کنند. بسیاری از این رخدادها در صورت تشخیص به‌موقع نشانه‌های اولیه، قابل پیشگیری یا کنترل هستند.
- پراکندگی داده و ناسازگاری سامانه‌ها: اطلاعات حفاری معمولاً در گزارش‌های کاغذی، فایل‌های Excel، PDF، لاگ‌های ژئوفیزیکی و مستندات پیمانکاران مختلف نگهداری می‌شود. این پراکندگی امکان مقایسه پروژه‌ها و تحلیل نظام‌مند را از بین می‌برد.
- ریسک نشت اطلاعات راهبردی: اطلاعاتی نظیر موقعیت چاه، عمق و مشخصات آبخوان از داده‌های حساس و راهبردی کشور محسوب می‌شوند. استفاده از نرم‌افزارهای خارجی این اطلاعات را در معرض خطر نشت قرار می‌دهد.

- خروج ارز و محدودیت سفارشی‌سازی: راهکارهای استفاده از نرم افزار های خارجی موجود علاوه بر هزینه لایسنس، امکان سفارشی‌سازی برای شرایط زمین‌شناسی خاص ایران را ندارند و وابستگی فناورانه ایجاد می‌کنند.
- کمبود متخصص باتجربه: ضرورت حفظ دانش سازمانی پیش از خروج نیروهای خبره از چرخه عملیات، ایجاد یک پایگاه دانش سیستمی و قابل توسعه را اجتناب‌ناپذیر می‌کند.

۳. بیان مسئله و شرح دقیق نیاز

مسئله محوری این است که داده تولید می‌شود اما به تصمیم تبدیل نمی‌شود. نشانه‌های اولیه مشکلات از جمله تغییر روند نرخ حفاری، افت یا افزایش گردش سیال، تغییر گشتاور، تغییر کیفیت خرده‌های حفاری در لحظه قابل تشخیص هستند، اما ابزاری برای ترکیب آن‌ها با سوابق قبلی و اعلام هشدار به‌موقع وجود ندارد.

چالش‌های اصلی موجود عبارت‌اند از:

- نبود سامانه یکپارچه برای ثبت، تجمیع و تحلیل داده‌های حفاری چاه‌های عمیق آب
- ثبت گزارش‌های روزانه به‌صورت دست نوشته و کاغذی یا فایل‌های غیرقابل تحلیل
- دشواری استخراج رخدادها، علل و اقدامات اصلاحی از سوابق پروژه‌ها
- نبود هشدار زودهنگام برای مشکلاتی مانند گیر ابزار، ریزش چاه، هرزروی سیال و ...
- نبود نرم افزار های داده‌محور برای پیشنهاد اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه
- دشواری مقایسه عملکرد پیمانکاران، دکل‌ها، روش‌های حفاری و شرایط زمین‌شناسی مشابه
- نبود سازوکار مناسب برای ثبت و بازیابی درس‌آموخته‌ها و تجربیات فنی
- عدم یکپارچگی میان داده‌های حفاری، زمین‌شناسی، هیدروژئولوژی، لاگ‌ها و نتایج آزمایش پمپاژ
- نبود داشبورد مدیریتی برای پایش وضعیت پروژه‌ها، شاخص‌های عملکرد و ریسک های احتمالی
- عدم امکان تحلیل سناریو و پشتیبانی تصمیم بر اساس مدل‌های هوش مصنوعی

۴. اهداف اجرای پروژه

۴-۱ .اهداف اصلی و راهبردی

- کاهش زمان غیرمولد و هزینه‌های حفاری از طریق پیش‌بینی و پیشگیری از مشکلات حفاری.
- ایجاد زیرساخت بومی و هوشمند برای تجمیع، مدیریت و تحلیل داده‌های حفاری.
- ارتقای بهره‌وری عملیات حفاری از طریق ارائه توصیه‌های فنی.
- حفظ و مدیریت دانش فنی سازمان و جلوگیری از اتکای صرف به تجربه افراد.
- توسعه توانمندی فناورانه در استفاده از مدل‌های زبانی بزرگ برای تحلیل متون تخصصی حفاری.

۴-۲ .اهداف کمی و شاخص‌های کلیدی عملکرد(KPIs)

- فراخوانی بالای ٪۵۰ در شناسایی رخدادهای زمان غیرمولد بر اساس داده‌های موجود.

- نرخ هشدار کاذب کمتر از ۵ مورد در هر شبانه‌روز عملیات.
- نرخ پذیرش توصیه‌های سیستم توسط کارشناسان خبره حداقل ٪۵۵
- زمان پاسخگویی دستیار گفت‌وگو و بازیابی و جستجو در اسناد کمتر از ۳ ثانیه.
- یکپارچه‌سازی و طبقه‌بندی حداقل ٪۹۰ از داده‌های تاریخی موجود (حفاری و زمین‌شناسی).
- دسترسی‌پذیری سامانه بیش از ٪۹۹.۵ در بستر شبکه داخلی.

۵. محدوده کار و شرح خدمات

پیمانکار موظف است تمام مراحل طراحی، توسعه، استقرار و آموزش سامانه را با رعایت استانداردهای مهندسی نرم‌افزار، امنیت داده و هوش مصنوعی به شرح زیر انجام دهد:

الف) تحلیل نیازها و شناخت:

تحلیل دقیق فرآیندهای ثبت داده‌های حفاری، بررسی ساختار گزارش‌های موجود (فایل‌ها، لاگ‌ها، متون)، شناسایی مشکلات کلیدی مورد انتظار کارفرما.

ب) جمع‌آوری و یکپارچه‌سازی داده‌ها:

توسعه ابزارهای ورود داده (Data Entry) متناسب با فرآیندهای عملیاتی، پیاده‌سازی مکانیزم‌های ETL برای انتقال داده‌های تاریخی و ایجاد پیوستگی میان انواع داده‌های متنی، عددی و زمانی (Time-series).

ج) توسعه هسته هوش مصنوعی (LLM & RAG):

- انتخاب و Fine-tune کردن یک مدل زبانی بزرگ متن‌باز روی داده‌های تخصصی حفاری و زمین‌شناسی.
- پیاده‌سازی معماری RAG برای بازیابی دقیق اطلاعات از اسناد فنی و ارائه توصیه‌ها.
- ایجاد و مدیریت پایگاه داده برداری (Vector Database) و گراف دانش برای ارتباط مفاهیم تخصصی.

د) توسعه ماژول‌های پیش‌بینی و تحلیل:

طراحی و پیاده‌سازی مدل‌های یادگیری ماشین برای شناسایی الگوهای مشکلات (Anomaly Detection) و پیش‌بینی رخدادهای NPT بر اساس داده‌های بلادرنگ و تاریخی.

ه) طراحی و پیاده‌سازی رابط کاربری و تجربه کاربری (UI/UX):

توسعه داشبوردهای پایش لحظه‌ای، رابط گفت‌وگو (Chatbot) برای پرسش و پاسخ فنی، ابزارهای گزارش‌گیری خودکار و بخش مدیریت مستندات.

و) استقرار و بهینه‌سازی زیرساخت:

نصب و پیکربندی سامانه روی زیرساخت کارفرما، پیاده‌سازی امنیت لایه‌بندی شده و تضمین عملکرد پایدار سامانه.

ز) تست، پایلوت و تحویل:

اجرای آزمون‌های پذیرش، رفع خطاها، آزمایش در پروژه‌های واقعی، آموزش کاربران و ارائه مستندات فنی کامل.

۶. مشخصات فنی، کمیت و کیفیت مورد انتظار کارفرما

الف. الزامات کلی و غیرقابل تخطی

- سامانه باید به‌صورت کامل روی زیرساخت داخلی کارفرما مستقر شود و هیچ‌گونه وابستگی به اینترنت، سرویس‌های ابری خارجی یا APIهای شخص ثالث نداشته باشد.
- تمامی داده‌ها، مدل‌های آموزش‌دیده و کدهای منبع باید در محیط کارفرما باقی بمانند و مالکیت کامل آن‌ها به کارفرما تعلق گیرد.
- سامانه باید از زبان فارسی و اصطلاحات تخصصی حفاری، هیدروژئولوژی و زمین‌شناسی به‌طور کامل پشتیبانی کند.
- دسترسی‌پذیری سامانه در بستر شبکه داخلی نباید از ٪۹۹.۵ کمتر باشد.

ب. مشخصات کمی ماژول‌های اصلی

ب-۱. ماژول تجمیع و مدیریت داده

- یکپارچه‌سازی حداقل ٪۹۰ از داده‌های تاریخی موجود شامل گزارش‌های روزانه، لاگ‌های ژئوفیزیکی، نتایج آزمایش پمپاژ و مستندات پیمانکاران.
- پشتیبانی از فرمت‌های ورودی: PDF، Excel، CSV، LAS (لاگ‌های حفاری)، و متن آزاد فارسی/انگلیسی.
- ظرفیت ذخیره‌سازی و پردازش حداقل ۵۰ چاه با تمام مستندات مرتبط.

ب-۲. ماژول پیش‌بینی مخاطرات (Real-time)

- پوشش حداقل ۶ گروه مخاطره اصلی: گیر لوله، هرزروی سیال، ریزش دیواره، گرفتگی فضای حلقوی، از دست رفتن گردش سیال، و انحراف غیرمجاز چاه.
- نرخ فراخوانی (Recall) بالای ٪۵۰ در شناسایی رخدادهای NPT بر اساس داده‌های تاریخی موجود.
- نرخ هشدار کاذب کمتر از ۵ مورد در هر ۲۴ ساعت عملیات.
- تأخیر پردازش داده‌های بلادرنگ حداکثر ۱۰ ثانیه از لحظه دریافت.

ب-۳. ماژول دستیار هوشمند (LLM + RAG)

- زمان پاسخگویی دستیار گفت‌وگویی کمتر از ۳ ثانیه برای پرسش‌های متداول.
- زمان بازیابی معنایی از پایگاه اسناد کمتر از ۳۰۰۰ میلی‌ثانیه.
- هر پاسخ باید شامل ارجاع مستقیم به سند یا گزارش منبع
- نرخ پذیرش سه توصیه برتر سیستم توسط کارشناسان خبره در ارزیابی کور حداقل ٪۵۵.

ب-۴. داشبورد مدیریتی

- نمایش بلادرنگ حداقل ۱۵ شاخص عملیاتی کلیدی به‌صورت همزمان.
- قابلیت تولید گزارش خودکار در بازه‌های روزانه، هفتگی و ماهانه.
- پشتیبانی از حداقل ۳ سطح دسترسی کاربری: اپراتور، مهندس ناظر، مدیر پروژه.

ج. مشخصات کیفی و معیارهای پذیرش

ج-۱. کیفیت مدل هوش مصنوعی:

- مدل زبانی پایه باید از نوع متن‌باز با قابلیت Fine-tuning و استقرار کامل محلی باشد.
- پایگاه دانش باید از ترکیب گراف دانش (Knowledge Graph) و پایگاه داده برداری تشکیل شود تا بازیابی هم ساختاری و هم معنایی را پوشش دهد.
- مدل‌های پیش‌بینی باید قابلیت توضیح‌پذیری داشته باشند؛ سیستم باید دلیل هر هشدار را به زبان ساده برای اپراتور نمایش دهد.

ج-۲. کیفیت نرم‌افزار:

- کد منبع باید کاملاً مستند، ماژولار و قابل نگهداری باشد.
- پوشش تست خودکار (Automated Test Coverage) حداقل ٪۷۰ برای ماژول‌های حیاتی.
- رابط کاربری باید بدون نیاز به آموزش تخصصی برای اپراتورهای میدانی قابل استفاده باشد.

ج-۳. امنیت داده:

- پیاده‌سازی کنترل دسترسی مبتنی بر نقش (RBAC) با ثبت کامل لاگ فعالیت‌ها.
- رمزنگاری داده‌های حساس در حالت ذخیره‌سازی و انتقال.
- جداسازی کامل داده‌های آبخوان‌های مختلف در سطح پایگاه داده.

۷. خروجی های مورد انتظار

خروجی‌های مورد انتظار در هر فاز عبارت‌اند از:

- سند تحلیل نیاز ها و معماری پیشنهادی سامانه.
- پایگاه داده تجمیع‌شده و پاکسازی شده از سوابق تاریخی.
- نسخه نصب‌شده سامانه (Backend, Frontend, AI Core) روی سرور کارفرما.
- مدل‌های آموزش‌دیده و کدهای منبع (Source Code) کاملاً مستند شده.
- راهنمای کاربری (User Manual) و راهنمای راهبری سامانه (Admin Manual).
- گزارش‌های دوره ای از دقت مدل‌ها و ارزیابی در محیط عملیاتی.
- بسته‌های آموزشی برای سطوح مختلف کاربران.
- تاییدیه فنی نهایی پس از دوره پایلوت.

۸. مدت زمان پروژه

پروژه در ۶ فاز عملیاتی به شرح زیر اجرا خواهد شد:

- فاز ۱ (ماه ۲-۱): مطالعات شناخت، تحلیل نیاز ها، طراحی معماری و جمع‌آوری اولیه داده‌ها.
- فاز ۲ (ماه ۶-۳): پیاده‌سازی زیرساخت داده‌ای، ابزارهای ورود داده و بهسازی داده‌های تاریخی.
- فاز ۳ (ماه ۱۰-۷): توسعه هسته هوش مصنوعی شامل استقرار LLM، RAG و گراف دانش و پیاده‌سازی داشبوردهای اولیه.
- فاز ۴ (ماه ۱۴-۱۱): توسعه مدل‌های پیش‌بینی مشکلات، تحلیل الگوها و تکمیل رابط کاربری.
- فاز ۵ (ماه ۱۷-۱۵): تست‌های یکپارچگی، استقرار در محیط پایلوت و رفع باگ‌های عملیاتی.
- فاز ۶ (ماه ۲۰-۱۸): آموزش نهایی، تدوین مستندات و استقرار رسمی در سازمان.

۹. شرایط احراز تسهیلات و قرارداد

حمایت مالی از طرح‌های منتخب، در قالب تسهیلات و پس از طی فرایند ارزیابی، تصویب و اخذ تضامین معتبر انجام خواهد شد. نوع، میزان و شرایط تضامین مورد نیاز، متناسب با مبلغ تسهیلات، ماهیت طرح، وضعیت حقوقی پیشنهاددهنده و ضوابط نهاد تأمین‌کننده منابع تعیین می‌شود.

میزان پیش‌پرداخت، مراحل پرداخت و سهم هر مرحله از تسهیلات، بر اساس برنامه زمان‌بندی، شرح فعالیت‌ها، نقاط تحویل، برآورد هزینه‌ها و جزئیات مالی ارائه‌شده از سوی پیشنهاددهنده تعیین خواهد شد. پرداخت‌ها می‌تواند به‌صورت مرحله‌ای و متناسب با پیشرفت واقعی پروژه، ارائه گزارش‌های فنی و مالی، تأیید تحویل‌های میانی و نظر کارفرما انجام شود.

در صورت اجرای کامل و قابل قبول فعالیت‌ها، انطباق خروجی‌های پروژه با شرح خدمات مصوب، تحقق اهداف و شاخص‌های مورد انتظار و تأیید نتایج بر اساس ارزیابی و نظر ستاد توسعه اقتصاد دانش‌بنیان آب، انرژی و محیط‌زیست، امکان تبدیل تمام یا بخشی از تسهیلات به حمایت بلاعوض وجود خواهد داشت. این موضوع منوط به رعایت تعهدات مجری، ارائه مستندات فنی و مالی، تحویل خروجی‌های مصوب و تأیید نهایی کارفرما خواهد بود. برای قسمتهایی از تسهیلات که امکان بلاعوض شدن میسر نباشد، با نرخ مصوب بانکی، یک دوره تنفس شش ماهه و بازپرداخت ۱۲ ماهه تسویه حساب انجام خواهد گردید.

۱۰. شرایط احراز صلاحیت پیشنهاد دهندگان

پیشنهاددهندگان باید حداقل شرایط و توانمندی‌های فنی ، مالی و شخصیتی در اسناد ارزیابی کیفی را احراز نموده و مستندات مربوطه را به همراه پیشنهاد فنی ارائه نمایند. عدم ارائه مستندات کافی برای هر یک از موارد به منزله عدم احراز صلاحیت تلقی خواهد شد.

۱۱. نظارت بر عملکرد

نظارت بر عملکرد و نحوی اجرای پروژه توسط ناظری که از طرف ستاد آب، انرژی و محیط زیست معاونت علمی و فناوری و اقتصاد دانش بنیان رئیس جمهور معرفی خواهد شد، به صورت مستمر انجام خواهد شد.

۱۲. ارسال مستندات

- تکمیل و ارسال مستندات پروپزال فنی در قالب فرمت استاندارد تهیه شده (پیوست)
- تکمیل و ارسال اسناد ارزیابی کیفی
- تکمیل و ارسال اسناد ارزیابی مالی و اعتباری به منظور اعطای تسهیلات

۱۳. فرآیند انتخاب پیشنهاد دهندگان

فزآیند ارزیابی متناسب با اسناد ارائه شده از طرف پیشنهاد دهندگان انجام خواهد شد. کارفرما حق رد تمام پیشنهادات، درخواست شفافسازی یا تغییر دامنه کار را قبل از عقد قرارداد محفوظ می‌دارد.