عنوان فراخوان

توسعه موتور مسیریابی وزن‌دار و زمان مبنا

توضیحات فراخوان

مقدمه

افزایش دسترسی به وسایل حمل‌ونقل شخصی از یک سو موجب آسایش شهروندان در سفرهای درون‌شهری شده و از سوی دیگر با افزایش تقاضای سفر به وجود آورنده مسائلی همچون ترافیک شدید و آلودگی هوا در شهرهای بزرگ گردیده است. سازمان‌های مدیریت شهری سال‌ها است که در راستای گسترش امکانات شهری می‌کوشند و شهروندان را به استفاده از این امکانات تشویق می‌کنند. قابل پیش‌بینی است که با رشد همزمان امکانات حمل‌ونقل همگانی و شخصی بسیاری افراد ترجیح می‌دهند قسمتی از مسیر را با خودروی شخصی طی نموده و در قسمتی دیگر از سفر از حمل‌ونقل عمومی استفاده نمایند. هدف از این پروژه توسعه یک ابزار مسیریابی است که شهروندان را با وجود برنامه زمانی متغیر حمل‌ونقل عمومی، مسئله پارک خودرو در مسیریابی ترکیبی، و ترجیحات شخصی افراد، یاری دهد.

پیشینه مسئله پژوهش

به‌طور کلی، عملیات مسیریابی به معنای یافتن مسیر بهینه برای جابه‌جایی از یک نقطه به نقطه دیگر در یک شبکه معین است. در این زمینه، معمولاً از اصول و روش‌های نظریه گراف استفاده می‌شود. با توجه به قدمت و کاربرد گسترده این مسئله، پیشرفت‌های قابل توجهی در این حوزه صورت گرفته است و امروزه، انجام انواع فرآیندهای مسیریابی از لحاظ تئوری، با وجود پیچیدگی‌های موجود، کاملاً امکان‌پذیر است. علاوه بر توسعه الگوریتم‌های گوناگون، مجموعه‌های نرم‌افزاری متعددی نیز به‌عنوان ابزارهای کاربردی برای بهره‌گیری از این الگوریتم‌ها در نیازهای روزمره ایجاد شده‌اند. نمونه‌هایی از این نرم‌افزارها، برنامه‌های راهنمای مسیر مانند Waze و نشان هستند که کاربردهای گسترده‌ای در سطح عمومی یافته‌اند.

با این حال، یکی از محدودیت‌های اصلی الگوریتم‌ها و موتورهای مسیریابی رایج این است که معمولاً تنها بر روی یک نوع شبکه مشخص (مانند شبکه معابر خودروهای شخصی یا شبکه حمل‌ونقل عمومی) عمل می‌کنند. به‌عبارت دیگر، در شرایطی که یک سفر شامل ترکیبی از چندین نوع شبکه مانند پیاده‌روی، حمل‌ونقل عمومی و خودرو

شخصی باشد، این سیستم‌ها اغلب تنها قادرند نقاط انتقال بین شبکه‌ها را شناسایی کرده و سپس مسیر را بر اساس شبکه انتخاب‌شده ادامه دهند.

برخی از ابزارهای مسیریابی گام‌هایی در این مسیر برداشته‌اند که از جمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به GraphHopper، OpenTripPlanner و Valhalla اشاره نمود.

در دنیای واقعی، مسائل مسیریابی می‌توانند به‌مراتب پیچیده‌تر از این رویکردهای ساده باشند. برای مثال، زمان‌بندی وسایل حمل‌ونقل عمومی در یک ایستگاه می‌تواند در انتخاب نقطه بهینه برای تغییر حالت از پیاده‌روی به حمل‌ونقل عمومی تأثیرگذار باشد. همچنین، محدودیت‌های شهری نظیر طرح‌های ترافیکی و محدوده‌های آلودگی هوا یا ظرفیت پارکینگ‌های حاشیه‌ای می‌توانند بر تصمیمات کاربران برای استفاده از خودروی شخصی و سپس ادامه مسیر به‌صورت پیاده اثر بگذارند.

علاوه بر طول مسیر و شرایط ترافیکی، عوامل دیگری نظیر برنامه زمانی حرکت ناوگان حمل‌ونقل عمومی، در دسترس بودن فضای پارک، پیش‌بینی ترافیک آینده و ترجیحات فردی کاربران، از جمله مواردی هستند که در سیستم‌های مسیریابی فعلی کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. در نظر گرفتن این عوامل، پیچیدگی‌های جدیدی را در مقایسه با روش‌های سنتی مسیریابی ایجاد می‌کند و نیازمند توسعه راهکارهای نوآورانه و الگوریتم‌های پیشرفته‌تری است.

شرح مسئله پژوهش

موتور مسیریابی موردنظر، قابلیت انجام مسیریابی در چندین سطح مختلف را به‌صورت انتخابی فراهم خواهد کرد. برخلاف اغلب محصولات مشابه که مسیریابی را تنها بر اساس یک شیوه حمل‌ونقل (مانند خودرو یا پیاده) انجام می‌دهند، یا برخی رقبا که تنها ترکیبی از پیاده‌روی و حمل‌ونقل عمومی را ارائه می‌دهند، این سیستم به کاربران امکان می‌دهد که به‌طور همزمان از چندین شبکه حمل‌ونقل مختلف استفاده کرده و برای هر یک از آن‌ها وزن‌های متفاوتی تعیین کنند. این قابلیت به کاربران انعطاف‌پذیری بالایی در انتخاب مسیر مطلوب خود می‌دهد.

علاوه بر این، درحالی‌که سامانه‌های مسیریابی معمول تنها بر اساس شرایط فعلی ترافیک (لحظه‌ای) مسیرهای پیشنهادی را ارائه می‌دهند، موتور مسیریابی موردنظر امکان استفاده از داده‌های ترافیکی گذشته، حال و حتی آینده را فراهم می‌کند. این ویژگی به کاربران اجازه می‌دهد تا علاوه بر انتخاب بهترین مسیر در زمان حال، برنامه‌ریزی دقیقی برای سفرهای آینده خود داشته باشند. علاوه بر این مساله در نظر گرفتن زمان‌بندی وسایل حمل‌ونقل عمومی، امکان انتخاب محل پارک خودرو در خروجی پژوهش الزامی است.

هدف اصلی این پژوهش، طراحی الگوریتم و توسعه موتور یک سیستم مسیریابی پیشرفته با چالش‌های فنی متعدد است. تمرکز این پروژه پژوهشی بر کسب دانش فنی و ایجاد معماری مناسب برای توسعه سیستم است، نه صرفاً تولید یک محصول تجاری.

گام‌های تحقیقاتی و الزامات طرح

گام‌های تحقیقاتی

۱) بررسی الگوریتم‌های موجود مسیریابی

۲) ایجاد قالب (frame work) حمل‌ونقل عمومی

۳) تصویب فرمت‌های آماده‌سازی داده‌های لازم و تبدیل فرمت داده‌های موجود

۴) ایجاد داده‌های فرضی در صورت عدم وجود داده

۵) توسعه الگوریتم مناسب جهت دستیابی به اهداف

۶) توسعه زیرساخت نرم‌افزاری لازم جهت استفاده از الگوریتم توسعه داده شده

۷) آماده‌سازی اسناد فنی و علمی

۸) بررسی اسناد، الگوریتم‌ها و نرم‌افزارها توسط کارفرما جهت اطمینان از عملکرد با سرعت مناسب

الزامات طرح

الگوریتم طراحی‌شده باید قادر باشد مسیر بهینه یا نزدیک بهینه را بین دو نقطه مبدأ و مقصد در کمترین زمان و با سرعت پردازش بالا ارائه دهد. این الگوریتم باید ویژگی‌های زیر را در بر بگیرد:

- **امکان یافتن مسیر بهینه** با در نظر گرفتن شرایط متنوع شبکه حمل‌ونقل
- **پیشنهاد مسیرهای ترکیبی** شامل حمل‌ونقل عمومی (مانند مترو، اتوبوس، BRT و ...) در کنار سایر شیوه‌های جابه‌جایی
- **در نظر گرفتن برنامه زمان‌بندی حمل‌ونقل عمومی** و به‌روزرسانی لحظه‌ای آن در صورت دریافت داده‌های جدید
- **امکان استفاده از شیوه پیاده‌روی** در تمام یا بخشی از مسیر در صورت نیاز
- **تأثیر شرایط جوی** بر زمان سفر و در نظر گرفتن آن در پیشنهاد مسیرها

- **ارائه مسیرهای ترکیبی خودرو شخصی و حمل‌ونقل عمومی یا پیاده‌روی**، سیستم های Ride-hailing مانند اسنپ و تپسی، دوچرخه و اسکوتر شخصی یا اشتراکی همراه با پیشنهاد مکان‌های مناسب برای پارک خودرو
- **استفاده از داده‌های لحظه‌ای و تاریخی ترافیک**، به‌منظور انتخاب بهترین مسیر در هر شرایط زمانی
- **پیشنهاد به کاربر برای به تأخیر انداختن سفر** در صورت به‌صرفه بودن از نظر زمان و هزینه
- **قابلیت برنامه‌ریزی سفرهای آینده**، بر اساس پیش‌بینی وضعیت شبکه حمل‌ونقل

به طور کلی تست‌های زیر کمک می‌کنند که خطاهای احتمالی شناسایی شوند و عملکرد سیستم در شرایط مختلف بهبود یابد. اهداف اصلی انجام تست در این موتور شامل موارد زیر است:

- اطمینان از دقت مسیرهای ارائه‌شده: بررسی اینکه که آیا مسیریاب کوتاه‌ترین یا سریع‌ترین مسیر ممکن را پیشنهاد می‌دهد.
- صحت محاسبات زمان و فاصله: اطمینان از اینکه که تخمین‌های ارائه‌شده با واقعیت هماهنگی دارند.
- شناسایی مشکلات در مسیرها: بررسی اینکه آیا مسیریاب مسیرهای غیرقابل‌دسترس، نادرست، یا خطرناک ارائه می‌دهد یا خیر.
- هماهنگی پروفایل‌های مختلف با نیاز کاربران: ارزیابی اینکه آیا پروفایل‌ها مانند ماشین، دوچرخه، یا پیاده‌روی، به طور صحیح تعریف شده‌اند.

برای ارزیابی عملکرد یک مسیریاب، باید شیوه‌های مختلف حمل‌ونقل تعریف شوند. این شیوه‌ها که به‌عنوان پروفایل شناخته می‌شوند، محدودیت‌ها و ویژگی‌های مختلفی دارند که مسیرهای پیشنهادی را بر اساس نیاز کاربر تنظیم می‌کنند. نمونه‌هایی از این پروفایل‌ها عبارت‌اند از:

- پروفایل خودرو: توجه به محدودیت سرعت، نوع جاده‌ها و داده‌های ترافیکی
- پروفایل دوچرخه: ارائه مسیرهای ایمن و مناسب برای دوچرخه‌سواران، مانند مسیرهای کم‌خطر یا خطوط مخصوص دوچرخه
- پروفایل پیاده‌روی: بهینه‌سازی مسیرهای پیشنهادی برای عابران پیاده، با تمرکز بر دسترسی و امنیت
- در نظر گرفتن شیب و ارتفاع برای کاربران دوچرخه و پیاده

- پروفایل‌های حمل‌ونقل عمومی: سهولت دسترسی به حمل‌ونقل عمومی. توجه به ترجیحات کاربر و برنامه‌های زمانی حمل‌ونقل عمومی جهت به حداقل رساندن زمان سفر

تست‌های زیر جهت معیارهای ارزیابی خروجی پژوهش تعیین شده است.

- تست کارایی و سرعت نرم افزار:
  - لازم است الگوریتم و نرم‌افزار سرعت مناسبی در پاسخگویی به چندین درخواست داشته باشد.
  - البته این امر وابستگی بسیاری به زیرساخت سخت‌افزاری خواهد داشت و نرم‌افزار باید با استفاده بهینه از منابع سخت‌افزاری امکان افزایش ظرفیت پاسخگویی با افزایش منابع سخت‌افزاری را داشته باشد.
  - حداقل تعداد پاسخ در یک سرور کم قدرت (چهار هسته پردازشی با شانزده گیگ رم) در یک شبکه میان مقیاس(مانند تهران و شهرهای اطراف آن) نباید از ۱۰۰۰ درخواست در ثانیه کمتر باشد.
  - همچنین زمان پاسخگویی به هر درخواست مسیریابی مستقل نباید از ۵۰ میلی ثانیه فراتر رود.
  - دقت محاسبه مسیر باید بالای ۹۵٪ باشد. (به مفهوم بررسی انطباق مسیرهای پیشنهادی با بهترین مسیر ممکن).
  - در ارائه مسیرها دقت زمانی طول سفر باید کمتر از یک دقیقه تفاوت در طول مسیر باشد.
  - بررسی موتور مسیریاب برای مدت زمان طولانی به منظور بررسی حافظه مورد استفاده و ارزیابی کاهش تدریجی عملکرد. (استفاده بهینه از منابع سخت‌افزاری)
- تست صحت مسیر (Route Validity Testing): هدف این تست، اطمینان از منطقی بودن و قابل‌استفاده بودن مسیرهای پیشنهادی است که با بررسی بهترین مسیر منطقی در شبکه‌های خرد مقیاس و مقایسه آن با جواب سیستم انجام می‌گیرد.
  - آیا مسیرهای ارائه‌شده با محدودیت‌های تعریف‌شده در پروفایل هماهنگ هستند؟ حداقل دقت ۹۹ ٪ مورد قبول است.
  - آیا مسیریاب از پیشنهاد مسیرهای غیرمنطقی (مانند جاده‌های بسته یا خطرناک) جلوگیری می‌کند؟
  - درصورت صحت شبکه تعریف شده حداقل دقت ۹۹٪ مورد قبول است.

- تست زمان و فاصله (Time and Distance Testing): بررسی صحت تخمین‌های زمان و فاصله برای مسیرهای مختلف:
  - آیا زمان سفر با توجه به محدودیت‌های سرعت و شرایط ترافیکی واقعی است؟
  - آیا محاسبه فاصله با داده‌های جغرافیایی واقعی تطابق دارد؟
  - دقت محاسبه مسیر باید بالای ۹۵٪ درصد تست باشد.
- تست کارایی پروفایل‌ها (Profile Efficiency Testing)
  - آیا پروفایل ماشین، ترافیک یا قوانین جاده‌ای را به‌درستی در نظر می‌گیرد؟
  - آیا پروفایل دوچرخه، مسیرهایی را ارائه می‌دهد که کم‌خطر و راحت باشند؟
- تست سناریوهای خاص (Edge Cases Testing): این تست‌ها عملکرد سیستم در شرایط غیرمعمول را ارزیابی می‌کنند:
  - عبور از مرزهای دو منطقه خاص. (مانند طرح ترافیک و ...)
  - عدم ارائه مسیرهایی که به مناطق غیرقابل‌دسترس ختم می‌شوند.
- تست ویژگی‌های خاص (Feature Testing): این تست‌ها به ارزیابی قابلیت‌های ویژه مسیریاب می‌پردازند:
  - پاسخ‌های API: بررسی اینکه آیا پاسخ‌ها به درخواست‌های کاربر سریع و صحیح هستند.
  - محاسبات مسیر جایگزین (Alternative Routes): آیا مسیرهای جایگزین متنوع و کاربردی ارائه می‌شوند؟
  - تطبیق نقاط (Map Matching): اطمینان از این‌که نقاط ورودی کاربران به‌درستی روی نقشه جای‌گذاری می‌شوند. (اتصال دقیق نقطه انتخاب شده به نزدیک‌ترین گره در شبکه معابر)

خروجی نهایی

خروجی نهایی این پروژه شامل نمونه اولیه پیاده‌سازی‌شده موتور مسیریاب است که از مدل و الگوریتم‌های توسعه‌یافته با ویژگی‌های شرح داده‌شده برخوردار بوده و قابلیت مقیاس‌پذیری به‌صورت یک کتابخانه نرم‌افزاری را خواهد داشت. علاوه بر این، مستندات جامع و دقیق از تمامی مراحل انجام کار، شامل تحلیل، طراحی، پیاده‌سازی و آزمون‌ها

ارائه خواهد شد. همچنین، آموزش نیروهای فنی شرکت دانش‌بنیان ارائه‌دهنده این نیاز پژوهشی، به‌منظور بهره‌برداری بهینه و توسعه آتی این موتور، بخشی از خروجی‌های پروژه خواهد بود.

راهکارهای غیرجذاب

- حل مرحله‌ای مسئله مسیریابی به جای در نظر گرفتن کل مسیر
- استفاده بیش از حد از تکنولوژی‌های متن باز
- در نظر نگرفتن زمان‌بندی وسایل حمل‌ونقل عمومی

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 به‌نام همه دست‌اندرکاران مجاز خواهد بود.
- **مالکیت منافع مادی**: با توجه به مدل کسب‌وکار شرکت متقاضی، منافع مالی ناشی از توسعه این فناوری قابل اشتراک بین متقاضی و مجری می‌باشد.

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)

٤. پروپوزال، طبق فرمت پیشنهادی بنیاد، 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؛
- ✓ تست‌ها و آنالیزها؛
- ✓ خدمات؛

حوزه های اولویت دار

سیستم اطلاعات جغرافیایی، مهندسی حمل‌ونقل، علوم کامپیوتر و فناوری اطلاعات، هوش مصنوعی

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.

فایل پیوست

فرم درخواست پیشنهاده (پروپوزال)

متن فراخوان

تاریخ فراخوان

کلیه افراد واجد شرایط به مدت یک ماه از تاریخ انتشار فراخوان یعنی تا پایان اسفند فرصت دارند که پروپوزال خود را از طریق سامانه کایپر برای بنیاد ملی علم ایران ارسال نمایند.

توجه: تاریخ این فراخوان تمدید نخواهد شد و فقط پروپوزال‌های ارسالی در بازه زمانی اعلام شده در فراخوان به مرحله داوری خواهند رفت.

مبلغ حمایت

پژوهش پیشنهاد شده تا سقف ۸۰ درصد، حداکثر ۲/۵ میلیارد تومان، توسط بنیاد ملی علم ایران حمایت خواهد شد.

بدیهی است که مابقی هزینه‌ها باید توسط شرکت متقاضی ارائه‌دهنده پژوهش تأمین شود.

شیوه ثبت نام و ارسال درخواست

متقاضیان گرامی جهت ثبت‌نام می‌توانند به سامانه کایپر به نشانی rtms.insf.org مراجعه و از طریق بخش متقاضیان/ پژوهشگران اقدام نمایند. درصورتی‌که در این سامانه پروفایل مشخصات فردی ندارید ابتدا ثبت‌نام نموده و سپس به‌وسیله نام کاربری (Email) رمز عبور اعطا شده وارد سامانه شوید. پس از ورود در بخش ارسال طرح جدید می‌توانید از کارتابل پژوهش عمیق شرکت‌های دانش‌بنیان اقدام به ارسال طرح نمایید.

مسئول پاسخگو

پژوهشگران محترم پس از مطالعه توضیحات فراخوان و آیین‌نامه‌های مربوطه در پورتال بنیاد علم، در صورت داشتن هر گونه ابهام یا سؤال در خصوص فرایند ارسال طرح، شرایط و محتوای علمی فراخوان می‌توانند از پروفایل خود در سامانه کایپر با کارگروه دانش‌بنیان از طریق تیکت، یا با ایمیل jandili.a@insf.org سؤالات خود را مطرح نمایند و یا با شماره تلفن ۰۲۱۸۲۱۶۱۱۵۰ (آقای جندیلی) تماس حاصل فرمایند.