

توسعه یک سامانه همراه توصیه گر و برنامه ریزی مسیر برای گردشگرهای انفرادی

سینا ابوالحسینی^۱، علی اصغر آل شیخ^{۲*}

^۱ کارشناس ارشد سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
abolhoseini.sina@gmail.com

^۲ استاد دانشکده مهندسی نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
alesheikh@kntu.ac.ir

(تاریخ دریافت مرداد ۱۳۹۶، تاریخ تصویب آبان ۱۳۹۶)

چکیده

با ظهور پدیده‌ای جدید در حوزه گردشگری با نام گردشگر انفرادی، توسعه سامانه‌ای همراه به‌منظور توصیه افراد مشابه به یکدیگر باهدف بازدید از مناطق دیدنی به‌صورت مشترک ضروری است. این سامانه می‌تواند به گردشگرانی که به‌صورت انفرادی سفر می‌کنند کمک کند تا با به اشتراک‌گذاری گردش‌های خود، از سفرشان بیشتر لذت ببرند. همچنین معمولاً گردشگران با مسیرهای مقصد گردشگری خود آشنا نیستند و یک برنامه‌ریز مسیر باهدف ارائه مسیر به‌صورت جداگانه به هر گردشگر در یک سفر اشتراکی، می‌تواند بسیار سودمند واقع شود. هدف این مقاله طراحی، توسعه، اجرا و ارزیابی یک سامانه‌ی همراه است که امکان توصیه گردشگرهای مشابه به یکدیگر و برنامه‌ریزی گشت‌های تفریحی مشترک بر اساس موقعیت‌های جغرافیایی مختلف آن‌ها را میسر می‌کند. همراه بودن این سامانه تأثیر بسزایی در عملکرد آن به‌خصوص در هنگام ناوبری می‌گذارد. این سامانه از یک سیستم توصیه‌گر مبتنی بر فیلتر جمعیت‌شناسی به‌منظور توصیه گردشگرهای مشابه به یکدیگر استفاده می‌کند. همچنین الگوریتم مورچه که یکی از الگوریتم‌های مشهور هوش مصنوعی است به‌منظور برنامه‌ریزی مسیر در این سامانه مورد استفاده قرار گرفته است. به‌منظور ارزیابی سیستم توصیه‌گر این سامانه، تعدادی پرسشنامه میان افراد مختلف توزیع شد. همچنین برای ارزیابی الگوریتم برنامه‌ریز مسیر، از الگوریتم ژنتیک برای بررسی میزان دقت و صحت الگوریتم استفاده شد. نتایج ارزیابی مشخص‌کننده میانگین تفاوت ۰/۲ بین عملکرد سیستم توصیه‌گر و نتایج حاصل از پرسشنامه بود که عملکرد مناسب سیستم توصیه‌گر را نشان می‌دهد. الگوریتم برنامه‌ریز مسیر نیز به کمینه مقدار تابع هدف با انحراف معیار ۰/۶۱ دست پیدا می‌کند که نشان‌دهنده دقت بالای این الگوریتم است اما الگوریتم ژنتیک با میانگین مقادیر ۳۴/۳۲ صحیح‌تر از این الگوریتم عمل می‌کند.

واژگان کلیدی: گردشگری، سیستم اطلاعات مکانی همراه، سیستم توصیه‌گر، برنامه‌ریزی مسیر، الگوریتم مورچه

* نویسنده رابط

۱- مقدمه

بزرگ‌ترین نویسنده کتاب‌های مسافرتی، بیل برایسون^۱، در رابطه با گردشگری می‌نویسد: "هیچ‌چیز به اندازه سفر و گردش در کشوری که همه چیز آن ناآشناست، مرا یاد اشتیاق دوران کودکی نمی‌اندازد". بر اساس گزارش شورای جهانی سفر و گردشگری (WTTC)^۲، گردشگری یکی از مهم‌ترین صنایع هر کشوری است که قابلیت تولید شغل بالایی دارد. این صنعت بر روی حمل‌ونقل، مسکن، غذا و سرویس‌های تفریحی و خدماتی کشور پذیرنده گردشگر تأثیرگذار است. امروزه بیشتر گردشگرها سعی در برنامه‌ریزی سفر با استفاده از اطلاعات موجود در بستر اینترنت دارند. بیشتر وبسایت‌های مسافرتی اطلاعات مربوط به مقصد، بسته‌های مسافرتی پیشنهادی و امکان رزرو هتل/پرواز/خودرو را به صورت برخط^۳ فراهم می‌کنند. این شرایط منجر به ظهور دسته‌ای جدید از گردشگرها به نام گردشگرهای انفرادی می‌شود که برای سفر خود به آژانس‌های مسافرتی مراجعه نمی‌کنند و خود برنامه‌ریزی سفرشان را انجام می‌دهند [۱]. این گردشگرهای انفرادی معمولاً مایل به گشت‌وگذار به صورت جمعی در کشور مقصد هستند. اما این افراد هیچ شناختی از دیگر گردشگرهای حاضر در شهر مقصد ندارند. از طرف دیگر، هریک از این گردشگران ممکن است در مراکز اقامتی مختلفی ساکن باشند. برنامه‌ریزی مسیر برای افراد در موقعیت‌های جغرافیایی مختلف یک شهر به منظور بازدید مشترک از مناطق دیدنی جزو مسائل پیچیده‌ای است که گردشگر به تنهایی از پس آن بر نمی‌آید. این مسئله را می‌توان تحت عنوان "مسئله فروشنده‌گان دوره-گرد با نقاط بازدید مشترک (MTSPMNs)"^۴ مطرح کرد. بدین منظور نیاز به یک سیستم توصیه‌گر است که افراد مناسب یکدیگر را به هم معرفی کند. این سیستم توصیه‌گر، با توجه به اطلاعات کاربر اقدام به پیشنهاد مناسب‌ترین افراد به منظور به اشتراک‌گذاری گشت تفریحی می‌کند. سیستم‌های توصیه‌گر رویکردی برای مواجهه با مشکلات ناشی از حجم بالای اطلاعات کاربرهای ثبت‌شده در سیستم هستند [۲]. سیستم‌های توصیه‌گر می‌توانند معیارهای متفاوتی را در نظر بگیرند.

برنامه‌ریزی مسیر برای افراد مختلف در موقعیت‌های جغرافیایی مختلف درون یک شهر به منظور بازدید از مناطقی مشخص، یک مسئله پیچیده^۵ است [۳]. یکی از روش‌هایی که برای حل این‌گونه مسائل مورداستفاده قرار می‌گیرد، استفاده از الگوریتم‌های فرا ابتکاری هوش مصنوعی همچون الگوریتم ژنتیک، الگوریتم جستجوی ممنوعه و الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچگان است. این الگوریتم‌ها با جستجوی هدفمند فضای مسئله، با پیچیدگی محاسباتی کمتری به جواب دست پیدا می‌کنند. به دلیل اینکه گردشگران انفرادی، از دیگر گردشگران حاضر در مقصد و همچنین نحوه دسترسی به مناطق دیدنی اطلاعات کاملی ندارند، توسعه سامانه‌ای همراه به منظور کمک به گردشگران در شناسایی افراد مشابه خود و همچنین برنامه‌ریزی مسیر بر اساس موقعیت جغرافیایی هر گردشگر می‌تواند بسیار مفید واقع شود.

هدف اصلی تحقیق حاضر، ارائه یک سامانه همراه به منظور تشکیل گشت‌های تفریحی مشترک است. برای رسیدن به این هدف، دو گام اساسی دنبال می‌شود. در گام نخست، سیستم توصیه‌گری بر اساس معیارهای سن، سطح تحصیلات، ملیت و علاقه‌مندی، گردشگرهای مشابه را به یکدیگر پیشنهاد می‌دهد. در گام دوم برنامه‌ریزی مسیر برای هر گردشگر به صورت جداگانه و بر اساس موقعیت‌های مختلف جغرافیایی آن‌ها و موقعیت مناطق دیدنی دنبال می‌شود. برای حل مسئله برنامه‌ریزی مسیر، گونه‌ای از الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچگان تحت عنوان سیستم مورچه (AS)^۶ استفاده شده است. نوع آوری اصلی این تحقیق در به کارگیری سیستم توصیه‌گر افراد در بحث گردشگری و همچنین ارائه راه‌حلی ابتکاری برای حل مسئله برنامه‌ریزی مسیر به منظور تشکیل گردش‌های مشترک میان افراد مختلف است.

ادامه مقاله در پنج بخش به شرح زیر تدوین شده است: در بخش دوم یک مرور کلی بر سیستم‌های توصیه‌گر گردشگری و الگوریتم‌های برنامه‌ریزی مسیر انجام می‌شود. در بخش سوم مفاهیم موردنیاز برای توسعه سامانه همراه پیشنهادی بیان می‌شود. بخش چهارم به معرفی داده‌های مورداستفاده و منطقه مورد مطالعه، پیاده‌سازی و ارزیابی سامانه پیشنهادی می‌پردازد. در نهایت نتیجه‌گیری کلی از تحقیق در بخش پنجم ارائه شده است.

^۱ Bill Bryson

^۲ World Travel & Tourism Council

^۳ Online

^۴ Multiple Travelling Salesman Problem with mutual nodes

^۵ NP-hard

^۶ Ant System

۲- پیشینه تحقیق

در این بخش مرور کلی بر سیستم‌های توصیه‌گر گردشگری و برنامه‌ریزی مسیر انجام می‌شود. در نتیجه مطالعات مرتبط با سیستم‌های توصیه‌گر در بخش ۱-۲ و تحقیقات پیشین در رابطه با الگوریتم‌های برنامه‌ریزی مسیر در بخش ۲-۲ ارائه شده است.

۱-۲- سیستم‌های توصیه‌گر

سیستم‌های توصیه‌گر به صورت گسترده‌ای به عنوان ابزاری برای کاهش بارگذاری حجم بالای اطلاعات و ارائه پیشنهادها مسافرتی به گردشگرها مورداستفاده قرار گرفته است. این سیستم‌ها اطلاعات را به گونه‌ای فیلتر می‌کنند که بتواند ترجیحات یک کاربر را در رابطه با یک موزیک، کتاب، گروه و یا یک فرد پیش‌بینی کند. این پیش‌بینی‌ها یا به صورت ضمنی به کاربر نمایش داده می‌شوند، یا به صورت صریح. همچنین دریافت اطلاعات از کاربر هم می‌تواند به صورت ضمنی یا صریح باشد. انواع مختلفی از سیستم‌های توصیه‌گر وجود دارد که عبارت‌اند از فیلترهای مشارکتی، فیلترهای محتوا مبنا، فیلترهای دانش مبنا، فیلترهای جمعیت‌شناسی و سیستم‌های توصیه‌گر تلفیقی [۴].

سرویس‌های مختلفی توسط سیستم‌های توصیه‌گر همراه در زمینه گردشگری ارائه شده است. از آن جمله به سیستم‌های توصیه‌گر مناطق دیدنی می‌توان اشاره کرد. این پیشنهادها معمولاً بر اساس ترجیحات کاربر که در بازه زمانی طولانی شناسایی شده، محاسبه می‌شوند و بر اساس موقعیت فعلی کاربر فیلتر می‌شوند [۵]. باین‌حال پارامترهای محیطی بیشتری در حال اضافه شدن به این سیستم‌ها هستند، مانند الگوی حرکتی کاربر [۶]، آب‌وهوا [۷]، نوع وسیله حمل‌ونقلی، حالت روحی کاربر [۸] و زمان بازدید [۹].

سیستم‌های توصیه‌گر سرویس‌های گردشگری مانند رستوران‌ها، هتل‌ها، سرویس‌های حمل‌ونقلی و غیره نیز همانند سیستم‌های بالا عمل می‌کنند. به طور مثال، پیشنهاد یک هتل می‌تواند بر اساس سرویس‌های ارائه شده توسط هتل، نظرات مشتریان، وجود اتاق خالی، زمان ورود و خروج، فاصله از مناطق دیدنی و قیمت باشد [۱۰]. سیستم‌های توصیه‌گر مسیر و تور بر اساس موقعیت کاربر اقدام به پیشنهاد سرویس مسیریابی و ناوبری می‌کنند.

موقعیت کاربران معمولاً توسط سنسور GPS^۱ استخراج می‌شود هرچند از تکنولوژی‌های دیگر همچون Wi-Fi و RFID نیز می‌توان استفاده کرد. این سیستم‌ها معمولاً در بسیاری از سیستم‌های همراه، برای هدایت کاربر از موقعیت فعلی به سمت موقعیت پیشنهاد شده، تعبیه شده‌اند. این سرویس‌ها می‌توانند به صورت خیلی ساده تنها به حل مسئله کوتاه‌ترین مسیر بپردازند و یا با حل مسائل پیچیده‌تر به مسائل دنیای واقعی نزدیک‌تر شوند. در بسیاری از موارد، بازدید گردشگرها از مناطق مدنظرشان، یک مسئله فروشنده دوره‌گرد (TSP)^۲ است. محققان بسیاری بر روی این مسئله کار کرده‌اند [۱۱، ۱۲]. همچنین مسیریابی چندحالتی^۳ با در نظر گرفتن وسایل نقلیه عمومی مختلف یکی از حوزه‌های نسبتاً جدید در این زمینه است [۱۳].

گونه‌ای از سیستم‌های توصیه‌گر با استفاده از شبکه‌های اجتماعی قابلیت ارائه پیشنهادها بر اساس داده‌های تولید شده توسط دیگر کاربران و همچنین به اشتراک‌گذاری تجربه آنان از بازدیدهایشان را مقدور می‌سازند [۱۴، ۱۵].

در سیستمی که توسط Xie و Zheng در سال ۲۰۱۱ ارائه شد، سیستم موقعیت مکانی دیگر گردشگرها را بر روی نقشه نمایش می‌دهد و یک سری پیشنهادها به منظور دوست‌یابی شخصی^۴ را به کاربران انجام می‌دهد. در مدل توسعه داده شده توسط این محققان، ترتیب جابجایی‌های کاربران، ویژگی سلسله‌مراتبی مکانی و همچنین محبوبیت مکان‌های مختلف برای توصیه کاربران به یکدیگر در نظر گرفته می‌شود [۱۵].

از این میان سیستم‌هایی که از فیلتر جمعیت‌شناسی استفاده می‌کنند، پیشنهادها خود را بر اساس اطلاعات جمعیت‌شناسی کاربرها ارائه می‌دهند. اصل هموفیلی^۵ بیان می‌کند که اگر دو نفر، خصوصیات یکسان داشته باشند، شانس اینکه با یکدیگر رابطه برقرار کنند بسیار بیشتر از دو نفر است که خصوصیات متفاوتی باهم دارند [۱۶، ۱۷]. پیشنهاد افراد به یکدیگر یک مسئله مهم در شبکه‌های اجتماعی است. دو روش "دوستِ دوست" و روش مبتنی بر

^۱ Global Positioning System

^۲ Travelling Salesman Problem

^۳ Multimodal

^۴ Personalized

^۵ Homophily

مسیر از روش‌هایی هستند که در زمینه پیشنهاد افراد به یکدیگر در شبکه‌های اجتماعی کاربرد وسیعی دارند. روش "دوستِ دوست" مبتنی بر این فرضیه است که اگر دو کاربر با دوستان مشترک زیادی دارند، احتمال اینکه با یکدیگر دوست شوند بسیار زیاد است [۱۸]. ایده اصلی روش مبتنی بر مسیر، یافتن کوتاه‌ترین مسیر است. مجموع تمام مسیرهای بین دو گره در گراف افراد محاسبه می‌شود و در نتیجه آن، مسیرهای کوتاه‌تر شانس بیشتر برقراری ارتباط بین دو فرد را مشخص می‌کنند [۱۷].

از آنجایی که گردشگران معمولاً شناختی از دیگر گردشگران در مقصد گردشگری ندارند، نیاز به سامانه‌ای بدین منظور حس می‌شود. بر اساس مطالعات انجام‌شده، تاکنون سامانه‌ای برای توصیه گردشگران انفرادی به یکدیگر به‌منظور به اشتراک‌گذاری گردش‌های تفریحی ارائه نشده است. در این تحقیق، گردشگران بر اساس یک فیلتر جمعیت‌شناسی، به یکدیگر توصیه می‌شوند. اطلاعات جمعیت‌شناسی به‌صورت صریح از هر گردشگر دریافت و نمایش داده می‌شود. فاصله هر کاربر از سایر کاربران با استفاده از این اطلاعات جمعیت‌شناسی محاسبه می‌شود و سپس بهترین افراد برای به اشتراک‌گذاری گشت تفریحی انتخاب می‌شوند. ملاک‌های بررسی شباهت میان افراد در این تحقیق به سن، سطح تحصیلات، ملیت و علاقه‌مندی محدود می‌شود.

۲-۲- برنامه‌ریزی مسیر

پس از اینکه گردشگرهای مختلفی به یک گشت تفریحی دعوت شدند، برنامه‌ریزی مسیر گشت باید به‌گونه‌ای صورت بگیرد که افراد مختلف، از موقعیت‌های مکانی مختلف به سمت مناطق دیدنی هدایت شوند و همچنین این مسئله در نظر گرفته شود که افراد قصد بازدید از این مناطق را به‌صورت همزمان دارند و تا حد ممکن مسیرهای رفت‌وآمد نیز باید به‌صورت همزمان طی شوند.

تاکنون در رابطه با برنامه‌ریزی مسیر، روش‌ها و الگوریتم‌های متفاوتی پیاده‌سازی شده‌اند. مسئله‌ای که در برنامه‌ریزی مسیر در حوزه گردشگر با آن مواجه هستیم را معمولاً می‌توان به‌عنوان مسئله فروشنده دوره‌گرد در نظر گرفت [۱۹]. در این مسئله، گردشگر از موقعیت ثابت خود (هتل، خانه اجاره‌ای و یا غیره) به سمت یکسری مکان‌های

دیدنی از پیش تعیین‌شده حرکت می‌کند و در نهایت به موقعیت اولیه خود بازمی‌گردد [۲۰]. در تحقیق حاضر، پیچیدگی مسئله زمانی بیشتر می‌شود که چند گردشگر در موقعیت‌های جغرافیایی مختلف قصد حرکت به سمت مکان‌های دیدنی می‌کنند و علاوه بر این، قصد دارند تا این بازدیدها به‌صورت گروهی و همراه با یکدیگر صورت بگیرد. همان‌طور که قبل نیز مطرح شد، مسئله حاضر را می‌توان با عنوان "فروشنده‌گان دوره‌گرد با نقاط بازدید مشترک" مطرح کرد.

مسئله برنامه‌ریزی مسیر یکی از حوزه‌هایی است که تاکنون تحقیقات بسیاری در آن صورت گرفته و همچنان این تحقیقات در حال ادامه یافتن است [۲۱]. در مسیریابی‌های کلاسیک، هدف یافتن کوتاه‌ترین مسیر یا سریع‌ترین مسیر بین دو نقطه است. الگوریتم دایجسترا یکی از ساده‌ترین الگوریتم‌هایی است که برای حل این‌گونه مسائل می‌توان استفاده کرد [۲۲]. در تحقیقی که توسط Anagnostopoulos در سال ۲۰۱۶ انجام شد، مسئله برنامه‌ریزی مسیر را برای یک گروه از گردشگرها بررسی کرده است. در این گروه، هر فرد یکسری علایق و ترجیحات خاص خود را دارد که در انتخاب مسیر گشت‌وگذار تأثیرگذار است. این مقاله امکان ارائه مسیری بهینه برای تمامی افراد این گروه را بررسی می‌کند که همه از نقطه‌ای مشخص شروع به حرکت می‌کنند و در نقطه‌ای مشخص گشت آن‌ها به پایان می‌رسد. همچنین در این تحقیق مقایسه‌ای میان الگوریتم‌های رایج در حل چنین مسائلی انجام‌شده است. از میان الگوریتم‌های جستجوی جامع^۱، برنامه‌ریزی پویا^۲، الگوریتم جستجوی حریصانه^۳، الگوریتم فرا ابتکاری بهترین کاربر^۴ و الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچگان (ACO)^۵، نتایج حاکی از عملکرد بهتر الگوریتم ACO در سناریوهای مختلف بوده است [۲۳]. از الگوریتم‌های مورچه استفاده زیادی در حل این‌گونه مسائل شده است زیرا این الگوریتم‌ها به‌صورت ضمنی مسئله کوتاه‌ترین مسیر را در هنگام حل مسئله در نظر می‌گیرند و از این لحاظ، در حل مسائل مرتبط با شبکه بسیار خوب عمل می‌کنند [۲۴، ۲۵، ۲۶]. حل این

^۱ Exhaustive Search

^۲ Dynamic Programming

^۳ Greedy heuristic

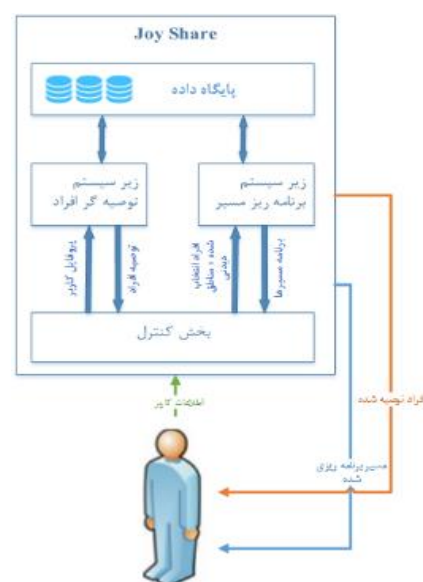
^۴ Best User Meta-Algorithm (BUMA)

^۵ Ant Colony Optimization

مسئله توسط الگوریتم‌های هوش مصنوعی دیگری نیز بررسی شده است. از آن جمله می‌توان به الگوریتم ژنتیک [۲۷]، روشی مبتنی بر الگوریتم بهینه‌سازی ذرات ازدحامی [۲۸] و الگوریتم تقلید پارتو^۱ [۲۹] اشاره کرد.

۳- سامانه پیشنهادی

در این بخش سامانه همراه توسعه داده شده به منظور توصیه افراد برای ملحق شدن به گشت تفریحی و همچنین برنامه‌ریزی مسیر با توجه به شرایط مسئله شرح داده می‌شود. در بخش ۱-۳ جزئیات سیستم توصیه‌گر و در بخش ۲-۳ جزئیات الگوریتم برنامه‌ریز مسیر به‌طور مفصل بررسی خواهد شد. فلوچارت سامانه پیشنهادی در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱- فلوچارت سامانه همراه پیشنهادی

۳-۱- زیر سیستم توصیه گر افراد

هدف سیستم توصیه گری که در این مقاله طراحی شده است، پیشنهاد افراد به کاربران به‌منظور به اشتراک‌گذاری یک گشت تفریحی است. بر اساس اصل هموفیلی افرادی که خصوصیات مشابهی دارند، شانس برقراری ارتباط مؤثر بیشتری نسبت به افرادی که خصوصیاتشان با یکدیگر متفاوت است، دارند. در این مقاله یک سیستم توصیه‌گر بر اساس فیلتر جمعیت‌شناسی به‌منظور یافتن افراد مشابه استفاده شده است. این فیلتر

یک روش بسیار ساده و معمول در سیستم‌های توصیه‌گر است که مشکل شروع سرد^۲ را ندارد. مشکل شروع سرد زمانی اتفاق می‌افتد که سیستم می‌خواهد توصیه‌هایی را به کاربر ارائه دهد، اما به دلیل اینکه کاربر به‌تازگی شروع به استفاده از سیستم کرده است، اطلاعاتی مبنی بر خصوصیات کاربر موجود نیست [۳۰]. این اطلاعات در روش‌های محتوا مبنای دانش مبنای می‌تواند امتیازدهی کاربر به اقلامی خاص یا آمار اقلامی باشد که کاربر پیش‌از این آن‌ها را بررسی کرده است.

در این روش اطلاعات جمعیت‌شناسی، در هنگام ثبت‌نام فرد، به‌صورت صریح از کاربر اخذ می‌شود. این اطلاعات، مشخصات کاربر را در سامانه همراه پیشنهادی تشکیل می‌دهند [۳۱]. سپس میزان شباهت میان کاربران بر اساس اطلاعات جمعیت‌شناسی سن، ملیت، علاقه‌مندی و سطح تحصیلات محاسبه می‌شود. میزان شباهت بر اساس فاصله میان هریک از معیارها محاسبه می‌شود. نحوه محاسبه هر معیار به‌صورت پیشنهادی در جدول ۱ به‌صورت خلاصه شرح داده شده است.

پس از محاسبه فاصله میان معیارهای کاربر و دیگر گردشگرها، تمامی این فواصل با یکدیگر جمع می‌شوند و معیاری از میزان شباهت میان افراد را شکل می‌دهند. در نهایت گردشگرهایی که مجموع فواصل شباهت آن‌ها از مقدار مشخصی کمتر است، به کاربر پیشنهاد می‌شوند.

پس از آنکه گردشگرها برای گشت تفریحی پیشنهاد می‌شوند و کاربر آن‌ها را انتخاب می‌کند، سامانه توسعه داده شده، باید مسیری جداگانه را برای هریک مشخص کند زیرا هر گردشگر موقعیت مکانی متفاوتی دارد. در بخش بعد نحوه محاسبه این مسیرها توضیح داده می‌شود.

^۲ Cold start

^۱ Pareto mimic algorithm

جدول ۱- معیارهای شباهت و تابع محاسبه فاصله آن‌ها

معیار	تعریف فاصله	توضیحات
سن	$sim_{age}(u_i, u_j) = \frac{1}{ age_i - age_j }$	تفاوت میان سن کاربران
ملیت	$sim_{nat}(u_i, u_j) = \frac{1}{distance(nat_i, nat_j)}$	فاصله اقلیدسی میان کشورهای مبدأ هر کاربر
سطح تحصیلات	$sim_{edu}(u_i, u_j) = \frac{1}{distance(degree_i, degree_j)}$	فاصله میان مدرک تحصیلی کاربران
علاقه‌مندی	بر اساس نظر کارشناسان	

۳-۲- زیر سیستم برنامه‌ریز مسیر

الگوریتم‌های مورچه با الهام گرفتن از رفتار مورچه‌ها در طبیعت، به حل مسائل پیچیده نزدیک به دنیای واقعی می‌پردازد. این الگوریتم اولین بار توسط Marco Dorigo در سال ۱۹۹۲ ارائه شد [۳۲]. در طبیعت، هر مورچه فضای اطراف لانه را به جستجوی غذا می‌پردازد و از خود ماده‌ای شیمیایی به نام فرمون برجای می‌گذارد. زمانی که مورچه‌ها تمرکز فرمون بر مسیری را زیاد می‌بینند، احتمال آنکه آن مسیر را انتخاب کنند بیشتر می‌شود. زیرا تمرکز بالای فرمون بدین معناست که مورچه‌های بیشتری تا پیش از این از مسیر مدنظر عبور کرده‌اند و این می‌تواند در نتیجه دستیابی آن‌ها به منبع غذا بوده باشد.

الگوریتم‌های مورچه متفاوتی برای حل مسائل مختلف تاکنون ارائه شده‌اند. از آن جمله می‌توان به الگوریتم‌های سیستم کلونی مورچه (ACS)، سیستم مورچگان بیشینه کمینه (MMAS) و سیستم مورچه (AS) اشاره کرد [۳۳]. الگوریتم AS اولین بار توسط Dorigo و همکاران در سال ۱۹۹۶ ارائه شد که در ادامه به‌طور کامل شرح داده می‌شود [۳۴]. این الگوریتم در عین حالی که پیاده‌سازی راحت‌تری نسبت به سایر الگوریتم‌های مورچه دارد، جواب‌های دقیقی نیز ارائه می‌دهد [۳۳].

به‌منظور حل مسئله مطرح‌شده در این مقاله، ابتدا شبکه راه‌های شهر مدنظر را به‌صورت گراف مدل می‌کنیم. در مدل گراف، تقاطع‌ها به‌صورت گره و خیابان‌ها به‌صورت یال مدل می‌شوند. عددی که به هر یال نسبت داده می‌شود، در این مقاله فاصله به‌عنوان هزینه یال‌ها استفاده شده است که در نتیجه کوتاه‌ترین مسیرها صرف‌نظر از وضعیت ترافیکی خیابان‌ها محاسبه می‌شوند.

پس از اینکه گراف خیابان‌ها تشکیل شد، باید ساختاری متناسب با هدف حل مسئله برای هر جواب مسئله در نظر

گرفت. هدف مسئله یافتن مسیری برای هر گردشگر است که از مناطق دیدنی مدنظر عبور کند، کوتاه‌ترین فاصله ممکن را گردشگر طی کند و ترتیب بازدید از تعداد مسیرهای مشترک بین گردشگرها بیشینه باشد. بدین منظور می‌توان کمینه‌سازی رابطه ۱ را به‌عنوان تابع هدف مسئله در نظر گرفت.

$$f(T) = \sum_{j=0}^n \sum_{i=0}^m dist(i, j) + \frac{1}{commonpaths(tour)} \quad (1)$$

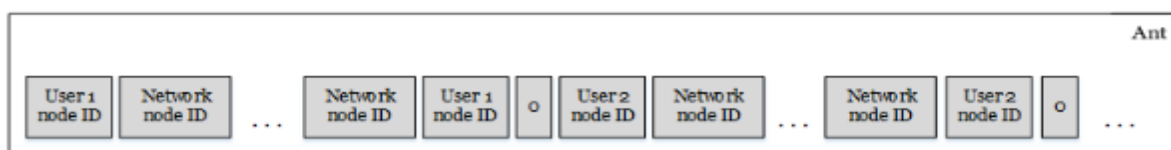
در این معادله، مقدار تابع f برای هر گشت تفریحی T برابر است با مجموع فواصل طی شده توسط تمامی گردشگرها و معکوس تعداد مسیرهای مشترک بین آن‌ها. هرچه تعداد مسیرهای مشترک طی شده توسط گردشگرها بیشتر باشد، معکوس آن کمتر و در نتیجه تابع $f(T)$ کوچک‌تر می‌شود.

در الگوریتم AS هر مورچه یک جواب برای مسئله است. پس در اینجا هر مورچه باید شامل تمامی مسیرها برای هر گردشگرها باشد. برای محاسبه تابع $commonpaths$ که برابر است با تعداد مسیرهای مشترک بین گردشگرها، توالی هر دو گره پشت سرهم در تمامی طول مورچه مدنظر جستجو می‌شود و با یافتن هر توالی مشابه، مقدار این تابع افزایش می‌یابد. با مشخص شدن تابع هدف مسئله و ساختار مورچه‌های الگوریتم AS، روند حل مسئله به‌صورت زیر خواهد بود.

۱. تنظیم پارامترهای اولیه و مقداردهی اولیه فرمون‌ها. به‌منظور تخصیص فرمون اولیه به یال‌های گراف، می‌توان از طول فیزیکی یال، اعداد تصادفی و یا یک فرمول مشخص استفاده کرد. دو پارامتر α و β که در رابطه ۲ وارد می‌شوند، میزان تأثیر فرمون و وزن یال‌ها را در هنگام ساخت جواب‌ها مشخص می‌کنند [۱۰]. تبخیر فرمون در

پراکندگی بیشتر جواب‌ها و در نتیجه جستجوی بهتر فضای مسئله می‌شود.

طبیعت به‌منظور امکان دستیابی به مسیرهای جدید اتفاق می‌افتد. در الگوریتم‌های مورچه نیز این مکانیسم باعث



شکل ۲- ساختار هر مورچه در الگوریتم برنامه‌ریز مسیر

$$\Delta\tau_{ij}^{best} = \begin{cases} \frac{Q}{f_{best}} & \text{if best ant traversed link } (i, j) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

در این رابطه Q عددی ثابت است و f_{best} مقدار تابع هدف بهترین مورچه است. مقدار ثابت تبخیر نیز در الگوریتم‌های مورچه بسیار مهم است، زیرا، اگر مقدار فرمون بر روی یال‌ها به‌صورت آهسته کاهش یابد، مورچه‌ها دچار بهینه‌های محلی خواهند شد. از طرف دیگر، در صورتی که مقداری فرمون‌ها سریع کاهش یابد، مورچه‌ها از اطلاعاتی که دیگر مورچه‌ها جمع‌آوری کرده‌اند، کمترین سود را برده‌اند [۳۵].

۴- نتایج و بحث

در این بخش ابتدا خصوصیات داده‌های مورد استفاده در بخش ۴-۱ توضیح داده‌شده و سپس پارامترهای الگوریتم AS در بخش ۴-۲ تنظیم و گزارش شده است. معیارهای ارزیابی سیستم توصیه‌گر و الگوریتم برنامه‌ریز در بخش ۴-۳ توضیح داده‌شده و در نهایت در بخش ۴-۴ نتایج عددی گزارش شده‌اند.

۴-۱- داده‌های مورد استفاده

شهر شیراز مرکز استان فارس در کشور ایران است که یکی از مهم‌ترین شهرهای گردشگری این کشور به‌حساب می‌آید. این شهر در جنوب غربی کشور واقع شده، آب‌وهوایی معتدل دارد و از زمان‌های دور مرکز تجاری منطقه بوده است. مناطق دیدنی بسیار شیراز، هر ساله سبب جذب گردشگرهای بسیاری به این شهر می‌شود. باغ‌ها، کاخ‌ها، موزه‌ها و مناطق طبیعی مهم‌ترین مناطق دیدنی این شهر را تشکیل می‌دهند. در سه‌ماهه نخست سال ۱۳۹۶، بیش از ۴۸۰۰۰ گردشگر از این شهر دیدن

۲. ساخت مورچه‌ها (جواب‌ها). همان‌طور که گفته شد هر مورچه برای مسئله پیش رو یک جواب است. در این مسئله هنگام ساخت مورچه‌ها، گره مبدأ که موقعیت فعلی گردشگر را مشخص می‌کند، گره ابتدایی است. گره‌های بعدی به ترتیب بر اساس احتمال محاسبه‌شده در رابطه ۲ و مکانیسم چرخ گردون انتخاب می‌شوند.

$$P_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{(\tau_{ij})^\alpha (\eta_{ij})^\beta}{\sum_{h \notin tabu_k} (\tau_{ih})^\alpha (\eta_{ih})^\beta} & \text{if } j \notin tabu_k \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

در این معادله، برای محاسبه احتمال انتخاب گره j هنگامی که مورچه k بر روی گره i قرار دارد، برابر است با ضرب مقدار فرمونی که بر روی آن یال قرار دارد (τ_{ij}) در میزان بهینگی آن یال (η_{ij}) که معمولاً برابر است با معکوس هزینه نسبت داده‌شده به آن یال (معکوس طول یال). مقادیر α و β میزان تأثیر هریک از این مقادیر را مشخص می‌کنند که بسیار حیاتی هم هستند. $tabu_k$ مجموعه گره‌هایی هستند که توسط مورچه k بازدید شده‌اند.

۳. به‌روزرسانی فرمون‌ها. در الگوریتم AS به‌روزرسانی فرمون‌ها توسط تمامی مورچه‌هایی که به مقصد رسیده‌اند انجام می‌شود. اما در این مقاله به‌روزرسانی فرمون تنها توسط بهترین مورچه در هر تکرار صورت می‌پذیرد. به‌روزرسانی فرمون‌ها شامل دو عمل اصلی می‌شود، تبخیر فرمون تمامی یال‌ها و افزایش فرمون یال‌های مورچه بهتر. هر دو این اعمال در رابطه ۳ برای هر یال محاسبه می‌شوند.

$$\tau_{ij}^{new} = (1 - \rho)\tau_{ij}^{old} + \Delta\tau_{ij}^{best} \quad (3)$$

در این رابطه ρ ثابت تبخیر نامیده می‌شود و عددی بین صفر و یک است. مقدار فرمونی که باید به یال اضافه شود $(\Delta\tau_{ij}^{best})$ ، از رابطه ۴ محاسبه می‌شود.

۳-۴- معیارهای ارزیابی

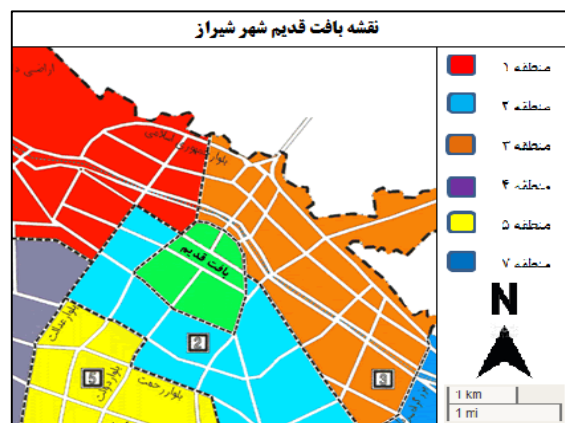
به‌منظور ارزشیابی نتایج حاصل از سیستم توصیه‌گر، تعدادی پرسشنامه در اختیار طیف مختلفی از افراد قرار داده شد تا سامانه از لحاظ پیشنهادهای ارائه‌شده سنجیده شود. همچنین الگوریتم برنامه‌ریز مسیر از نظر میانگین و انحراف معیار جواب‌های نهایی با الگوریتم ژنتیک که از الگوریتم‌های کلاسیک در زمینه الگوریتم‌های هوش مصنوعی و فرا ابتکاری است مقایسه شد. این الگوریتم در بسیاری از پژوهش‌ها، مبنای ارزیابی دیگر الگوریتم‌ها بوده است [۳۷]. میانگین جواب‌های نهایی معیاری از صحت و انحراف معیار معیاری از دقت الگوریتم است. همچنین نمودار همگرایی دو الگوریتم نیز با یکدیگر مقایسه شدند.

۴-۴- نتایج عددی

سامانه پیشنهادی بر روی پلتفرم همراه با نام " Joy Share" برای سیستم‌عامل اندروید ۴,۰,۰ و بالاتر توسعه یافت و آزمون‌های مدنظر بر روی یک دستگاه Samsung Tab3 انجام شده است. سیستم‌عامل این دستگاه ۴,۴,۴ و پردازنده آن ۱,۷ گیگاهرتزی دو هسته‌ای به همراه ۱,۵ گیگابایت حافظه رم است. اطلاعات بر روی یک پایگاه داده SQLite به صورت محلی ذخیره و مورد آزمایش قرار گرفته است. در پیاده‌سازی دنیای واقعی پایگاه داده باید بر روی یک سرور اصلی قرار بگیرد که اطلاعات را از طریق وب سرویسی در اختیار کاربران قرار دهد. زیرسیستم‌های برنامه ریز مسیر و توصیه‌گر افراد نیز باید بر روی سرور پیاده‌سازی و با استفاده از وب‌سرویس در اختیار کاربران قرار بگیرند. برای آزمون نتایج حاصل از الگوریتم برنامه‌ریز مسیر، چهار نفر از گردشگرها به همراه تعدادی از مناطق دیدنی برای ارزیابی انتخاب شده‌اند. مناطق دیدنی که برای گشت تفریحی انتخاب شده‌اند عبارتند از: ارگ کریم‌خان زند، مسجد نصیرالملک، نارنجستان قوام و مسجد جامع عتیق. مکان قرارگیری این مکان‌های تاریخی (نشانه گر زرد) به همراه ۴ گردشگر فرضی (نشانه گر قرمز) در شکل ۴ نمایش داده شده است.

به‌منظور ارزیابی عددی الگوریتم‌های ذکر شده، هر الگوریتم ۲۰ مرتبه تکرار می‌شود و با توجه به تکرارهای انجام شده مقادیر کمینه، میانگین، انحراف معیار و بیشینه در جدول ۳ گزارش می‌شوند. همان‌طور که در جدول مشخص است، الگوریتم AS توانسته است، در ۲۰ تکرار انجام شده، کمترین مقدار طول گشت مشترک را بیابد. این الگوریتم از لحاظ انحراف

کرده‌اند که همین امر سبب انتخاب این شهر به‌عنوان داده اصلی در آزمایش سامانه توسعه داده شده در این مقاله شده است. داده‌های شبکه راه مربوطه به شهر شیراز از پایگاه OpenStreetMap دانلود شد و برای انجام آنالیزهای بعدی گراف بخشی از بافت تاریخی واقع در منطقه ۲ آن استخراج شد (شکل ۳). این بخش از شهر شامل ۶۰۰ تقاطع و ۳۴۵ خیابان می‌شود.



شکل ۳- موقعیت مناطق شهری شهر شیراز و محل قرارگیری بافت قدیم (پلی گون سبز رنگ)

۴-۲- تنظیم پارامترها

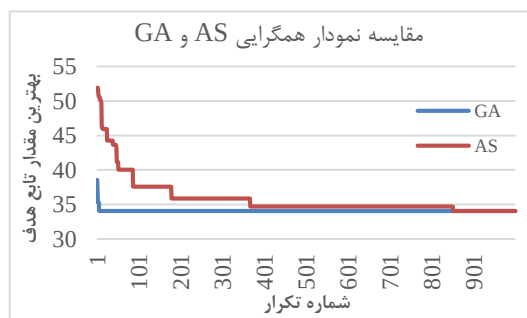
برای حل مسئله برنامه‌ریزی مسیر با استفاده از الگوریتم AS، تنظیم پارامترهای این الگوریتم در رسیدن به جواب بهینه بسیار مهم و حیاتی است. در حالت کلی، تعیین پارامتر توسط آزمایش‌های مختلف انجام می‌شود [۳۶]، زیرا هر مسئله‌ای نیازمند مجموعه پارامترهای خاص خود است [۳۸]. بر اساس مجموعه آزمایش‌هایی که در این تحقیقات انجام شد، مقادیر نهایی پارامترها در الگوریتم AS در جدول ۲ گزارش شده‌اند. در این آزمایش‌ها، مقدار α به‌طور ثابت برابر با ۱ در نظر گرفته شد. مقدار β به‌گونه‌ای تعیین شده است تا در ابتدای تکرارها نخبه‌گرایی کم و در پایان تکرارها نخبه‌گرایی زیاد باشد. مقدار پارامتر Q بین عدد ۰ تا ۱ با فاصله ۰/۱ و پارامتر ρ بین عدد ۰ تا ۰/۵ با فاصله ۰/۱ مورد آزمایش قرار گرفت.

جدول ۲- پارامترهای الگوریتم AS در حل برنامه‌ریزی مسیر

پارامتر	مقدار
α	۱
β	$2 * (\text{تعداد کل تکرارها} / \text{شماره تکرار}) + 1$
Q	۰,۸
ρ	۰,۰۳

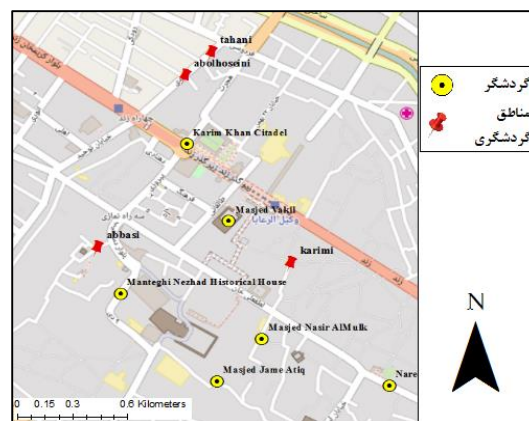
گردشگر قصد دارد با دیگران همراهی کند، در کمینه‌ترین حالت است. در این شکل، چهار مسیر اصلی برای درون هر گشت برای هر گردشگر مشخص شده است، مسیر اول (قرمز رنگ) نمایانگر حرکت از محل اقامت گردشگر به منطقه بازدید اول، مسیر دوم (نارنجی رنگ) نمایانگر حرکت از منطقه بازدید اول به سمت منطقه دوم، مسیر سوم (قهوه‌ای رنگ) نمایانگر حرکت از منطقه بازدید دوم به سمت سوم، مسیر چهارم (سبز تیره رنگ) نمایانگر حرکت از منطقه بازدید سوم به سمت چهارم و در نهایت مسیری که با سبز روشن مشخص شده است، نمایانگر حرکت از منطقه بازدید چهارم به محل اقامت گردشگر است.

همچنین برای بررسی سرعت همگرایی هر دو الگوریتم، نمودار همگرایی هریک از آن‌ها در شکل ۶ ترسیم شده است. همان‌طور که در نمودار همگرایی این الگوریتم‌ها مشخص است، الگوریتم GA در ابتدا جمعیت بهتری نسبت به AS از دنباله مناطق دیدنی تشکیل می‌دهد. همین جمعیت اولیه بهتر منجر به همگرایی سریع‌تر این الگوریتم به سمت جواب بهتر می‌شود. الگوریتم AS با اینکه در ابتدا جواب‌هایی ۱/۵ برابر جواب بهینه تشکیل می‌دهند، اما در ادامه با عملکردی متفاوت جمعیت اولیه در دو الگوریتم AS و GA بیانگر صحت بهتر جواب‌های الگوریتم GA است.



شکل ۶- نمودار همگرایی الگوریتم‌های AS و GA

معیار که معیاری از دقت الگوریتم است، توانسته بهتر از الگوریتم GA عمل کند و در نهایت بیشینه گشتی که به دست آمده نیز از الگوریتم GA کمتر بوده است. در این بین الگوریتم AS نتوانسته است در معیار میانگین که معیاری از صحت جواب‌های نهایی الگوریتم‌ها است، بهتر عمل کند.



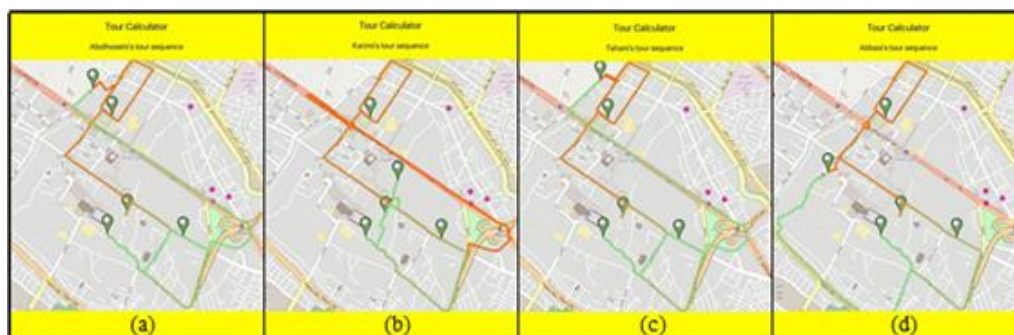
شکل ۴- موقعیت جغرافیایی مناطق دیدنی به همراه ۴ گردشگر فرضی. موقعیت مناطق دیدنی با علامت زرد رنگ و موقعیت گردشگران فرضی با علامت قرمز مشخص شده است.

جدول ۳- مقایسه عملکرد الگوریتم‌های AS و GA

معیارهای مقایسه	GA	AS
کمینه	۳۴/۷۰	۳۴/۷۰
میانگین	۳۴/۳۲	۳۴/۹۳
انحراف معیار	۰/۷۱	۰/۶۱
بیشینه	۳۷/۳۰	۳۶/۱۲
گشت نهایی	ارگ کریم‌خان <= نارنجستان <= مسجد نصیرالملک <= مسجد جامع عتیق	

* اعداد به دلیل نرمال شدن، بدون واحد هستند.

نتیجه گشت‌های محاسبه شده توسط الگوریتم AS برای هر گردشگر در شکل ۵ ترسیم شده است. همان‌طور که در این شکل مشخص است، این الگوریتم نتوانسته است برای هر گردشگر مسیر منحصر به فرد را به دست بیاورد. همچنین این مسیرها به گونه‌ای محاسبه شده‌اند که فاصله طی شده توسط گردشگر با در نظر گرفتن اینکه هر



شکل ۵- نتایج به دست آمده از برنامه‌ریزی مسیر برای ۴ گردشگر مختلف به منظور بازدید از ۴ منطقه دیدنی در شهر با همراهی یکدیگر

برای ارزشیابی سیستم توصیه‌گر سامانه همراه " Joy Share"، تعداد ۴۰ پرسشنامه میان افراد مختلف توزیع شد که از این میان پرسش‌ها بر روی معیارهای ارائه پیشنهادها و مناطق دیدنی که هریک انتخاب می‌کنند تمرکز دارد. تعداد ۳۹ پرسشنامه معتبر تشخیص داده و برای تحلیل‌های بعدی مورداستفاده قرار گرفت. هدف از توزیع این پرسشنامه دریافت اطلاعات کاربران، محاسبه میزان شباهت کاربران، محاسبه شباهت میان مناطق دیدنی مدنظر آن‌ها و مقایسه این دو است. با مقایسه این دو میزان شباهت، مشخص می‌شود که آیا سیستم توصیه‌گر توسعه داده‌شده قادر به پیشنهاد افراد مناسب هست یا خیر. سطح تحصیلات، سن و شهر محل اقامت نمونه آماری در شکل ۷ به‌صورت نمودار نمایش داده‌شده است.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در پرسشنامه‌ها و توصیه‌هایی که سامانه بر اساس اطلاعات جمعیت‌شناسی ارائه داده است، جدول ۴ تفاوت میان این دو را گزارش می‌کند. برای محاسبه این ارقام، ابتدا مقدار شباهت میان افراد نمونه آماری از روی مناطق دیدنی که هر فرد انتخاب

کرده است محاسبه می‌شود. برای این کار، مناطق دیدنی نفر اول را با نفر دوم مقایسه می‌کنیم و تعداد مناطق دیدنی مشترک را تقسیم‌بر اجتماع مناطق دیدنی بین دو گردشگر می‌کنیم. سپس میزان شباهت میان همین افراد را بر اساس اطلاعات جمعیت‌شناسی که در پرسشنامه پرسیده شده است و روندی که در بخش ۳-۲ توضیح داده‌شده، توسط سیستم توصیه‌گر سامانه پیشنهادی محاسبه می‌شود. این دو مقدار از یکدیگر کم می‌شوند و نتایج جدول ۴ به دست می‌آیند.

جدول ۴- مقایسه نتایج حاصل از پرسشنامه و نتایج میزان شباهت از سیستم توصیه‌گر سامانه پیشنهادی

مقدار	معیارهای مقایسه
۰	کمینه اختلاف
۰/۲	میانگین اختلاف
۰/۰۲۹	انحراف معیار
۰/۸۵	بیشینه اختلاف

* اعداد به دلیل نرمال‌شدن، بدون واحد هستند.



شکل ۷- نمودارهای محل اقامت، سن و سطح تحصیلات افراد نمونه آماری

به‌منظور به اشتراک‌گذاری گشت‌های تفریحی و همچنین برنامه‌ریزی مسیر گشت برای هر گردشگر به‌صورت فردی ارائه شد. این سامانه از یک سیستم توصیه‌گر بر پایه اطلاعات جمعیت‌شناسی و یک سیستم برنامه‌ریز مسیر بر پایه الگوریتم سیستم مورچه استفاده می‌کند.

سامانه پیشنهادی بر روی سیستم‌عامل اندروید و برای نسخه‌های ۴,۰,۰ و بالاتر توسعه یافت. سیستم توصیه‌گر این سامانه از معیارهای جمعیت‌شناسی سن، ملیت، سطح تحصیلات و علاقه‌مندی برای توصیه دیگر گردشگرها به یکدیگر استفاده می‌کند. بر اساس نتایجی که از مقایسه شباهت میان کاربران در سیستم توصیه‌گر و شباهت

همان‌طور که در این جدول دیده می‌شود، با در نظر گرفتن این موضوع که سیستم توصیه‌گر این سامانه بسیار ساده است، مقدار میانگین تفاوت شباهت‌های ذکرشده، با مقدار ۰/۲ قابل‌قبول است. همچنین انحراف معیار این مقادیر نیز نشان‌دهنده دقت خوب نتایج است. مقدار کمینه این تفاوت‌ها صفر است درحالی‌که مقدار بیشینه می‌تواند در پیشنهاد شدن یا نشدن یک فرد تأثیرگذار باشد.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله سامانه‌ای همراه برای کمک به گردشگرهای انفرادی در یافتن دیگر گردشگرهای مشابه

در این پژوهش به نظر می‌رسد که استفاده از یک کلونی و نوع فرمون واحد برای حل مسئله یافتن مسیر گشت هر گردشگر، می‌تواند سبب گمراهی مورچه‌ها در یافتن مسیر دیگر گردشگران شود. بنابراین به نظر می‌رسد استفاده از کلونی‌های جداگانه برای هر گردشگر بتواند این مسئله را حل کند.

با توسعه بیشتر سیستم توصیه‌گر می‌توان به نتایج دقیق‌تر نیز رسید. به‌طور مثال، می‌توان با اضافه کردن امکان مشارکتی بودن سیستم (افزودن امکان امتیازدهی کاربران به مناطقی که از آن‌ها بازدید کرده‌اند)، گردشگر-های مشابه را با دقت بهتری استخراج کرد. همچنین افزودن مناطق بازدید شده به پروفایل هر کاربر نیز می‌تواند در یافتن شباهت میان کاربران بسیار تأثیرگذار باشد. در این سامانه، سیستم توصیه‌گر تنها افراد مشابه را توصیه می‌کند و مکان‌های دیدنی را خود کاربر انتخاب می‌کند. می‌توان بر اساس ترجیحات مختلف هر گردشگر در گروه، مکان‌های دیدنی را نیز به گروه گردشگران توصیه کرد.

حاصل میان کاربران در پرسشنامه‌ها مشاهده شد، می‌توان از این سیستم توصیه‌گر انتظار عملکرد مناسب داشت. میانگین تفاوت شباهت محاسبه‌شده در پرسشنامه و در سیستم توصیه‌گر پیشنهادی ۰/۲ بود.

نتایج الگوریتم برنامه‌ریز مسیر که بر پایه الگوریتم AS توسعه‌یافته است با الگوریتم GA مقایسه شد. تابع هدفی که در این الگوریتم‌ها در نظر گرفته‌شده بود حاصل جمع مسافت‌های طی شده توسط هر فرد و معکوس تعداد مسیرهای مشترک بین افراد بود. نتایج نشان‌دهنده عملکرد دقیق‌تر الگوریتم AS در یافتن بهترین مسیر است. در ادامه روند این پژوهش، می‌توان بر روی برنامه‌ریزی مسیر زمانمند با توجه به پنجره‌های زمانی مناسب برای بازدید از هر منطقه دیدنی اشاره کرد. همچنین در نظر گرفتن معیارهای شخصی هر گردشگر در الگوریتم برنامه‌ریزی مسیر می‌تواند منجر به یک الگوریتم برنامه‌ریز مسیر شخصی شود که می‌تواند مسیر بهینه‌ای چندمعیاره بیابد. برای حل این مسئله نیز می‌توان از نسخه‌های چندمعیاره الگوریتم کلونی مورچگان مانند الگوریتم چند کلونی استفاده نمود.

مراجع

- [1] D. Buhalis, (2003), "eTourism: information technology for strategic tourism management", London: Prentice Hall.
- [2] R. Shurouni and M. R. Malek, (2015). "Time-Location-preference aware Recommender system in LBSN," JGST, vol. 5, no. 1, pp. 1-12 (in Persian).
- [3] M. Clauß, L. Lotzmann and M. Middendorf, (2016), "A Population Based ACO Algorithm for the Combined Tours TSP Problem," in proceedings of the 9th EAI International Conference on Bio-inspired Information and Communications Technologies (formerly BIONETICS) on 9th EAI International Conference on Bio-inspired Information and Communications Technologies (formerly BIONETICS), ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering).
- [4] F. Ricci, I. Rokach and B. Shapira, (2011), "Recommender systems handbook", Springer Science.
- [5] J. M. Noguera, M. J. Barranco, R. J. Segura and L. MartíNez, (2012), "A mobile 3D-GIS hybrid recommender system for tourism," Information Sciences, vol. 215, pp. 37-52.
- [6] M. J. Barranco, J. M. Noguera, J. Castro and L. Martínez, (2012), "A context-aware mobile recommender system based on location and trajectory," in First International Symposium on Management intelligent systems, Salamanca, Spain.
- [7] M. Kenteris, D. Gavalas and D. Economou, (2011), "Electronic mobile guides: a survey," Personal and ubiquitous computing, vol. 15, no. 1, pp. 97-111.
- [8] N. S. Savage, M. Baranski, N. E. Chavez and T. Höllerer, (2011), "I'm feeling LoCo: a location based context aware recommendation system," in 8th International Symposium on Location-Based Services, Vienna.
- [9] I. Amendola, F. Cena, L. Console, A. Crevola, C. Gena, A. Goy, S. Modeo, M. Perrero, I. Torre and A. Toso, (2004), "UbiquiTO: a multidevice adaptive guide," in Mobile Human-Computer Interaction—MobileHCI, Glasgow, UK.
- [10] C. H. Yu CC, (2009), "Personalized location-based recommendation services for tour planning in mobile tourism application," in Proceedings of the 10th international conference on e-commerce and web technologies, EC-Web'09.

- [11] A. Maruyama, N. Shibata, Y. Murata, K. Yasumoto and M. Itoa, (2004), "A personal tourism navigation system to support traveling multiple destinations with time restrictions," in 18th International Conference on Advanced Information Networking and Applications, Fukuoka, Japan.
- [12] T. Shiraishi, M. N. N. Shibata, M. Nagata, N. Shibata, Y. Murata, K. Yasumoto and M. Ito, (2005), "A personal navigation system with a schedule planning facility based on multi-objective criteria," in Second International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking, Osaka, JAPAN.
- [13] B. Zenker and a. B. Ludwig, (2009), "ROSE: assisting pedestrians to find preferred events and comfortable public transport connections," in Proceedings of the 6th International Conference on Mobile Technology, Application & Systems, Nice, France.
- [14] A. García-Crespo, J. Chamizo, I. Rivera, M. Mencke, R. Colomo-Palacios and J. M. Gómez-Berbís, (2009), "SPETA: Social pervasive e-Tourism advisor," *Telematics and Informatics*, vol. 26, no. 3, pp. 306-315.
- [15] Y. Zheng, X. Xie, L. Zhang and Z. Ma, (2011), "Recommending Friends and Locations Based on Individual Location History," *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*, vol. 5, no. 1, p. 44.
- [16] M. Pazzani, (1999), "A framework for collaborative, content-based and demographic filtering," *Artificial Intelligence Review*, vol. 13, no. 5, pp. 393-408.
- [17] Z. Zhang, Y. Liu, W. Ding, W. Haung, Q. Su and P. Chen, (2015), "Proposing a new friend recommendation method, FRUTAI, to enhance social media providers' performance," *Decision Support Systems*, vol. 79, pp. 46-54.
- [18] M. E. J. Newman, (2001), "Clustering and preferential attachment in growing networks," *Physical Review E*, vol. 64, no. 2, p. 025102.
- [19] D. Gavalas, V. Kasapakis, C. Konstantopoulos, G. Pantziou and N. Vathis, (2017), "Scenic route planning for tourists," *Personal and Ubiquitous Computing*, vol. 21, no. 1, pp. 137-155.
- [20] S. Maity, A. Roy and M. Maiti, (2016), "An imprecise multi-objective genetic algorithm for uncertain constrained multi-objective solid travelling salesman problem," *Expert Systems With Applications*, vol. 46, pp. 196-223.
- [21] A. Gunawan, H. C. Lau and P. Vansteenwegen, (2016), "Orienteering problem: A survey of recent variants, solution approaches and applications," *European Journal of Operational Research*, vol. 255, no. 2, pp. 315-332.
- [22] S. Abolhoseini and A. Sadeghi Niaraki, (2016), "Survey on Certain and Heuristic Route Finding Algorithms in GIS," *GEJ*, vol. 7, no. 4, pp. 40-52 (in Persian).
- [23] A. Anagnostopoulos, R. Atassi, L. Becchetti, A. Fazzino and F. Silvestri, (2016), "Tour recommendation for groups," *Data Mining and Knowledge Discovery*, Vols. <https://doi.org/10.1007/s10618-016-0477-7>, pp. 1-32.
- [24] C. Verbeeck, K. Sörensen, E.-H. Aghezzaf and P. Vansteenwegen, (2014), "A fast solution method for the time-dependent orienteering problem," *European Journal of Operational Research*, vol. 236, no. 2, pp. 419-432.
- [25] C. Verbeeck, P. Vansteenwegen and E.-H. Aghezzaf, (2017), "The time-dependent orienteering problem with time windows: a fast ant colony system," *Annals of Operations Research*, vol. 254, no. 1-2, pp. 481-505.
- [26] G. Di Caro, (2004), "Ant colony optimization and its application to adaptive routing in telecommunication networks," *Dotoral Dissertation*.
- [27] J. Ferreira, A. Quintas, J. A. Oliveira, G. A. Pereira and L. Dias, (2014), "Solving the team orienteering problem: developing a solution tool using a genetic algorithm approach," in *Soft Computing in Industrial Applications*, Springer, Cham.
- [28] D.-C. Dang, . R. N. Guibadj and A. Moukrim, (2013), "An effective PSO-inspired algorithm for the team orienteering problem," *European Journal of Operational Research*, vol. 229, no. 2, pp. 332-344.
- [29] L. Ke, L. Zhai, J. Li and F. Chan, (2016), "Pareto mimic algorithm : an approach to the team orienteering problem," *Omega*, vol. 61, pp. 155-166.
- [30] A. Hegde and S. K. Shetty, (2015), "Collaborative filtering recommender system," *International Journal of Emerging Trends in Science and Technology*, vol. 2, no. 07.
- [31] O. R. Abbasi, A. A. Alesheikh and N. Tahani, (2016), "New Generations of Recommenders: Context-Aware and Social Recommender Systems," in *The 23rd National Conference on Geomatics*, Tehran, Iran (in Persian).
- [32] M. Dorigo, (1992), "Optimization learning and natural algorithms (in italian)," *Ph.D. Dissertation*, Dipartimento di Electronica Politecnico di Milano, Italy.

- [33] S. Abolhoseini and A. Sadegh-Niaraki, (2017), "Comapring Ant Colony Optimization Algorithms in Solving Travelling Salesman Problem in UBGIS," in The Fourth national Conference on applied research in Civil Engineering,Architecture and Urban Economy Management, Tehran, Iran (in Persian).
- [34] M. Dorigo, V. Maniezzo and A. Colorni, (1996), "The ant system: optimization by a colony of cooperation agents," IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN AND CYBERNETICS- PART B: CYBERNETICS, vol. 26, no. 1, pp. 1-13.
- [35] R. Claes and H. Tom, (2011), "Ant colony optimization applied to route planning using link travel time predictions," in Parallel and Distributed Processing Workshops and Phd Forum (IPDPSW), IEEE.
- [36] Á. E. Eiben, R. Hinterding and Z. Michalewicz, (1999), "Parameter control in evolutionary algorithms," IEEE Transactions on evolutionary computation, vol. 3, no. 2, pp. 124-141.
- [37] G. Kamvarz Khodayar, N. Kafash Charandabi and A. A. Alesheikh, (2010), "Evaluation and comparing the performance of Ant Colony Optimization and Genetic Algorithm in Solving Travelling Salesman Problem," In Geomatic 90 ,Tehran, Iran, 2010.
- [38] Bäck, T., Fogel, D.B. and Michalewicz, Z., (1997), "Handbook of evolutionary computation". Release, 97(1), p.B1.