فصلنامه علمی پژوهش و برنامه‌ریزی شهری
سال ۱۱، شمارهٔ پیاپی ۴۳، زمستان ۱۳۹۹
شاپا چاپی: ۵۲۲۹-۲۲۲۸ – شاپا الکترونیکی: ۳۸۴۵-۲۴۷۶
http://jupm.miau.ac.ir

مقاله پژوهشی

بررسی الگوریتم رقابت استعماری (*ICA*) و کاربرد آن در زمینه جمع‌آوری زباله‌های شهری به روش فروشنده دوره‌گرد (*TSP*) در شهر اردبیل

حسین یغفوری: دانشیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
وحید پاسبان عیسی لو[۱]: دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
محبوبه تاجی: دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه ریزی گردشگری، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۲۲ صص ۸۴- ۶۹ پذیرش: ۱۳۹۹/۴/۲۰

چکیده

امروزه سرعت عمل شهرداری‌ها در زمینه ارائه خدمات شهری و در رأس آن‌ها جمع‌آوری زباله‌های شهری نقش بسیار مهمی درزمینه بهبود کارایی این ارگان و درنتیجه جلب رضایت شهروندان دارد. این در حالی است که باوجود مدرنیزه شدن ماشین‌آلات جمع‌آوری زباله‌ها، مسئله سرعت عمل ارائه خدمات با اینکه همواره تأثیر بسزایی درزمینه کاهش هزینه و بهبود کیفیت ارائه خدمات دارد، عمدتا مورد بی‌توجهی و غفلت مدیران شهری قرارگرفته است. شهر اردبیل نیز مستثنا از این قضیه نیست. این شهر دارای چهار منطقه و بالغبر ۱۰۰ محله مختلف هست که همواره شهرداری را درزمینه سرعت عمل در جمع‌آوری پسماندهای شهری و ارائه یک چشم‌اندازی زیبا از شهر با مشکل مواجه کرده است. هدف این مقاله افزودن فاکتور سرعت به فرایند فعالیت اکیپ‌های جمع‌آوری زباله از طریق پیشنهاد بهترین مسیر حرکت برای این ماشین‌آلات با استفاده از مدل الگوریتم رقابت استعماری است.، به این صورت که با برنامه‌نویسی مربوطه و تعریف موقعیت محلات ۱۰۰ گانه برای مدل، اقدام به معرفی بهینه‌ترین مسیرهای حرکت به اکیپ‌های خدماتی شهرداری می‌نماییم، با این شرط که از هر محله فقط یک‌بار عبور کنند و بعد از طی همه محلات درنهایت به نقطه شروع حرکت بازگردند. روش پژوهش توصیفی تحلیلی، مبتنی بر مطالعات کتابخانه ای و در صورت لزوم بررسی میدانی است. یافته‌های تحقیق نشان داد که الگوریتم مورداستفاده در تحقیق در صورت دریافت اطلاعات مناسب، ابزار کارآمدی به منظور افزایش سرعت عمل اکیپ های جمع آوری زباله های شهری است. همان طور که برای محلات ۱۰۰ گانه واقع در مناطق ۴ گانه شهر اردبیل با تکرار ۲۰۰ و به ترتیب با ضریب اطمینان ۹۹، ۹۱،۹۳ و ۹۷ درصد و در بازه زمانی۳۰، ۲۲، ۳۰ و ۲۴ ثانیه به بهینه‌ترین جواب دست‌یافت. به عبارت دیگر گروه های خدماتی در بازه زمانی کمتر، بهترین مسیر برای حرکت و جمع آوری زباله ها را انتخاب کردند.

واژگان کلیدی: خدمات شهری، مدل فروشنده دوره‌گرد (*TSP*)، الگوریتم رقابت استعماری (*ICA*)، اردبیل.

۱. نویسنده مسئول: *vahid.pasban30@gmail.com*، ۰۹۱۵۰۴۵۷۵۲۷

مقدمه:

مسئله مسیریابی وسیله نقلیه از مباحث مهمی است که در چند دهه اخیر کاربرد زیادی در بهره وری و کارایی سیستم های حمل و نقل داشته است (*Rahimi & rajabtourat, 2017: 375*). مسائل حمل‌ونقل علاوه بر اینکه یکی از مهم‌ترین دسته‌های مسائل بهینه‌سازی هست، مسائلی هستند که بسیار در زندگی و مشکلات روزمره زندگی انسان ازجمله درزمینه خدمات شهری مؤثرند (*Yousefi et al, 2012: 183*). در کشور ایران با محاسبه ۸۰۰ گرم زباله سرانه، هرروز بالغ بر ۵۰۰۰۰ تن مواد زائد جامد تولید می‌شود که در مقایسه با سایر کشورهای جهان با ۲۹۲ کیلوگرم زباله هر نفر در سال در حد متعادلی قرارگرفته است (*Omrani, 2012: 3*)، لکن ازدیاد جمعیت و توسعه صنعت به‌گونه‌ای که در برنامه سوم جمهوری اسلامی ایران مطرح است موجبات ازدیاد مواد زائد جامد و بالطبع تغییرات فیزیکی–شیمیایی آن‌ها می شود، به‌طوری‌که برنامه‌ها و روش‌های جمع‌آوری و دفع زباله موجود جوابگوی نیازهای این بخش از کار نخواهد بود. در واقع یکی از مشکلات عمده و بغرنج جوامع بشری، تولید انواع مواد جامد در کیفیت‌ها و کمیت‌های مختلف و دفع آن هست (*Rahaman, 2017: 162*). از طرف دیگر یکی از چالش‌های بسیار مهم در زندگی پرشتاب امروزی و به‌ویژه در امور مدیریت شهری، جلوگیری از اتلاف زمان و انرژی است تا بتوان ضمن ارائه بهتر و سریع‌تر خدمات، از اتلاف هزینه‌های کلان پیشگیری کرد (*Molaye, 2009: 37*). رشد بی‌رویه جمعیت، توسعه شهرنشینی، ظهور فنّاوری‌های جدید و تغییرات حاصل‌شده در عادات و الگوهای مصرف از یک‌سو و محدودیت در استفاده از منابع طبیعی از سوی دیگر علاوه بر به وجود آوردن انواع مشکلات پیچیده در کیفیت زندگی انسان، موجبات بروز انواع ناسازگاری‌های اجتماعی، اقتصادی و نهایتاً زیست‌محیطی من جمله جمع آوری زباله های شهری را به دنبال داشته است (*Lin, 2017: 221*). از این رو به کار گیری یک فرایند منظم جمع‌آوری و دفع بهداشتی زباله یکی از نیازهای اولیه شهرهای کشورهای درحال‌توسعه برای حل مشکل تلنبار زباله و عدم جمع‌آوری و دفع بهداشتی زباله هست (*jycan et al, 2005, 21*). در واقع در نظام‌های صحیح جمع‌آوری و دفع بهداشتی زباله، برقراری ارتباط مؤثر و مداوم بین شهروندان و مأمورین جمع‌آوری زباله یکی از رموز موفقیت هست (*Tong, 2013; 449*). ضمن اینکه در کلیه سامانه‌های جدید جمع‌آوری زباله تلاش می‌گردد با آموزش شهروندان حجم زباله‌های تولیدی کم شده و درنتیجه حجم زباله‌های تحویلی به مأموران شهرداری و هزینه‌های جمع‌آوری و دفع آن‌ها کاهش یابد (*Abdoli, 1998: 141*). در کنار آن گسترش علم در حوزهٔ شهری با تمرکز بر روی این دیدگاه و استفاده از هوش مصنوعی و اصطلاح الگوریتم‌های مسیریابی نوین، و بومی‌سازی آن در بخش شهری با توجه به وسعت و گستردگی شهرها، می‌تواند در ساماندهی مدیریت شهری و ارائه خدمات، کارآمد باشد (*Zolfagary & Korke Abadi,2013: 23*).

در رابطه با روش های مختلف مسیریابی ذکر این نکته لازم است که مسائل مسیریابی کلاسیک عموماً به‌گونه‌ای طراحی می‌شود که ارتباط دونقطه تنها از طریق یک یال یا سویه امکان‌پذیر است. با این‌حال گاهی شرایطی پیش می‌آید که از طریق بیش از یک یال از نقطه-ای به نقطه دیگر می‌توان دسترسی داشت(*Habibi & Karimi, 2014: 261*). به این منظور، استفاده و اصلاح الگوریتم‌های مسیریابی نوین و بومی‌سازی آن در بخش شهری با توجه به وسعت و گستردگی شهرها، می‌تواند موارد ذکرشده را به شکل بهینه و مؤثرتری در بخش مدیریت شهری و ارائه خدمات، ساماندهی کند (*Khammar, 2017: 47*). شهر اردبیل به عنوان منطقه مورد مطالعه در این پژوهش به دلیل توسعه فیزیکی و جمعیتی که در طول سال‌های اخیر تجربه کرده است روزبه‌روز شاهد افزایش جمعیت و پیرو آن افزایش تعداد محلات است. بدین منظور توجه به امر بهداشت و سلامت مردم شهر اردبیل و رعایت جنبه‌های پیشگیری قبل از درمان بدون توجه به سیستم‌ها و روش‌های نوین جمع‌آوری و دفع مواد زائد که مسبب اصلی آلودگی در این شهر و محلات ۱۰۰ گانه آن شده است، امکان‌پذیر نیست. از این رو به‌منظور کنترل هرچه بیشتر پسماندهای این شهر و جمع‌آوری هر چه سریع‌تر آن از سطح شهر باید راهکارهای بهینه‌ای ارائه کرد تا ضمن از بین رفتن صف طولانی در ایستگاه‌ها، کاهش مصرف سوخت و جلوگیری از انتشار میکروب‌ها و گردوغبار در هوا و آلودگی‌های زیست‌محیطی و همچنین صرفه‌جویی در هزینه جمع‌آوری پسماندها بشود. راهبردهای مرتبط با مسیر، و انتخاب بهترین گزینه، یکی از رویکردهایی است که می‌تواند به‌طور چشمگیری از این فشارها کاسته و سطح معیارهای عملکردی را بهبود بخشد (*Sepehry, 2014: 173*). بنابراین سوالات تحقیق را می‌توان به شکل ذیل بیان کرد:

- آیا الگوریتم فرا ابتکاری رقابت استعماری می تواند ابزار کارامدی در زمینه بهبود ارائه خدمات شهری باشد؟
- آیا امکان بهینه سازی زمان سفر و پاسخ گویی به موقع به شهروندان در زمینه جمع آوری زباله های شهری وجود دارد؟
- آیا راه های درون شهری اردبیل ظرفیت به کارگیری الگوریتم های فراابتکاری در زمینه مسیریابی و به حداقل رساندن گره های ترافیکی با امکان به روز رسانی آنی اطلاعات در مسیر های پر رفت و آمد را دارد؟

مبانی نظری و پیشینه تحقیق :

امروزه یکی از مهم‌ترین مسائل بیان‌شده درزمینه بهینه‌سازی هزینه‌های حمل‌ونقل "مسئله مسیریابی وسیله نقلیه" هست (*Tuzkaya, 2008: 3140*) مسئله مسیریابی وسیله حمل‌ونقل در سال‌های اخیر مسئله‌ای جذاب برای محققان بوده و همیشه یکی از کاربردی ترین مسایل در آنالیزهای مکانی در حمل و نقل بوده است که نه تنها در زمینه حمل و نقل بلکه در اقتصاد، محیط زیست، مسایل نظامی و ... کاربرد دارد (*Nejat Bakhsh, 2017: 3*). رشد روزافزون مقالات ارائه‌شده در این زمینه این موضوع را تأیید می‌کند. (*Eksioglu et al 2009:1473*). اشکال متنوعی از مسئله مسیریابی وسیله نقلیه یا *VRP*[1] وجود دارد (*Malandraki, 1992: 190*) که از مسائل کلیدی رقابت در شبکه توزیع محصولات محسوب شده و شرکت های تولیدی بسیاری در دنیا با تکیه بر این مهم به دنبال برنامه ریزی حمل و نقل مناسب با هدف کاهش هزینه های لجستیک هستند (*Asghary, 2018: 218*). غالب مقالات موردبررسی درزمینه مسیریابی تا دهه اخیر را مسائل مسیریابی وسیله نقلیه ایستا تشکیل می‌دهد (*Massumi, 2012: 49*). در این مسائل پارامترهای مسئله ازجمله زمان لازم جهت طی مسیرها در طول دوره‌های زمانی (اعم از روز، ماه، فصل و سال) ثابت فرض می‌شود. هرچند این شکل از طراحی مسئله می‌تواند تخمین مناسبی برای مسائل واقعی باشد، اما برای برخی از کاربری‌ها که نیاز به نتایج دقیق‌تر دارند، چندان قابل‌قبول نیستند (*Samsons,2010*). در این شرایط نوع دیگری از مسائل مسیریابی، "مسئله مسیریابی وسیله حمل‌ونقل پویا" معرفی گردید. این مسائل برخی از مشکلات نتایج حاصل از مسائل ایستا را برطرف می‌نماید (*Khammar, 2017: 47*). " مسئله مسیریابی مبتنی بر الگوریتم *ICA*[2] یکی از انواع مسائل مسیریابی وسیله نقلیه پویاست (*Khammar, 2017: 47*) که در این مقاله تحت عنوان مسیریابی گروه‌های خدماتی مطرح می‌شود که در آن ناوگانی از ماشین‌های حمل زباله از یک یا چند نقاط مبدأ واقع مناطق چهارگانه در شهر (اردبیل) جهت جمع‌آوری زباله‌های شهری به مجموعه‌ای از محلات شهر اعزام می‌شوند و پس از اتمام عملیات دوباره به مرکز مربوطه بازمی‌گردند.

مسئله فروشنده دوره‌گرد:

مسئله‌ای مشهور است که ابتدا در سده ۱۸ مسائل مربوط به آن توسط ویلیام همیلتون کرکمن مطرح شد و سپس در دهه ۱۹۳۰ شکل عمومی آن به‌وسیله ریاضیدانانی مثل کارل منگر از دانشگاه هاروارد و هاسلر ویتنی از دانشگاه پرینستون موردمطالعه قرار گرفت (*Akhtar, 2017: 120*). مسئله فروشنده دوره‌گرد یکی از مسائل مشهور بهینه‌سازی است که بر اساس آن‌یک فروشنده دوره‌گرد می‌خواهد به N نقطه رفته و کالای خود را به فروش برساند، به‌طوری‌که تمام شهرها را رفته، از هر شهر فقط یک‌بار عبور کرده و درنهایت کمترین مسیر را طی کرده باشد. فضای حل مسئله *TSP* با زیادشدن تعداد نقاط به‌سرعت افزایش می‌یابد و دیگر با روش‌های خطی نمی‌توان جواب بهینه آن را به دست آورد. به همین دلیل است که این مسئله جزو گروه مسائل *NP-Hard* قرار می‌گیرد. (مسائل *NP-Hard* مسائلی هستند که با روش‌های تحلیلی به‌سختی و با پیچیدگی حل می‌شوند). تعداد کل راه‌ها برابر است با $(n\text{-}1)$ ۱/۲ برای n>۲ که n تعداد شهرها است. درواقع این اعداد برابر است با تعداد دورهای همیلتونی[3] در یک گراف کامل با n رأس. (*tsp*۵-۳). تعداد کل راه‌حل‌ها برابر است با $\frac{1}{2}(n-1)!$

الگوریتم رقابت استعماری (*ICA*):

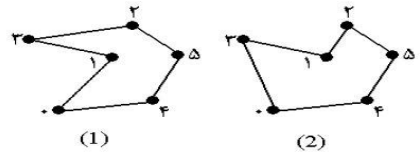
الگوریتم *ICA* یکی از روش‌های جدید فرا ابتکاری است که توسط آتش پز لوکاس ابداع شد (*Yousefi, 2013, 85*). اگرچه تنها شش سال از ابداع این الگوریتم می‌گذرد، اما تاکنون در مسائل زیادی مانند طراحی ساختار اسکلت خوشه‌بندی داده‌ها، موتور لقایی خطی و غیره استفاده‌شده است. دلایل استقبال زیاد از این الگوریتم علاوه بر کارایی مناسب، سرعت همگرایی و توانایی بهینه‌سازی بالا در مقایسه با الگوریتم‌های موجود، بیشتر به جهت نوآوری و جذاب بودن آن برای متخصصین حوزه بهینه‌سازی است. الگوریتم *ICA* که مانند روش‌های الگوریتم اجتماع مورچگان (*ACO*)[4] و الگوریتم ژنتیک (*GA*)[5] برای رسیدن به جواب از سامانه‌های تکاملی استفاده می‌کند، ازنظر قابلیت تعمیم‌پذیری در مسائل بسیار موفق بوده است و در بسیاری از کاربردها ظاهرشده است. در این مسئله با توجه به این‌که الگوریتم اطلاعات اندکی مانند فضای جست‌وجو و تعریف جواب شدنی برای مسئله اصلی دارد، می‌توان با ایجاد جواب‌های تصادفی در مسیر یافتن جواب‌های بهتر حرکت کند و در فضای جست‌وجو تا حد امکان به‌خوبی پیشروی نماید. چون *ICA* یک روش تکاملی است، پس در ابتدا باید به‌وسیله

---

[1] - *vehicle routing problem*
[2] - *Imperialist Competitive Algorithm*
[3] - *Hamilton*
[4] - *Ant colony Optimization*
[5] - *Genetic Algorithm*

تعدادی کشور (جمعیت اولیه) شروع به کار کند. بنابراین P جمعیت اولیه تصادفی برای مسئله ایجاد می‌شود و مقادیر تابع هدف f_i به ازای هر کشور $i= 1, 2, \ldots, P$ برای مسئله *TSP* به دست می‌آید. طبق حالت طبیعی که وجود دارد باید کشورهای مستعمره ازلحاظ فرهنگی و اجتماعی به سمت کشورهای استعمارگر با استفاده از تابع جذب حرکت کنند. بنابراین در این الگوریتم، از روش نزدیک‌ترین همسایه تصادفی برای تابع جذب استفاده می‌شود (*Pellegrini, 2005: 5*). به‌طور مثال اگر در این روش $[۴\ ۲\ ۵\ ۳\ ۱]$ نشان‌دهنده کشورهای مستعمره و $[۵\ ۲\ ۱\ ۴\ ۳]$ نشان‌دهنده کشور استعمارگر برای مسئله *TSP* با ۵ گره باشد، آنگاه الگوریتم از اولین گره کشور مستعمره که ۱ است، شروع به حرکت می‌کند. سپس $i=1$ در نظر گرفته می‌شود و همسایه‌های ملاقات نشده ۱ در دو کشور با گره‌های ۳، ۴ و ۲ را در مجموعه S قرار می‌دهد. حال اگر C_{IJ} نشان‌دهنده فاصله بین دو گروه i و j باشد، آنگاه گره‌های متعلق به S به‌احتمال V_j در فرمول (۱) جای می گرند.

$$V_j = \frac{۱/C_{ij}}{\sum_{j\in S}(۱/C_{ij}}$$



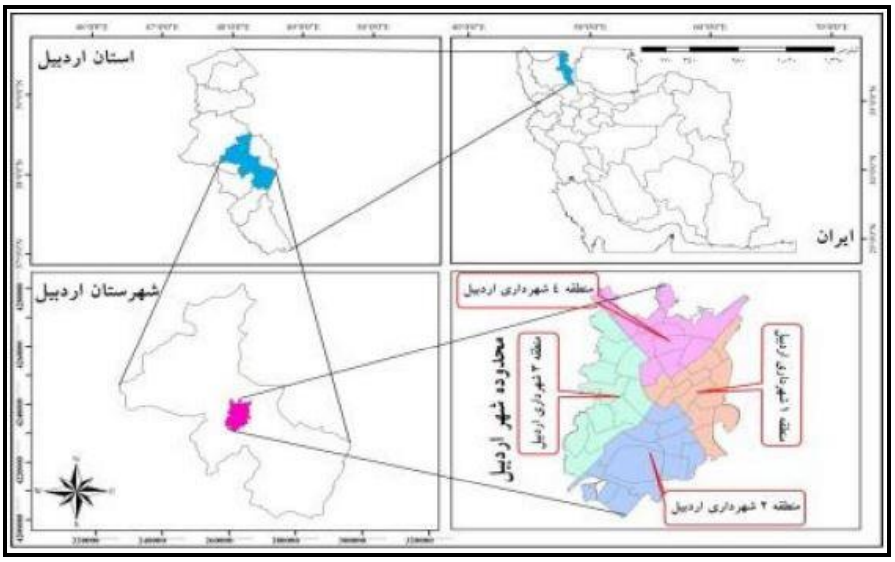
شکل ۱- حرکت بهبوددهنده دونقطه‌ای

لازم به ذکر است که استفاده از این روش سبب می‌گردد که این علاوه بر این‌که کیفیت مقادیر تابع هدف کشورهای مستعمره طبق این روال افزایش یابد، تنوع کشورهای مستعمره به علت ساختار تصادفی تابع جذب حفظ شود. امروزه در زمینه پژوهش های مبتنی بر الگوریتم های فراابتکاری (مخصوصا در زمینه شهری) پیشرفت های قابل توجهی صورت گرفته است که ذیلا مورد اشاره قرار می گیرد. خمر و پاسبان عیسی لو در سال (۱۳۹۶) در مقاله ای تحت عنوان "مطالعه تطبیقی اجتماع مورچگان و ژنتیک در مسیریابی بهینه (مطالعه موردی: شهر پارس آباد و حومه)" اقدام به مطالعه تطبیقی دو نوع الگوریتم فرا ابتکاری یعنی الگوریتم اجتماع مورچگان و الگوریتم ژنتیک در زمینه مسیریابی بهنیه و کمینه سازی مسافت طی شده کرده اند. این تحقیق مطالعه موردی بر روی بیش از ۲۹ نقطه شهری و روستایی به مرکزیت شهر پارس آباد و در محیط نرم افزار متلب می باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که با توجه به وسعت کم منطقه مورد مطالعه، زمان و کیفیت دستیابی به مسیر بهینه در الگوریتم اجتماع مورچه در مقایسه با تئوری ژنتیک با زمان ثبت شده ای برابر با ۰,۲۳ میلی ثانیه سریع تر محاسبه شد، در حالی که این زمان برای الگوریتم ژنتیک برابر با ۰,۲۷ میلی ثانیه بود. ذوالفقاری و کرکه آبادی در سال (۱۳۹۲) در مقاله ای تحت عنوان "مسیریابی هوشمند اکیپ های امدادی با استفاده از الگوریتم تئوری بازی ها نمونه موردی: شهر سمنان" اقدام به بهینه سازی مسیریابی با استفاده از الگوریتم تئوری بازی ها در نرم افزار *ArcGis* کردند. نتایج تحقیق نشان داد که در وهله اول، نبود پایگاه اطلاعات مکانی مشترک بین سازمان های امدادی باعث می شود خدمات رسانی آن ها در کم ترین زمان امکان پذیر نباشد و در صورت ایجاد پایگاه اطلاعات مکانی و استفاده از آن با توجه به وسعت کم شهر مورد مطالعه یعنی سمنان، زمان دستیابی به مسیر بهنیه توسط *ArcGis* با استفاده از الگوریتم تنوری بازی ها در مقایسه با استفاده از سایر الگوریتم ها کوتاه تر باشد.

یوسفی و همکاران در سال (۱۳۹۰) در مقاله‌ای تحت عنوان "کاربرد یک الگوریتم اصلاحی رقابت استعماری برای حل مسئله‌ی فروشنده دوره‌گرد" یک روش رقابت استعماری اصلاح‌شده را برای حل مسئله فروشنده دوره‌گرد ارائه می‌کند که در تابع جذب بین کشورهای استعمارگر و استعمار شده و همچنین انقلاب کشورهای مستعمره باحالت معمولی خود تفاوت دارد. الگوریتم جدید آن‌ها روی ۱۹ مثال استاندارد مسئله فروشنده دوره‌گرد مورد آزمایش قرار گرفته و با الگوریتم‌های رقابت استعماری، ژنتیک، پرندگان و کلونی زنبور مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج محاسباتی نشان می‌دهد که الگوریتم پیشنهادی دارای کارایی مناسبی هست. هنان و همکاران در سال (۲۰۱۷) در پژوهشی تحت عنوان "حل مساله *CVRP* به منظور جمع‌آوری زباله های خشک و بهینه سازی مسیر با استفاده از الگوریتم *PSO*" اقدام به بررسی و معرفی بهینه ترین مسیر به منظور جمع آوری زباله های خشک با تکیه بر الگوریتم *PSO* در راستای حل مساله *CVRP* پرداخته اند. یافته های این تحقیق نشان می دهد که این الگوریتم قابلیت بالایی در زمینه بهینه سازی مسیر حرکت، جمع آوری زباله های شهری و کاهش هزینه سفر دارد. هسلیپ و دبری در سال (۲۰۱۷) در مقاله ای تحت عنوان "استنتاج مدل حمل و نقل از طریق داده های *GPS* و با استفاده از مدل شبکه عصبی حلقوی" با تکیه بر مختصات جغرافیایی ارائه شده از سوی *GPS* و با تکیه بر قابلیت شبکه عصبی اقدام به شبیه سازی مسیرهای موجود و انتخاب بهنیه ترین مسیرها نمودند. یافته های حاصل از این تحقیق نشان داد که ترکیب شبکه عصبی مصنوعی و اطلاعات میدانی ارائه شده از سوی *GPS* نسبت به روش های مشابه ابزار کارامدتری است.

روش تحقیق:

این پژوهش از نوع کاربردی و روش تحقیق توصیفی – تحلیلی است. داده های این پژوهش با مطالعات کتابخانه ای (کتاب، مقاله و پایان نامه) و میدانی جمع آوری شده است. جامعه آماری این پژوهش موقعیت جغرافیایی محلات ۱۰۰ گانه مناطق مختلف شهر اردبیل می باشد. اطلاعات خام بدست آمده از تحقیق، در محیط نرم‌افزار برنامه نویسی *MATLAB* و در قالب الگوریتم فراابتکای رقابت استعماری تحلیل شد. (لازم به ذکر است که به منظور برنامه نویسی و پردازش یافته های تحقیق از کامپیوتری با مشخصات زیر استفاده شد). *Cor I* ۷، *Ram 4*، *Graphic 2*. شهر اردبیل قلمرو پژوهش پیش رو می‌باشد که در مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۹ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی استقرار یافته است (شکل ۲). این شهر بر اساس مصوبات طرح جامع (۱۳۸۶) به ۴ منطقه‌ی شهرداری (جدول ۱) و ۴۴ ناحیه‌ی شهری تقسیم شده است. مساحت شهر در سال ۱۳۹۴ بیش از ۶۱۰۰ هکتار و جمعیت آن مطابق آخرین سرشماری رسمی در سال ۱۳۹۰، ۴۸۵۱۵۳ نفر بوده است.



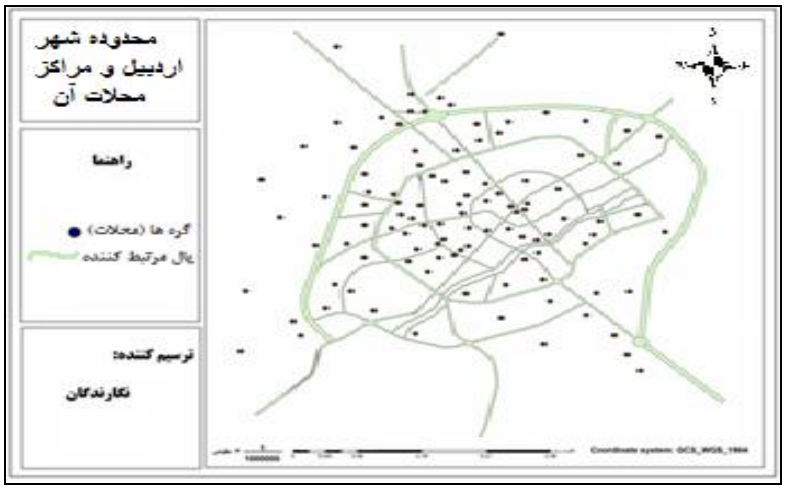
شکل ۲- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه- منبع (سالنامه آماری استان اردبیل، ۱۳۹۸).

جدول ۱- جمعیت و مساحت مناطق ٤ گانه شهر اردبیل

منطقه شهرداری	جمعیت	مساحت	تراکم جمعیتی(نفر در هکتار)
منطقه ۱	۱۱۷۸۱۴	۱۱۶۰۶۰۱۷,۵۱ متر مربع	۱۰۱/۵۱
منطقه ۲	۷۴۰۷۱	۱۶۹۸۲۱۷۶,۱۳ متر مربع	۴۳/۶۱
منطقه ۳	۱۷۲۲۵۵	۱۵۹۷۷۹۴۹,۰۷ متر مربع	۱۰۷/۸۰
منطقه ۴	۱۱۸۴۹۲	۱۲۵۴۶۲۶۸,۲۵ متر مربع	۹۴/۴۴

یافته‌های تحقیق:

در این پژوهش تعداد ۱۰۰ محله از درون مناطق مختلف شهر اردبیل به همراه راه های اصلی و فرعی پیوند دهنده آن ها به عنوان پهنه های هدف انتخاب شد (جدول شماره ۲) تا در فرایند مسیریابی بهینه توسط الگوریتم رقابت استعماری مورد استفاده قرار گیرد. از این رو تعریف مسئله را می‌توان به‌صورت شبکه‌ای از نقاط ۱۰۰ گانه در نظر گرفت که توسط یال‌ها یا مسیرهای چندگانه به هم متصل شده‌اند به‌گونه‌ای که از نقطه مبدأ مسیرهای چندگانه و با صرف زمان و هزینه متفاوت جهت رسیدن به نقطه مقصد وجود دارد. شکل شماره (۳) شبکه‌ای از گره‌ها (محلات) و یال‌هایی که از منطقه موردمطالعه استخراج‌شده است را نشان می‌دهد.



شکل ۳- راه‌های اصلی و فرعی درون‌شهری اردبیل و محلات ۱۰۰ گانه مربوط به آن- منبع(نگارندگان، ۱۳۹۹).

جدول ۲- مختصات جغرافیایی محلات (گره)۱۰۰ گانه شهر اردبیل

نام شهرداری	شهرداری منطقه ۱	شهرداری منطقه ۲	شهرداری منطقه ۳	شهرداری منطقه ۴
حوزه استحفاظی (محله)	بهار، معمار، درگاهی، اصغریه، حسین‌علی، بازار۱، بازار۲، پیرزرگر، ارمنی‌ها، محمدیه، طوی، حسینیه، عارف، حسن‌آباد، حسین‌آباد، شمس‌الدین، رحمانیه، پیر مادر، بعقوبیه، ابراهیم‌آباد، عباس‌آباد، یوسف‌آباد، بعثت، چمران، سبلان فاز۳، رازی، ولیعصر، قدس، ابوطالب، بهارآباد و ...	مبرزابخشی، سلطان آباد، علی‌آباد، جعفریه، بادیار، ججین، شهرک سبلان فاز۱ و ۲، فرهنگیان، کوردآباد، حسین‌آباد و ...	کورد احمد، باغ میشه، جعفریه، احد خان، موجز، علویان،جبر آباد، میر اشرف، اسلام‌آباد، مسلمان آباد، سیدآباد، اروجآباد،گل مغان، خیرآباد، طالقانی، علی‌آباد، امیرالمؤمنین، ملایوسف،نظام‌آباد، درویش‌آباد، محمودآباد، باهنر، جانبازان، کارشناسان، اداری، و ...	کلخوران، ایران آباد، یحیی‌آباد، کریم‌آباد، رسول اکرم، وحدت، پناه‌آباد، چهارده معصوم، کوی رسول ا...، حسن‌آباد، فیضیه، شهید رجایی، دربندی، زینال، منصوریه، امیریه، باغ عبدالله، خاتم‌الانبیا، عباسیه، رسالت، صادقیه و ...

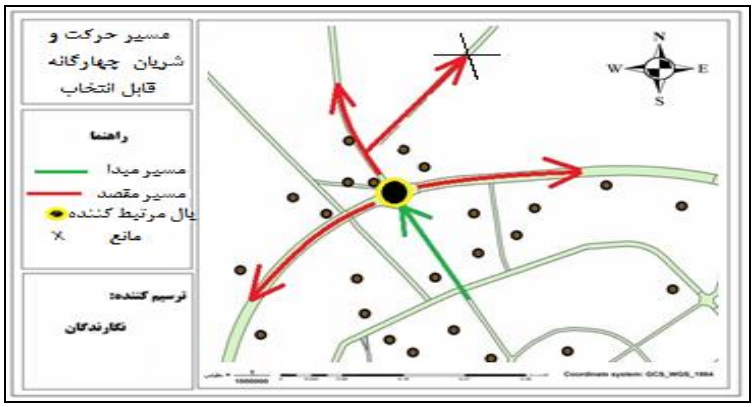
منبع: طرح جامع شهر اردبیل با بروزرسانی نگارندگان، ۱۳۹۹

شکل شماره (۳) موقعیت مراکز محلات شهر موردمطالعه (اردبیل) و شبکه‌بندی خیابان‌های اصلی و فرعی دسترسی بـه آن محـلات را تحت عنوان گره و یال نشان می‌دهد. جدول شماره (۲) نیز محلات ۱۰۰ گانه شهر اردبیل را به تفکیک منـاطق ۴ گانـه ایـن شـهر نشـان می‌دهد. با توجه به این‌که مأموریت جمع‌آوری زباله‌های شهر اردبیل به تفکیک شهرداری‌های مستقر در مناطق چهارگانه و به‌صورت مجـزا انجام می‌شود بدین خاطر نقشه راه حرکت ماشین‌های جمع‌آوری زباله‌های مناطق چهارگانه به‌صورت مجزا انجام می‌شود. همان‌طور کـه در شکل بالا مشهود است در بسیاری از محلات این شهر امکان حرکت از نقطه‌ای به نقطهٔ دیگر از طریق مسیرهای دوگانه و حتـی چندگانـه امکان‌پذیر است که همین مسئله نقطهٔ قوت و کاربردی برای استفاده از الگوریتم رقابت استعماری از طریق حل مسـئله فروشـنده دوره‌گـرد برای مسیریابی بهینه واحدهای جمع‌آوری زباله‌های شهری است.

حل مسئله مسیریابی بهینه ماشین‌های حمل زباله به روش *TSP*:

مسئله بهینه‌سازی مسیرهای طی شده درواقع کمینه‌سازی مسافت و انتخاب کوتاه‌ترین مسیر از بین مسیرهای انتخـابی در یـک دوره زمانی مشخص تعریف می‌شود. با این شرط که هزینه و نارضایتی مربوط به طرفین درگیر در مسئله به حداقل برسد. و قیود مختلفـی ماننـد رضایتمندی و جلب اعتماد عموم مردم نسبت به فعالیت‌های خدماتی شهرداری ارضا شود.

مسیریابی تجربی: معمولاً دسترسی‌های درون‌شهری بین محله مرکزی (نقطه شروع حرکـت واحـدهای خـدماتی) و محـلات بـزرگ و کوچک تابعه دارای شریان‌های اصلی و فرعی متعدد و گاه پرپیچ‌وخمی است که اغلب انتخاب مناسب‌ترین مسیر با کمترین زمـان و هزینـه ممکن را برای اکیپ‌های خدماتی و در رأس آن‌ها گروه‌های جمع‌آوری زباله‌های شهری با مشـکل مواجـه مـی‌کنـد. شـکل (۴) مسـیرهای چندگانه‌ای را برای حرکت از نقطه مبدأ (محل واحد خدمات شهرداری) به‌سوی نقاط مقصد چهارگانه نشان می‌دهد.



شکل ۳- محدوده مورد مطالعه و مسیرهای چهارگانه قابل انتخاب- منبع (نگارندگان، ۱۳۹۹).

همان‌طور که در شکل شماره (۴) مشخص است، در یک فضای کوچکی از شهر اردبیل اکیپ‌های جمع‌آوری زباله‌های این شهر در راستای انجام مأموریت خود، به هنگام رسیدن به تقاطع‌ها و مسیرهای چندگانه، بر اساس یکی از فاکتورهای شانس یا احتمال اقدام به انتخاب یکی از مسیرها برای ادامه فعالیت خود می‌کنند که طبیعتاً این انتخاب در صورت اشتباه بودن و طولانی کردن مسیر حرکت باعث اتلاف هزینه و انرژی می‌شود. هزینه این انتخاب اشتباه وقتی تشدید می‌شود که در مسیر انتخابی احتمالی، با مانع ناخواسته‌ای مانند مسدود کردن خیابان‌های شهری براثر بهسازی و بازسازی‌هایی غیر هماهنگ شده‌ای مواجه شویم. هزینه‌های حاصل از انتخاب مسیر اشتباه شاید در یک مأموریت کوتاه و مقطعی قابل‌ملاحظه و چشمگیر به‌حساب نیاید، ولی مسلماً درحرکت‌ها و مأموریت‌های مداوم و بلندمدت که بازه انتخاب مسیرها به شکل تصاعدی افزایش می‌یابد، در صورت عدم به‌کارگیری سازوکارهای علمی و مطمئن، هزینه‌های ناشی از این خطاهای انسانی در مقیاس کلان افزایش چشم‌گیری می‌یابد که به‌نوبه خود می‌تواند بودجه هنگفتی از درآمد شهرداری‌های اردبیل را به خود اختصاص دهد.

مسیریابی اکیپ جمع‌آوری زباله توسط الگوریتم (*ICA*) از طریق حل مسئله فروشنده دوره‌گرد: امروزه الگوریتم‌های فرا ابتکاری کاربرد فزاینده‌ای درزمینه مسیریابی دارند که دراین‌بین الگوریتم *ICA* جایگاه درخور توجهی را به خود اختصاص داده است.
به دلیل کوچک‌مقیاس بودن دامنه حرکت فروشنده دوره‌گرد (*TSP*)، این مسئله به‌صورت بالقوه می‌تواند کاربردهای وسیعی را درزمینه مسائل درون‌شهری و برون‌شهری به خود اختصاص داده و با حذف مسیرهای اضافی با استفاده از پردازش اطلاعات لحظه‌ای موجود در بانک داده‌های فضایی، امر مسیریابی را برای اکیپ‌های خدماتی و در رأس آن‌ها گروه‌های جمع‌آوری زباله‌های شهری انجام دهد. برای حل مسئله فروشنده دوره‌گرد از طریق الگوریتم رقابت استعماری و تعریف گره‌های مبدأ و مقصد و یال‌های متصل‌کننده آن‌ها نیاز به کد نویسی در محیط نرم‌افزار *MATLAB* است. نمونه کدهای نوشته‌شده به‌منظور مسیریابی بهینه با استفاده از الگوریتم (*ICA*) در جدول شماره (۳) نشان داده‌شده است.

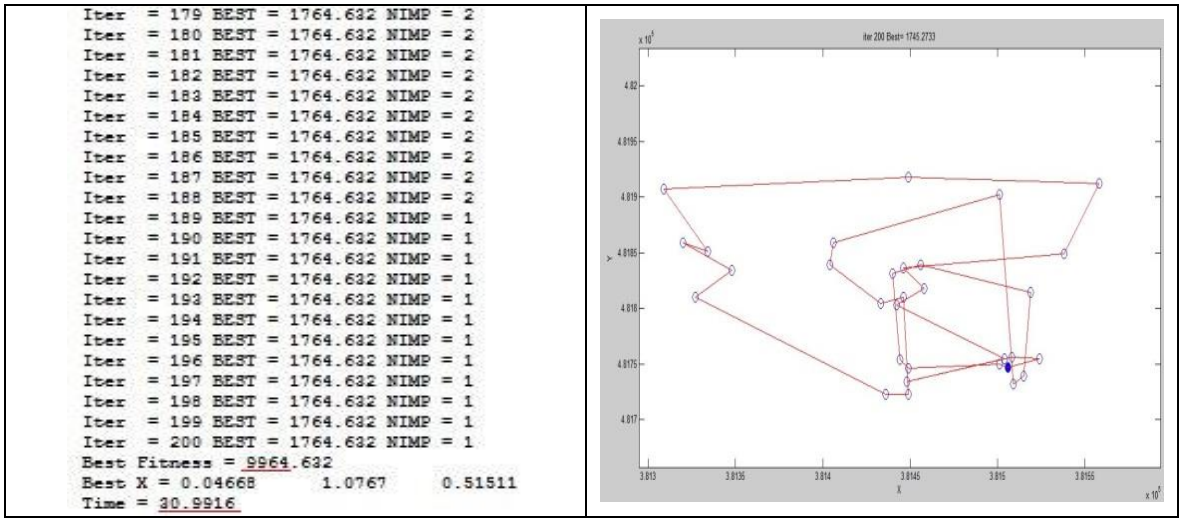
جدول ۳- نمونه کدهای نوشته‌شده به‌منظور مسیریابی بهینه با استفاده از الگوریتم *ICA*

کد	توضیح	معنی
data=InsertData( );	-	ورود داده‌های محلات ۱۰۰ گانه
nvar=data.N;	*% Number of Variables*	تعداد متغیرها (محلات ۱۰۰ گانه)
Dis=data.Dis;	*% Distance Matrix*	استخراج ماتریس فاصله‌ها
Lb	*% min of variables*	حد پایین متغیرها
Ub	*% max of variables*	حد بالای متغیرها
Ncountries	*Population size*	تعداد کشور
Nimp	*Number of imp*	تعداد امپراتوری
Maxiter	*Max num iteration*	تعداد تکرار
beta	*Assimilation cofficient*	ضریب جذب

منبع: نگارندگان، ۱۳۹۹

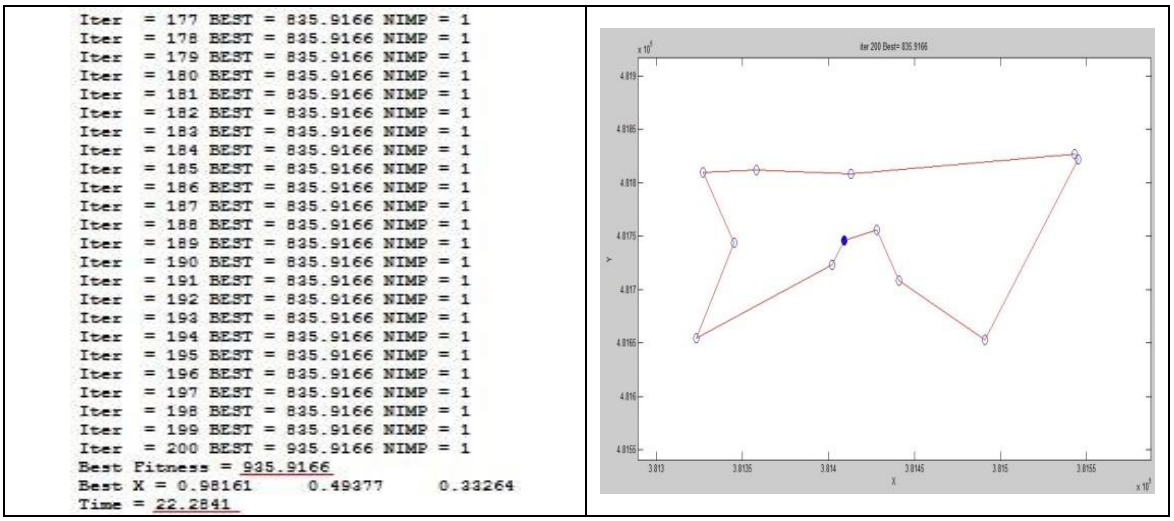
در شکل شماره (۵) امر مسیر حرکت اکیپ‌های جمع‌آوری زباله‌های شهری در قالب مناطق چهارگانه شهر اردبیل به نرم‌افزار *MATLAB*

سپرده‌شده است. نرم‌افزار بر اساس داده‌های لحظه‌ای و منطبق با الگوریتم اعمالی به آن، مسیر بهینه را به‌سرعت یافته و برای سرنشین گروه خدماتی نمایش می‌دهد. در این حالت از طرفی به علت کوتاه‌تر کردن مسیر و از طرف دیگر به دلیل عدم برخورد به مانع و تغییر مسیر، از هزینه سفر و استهلاک کاسته شده و اکیپ‌های جمع‌آوری زباله‌های شهری ضمن جلب رضایت شهروندان در زمان قابل قبولی به محل‌های مربوطه خواهند رسید.



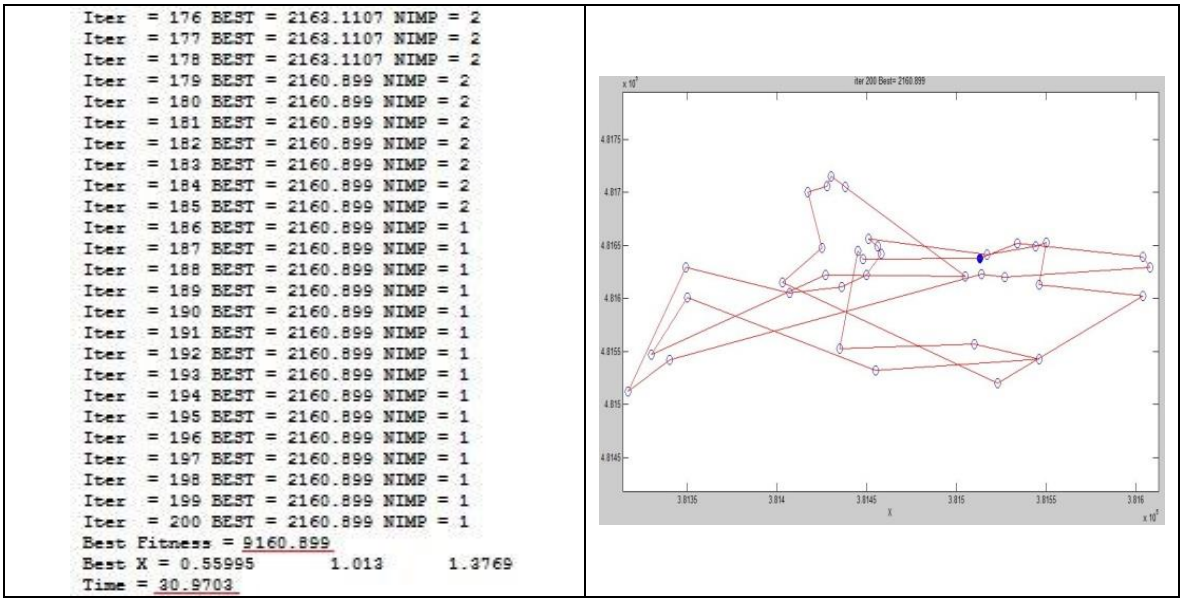
شکل ٤- مسیر پیشنهادی الگوریتم *ICA* برای حرکت اکیپ‌های جمع‌آوری زباله‌های شهری منطقه ۱ به روش فروشنده دوره‌گرد، (منبع، نگارندگان، ۱۳۹۹).

شکل شماره (۵) مسیر پیشنهادی الگوریتم *ICA* به روش فروشنده دوره‌گرد (*TSP*) برای حل مسئله مسیریابی ماشین‌های جمع-آوری زباله‌های شهری برای حرکت در محلات منطقه ۱ شهرداری اردبیل را نشان می‌دهد. به این شرط که از هرکدام از محلات یک‌بار عبور کند و در کوتاه‌ترین زمان ممکن به نقطه مبدأ بازگردد. همان‌طور که در شکل شماره (۵) مشخص‌شده است، نرم‌افزار با تعریف ۲۰۰ تکرار، بهترین جواب را با اطمینان ۹۹ درصد و بازمانی برابر با ۳۰,۹۹ ثانیه به دست داد.



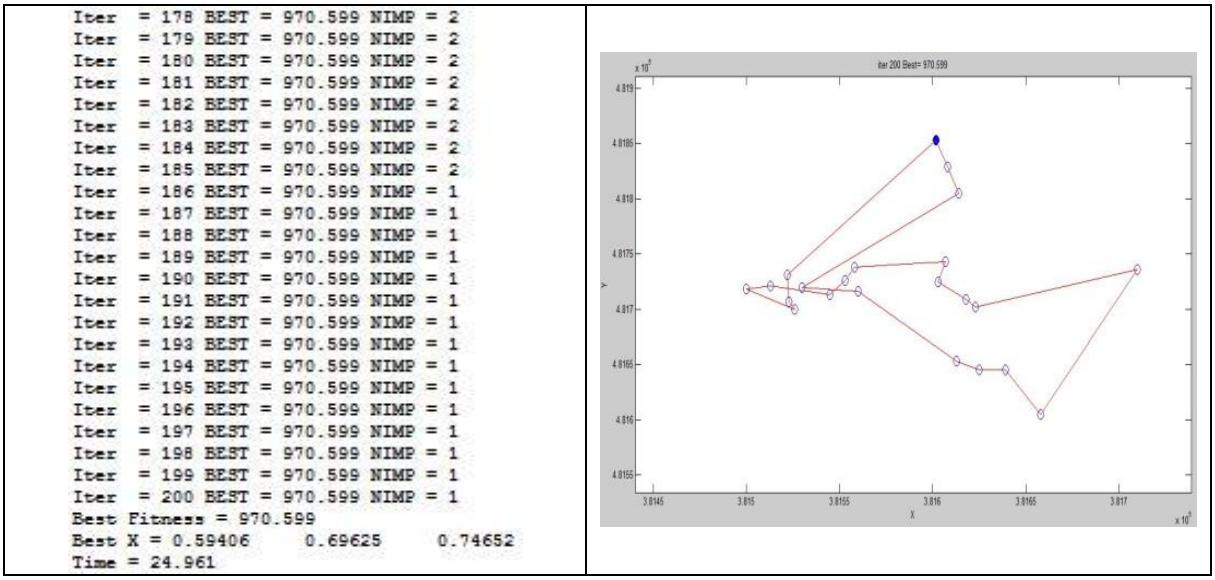
شکل ٥- مسیر پیشنهادی الگوریتم *ICA* برای حرکت اکیپ‌های جمع‌آوری زباله‌های شهری منطقه ۲ به روش فروشنده دوره‌گرد، (منبع، نگارندگان، ۱۳۹۹).

همان‌طور که در شکل شماره (۶) مشخص‌شده است، در رابطه با مسیر پیشنهادی حرکت اکیپ‌های جمع‌آوری زباله در منطقه ۲ شهر اردبیل، با تعریف ۲۰۰ تکرار، نرم‌افزار بهترین جواب را با اطمینان ۹۳ درصد و بازمانی برابر با ۲۲,۲۸ ثانیه به دست آورد.



شکل ٦- مسیر پیشنهادی الگوریتم *ICA* برای حرکت اکیپ‌های جمع‌آوری زباله‌های شهری منطقه ۳ به روش فروشنده دوره‌گرد، (منبع، نگارندگان، ۱۳۹۹).

برای نقشه راه گروه‌های جمع‌آوری زباله‌های محلات واقع در منطقه ۳ اردبیل نیز الگوریتم رقابت استعماری بهترین جواب را در تکرار ۲۰۰، با درجه اطمینان ۹۱ درصد و در بازه زمانی تقریبی ۳۱ ثانیه معرفی کرد.



شکل ۷- مسیر پیشنهادی الگوریتم *ICA* برای حرکت اکیپ‌های جمع‌آوری زباله‌های شهری منطقه ٤ به روش فروشنده دوره‌گرد، (منبع، نگارندگان، ۱۳۹۹).

همان‌طور که در شکل شماره (۸) نشان داده‌شده است الگوریتم مورداستفاده در تحقیق به روش حل مسئله فروشنده دوره‌گرد، بهینه‌ترین مسیر برای حرکت ماشین‌های جمع‌آوری زباله‌های شهری واقع در منطقه ۴ اردبیل را در قالب ۲۰۰ تکرار با درجه اطمینان ۹۹ درصد و بازمانی برابر با ۲۵ ثانیه به دست آورد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها:

در این تحقیق مطالعه موردی بر روی بالغ بر ۱۰۰ محله شهری اردبیل به مرکزیت شهرداری‌های مناطق چهارگانه این شهر در محیط متلب انجام گرفت. یافته‌های تحقیق نشان داد که الگوریتم مورداستفاده در تحقیق برای محلات ۱۰۰ گانه واقع در مناطق ۴ گانه موردبررسی با تکرار ۲۰۰ و به ترتیب با مقادیر ۹۹، ۹۱،۹۳ و ۹۷ درصد و در بازه زمانی۳۰، ۲۲، ۳۰ و ۲۴ ثانیه به بهینه‌ترین جواب (یعنی

کوتاه ترین مسیر در کمترین زمان ممکن) دست‌یافت.

در این پژوهش سه سوال عمده کارآمدی، بهینه سازی زمان سفر و ظرفیت منطقه مورد مطالعه در زمینه مسیریابی و بهبود دسترسی مطرح شده و در فرایند انجام پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. در گام اول، الگوریتم رقابت استعماری نشان داد که در صورت تلفیق با روش فروشنده دوره گرد می تواند ابزار کارامدی در زمینه کاهش زمان حرکت خودروهای حمل زباله و جمع آوری سریع تر زباله های سطح شهر اردبیل باشد. در نتیجه این نوع از الگوریتم های فراابتکاری دارای قابلیت های مناسبی به منظور بهینه سازی زمان سفر هستند. همان طور که پژوهشگران مختلفی مانند رموزی و همکاران (حل مساله مسیریابی وسایل نقلیه با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری) و مصلحی و شاکری (مسیریابی وسایل نقلیه با استفاده از الگوریتم رقابت استعماری) به آن دست یافتند. از سوی دیگر در این پژوهش به منظور جلوگیری از پیچیدگی فرایند انجام پردازش و سنگینی پایگاه داده به اطلاعات جغرافیایی راه های اصلی و فرعی درجه ۱ مناطق مختلف شهر اردبیل اکتفا شد که طبیعتا در صورت تکمیل بیشتر پایگاه داده و وارد کردن موقعیت مجموع راه های فرعی و حتی کوچه ها می توان شناسایی عمیق تری انجام داد.

لازم به ذکر است که در الگوریتم طراحی‌شده *ICA*، تبادل مسیر علاوه بر ارتباط دادن محله مرکزی با محلات بزرگ و کوچک تابعه، مابین تک‌تک شهرها و روستاهای دیگر نیز می‌تواند صورت بگیرد. به‌عبارت‌دیگر، تعیین مرکزیت، وابستگی مستقیمی به نوع برنامه‌نویسی و تعریف نقاط مبدأ و مقصد دارد و هر شهر یا روستایی می‌تواند در وضعیت خاصی مرکزیت را به خود اختصاص دهد. این ویژگی موجب می‌شود که در مواقع بحرانی ازجمله جنگ و بلایای طبیعی و تخریب شهر مرکزی نیز، به‌راحتی و با تعریف دوباره الگوریتم، نقاط مرکزی جدیدی را با سرعت هر چه بیشتر انتخاب و جایگزین کنیم. به‌عبارت‌دیگر مدل ارائه‌شده در این مقاله، علاوه بر مسئله موردبررسی می‌تواند به‌منظور مسیریابی بهینه توزیع کالاهای اساسی به هنگام وقوع بحران‌های طبیعی و انسانی، مسئله ترافیک و غیره نیز مورداستفاده قرار گیرد. برای کاربرد هر چه بهینه‌تر این الگوریتم می‌توان با راه‌اندازی و استفاده از پایگاه داده مکانی مستقل و مفید برای شهر اردبیل و یا هر شهر و روستای کشور با امکان به‌روزرسانی و اشتراک منابع آن بین سازمان‌های مرتبط با امر خدمات‌رسانی، برای دسترسی به‌کل شبکه حمل‌ونقل شهری و بین‌شهری زمینه‌های مسیریابی بهینه‌تر و با بازه زمانی کوتاه‌تر را با الگوریتم‌های هوشمند و در رأس آن‌ها الگوریتم رقابت استعماری فراهم آورد، تا در زمان‌ها و شرایط مختلف به‌خصوص در مواقع بحرانی، تشخیص مناسب‌ترین مسیرها برای گروه‌های میدانی و عملیاتی و سازمان‌های خدماتی امکان‌پذیر گردد.

به نظر می‌رسد به‌منظور سود بردن از فواید یک مرکز هوشمند و جامع مبتنی بر *GIS* و متلب در شهر (پایگاه داده) به‌منظور ثبت آنی و لحظه‌ای داده‌ها و اطلاعات مربوط به جاده‌های شهری و بین‌شهری یا حتی فواصل و مسیرهای بین روستایی و انتقال آن به اکیپ‌ها و گروه‌های در حال حرکت، داشتن هماهنگی‌های لازم بین ارگان‌ها و سازمان‌های مرتبط تأثیرگذار در وضعیت جاده‌های شهری ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین برای رسیدن به این هدف ازجمله اقداماتی که پیشنهاد می‌شود تا در برنامه‌ریزی‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت موردتوجه قرار گیرد به‌قرار زیر است:

- شناسایی متولیان اصلی و سازمان‌ها و ارگان‌های مرتبط با امر خدمات شهری اردبیل و همکاری بین بخشی
- شناسایی دقیق مسیرهای اصلی و فرعی شهر مورد بررسی و به روزرسانی ادواری داده ها و ثبت کوچک ترین تغییرات فیزیکی مسیرها
- تعریف امکانات و محدودیت های حمل و نقل خدماتی شهر مورد بررسی به منظور سازگاری هر چه بیشتر مدل به شهر مورد مطالعه
- انطباق نیازها با قابلیت سامانه‌های اطلاعات مکانی هوشمند و تعیین اولویت‌های سرویس‌های کاربران با توجه به ساختار فنی، اقتصادی و اجرایی شهر
- تعیین مسئولیت‌ها و شرح وظایف سازمان‌های مختلف با توجه به نقش و میزان بهره‌برداری آن از بانک‌های اطلاعاتی مشترک
- تعیین نحوه همکاری سازمان‌ها و اطلاعاتی که بین سازمان‌ها به اشتراک گذارده می‌شود.

Reference:

1. *Abdoli, M. A. (1998). Disposal and recycling management of municipal solid waste in Iran. Tehran: Organization of national municipalities, p162.*
2. *Akhtar, Mahmuda; Basri, Hassan, Scavino, Edgar. (2017). Backtracking search algorithm in CVRP models for efficient solid waste collection and route optimization, Waste Management, 61 (3), 117-128.*
3. *Asghary zadeh, E., jafar Nejad, A., Zandie, M., Jooybar, S. (2017). Explaining the Traffic Modeling Pattern in Vehicle Routing Problems Based on Green Transportation Paradigm (Case Study: Zamzam Company), Journal of Industrial Management, Faculty of Management,*

University of Tehran, 4 (2): 217-244.

4. *Eksioglu, Burak, Vural, Arif. Volkan and Reisman, Arnold. (2009). The vehicle routing problem: A taxonomic review, Computers, Industrial Engineering, 57, 2, 1472- 1483.*
5. *jycan, kovak. (2005). recycle in Europe. J. of. Waste management world. ISWA publication. 2 (11), 21.*
6. *Khammar, Gh. (2017). Application of ant community algorithm in optimal routing of intercity relief groups, Journal of Spatial Planning, 7 (23): 41-52.*
7. *Khammar, Gh., Pasban Essaloo, V., Mojgan, N. (2018). Comparative study of ant community algorithm and genetics in optimal routing (Case study: Parsabad and suburbs), Journal of Transportation Engineering, 8 (3): 343- 383.*
8. *Lin, Qinying; Song, Houbing; Gui, Xiaolin, Wang, Xiaoping; Su, Saiyu. (2017). A shortest Path Routing algorithm for unmanned aerial systems based on grid position, Journal of Network and Computer Applications, 103 (2): 215- 224.*
9. *Malandraki, Chryssi, Daskin, Mark. (1992). Time dependent vehicle routing problems, formulations, properties, and heuristic algorithms, Transportation Science, 26 (3), 185-200.*
10. *Masumi, Z., Sadegniaraki, A., Mesgary, M. (2012). Application of multi-criteria ant colony algorithm in intelligent and user-based transportation systems, Transportation Research Journal, 8 (1): 47- 62.*
11. *Molaiy, N. (2009). Routing using GIS with emphasis on comparing weighting methods and combining layers with intelligent algorithms, University of Bonab. P 37.*
12. *Nejat Bakhsh, Y., Ebrahimi, E. (2016). Design of a Logistics Transport Routing Model with Trans-Innovation Algorithm, 4th Levin International Conference on Management Research, Journal of Economics and Accounting, Berlin, Germany.*
13. *Omrani, G. (2017). Municipal Waste Management, Occupational Safety Research and Training Center, Published by University of Tehran.*
14. *Pellegrini, P. (2005), Application of two nearest neighbor approachesto a rich vehicle routing problem, TR/IRIDIA..15, IRIDIA,Universite Librede Bruxelles, Brussels, Belgium.*
15. *Rahaman, Mohammad; Hamilton, Margaret; Salim, Flora. (2017). CAPRA: A contour- based accessible path routing algorithm, Information Sciences, 385 (5): 157-173.*
16. *Rahimi, A., Rajabi, V. (2017). Provide a combined vehicle routing problem-solving algorithm with simultaneous receipt and delivery of goods, Amir Kabir Scientific Journal - Civil and Environmental Engineering, 48 (4): 375- 385.*
17. *Sepehry, M. (2014). Designing a model for relocating ambulances, International Journal of Production Management Engineering, 24 (2): 172- 182.*
18. *Tong, Liangliang; Lau, Francis. (2013). Skew- space garbage collection, Science of Computer Programming, 78 (5): 445- 457.*
19. *Tuzkaya, U. R. and Onut, S. (2008). A fuzzy analytic network process based approach to transportation-mode selection" between Turkey and Germany: A case study; Inform. Sciences;178 (15), 3133-3146.*
20. *Yousefi, M., Didevar, F., Rahmati, F. (2012). Application of a colonial competition correction algorithm to solve the itinerant vendor problem, Journal of Advanced Mathematical Modeling, 1 (2): 29- 49.*
21. *Yousefi, M., Didevar, F., Rahmati, F., Sedigh pour, M. (2012). An effective, comprehensive competitive algorithm for solving the open vehicle routing problem, Transportation Research Journal, 9 (1): 83- 96.*
22. *Yousefi, Rahmati, F. (2012). Application of Improved Ant Population Algorithm to Solve Vehicle Routing Problem with Simultaneous Receipt and Delivery of Goods, Transportation Research Journal, 8 (2): 183- 198.*
23. *Zolfaghary, A., Korke Abadi, Z. (2013). Intelligent routing of rescue teams using game theory algorithm (Semnan case study), Journal of Transportation Engineering, 5 (1): 19- 32.*

Journal of Research and Urban Planning

ISSN (Print): 2228-5229
ISSN (Online): 2476-3845

Vol. 11/ No. 43/ Winter 2020

Research Paper

Investigation of the imperialist Competitive Algorithm (ICA) and its Application in Urban Services by Travelling Salesman Problem (TSP) model

Hossein Yaghfoory: *Associate Professor of Geography & Urban Planning, Sistan & Baloochestan University, Zahedan, Iran*
Vahid Pasban Essaloo[1]: *PhD Student of Geography & Urban Plannig, Sistan & Baloochestan University, Zahedan, Iran*
Mahboobe Taji: *MSc Student of Gegraphy & Tourism Planning, Sistan & Baloochestan University, Zahedan, Iran*

Received:2020/2/11 *pp: 81- 84* *Accepted:2020/7/10*

Abstract

Nowadays, the speed at which municipalities provide urban services and collect urban waste play an important role in improving the efficiency of this organization, and therefore, the satisfaction of the citizens. In recent decades, due to the dominance of consumerism culture in Third World countries, especially Iran, we witness an increase in the urban waste each and every single day. In spite of the modernization of waste collection machines, the service delivery speed has been neglected although it has always had a significant impact on cost reduction and quality of service delivery. The city of Ardabil is no exception to this. It has four districts and 100 large and small neighborhoods in total that have always encountered the municipality with a major problem in terms of the rate at which urban wastes was collected and thus provided a beautiful outlook of the city. This article aims at adding the speed as a factor to the waste collection units by proposing the best route for the machines via Travelling Salesman Problem approach and Imperialist Competitive Algorithm in MATLAB environment. Using the appropriate programming and defining those 100 neighborhoods for the model, the most optimal routes for the municipality's service units are introduced provided that the service units pass each neighborhood once and at the end return to the starting point again. The results of the study showed that the algorithm used in this research for 100 neighborhoods in those four districts can provide the optimal solution with the repetition of 200 and respectively with the values of 99, 91, 93, and 97 and within the intervals of 30, 22, 30, and 24 seconds.

Keywords: *Urban Wastes, Travelling Salesman Problem (TSP) model, Imperialist Competitive Algorithm (ICA).*

Extended Abstract

Introduction:

The issue of vehicle routing is one of the important issues that has been widely used in the efficiency and effectiveness of transportation systems in recent decades. Transportation issues, in addition to being one of the most important categories of optimization issues, are issues that are very effective in life and everyday problems of human life, including in the field of municipal services. On the other hand, one of the most important challenges in today's fast-paced life, especially in urban affairs management, is preventing waste of time and energy in order to prevent huge waste of costs while providing better and faster services. Therefore, using a regular process of collecting and disposal of waste is one of the basic needs of developing cities to solve the problem of

[1] . *Corresponding Author`s, Email: Vahid.pasban30@gmail.com, Tel: +989150457527*

waste storage and lack of collection and disposal of waste.
Ardabil city as the study area is due to the physical and population development that has experienced over recent years day by day, the population increase and its follower increases the number of locales. Therefore, it is not possible to pay attention to the health of the people of Ardabil city and to observe the preventive aspects before treatment without considering the new systems and methods of collecting and disposal of waste that have been the main cause of pollution in this city and its 100 places.

Methodology:

This is an applied research and descriptive-analytical research method. The data of this research have been collected through library studies (books, articles and dissertations) and field studies. The statistical population of this study is the geographical location of 100 neighborhoods in different areas of Ardabil. The raw data obtained from the research were analyzed in the MATLAB programming software environment in the form of a meta-algorithm of colonial competition.

Results and discussion:

Normally, in a small space of Ardabil city, garbage collection teams of this city in order to carry out their mission, when reaching multiple intersections and routes, based on one of the factors of chance or probability of choosing one of the routes to continue their activities. They say that naturally this choice will waste money and energy if it is wrong and prolongs the route. The cost of this wrong choice is exacerbated when we encounter an unwanted obstacle in the way of a possible choice, such as blocking city streets due to uncoordinated improvements and reconstructions.
In the continuation of the research, the direction of the movement of municipal waste collection teams in the form of four areas of Ardabil city has been entrusted to MATLAB software. The software, based on instantaneous data and in accordance with the algorithm applied to it, accelerates the optimal path and displays it to the service group occupants. In this case, on the one hand, due to shortening the route and on the other hand, due to not encountering obstacles and changing the route, travel and depreciation costs will be reduced and municipal waste collection teams will reach the relevant places in an acceptable time while satisfying citizens.
Region 1: *By defining 200 repetitions, the software gave the best answer with 99% confidence and a time of 30.99 seconds.*
Region2: *In region 2 of Ardabil city, by defining 200 repetitions, the software obtained the best answer with 93% confidence and in a time of 22.28 seconds.*
Region 3: *For the roadmap of the garbage collection groups of the neighborhoods located in the 3rd district of Ardabil, the colonial competition algorithm introduced the best answer in the repetition of 200, with a confidence level of 91% and in an approximate time of 31 seconds.*
Region 4: *The algorithm used in the research, by solving the problem of the traveling salesman, obtained the optimal path for the movement of municipal waste collection machines located in the 4th district of Ardabil in the form of 200 repetitions with a confidence level of 99% and a standstill of 25 seconds.*

Conclusion:

In this study, a case study was conducted on over 100 urban neighborhoods of Ardabil to the center of municipalities in the four regions of the city in the MATLAB environment. Findings showed that the algorithm used in the research for the 100 neighborhoods located in the 4 areas under study with 200 repetitions and with values of 99, 91, 93 and 97%, respectively, and in a period of 30, 22, 30 and 24 seconds with the most optimal answer (The shortest route in the shortest possible time) was achieved.

In this research, three main questions of efficiency, optimization of travel time and capacity of the study area in the field of routing and improving access were raised and examined in the research process. In the first step, the colonial competition algorithm showed that if combined with the method of the traveling salesman, it can be an effective tool in reducing the movement time of garbage trucks and collecting garbage faster in Ardabil. As a result, these types of meta-heuristic algorithms have good capabilities to optimize travel time. As various researchers such as Ramozi et al. (Solving the problem of vehicle routing using the colonial competition algorithm) and Moslehi and Shakeri

(vehicle routing using the colonial competition algorithm) achieved it.

It should be noted that in the ICA algorithm, in addition to connecting the central neighborhood with large and small neighborhoods, the exchange of paths can also take place between individual cities and other villages. In other words, the determination of centrality is directly dependent on the type of programming and the definition of points of origin and destination, and each city or village can be central in a particular situation. This feature allows us to easily select and replace new hotspots as quickly as possible in critical situations, such as wars and natural disasters and the destruction of the central city. In other words, the model presented in this article, in addition to the problem under study, can be used to optimally route the distribution of basic goods in the event of natural and human crises, traffic problems, etc.