اولین کنفرانس مهندسی فناوری اطلاعات مکانی
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه‌برداری
۲۹ و ۳۰ دی ماه ۱۳۹۴

The 1st National Conference on Geospatial Information Technology
K.N.Toosi University of Technology
Faculty of Geomatics Engineering
19 - 20 January 2016

ارزیابی جانمایی دستگاه لیزر اسکنر زمینی در پروژه‌های برداشت نقشه‌برداری با الگوریتم ژنتیک

مرتضی حیدری مظفر [۱*]، محمد سعادت سرشت [۲] ، مسعود ورشوساز [۳]

۱- دانشجوی دکتری فتوگرامتری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۲- استادیار گروه نقشه برداری، دانشگاه تهران
۳- دانشیار گروه سنجش از دور و فتوگرامتری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

چکیده :

با استفاده از دستگاه لیزر اسکنر زمینی امکان مدل‌سازی کامل سه‌بعدی یک محدوده وجود دارد. برای پوشش کامل محدوده بایستی دستگاه در نقاط مختلف مستقر و عملیات اندازه‌گیری انجام گیرد. اما جابجایی و افزایش نقاط استقرار، مستلزم صرف هزینه و زمان برای اندازه‌گیری‌های میدانی بیشتر بوده و در نتیجه باعث افزایش زمان و هزینه محاسباتی خواهد شد. در این مقاله، هدف آن است که ابزاری جهت ارزیابی نقاط انتخاب شده برای استقرار دستگاه لیزراسکنر زمینی ارائه شود. در این راستا، برای دستیابی به این هدف از الگوریتم بهینه‌سازی ژنتیک استفاده شده است. در روش پیشنهادی، ابرنقاط حاصل از هم‌مرجع نمودن تمامی ایستگاه‌های استقرار دستگاه در محدوده اسکن، به عنوان فضای جستجوی الگوریتم ژنتیک استفاده می‌شود. همچنین تابع هزینه با دو هدف، یکی کاهش نواحی پنهان در ابرنقاط نهایی و دیگری انتخاب کمترین تعداد ممکن نقاط استقرار در نظر گرفته می‌شود. با انتخاب مجموعه‌ای تصادفی از نقاط کاندید برای استقرار، به عنوان پاسخ اولیه، الگوریتم شروع به کار کرده و در فضای جستجو، در طی تکرارهای متوالی با اعمال عملگرهای انتخاب، تقاطع و جهش جواب بهینه مسأله جانمایی لیزر اسکنر زمینی را بدست می‌آورد. در این فرآیند، انتخاب بهینه نقاط استقرار دستگاه به صورت اتوماتیک و تکراری بوده و اطمینان از چیدمان صحیح با حداقل تعداد نقاط لازم برای اندازه‌گیری کامل محدوده حاصل می‌شود. نتایج این تحقیق بر روی داده‌های واقعی و شبیه‌سازی نشان می‌دهد، با الگوریتم بهینه‌سازی ژنتیک می‌توان نقاط بهینه برای استقرار دستگاه لیزر اسکنر را از میان تعداد بسیار زیادی از نقاط کاندید انتخاب کرد. بدین وسیله، ابزاری برای ارزیابی بهینه بودن نقاط استقرار انتخاب‌شده ایجاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی : لیزر اسکنر زمینی، جانمایی، بهینه سازی، الگوریتم ژنتیک.

نویسنده مکاتبه کننده : مرتضی حیدری مظفر
آدرس پستی : تهران، خیابان ولیعصر (عج)، تقاطع میرداماد دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
تلفن : ۰۹۱۲۵۱۸۵۹۲۵
آدرس پست الکترونیک : m_heidari@dena.kntu.ac.ir

۱- مقدمه

امروزه در اغلب پروژه‌های نقشه‌برداری زمینی، از دستگاه لیزر اسکنر زمینی برای برداشت ابرنقاط و تولید نقشه یک محدوده مشخص استفاده می‌شود. گستردگی محدوده، پیچیدگی عوارض موجود در آن و محدودیت‌های دستگاه باعث می‌شود که با یک استقرار دستگاه، تمامی مختصات‌های مورد نیاز برای تهیه نقشه، اندازه‌گیری نشوند. از اینرو، دستگاه بایستی در نقاط مختلف قرار گرفته و عملیات اسکن تا کامل شدن مدل نهایی، در ایستگاه‌های مختلف تکرار شود. یکی از مسائل مهم آن است که موقعیت‌های استقرار دستگاه به درستی انتخاب‌شده باشند. به عنوان یک معیار در ارزیابی پروژه‌های لیزر اسکنر زمینی می‌توان بهینه بودن موقعیت استقرار دستگاه لیزر اسکنر را مطرح کرد. در این مقاله با استفاده از الگوریتم ژنتیک ابزاری برای ارزیابی نحوه جانمایی دستگاه لیزر اسکنر زمینی ارائه شده است.

اغلب کاربران دستگاه با توجه به تجربه، مهارت و شناخت خود از منطقه، نقاط استقرار را به صورت غیر اتوماتیک انتخاب می‌کنند. در این حالت، در خیلی از مواقع تعداد نقاط استقرار بیشتر از حد مورد نیاز است. همچنین، برخی اوقات با وجود تعداد زیاد نقطه استقرار، همچنان اطمینان از کامل‌بودن داده‌ها نیز حاصل نشده است.

با این مقدمه، مسأله جانمایی دستگاه لیزر اسکنر زمینی به عنوان یک موضوع بهینه‌سازی قابل طرح است. از همین رو در این مقاله، با استفاده از الگوریتم ژنتیک ابزاری به منظور ارزیابی جانمایی انجام‌شده در این نوع از پروژه‌ها مطرح شده است. از سوی دیگر می‌توان با اعمال تغییراتی در این ابزار، برنامه‌ریزی بهتری برای انجام برداشت زمینی و مدیریت زمان، هزینه و از آن مهمتر اطمینان از کافی بودن داده‌های اندازه‌گیری شده، در حین عملیات اسکن پیشنهاد نمود.

در بخش دوم این مقاله با عنوان مروری بر تحقیقات گذشته، مساله جانمایی و همچنین بهینه‌سازی مورد بررسی قرار گرفته است. در این مقاله الگوریتم ژنتیک به دلیل مزایای آن و همچنین کاربردی بودن آن در حوزه اندازه‌گیری با دستگاه لیزر اسکنر زمینی مورد توجه قرار گرفته است. در بخش سوم، روش پیشنهادی تشریح و جزئیات آن بیان شده است. در این بخش مبنای نظری استفاده از نواحی پنهان میدان دید دستگاه، به منظور محاسبه تابع هزینه، مورد توجه قرار گرفته است. همچنین مدل‌سازی مسأله برای استفاده از الگوریتم ژنتیک، با تعریف مراحل مختلف الگوریتم جهت یافتن پاسخ مسأله جانمایی بهینه انجام شده است. مجموعه‌ای از پاسخ‌ها در کنار هم جمعیت را تشکیل داده و بر اساس تئوری تکامل، نقاط بهینه استقرار دستگاه لیزر اسکنر زمینی انتخاب‌شده است. در بخش چهارم، روش پیشنهادشده به طور کامل بر روی داده‌های واقعی و شبیه‌سازی شده، پیاده سازی و نتایج آن مورد ارزیابی قرار گرفته است. در بخش انتهایی مقاله نیز نتایج و پیشنهادات قابل انجام برای انجام تحقیقات آتی در این زمینه ارائه شده‌است.

۲-مروری بر تحقیقات گذشته

تعیین محل‌های استقرار دستگاه لیزراسکنر بایستی به نحوی باشد که بیشترین پوشش از منطقه را داشته و دقت موردنیاز را ضمانت و در ضمن تعداد ایستگاه‌ها را به حداقل ممکن خود برساند. برای نیل به این اهداف، موضوع در دو *مسأله جانمایی* و *بهینه‌سازی* قابل بیان است. لذا در این بخش از مقاله، در هریک از این زمینه‌ها به تشریح کارهای صورت‌گرفته، پرداخته شده است.

۲-۱-مسأله جانمایی

جانمایی ایستگاه‌های استقرار دستگاه‌های مختلف و یافتن نواحی پنهان برای آنها کاربردهای فراوانی دارد. طراحی و جانمایی ایستگاه‌های رادیویی، مخابراتی و شبکه‌های بیسیم از مواردی هستند که داشتن موقعیت مناسب ایستگاه برای

آنها از جهت پوشش سراسری مهم است[۱-۴]. موضوع جانمایی چندین سنجنده و حسگر برای جمع‌آوری اطلاعات یک ناحیه مورد دلخواه موضوع تحقیقات زیادی در حوزه رباتیک، بینایی ماشین و همچنین شناسایی نظامی بوده است[۵]. در طراحی‌های درون شهری و کاربردهای امنیتی مساله تعیین بهترین مکان استقرار دوربین‌های فیلمبرداری و عکسبرداری مطرح است [۶]. گرچه موضوع جانمایی سنجنده‌ها و دوربین‌های تصویربرداری در حوزه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته‌اند، اما به جرأت می‌توان گفت مسأله جانمایی بهینه برای دستگاه‌های لیزراسکنر زمینی تنها توسط سعادت سرشت در [۷] انجام شده است. در تحقیق صورت گرفته توسط ایشان، ایدهٔ اصلی طراحی شبکهٔ لیزراسکنر زمینی را با استفاده از داده‌های دوبعدی شبیه‌سازی شده، مطرح شده است.

موضوع طراحی شبکهٔ برداشت لیزراسکنر و تهیهٔ برنامهٔ مشاهداتی برای آن از جمله موضوعاتی است که علاوه بر افزایش کیفیت و دقت مدل بدست آمده، هزینه و زمان برداشت و محاسبات داده‌های ابرنقاط را کاهش می‌دهد. تحقیق انجام گرفته، طراحی شبکه به روش هوشمند جهت اتوماسیون فرآیند طراحی شبکه لیزراسکنر زمینی بوده و روی داده های شبیه سازی شدهٔ دوبعدی صورت گرفته است. پیشنهاد مؤلف برای تحقیقات آتی به این صورت عنوان شده است[۷].

- مدل‌سازی و فرمولاسیون کامل‌تر برای اجرا در محیط سه‌بعدی
- انجام آزمون روی داده‌های واقعی
- اجرای روش نامعین برای جانمایی همزمان سنجنده‌ها با روش‌های هوشمند

با وجود برداشت میلیون‌ها نقطه از سطح عوارض، همچنان دقت و صحت مورد نیاز نقشه‌برداری با داده‌های برداشت‌شده تأمین نمی‌شود. مشکل نواحی پنهان از جمله مواردی است که در اخذ اطلاعات توسط این دستگاه‌ها وجود دارد[۸]. طبقه‌بندی روش‌های طراحی میدان دید برای استفاده در عملیات برداشت نقشه‌برداری با دستگاه لیزر اسکنر زمینی انجام شده است[۹].

برای یافتن بهترین چیدمان در جانمایی ایستگاه های اندازه گیری با دستگاه لیزر اسکنر زمینی، مسائل مختلفی وجود دارد. جانمایی لیزر اسکنرهای زمینی به عنوان یک نوع خاص از سنجنده‌ها که در نقشه‌برداری مورد استفاده قرار می‌گیرند، دارای استاندارد خاصی نمی‌باشد و بیشتر مواقع این کار به صورت تجربی انجام می‌شود. تجربی بودن روش انتخاب محل استقرار دستگاه باعث می‌شود، مکان‌های بهینه جهت اسکن منطقه انتخاب نشوند. از سوی دیگر، تهیه مدل سه بعدی کامل نیازمند پوشش سراسری محدودهٔ پروژه و اندازه گیری تمامی عوارض مورد نظر است. جابه‌جایی دستگاه بیشتر به منظور حذف نواحی جاافتاده و سایه‌های ایجاد شده در مدل است. بنابراین دستگاه بایستی حتی المقدور در نقاطی مستقر شود که بیشترین نواحی جاافتاده در اسکن از ایستگاه‌های قبلی را پوشش دهد. همان‌طور که می‌دانیم، حجم بسیار بالای اطلاعات برداشت شده نیز نیازمند پردازش‌های پیچیده و آماده‌سازی فراوان برای مدل نهایی است. از این رو استقرارهای نامناسب منجر به افزایش زمان و پیچیدگی‌های محاسباتی و موجب اتلاف هزینه و زمان خواهند شد. تلاش در جهت انتخاب بهترین نقاط ممکن برای استقرار دستگاه می‌تواند از مدت زمان پردازش داده‌ها و پیچیدگی‌های آن بکاهد. از طرف دیگر، محدودیت دسترسی به محیط اندازه‌گیری چه از لحاظ زمانی و چه از نقطه نظر مکانی ضرورت مکان‌یابی بهینه جهت استقرار مناسب دستگاه لیزر اسکنر را پر اهمیت‌تر می‌سازد. بنابراین، انتخاب موقعیت‌هایی که بیشترین پوشش را برای نواحی پنهان فراهم می‌کنند، یکی از عمده‌ترین مسائلی است که اهمیت مکان‌یابی بهینه جهت انتخاب ایستگاه‌های دستگاه لیزر اسکنر را نشان می‌دهد. همان‌طور که در بخش مقدمه مطرح شد، هدف آن است که ابزاری جهت سنجش میزان بهینگی انتخاب نقاط استقرار دستگاه لیزر اسکنر زمینی بدست آید. به همین دلیل، در ادامه مسأله بهینه‌سازی برای رسیدن به این مقصود مد نظر قرار گرفته است.

۲-۲-مسأله بهینه‌سازی

چالش پیش‌رو در این مقاله، یافتن چیدمان بهینه محل قرارگیری دستگاه لیزر اسکنر زمینی برای اندازه‌گیری با کمترین تعداد نقاط ممکن است. از این دیدگاه، می‌توان موضوع جانمایی دستگاه لیزر اسکنر زمینی را به عنوان یک مسأله بهینه‌سازی مطرح کرد. هدف اصلی در بسیاری از مسائل بهینه‌سازی، دستیابی به بهینه مطلق[۱] و یا به عبارتی بهینه‌سازی مسأله به صورت سراسری است.

مسائل بهینه‌سازی به مسائلی گفته می‌شود که در آنها هدف تعیین متغیرهای یک تابع هزینه[۲] (یا تابع برازندگی[۳]) به گونه‌ای است که تابع هزینه کمینه (تابع برازندگی بیشینه) گردد. روش‌های تحلیلی و روش‌های عددی به عنوان دو روش کلی برای حل مسائل بهینه سازی مطرح هستند [۱۰-۱۲]. در روش‌های تحلیلی از تابع هزینه (برازندگی) نسبت به متغیرهای بهینه‌سازی مشتق گرفته و با تعیین اکسترمم‌های آن نتیجه مطلوب بدست می‌آید. در صورتی که تابع مورد استفاده مشتق‌پذیر نباشد و یا اینکه تعداد متغیرهای تصمیم‌گیری زیاد باشند، امکان استفاده از این روش‌ها وجود ندارد. روش‌های عددی به صورت کلی با مقداردهی به متغیرهای تصمیم‌گیری و ارزیابی نتایج حاصل از آن به دنبال بدست آوردن جواب بهینه هستند. روش‌های عددی نیز به دو دسته قطعی[۴] و تصادفی[۵] تقسیم می‌شوند[۱۱].

تعامل بین علم کامپیوتر و بهینه‌سازی منجر به ایجاد راه حل‌هایی برای مسائل جستجوی سراسری با نام فراابتکاری[۶] شد [۱۳]. در این روش‌ها از هوش جمعی استفاده می‌شود. هوش جمعی، یک سیستم هوش مصنوعی است که بر اساس رفتار جمعی سیستم‌های خود سازمانده غیر متمرکز عمل می‌کند [۱۴]. این بحث اولین بار توسط بانی و وانگ در سال ۱۹۹۳ در زمینه سیستم‌های رباتیک سلولی معرفی شد [۱۵]. مبانی هوش جمعی بر اساس مطالعه رفتار جانداران اجتماعی همچون برخی حشرات (زنبور عسل، مورچه)، پرندگان، ماهی‌ها و یا حتی انسان‌ها بنا نهاده شده است [۱۴]. یک سیستم مبتنی بر هوش جمعی، شامل جمعیتی از عامل‌های ساده است که در یک محیط قرار گرفته و با هم در تعامل هستند. با اینکه این عامل ها عملکرد ساده‌ای داشته و از یک سیستم کنترل مرکزی پیروی نمی‌کنند ولی همین تعامل ساده باعث بروز رفتارهای پیچیده از کل سیستم می‌شود. از نمونه های طبیعی این چنین سیستم‌هایی می‌توان کلونی مورچه‌ها، پرواز گروه پرندگان و حرکت گروه ماهی‌ها را نام برد. بر پایه این سیستم‌ها الگوریتم‌هایی با هدف بهینه سازی معرفی شده‌اند که از مهمترین آنها می‌توان به الگوریتم بهینه‌سازی گروه ذرات [۱۶]، الگوریتم بهینه‌سازی کلونی مورچه‌ها[۷] [۱۷, ۱۸] و الگوریتم بهینه‌سازی بر اساس حرکت زنبورهای عسل[۸] [۱۹, ۲۰] اشاره کرد.

الگوریتم ژنتیک یکی از شیوه‌های بهینه‌سازی است که با الهام از اصل بقای شایسته‌ترین در موجودات زنده عمل می‌کند. در این الگوریتم اعضا شایسته یک نسل برای ایجاد نسلی از اعضای احتمالاً شایسته‌تر، ترکیب می‌شوند. از همین‌رو، در حل مسائل مختلف می‌توان با استفاده از الگوریتم ژنتیک و ترکیب جواب‌های شایسته، جواب‌های بهینه‌تری برای مساله بدست آورد.

تفاوت این روش با روش‌های کلاسیک بهینه‌سازی در موارد کلی زیر است:

---

[1] Optimal Absolute
[2] Cost Function
[3] Fitness Function
[4] Deterministic
[5] Stochastic
[6] Meta-Heuristic
[7] Ant Colony Optimization (ACO)
[8] Bee Colony Optimization (BCO)

۱- در الگوریتم ژنتیک به جای تولید یک جواب در هربار تکرار، یک جمعیت از جواب‌ها تولید می شود.
۲- برای انتخاب جواب‌های بهینه‌تر برخلاف روش‌های متداول، به جای انتخاب‌های قطعی از انتخاب‌های تصادفی در محاسبات استفاده می‌شود.

در این مقاله، برای حل مساله جانمایی بهینه استقرار دستگاه لیزر اسکنر زمینی، الگوریتم ژنتیک به عنوان یک جستجوگر حالت بهینه مورد استفاده قرار می‌گیرد. همان‌طور که مطرح شد، الگوریتم ژنتیک به عنوان یک جستجوگر بر پایه مشاهدات خصوصیات فرزندان نسل‌های متوالی و انتخاب فرزندان بر اساس اصل بقای بهترین‌ها پایه‌ریزی شده است. الگوریتم ژنتیک بر روی فرزندان یک نسل (حالت‌های مختلف جانمایی دستگاه)، از قوانین موجود در علم ژنتیک پیروی نموده و با به کار بردن آن‌ها به تولید فرزندان بهتر (جواب نزدیک‌تر به هدف مساله) منجر می‌شود. در هر نسل به کمک عملگرهای خاص ژنتیک تقریب‌های بهتری از جواب نهایی بدست می‌آید. این رقابت میان ژن‌ها و پیروز شدن ژن غالب و کنار رفتن ژن‌های مغلوب (مقادیری از متغیرها که باعث دور شدن از هدف مساله می‌شوند.) روش کارآمدی برای حل مسائل پیچیده و دشوار می‌باشد[۲۱]. به نظر می‌رسد، استفاده از الگوریتم ژنتیک برای بهینه‌سازی مسائلی که دو شرط زیر را داشته باشند، کارساز خواهد بود:

- عدم وجود رابطه صریح تحلیلی بین میزان تناسب و متغیرهای تصمیم‌گیری
- جواب ترکیبی حاصل از چند متغیر

مهمترین مفاهیم و مراحل اجرایی که به هنگام به کارگیری این الگوریتم باید به تعریف و اجرای آنها پرداخت عبارتند از : فرد یا کروموزوم[۹] ، جمعیت[۱۰]، کدگذاری[۱۱]، تابع هزینه[۱۲]، انتخاب[۱۳]، تقاطع[۱۴]، جهش[۱۵] و نخبه‌گرایی[۱۶]. در ادامه در بخش روش پیشنهادی این مقاله، هریک از این مفاهیم تعریف شده‌اند.

۳-روش پیشنهادی

از میان تعداد زیاد روش‌های هوشمند، الگوریتم ژنتیک برای تعیین بهترین حالت جانمایی دستگاه لیزر اسکنر زمینی انتخاب شد. به دلیل اینکه انتخاب کمترین تعداد نقاط استقرار برای پوشش کامل محدوده موردنظر برای اسکن به عنوان یک مساله NP-Complete [۲۲, ۲۳] و الگوریتم ژنتیک روشی برای حل این نوع مسائل است[۲۴].

برای بدست آوردن جانمایی بهینه، برای هر نقطه کاندید استقرار دستگاه لیزر اسکنر هزینه استقرار بر اساس نواحی پنهان آن نقطه محاسبه می‌شود. در روش پیشنهادی، هر یک از نقاط کاندید قابل استقرار به عنوان یک ژن در نظر گرفته می شود. تابع هزینه برای هر نقطه کاندید (ژن)، بر اساس پارامترهای مختلفی همچون مقدار نواحی پنهان آن نقطه و متوسط زاویه برخورد اشعه لیزر به عوارض از آن نقطه کاندید محاسبه می‌شود. از آنجا که مقادیر هریک از این دو پارامتر متفاوت از دیگری است، برای اینکه بتوان مقدار تابع هزینه را برای هریک از نقاط کاندید به درستی انتخاب کرد، با نرمال‌سازی و ایجاد یک ضریب وزن با همدیگر جمع زده می‌شوند.

مجموعه‌ای از ژن‌ها (نقاط قابل استقرار) یک کروموزوم را تشکیل می‌دهند. مجموعه‌ای از کروموزوم‌ها نیز جمعیت اولیه جواب‌ها را تشکیل می دهند. تابع هزینه نهایی بر اساس تعداد نقاط کاندید انتخاب شده برای پوشش حداکثری

[9] Chromosome
[10] Population
[11] Encoding
[12] Cost Function
[13] Selection
[14] Crossover
[15] Mutation
[16] Elitism

منطقه مورد نظر برای اسکن محاسبه می‌شود. به عبارت بهتر، تابع هزینه بر اساس مقدار نـواحی پنهـان نهـایی پـس از انتخاب نقاط کاندید مختلف، تعداد آن‌ها و همچنین میانگین زاویه برخورد محلی آن‌ها مدلسازی می‌شود.

بعد از اینکه برای جمعیت اولیه، تابع هزینه برای تمامی کروموزوم‌ها محاسبه می‌شود، با سه عملگـر انتخـاب، تقـاطع و جهش میان کروموزوم‌ها و تکرار عملیات جواب بهینه سراسری مساله که همان انتخـاب کمتـرین تعـداد نقـاط کاندیـد برای استقرار دستگاه با شرط حداقل نواحی پنهـان نهـایی و همچنـین حـداقل میـانگین زاویـه برخـورد محلـی بـرای تامین دقت لازم در اندازه‌گیری‌ها بدست می‌آید.

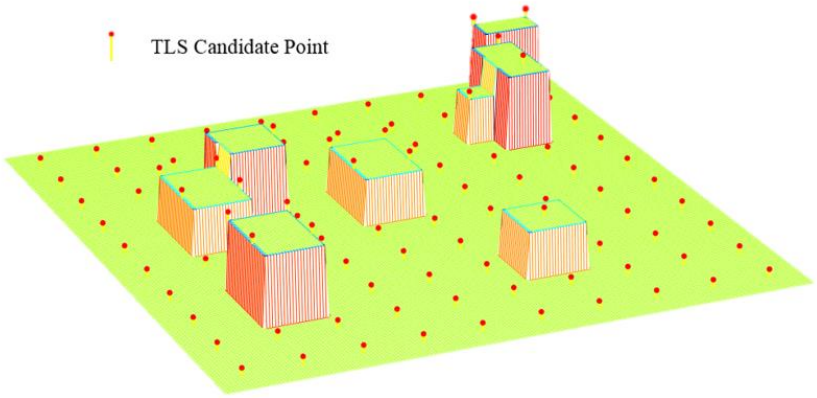
در خصوص عملگر انتخاب الگوریتم ژنتیک، برای اینکه بتوان جواب‌های بدست آمده را باهم مقایسه کرد، از سـه حالـت مختلف انتخاب تصادفی[۱۷]، انتخاب رقابتی[۱۸] و انتخاب بر اساس مقدار هزینـه و یـا رتبـه[۱۹] انجـام مـی‌شـود. در انتخـاب تصادفی همان‌طور که از عنوان آن مشخص است، انتخاب والدین برای تولید نسل‌های جدید به صـورت کـاملا تصـادفی انجام گرفته و هزینه استقرار نقاط کاندید در انتخـاب آنهـا بـرای ایجـاد کرومـوزوم (مجموعـه نقـاط کاندیـد اسـتقرار) نقشی ندارد.

در حالت انتخاب رقابتی، ابتدا m عضو از اعضا جمعیـت بـه تصـادف انتخـاب مـی‌شـوند (بـا احتمـال یکسـان). سـپس بهترین عضو از میان m عضو منتخب به عنوان نتیجه انتخاب رقابتی مشـخص مـی‌شـود. در حالـت انتخـاب بـر اسـاس مقـدار تـابع هزینـه و یـا رتبـه، احتمـال انتخـاب اعضـا یکسـان نبـوده و بنـابراین انتخـاب نقـاط اسـتقرار بـر اسـاس مقدار تابع هزینه هر کدام از نقاط و یا به عبارتی رتبه‌بندی نقاط کاندید صورت می‌گیرد. پس از انتخاب کروموزوم‌ها بـه یکی از این روش‌ها، در مرحله بعدی بایستی عمل تقاطع انجام شود.

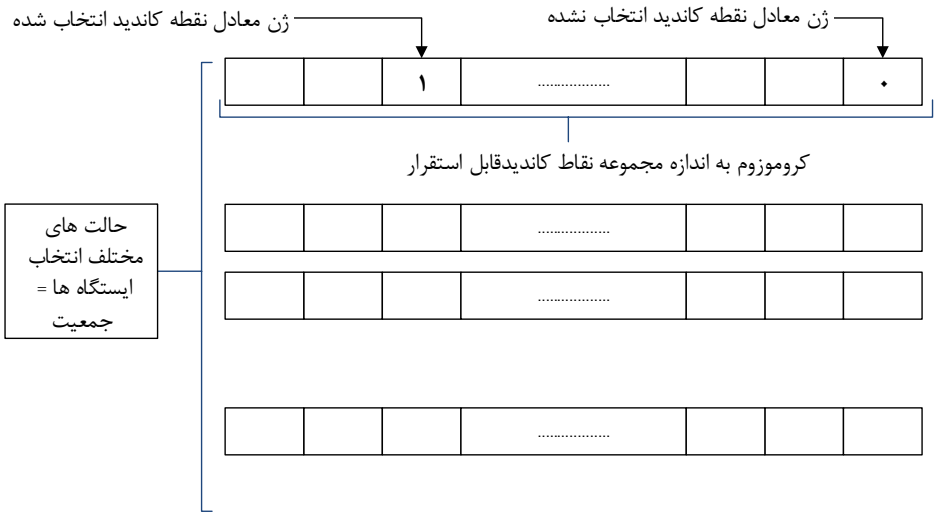
در مورد عملگـر تقـاطع نیـز از سـه حالـت تقـاطع در یـک نقطـه، تقـاطع در دو نقطـه و همچنـین حالـت یکنواخـت می‌توان استفاده کرد. در روش پیشنهادی بخشی از جواب‌هـا بـا تقـاطع در یـک نقطـه (بـه عنـوان مثـال ۱۰ درصـد)، برخی در دو نقطه (به عنوان مثال ۲۰ درصد) و مابقی در تقاطع به حالت یکنواخت انجام شد.

در روش پیشنهادی، به تعداد نقاط کاندید قابل استقرار ژن در نظر گرفته می‌شود، به عبارتی کرومـوزوم تشـکیل شـده برداری است به اندازه تعداد نقاط کاندید استقرار که در صورت انتخاب مقدار آن ژن برابر ۱ و در صـورت عـدم انتخـاب مقدار آن معادل ۰ در نظر گرفته می‌شود. از آنجا که برای هر ژن (یکـی از نقـاط کاندیـد اسـتقرار) مقـدار تـابع هزینـه مشخص است، لذا برای هر کروموزوم (مجموعه نقاط کاندید استقرار) نیز مقدار تابع هزینـه نهـایی محاسـبه مـی‌شـود. سپس با عملگر انتخاب و تقاطع جواب‌های مختلفی مورد بررسی قرار می‌گیرند. عملگر جهش هم بـه منظـور خـروج از مینمم‌های احتمالی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عنوان نمونه بـرای تشـکیل جمعیـت و انتخـاب جـواب بهینـه، اگـر محدوده اسکن موردنظر همانند **شکل ۱** در نظر گرفته شود. مطابق **شکل ۲**، هر نقطه کاندید قابل استقرار (ژن)، مجموعه نقاط قابل استقرار (کروموزوم) و حالت های مختلف انتخاب نقاط برای استقرار دستگاه (جمعیت) را در حـل مسـاله بـه روش الگوریتم ژنتیک را تشکیل خواهند داد.

[17] Random Selection
[18] Tournament Selection
[19] Roulette Wheel Selection



شکل ۱- محدوده مورد نظر برای اسکن با جانمایی نقاط کاندید مختلف

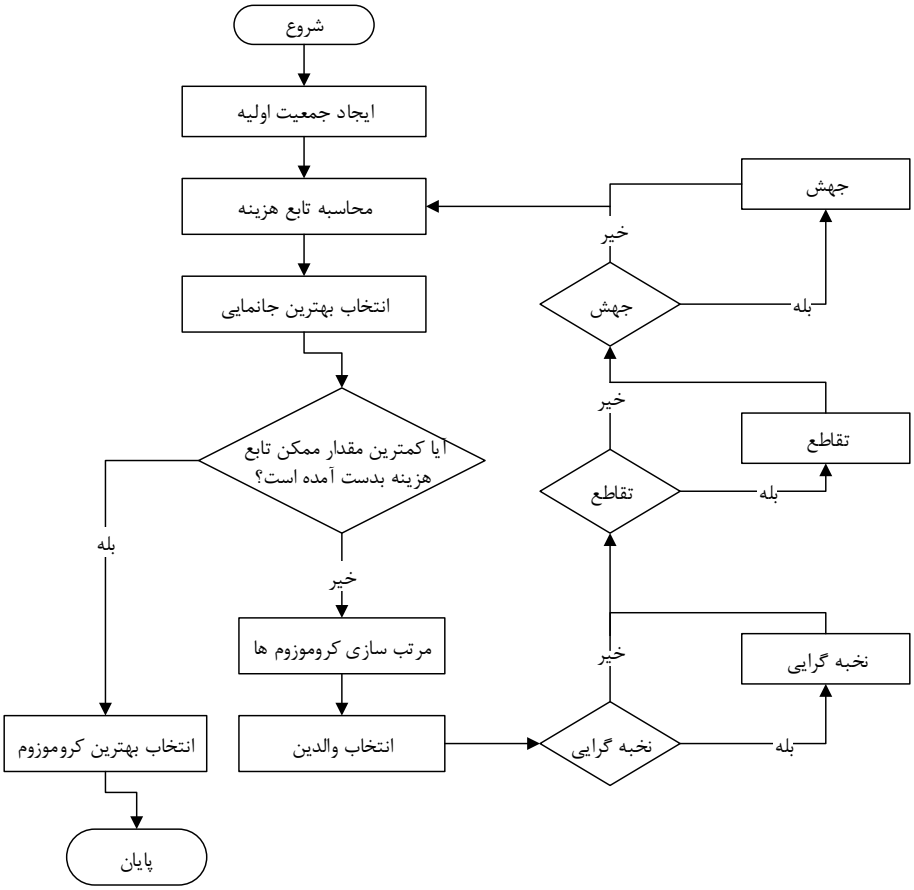


شکل ۲- نحوه تشکیل کروموزوم‌ها و جمعیت جواب ها در مساله جانمایی دستگاه لیزر اسکنر زمینی

شکل ۳، فرایند کلی به کارگیری الگوریتم ژنتیک برای یافتن حالت بهینه استقرار دستگاه لیزر اسکنر زمینی را نشان می‌دهد.

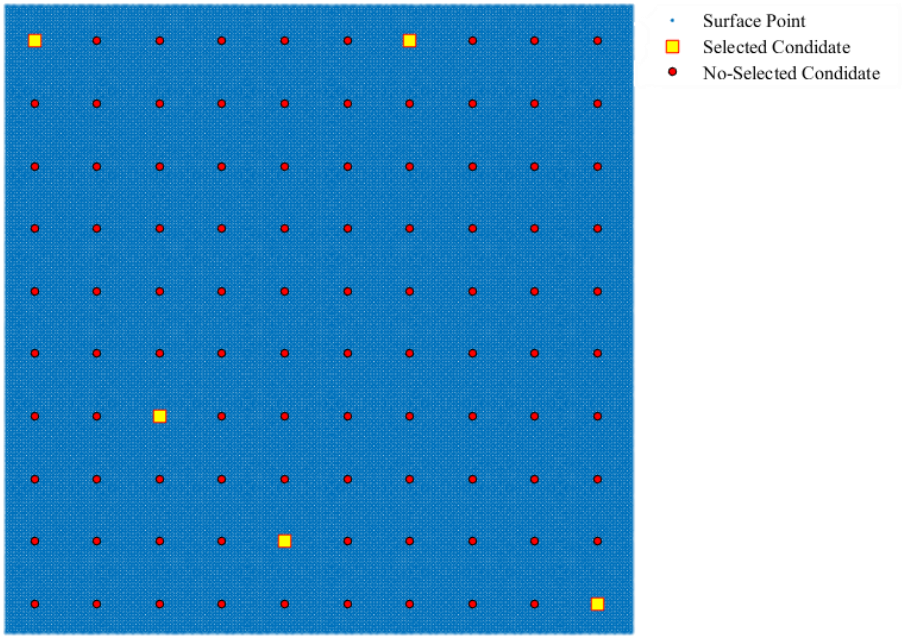
مراحل پیاده سازی الگوریتم ژنتیک را می‌توان به صورت خلاصه به صورت زیر بیان کرد:

۱- ایجاد جمعیت تصادفی از انتخاب‌های مختلف نقاط کاندید ممکن و ارزیابی آن‌ها
۲- انتخاب والدین و ترکیب آن‌ها برای ایجاد جمعیت فرزندان
۳- انتخاب اعضا جمعیت برای اعمال جهش و ایجاد جمعیت جهش یافتگان
۴- ادغام جمعیت اصلی، فرزندان و جهش یافتگان و ایجاد جمعیت اصلی جدید (چیدمان بهینه نقاط استقرار)
۵- اگر شرایط خاتمه محقق نشده باشند، از مرحله ۲ تکرار عملیات و در غیر این صورت پایان



شکل ۳- نمودار فرآیند الگوریتم ژنتیک

شکل4 ، حالت بهینه استقرار دستگاه لیزر اسکنر زمینی در انتخاب نقاط کاندید، توسط الگوریتم ژنتیک را در پایان مراحل مختلف تکرار و رسیدن به یک حدآستانه از پیش تعریف شده برای نواحی پنهان نهایی را نشان می‌دهد.



شکل4 - جواب بهینه سراسری انتخاب شده توسط الگوریتم ژنتیک

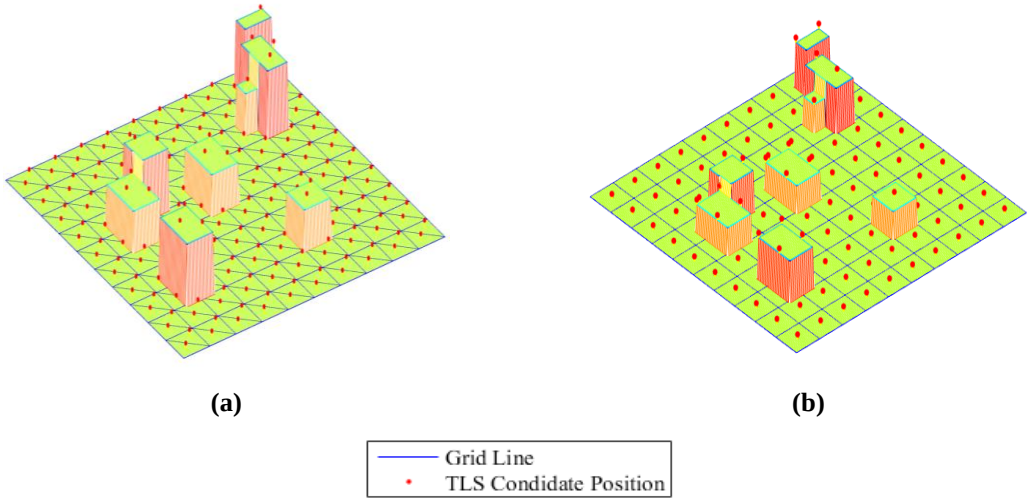
۴-پیاده سازی و ارزیابی روش پیشنهادی

با تعریف پارامترها و ساختار الگوریتم ژنتیک، امکان پیاده‌سازی و اجرای آن برای ارزیابی جانمایی بهینه موقعیت قرارگیری دستگاه لیزر اسکنر زمینی فراهم شد. این پیاده‌سازی در محیط برنامه نویسی MATLAB صورت گرفت. در این مقاله، برای ارزیابی بهتر الگوریتم از دو نوع داده شبیه‌سازی شده و واقعی استفاده شده است.

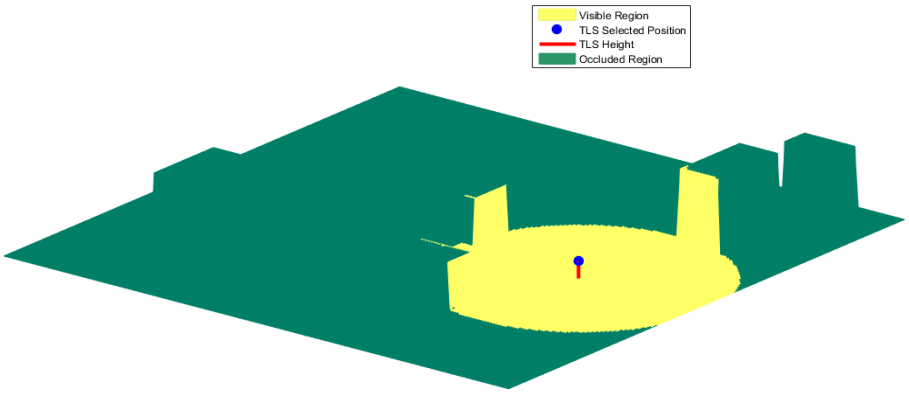
۴-۱-داده‌های شبیه‌سازی شده

روش پیشنهادی بر روی داده‌های مختلف شبیه‌سازی شده، مورد آزمایش قرار گرفت. در آزمایش‌های مختلف پارامترهایی چون وسعت، پیچیدگی محدوده موردنظر برای اسکن و همچنین تعداد نقاط کاندید مورد ارزیابی قرار گرفتند.

برای انجام این آزمایش‌ها، یک محدوده به عنوان قسمتی از یک منطقه شهری که چندین ساختمان با ارتفاع‌های مختلف (۶، ۸، ۱۲ و ۱۶ متری) درون آن وجود دارد، به صورت سه بعدی شبیه‌سازی شد. نقاط کاندید نیز با شبکه‌بندی مثلثی و مربعی محدوده اسکن بدست آمدند. در **شکل ۵**، شبکه بندی محدوده اسکن به منظور ایجاد نقاط کاندید برای استقرار دستگاه لیزر اسکنر زمینی را نشان می‌دهد. برای هر نقطه کاندید با توجه به ویژگی‌هایی چون حداکثر فاصله قابل قبول در اندازه‌گیری، میدان دید و زوایه برخورد محلی مناسب، دستگاه لیزر اسکنر شبیه‌سازی شده است. هزینه هر نقطه کاندید با توجه به این پارامترها محاسبه می‌شود. **شکل ۶**، نحوه استقرار دستگاه لیزر اسکنر شبیه‌سازی شده و میدان دید آن نقطه جهت محاسبه هزینه استقرار را نشان می‌دهد.



شکل ۵- شبکه بندی محدوده اسکن به منظور ایجاد نقاط کاندید برای استقرار دستگاه لیزر اسکنر زمینی، (a) شبکه مثلثی و (b) شبکه مربعی



شکل ۶- میدان دید یک نقطه کاندید نمونه برای محاسبه هزینه استقرار در یک ایستگاه

الگوریتم مجموعه‌ای از نقاط کاندید را انتخاب کرده و هزینه نهایی را بر اساس هزینه فردی هر کدام از آن‌ها و تعداد انتخاب‌شدگان محاسبه می‌کند. چگونگی تعریف پارامترهای مختلف برای الگوریتم ژنتیک در جستجوی حالت بهینه در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- پارامترهای مختلف و مقدار/ ارزش / روش مورد استفاده در الگوریتم ژنتیک برای جانمایی بهینه

پارامتر	مقدار / ارزش / روش
تعداد متغیرهای تصمیم (ژن‌ها)	برابر تعداد نقاط کاندید قابل استقرار دستگاه
حداکثر تعداد دفعات تکرار	۱۰۰
اندازه جمعیت	۱۰۰۰
درصد جمعیت برای تقاطع	٪ ۰/۷
درصد جمعیت برای جهش	٪ ۰/۳
نحوه انتخاب والدین برای انجام تقاطع	تصادفی رقابتی بر اساس رتبه یا هزینه
نحوه انجام تقاطع	یک نقطه‌ای دو نقطه‌ای یکنواخت

شرایط توقف برای الگوریتم در انتخاب جواب بهینه را می‌توان با یکی از حالات زیر اعمال کرد:

۱- رسیدن به حدقابل قبولی از پاسخ

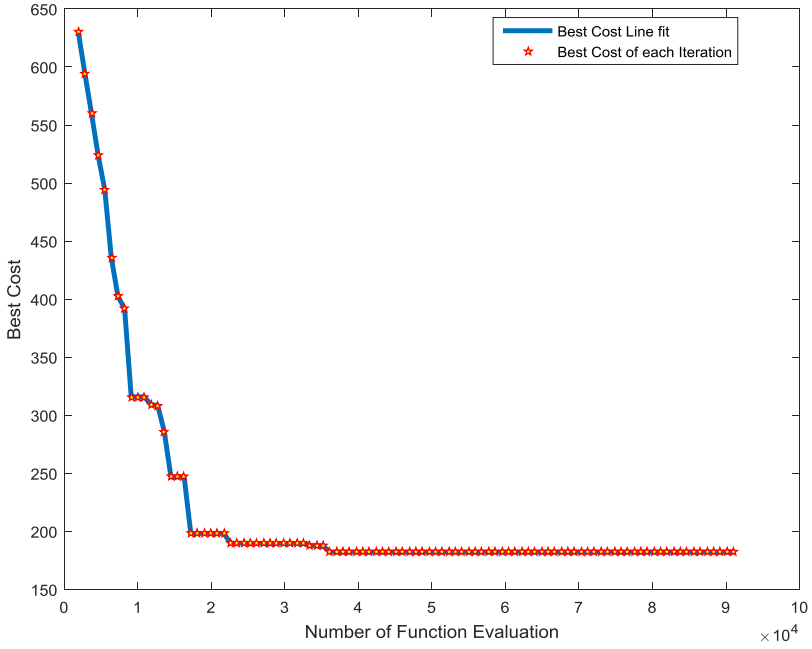
۲- سپری شدن زمان یا تکرار معین

۳- سپری شدن زمان یا تکرار معین بدون مشاهده بهبود خاصی در در نتیجه گذشت زمان یا تکرار الگوریتم

۴- رسیدن به تعداد مشخصی از تعداد دفعات فراخوانی تابع هزینه[۲۰]

به عنوان مثال در **شکل ۷** نمودار مقدار تابع هدف بر اساس تعداد دفعات فراخوانی تابع هزینه در نشان داده شده است.

[20] Number of Function Evaluation (NFE)



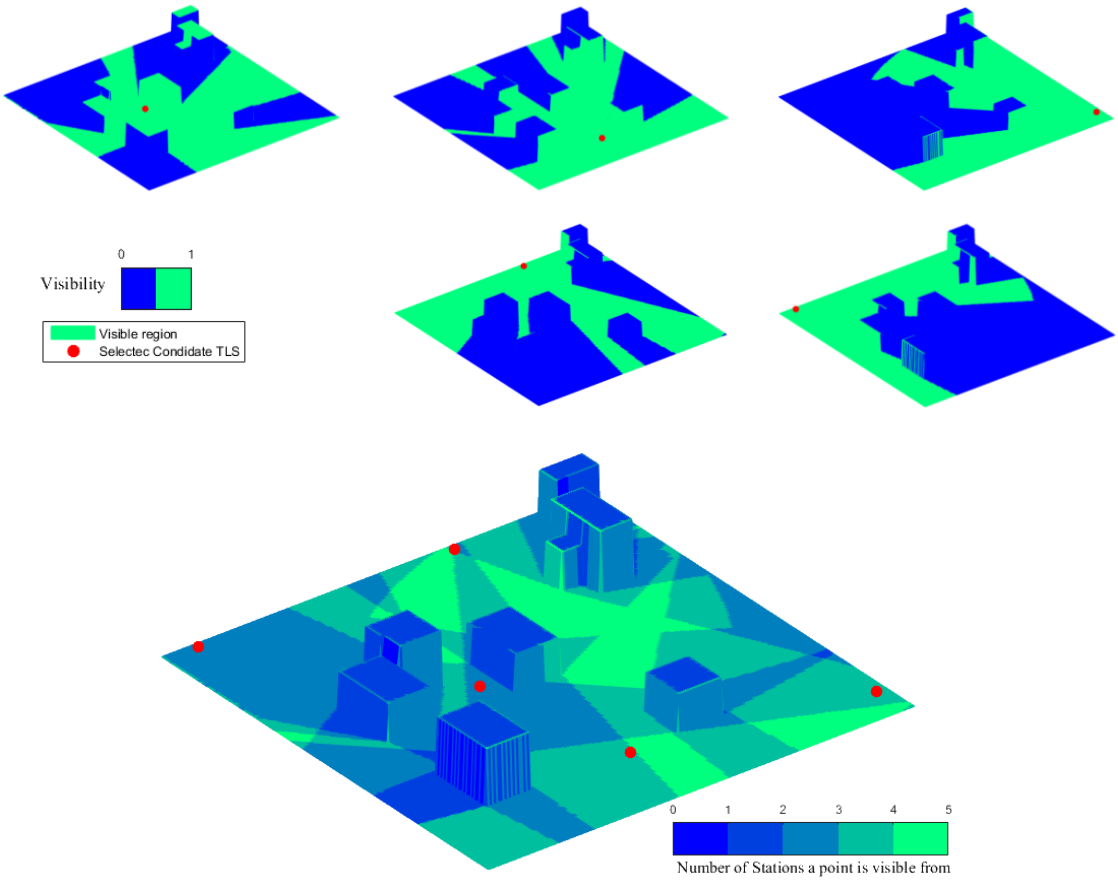
شکل ۷- تغییرات مقدار تابع هزینه در تعداد دفعات مختلف فراخوانی آن

معیار توقف تعداد دفعات فراخوانی تابع هزینه به صورت زیر محاسبه شده است.

تعداد تکرار × (تعداد جهش یافتگان + تعداد فرزندان) + تعداد جمعیت اصلی = تعداد دفعات فراخوانی تابع هزینه

با توجه به پارامترهای تعریف شده برای الگوریتم، آزمایش‌های مختلفی ترتیب داده شد. پارامترهای نظیر چگونگی شبکه‌بندی محوطه جهت ایجاد نقاط کاندیدای استقرار، حداکثر فاصله قابل قبول در اندازه‌گیری‌ها و روش انتخاب والدین مورد بررسی قرار گرفتند.

در یکی از این آزمایش‌ها با شبکه‌بندی مربعی نقاط کاندید مختلف برای استقرار دستگاه لیزر اسکنر زمینی ایجاد شد. با توجه به هزینه استقرار محاسبه شده برای نقاط مختلف و هدف نهایی که پوشش کامل محدوده موردنظر اسکن می‌باشد، بهترین حالتی که برای نقاط انتخاب شده بدست آمد، تعداد ۵ ایستگاه استقرار است. در **شکل ۸**، به تفکیک وضعیت هر یک از نقاط انتخاب‌شده و همچنین وضعیت نهایی نحوه پوشش محدوده اسکن نشان داده شده است.



شکل ۸- وضعیت نقاط مختلف نهایی انتخاب شده برای پوشش کامل محدوده مورد نظر برای اسکن مربوط به نقاط انتخاب شده در شکل4

همان‌طور که مطرح شد، تابع هزینه نهایی بر اساس مقدار نواحی پنهان نهایی پس از انتخاب نقاط کاندید مختلف، تعداد آن‌ها و همچنین میانگین زاویه برخورد محلی آن‌ها مدلسازی می‌شود. یکی از اساسی‌ترین مسائل موجود در این مرحله، انتخاب پارامترهای وزن مناسب برای هر کدام از این پارامترها است. با توجه به اینکه هدف کمترین تعداد نقاط استقرار در کنار حداکثر پوشش نواحی بایستی این مقادیر تعیین شوند. در خصوص داده شبیه‌سازی شده با آزمایش‌های فراوان این مقادیر بدست آمدند.

در جدول ۲، نتایج بدست آمده در آزمایش‌های مختلف با تغییر پارامترهایی چون نوع شبکه‌بندی، حداکثر فاصله قابل قبول در اندازه‌گیری و همچنین نحوه انتخاب والدین برای تولید جمعیت جدید از جواب‌ها نشان داده شده است. در تمامی آزمایش‌ها با شبکه‌بندی مربعی نسبت به شبکه‌بندی مثلثی تعداد کمتری از نقاط برای استقرار در حالت بهینه، انتخاب شده‌اند. با افزایش فاصله قابل قبول اندازه‌گیری‌ها در هر دو حالت شبکه‌بندی تعداد حداقل و همچنین نواحی پنهان نهایی کمینه شده است. به جرأت می‌توان گفت اگر این فاصله از ۱۰۰ به ۵۰ تقلیل پیدا کند، تعداد نقاط کاندید مناسب از ۵ به حدود ۲۰ مورد افزایش پیدا می‌کند. همان‌طور که در **جدول ۲** نشان داده شده است، تغییر نحوه انتخاب والدین تأثیر چندانی در کاهش تعداد نقاط کاندید انتخاب‌شده و ناحیه پنهان نهایی ندارد.

جدول ۲- نتایج آزمایش‌های مختلف برای دستیابی به نقاط بهینه استقرار دستگاه لیزر اسکنر زمینی با ۹۱۰۰۰ فراخوانی تابع هزینه

آزمایش	نوع شبکه‌بندی	حداکثر فاصله قابل قبول برای اندازه‌گیری	روش انتخاب والدین	تعداد نقاط کاندید انتخاب‌شده	ناحیه پنهان نهایی (٪)
۱		100	Roulette Wheel	5	۰.۱۲۸۷۱
۲			Tournament	5	0.12871
۳			Random	5	0.12871
۴	مربعی	75	Roulette Wheel	13	0.07178
۵			Tournament	13	0.074256
۶			Random	13	0.07178
۷		50	Roulette Wheel	19	0.081681
۸			Tournament	19	0.081681
۹			Random	19	0.081681
۱۰	مثلثی	100	Roulette Wheel	10	0.012376
۱۱			Tournament	11	0.012376
۱۲			Random	10	0.012376
۱۳		75	Roulette Wheel	14	0.019801
۱۴			Tournament	15	0
۱۵			Random	14	0.022277
۱۶		50	Roulette Wheel	24	0
۱۷			Tournament	23	0
۱۸			Random	23	0

نتایج آزمایش‌های مختلف نشان می‌دهد، الگوریتم ژنتیک در حالت‌های مختلف توانایی انتخاب حالت بهینه سراسری با حداقل تعداد نقاط و همچنین پوشش حداکثری مورد نیاز را برآورده می‌سازد.

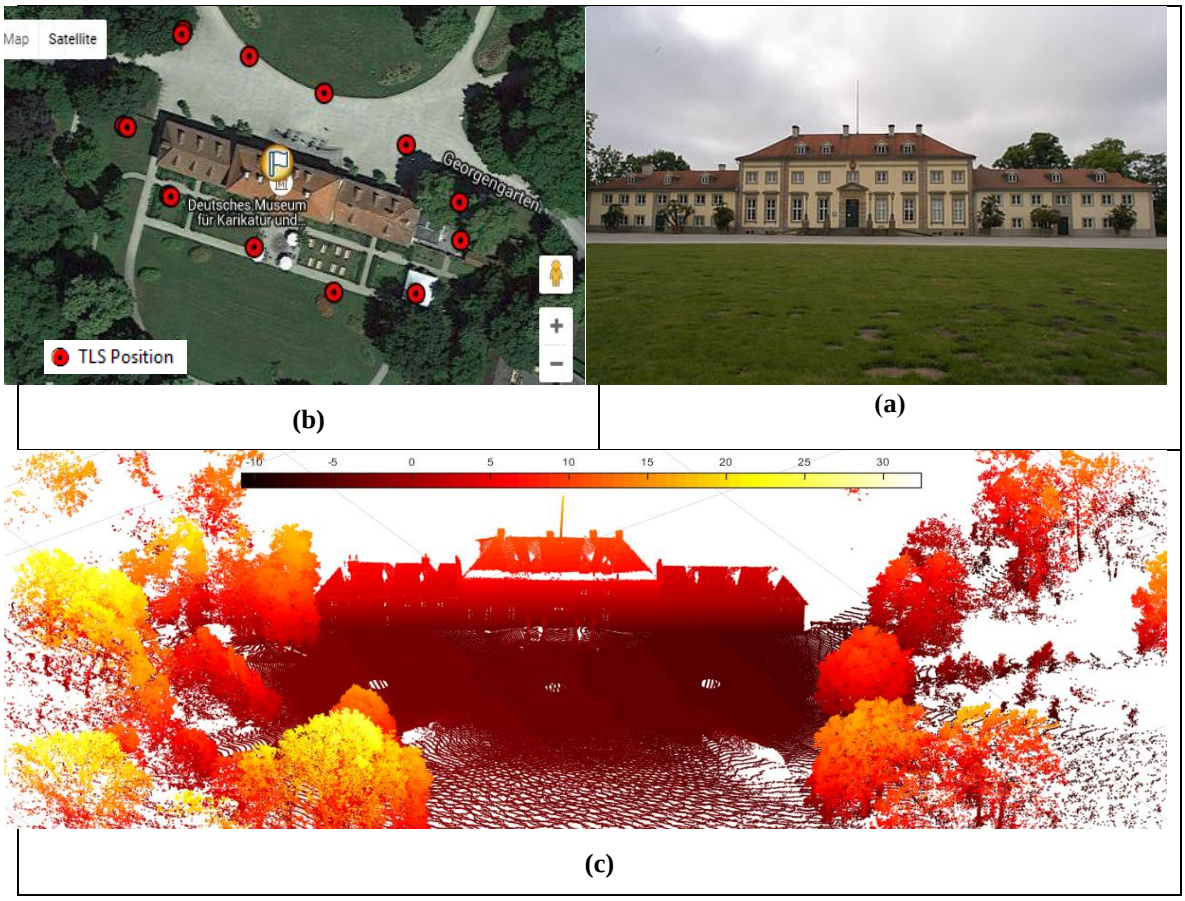
با شبکه‌بندی مربعی نسبت به شبکه‌بندی مثلثی تعداد کمتری از نقاط برای استقرار در حالت بهینه، انتخاب شده‌اند. با افزایش فاصله قابل قبول اندازه‌گیری‌ها در هر دو حالت شبکه‌بندی تعداد حداقل و همچنین نواحی پنهان نهایی کمینه شده است. به جرأت می‌توان گفت اگر این فاصله از ۱۰۰ به ۵۰ تقلیل پیدا کند، تعداد نقاط کاندید مناسب از ۵ به حدود ۲۰ مورد افزایش پیدا می‌کند. همان‌طور که در **جدول ۲** نشان داده شده است، تغییر نحوه انتخاب والدین تأثیر چندانی در کاهش تعداد نقاط کاندید انتخاب‌شده و ناحیه پنهان نهایی ندارد. نتایج آزمایش‌های مختلف نشان می‌دهد که پارامتر حداکثر فاصله قابل‌قبول در اندازه‌گیری تاثیر بسزایی در تعداد نقاط انتخاب‌شده نهایی داشته باشد.

نکته دیگر قابل توجه آن است که پارامترهای وزندهی در محاسبه تابع هزینه برای تعداد نقاط و نواحی پنهان نهایی اهمیت فراوانی دارد. همان طور که در آزمایش‌های انجام شده مشخص است، که با تغییر وزندهی‌ها گاهی غلبه بر نواحی پنهان اهمیت پیدا کرده و در نتیجه تعداد نقاط انتخاب‌شده افزایش داشته است. در حالی که در مواردی که اهمیت کم بودن تعداد نقاط استقرار اهمیت یافته، بخشی از محدوده اسکن به صورت ناحیه پنهان باقی مانده است.

۴-۲-داده‌های واقعی

برای ارزیابی بیشتر کارایی الگوریتم ارائه شده در این مقاله، آزمایش‌های مختلفی نیز، بر روی داده واقعی دستگاه لیزر اسکنر زمینی انجام شد. به عبارت دیگر، هدف آن است که انتخاب تجربی نقاط استقرار دستگاه لیزر اسکن، در یک پروژه اسکن با روش هوشمند مطرح شده در این مقاله مقایسه شود. برای این منظور، داده واقعی مربوط به ساختمان موزه ویلهلم بوش در هانوور آلمان که در سال ۲۰۰۴ از ۱۴ ایستگاه مختلف اندازه‌گیری شده بود، به کار گرفته شد. در **شکل ۹**، موقعیت جانمایی ایستگاه‌های استقرار دستگاه لیزر اسکنر زمینی، تصویری از ساختمان موزه و همچنین ابرنقاط هم مرجع شده ۳ ایستگاه آن نشان داده شده است.

در این مرحله، ابرنقاط نهایی ۱۴ ایستگاه هم مرجع شده، به عنوان هدف برای انجام اسکن به الگوریتم معرفی شد. در این شرایط هدف آن است که توانایی انتخاب نقاط کاندید برای استقرار دستگاه لیزر اسکنر زمینی توسط الگوریتم با حالت انجام شده پروژه مقایسه شود. همان طور که **شکل ۹**، قسمت (a)، نشان داده شده است، انتخاب نقاط استقرار دستگاه لیزر اسکنر زمینی با مهارت خوبی در اطراف ساختمان مزبور در آن زمان انجام شده است. در **شکل ۹**، قسمت (b)، موقعیت ۱۴ ایستگاه استقرار دستگاه لیزر اسکنر زمینی در اطراف ساختمان موزه نشان داده شده است. در **شکل ۹**، قسمت (c)، ابرنقاط هم مرجع شده ۳ ایستگاه اندازه‌گیری با استفاده از دستگاه لیزر اسکنر زمینی برای این محدوده نشان داده شده است.



(a) **(b)** **(c)**

شکل ۹- (a) محدوده موزه Wilhelm Busch Museum بر روی تصویر ماهواره ای و موقعیت‌های نقاط استقرار دستگاه لیزر اسکنر، (b) تصویر مقابل موزه، (c) ابرنقاط سه ایستگاه لیزر اسکنر زمینی

به عنوان ورودی سیستم جانمایی موقعیت دستگاه لیزر اسکنر زمینی، مدل بسیار ساده شده محدوده موزه استفاده شد. نتایج اعمال الگوریتم بر روی این مدل اولیه در **جدول ۳** نشان داده شده است. همان‌طور که در این جدول مشخص

شده است، روش پیشنهادی با استفاده از الگوریتم ژنیتک پیاده‌سازی شده تعداد نقاط کمتری را برای پوشش کامل محدوده موردنظر برای اسکن را انتخاب کرده است. در خصوص این داده نیز، روش‌های شبکه‌بندی مثلثی و مربعی برای ایجاد نقاط کاندید مورد استفاده قرار گرفتند. همچنین در آزمایشهای مختلف انجام شده در مورد این داده فاصله حداکثری قابل قبول برای اندازه‌گیری‌ها ۷۰ متر در نظر گرفته شد. همان‌طور که در مورد داده‌های شبیه‌سازی شده هم مشاهده شد، شیوه‌های مختلف انتخاب والدین برای ایجاد جمعیت فرزندان چندان تأثیری بر روی تعداد نهایی نقاط کاندید انتخابی و همچنین مقدار پوشش ناحیه پنهان نهایی ندارد. همچنین در خصوص نوع شبکه‌بندی نیز در صورتی که ابعاد شبکه‌بندی کوچک باشد (به‌طور مثال ۲ متر) در این صورت نتیجه حالت بهینه جانمایی تفاوت قابل توجهی نمی‌نماید. روش حاضر توانست به‌جای ۱۴ ایستگاه، در حالت‌های مختلف کمتر از این تعداد را برای اسکن محدوده و ایجاد ابرنقاط نهایی را انتخاب کند. این مساله نشان می‌دهد که در اسکن محدوده موردنظر برای اسکن تعداد اضافی ایستگاه برداشت شده است.

جدول ۳- نتایج اعمال الگوریتم برای پیشنهاد نقاط مناسب برای استقرار دستگاه لیزر اسکنر زمینی با ۹۱۰۰۰ فراخوانی تابع هزینه و حداکثر فاصله قابل قبول برای اندازه‌گیری ۷۰ متری

آزمایش	نوع شبکه‌بندی	روش انتخاب والدین	تعداد نقاط کاندید انتخاب‌شده	ناحیه پنهان نهایی (٪)
۱	مربعی	Roulette Wheel	**10**	۰.۰۶۶۸۳
۲		Tournament	**10**	**0.81681**
۳		**Random**	**9**	**0.9876**
۴	مثلثی	**Roulette Wheel**	**11**	**0.042078**
۵		**Tournament**	**10**	**0.53712**
۶		**Random**	**11**	**0.042078**

در این مقاله، هدف آن بود که به نحوی با استفاده از الگوریتم ژنتیک، انتخاب تجربی نقاط استقرار دستگاه لیزر اسکنر زمینی مورد بررسی قرار گیرد. نتایج این آزمایش‌ها نشان می‌دهد که نحوه انتخاب تجربی نقاط این نقاط چقدر به حالت بهینه نزدیک است. آنچه که در آزمایش‌های متعدد به دست آمد، آن است که تنظیم درست پارامترهای الگوریتم ژنتیک منجر به رسیدن به جواب بهینه سراسری مساله است. از آنجا که تعداد نقاط استقرار دستگاه به نوعی نشان‌دهنده هزینه پروژه است، امکان ارزیابی پروژه‌های مختلف انجام شده با دستگاه لیزر اسکنر زمینی با این روش فراهم شده است. شایان ذکر است، در روش پیشنهادی تنها تعداد نقاط استقرار دستگاه نیز به عنوان معیار بهنیه بودن در نظر گرفته نشده است.

۵-نتایج و پیشنهادها

امروزه دستگاه‌های لیزر اسکنر زمینی در اغلب پروژه‌های نقشه‌برداری زمینی، برای تولید نقشه یک محدوده مشخص استفاده می‌شوند. عوامل مختلفی همچون وسعت محدوده، پیچیدگی عوارض موجود در آن و محدودیت‌های دستگاه باعث می‌شوند که با یک استقرار دستگاه تمامی مختصات‌های مورد نیاز برای تهیه نقشه، اندازه‌گیری نشوند. از اینرو، دستگاه بایستی در نقاط مختلف قرار گرفته و عملیات اسکن تا کامل شدن مدل نهایی، در ایستگاه‌های مختلف تکرار شود. هزینه اجرایی این نوع از پروژه‌ها به شدت به نحوه انتخاب ایستگاه‌های برداشت دستگاه وابسته است. از همین‌رو یکی از مسائل مهم آن است که موقعیت‌های استقرار دستگاه به درستی انتخاب‌شده باشند. در این مقاله با استفاده از الگوریتم ژنتیک ابزاری برای ارزیابی نحوه جانمایی دستگاه لیزر اسکنر زمینی ارائه شده است.

اغلب کاربران دستگاه با توجه به تجربه، مهارت و شناخت خود از منطقه، نقاط استقرار را به صورت غیر اتوماتیک انتخاب می‌کنند. در این حالت، در خیلی از مواقع تعداد نقاط استقرار بیشتر از حد مورد نیاز است. همچنین، برخی اوقات با وجود تعداد زیاد نقاط استقرار، همچنان اطمینان از کامل بودن داده‌ها نیز حاصل نشده است. در این مقاله، مسأله جانمایی دستگاه لیزر اسکنر زمینی به عنوان یک موضوع بهینه‌سازی مطرح شده و با استفاده از الگوریتم ژنتیک ابزاری به منظور ارزیابی جانمایی انجام شده در این نوع از پروژه‌ها ارائه گردید.

تنظیم پارامترهای مختلف الگوریتم جستجوی ژنتیک، نحوه ایجاد نقاط کاندید برای استقرار، شرایط و محدودیت دستگاه لیزر اسکنر زمینی در نظر گرفته‌شده، نحوه انتخاب والدین برای ایجاد جواب‌های جدید و همچنین نحوه اعمال عملگرهای تقاطع و جهش از جمله مواردی هستند که بایستی در مساله مطرح شده به درستی تنظیم باشند. در این مقاله این موارد به صورت آزمون و خطا با آزمایش‌های فراوان بدست آمد. پیشنهاد می‌شود در کارهای آینده برای تنظیم این پارامترها نیز از الگوریتم‌های بهینه‌سازی استفاده شود.

در مقاله حاضر، از آنجا که هدف ارزیابی کار انجام شده با دستگاه لیزر اسکنر زمینی بود، ابرنقاط نهایی مدنظر از محدوده اسکن به عنوان معیار انتخاب نقاط کاندید بهینه مورد استفاده قرار گرفت.

در این مقاله از الگوریتم هوشمند ژنتیک برای این منظور استفاده شد. پیشنهاد می‌شود در کارهای آینده از الگوریتم‌های هوشمند دیگر نظیر الگوریتم ازدحام ذرات، کلونی مورچه‌ها یا الگوریتم حرکت زنبورهای عسل نیز استفاده شود.

مراجع

[1] L. De Floriani, P. Marzano, and E. Puppo, "Line-of-sight communication on terrain models," *International Journal of Geographical Information Systems*, vol. 8, pp. 329-342, 1994/07/01 1994.

[2] V. Akbarzadeh, J.-C. Lévesque, C. Gagné, and M. Parizeau, "Efficient Sensor Placement Optimization Using Gradient Descent and Probabilistic Coverage," *Sensors*, vol. 14, pp. 15525-15552, 2014.

[3] F. Yap and H.-H. Yen, "A Survey on Sensor Coverage and Visual Data Capturing/Processing/Transmission in Wireless Visual Sensor Networks," *Sensors*, vol. 14, pp. 3506-3527, 2014.

[4] A. H.-R. Ko, A.-L. Jousselme, R. Sabourin, and F. Gagnon, "A dominance-based stepwise approach for sensor placement optimization," *Applied Soft Computing*, vol. 28, pp. 466-482, 3// 2015.

[5] H. R. Topcuoglu, M. Ermis, and M. Sifyan, "Positioning and Utilizing Sensors on a 3-D Terrain Part I—Theory and Modeling," *Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on*, vol. 41, pp. 376-382, 2011.

[6] A. T. Murray, K. Kim, J. W. Davis, R. Machiraju, and R. Parent, "Coverage optimization to support security monitoring," *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 31, pp. 133-147, 3// 2007.

[7] زمینی," مجله مواد مهندسی م. سعادت سرشت, "امکان سنجی اتوماسیون طراحی شبکه برای لیزر اسکنر, pp. 24-37, 1386.

[8] م. حیدری مظفر, "طراحی و پیاده سازی الگوریتمی به منظور مکان‌یابی بهینه ایستگاه های لیزر اسکنر زمینی با تاکید بر کاهش نواحی پنهان " پروپوزال دکتری, گروه فتوگرامتری و سنجش از دور، دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک ، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی, ۱۳۹۰.

[9] م. حیدری مظفر، م. ورشوساز، م. سعادت سرشت, "طبقه‌بندی روش‌های طراحی میدان دید برای استفاده در عملیات برداشت نقشه برداری با دستگاه لیزراسکنر زمینی ، بیست و یکمین همایش ملی ژئوماتیک تهران- برج میلاد, ۱۳۹۳.

[10] K. Rose, "Deterministic annealing for clustering, compression, classification, regression, and related optimization problems," *Proceedings of the IEEE,* vol. 86, pp. 2210-2239, 1998.

[11] S. S. Rao and S. Rao, *Engineering optimization: theory and practice*: John Wiley & Sons, 2009.

[12] R. Kolisch and S. Hartmann, "Heuristic Algorithms for the Resource-Constrained Project Scheduling Problem: Classification and Computational Analysis," in *Project Scheduling*. vol. 14, J. Węglarz, Ed., ed: Springer US, 1999, pp. 147-178.

[13] E.-G. Talbi, *Metaheuristics: From Design to Implementation*: Wiley Publishing, 2009.

[14] C. P. Lim, L. C. Jain, and S. Dehuri, *Innovations in swarm intelligence* vol. 248: Springer Science & Business Media, 2009.

[15] G. Beni and J. Wang, "Swarm Intelligence in Cellular Robotic Systems," in *Robots and Biological Systems: Towards a New Bionics?* vol. 102, P. Dario, G. Sandini, and P. Aebischer, Eds., ed: Springer Berlin Heidelberg, 1993, pp. 703-712.

[16] R. C. Eberhart and J. Kennedy, "A new optimizer using particle swarm theory," in *Proceedings of the sixth international symposium on micro machine and human science*, 1995, pp. 39-43.

[17] A. Colorni, M. Dorigo, and V. Maniezzo, "Distributed optimization by ant colonies."

[18] M. Dorigo and L. M. Gambardella, "Ant colony system: a cooperative learning approach to the traveling salesman problem," *Evolutionary Computation, IEEE Transactions on,* vol. 1, pp. 53-66, 1997.

[19] D. Karaboga, "An idea based on honey bee swarm for numerical optimization."

[20] D. Karaboga and B. Akay, "A survey: algorithms simulating bee swarm intelligence," *Artificial Intelligence Review,* vol. 31, pp. 61-85, 2009/06/01 2009.

[21] R. Poli, W. B. Langdon, and N. F. McPhee, *A Field Guide to Genetic Programming*: Lulu Enterprises, UK Ltd, 2008.

[22] S. Soudarissanane and R. Lindenbergh, "Optimizing terrestrial laser scanning measurement set-up," in *ISPRS Workshop Laser Scanning 2011, Calgary, Canada, 29-31 August 2011; IAPRS, XXXVIII (5/W12), 2011*, 2011.

[23] R. Karp, "Reducibility among Combinatorial Problems," in *Complexity of Computer Computations*, R. Miller, J. Thatcher, and J. Bohlinger, Eds., ed: Springer US, 1972, pp. 85-103.

[24] K. A. De Jong, "Using Genetic Algorithms to Solve NP-Complete Problems," 1989.

Terrestrial Laser Scanner Locating assessment in Surveying Projects with Genetic Algorithm

Morteza Heidari Mozaffar[1]*, Mohammad Saadatseresht[3], Masood Varshosaz[2]

1- Photogrammetry PhD Student in Faculty of Geodesy and Geomatics Eng. K.N. Toosi University of Technology

2- Assistant Professor in Department of Geomatics Eng., University College of Eng., University of Tehran

3- Associated Professor in Faculty of Geodesy and Geomatics Eng. K.N. Toosi University of Technology

Abstract

There is the possibility of complete modeling using terrestrial laser scanner. For complete coverage of the target region for the scan, the device must be located in various locations and carried out measurement operations. Nevertheless, the movement to increase the deployment requires more cost and time for field measurements, and thus increases the computed time and cost. In this paper, the goal is to provide a tool to assess the selected locations for the deployment of terrestrial laser scanners. In this regard, to achieve to this goal the genetic optimization algorithm is used. In the proposed method, the total registered point cloud implementation of all stations in the range of scanning devices is used as the search space for the genetic algorithm. The cost function with two goals, a reduction in occlusion areas other end of the taken of the fewest possible points for placements. By selecting a random set of candidate locations for placement as an initial response, the algorithm is started to obtain optimal layout placement and in the search space during successive iterations by applying the selection operators, crossover and mutation. In this process, the optimal choice of device placement is automatic and repetitive and ensure correct alignment is achieved with the minimum number of points required for full measurement. The results show that the genetic optimization algorithm to optimize the laser scanner device placements across a large number of the selected candidate. Thereby, it can be created a tool to assess the efficiency of the selected placements.

.**Keywords:** Terrestrial laser scanner, layout, optimization, genetic algorithms.

Correspondence Address: Photogrammetry and Remote Sensing Group, Department of Geomatics, College of Engineering, K.N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran. Tel: +98 9125185925.

Email: m_heidari@dena.kntu.ac.ir