نشریه علمی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال نهم، شماره نخست، بهار ۱۴۰۰

Vol.9, No.1, Spring 2021

۱۹-۱

مقاله پژوهشی

DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.1.4.1

بررسی بهبود مکان‌مرجع‌سازی نقشه‌های غیر رقومی شهری با استفاده از المان‌های هندسی و الگوریتم ژنتیک

هانی رضائیان[1*]، ناصر پوراحمد[2]، جواد سدیدی[3]

۱- استادیار گروه سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۲- کارشناس ارشد گروه سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

۳- استادیار گروه سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۸/۲۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۲/۱۵

چکیده

بخش زیادی از اسناد ملکی در قالب نقشه‌های آنالوگ غیررقومی موجود می‌باشند که نیازمند مکان‌مرجع‌سازی هستند. الگوریتم مورد استفاده در مکان‌مرجع‌سازی در دقت محاسبات المان‌های هندسی نقش بسزایی ایفا می‌کند که این امر به ضرورت مطالعه روش‌های مکان‌مرجع‌سازی نوین اشاره دارد. این کار نیازمند بکارگیری توابع و مدل‌های بهینه‌سازی مکان‌مرجع‌سازی می‌باشد تا دقت لازمه در تعیین حدود املاک حاصل شود. به دلیل عدم امکان تعبیر هندسی، برای همه تصاویر نمی‌توان پارامترهای تابع افاین را مقادیر ثابتی قرار داد. لذا در این تحقیق با لحاظ نمودن المان‌های هندسی نقشه‌های کاداستری شامل مساحت قطعات زمین، طول خطوط تشکیل‌دهنده آنها و با بهره‌گیری از الگوریتم ژنتیک، اقدام به تولید پارامترهای بهینه برای تابع افاین شده است. جهت مطالعه روش پیشنهادی از دو نقشه ثبتی اسکن شده مربوط به بخشی از شهر تهران به عنوان داده ورودی و همچنین نقاط کنترل برداشت شده با استفاده از *GPS* استفاده شده است. بمنظور محاسبه دقت و حساسیت روش مزبور، مقایسه‌هایی از جمله *RMSE* بدون اعمال المان‌های هندسی، *RMSE* با اعمال یکی از المان‌های هندسی سطح و طول و *RMSE* با در نظر گرفتن کلیه المان‌های هندسی صورت گرفته است. نتایج تحقیق نشان داده است که روش پیشنهادی این تحقیق با *RMSE* متوسط برابر ۲/۵۰۲۰۵ متر، نسبت به روش مرسوم با *RMSE* متوسط برابر ۲/۴۱۷۵ متر برای نقشه‌های مورد استفاده، از دقت کلی پایین‌تری برخوردار است. این در حالی است که در روش پیشنهادی خطای المان‌های هندسی سطح و طول حدود ۴۰ درصد نسبت به روش مرسوم کاهش یافته است که در کاربری‌های مرتبط بهبود قابل توجهی محسوب می‌گردد.

کلید واژه‌ها : مکان‌مرجع‌سازی، نقشه‌های آنالوگ، کاداستر، الگوریتم ژنتیک، المان‌های هندسی.

* نویسنده مکاتبه کننده: تهران، خ. مفتح، بعد از سمیه، دانشگاه خوارزمی، دانشکده علوم جغرافیایی.

تلفن: ۸۶۰۷۰۷۸۶-۰۲۱

Email: hani.rezayan@khu.ac.ir

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.1.4.1]

[DOI: 10.52547/jgit.9.1.1]

۱- مقدمه

یکی از وظایف اصلی سازمان ثبت اسناد و املاک کشور تسلط کامل بر ابعاد حقوقی و موقعیتی (هندسی) املاک در کشور می‌باشد. سازمان ثبت اسناد و املاک به نظامی نیازمند است که اطلاعات موقعیتی جامع از محدوده املاک، همراه با وضعیت حقوقی املاک در اختیار داشته باشد [۱۱]. طرح کاداستر کشور در سال ۱۳۷۰ با هدف کمک به ایجاد یک ثبت املاک پیشرفته و مکانیزه که قادر به پاسخگویی سریع به ارباب رجوع و حل مشکلات آنان باشد، کار خود را آغاز کرد. بدین ترتیب تهیه نقشه‌های کاداستر مقیاس ۱:۵۰۰ در دستور کار قرار گرفت [۱۹].

اسناد مالکیت قدیمی اغلب فاقد مشخصات فنی ملک مانند مساحت و طول ابعاد بوده و حدود املاک به صورت اجمالی مثلا به ملک مجاور، به آبریز کوه به رودخانه، مرز یا نهر یا راه روستایی تعریف شده است که ممکن است این عوارض به مرور زمان و در نتیجه تحولات طبیعی و یا توسط اشخاص، تغییر یافته یا جابجا شوند. حتی در موارد دیگر که مساحت و حدود املاک در اسناد مالکیت قید شده، در نتیجه اشتباه در پیاده کردن ملک، جابه‌جایی و یا لغزش بوجود می‌آید و در واقع ملک در محل حقیقی خود پیاده نمی‌شود و معمولا املاک مجاور هم به تبعیت از حقوق آن مالک به صورت جابجا پیاده و تصرف شده و مبنای اختلافات عدیده و پرونده‌های قضایی بی شمار می‌شود. راهکار رفع این مشکلات، اجرای دقیق عملیات کاداستر در سطح کشوری است. از جمله کاربردهای مهم رایانه در حال حاضر، مدیریت داده‌های مربوط به مالکیت اراضی و ارائه خدمات بهینه به متقاضیان می‌باشد. بخش اعظم روند تولید و شناخت حدود املاک به روش فتوگرامتری شامل جمع‌آوری اطلاعات، ویرایش و اضافه کردن اطلاعات توصیفی از نقشه‌های قدیمی می‌باشد [۵]. امروزه با در اختیار داشتن نقشه‌های کاداستر قدیمی قادر هستیم اطلاعات مکانی دقیقی از آنها استخراج کنیم. بنابراین نیاز به تبدیل از فضای تصویر و اسکن شده این نقشه‌ها به فضای زمین داریم. انجام این کار مستلزم بکارگیری توابع و مدل‌های بهینه‌سازی مکان‌مرجع‌سازی می‌باشد تا بتوان بیشترین دقت را در تعیین حدود املاک اعمال کرد.

خطاهای مکانی عوارض یکی از مسائل کلیدی در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی می‌باشد. در طول دو دهه گذشته، توجه زیادی به مدل‌سازی خطاهای مکانی در عوارض خطی، شامل بخش‌های مختلف خطوط، پلی‌لاین‌ها و پلی‌گون‌ها در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی[۱] شده است [۱۶].

بخش زیادی از اسناد ملکی در قالب نقشه‌های آنالوگ غیررقومی موجود می‌باشند که نیازمند مکان‌مرجعی‌سازی هستند. به علت قیمت بالای املاک شهری همواره سعی بر آن است که مکان‌مرجع‌سازی این نقشه‌ها با دقت مناسب و کمترین مغایرت با املاک همسایه و اسناد مرتبط با ملک انجام گیرد. روش‌های مکان‌مرجع‌سازی موجود که مبتنی بر انطباق نقاط کنترل می‌باشد اغلب باعث ایجاد مغایرت در مقدار المان‌های مهم ازجمله مساحت، ابعاد و شکل عوارض می‌گردد که در زمره المان‌های مهم در مدیریت املاک هستند. وجود این مغایرت‌ها در تهیه نقشه‌های ثبتی شهری با مقیاس‌های بزرگ غیر قابل قبول می‌باشد. براین اساس و برای به حداقل رساندن این مغایرت‌ها، طراحی یک الگوریتم منعطف، کارآمد و تا حد امکان خودکار که بتواند این مغایرت‌ها را در شرایط مختلف به حداقل برساند، نیاز می‌باشد.

مکان‌مرجع‌سازی نیازمند در اختیار داشتن تعداد کافی از نقاط کنترل قابل اعتماد و همچنین دارای توزیع فضایی مناسب بر روی نقشه آنالوگ و نقشه مرجع است. علاوه بر این، اعوجاجات بوجود آمده در نقشه‌های ثبتی آنالوگ، سبب کاهش اثر نقاط کنترل و بالطبع کاهش کیفیت خروجی حاصل از فرآیند

[۱] *Geographic Information System - GIS*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.1.4.1]
[DOI: 10.52547/jgit.9.1.1]

مکان‌مرجع‌سازی نقشه‌های آنالوگ ثبتی می‌شود. نتیجتا موقعیت صحیح عوارض نقشه‌ها بر روی وضع موجود حاصل نمی‌شود و یا ابعاد و شکل عوارض دستخوش تغییر می‌گردد، بنابراین موجب تغییر المان‌های مهم از جمله مساحت و طول (محیط) عوارض می‌گردد که از نقطه نظر فرآیندهای ثبتی غیر قابل قبول است. این مقاله به بررسی میزان بهبود حاصل از افزودن المان‌های هندسی مساحت و طول در فرآیند مکان مرجع‌سازی نقشه‌های کاغذی ثبتی شهری در ایران با استفاده از الگوریتم ژنتیک پرداخته است. نتیجه حاصل از طراحی و ارزیابی روش مزبور برای دو داده نمونه داده از شهر تهران نشان‌دهنده امکان بهبود خطای اندازه‌گیری مساحت و طول تا حدود ۴۰ درصد است. این در حالی است که خطای کلی حاصل از مکان مرجع‌سازی با خطای روش مرسوم مبتنی بر نقاط کنترل زمینی، اختلاف کمی را نشان می‌دهد.

۲- پیشینه تحقیق

باقری و همکاران (۱۳۹۳)، با استفاده از روش‌های هوش مصنوعی نظیر الگوریتم ژنتیک و شبکه‌های عصبی به مطالعه روش‌های مختلف مدل‌سازی اثر تعداد و توزیع نقاط کنترل در روش‌های مدل‌سازی به تصحیح هندسی تصاویر ماهواره‌ای پرداختند و نتایج بهتری را نسبت به روش‌های معمول به دست آوردند *[۱]*. دویتشر[۱] و گلبمن[۲] (۱۹۹۵) الگوریتمی برای اصلاح اعوجاجاتی که در جریان مکان‌مرجع‌سازی در مرزها اتفاق می‌افتند ارائه نموده‌اند. آن‌ها نشان داده‌اند که این فرآیند برای ایجاد کاداستر و تبدیل تمام بلوک‌های نقشه بزرگ مقیاس در کشور ایرلند با نتایج حاصل از داده‌های آماری مرز بلوک‌ها با دقت خوبی برای زمین‌های کشاورزی قابل استفاده می باشد *[۴]*. دویتشر (۲۰۰۰) نشان داده است که برای جلوگیری از اعوجاجات نسبی بین مرزها و محتوا لازم است تا محتویات نقشه با روش رابرشیتینگ[۳] بر پایه درون‌یابی خطی[۴] اصلاح گردند *[۳]*. این تحقیق روشی جدید برای رابرشیتینگ ارائه کرده که وابسته به شکل چند ضلعی بسته نیست و صرفا به تعداد نقاط کنترل انتخاب شده در نقشه وابسته است. فردکین[۵] و دویتشر (۲۰۰۲) نشان داده است که محاسبه مختصات نقاط مرزی کاداستر نمی‌تواند تنها بر روی اندازه گیری‌های اصلی و در مختصات شبکه کنترل فعلی تکیه کند، بلکه بازسازی تحلیلی مرز پارسل‌های شهری نیاز به ادغام اندازه‌گیری‌های جدید در فرآیند محاسبه دارد تا از دقت بدست آمده اطمینان حاصل شود *[۶]*. گاویش[۶] و دویستشر[۷] (۲۰۰۲) روشی برای ایجاد یک کاداستر تحلیلی در مناطقی که اندازه‌گیری عوارض زمینی وجود نداشته باشد، ارائه نموده است *[۷]*. این روش یک فرآیند «سفر مجازی در زمان[۸]» است که ترکیب دو نقشه واقعی در گذشته و حال را نشان می دهد. تانگ[۹] و همکاران (۲۰۰۵) از روش حداقل مربعات برای بازسازی مرز پارسل‌ها، مخصوصا برای حل ناسازگاری بین مرز پارسل‌ها استفاده نموده‌اند *[۱۶]*. بالتی (۲۰۰۶)، با توجه به توسعه و تغییرات مرز اراضی نقشه‌های قدیمی به بررسی مکان‌مرجع‌سازی با هدف امکان تحلیل عناصر ژئومتریک در نقشه‌های قدیمی پرداخته است *[۲]*. تی پودوبنیکار (۲۰۰۹) بررسی و ارزیابی کیفیت مکان‌مرجع‌سازی نقشه‌های قدیمی را

[۱] *Doytsher*
[۲] *Gelbman*
[۳] *Rubber Sheeting*
[۴] *Linear Interpolation*
[۵] *Fradkin*
[۶] *Gavish*
[۷] *Doystsher*
[۸] *Virtual Time Travel*
[۹] *Tong*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.1.4.1]
[DOI: 10.52547/jgit.9.1.1]

انجام داده است [۱۷]. کلبنوو[۱] و دویتشر (۲۰۰۹) بر اساس مشاهدات غیر مستقیم همراه با تغییر شکل مشابه، نشان داده‌اند که اتصال بلوک‌های کاداستری مجاور با کاهش قابل توجهی از اختلافات سیستماتیک و تصادفی، در مقایسه با وضعیت پیش از اصلاح همراه است [۱۰]. سیربا و همکاران (۲۰۱۰) رویکردی برای تطبیق و تنظیم عارضه‌های خطی در جهت افزایش دقت مکانی یک مجموعه داده کاداستر قدیمی ارائه نموده‌اند [۱۳].

جنی و هورنی (۲۰۱۱) روشی جهت انجام تحلیل‌های هندسی برای مقایسه یک نقشه قدیمی با یک نقشه جدید مکان مرجع‌سازی شده با سیستم تصویر شناخته شده و دیتوم مشخص ارائه کرده‌اند [۹]. سیربا[۲] و همکاران (۲۰۱۲) برای با تلفیق مجموعه داده‌های کاداستری گرافیکی قدیمی با مجموعه داده‌های قابل اعتماد و دقیق توپوگرافی مبتنی بر تطبیق عارضه‌های خطی از طریق تبدیل *TPS*[۳] نشان داده‌اند که بهبود قابل توجهی در کیفیت هندسی و دقت مکانی داده‌های کاداستر حاصل شده است [۱۴]. اشنیدمن[۴] و همکاران (۲۰۱۳) برای بدست آوردن شکلی مناسب و مختصات‌هایی دقیق نقشه‌های کاداستر از الگوریتم ژنتیک ساده استفاده نموده‌اند و نتایج آن‌ها نشان داده است که الگوریتم ژنتیک دقیق‌تر از روش حداقل مربعات بوده و مختصات نزدیکتری به واقعیت بدست آورده است [۱۸]. مانزانو اگوگلیارو و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی کاربرد الگوریتم‌های تکاملی در پارامترهای مکان‌مرجع‌سازی و ارزیابی دقت نقشه‌های تاریخی پرداخته است [۱۲]. سیسمن[۵] (۲۰۱۴)، با هدف تبدیل نقشه‌های کاداستری به سیستم مختصات ملی ترکیه، پس از ارزیابی وضعیت موجود نقشه‌های کاداستر، از روش افاین[۶] استفاده نموده است [۱۵]. هاشیم[۷] (۲۰۱۶) با استفاده از تکنولوژی مبتنی بر مکان به بازسازی و اصلاح مجموعه داده‌های کاداستر قدیمی مالزی پرداخته است و به این نتیجه دست یافته که پایگاه داده کاداستر حاصل شده باید علاوه بر حداقل رساندن خطاهای هندسی درونی، با سیستم مختصات جدید که مبتنی بر مختصات ماهواره با دقت مکانی بالا است نیز مرجع شود [۸]. در تحقیق چه و همکاران [۲۰] به پشتوانه حجم بالای نقشه های مستندشده دارای اندکس کاداستری و تنوع پایگاه‌های داده کاداستری موجود در کشور اسلونی، با استفاده از حجم بالای نقاط کنترل و مثلث بندی نقشه‌های کاداستر و همچنین اعمال شروط مرزی موسوم براساس قانون هوک[۸] به خطای مجذور مربعات[۹] ۱/۰ متر رسیده اند.

این تحقیق با هدف، بکارگیری الگوریتم ژنتیک تک هدفه، بر آن است تا علاوه بر نقاط کنترل، انطباق المان‌های هندسی تک نقشه‌های ثبتی و کاداستری را نیز مرجع نماید. در این راستا امکان تعریف انواع شروط بهینه‌سازی جهت حصول دقت موردنظر از مکان‌مرجع‌سازی نقشه‌های ثبتی شهری در این تحقیق مدنظر است.

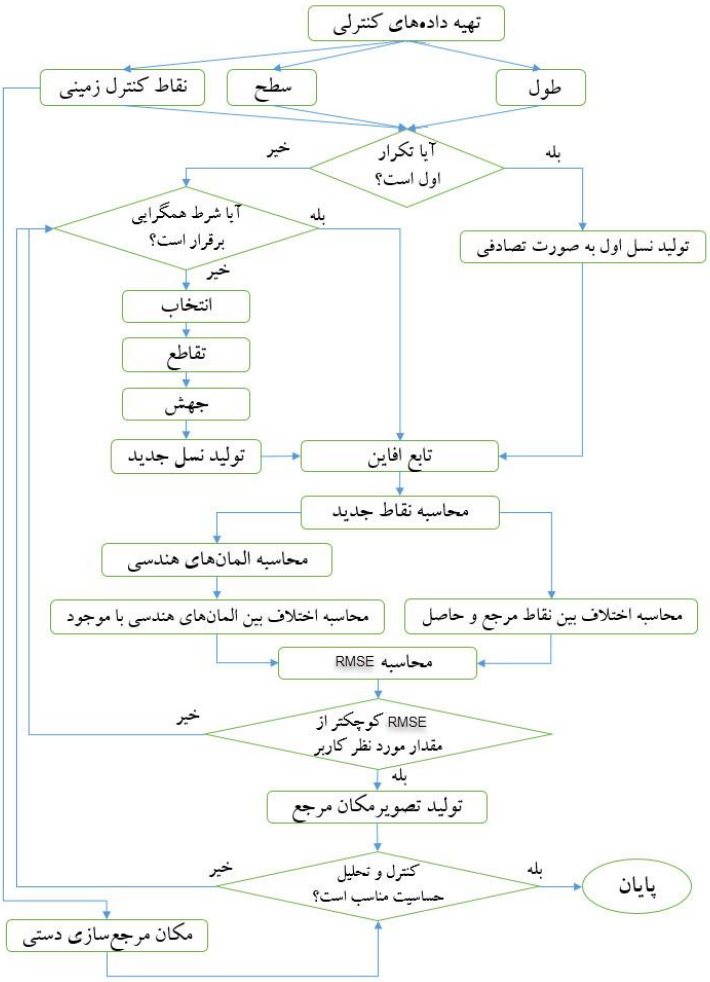
۳- مواد و روش پیشنهادی

روش مورد استفاده در این تحقیق بر مبنای طراحی یک الگوریتم بهینه‌سازی ژنتیک است. الگوریتم مزبور جهت برازش تابع افاین بر المان‌های کنترلی تصویر شامل نقاط کنترل زمینی، مساحت و طول است که به مکان مرجع‌سازی مکانی بهینه نقشه های اسکن شده

۱ *Klebanov*
۲ *Siriba*
۳ *Thin Plate Splines*
۴ *Shnaidman*
۵ *Sisman*
۶ *Affine*
۷ *Hashim*
۸ *Hooke's Law*
۹ *RMSE*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.1.4.1]
[DOI: 10.52547/jgit.9.1.1]

می‌انجامد (شکل (۱)). کروموزوم طراحی شده برای الگوریتم ژنتیک زنجیره ای از ۶ ژن می‌باشد که هر کدام از آنها نشان‌دهنده ضرایب تبدیل افاین $(a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6)$ (رابطه (۱)) می‌باشند. هر ژن می‌تواند ارزش عددی صحیحی را به خود اختصاص دهد.



شکل ۱: فلوچارت مراحل اجرای الگوریتم

رابطه(۱) *[۷]*

$$\begin{cases} X = a_1x + a_2y + a_3 \\ Y = a_4x + a_5y + a_6 \end{cases}$$

برای تعیین هر یک از کروموزوم‌های نسل اول به صورت تصادفی از بین نقاط کنترل زمینی ۳ نقطه انتخاب شده و سپس نقاط کنترل زمینی انتخاب شده در ۶ معادله ۶ مجهولی تولید می‌شوند. تعداد اعضای جمعیت ۲۰ کروموزوم لحاظ گردید تا از افزایش بار محاسباتی جلوگیری شود. محدوده مجاز تغییر مقادیر ژن‌ها با محاسبه حداقل و حداکثر مقادیر هر ژن در بین جمعیت اولیه تعیین گردید.روش نخبه‌گرایی[۱] برای انتخاب کروموزوم‌ها جهت لقاح استفاده شد. همچنین الگوریتم تک نقطه‌ای[۲] برای لقاح با احتمال ۰/۸ و الگوریتم تغییر اتفاقی یکی از ژن‌ها در کروموزوم در

[۱] *Eliticism*

[۲] *Single Point Crossover*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.1.4.1]
[DOI: 10.52547/jgit.9.1.1]

محدوده مجاز آن ژن با احتمال ۰/۰۴ لحاظ شد. شرط توقف همگرایی و عدم تغییر نتایج پس از حداقل ۱۰۰ تکرار یا حداکثر ۱۰۰۰ تکرار می‌باشد.

جهت محاسبه مقادیر المان‌های مساحت و طول در این پارسل‌ها به ترتیب از (رابطه (۲))، (رابطه (۳)) و (رابطه(۴)) استفاده شده است.

در روابط(۲) و (۳)، x_i,y^i و x_{i+1},y_{i+1} مولفه‌های نقاط i ام و $i+1$ ام المان هندسی مدنظر می‌باشند.

میزان دقت برازش تبدیل افاین از رابطه (۴) محاسبه می‌شود. این مقدار به عنوان تابع هدف جهت کنترل همگرایی الگوریتم ژنتیک حداقل می‌شود. بر این اساس حداقل شدن (رابطه (۴)) در الگوریتم ژنتیک مدنظر می‌باشد.

رابطه(۲) [۸]

$$A = \frac{\left|\sum_{i=1}^{n} x_i \times y_{i+1} - y_i \times x_{i+1}\right|}{2}$$

رابطه(۳) [۸]

$$L = \sum_{i=1}^{n} \sqrt{\left(x_i - x_{i+1}\right)^2 + \left(y_i - y_{i+1}\right)^2}$$

رابطه(۴)

$$Fitness\ Function = Minimize\{RMSE\} = Minimize\{\sqrt{RMSE_p^2 + RMSE_a^2 + RMSE_l^2}\}$$

در رابطه(۴)، $RMSE_p$ خطاهای برازش نقاط کنترل زمینی و $RMSE_a$ و $RMSE_l$ میزان اختلاف المان‌های مساحت، طول اندازه‌گیری شده در هر تکرار با مقدار مرجع آن‌ها می‌باشند. اختلاف‌ها با واحد متر همسنگ شده‌اند که برای این منظور مجذور اختلاف مساحت لحاظ شده است.

جهت آزمون روش پیشنهادی نتایج حاصل با روش مرسوم مکان مرجع‌سازی تصاویر مقایسه می‌شود. برای این منظور مقایسه در شرایط یکسان داده‌های کنترلی و همچنین با افزودن داده‌های کنترلی المان‌های هندسی صورت می‌گیرد. بدین ترتیب صحت روش پیشنهادی و تأثیر المان‌های کنترلی برمرجع‌سازی بررسی می‌شود.

برای اجرای روش پیشنهادی از دو نقشه کاداستر کاغذی اسکن شده مربوط به شهر تهران در مقیاس ۱:۲۰۰ استفاده شده است. نقشه‌ها مربوط به شهر تهران است (شکل (۲ و ۳)). برای نقشه‌ها به ترتیب ۱۶ نقطه کنترل زمینی (شکل (۲)، جدول (۱) و ۱۴ نقطه کنترل زمینی (شکل (۳)، جدول (۲)) در تصویر مربوطه لحاظ شده که نقاط مرجع زمینی آن با استفاده از GPS دوفرکانسه و مراجعه محلی با دقت اسمی ۲۰ تا ۳۰ سانتیمتر برداشت شده است. داده‌های کنترلی مساحت شامل ۳ نمونه برای نقشه اول (شکل (۴)، جدول (۳ و ۴)) و ۴ نمونه برای نقشه دوم (شکل (۵)، جدول (۵ و ۶)) و داده‌های کنترل طول شامل ۳ نمونه برای نقشه اول (شکل (۶)، جدول (۷ و ۸)) و ۴ نمونه برای نقشه دوم (شکل (۷)، جدول (۹ و ۱۰)) با انتخاب پارسل‌های نمونه و براساس داده‌های ثبتی مندرج بر روی نقشه تعیین شده‌اند.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.1.4.1]
[DOI: 10.52547/jgit.9.1.1]



شکل ۲: تصویر نقشه ثبتی اول اسکن شده بخشی از شهر تهران و پراکندگی نقاط انتخاب شده برای مکان‌مرجع‌سازی

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.1.4.1]
[DOI: 10.52547/jgit.9.1.1]



شکل ۳: تصویر نقشه ثبتی دوم اسکن شده بخشی از شهر تهران و پراکندگی نقاط انتخاب شده برای مکان‌مرجع‌سازی

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.1.4.1]
[DOI: 10.52547/jgit.9.1.1]

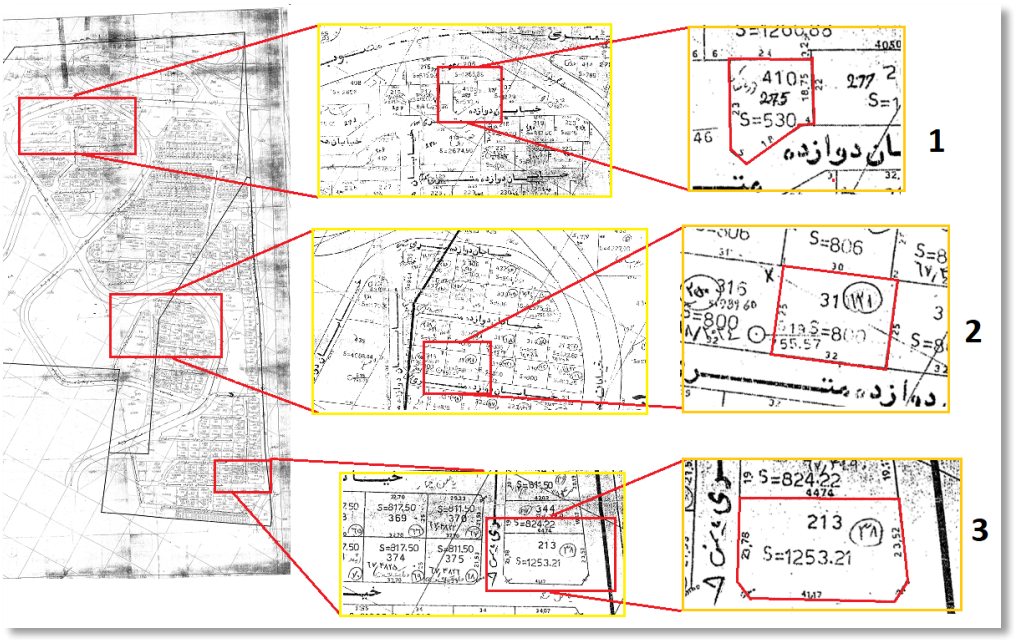
جدول ۱: نقاط کنترل زمینی برای نقشه اول

نقطه کنترل	X	Y	نقطه کنترل	X	Y
p۱	۵۳۶۱۹۵/۱۷	۳۹۶۳۱۲۲/۳۲	p۹	۵۳۵۳۵۳/۹۳	۳۹۶۲۷۲۷/۸
p۲	۵۳۶۱۷۵/۴۳	۳۹۶۲۲۶۴/۰۸	p۱۰	۵۳۵۷۸۰/۵	۳۹۶۲۷۰۱/۹۷
p۳	۵۳۶۰۹۹/۱۶	۳۹۶۲۴۱۳/۰۳	p۱۱	۵۳۵۸۱۲/۱۴	۳۹۶۲۵۲۴/۶۳
p۴	۵۳۵۸۸۳/۳۵	۳۹۶۲۸۱۷/۴۶	p۱۲	۵۳۵۷۸۷/۸۶	۳۹۶۲۴۵۲/۳۲
p۵	۵۳۵۸۰۳/۳۶	۳۹۶۲۹۶۳/۸۲	p۱۳	۵۳۵۶۹۴/۹	۳۹۶۲۳۹۶/۸۳
p۶	۵۳۵۳۷۵/۰۷	۳۹۶۳۱۴۳/۴۶	p۱۴	۵۳۵۹۲۸/۵۲	۳۹۶۲۲۲۹/۱۷
p۷	۵۳۵۳۲۲/۴۵	۳۹۶۲۹۵۸/۵۹	p۱۵	۵۳۶۰۰۳/۷۹	۳۹۶۲۰۵۳/۵۵
p۸	۵۳۵۲۴۰/۵۲	۳۹۶۲۷۷۶/۹۵	p۱۶	۵۳۶۰۹۷/۶۷	۳۹۶۲۰۸۷/۴۸

جدول ۲: نقاط کنترل زمینی برای نقشه دوم

نقطه کنترل	X	Y	نقطه کنترل	X	Y
p۱	۵۴۴۶۷۷۸/۵۵	۳۹۸۸۲۷۶/۲۱	p۸	۵۸۲۰۷۳۲/۶۷	۳۰۶۰۱۸۵/۶۵
p۲	۵۲۵۵۰۳۸/۲۵	۳۳۴۷۱۳/۴۱	p۹	۵۰۳۸۷۲۰/۳۷	۳۲۵۴۷۳۴/۶۲
p۳	۵۹۹۲۵۴۴/۲۴	۳۰۲۸۸۵۴/۲	p۱۰	۵۸۲۶۳۱۶/۴۸	۳۹۹۰۷۵۶/۷۱
p۴	۵۲۴۲۴۶۷/۹۶	۳۳۵۱۹۳۹/۴۷	p۱۱	۵۷۳۲۷۴۱/۸۵	۳۱۱۴۵۶۳/۷۴
p۵	۵۹۷۱۰۱۱/۰۴	۳۸۷۴۶۱۲/۸۴	p۱۲	۵۷۲۵۰۷۹/۵	۳۸۹۲۰۸۱/۱۴
p۶	۵۹۱۸۷۸۷/۱۴	۳۸۶۱۳۱۴/۷۴	p۱۳	۵۴۰۸۸۳۴/۴۱	۳۵۲۵۹۸۵/۰۱
p۷	۵۹۴۳۰۷۲/۴۴	۳۰۷۱۰۲۶/۴۵	p۱۴	۵۸۶۰۴۹۰/۵۳	۳۰۲۰۵۶۳/۹

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.1.4.1]
[DOI: 10.52547/jgit.9.1.1]



شکل ۴: پارسل‌های مشخص شده برای آزمایش اختلاف سطوح در نقشه اول

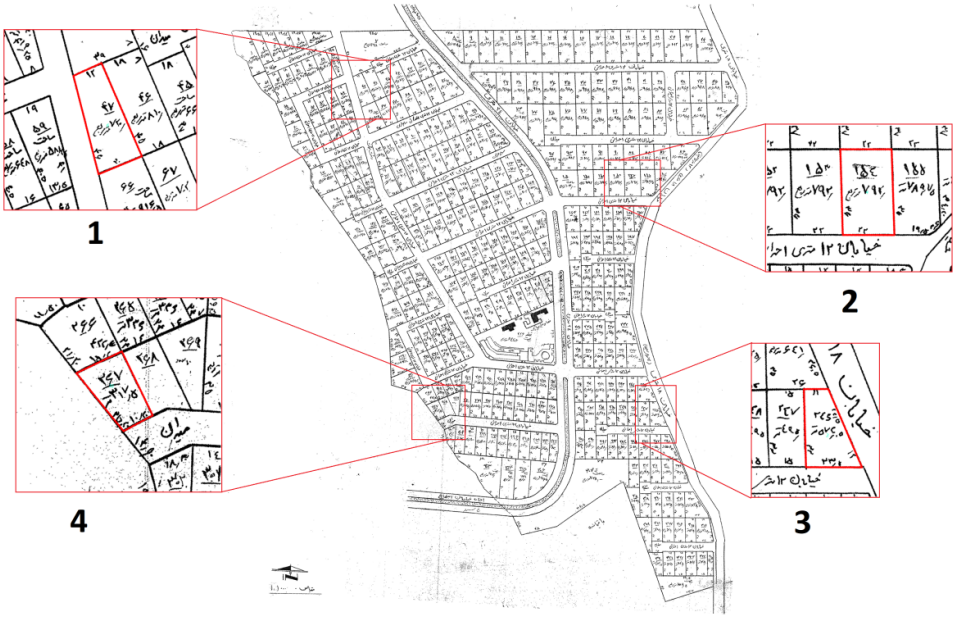
جدول ۳: نقاط انتخاب شده از روی تصویر نقشه اول برای محاسبه سطوح مورد آزمایش

نقطه کنترل	X	Y	نقطه کنترل	X	Y
p۱۷	۵۳۵۸۲۰/۱۴	۳۹۶۲۵۰۴/۹۳	P۲۵	۵۳۶۱۹۳/۱۹	۳۹۶۲۱۷۷/۰۸
p۱۸	۵۳۵۷۸۸/۴۶	۳۹۶۲۴۹۵/۴۵	P۲۶	۵۳۶۱۹۶/۷۸	۳۹۶۲۱۶۹/۲۳
p۱۹	۵۳۵۸۲۶/۳۶	۳۹۶۲۴۸۱/۶۳	P۲۷	۵۳۵۳۱۷/۸۱	۳۹۶۲۹۵۰/۴۶
p۲۰	۵۳۵۷۹۶/۰۲	۳۹۶۲۴۷۲/۴۴	P۲۸	۵۳۵۳۲۷/۹۸	۳۹۶۲۹۳۱/۶۵
P۲۱	۵۳۶۱۹۵/۶۲	۳۹۶۲۱۶۳/۱	P۲۹	۵۳۵۳۳۲/۳	۳۹۶۲۹۳۱/۳۲
P۲۲	۵۳۶۱۷۷/۴۹	۳۹۶۲۱۵۵/۲۴	P۳۰	۵۳۵۳۴۲/۱۵	۳۹۶۲۹۴۷/۷
P۲۳	۵۳۶۱۷۴/۹۲	۳۹۶۲۱۵۷/۰۳	P۳۱	۵۳۵۳۴۴/۸۹	۳۹۶۲۹۴۹/۱۱
P۲۴	۵۳۶۱۶۹/۲۵	۳۹۶۲۱۶۶/۸۵	P۳۲	۵۳۵۳۳۹۵۴	۳۹۶۲۹۶۲/۱۳

جدول ۴: مساحت موجود پارسل‌های انتخاب شده در نقشه اول

مساحت پارسل متناظر با مساحت بدست آمده از نقاط *p17* تا *p20*. در این پارسل = ۸۰۰ متر مربع
مساحت پارسل متناظر با مساحت بدست آمده از نقاط *P21* تا *P26*. در این پارسل = ۵۳۰ متر مربع
مساحت پارسل متناظر با مساحت بدست آمده از نقاط *p27* تا *p32*. در این پارسل = ۲۱/۱۳ متر مربع

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.1.4.1]
[DOI: 10.52547/jgit.9.1.1]



شکل ۵: پارسل‌های مشخص شده برای آزمایش اختلاف سطوح در نقشه دوم

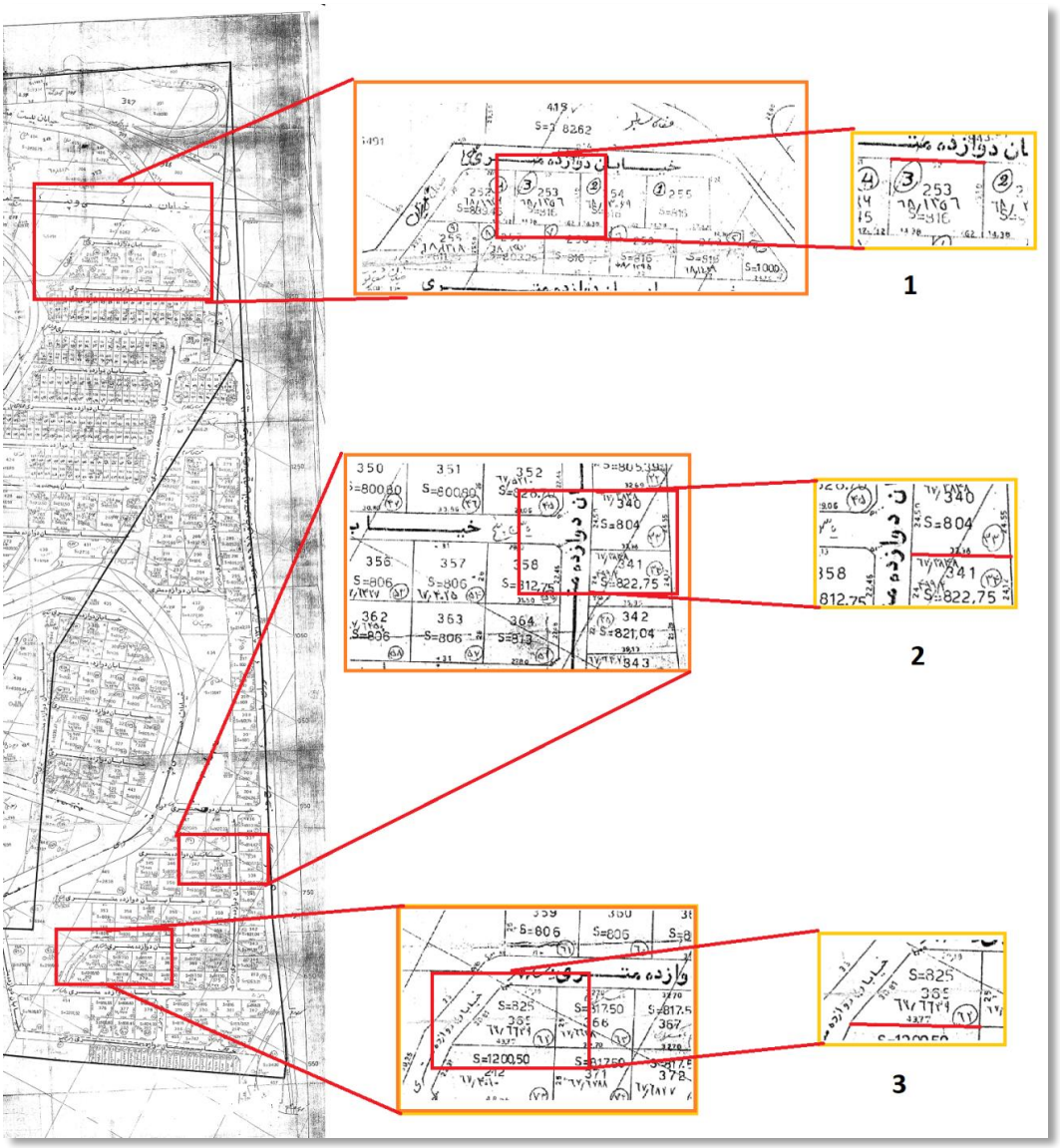
جدول ۵: نقاط انتخاب شده از روی تصویر نقشه دوم برای محاسبه سطوح مورد آزمایش

نقطه کنترل	X	Y	نقطه کنترل	X	Y
p۱۵	۵۳۴۳۵۰/۷۱۷۸	۳۹۶۰۵۹۰/۳۳	P۲۳	۵۳۴۸۵۰/۱۵۷۳	۳۹۶۰۲۵۰/۹۳۶
p۱۶	۵۳۴۳۷۷/۹۸۰۵	۳۹۶۰۵۵۶/۶۳۳	P۲۴	۵۳۴۸۷۲/۲۵۵۴	۳۹۶۰۲۲۱/۶۴۱
p۱۷	۵۳۴۳۶۲/۹۰۰۶	۳۹۶۰۵۴۴/۳۹۸	P۲۵	۵۳۴۸۴۹/۶۴۹۳	۳۹۶۰۲۱۶/۱۳۸
p۱۸	۵۳۴۳۴۰/۷۳۹	۳۹۶۰۵۸۲/۰۴۳	P۲۶	۵۳۴۸۴۰/۴۲۰۷	۳۹۶۰۲۴۸/۱۴۲
p۱۹	۵۳۴۷۴۴/۶۸۳۶	۳۹۶۰۵۵۵/۰۲۴	P۲۷	۵۳۴۵۶۷/۱۴۲۶	۳۹۶۰۱۷۹/۶۲
p۲۰	۵۳۴۷۵۵/۵۸۴۵	۳۹۶۰۵۱۹/۷۸۱	P۲۸	۵۳۴۵۸۳/۰۱۷۶	۳۹۶۰۱۵۹/۶۸۱
P۲۱	۵۳۴۷۳۴/۶۲۹۵	۳۹۶۰۵۱۴/۱۷۲	P۲۹	۵۳۴۵۷۴/۲۵۴۶	۳۹۶۰۱۵۱/۹۳۴
P۲۲	۵۳۴۷۲۴/۰۴۶۱	۳۹۶۰۵۴۹/۳۰۹	P۳۰	۵۳۴۵۵۳/۶۸۰۵	۳۹۶۰۱۶۸/۷۶۱

جدول ۶: مساحت موجود پارسل‌های انتخاب شده در نقشه دوم

مساحت پارسل متناظر با مساحت بدست آمده از نقاط *p15* تا *p18*، در این پارسل = ۷۲۰ متر مربع
مساحت پارسل متناظر با مساحت بدست آمده از نقاط *P19* تا *P22*، در این پارسل = ۷۹۲ متر مربع
مساحت پارسل متناظر با مساحت بدست آمده از نقاط *p23* تا *p26*، در این پارسل = ۵۷۴٫۰۵ متر مربع
مساحت پارسل متناظر با مساحت بدست آمده از نقاط *p27* تا *p30*، در این پارسل = ۳۱۷٫۵ متر مربع

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.1.4.1]
[DOI: 10.52547/jgit.9.1.1]



شکل ۶: پارسل‌های مشخص شده برای آزمایش اختلاف طول اضلاع برای نقشه اول

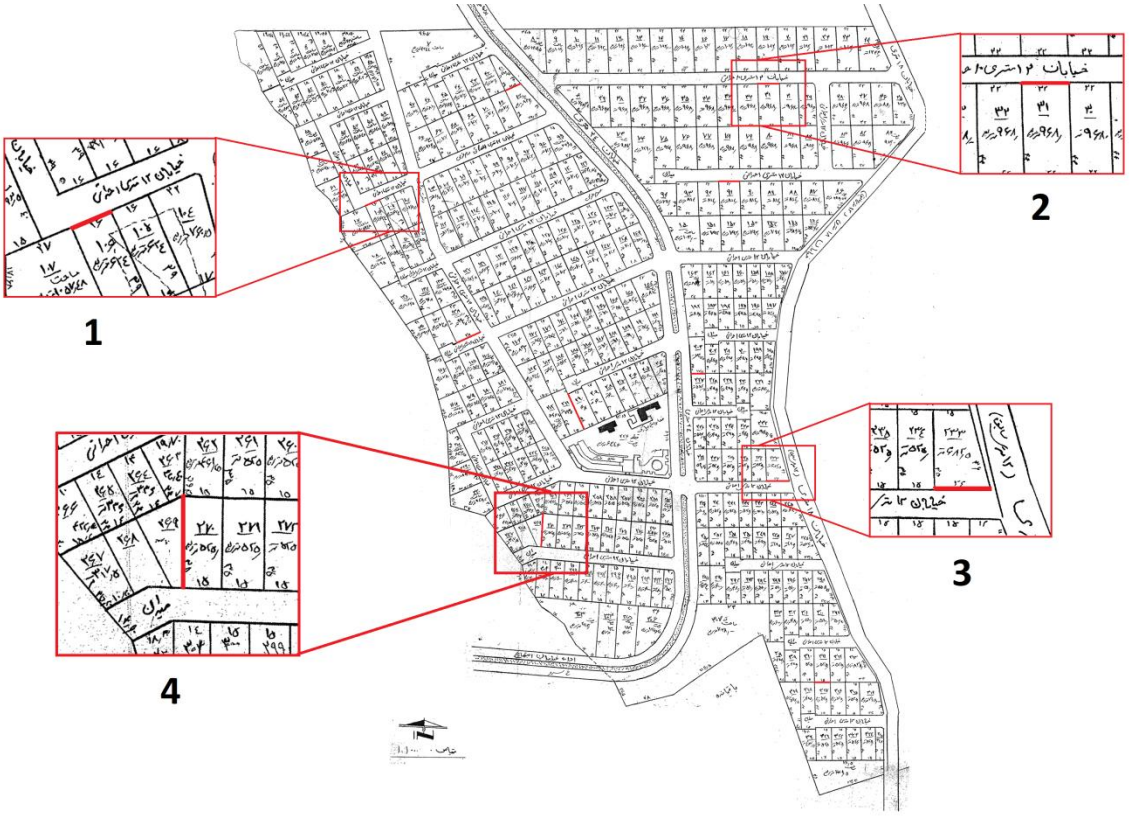
جدول ۷: نقاط انتخاب شده از روی تصویر نقشه اول برای محاسبه طول اضلاع مورد آزمایش

نقطه کنترل	X	Y	نقطه کنترل	X	Y
p۳۳	۵۳۵۹۴۲/۲۰	۳۹۶۲۱۴۱/۴۲	p۳۶	۵۳۵۵۶۶/۴۶	۳۹۶۳۰۴۵/۹۴
p۳۴	۵۳۵۹۸۲/۹۷	۳۹۶۲۱۵۶/۹۸	p۳۷	۵۳۶۱۴۰/۶۶	۳۹۶۲۳۲۲/۸۲
p۳۵	۵۳۵۵۹۸/۱۷	۳۹۶۳۰۵۸/۱۰	p۳۸	۵۳۷۱۱۱/۶۰	۳۹۶۲۳۱۰/۹۳

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.1.4.1]
[DOI: 10.52547/jgit.9.1.1]

جدول ۸: طول اضلاع موجود پارسل‌های انتخاب شده در نقشه اول

طول ضلع پارسل متناظر با طول ضلع بدست آمده از نقاط *p33* تا *p34* در این پارسل = ۴۳٫۷۷ متر
طول ضلع پارسل متناظر با طول ضلع بدست آمده از نقاط *P35* تا *P36* در این پارسل = ۳۳٫۳۶ متر
طول ضلع پارسل متناظر با طول ضلع بدست آمده از نقاط *p37* تا *p38* در این پارسل = ۳۲ متر



شکل ۷: پارسل‌های مشخص شده برای آزمایش اختلاف طول اضلاع برای نقشه دوم

جدول ۹: نقاط انتخاب شده از روی تصویر نقشه دوم برای محاسبه طول اضلاع مورد آزمایش

نقطه کنترل	X	Y	نقطه کنترل	X	Y
P۳۱	۵۳۴۳۴۰/۳۲۸۶	۳۹۶۰۴۶۰/۹۵۱	p۳۵	۵۳۴۸۲۰/۸۸۴۵	۳۹۶۰۲۹۱/۸۲۵
P۳۲	۵۳۴۳۵۲/۴۵۷۱	۳۹۶۰۴۷۰/۴۷۶	p۳۶	۵۳۴۷۹۹/۰۹۲۹	۳۹۶۰۲۸۵/۹۹۳
p۳۳	۵۳۴۶۸۵/۵۳۹۶	۳۹۶۰۶۷۸/۶۵۶	p۳۷	۵۳۴۵۹۳/۰۷۵۹	۳۹۶۰۱۹۸/۹۴۹
p۳۴	۵۳۴۷۰۶/۳۸۸۸	۳۹۶۰۶۸۴/۳۷۱	p۳۸	۵۳۴۵۹۹/۴۶۳۲	۳۹۶۰۱۶۵/۴۹۲

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.1.4.1]
[DOI: 10.52547/jgit.9.1.1]

جدول ۱۰: طول اضلاع موجود پارسل‌های انتخاب شده برای نقشه دوم

طول ضلع پارسل متناظر با طول ضلع بدست آمده از نقاط *p31* تا *p32*. در این پارسل = ۱۶ متر
طول ضلع پارسل متناظر با طول ضلع بدست آمده از نقاط *P33* تا *P34*. در این پارسل = ۲۲ متر
طول ضلع پارسل متناظر با طول ضلع بدست آمده از نقاط *p35* تا *p36*. در این پارسل = ۲۴ متر
طول ضلع پارسل متناظر با طول ضلع بدست آمده از نقاط *p37* تا *p38*. در این پارسل = ۳۵ متر

۴- بررسی نتایج و یافته‌های تحقیق

مکان مرجع‌سازی تصاویر مورد مطالعه به روش مرسوم در محیط نسخه ۱۰,۵ نرم‌افزار آرک مپ[۱] با استفاده از نقاط کنترل زمینی ارائه شده در جدول (۱ و ۲) و مدل افاین اجرا شد که میزان $RMSE_p$ برای تصاویر اول و دوم به ترتیب برابر ۲٫۰۲۰۴ متر و ۲٫۲۲۳ متر حاصل شد. به صورت مشابه، مرجع‌سازی صرفا با نقاط کنترل زمینی با استفاده از روش پیشنهادی و با ۱۰۰۰ تکرار انجام شد که نتایج آن شامل میانگین، کمترین و بیشترین $RMSE_p$ در جدول (۱۱) نشان داده شده است.

نزدیک بودن مقادیر خطای حاصل از میانگین خطای حاصل از روش پیشنهادی (۲٫۰۲۵۳ متر و ۲٫۲۶۲ متر) و خطای حاصل از روش مرسوم مرجع‌سازی (۲٫۰۲۰۴ متر و ۲٫۲۲۳ متر) با ورودی‌ها مؤید صحت عملکرد روش پیشنهادی می‌باشد. بالاتر بودن مقدار خطای روش پیشنهادی نسبت به روش مرسوم نیز ناشی از ماهیت الگوریتم‌ها است، بصورتی که در شرایطی که در روش مرسوم از الگوریتم معین کمترین مربعات استفاده می‌شود که یک جواب واحد را ارئه می‌نماید، الگوریتم ژنتیک روشی کاوشی است که در هر بار تکرار می‌تواند جوابی متفاوت و نزدیک به جواب معین را ارائه دهد. انتظار می‌رود که با تکرار بیشتر اعداد حاصل از این دو روش به هم نزدیکتر شوند.

برای محاسبه حساسیت الگوریتم پیشنهادی به ترتیب المان‌های سطح و طول وارد الگوریتم شده و میزان خطای حاصل به صورت میانگین در ۱۰۰۰ بار تکرار مدل محاسبه شدند. جدول (۱۲)، نشان‌دهنده تأثیر افزودن المان طول، جدول (۱۳) نشان‌دهنده افزودن المان سطح و جدول (۱۴) نشان‌دهنده تأثیر افزودن هر دو المان طول و سطح بر میزان *RMSEp* و *RMSE* حاصل از رابطه (۲) است.

چنانکه مشاهده می‌شود، افزودن المان‌های طول و سطح سبب ایجاد افزایش خطای مکان مرجع‌سازی در هر دو نمونه نقشه ارائه شده در این مقاله می‌گردد. در حالتی که هر دو المان سطح و طول لحاظ شده‌اند (جدول (۱۴))، مقدار $RMSE_p$ حاصل از الگوریتم ژنتیک پیشنهادی معادل ۲٫۳۹۲۱ متر و ۲٫۶۱۲ متر روی نقاط کنترل شده است که تقریبا ۳۶ سانتیمتر بیشتر از $RMSE_p$ حاصل از روش مرسوم مکان مرجع‌سازی (۲٫۰۲۵۳ متر و ۲٫۲۶۲ متر) شده است. به علاوه در این حالت مقدار خطای کل مکان مرجع‌سازی با روش پیشنهاد معادل ۲٫۴۳۰۶ متر و ۲٫۷۱۴ شده است که با روش مرسوم حدود ۴۵ سانتیمتر اختلاف دارد. جدول (۱۵) ارائه دهنده خطای هر یک از المان‌های هندسی کنترلی مورد استفاده برای المان‌های کنترلی سطح و المان‌های کنترلی طول در مقایسه بین روش پیشنهادی و روش مرسوم مکان مرجع‌سازی در هر دو نقشه است.

[۱] *ArcGIS ArcMap 10.5*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.1.4.1]
[DOI: 10.52547/jgit.9.1.1]

جدول ۱۱: میانگین، کمترین و بیشترین مقدار $RMSE_p$ حاصل از ۱۰۰۰ بار اجرای روش پیشنهادی

شماره نقشه	میانگین	بیشترین	کمترین
۱	۲٫۰۲۵۳ متر	۲٫۰۴۳۵ متر	۲٫۰۲۱۴ متر
۲	۲٫۲۶۲ متر	۲٫۵۱۵ متر	۲٫۲۳۵ متر

جدول ۱۲: نتایج تاثیر محاسبه اختلاف طول بر میزان اختلاف

شماره نقشه	*RMSEp (m)*	$RMSE_L$ *(m)*	*RMSE (m)*
۱	۲٫۱۰۹۳	۰٫۱۲۹۴	۲٫۲۳۸۷
۲	۲٫۳۲۳	۰٫۱۵۱	۲٫۳۹۸

جدول ۱۳: نتایج تاثیر محاسبه اختلاف سطح بر میزان اختلاف

شماره نقشه	*RMSEp (m)*	*RMSEa (m)*	*RMSE (m)*
۱	۲٫۱۱۵۹	۰٫۲۷۵۶	۲٫۳۹۱۵
۲	۲٫۳۴۲	۰٫۲۹۳	۲٫۴۶۵

جدول ۱۴: میانگین *RMSEp*، *RMSE* و اختلاف المان‌ها

شماره نقشه	*RMSEp (m)*	*RMSEa (m)*	$RMSE_L$ *(m)*	*RMSE (m)*
۱	۲٫۳۹۲۱	۰٫۲۹۶۳	۰٫۱۲۳۵	۲٫۴۳۰۶
۲	۲٫۶۱۲	۰٫۳۱۲	۰٫۱۶۲	۲٫۷۱۴

کاهش درصد اختلاف المان‌های مساحتی و طول حاصل از روش پیشنهادی در این مقاله نسبت به روش مرسوم که در جدول (۱۵) ارائه شده است، نشان دهنده افزایش دقت مکان مرجع سازی در المان های هندسی نقشه های کاداستری است. متوسط درصد بهبود دقت المان مساحت و طول در دو نقشه مورد مطالعه حدود ۴۰ درصد است.

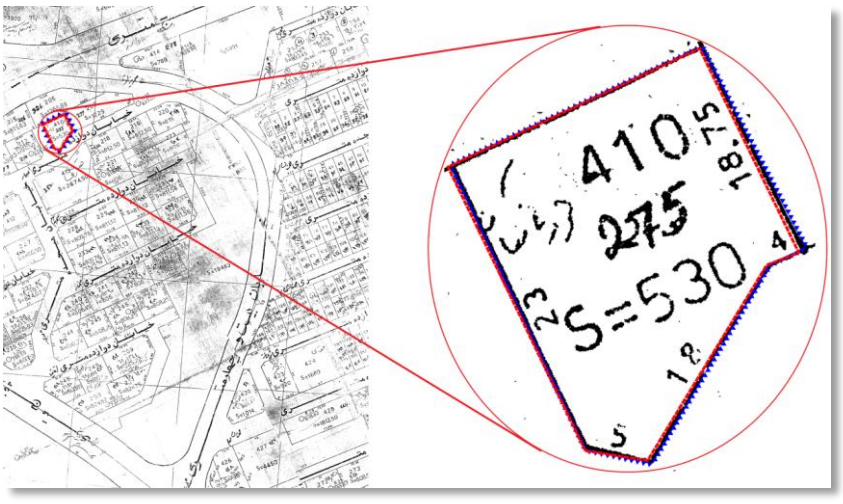
شکل(۸) نمونه‌ای از همپوشانی تصاویر مرجع شده با روش مرسوم و روش پیشنهادی را ارائه می‌دهد. در شکل مزبور یک پارسل بزرگنمایی شده است که در آن محدوده پارسل مکان مرجع شده با روش پیشنهادی بر روی تصویر مکان‌مرجع شده با روش مرسوم نمایش داده شده است. مساحت این پارسل که معادل ۵۳۰ مترمربع است در روش پیشنهادی معادل ۵۳۲٫۳۹ مترمربع و در روش مرسوم مکان مرجع‌سازی معادل ۵۳۴٫۸۸ مترمربع حاصل شده است که نشان دهنده بهبود ۴۵ درصدی در اختلاف مساحت حاصل از روش پیشنهادی است (جدول (۱۵)).

در بررسی حساسیت نتایج حاصله به پارامترهای الگوریتم ژنتیک، تغییرات *RMSE* نسبت به تغییر احتمال لقاح و جهش به ترتیب در محدوده ۰٫۵ تا ۰٫۹ و در محدوده ۰٫۰۱ تا ۰٫۰۸ بررسی گردید. براین اساس بهترین نتیجه در دو نقشه مورد مطالعه با احتمال لقاح معادل ۰٫۸ و احتمال جهش ۰٫۰۲ حاصل گردید.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.1.4.1]
[DOI: 10.52547/jgit.9.1.1]

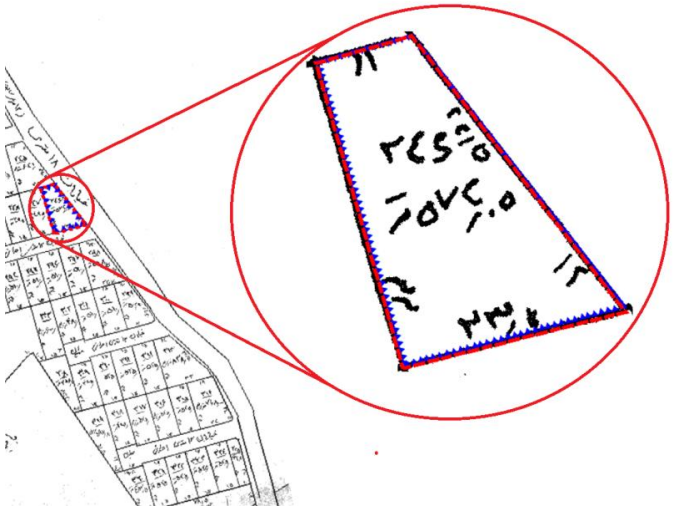
جدول ۱۵: اختلاف بین المان‌های هندسی موجود و حاصل شده بعد از مکان‌مرجع توسط الگوریتم ژنتیک

شماره نقشه	نوع المان هندسی	اندازه المان مرجع	اندازه المان با روش مرسوم	میزان اختلاف با روش مرسوم	درصد اختلاف	اندازه المان با روش پیشنهادی	میزان اختلاف با روش پیشنهادی	درصد اخلاف
۱	سطح (متر مربع)	۸۰۰	۸۰۷٫۳۷	۷٫۳۷	۰٫۹۲	۸۰۳٫۶۵	۳٫۶۵	۰٫۴۵
		۵۳۰	۵۳۴٫۸۸	۳٫۸۸	۰٫۷۳	۵۳۲٫۳۹	۲٫۳۹	۰٫۴۴
		۱۲۵۳٫۲۱	۱۲۶۴٫۷۵	۱۱٫۵۴	۰٫۹۲	۱۲۵۸٫۶۹	۵٫۴۸	۰٫۴۳
	طول (متر)	۴۳٫۷۷	۴۴٫۲۰	۰٫۴۳	۰٫۹۸	۴۴٫۰۶	۰٫۲۹	۰٫۶۶
		۳۲	۳۲٫۳۱	۰٫۳۱	۰٫۹۶	۳۲٫۱۸	۰٫۱۸	۰٫۵۶
		۳۳٫۳۶	۳۳٫۷۴	۰٫۳۸	۱٫۱۱	۳۳٫۵۹	۰٫۲۳	۰٫۶۸
۲	سطح (متر مربع)	۷۲۰	۷۲۶٫۱۲	۶٫۱۲	۰٫۸۵	۷۲۲٫۸۸	۲٫۸۸	٫۴۰
		۷۹۲	۷۹۷٫۵۴	۵٫۵۴	۰٫۷۰	۷۹۵٫۲۴	۳٫۲۴	۰٫۴۱
		۵۷۴٫۰۵	۵۷۹٫۲۱	۵٫۱۶	۰٫۹۰	۵۷۶٫۴۶	۲٫۴۱	۰٫۴۲
		۳۱۷٫۵	۳۲۰٫۲۶	۲٫۷	۰٫۸۷	۳۱۸٫۷۷	۱٫۲۷	۰٫۴۰
	طول (متر)	۱۶	۱۶٫۴	۰٫۷۱	۲٫۵	۱۶٫۰۸	۰٫۰۸	۰٫۵۶
		۲۲	۲۲٫۴۲	۰٫۴۲	۱٫۹	۲۲٫۱۲	۰٫۱۲	۰٫۵۸
		۲۴	۲۴٫۵۵	۰٫۵۵	۲٫۲	۲۴٫۱۵	۰٫۱۵	۰٫۶۳
		۳۵	۳۵٫۶۲	۰٫۶۲	۱٫۷	۳۵٫۲۳	۰٫۲۳	۰٫۶۷



(الف)

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.1.4.1]
[DOI: 10.52547/jgit.9.1.1]



(ب)

شکل ۸: همپوشانی محدوده پارسل نمونه مکان مرجع شده با تصویر مکان‌مرجع‌شده (خط چین سبز رنگ) و با روش مرسوم (خط مثلثی آبی رنگ) برای الف) نقشه اول (شکل (۲)) و ب) نقشه دوم (شکل (۳))

۵- نتیجه‌گیری

نتیجه مقایسه الگوریتم پیشنهادی مکان مرجع‌سازی در این مقاله با الگوریتم مرسوم بر روی داده‌های مشابه کنترل زمینی که شامل ۱۶ نقطه کنترل زمینی است حدود ۵ سانتیمتر می‌باشد که مؤید صحت عملکرد پیشنهادی است. افزودن المان‌های هندسی به فرآیند مکان مرجع‌سازی به بهبود خطای مساحت و طول انجامیده است. این در حالی است که دقت کلی مکان مرجع‌سازی کاهش یافته است. براین اساس مقادیر *RMSE* در روش پیشنهادی معادل ۲٫۳۹۲۱ متر و ۲٫۶۱۲ متر برای دو نقشه مورد بررسی شده است که با مقدار حاصل از روش مرسوم (۲٫۰۲۰۴ متر و ۲٫۲۲۳ متر) حدود ۳۷ سانتیمتر اختلاف دارد. این در حالی است که صحت المان‌های هندسی تا ۴۰ درصد بهبود را نشان می‌دهد که در فرآیندهای کاداستری و ثبتی بسیار مهم محسوب می‌گردد.

درصد اختلاف المان سطح برای روش مرسوم و روش پیشنهادی به ترتیب ۰٫۸۵ و ۰٫۴۲ درصد محاسبه شده است. همچنین درصد اختلاف المان طول در روش مرسوم دقتی برابر ۰٫۷۳ درصد و در روش پیشنهادی دقتی برابر ۰٫۶۲ درصد دارد. با توجه به دقت‌های کسب شده، روش پیشنهادی در محاسبه المان‌های هندسی نسبت به روش مرسوم از دقت بالاتری برخوردار است.

در روش پیشنهادی یکی از مطالعات انجام شده *[۱۲]*، میانگین اختلاف بین نقاط ۲٫۳۱۷۲ متر برآورد شده است، در حالیکه در روش پیشنهادی در این مقاله، میانگین اختلاف بین نقاط معادل ۲٫۵۰۲۵ متر حاصل شده است. همچنین در روش پیشنهادی در مطالعه ای دیگر[۱۶]، متوسط اختلاف بین سطوح ۰٫۴۵۷۹ درصد محاسبه شده که در این تحقیق متوسط اختلاف بین سطوح ۰٫۴۲ درصد برآورد شده است.

براساس روش پیشنهادی بررسی بهبود احتمالی حاصل از افزودن سایر المان‌های هندسی کنترلی از قبیل زاویه و امتداد برای تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود. همچنین بررسی نتیجه اعمال وزن بر روی المان‌های دخیل در مکان مرجع‌سازی پیشنهاد می‌گردد است که ممکن است انعطاف‌پذیری بیشتری برای فرآیند مکان مرجع‌سازی به همراه داشته باشد.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.1.4.1]
[DOI: 10.52547/jgit.9.1.1]

مراجع

[1] H. Bagheri, S. Sadeghian, A. MilanLak, "Comprehensive Evaluation of WorldView-2 Images GeoRefrencing using Classic and Intelligent Algorithms", the Journal of Surveying Science and Techniques, Vol. 4(3). pp. 87-101, 2014.

[2] C. Ballett, "Georeference in the analysis of the geometric content of early maps", e–Perimetron, Vol. 1(1), pp. 32–42, 2006.

[3] Y. Doytsher, "A rubber sheeting algorithm for non-rectangular maps". Computers & Geosciences, Vol. 26(9-10), pp. 1001-1010. 2000.

[4] Y. Doytsher, E. Gelbman, "Rubber-Sheeting Algorithm for Cadastral Maps" Journal of Surveying Engineering, Vol. 121(4), pp. 155-162. 1995.

[5] M. Etemadi, M. Abdollahi Tirabadi "Investigation of Completion and Revision Methods of the Cadastre Maps Produced by Photogrametery", presented at the 79 Gemoatics Conferenc, Iranian National Cartography Center (NCC), Tehran, Iran, 2000. (Persian)

[6] K. Fradkin, and Y. Doytsher, "Establishing an urban digital cadastre: analytical reconstruction of parcel boundaries" Computers, Environment and Urban Systems, Vol. 26(5), pp. 447-463, 2002.

[7] Y. Gavish, and Y. Doystsher. "Analytical Cadastre in Irland: restoring land boundaries based on photogrammetric tools", FIG XXII International Congress, 2002.

[8] N.M. Hashim, A.H. Omar, K.M. Omar, N.M. Abdullah, and M.H. Yatim "Cadastral Positioning Accuracy Improvement: A Case Study In Malaysia" ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLII-4/W1, pp. 265-270, 2016.

[9] B. Jenny, and L. Hurni "Studying cartographic heritage: Analysis and visualization of geometric distortions" Computers & Graphics, Vol. 35(2), pp. 402-411, 2011.

[10] M. Klebanov and Y. Doytsher "Cadastral Triangulation: A Block Adjustment Approach for Joining Numerous Cadastral Blocks" Nordic Journal of Surveying and Real Estate Research Special Series 4, pp. 53–68, 2009.

[11] M. Maleki and M. Mesgari "Cadastre Map Production and Legal Databases Role in Land Registry", the 82 Geomatics Conference, Iranian National Cartography Center (NCC), 2003. (Persian)

[12] F. Manzano-Agugliaro, C. San-Antonio-Gómez, S. López, F. Montoya, F., and C. Gil "Pareto-based evolutionary algorithms for the calculation of transformation parameters and accuracy assessment of historical maps" Computers & Geosciences, Vol. 57, pp. 124-132, 2013.

[13] D.N. Siriba and S.M. Sester "Mutual Linear Feature Matching and Alignment Designed for Geometric Accuracy Enhancement of Graphical Cadastral Datasets" Survey Review, Vol. 44(325), pp. 91-101, 2010.

[14] D.N. Siriba, S. Dalyot, S., and M. Sester "Geometric quality enhancement of legacy graphical cadastral datasets through thin plate splines transformation" Survey Review, Vol. 44(325), pp. 91-101, 2012.

[15] Sisman, Y. (2014). Coordinate transformation of cadastral maps using different adjustment methods. Journal of the Chinese Institute of Engineers, 37(7), 869-882. doi:10.1080/02533839.2014.888800

[16] X. Tong, T. Sun, J. Fan, M.F. Goodchild, and W. Shi "A statistical simulation model for positional error of line features in Geographic Information Systems (GIS)" International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Vol. 21, pp. 136-148, 2013.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.1.4.1]
[DOI: 10.52547/jgit.9.1.1]

[17] T. Podobnikar "Georeferencing and quality assessment of Josephine survey maps for the mountainous region in the Triglav National Park" Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica, Vol. 44(1), pp. 49-66, 2009.

[18] A., Shnaidman, U. Shoshani, and Y. Doytsher "Genetic Algorithms: a stochastic approach for improving the current cadastre accuracies" Survey Review, Vol. 44(325), pp. 102-110, 2013.

[19] R. Tajabadi, H. Hajian, S. Sahabani "The Role of Cadastre Surveying in Sustainable Development" the 1st International Conference of Sustainable Ecosystems and Development, Tehran, Iran, 2014.

[20] M. C˘eh, F. Gielsdorf, B. Trobec, M. Krivic, A. Lisec, "Improving the Positional Accuracy of Traditional Cadastral Index Maps with Membrane Adjustment in Slovenia" International Journal of Geo-Information Vol. 8(8):338, 2019.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.1.4.1]
[DOI: 10.52547/jgit.9.1.1]

K. N. TOOSI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
FACULTY OF GEODESY AND GEOMATICS ENGINEERING

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.9 No.1, Spring 2021

Research Paper

Investigation of Improvement in Georeferencing of Urban Analog Maps using the Geometric Elements and Genetic Algorithm

Hani Rezayan[1*], Naser Pour Ahmad[2], Javad Sadidi[3]

1- Assistant Professor of RS & GIS Group, Geographical Sciences Department, Kharazmi University, Tehran, Iran
2- MSc. of RS & GIS Group, Geographical Sciences Department, Kharazmi University, Tehran, Iran
3- Assistant Professor of RS & GIS Group, Geographical Sciences Department, Kharazmi University, Tehran, Iran

Abstract

A large number of civil registries are available as analog maps that require georeferencing. Besides the quality of the analog maps and control points, the algorithm used for georeferencing also affects the accuracy of the map and the carried out geometrical calculations which indicates the need to study modern Georeferencing Methods. This requires the adoption of georeferencing optimization models and functions so that the required attention should be paid to the determination of the properties limit. Because of the impossibility of geometrical interpretation, we cannot give fixed values to the parameters of affine function for all images. Therefore, this study attempts to set optimized parameters for Affine function using genetic algorithm and considering the geometrical elements of cadastre maps including the area of the pieces of land, length, angle, and the stretch of their constituent lines. To study the proposed method, two scanned, registered cadastre maps related to a part of Tehran as input data and the control points acquired by GPS have been used. To calculate the accuracy and sensitivity of the method, comparisons like RMSE without applying geometrical elements, RMSE with the application of one of the geometrical elements (level, length, angle, stretch), and RMSE with the application of all geometrical elements have been made. The results of the study suggest that the proposed method with the average RMSE of 2.50205 m has a lower accuracy than the common method with the RMSE of 2.4175. However, in the proposed method, the error rate of geometrical elements of level, length, angle, and stretch has decreased by 40 percent compared to the common method which is a remarkable improvrment.

Key words: *Georeference, Analog maps, Cadastre, Genetic Algorithm, Geometric Elements.*

Correspondence Address *: Remote Sensing and GIS Department, Geographic Sciences Faculty, Kharazmi University, Tehran, Iran.*
Tel *: +98 21 86070786.*
Email*: hani.rezayan@khu.ac.ir*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.1.4.1]
[DOI: 10.52547/jgit.9.1.1]