سنجش از دور
و
GIS ایران

سنجش از دور و GIS ایران
Iranian Remote Sensing & GIS

سال دهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۷
Vol.10, No. 2, Summer 2018

۳۳-٤٤

تدقیق رقومی‌سازی قطعات ثبتی با تکیه بر حفظ مساحت و طول‌های چندضلعی

آرش حاذقی اقدم[1*]، حسین هلالی[2]، علی‌اصغر آل شیخ[3]

۱. کارشناس ارشد سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۲. دکتری سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۳. استاد سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۹/۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱۲/۲۱

چکیده

تمامی اسناد املاک کاغذی قدیمی کشور باید به نقشه‌های رقومی زمین‌مرجع تبدیل گردند. در رقومی‌سازی قطعات، برای ورود به سامانه حدنگاری، لازم است فرم رقومی چندضلعی، از نظر مساحت و ابعاد محیطی، با سند قبلی مطابقت داشته باشد. در فرایند رقومی‌سازی، ویژگی‌های هندسی عوارض، همچون مساحت چندضلعی‌ها، تغییر می‌یابد. حفظ مطابقت طول‌ها و مساحت مانع از بروز مغایرت در اسناد و ایجاد اختلافات ثبتی و معاملاتی می‌شود. برای رفع این مشکل در این تحقیق، فرایند رقومی‌سازی با ثابت‌نگه‌داشتن طول‌های اضلاع و حفظ مساحت چندضلعی‌ها، زوایای رئوس چندضلعی‌ها به‌منزلهٔ مشاهده در نظر گرفته می‌شود و روشی مبتنی‌بر سرشکنی کمترین مربعات، با استفاده از معادلات شرط، مطرح می‌گردد. در این فرایند، مختصات جهانی به محل‌های ثابت نقشهٔ رقومی‌شده نسبت داده می‌شود و با حفظ طول اضلاع و با کمترین تغییر موقعیت رئوس، مساحت درج‌شده در سند، به‌قصد مطابقت مورد نظر تأمین می‌شود. برای بررسی این روش، نقشه‌ای کاغذی که شش قطعهٔ ثبتی، با مساحت‌های حدود هزار مترمربع در مقیاس ۱:۱۰۰۰، را دربر دارد اسکن شد و رقومی‌سازی، با تکیه‌بر حفظ مساحت و طول‌های چندضلعی‌ها، صورت گرفت. نتایج نشان می‌دهد که میانگین، حداکثر و حداقل مقدار جابه‌جایی رئوس با روش سرشکنی به‌طور متوسط، به‌ترتیب، برابر ۱۹.۳۱، ۲۶.۹۶ و ۱۰.۵۰ سانتی‌متر است که با توجه به مقیاس نقشه و قوانین حدنگاری قطعات زراعی و اراضی ملی، از لحاظ ثبتی مناسب به‌نظر می‌رسد و تدقیق صورت‌گرفته در رقومی‌سازی، با توجه به مطابقت ایجادشده، مقبول و مطلوب است.

کلیدواژه‌ها: قطعات ثبتی، رقومی‌سازی، حفظ مساحت، حفظ ابعاد محیطی، سرشکنی زوایای چندضلعی.

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: تبریز، ولیعصر، نگین‌پارک، بلوک ۴، راه‌پلهٔ آ. تلفن: ۰۹۱۴۸۱۵۶۰۴۰

Email: ar_ha_u@yahoo.com

۱- مقدمه

برای رعایت حقوق صاحبان زمین در ایجاد کاداستر رقومی، نقشه‌های قدیمی ثبتی زمین را باید رقومی کرد. از سویی، با تصویب قانون حدنگاری در سال ۱۳۹۳ (قانون جامع حدنگار کشور، ۱۳۹۳)، ثبت تمامی اسناد قدیمی کشور در سامانهٔ حدنگاری ضرورتی است که تبدیل نقشه‌های کاغذی به فرم رقومی زمین‌مرجع را می‌طلبد. روش‌های گوناگونی برای زمین‌مرجع‌کردن وجود دارد؛ مانند استفاده از چندجمله‌ای‌ها (Brovelli and Minghini, 2012). برخی از تحقیقات نیز به شیوهٔ استفاده از عکس‌های ماهواره‌ای برای استخراج حدود املاک پرداخته‌اند (Wassie et al., 2018) و برخی روش تعیین مساحت قطعات زمین را بررسی کرده‌اند (Berk and Ferlan, 2018). در اسناد قدیمی، ابعاد قطعات زمین به‌همراه مساحت آن‌ها، درون اسناد، قید شده است. این اسناد معمولاً دارای نقشه‌ای کاغذی‌اند که اندازهٔ اضلاع و مساحت قطعه زمین را دربر دارد. به‌منظور ثبت سند قطعات در سامانهٔ حدنگاری، طبق مقررات ثبتی لازم است فرم رقومی چندضلعی، از نظر مساحت و ابعاد اضلاع، با سند قبلی مطابقت داشته باشد.

ازجمله تحقیقات متعددی که برای رقومی‌سازی نقشه‌های کاغذی انجام شده آزمایش‌هایی در رابطه با میزان جابه‌جایی مختصات روی عوارض گوناگون، روی کاغذ و لایهٔ پولیستری و با استفاده از چهار اپراتور متفاوت، بوده است که نشان داد مهارت اپراتور تأثیر بسیاری در صحت رقومی‌سازی دارد (Bolstad et al., 1990). تحقیق دیگری خطاهای موجود در فرایند رقومی‌سازی را بررسی و مشخص کرده است، به‌دلیل خطاهای اپراتوری و پهنای خطوط ترسیمی، در فرایند رقومی‌سازی، عدم قطعیت دیده می‌شود (Dunn et al., 1990). برخی دیگر رقومی‌سازی را با نقشه‌های اسکن‌شده و عکس‌های پوشش‌دار انجام داده‌اند و میزان خطای موجود در نقاط رقومی‌شده را بررسی کرده‌اند (Roggero, Soleti, 2015). تحقیقاتی نیز به جنبهٔ خطاهای توپولوژیکی، هنگام رقومی‌سازی، پرداخته‌اند و در آنها چگونگی برطرف‌شدن هریک از خطاها، با نرم‌افزارهای مورد استفاده، بررسی شده است (Chrisman, 1987). مجموع تحقیقات یادشده نشان می‌دهد که فرایند رقومی‌سازی، به‌دلیل تغییر ماهیت داده‌ها، همواره با خطای معتنابهی همراه است؛ بنابراین، با توجه به وجود منابع خطای متعدد، عرضهٔ روشی برای کاهش این خطاها ضروری به‌نظر می‌رسد.

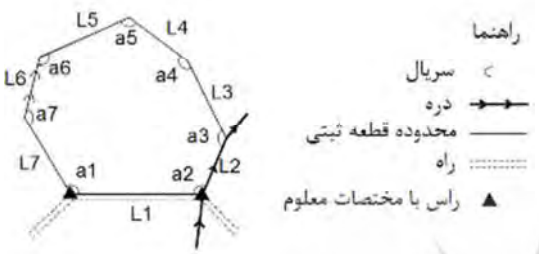
در فرایند رقومی‌سازی، خطاهایی وجود دارند که منجر به تغییر برخی از ویژگی‌های عوارض (Tuno et al., 2017)، مانند مساحت چندضلعی‌ها، می‌شوند. فعالیت‌هایی نیز برای حذف خطاهای رقومی‌سازی انجام گرفته است که ازجملهٔ آنها می‌توان به استفاده از معادلات شرط و درنظرداشتن مختصات رئوس چندضلعی‌ها، به‌منزلهٔ مشاهدات، و سرشکن‌کردن این مختصات‌ها برای برابرسازی مقدار مساحت چندضلعی رقومی‌شده با مساحت چندضلعی روی کاغذ، که مساحت آن مشخص بود، اشاره کرد (Tong et al., 2005). روش دیگری نیز برای کاهش مقدار اختلاف در طول‌ها و مساحت‌های چندضلعی‌ها، با استفاده از رفع اعوجاجات هندسی موضعی نقشه‌های ثبتی، ایجاد شده است (رمضانی و سعادت سرشت، ۱۳۹۵). در این روش، رفع اعوجاجات هندسی، پس از تبدیل نقشه‌ها به‌صورت برداری انجام گرفته است. به‌دلیل اینکه نقشه‌های کاغذی با مدادهایی ترسیم شده‌اند که ضخامت نوک آنها متفاوت است، در فرایند رقومی‌سازی، انتخاب موقعیت رئوس چندضلعی منجر به ایجاد خطا می‌شود. این یکی از عوامل تأثیرگذار و مهم در تطابق‌نداشتن مساحت درج‌شده در نقشه‌های ثبتی محسوب می‌شود که، در تحقیقات پیشین، به آن توجه کمتری شده است.

بنابراین، تحقیقات گذشته بیان می‌کنند که، در فرایند رقومی‌سازی نقشه‌های ثبتی کاغذی، خطاهایی وجود داشته است و از سویی، بیشتر این تحقیقات بر استفاده از روش سرشکنی خطاها تکیه کرده‌اند. تفاوت تحقیقات پیشین در روش‌های بیان‌شده در حوزهٔ

استفاده از معادلات شرط است. در این مقاله، سرشکنی با حفظ طول‌ها و مساحت چندضلعی و رئوس با مختصات معلوم انجام می‌شود که بر اطلاعات داده‌شده در نقشه‌های ثبتی کاغذی کشور ایران منطبق است. زوایای داخلی چندضلعی‌های به‌دست‌آمده در فرایند رقومی‌سازی به‌منزلهٔ مشاهدات در نظر گرفته می‌شود و در فرایند سرشکنی معادلات شرط، به‌منظور مطابقت مساحت چندضلعی رقومی‌شده با مساحت موجود در نقشهٔ کاغذی، زوایا اندکی تغییر می‌یابند؛ به‌گونه‌ای‌که میزان جابه‌جایی رئوس در تلورانس خطای مجاز مقیاس واقع شود.

نقشه‌های ثبتی قدیمی از نوع کاغذی‌اند (Carter and Heuangsavath, 2007; Wan and Williamson, 1995)؛ حال آنکه در اسناد قدیمی، ابعاد قطعات زمین به‌همراه مساحتشان درون اسناد قید شده است (آیین‌نامهٔ حدود نقشهٔ املاک، ۱۳۷۹). بنابراین، لازم است در تولید نقشه‌های جدید اسناد تک‌برگی که براساس مختصات UTM[1] عرضه می‌شوند، این دو ویژگی را حفظ کرد تا مغایرتی در اسناد وجود نداشته باشد. همچنین، در بسیاری از قطعات ثبتی کشاورزی و منابع طبیعی، عوارض به محل مشخصی محدود است که با دقت زیر متر تشخیص و قابل رؤیت نیستند؛ درنتیجه، رعایت حدود در این شرایط با رعایت اندازه‌های درج‌شده روی نقشه امکان‌پذیر می‌شود. از سویی، با استناد به مواد ۳۵۵ و ۳۸۴ قانون مدنی و مادهٔ ۱۴۹ قانون ثبت املاک و اسناد، وجود مغایرت در مساحت قطعات زمین در اسناد جدید ممکن است منجر به ازبین‌رفتن حقوق مالکان و ایجاد مشاجرات میان مالک و متصدیان ادارهٔ ثبت و از همه مهم‌تر، بی‌اعتمادشدن مردم به ادارهٔ ثبت شود (کیایی، ۱۳۷۶؛ قانون مدنی، ۱۳۱۴؛ قانون اصلاح قانون ثبت اسناد و املاک مصوب ۱۳۱۰ و قانون اشتباهات ثبتی در اسناد معارض مصوب ۱۳۳۳).

شکل ۱ نمونه‌ای شماتیک از نقشهٔ قطعات ثبتی مورد بحث است. در این نقشه‌ها، اندازهٔ اضلاع چندضلعی به‌همراه مساحت آن نوشته می‌شود اما اندازهٔ زوایای داخلی چندضلعی درج نمی‌گردد. در این‌گونه نقشه‌ها، برخی از اضلاع املاک بر عوارض مانند دره، سریال و حاشیهٔ راه منطبق‌اند. برای انطباق نقشه‌های ثبتی بر این عوارض، از عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای استفاده می‌شود (لطفی و سالک قهفرخی، ۱۳۹۱).



شکل ۱. نمونه‌ای شماتیک از نقشهٔ قطعات ثبتی

همچنین، برخی از رئوس چندضلعی ممکن است نقاط ثابتی، مانند محل تقاطع دره و راه، باشند و یا نقاط ثابت حاصل از ارائهٔ سند تک‌برگی قطعات ملکی مجاور، که منجر به ثابت درنظرگرفتن آن نقاط و اضلاع به هنگام رقومی‌سازی قطعهٔ ثبتی مورد نظر شود. در بسیاری از موارد، این نقاط ثابت در بازدیدهای میدانی کارشناسان ثبتی، با استفاده از سیستم موقعیت‌یاب جهانی[2] سامانهٔ شمیم، به‌دقت، در سیستم مختصات UTMاندازه‌گیری می‌شود (شمیم، ۱۳۹۶). باید در نظر داشت که ممکن است، در نگاه اول، برداشت تمامی رأس‌های چندضلعی‌ها با استفاده از GPS، به‌منزلهٔ روش به‌روزرسانی نقشه‌ها، کاربردی جلوه کند اما حتی در این روش نیز، حفظ طول‌ها و مساحت درج‌شده در سند قبلی ضروری است و از سویی، امکان دارد اندازهٔ اضلاع بیان‌شده روی نقشه‌های کاغذی رعایت نشود.

سرشکنی زوایای a1، a2، ... و با استفاده از معادلات شرط، مطرح می‌کنیم. در روش سرشکنی، زوایای میان

1. Universal Transverse Mercator
2. GPS

برای رفع این مشکل، در این تحقیق، روشی برپایهٔ اضلاع با طول معین را، که روی نقشهٔ کاغذی نوشته شده است، به‌منزلهٔ مشاهده در نظر می‌گیریم و با استفاده از روابط میان مساحت چندضلعی و شرط بست ضلعی (رابطه (۶))، به‌همراه شرط بسط زاویه‌ای (رابطه (۷)) که به‌صورت معادلهٔ شرط است، آنها را سرشکن می‌کنیم. همچنین حالات متفاوت مسئله را، با درنظرداشتن ارتباط چندضلعی‌ها و وجود نقاط ثابت با مختصات معلوم، بررسی می‌کنیم تا تغییرات موجود در معادلات شرط را توضیح دهیم.

ساختار مقالهٔ پیش رو بدین‌صورت است: بخش مواد و روش‌ها رویکرد پیشنهادی و دادهٔ مورد استفاده برای ارزیابی را بررسی می‌کند. در بخش نتایج، با رقومی‌سازی چندضلعی‌های ترسیم‌شده روی کاغذ، روش پیشنهادی برمبنای سرشکنی معادلات شرط بررسی می‌شود. بخش بعدی نیز به نتیجه‌گیری و پیشنهادها اختصاص دارد.

۲- مواد و روش‌ها

در این تحقیق، چندضلعی‌هایی دارای تعداد اضلاع متفاوت، با نقاط ثابت در مقیاس ۱:۱۰۰۰ و مساحت‌های حدود هزار مترمربع، به‌صورت دستی روی کاغذ ترسیم شدند تا به‌صورت نمونه‌ای از نقشه‌های حدنگاری کاغذی، برای ارزیابی رویکرد پیشنهادی، به‌کار روند. نقشهٔ ترسیمی این چندضلعی‌ها، در بخش نتایج در شکل ۷، نشان داده شده است.

برای بیان رویکرد پیشنهادی به‌منظور رقومی‌سازی نقشه‌های حدنگاری، بیان روابط مورد استفاده و درنظرداشتن شرایط متفاوت ضروری است که، در این بخش، آنها را بررسی می‌کنیم.

۲-۱- رویکرد پیشنهادی برای حفظ مساحت به‌منظور رقومی‌سازی چندضلعی‌ها

در این رویکرد، نقشه‌های اسکن‌شده، با تبدیلاتی مانند افاین[1] و پروجکتیو[2]، زمین‌مرجع می‌شوند و با استفاده از نقاط ثابت مختصات‌دار، در محل مختصات قرار می‌گیرند. سپس، اندازهٔ اضلاع با اندازهٔ نوشته‌شده روی کاغذ مقایسه می‌شود تا درستی نوشته‌ها مشخص شود. درصورتی‌که اندازهٔ اضلاع نوشته‌شده صحیح نباشد، نقشه ممکن است به‌شکل کروکی باشد و یا به‌درستی ترسیم نشده باشد؛ بنابراین، از روش مطرح‌شده در این تحقیق نمی‌توان استفاده کرد. سپس زوایای میان اضلاع، با استفاده از نقشهٔ اسکن‌شده، اندازه‌گیری و به‌منزلهٔ مشاهده، در نظر گرفته می‌شود. ازآنجاکه اندازه‌گیری برخی از زاویه‌ها با توجه به شرایط نقشه‌ها دقیق‌تر صورت می‌گیرد، در فرایند سرشکنی، وزن بیشتری به این زوایا اختصاص می یابد. پس از طی این فرایند، معادلات شرط، که در این بخش بیان می‌شوند، شکل می‌گیرند و با استفاده از روابط سرشکنی این معادلات، اندازهٔ زوایا سرشکن می‌شود تا چندضلعی، با اضلاع و مساحت برابر، پدید آید. اکنون اگر مقدار جابه‌جایی رئوس، در مقایسه با نقشهٔ اسکن‌شده، بیشتر از حد مجاز نباشد؛ چندضلعی به‌دست‌آمده در جایگاه چندضلعی رقومی‌شده پذیرفته می‌شود. حد مجاز جابه‌جایی، با توجه به مقیاس نقشه‌ها برای رئوس، حداکثر یک متر لحاظ شده است. مراحل رقومی‌سازی نقشه ها در دیاگرام شکل ۲ نشان داده شده است. در غیر این صورت، یا مساحت نوشته‌شده صحیح نیست و یا با روش مطرح‌شده نمی‌توان به چندضلعی مفروض دست یافت.

البته باید در نظر داشت که nضلعی منحصربه‌فردی را، در صورت دردست‌بودن طول تمامی اضلاع و n-3 زاویه، می‌توان ایجاد کرد؛ حال آنکه در رقومی‌سازی، با دردست‌بودن مساحت به‌منزلهٔ اطلاعات اضافی، و داشتن n-4 زاویه، می‌توان nضلعی منحصربه‌فرد را ایجاد کرد. درنتیجه، با اطلاع از اندازهٔ طول‌ها و مساحت

1. Affine
2. Projective

چندضلعی‌هایی که بیشتر از چهار ضلع دارند، با تغییر اندازهٔ زوایا، nضلعی‌های بی‌شماری می‌توان ایجاد کرد. در این مقاله، از روش سرشکنی کمترین مربعات استفاده شد تا میزان جابه‌جایی رئوس به کمترین میزان برسد. به‌علاوه، باید توجه داشت که وجود نقاط ثابت با مختصات معلوم نیز ممکن است منجر به ایجاد چندضلعی یکه شود که، در این شرایط، برای به‌دست‌آوردن زوایا می‌توان از محاسبات هندسی استفاده کرد و دیگر نیازی به روش سرشکنی نیست.

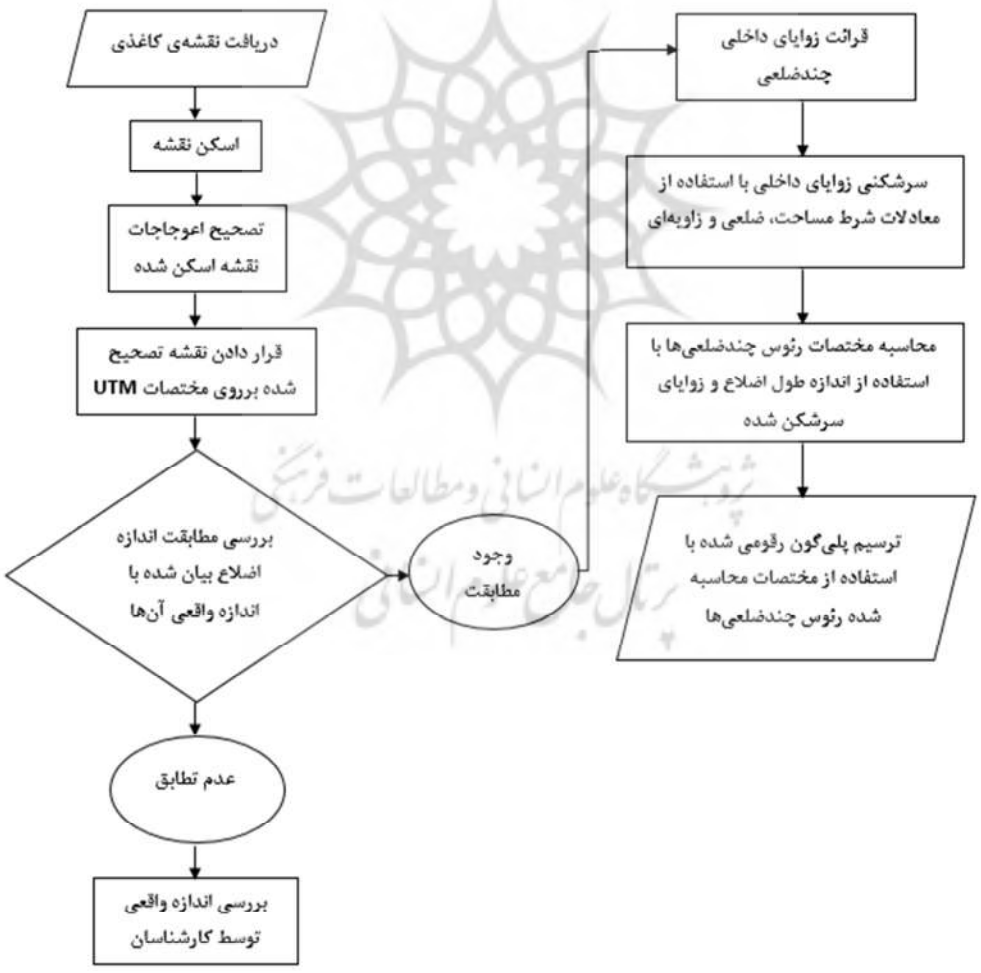
۲-۲- روابط مورد استفاده برای سرشکنی معادلات شرط

برای سرشکنی معادلات شرط، از روابط (۱) و (۲) استفاده می‌شود (Mikhail and Ackermann, 1976). این معادله‌ها مشاهدات را به‌صورت تکرارشونده سرشکن می‌کنند:

$$r = -Cl * B' * inv(B * Cl * B') * w \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$lcap = l + r \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این روابط، Cl ماتریس مربعی بیانگر دقت مشاهدات، B بیانگر ژاکوبین معادلات شرط در مقایسه با مشاهدات، w بردار باقی‌مانده، r بیانگر بردار مقدار تعدیل مشاهدات و lcap بیانگر مشاهدات سرشکن‌شده است.



شکل ۲. دیاگرام رویکرد پیشنهادی برای تدقیق رقومی‌سازی چندضلعی‌های قطعات ثبتی

۲-۲-۱- روابط محاسبهٔ مختصات رئوس برمبنای زوایای مجهول

هدف ما ایجاد چندضلعی با مساحت برابر است؛ بنابراین، مقدار زوایا مجهول است و مختصات رئوس اهمیت چندانی ندارند. به همین دلیل، برای ایجاد روابط ذیل، دو رأس پشت‌سرهم را ثابت و ژیزمان امتداد میان آن دو را ۹۰ درجه در نظر می‌گیریم. ژیزمان امتدادها، برحسب زوایای مجهول، به‌صورت پارامتریک به‌دست می‌آید و سپس از روابط (۳) و (۴) برای به‌دست‌آوردن مختصات رأس‌های دیگر، برحسب زوایای مجهول، استفاده می‌شود. در این رابطه، G ژیزمان امتداد میان رأس قبلی و رأس مجهول و L طول میان این دو رأس شمرده می‌شود و در این مقاله، فرض بر معلوم‌بودن این مقدار است (دیانت‌خواه، ۱۳۸۸).

رابطه (۳) $x = x_0 + L * \sin(G)$

رابطه (۴) $y = y_0 + L * \cos(G)$

با استفاده از این معادلات و درنظرگرفتن ژیزمان امتدادهای اضلاع به‌صورت تابعی از زوایای مجهول، مختصات رئوس به‌نسبت زوایای مجهول به‌دست می‌آید. از این روابط، برای ایجاد معادلات شرط مساحت و بسط ضلعی براساس زوایای مجهول، استفاده می‌شود.

۲-۲-۲- معادلهٔ شرط مساحت چندضلعی

پس از محاسبهٔ مختصات رئوس برمبنای زوایای مجهول، می‌توان معادلهٔ شرط مساحت را براساس زوایای مجهول، با استفاده از رابطه (۵)، ایجاد کرد (دیانت‌خواه، ۱۳۸۸).

رابطه (۵) $\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n} x_i\,(y_{i+1} - y_{i-1}) - S_0 = 0$

که در آن، x_i و y_i مختصات رأس‌ها و S_0 مختصات نوشته‌شده روی نقشهٔ کاغذی است.

۲-۲-۳- معادلهٔ شرط بسط ضلعی

برای ایجاد این شرط، از مختصات رأس دوم که به‌صورت ثابت در نظر گرفته‌ایم، آغاز می‌کنیم و مختصات رأس اول را، با دردست‌داشتن طول‌ها و مجهول درنظرداشتن زوایا، محاسبه می‌کنیم (دیانت‌خواه، ۱۳۸۸). این رابطه را به این دلیل به‌کار می‌بریم که زوایا، در طول عملیات سرشکنی، به‌گونه‌ای تنظیم شوند که مختصات محاسباتی رأس اول با مختصات رأس اول برابر شود. این شرطْ مکملِ شرط مساحت است زیرا، در شرط مساحت، از زاویهٔ آخر استفاده نشده است.

رابطه (۶)

$$\sqrt{(x_2 - x_1 + \sum_{i=1}^{n} l_i * \sin(G_i))^2 + (y_2 - y_1 + \sum_{i=1}^{n} l_i * \cos(G_i))^2} = 0$$

۲-۲-۴- معادلهٔ شرط زاویه‌ای

این رابطه بیان می‌کند مجموع زوایای داخلی چندضلعی‌ها برابر است با تعداد اضلاع منهای دو، ضربدر ۱۸۰، که معادلهٔ شرط آن با این رابطه نوشته می‌شود (دیانت‌خواه، ۱۳۸۸: ۲۵۸):

رابطه (۷) $\sum_{i=1}^{n} a_i - (n-2) * pi = 0$

در این رابطه، a_i زاویهٔ رئوس و n تعداد اضلاع چندضلعی است.

۲-۳- بررسی حالت‌های گوناگون چندضلعی‌ها و نقاط ثابت دارای مختصات معلوم

با توجه به ارتباط چندضلعی‌ها با یکدیگر و وجود اطلاعات اضافی، ممکن است حالت‌های متفاوتی ایجاد شود که، در دو دستهٔ شرایط گوناگون چندضلعی‌ها و وجود رئوس ثابت با مختصات معلوم، بررسی می‌شوند.

چندضلعی‌ها ممکن است، به‌نسبت یکدیگر، در شرایط متفاوتی قرار بگیرند تا مساحتشان با هم مرتبط شود. در این تحقیق، این شرایط را به دو دسته تقسیم می‌کنیم:

۲-۳-۱- چندضلعی داخل چندضلعی

این شرایط زمانی رخ می‌دهد که مساحت چندضلعی

داخلی و همچنین، مساحت میان دو چندضلعی روی نقشه نوشته می‌شود. برای حل این‌گونه مسائل، سرشکنی یک‌بار برای چندضلعی داخل و یک‌بار برای چندضلعی خارجی انجام می‌شود. البته باید توجه داشت که مساحت چندضلعی بزرگ‌تر برابر مجموع دو مساحت مورد اشاره است.

۲-۳-۲- چندضلعی‌های متصل‌به‌هم

برخی چندضلعی‌ها، در برخی از رئوس، به یکدیگر متصل‌اند و برخی هم ضلع‌های مشترک دارند. در این موارد، هنگام سرشکن‌کردن معادلات شرط، همهٔ چندضلعی‌ها در یک فرایند سرشکن می‌شوند. باید توجه داشت که مختصات رئوس مشترک، در این حالت، یک‌بار براساس زوایای مجهول محاسبه می‌شود و در صورت نیاز به مختصات آنها برای محاسبهٔ مختصات رأس‌های دیگر در چندضلعی مجاور، همان روابط به‌کار می‌رود. اینجا ممکن است اختلاف میان مساحت کاملاً برطرف نشود ولی امکان کاهش این اختلاف وجود دارد.

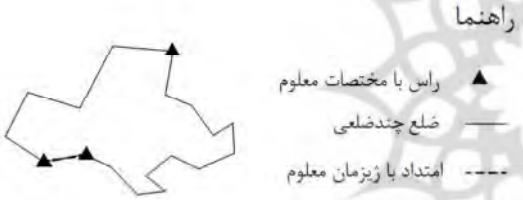
با توجه به وجود رأس‌هایی با مختصات معلوم، در ایجاد معادلات شرط، شرایط متفاوتی نیز به‌وجود می‌آید که در این مقاله، آنها را به چهار دسته تقسیم می‌کنیم:

۱. وقتی میان دو رأس معلوم یک رأس مجهول وجود دارد: این شرایط در شکل ۳ نشان داده شده است.

شکل ۳. وجود یک رأس مجهول میان دو رأس با مختصات معلوم

در این صورت موقعیت رأس مجهول، با دردست‌داشتن دو طول، محاسبه می‌شود. با توجه به شکل ۳، در صورت تقاطع دو دایره با شعاع‌های برابر با طول اضلاع، دو نقطه به‌دست می‌آید. از طرفی، باید توجه داشت که نقشهٔ کاغذی موجود است و این نقشه نشان می‌دهد زاویهٔ داخلی، در رأس مورد نظر، بیشتر یا کمتر از ۱۸۰ درجه است. بنابراین، با داشتن این اطلاعات، مختصات رأس مورد نظر به‌دست می‌آید و زاویهٔ صحیح آن نیز محاسبه می شود. بنابراین، وقتی در معادلات شرط به آن زاویه نیاز بود، مقدار آن وارد معادله می‌شود و هرگاه لازم باشد ژیزمان امتدادی، برحسب آن زاویه، به‌صورت پارامتریک محاسبه شود؛ مقدار محاسبه‌شدهٔ آن زاویه به‌کار می‌رود. درنتیجه، مقدار این زاویه سرشکن نمی‌شود.

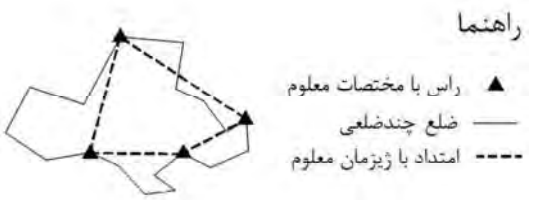
۲. وقتی فقط دو رأس متوالی مختصات معلوم داشته باشند (شکل ۴).



شکل ۴. وجود دو رأس متوالی با مختصات معلوم

ابتدا، آن دو نقطه را نقاط ابتدایی در نظر می‌گیریم و با استفاده از ژیزمان آنها، ژیزمان امتدادهای دیگر را با استفاده از زوایای مجهول و معلوم، به‌صورت پارامتریک، می‌یابیم و مختصات رئوس را، به‌صورت پارامتریک، محاسبه می‌کنیم تا در معادلات شرط استفاده شوند. در ایجاد معادلهٔ شرط ضلعی، باید توجه داشت که اگر نقطهٔ معلوم دیگری وجود داشته باشد، شرط ضلعی میان نقاط معلوم پدید می‌آید. بنابراین در شکل ۴، دو شرط ضلعی ایجاد می‌شود.

۳. وجود رأس‌های با مختصات معلوم، به‌صورت پراکنده (شکل ۵).



شکل ۵. وجود رأس‌های دارای مختصات معلوم، به‌صورت پراکنده

در این مورد، این نقاط را به یکدیگر متصل می‌کنیم و ژیزمان امتدادها را، برمبنای ژیزمان‌های معلوم و زوایای مجهول، به‌صورت پارامتریک پیدا می‌کنیم و با استفاده از آنها، مختصات رئوس مجهول را، برحسب زوایای مجهول، به‌دست می‌آوریم. از این مختصات در معادلات شرط مساحت و بسط ضلعی می توان استفاده کرد. شروط بسط ضلعی نیز میان نقاط معلوم ایجاد می‌شود. در شکل ۵، چهار شرط ضلعی پدید می‌آید.

۴. وجود رأس‌های دارای مختصات معلوم، در شرایطی که تعدادی از آنها به‌صورت متوالی قرار دارند (شکل ۶).

شکل ۶. وجود رأس‌های دارای مختصات معلوم که برخی به‌صورت متوالی قرار دارند

در این صورت نیز، از دو رأس متوالی شروع می‌کنیم و با استفاده از ژیزمان معلوم آنها، ژیزمان‌های دیگر را به‌صورت پارامتریک، برحسب زوایای مجهول، به‌دست می‌آوریم. هرگاه ژیزمان معلوم دیگری بین دو رأس معلوم وجود داشت، برای محاسبهٔ دیگر ژیزمان ها، از آن ژیزمان معلوم استفاده می کنیم. در این شرایط نیز، معادلات شرط میان نقاط معلوم ایجاد می شود؛ بنابراین، در شکل ۶، سه شرط ضلعی پدید می‌آید.

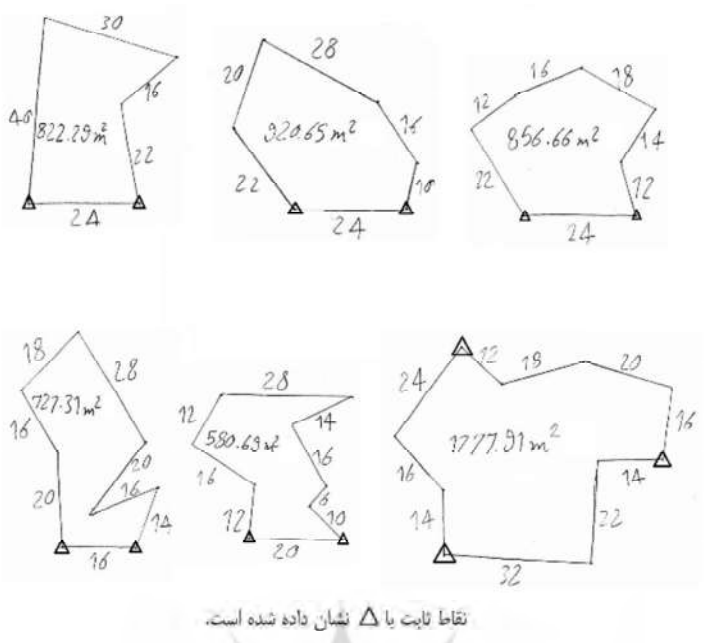
شایان ذکر است در همهٔ این شرایط، با توجه به وجود مختصات نقاط معلوم، مقادیر این مختصات مستقیم وارد معادله می‌شود و برای محاسبهٔ مختصات رأس بعدی، همین مقادیر در ایجاد رابطهٔ پارامتریک برحسب زوایای مجهول به‌کار می‌روند؛ بنابراین، سرشکنی نمی‌شوند.

۳- بحث و ارزیابی نتایج

برای ارزیابی روش پیشنهادی، از شش چندضلعی با تعداد اضلاع پنج تا دَه ضلع استفاده شد که با ضخامت ۰.۳ میلی‌متر در مقیاس ۱:۱۰۰۰ ترسیم شده بودند. سپس این چندضلعی‌ها در فرایند دیاگرام شکل ۲ قرار گرفتند. این چندضلعی‌ها به‌کار رفتند تا تأثیر تعداد زوایای مجهول و وجود تعداد نقاط ثابت در برخی رئوس آنها بررسی شود. چندضلعی‌ها را در شکل ۷ نشان داده‌ایم.

بنابراین، با دردسترس‌بودن نقشه‌های کاغذی اسکن‌شده، زوایای میان اضلاع اندازه‌گیری و به‌منزلهٔ مشاهده در نظر گرفته می‌شود. اندازه‌گیری زوایا، پس از تبدیل رستر به وکتور با استفاده از نرم‌افزارها، را می‌توان به‌صورت خودکار انجام داد. در این تحقیق، برای مقایسهٔ اختلاف مساحت به‌دست‌آمده میان چندضلعی رقومی‌شده از سوی اپراتور و مساحت نوشته‌شده روی کاغذ، هریک از چندضلعی‌ها یک‌بار نیز به‌صورت دستی رقومی شد. مقدار این اختلاف در جدول ۱ آمده است.

سپس زوایای مشاهده‌شده، به‌منظور برابرسازی مساحت چندضلعی رقومی‌شده با استفاده معادلات شرط مساحت و ضلعی و زاویه‌ای، با درنظرگرفتن نقاط ثابت دارای مختصات معلوم در چندضلعی ها به‌منزلهٔ رئوس دارای مختصات معلوم، سرشکن شدند. درنهایت، با استفاده از زوایای سرشکن‌شده، مختصات رأس‌ها به‌دست آمد تا مقدار جابه‌جایی رئوس به‌نسبت مختصاتشان، قبل از ترسیم نقشه، را بتوان مقایسه کرد. جدول ۱ مقادیر جابه‌جایی رئوس به‌همراه اختلاف مساحت چندضلعی‌ها با حالت رقومی‌شده، پیش از سرشکنی برای چندضلعی‌ها با تعداد ضلع‌های متفاوت را، که در شکل ۷ نشان داده شده‌اند، بیان می‌کند.



شکل ۷. چندضلعی‌های مورد استفاده برای بررسی روش پیشنهادی

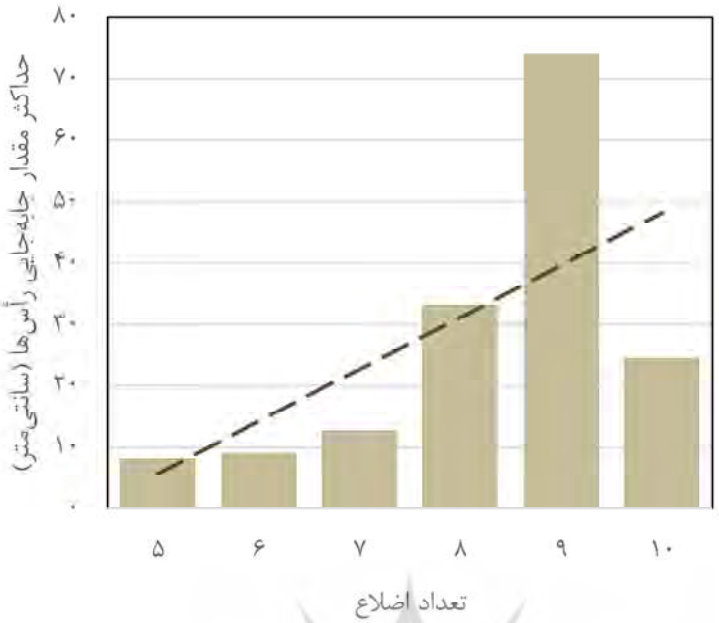
جدول ۱. مقایسهٔ روش سرشکنی زوایا برای چندضلعی‌هایی که تعداد ضلع‌هایشان متفاوت است

نوع چندضلعی	تعداد نقطهٔ معلوم	مساحت چندضلعی (مترمربع)	اختلاف مساحت چندضلعی رقومی‌شده بدون سرشکنی (مترمربع)	میانگین مقدار جابه‌جایی (سانتی‌متر)	حداکثر مقدار جابه‌جایی (سانتی‌متر)	حداقل مقدار جابه‌جایی (سانتی‌متر)
پنج‌ضلعی	۲	۸۲۲.۲۹	۱۲.۲۰	۷.۱۷	۸.۱۶	۶.۴۹
شش‌ضلعی	۲	۹۲۰.۶۵	۰.۷۸	۶.۰۱	۹.۱۲	۴.۸۰
هفت‌ضلعی	۲	۸۵۶.۶۶	۷.۹۰	۹.۱۳	۱۲.۶۴	۵.۰۷
هشت‌ضلعی	۲	۷۲۷.۳۱	۲۳.۱۳	۲۴.۷۵	۳۳.۱۴	۱۲.۱۳
نه‌ضلعی	۲	۵۸۰.۶۹	۱۵.۰۳	۵۳.۲۰	۷۴.۱۷	۳۲.۶۴
ده‌ضلعی	۳	۱۷۷۷.۹۱	۲۱.۸۳	۱۵.۶۰	۲۴.۵۲	۱.۹۰
میانگین		۹۴۷.۵۸	۱۳.۴۸	۱۹.۳۱	۲۶.۹۶	۱۰.۵۰

در تحقیق حاضر، براساس سرشکنی زوایای رئوس چندضلعی (کمترین مقدار جابه‌جایی موقعیت رئوس)، روشی خودکار توسعه یافت تا مدل رقومی نقشهٔ کاغذی ثبتی بازسازی شود؛ به‌گونه‌ای که اندازهٔ طول‌های بیان‌شدهٔ مساحت سند تأمین شود. این روش می‌تواند جایگزین روش دستی این کار شود که زمان‌بر و با سعی و خطا همراه است.

بررسی میزان خطای روش حاضر نشان داد که تدقیق رقومی‌سازی قطعات ثبتی، با تکیه‌بر حفظ مساحت و طول‌های چندضلعی‌ها، خطایی کمتر از انجام‌دادن اپراتوری آن، با استفاده از تصاویر دردسترس، دارد.

برای ارزیابی نتایج داده‌شده در جدول ۱، نمودار میله‌ای حداکثر مقدار جابه‌جایی رئوس، پس از انجام‌دادن رویکرد پیشنهادی برای چندضلعی‌ها، در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸. نمودار میله‌ای مقایسهٔ رویکرد پیشنهادی حفظ مساحت برای چندضلعی‌ها، با توجه به حداکثر مقدار جابه‌جایی رأس‌ها

شکل ۸ افزایش حداکثر مقدار جابه‌جایی رأس‌ها برای پنج‌ضلعی تا نه‌ضلعی را نشان می‌دهد زیرا، با افزایش تعداد اضلاع، مقدار تلورانس جابه‌جایی، با توجه به افزایش تعداد زوایا، افزایش می‌یابد. اما این مقدار برای ده‌ضلعی بسیار کاهش یافته است. البته باید توجه داشت که ده‌ضلعی دارای سه نقطهٔ ثابت است که به محدودکردن تلورانس مقدار جابه‌جایی رئوس دیگر می‌انجامد. بنابراین، ممکن است وجود قیود اضافی، در رسیدن به نتایج صحیح‌تر، مؤثر باشد.

۴- نتیجه‌گیری

مقادیر میانگین، حداکثر و حداقل مقدار جابه‌جایی با استفاده از روش سرشکنی به‌طور متوسط بدون درنظرگرفتن نقاط با مختصات معلوم به‌ترتیب برابر ۱۹.۳۱، ۲۶.۹۶ و ۱۰.۵۰ سانتی‌متر است که با لحاظ کردن مقیاس نقشه و خطای ضخامت ترسیمی روش پیشنهادی با توجه به تشخیص‌ندادن موقعیت نقاط با دقت بهتر از یک متر، عملکرد مطلوبی دارد. اگر این کار به‌صورت دستی انجام شود؛ اپراتور برای ایجاد تطابق مساحت و حفظ طول‌های مندرج، زوایا را با جابه‌جایی‌های اندک موقعیت رئوس تغییر می‌دهد و پی‌درپی، مساحت را با رایانه محاسبه می‌کند. این کار، در رایانه و با تکیه‌بر عکس هوایی و یا ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالا برای مشاهدهٔ محل رئوس مقدور است؛ بنابراین، دقت آن فعالیت محدود به دقت تصویر مورد استفاده است.

به‌علاوه، مطابق با دستورالعمل همسان نقشه‌برداری (۱۳۸۶)، تمامی نقاط بای، با دقت ۰.۵ میلی‌متر در مقیاس نقشه، تعیین موقعیت شوند. ضخامت قلم مورد استفاده، در این تحقیق، ۰.۳ میلی‌متر در نظر گرفته شده است؛ بنابراین، موقعیت نقاط روی نقشه با دقت ۰.۸ میلی‌متر (معادل ۸۰ سانتی‌متر در مقیاس ۱:۱۰۰۰ در زمین) روی نقشهٔ کاغذی موجود است. حداکثر مقدار جابه‌جایی در روش پیشنهادی، مطابق جدول ۱، برابر ۷۴.۱۷ سانتی‌متر است که با توجه به استاندارد مورد نظر، در محدودهٔ قابل قبول قرار می‌گیرد. بنابراین، نتایج برای حدنگاری قطعات زراعی و اراضی ملی را، ازنظر ثبتی، می‌توان پذیرفت.

۵- پیشنهادها

در تحقیق حاضر، سرشکنی زوایای مشاهده‌شده در فرایند رقومی‌سازی چندضلعی، برای ایجاد تطابق طول اضلاع و مساحت، با درنظرداشتن رئوس مختصات‌دار ثابت انجام شد. باید توجه داشت که در برخی نقشه‌ها، افزون بر بیان طول اضلاع، محل قرارگیری این اضلاع روی عوارضی مانند سریال و رود بیان می‌شود. با توجه به دردسترس‌بودن ابزارهای پیشرفته، مانند تصاویر سنجش از دور و عکس‌های هوایی، امکان ترسیم دقیق‌تر این عوارض وجود دارد. در برخی کاربردها، درنظرداشتن موقعیت این عوارض به هنگام رقومی‌سازی اهمیت دارد؛ بنابراین، بیان روشی برای ایجاد انطباق اضلاع و رئوس چندضلعی‌های روی نقشه‌های کاغذی را، افزون‌بر رعایت طول اضلاع و مساحت، پیشنهاد می‌دهیم.

برای اجرای فرایند سرشکنی زوایا نیز، در تحقیق حاضر، از نرم‌افزار متلب استفاده شده است. اجرای این الگوریتم در نرم‌افزارهای مدیریت نقشه، مانند ArcGIS و اتوکد، با توجه به امکانات ویرایشی نقشه‌ها و صورت‌گرفتن تحلیل‌های مکانی، به کاربردی‌شدن روش پیشنهادی می‌انجامد.

۶- منابع

آیین‌نامهٔ حدود و وظایف و تشکیلات تهیهٔ نقشهٔ املاک به صورت کاداستر و مقررات اجرایی آن موضوع تبصرهٔ ۳ مادهٔ ۱۵۶ قانون ثبت اسناد و املاک، مصوب ۱۵ دی ۱۳۷۹ قوهٔ قضائیه، ۱۳۷۹، http://www.ssaa.ir/SubjectView/tabid/73/Code/427/Default.aspx.

دستورالعمل های همسان نقشه برداری شمارهٔ ۱۱۹، ۱۳۸۶، http://www.ncc.org.ir/HomePage.aspx?TabID=3680&Site=NCCPortal&Lang=fa-IR

دیانت‌خواه، م.، ۱۳۸۸، **نقشه‌برداری مهندسی**، مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان.

رمضانی، ع.، سعادت سرشت، م.، ۱۳۹۵، **افزایش سازگاری نقشه های ثبتی با اطلاعات هندسی مندرج در اسناد ثبتی به روش نگاشت اجزاء محدود**، مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، سال چهارم، شمارهٔ ۲، صص. ۱۳۷-۱۲۳.

شبکهٔ موقعیت‌یابی یکپارچهٔ مالکیت‌ها (شمیم)، ۱۳۹۶، http://shamim.ssaa.ir.

قانون اصلاح قانون ثبت اسناد و املاک مصوب ۱۳۱۰ و قانون اشتباهات ثبتی و اسناد معارض، ۱۳۳۳، http://rc.majlis.ir/fa/law/show/96882.

قانون جامع حدنگار (کاداستر) کشور، ۱۳۹۳، http://www.rrk.ir/Laws/ShowLaw.aspx?Code=4845.

قانون مدنی، ۱۳۱۴، http://rc.majlis.ir/fa/law/show/92778.

کیایی، ع.، ۱۳۷۶، **تفسیر مواد ۳۵۵ و ۳۸۴ قانون مدنی و مادهٔ ۱۴۹ قانون ثبت**، دیدگاه‌های حقوقی، شمارهٔ ۸، صص. ۱۰۹-۷۲.

لطفی، ص.، سالک قهفرخی، ر.، ۱۳۹۱، **ارزیابی پیاده سازی مدل سیستم رقومی کاداستر چندمنظوره (مطالعهٔ موردی: منطقهٔ ۸ شهرداری تبریز)**، سنجش از دور و GIS ایران، سال چهارم، شمارهٔ ۲، صص. ۱۱۴-۹۷.

Abbas, H.F., 2013, **Agricultural Cadastral Map Updating by High Resolution Satellite Images & GIS**, Doctoral dissertation, University of Baghdad.

Berk, S. & Ferlan, M., 2018, **Accurate Area Determination in the Cadaster: Case Study of Slovenia**, Cartography and Geographic Information Science, 45(1), PP. 1–17.

Bolstad, P.V., Gessler, P. & Lillesand, T.M., 1990, **Positional Uncertainty in Manually Digitized Map Data**, International Journal of Geographical Information System, 4(4), PP. 399–412.

Brovelli, M.A. & Minghini, M., 2012, **Georeferencing Old Maps: A Polynomial-Based Approach for Como Historical Cadastres**, E-Perimetron, 7(3), PP. 97–110.

Carter, D. & Heuangsavath, B., 2007, **Moving from a Successful to a Modern Cadastre in LAO PDR,** TS 6A–Case Studies on Land Administration Projects in Asia and the Pacific, PP. 1–14.

Chrisman, N.R., 1987, **Efficient Digitizing through the Combination of Appropriate Hardware and Software for Error Detection and Editing**, International Journal of Geographical Information System, 1(3), PP. 265–277.

Dunn, R., Harrison, A.R. & White, J.C., 1990, **Positional Accuracy and Measurement Error in Digital Databases of Land Use: An Empirical Study**, International Journal of Geographical Information System, 4(4), PP. 385–398.

Mikhail, E.M. & Ackermann, F.E., 1976, **Observations and Least Squares**, University Press of America, New York.

Roggero, M. & Soleti, A., 2015, **State of the Art in Digitization of Historical Maps and Analysis of their Metric Content**, Territorio Italia, 2015(1), PP. 33–50.

Tong, X., Shi, W. & Liu, D., 2005, **A Least Squares-Based Method for Adjusting the Boundaries of Area Objects**, Photogrammetric Engineering & Remote sensing, 71(2), PP. 189–195.

Tuno, N., Mulahusic, A. & Kogoj, D., 2017, **Improving the Positional Accuracy of Digital Cadastral Maps through Optimal Geometric Transformation**, Journal of Surveying Engineering, 143(3), PP. 1–12.

Wan, W.Y. & Williamson, I.P., 1995, **A Review of the Digital Cadastral Databases in Australia & New Zealand**, Australian Surveyor, 40(1), PP. 41–52.

Wassie, Y.A., Koeva, M.N., Bennett, R.M. & Lemmen, C.H.J., 2018, **A Procedure for semi-Automated Cadastral Boundary Feature Extraction from High-Resolution Satellite Imagery**, Journal of Spatial Science, 63(1), PP. 75–92.

سنجش از دور
و
GIS ایران

سنجش از دور و GIS ایران سال دهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۷
Iranian Remote Sensing & GIS Vol.10, No. 2, Summer 2018

33-44

Making Digitization of Land Parcels Precise by Preserving Area and Dimensions

Hazeghi Aghdam, A.[1*], Helali, H.[2], Alesheikh, A.A.[3]
1. M.Sc. of GIS, K.N. Toosi University of Technology
2. PhD. of GIS, K.N. Toosi University of Technology
3. Prof. of GIS, K.N. Toosi University of Technology

Abstract

All of the old paper-based land documents should be transformed to digital georeferenced form. In digitization of parcels to be able to be imported into a cadastral system, the area of the digital form of the polygon should be in concordance with the analog document. However, during the digitization process, geometric properties, such as area, changes. Preserving the dimensions and area prevents the contradiction in documents and, registration and trading quarrels. In order to solve this problem, angles of the polygon vertexes are considered as observations by keeping the dimensions fixed and a method based on the least-square adjustment is proposed. Executing the invented process, the required concordance is acquired. For checking this method, a paper map having six parcels each with about one thousand m^2 area in 1:1000 scale is scanned and digitized by preserving area and dimensions. Results showed that the mean, maximum and minimum movement by using adjusting method is in average 19.31, 26.96 and 10.50 respectively that is acceptable from the land registration aspect because of map scale and cadastral law about cultivation and national parcels.

Keywords: Land parcels, Digitization, Preserving area, Preserving dimensions, Angles least squares adjustment.

Correspondence Address: Staircase A, Block 4, Neginpark, Valiasr, Tabriz. Tel: 09148156040
Email: ar_ha_u@yahoo.com