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

افزایش سازگاری نقشه های ثبتی با اطلاعات هندسی مندرج در اسناد ثبتی به روش نگاشت اجزاء محدود

علی رمضانی[۱]- محمد سعادت سرشت[۲]

۱- دانشجوی کارشناس ارشد GIS، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، دانشگاه تهران
۲- استادیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی، دانشگاه تهران

چکیده :

در هنگام ایجاد پایگاه داده به روز از اسناد و نقشه‌های ثبتی قدیمی، مشاهده میشود که به خاطر بکارگیری روشهای نقشه‌برداری نه چندان دقیق و عوامل محیطی موثر در نگهداری اسناد کاغذی، این نقشه‌ها یا بهتر بگوییم کروکی‌های ثبتی قدیمی دارای اعوجاجات هندسی و ناسازگاریهای طولی و مساحتی قابل توجهی با موارد مندرج در اسناد ملکی و مختصات دقیق زمینی هستند. از آنجاکه به جهت بار حقوقی و مالی این نقشه‌ها، هم‌سان سازی آنها با اسناد ثبتی موجود اهمیت زیادی دارد. هدف این تحقیق ارائه‌ی روشی برای افزایش دقت زمین مرجع سازی نقشه‌های ثبتی از طریق انطباق هر چه بیشتر شکل تمامی قطعات ملکی با داده های هندسی مندرج در اسناد مربوطه و همچنین حفظ دقت زمین‌مرجع‌سازی نقشه در کل منطقه می‌باشد. راهکاری پیشنهادی برای این امر، استفاده از روش نگاشت اجزای محدود می‌باشد که در آن بطور همزمان قیود زمین مرجع‌سازی از طریق نقاط کنترل زمینی و قیود هندسی طول و مساحت مندرج در اسناد ثبتی با وزندهی مناسب اعمال شده است. این فرآیند برای دو سری نقشه‌ی خام به همراه اسنادشان پیاده‌سازی و تا حد زیادی منجر به سازگاری نقشه به اطلاعات هندسی مندرج در اسناد شد. آزمونها نشان می‌دهند که سازگاری طولها از ۶۹سانتی‌متر به ۱.۲سانتی‌متر و مساحتها از ۱۷.۷۰مترمربع به ۰.۰۰۰۸ متر مربع بهبود یافته است.

واژه‌های کلیدی : زمین مرجع‌سازی، رقومی‌سازی، اعوجاج نقشه ثبتی، نگاشت اجزاء محدود

نویسنده مکاتبه کننده : علی رمضانی
آدرس پستی : تهران، دانشکده مهندسی نقشه برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، کد پستی ۱۹۹۶۷۱۵۴۳۳
تلفن : ۰۹۱۷۸۲۰۲۰۸۹
آدرس پست الکترونیک : ab.s1989@yahoo.com

۱- مقدمه

امروزه گسترش تجهیزات رایانه ای موجب تحول در روش های ذخیره سازی، پردازش و بازیابی اطلاعات مکانی شده است ،بنابراین به‌روز رسانی نقشه‌های قدیمی کاغذی مستلزم انتقال این نقشه‌ها به فضای رایانه‌ای است. این در حالی است که نقشه های کاغذی قدیمی تولید شده دارای خطاها ومشکلاتی هستند، در این تحقیق تمرکز بر روی نقشه‌های ثبتی است که در این زمینه می‌توان گفت اولا نقشه های ثبتی قدیمی عمدتا در سیستم مختصات مرجع جهانی مختصات دار نیستند وسیستم مختصات آنها به صورت محلی تعریف شده‌است. ثانیا این نقشه‌ها دارای اعوجاجات موضعی (در اینجا منظور از اعوجاجات موضعی تفاوت بین شکل یک قطعه ملکی و شکل مشخص شده توسط مقادیر سندی است) و اعوجاجات کلی هستند[۱] که از منابع این خطا می‌توان به نوع روش اندازه گیری، تجهیزات مورد استفاده برای اندازه گیری، تجهیزات و نحوه‌ی ترسیم، نوع کاغذ و نگهداری نقشه، نوع و خطای اسکنر (در صورت انتقال به فضای رقومی) و در نهایت اشتباهات و خطاهای انسانی و اتفاقی اشاره‌کرد.

یک راه حل ممکن برای گریز از این خطاها و اشتباهات جمع آوری مجدد داده خام برای تهیه نقشه با روش ها و تجهیزات مدرن و ترسیم این داده ها در محیط رقومی است، که موجب تولید نقشه هایی با دقت و صحت بالا (انطباق با واقعیت) است، اما پیاده سازی این روش نیازمند هزینه و زمان است و مهمتر اینکه اگرچه این روش منجر به تولید نقشه های دقیق و صحیح می‌شود اما، سندها هم دارای خطا هستند و ممکن است با واقعیت اختلاف داشته باشند، بنابراین ممکن است نقشه جدید که تا حد زیادی منطبق بر واقعیت است انطباق خود را با سندهای ثبتی از دست بدهد و این مساله منجربه صدور سند جدید بشود، اما صدور سندهای جدید باعث اعتراض مالکان و ایجاد اختلاف و دعوی حقوقی گسترده بین آنها می‌شود. بنابراین روشی برای سازگاری هندسی نقشه‌ها ویا کروکی های کاغذی با اسناد ملکی از یک سو و در عین حال حفظ دقت زمین مرجع سازی آنها از سوی دیگر، راه حلی منطقی به نظر می‌رسد.

در این مقاله ابتدا پس از بیان مساله و پیشینه تحقیق، جزئیات راهکار پیشنهادی ارائه می‌شود. سپس آزمونهایی روی دو گروه نقشه ثبتی انجام شده و نتایج مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند.

۲-بیان مساله

با توجه به توضیحات بیان شده در مقدمه، مساله اصلی این تحقیق، زمین مرجع سازی نقشه ثبتی به گونه ای است که علاوه براینکه دارای دقت بالا در زمین مرجع سازی است، خطاهای اعوجاج موضعی نقشه نیز تاحد ممکن درآن تصحیح شده باشد و شکل کلی منطقه حفظ شود. در این متن نزدیک شدن شکل هر قطعه ملکی به شکل هندسی که در سند آن مشخص شده‌است، به معنی برطرف سازی اعوجاجات موضعی در نقشه های ثبتی در نظر گرفته شده‌است.

در ریاضیات بدیهی است که با استفاده از طول اضلاع و مساحت یک چندضلعی می‌توان آن را به صورت منحصر به فرد مشخص کرد از این رو چون قطعات ملکی هر کدام چند ضلعی هستند لذا با افزودن معادلات شرط مربوط به طول اضلاع و مساحت می‌توان قطعه ملکی را تا حد ممکن به شکل هندسی مشخص‌شده در سند آن نزدیک‌کرد. برای حل این مساله فرض را بر این است اگر میزان اختلاف ابعاد و مساحت نقشه با این مقادیر در سند به اندازه‌ای باشد که به عنوان یک اشتباه تلقی شود باید قبل از شروع حل مساله شناسایی و کنار گذاشته شود.

در این نوع زمین مرجع سازی سه دسته مشاهدات طول اضلاع، مساحت ومختصات نقاط کنترل وجود دارد بنابراین وجود مشاهدات از سه نوع مختلف طول و مساحت و نقطه کنترل، مقدار وزن مربوط به هر کدام از مشاهدات و انتخاب روشی که همه‌ی مشاهدات را در حل مساله دخیل کرده که همزمان با زمین مرجع سازی اعوجاجات را برطرف گردد، از چالشهای مساله به حساب می‌آیند و موجب تمایز این مساله با زمین مرجع سازی رایج شده اند.به طورکلی در این پژوهش درصدد یافتن پاسخ دو پرسش هستیم:

آیا معیاری برای میزان اعوجاج کلی (میزان فاصله گرفتن شکل کلی منطقه از شکل هندسی واقعی آن)وجود دارد؟

چگونه می‌توان به تقابلی بهینه در رفع اعوجاجات موضعی، میزان جابجایی نقاط کنترل و حفظ شکل کلی منطقه(میزان اعوجاج کلی) دست یافت؟

۳-پیشینه تحقیق

روش‌های مختلفی برای رفع اعوجاجات موضعی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به چندجمله ای‌ها[۱]اشاره‌کرد[۲]، در یک دسته بندی کلی می توان این روش‌ها را به دو دسته روش‌های سراسری و روش‌های موضعی تقسیم‌کرد[۳]. مشکلی در استفاده از روشهای کلی نظیر چندجمله‌ای‌ها ها وجود دارد عدم کنترل منطقه‌ای در این روش‌هاست درواقع برای تمام منطقه‌ی تحت تبدیل یک تصمیم گرفته‌می‌شود که این مساله موجب می‌شود که در بعضی مناطق اعوجاج برطرف ولی در برخی مناطق دیگر اعوجاج افزایش پیداکند[۴] این درحالی است که استفاده از روش‌های صلب نیز مانند تبدیل چهار پارامتری هیچ تاثیری برروی اعوجاج موضعی نداشته و فقط اعوجاجات موضعی را از یک فضا به فضای دیگر انتقال می‌دهند[۴]. لذا برای رفع اعوجاجات بایستی از روش‌های موضعی استفاده نمود.

۴-راهکار پیشنهادی

در ابتدا برای بررسی اعوجاجات به صورت کمی پس ازتبدیل نقشه به حالت برداری، با استفاده از یک تبدیل صلب چهار پارامتری[۲] و با استفاده از نقاط کنترل، نقشه به همراه تمام اعوجاجات از فضای تصویر به فضای سیستم مختصات جهانی انتقال می‌یابد، بنابراین می‌توان در هر قطعه ملکی از نقشه این اعوجاج را به صورت کمی بیان کرد.

روش اجزای محدود[۳] یکی از روش های موضعی است که با درنظرگرفتن شبکه برروی منطقه و اعمال شروط پیوستگی اعوجاجات را به صورت محلی کنترل می‌کند. در این روش میزان تغییر هر نقطه‌ی یک قطعه ثبتی یا نقطه‌ی کنترل براساس تغییرات نقاط شبکه‌ی احاطه‌کننده‌ی آن نقطه بیان‌می‌شوند، بدین ترتیب مجهولات فقط میزان جابجایی نقاط شبکه هستند[۵].

چهار دسته معادلات طول، مساحت، نقطه کنترل و شرط پیوستگی مطابق معادلات ۱تا۴تشکیل می‌شوند. معادله شرط پیوستگی میانگین جابجایی چهار همسایه‌ی نزدیک هر نقطه شبکه (براساس روش چهار همسایگی) برای آن نقطه تعریف می‌شود.

معادله(۱) $$L: \sqrt{(x_2 + dx_2 - x_1 - dx_1)^2 + (y_2 + dy_2 - y_1 - dy_1)^2} = l$$

معادله(۲) $$S: \left(\frac{1}{2}\right) \times \left| \frac{x_1 + dx_1}{y_1 + dy_1} \quad \frac{x_2 + dx_2}{y_2 + dy_2} \quad \frac{x_3 + dx_3}{y_3 + dy_3} \quad \frac{x_4 + dx_4}{y_4 + dy_4} \quad \frac{x_1 + dx_1}{y_1 + dy_1} \right| = s$$

معادله(۳) $$dx_A = \left(1 - \left(\frac{\Delta X}{d}\right)\right) \times \left(1 - \left(\frac{\Delta Y}{d}\right)\right) \times dx_1 + \left(1 - \left(\frac{\Delta X}{d}\right)\right) \times \left(\frac{\Delta Y}{d}\right) \times dx_2 + \left(\frac{\Delta X}{d}\right) \times \left(1 - \left(\frac{\Delta Y}{d}\right)\right) \times dx_3 + \left(\frac{\Delta X}{d}\right) \times \left(\frac{\Delta Y}{d}\right) \times dx_4 = 0$$

معادله(۴) $$dx_i - \left(\frac{1}{4}\right) \times (dx_{i-1} + dx_{i+1} + dx_{i-row} + dx_{i+row}) = 0$$

---

[۱] polynomial
[۲] conformal
[۳] finite element

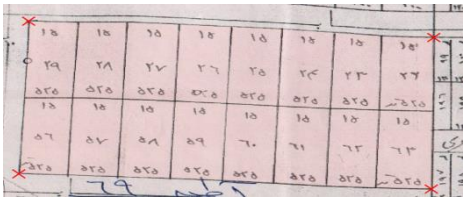
در معادلات(۱) تا (۴) x_1, y_1 تا x_4, y_4 مختصات‌های رئوس یک قطعه‌ملکی هستند، مقادیر $\Delta X, \Delta Y$ فاصله طولی و عرضی نقطه قطعه ملکی یا نقطه کنترل از نزدیکترین نقطه شبکه که در بالا و سمت چپ آن قرار دارد، A نقطه کنترل، d فاصله نقاط شبکه از هم، نقطه i نقطه مربوط به شبکه است و نقاط $i + row$ و $i - row$ به ترتیب نقطه پایینی و بالایی نقطه i و $i - 1$ و $i + 1$ به ترتیب نقاط سمت چپ و راست نقطه i از شبکه هستند،l برابر طول ضلع قطعه ملکی در سند و s برابر مساحت قطعه ملکی در سند است.معادله‌ای نظیر معادله (۳) برای عرض نقاط هم نشسته شده و سرانجام تمامی معادلات در یک دستگاه حل می‌شوند.

۵-آزمون‌ها

در این پژوهش برای بررسی عملکرد روش پیشنهادی از دو آزمون با دو سری اطلاعات خام استفاده شده‌است. در حل این مساله برای هر دو سری اطلاعات ورودی نقشه به صورت برداری و در قالب SHP[۴]، نقاط کنترل در فضای نقشه نیز یک فایل در قالبSHP و از نوع نقطه ای است، و نقاط کنترل در فضای سیستم مختصات جهانی و همچنین اطلاعات سندی (طول و مساحت) نیز در در قالب یک فایل متنی به همراه شماره قطعات ملکی در نظر گرفته‌شدند.

۵-۱-آزمون اول

اطلاعات ازمون اول مربوط به نقشه تفکیکی مربوط به منطقه ۱۵ تهران است به همراه اطلاعات سندی است و تفاوت آن با آزمون دوم در این است که از بخشی از نقشه بوسیله یک دوربین تلفن همراه به صورت مایل تصویری تهیه شده است و نقشه اسکن شده منطقه مورد آزمون قرار نگرفته است،ضمنا برای ازمودن قدرت انعطاف روش اجزای محدود در این پژوهش از این نقشه تهیه شده است.

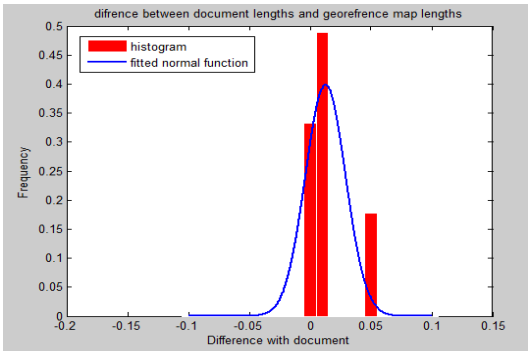


شکل ۱:قسمتی از تصویر نقشه تفکیکی منطقه ۱۵ تهران تهیه شده بوسیله دوربین تلفن همراه

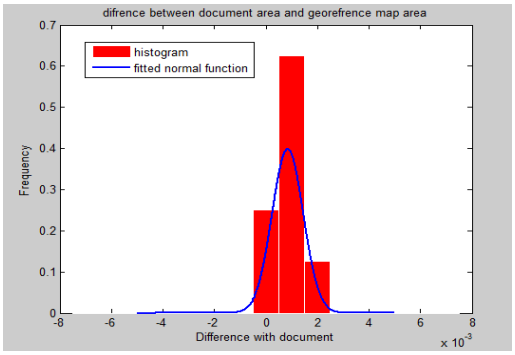
جدول ۱:پارامترهای اماری مربوط به تبدیل صلب چهارپارامتری

میانگین اختلاف طول‌های سندی با طول‌های بدست آمده از تبدیل صلب(متر)	انحراف معیار اختلاف طول‌های سندی با طول‌های بدست آمده از تبدیل صلب(متر)	میانگین اختلاف مساحت‌های سندی با مساحت‌های بدست آمده از تبدیل صلب(مترمربع)	انحراف معیار اختلاف مساحت‌های سندی با مساحت‌های بدست آمده از تبدیل صلب(مترمربع)
۰.۶۹۷	۰.۴۴۰	۱۷.۶۹۸	۱۵.۷۳۷

[۴] SHAPE FILE



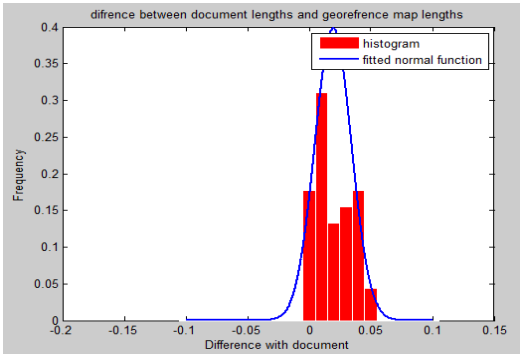
الف: نمودار اختلاف مقادیر نهایی طول اضلاع املاک با مقادیر موجود در سند با انحراف معیار ۰.۰۱۶(متر)ومیانگین ۰.۰۱۲(متر)



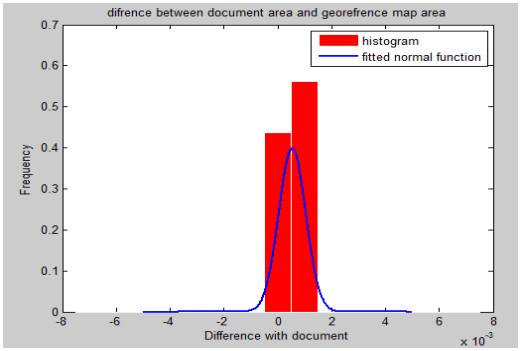
ب: نمودار اختلاف مقادیر نهایی مساحت املاک با مقادیر موجود در سند با انحراف معیار ۰.۰۰۰۶(مترمربع)ومیانگین ۰.۰۰۰۸(مترمربع)

شکل ۲:نمودار های اختلاف طول و مساحت و جابجایی نقاط رئوس املاک (وزن نقاط کنترل برابر۱۰۰۰،وزن نقاط شبکه برابر ۵۰،وزن معادلات مساحت و طول برابر ۵)

شکل ۳ : نمودار های اختلاف طول و مساحت و جابجایی نقاط رئوس املاک (وزن نقاط کنترل برابر۱۰۰۰،وزن نقاط شبکه برابر



الف: نمودار اختلاف مقادیر نهایی طول اضلاع املاک با مقادیر موجود درسند با انحراف معیار۰.۰۱۴(متر)و میانگین۰.۰۱۹(متر)



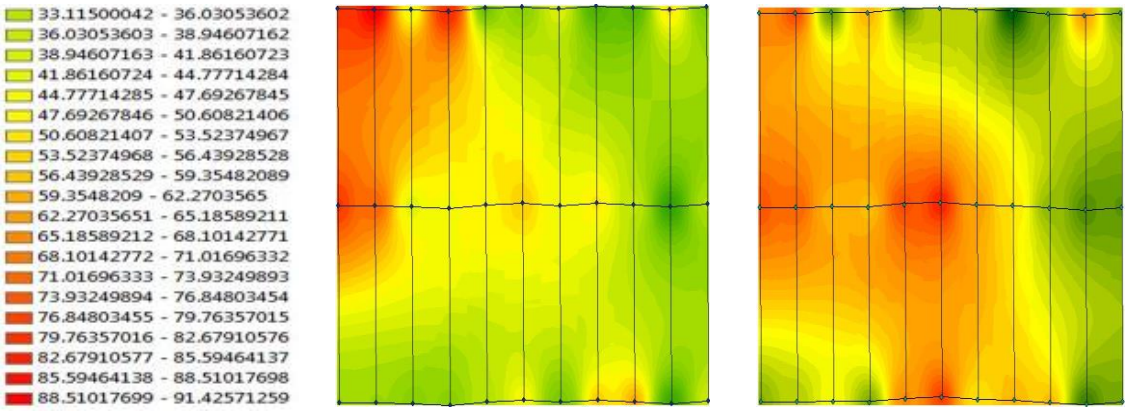
ب: نمودار اختلاف مقادیر نهایی مساحت املاک با مقادیر موجود درسند با انحراف معیار ۰.۰۰۰۵(مترمربع)و میانگین۰.۰۰۰۵(مترمربع)

۱۰۰۰،وزن

معادلات مساحت و طول برابر ۵)

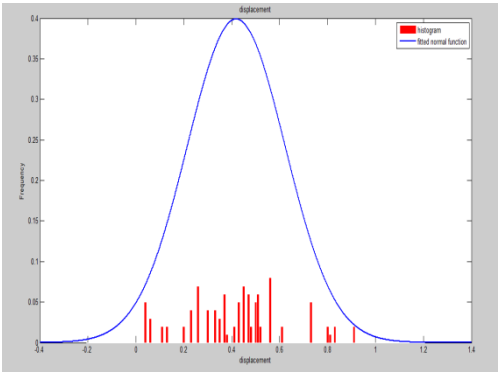
۵-۲-آزمون دوم

اطلاعات ازمون دوم بخشی از نقشه‌ی ۱:۵۰۰ تفکیکی شهرستان پاکدشت استان تهران به همراه اطلاعات سندی آنهاست است .این نقشه با اسکنر به فضای رقومی انتقال داده شده است و در ضمن دارای اشتباه نیست. در این آزمون زمین مرجع سازی به روش اجزای محدود برای ششش حالت مختلف با وزن های متفاوت برای نقاط کنترل ،نقاط شبکه و طول و مساحت قطعات ملکی انجام شد و نتایج آن ارائه می‌گردد.



الف : وزن نقاط شبکه برابر ۲۰۰ ب : وزن نقاط شبکه برابر ۷۰۰

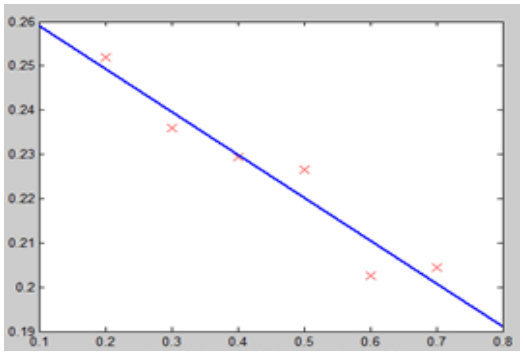
شکل ۴:نقشه جابجایی نقاط راس قطعات ملکی با روش اجزای محدود نسبت به موقعیت انتقال یافته آنها بوسیله تبدیل صلب (وزن نقاط کنترل برابر۱۰۰۰و وزن معادله های طول و مساحت برابر ۵۰)



شکل ۵: نمودار مقادیر جابجایی نقاط راس املاک نسبت به موقعیت انتقال یافته آنها بوسیله تبدیل صلب با انحراف معیار ۰.۲۰۴(متر) میانگین۰.۴۱۹(متر)(وزن نقاط کنترل برابر۱۰۰۰،وزن نقاط شبکه برابر ۷۰۰و وزن معادله های طول و مساحت برابر ۵۰)

جدول ۱:انحراف معیار جابجایی نقاط راس قطعات ملکی در مقابل وزن های مختلف نقاط شبکه

انحراف معیار جابجایی نقاط راس املاک(متر)	نسبت وزن نقاط شبکه به وزن نقاط کنترل	وزن نقاط شبکه
۰/۲۵۱۸	۰/۲	۲۰۰
۰/۲۳۵۹	۰/۳	۳۰۰
۰/۲۲۹۴	۰/۴	۴۰۰
۰/۲۲۶۶	۰/۵	۵۰۰
۰/۲۰۲۷	۰/۶	۶۰۰
۰/۲۰۴۴	۰/۷	۷۰۰



شکل ۶: نمودار برازش داده شده به مقادیر انحراف معیار جابجایی نقاط راس املاک (محور x برابر نسبت وزن نقاط شبکه به وزن نقاط کنترل(بدون واحد) و محورy برابر انحراف معیار جابجایی نقاط راس املاک(متر)) شیب برابر ۰.۰۹۷-عرض از مبدا برابر ۰.۲۶۸

۶-بحث وبررسی

همانطور که ذکر شد از دو آزمون برای بررسی روش اجزای محدود در زمین مرجع سازی نقشه‌های ثبتی استفاده شد.هدف از طراحی آزمون اول اثبات کارایی روش است که این مهم در مقایسه ساده جدول (۱) و شکل(۲) و شکل (۳) کاملا مشهود است که پارمترهای آماری اختلاف از مساحت و طول سند کاهش قابل ملاحظه ای داشته اند که نشان از نزدیک شدن شکل یک یک قطعات ملکی به شکل تعیین شده توسط سند آنهاست. در اینجا طول قطعات ملکی به همراه مساحت آنها به عنوان معیاری برای میزان اعوجاجات موضعی در نظرگرفته شد و با کاهش اختلاف این معیار بین مقادیر سندی و مقادیر آن درنقشه، اعوجاجات موضعی با انحراف معیار مشخص شده در شکل (۲) وشکل(۳)(وابسته به وزن) با دقت خوبی برطرف گردید.

سوال مهم دیگری که در این مساله مطرح می‌گردد میزان حفظ شکل کلی منطقه است،پس باید معیاری برای آن ارئه گردد. در طی فرایند یک تبدیل مقدار انحراف معیار جابجایی نقاط تحت تبدیل (نقاط راس قطعات ملکی) برابر صفر است.بنابراین انحراف معیار جابجایی نقاط راس قطعات ملکی در یک تبدیل غیر صلب (در اینجا روش اجزا محدود)را می‌توان به عنوان معیاری برای درهم ریختگی شکل کلی منطقه در نظر گرفت.

لذا همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است با ثابت نگه داشتن وزن مشاهدات مساحت و طول و تغییر وزن نقاط شبکه (نسبت وزن نقاط شبکه به نقاط کنترل) میزان این انحراف معیار تغییر پیدا می‌کند.بنابراین در آزمون دوم تبدیل برای وزن‌های مختلفی انجام‌گردید و درنهایت یک خط به این مقادیر بوسیله روش کمترین‌مربعات برازش داده‌شد.همانطور که در شکل (۶) نشان داده شد نمودار حاصل تغییرات خطی نسبت وزن نقاط شبکه به نقاط کنترل(محور y) را نسبت به میزان انحراف معیار جابجایی نقاط راس املاک (محورx)را نشان می‌دهد.

بنابر پارمترهایی که در بالا به آنها اشاره شد برای انجام تبدیل غیر صلب به روش اجزا محدود در نظر گرفتن دو عامل میزان برطرف سازی اعوجاجات موضعی و در تقابل آن میزان بهم ریختگی شکل کلی منطقه امری ضروری است که ارتباط آنها با وزن مشاهدات و قیود مطرح شد لذا با انتخاب وزن مناسب از روی نمودار (۶) می‌توان به تقابلی بهینه از برطرف سازی اعوجاجات موضعی و بهم ریختگی شکل کلی دست یافت.چرا که با افزایش وزن نقاط شبکه اصطلاحا نقاط شبکه استوارتر شده و شکل کلی منطقه را بهتر حفظ می‌کنند(شکل ۴).

۷-نتیجه گیری

زمین مرجع سازی نقشه‌های کاغذی اسکن شده با روش‌های معمول به دلیل وجود اعوجاجات موجب تفاوت نقشه با سند می‌گردد بنابراین در این پژوهش از روش منطقه‌ای اجزای محدود استفاده شد و همانظور که نتایج نشان دادند در این روش سازگاری طولها از ۶۹سانتی‌متر به ۱.۲سانتی‌متر و مساحتها از ۱۷.۷۰مترمربع به ۰.۰۰۰۸ متر مربع بهبود یافته است . ضمنا دراین پژوهش یک ارتباط بین انتخاب وزن مشاهدات و میزان این اعوجاجات به دست آمد، که با تصمیم گیری در مورد تغییر شکل کلی منطقه می‌توان از روی این خط مقدار نسبت وزن نقاط شبکه به وزن نقاط کنترل را به دست می‌آید.در این تحقیق معیاری برای ارتباط باقیمانده نقاط کنترل با وزن‌ها ارائه نشد که این مساله می‌تواند یکی از کارهای آتی برای علاقه مندان باشد.

منابع

[1] P. V. BOLSTAD, P. GESSLER, and T. M. LILLESAND, “Positional uncertainty in manually digitized map data,” *Int. J. Geogr. Inf. Syst.*, vol. ۴, no. 4, pp. 399–412, Oct. 1990.

[2] M. A. Brovelli and M. Minghini, “Georeferencing old maps: a polynomial-based approach for Como historical cadastres,” *E-Perimetron*, vol. 7, no. 3, pp. 97–110, 2012.

[3] A. Favretto, “Georeferencing Historical Cartography: A Quality-Control Method,” *Cartogr. Int. J. Geogr. Inf. Geovisualization*, vol. 47, no. 3, pp. 161–167, Aug. 2012.

[4] A. Affek, “Georeferencing of historical maps using GIS: As exemplified by the Austrian military surveys of Galicia,” *Geogr. Pol.*, vol. 86, no. 4, pp. 375–390, 2013.

[5] T. J. R. Hughes, *The Finite Element Method: Linear Static and Dynamic Finite Element Analysis*. Courier Corporation, 2012.