

## طراحی و پیاده‌سازی الگوریتم تناظریابی برداری نیمه‌اتوماتیک

اعظم موسوی ملک<sup>۱</sup> و علی اصغر آل‌شیخ<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup> دانش آموخته کارشناسی ارشد GIS- دانشکده نقشه‌برداری- دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

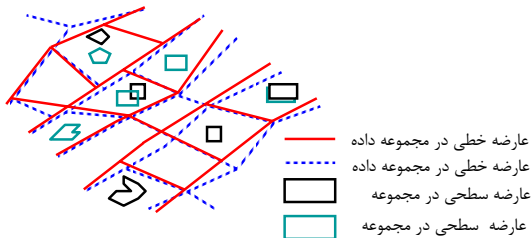
<sup>۲</sup> دانشیار گروه مهندسی GIS- دانشکده نقشه‌برداری - دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

(تاریخ دریافت ۸۷/۲/۱۰، تاریخ دریافت روایت اصلاح شده ۸۸/۱۲/۲۲، تاریخ تصویب ۸۹/۲/۱)

جمع‌آوری داده‌ها یکی از زمانبرترین و پرهزینه‌ترین فعالیت‌های مربوط به علوم زمینی است. یکپارچه‌سازی مجموعه داده‌ها کمک بسیاری در کاهش هزینه جمع‌آوری داده‌ها می‌نماید. لذا توسعه الگوریتم تناظریابی به منظور یکپارچه‌سازی داده‌ها، بهنگام‌سازی و افزایش دقت آنها ضروری است. هدف در این تحقیق طراحی و توسعه یک سیستم نیمه‌اتوماتیک جهت انجام تناظریابی بین دو مجموعه داده برداری است. الگوریتم طراحی شده، عملکرد مغز انسان را در برخورد با یک مسأله تناظریابی شبیه‌سازی می‌کند. نتایج اولیه آزمون سیستم امیدوارکننده می‌باشد. تعیین میزان دقت سیستم و کارایی دقیق آن نیازمند تحقیقات بیشتری است.

: تناظریابی، چند نمایشی، بهنگام‌سازی، یکپارچه‌سازی داده‌ها، سیستم اطلاعات مکانی

در این تحقیق الگوریتمی جدید برای تناظریابی برداری برای عوارض نقطه‌ای طراحی و اجرا شده است. شکل (۱) دو مجموعه داده را از یک منطقه مشترک نشان می‌دهد.



شکل ۱: دو مجموعه داده برداری متفاوت از یک منطقه مشترک.

تناظریابی به فرآیند تشخیص دو عارضه یکسان از دنیای واقعی که در دو فرمت داده متفاوت و در دو مجموعه داده گوناگون ذخیره شده‌اند اطلاق می‌شود [۷]. تناظریابی در تحقیقات مختلف با اهداف متفاوت انجام شده‌است [۸] که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

ولز از عملیات تناظریابی به منظور یکپارچه‌سازی داده‌ها استفاده کرد [۹]. حسن این کار، بهبود دقت و کاهش هزینه‌های جمع‌آوری داده‌ها بود. برای داشتن یک سیستم چند مقیاسی مطلوب نیز می‌بایستی ارتباط بین

سیستم‌های اطلاعات مکانی با دارا بودن امکانات و ابزارهای توانمند تحلیلی، نقش بسیار مهمی را در استفاده بهینه از داده‌های مکانی و غیرمکانی دارند [۱]. از آنجائی که عمده تصمیم‌گیری‌ها در این سیستم‌ها بر اساس اطلاعات مکانی است، لذا داده‌های مکانی بزرگترین و مهم‌ترین نقش را در این سیستم‌ها دارند و پایه و اساس تحلیل‌ها و آنالیزها را تشکیل می‌دهند [۲]. به‌جرات می‌توان گفت که جمع‌آوری و آماده‌سازی داده‌ها زمانبر-ترین و هزینه‌برترین قسمت کار در هر پروژه مکانی است. از آنجائی که ارگانها و سازمان‌های متولی برداشت و جمع‌آوری داده‌ها در کشور بسیار زیادند و تقریباً می‌توان ادعا نمود که هر سازمان براساس نیاز خود و بدون توجه به استانداردهای تعریف شده اقدام به جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز خود می‌نماید، دوباره کاری‌ها و موازی کاری‌های متعددی اتفاق می‌افتد [۳]. یکپارچه‌سازی و همگون‌سازی این مجموعه داده‌ها، GIS را در صرفه‌جویی‌هایی که منتج به استفاده بهینه از داده‌ها می‌شود، کمک می‌کند [۴]. این صرفه‌جویی‌ها شامل زمان، هزینه و نیروی انسانی است [۵]. یکی از اقداماتی که به منظور یکپارچه‌سازی مجموعه داده‌ها انجام می‌شود، تناظریابی نام دارد. تناظریابی برای عوارض برداری و رستری انجام می‌شود و بسته به نوع داده‌ها در سه دسته عمده قرار می‌گیرد: تناظریابی بردار- بردار، تناظریابی بردار- رستر، و تناظریابی رستر- رستر [۶].

کار خود دخیل می‌نماید [۱۸]. هدف از تعریف و اعمال پارامترها این است که آگاهی‌هایی که انسان در مورد عوارض و روابط آنها با یکدیگر دارد به صورت قانونمندتر و منظم‌تر مدل‌سازی شوند [۱۹]. در الگوریتم توسعه داده شده، علاوه بر بررسی روابط عوارض هدف و کاندید تناظریابی، پارامتر دیگری به نام لایه راهنما که در تحقیقات گذشته اشاره و توجهی به آن نشده است معرفی و اعمال شده است. این عوارض به عنوان راهنمای ارزیابی تناظر استفاده می‌شوند. در واقع علاوه بر اینکه رفتار عارضه هدف با تک تک عوارض کاندید ارزیابی می‌شود، برای کنترل بهتر و بیشتر، رفتار عارضه هدف با عوارض موجود در لایه‌های دیگر آن مجموعه داده نیز بررسی شده و همچنین رفتار عوارض کاندید با عوارض موجود در لایه‌های دیگر مجموعه داده دوم نیز ارزیابی می‌شود. در نهایت از طریق ارزیابی رفتارهای مشابه، عوارض کاندید ارزش‌گذاری می‌شوند. در این تحقیق و برای عوارض نقطه‌ای پارامترهای زیر در نظر گرفته شده است: ۱- فاصله اقلیدسی، ۲- لایه‌های راهنما، ۳- تناظر به نسبت نقطه کنترل.

برای بررسی پارامترهای ذکر شده، نیاز به یکسری عملیات ابتدایی است. زدن حریم گرد عوارض انتخاب شده از مجموعه داده هدف ابتدائی‌ترین کاری است که در این مرحله انجام می‌شود. این کار به منظور یافتن عوارض اولیه کاندید برای تناظریابی انجام می‌شود و سبب می‌گردد که از جستجوی بی‌پایان برای یافتن متناظر و متعاقب آن صرف زمان زیاد جلوگیری شود. هریک از پارامترهای تعیین و استفاده شده در پروسه تناظریابی براساس اهمیت، دارای یک وزن هستند که مجموع وزن‌های تمامی پارامترها برابر ۱ می‌باشد. هریک از کاندیدهای تناظریابی از هریک از پارامترها امتیازی خواهند گرفت که عددی بین ۰ و ۱ می‌باشد. هرچه عدد به دست آمده به عنوان امتیاز یک کاندید به ۱ نزدیک‌تر باشد، نمایان‌گر مناسب بودن آن کاندید به عنوان متناظر نقطه هدف می‌باشد. در نهایت کاندیدی به عنوان متناظر نهائی معرفی خواهد شد که مجموع امتیازات به دست آمده از تمامی پارامترها برای آن بیش از مجموع امتیازات سایر کاندیدها باشد. در شکل (۲) یک عارضه هدف، حریم ترسیم شده و چندین عارضه کاندید واقع در حریم نشان داده شده است.

مجموعه داده‌های متفاوت برقرار شود. برقراری این ارتباط از طریق تناظریابی عوارض یکسان و توسط دونکارز انجام گرفت [۱۰]. تناظریابی مجموعه داده‌های مختلف، امکان نمایش همگون و به هنگام نمودن یک مجموعه داده را بر اساس دیگر مجموعه‌ها فراهم می‌سازد [۱۱]. بهنگام‌سازی، یکپارچه‌سازی و به اشتراک گذاری داده‌ها یکی از اهداف مهم در GIS است [۱۲]. در کاربردهای تحت شبکه و برای تلفیق مجموعه داده‌های مختلف با هست شناسی گوناگون نیز از تناظر یابی استفاده می‌شود [۱۳]. در داده‌های هم مقیاس و برای بهنگام رسانی و بهبود کیفیت داده‌ها نیز می‌توان از تکنیک‌های تناظر یابی سود جست [۱۴]. در بسیاری از تحقیقات هدف از تناظر یابی عوارض در مجموعه داده‌های مختلف، حذف خطا و اختلاف و همچنین ترکیب داده‌های چندگانه عنوان شده است [۱۵].

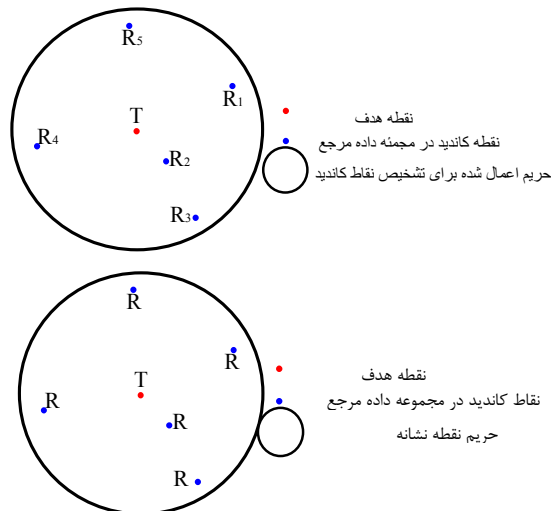
ادغام و یکپارچه سازی داده‌ها و متعاقب آن تناظریابی عوارض، از اصول مهم و اولیه کار با داده‌های مکانی در سرویس‌های مکان مبنا است [۱۶]. مسأله تناظریابی در بینایی رایانه‌ای و کاربردهایی نظیر رباتیک نیز دیده می‌شود. برای مثال در دید سه بعدی، ردیابی متحرک و تشخیص عوارض از تناظریابی استفاده می‌شود [۱۷].

در یک دسته بندی منسجم می‌توان تکنیک‌هایی که برای تناظریابی عوارض برداری به اجرا درآمده اند را به ۴ روش کلی زیر تقسیم نمود.

- الف- تناظریابی بر مبنای شروط و ویژگی‌های توصیفی عوارض
  - ب- تناظریابی بر مبنای شروط و ویژگی‌های هندسی عوارض
  - پ- تناظریابی بر مبنای شروط و ویژگی‌های توپولوژیکی عوارض و
  - ت- ترکیبی از دو یا تمامی حالات بالا
- به صورت کلی و بسته به نوع عوارض، یکی از سه روش اول برای تناظر یابی انتخاب می‌شود؛ اما برای به دست آوردن دقت بالاتر و نتیجه بهتر در اغلب تحقیقات ترکیبی از ۲ حالت فوق انتخاب شده است [۴].

پارامترهای تعریف شده برای انجام پروسه تناظریابی در این مقاله، شرایطی هستند که ذهن انسان به طور ناخودآگاه متوجه آنهاست و آنها را به صورت ناخودآگاه در

مختصات  $i$  امین نقطه کاندید،  $D_{max}$  بزرگترین فاصله اندازه گیری شده بین نقطه هدف و کاندیدها و  $D_{min}$  کوچکترین فاصله اندازه گیری شده بین نقطه هدف و نقاط کاندید است. نتیجه رابطه ۱ برای هر کاندید در نرم افزار ثبت می شود. این نتیجه همواره عددی بین ۰ و ۱ است.

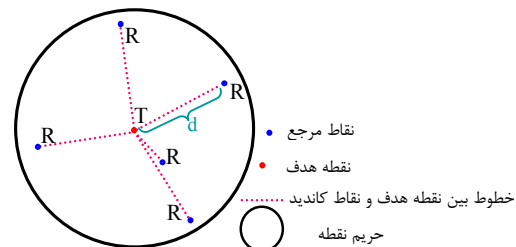


شکل ۲: یک عارضه هدف و کاندیدهای اولیه تناظریابی.

پارامتر بعدی، لایه های راهنما هستند که تعیین نقاط متناظر را آسان می نمایند. عوارض راهنما، عوارض نقطه ای، خطی و سطحی هستند که در این تحقیق برای هر کدام الگوریتم خاص تعریف شده است.

برای استفاده از عوارض راهنمای نقطه ای باید نحوه ارتباط نقطه هدف و هر کدام از کاندیدها با عوارض نقطه ای راهنما که در مجاورت آنها قرار دارند، بررسی شود. عوارضی تاثیرگذارتر هستند که فاصله کمتری از نقاط هدف و نقاط کاندید داشته باشند. بنابراین به منظور شرکت دادن تنها آن تعداد از عوارض راهنما که اثربخشی و تأثیر بیشتری در فرآیند آنالیز لایه راهنمای نقطه ای دارند حول هر کدام از نقاط هدف و کاندید یک حریم با شعاع مشخص رسم می گردد. این حریم دایره جستجو را محدود ساخته به گونه ای که تنها عوارضی که درون این حریم ها قرار می گیرند، به عنوان عوارض راهنما مورد استفاده واقع می شوند. روش ارائه شده در این قسمت روش ستاره ای نامگذاری شده است. پارامترهایی که در اینجا پیشنهاد و استفاده شده اند، طول و آزیموت خطوط هستند که از روابط ۲ تا ۵ به دست می آیند. (شکل ۴).

پارامتر فاصله در فرآیند تناظریابی مهمترین نقش را دارا است. شکل (۳) فاصله اقلیدسی بین دو عارضه نقطه ای هدف و کاندید را نشان می دهد.



شکل ۳: نمایش چگونگی اعمال پارامتر فاصله.

اعداد به دست آمده از محاسبه فواصل که مربوط به هر یک از کاندیدها است، در یک ماتریس ذخیره و نگهداری می شوند. هر کاندید از هر یک از پارامترها امتیازی کسب خواهد کرد و در نهایت با توجه به اهمیت هر پارامتر و وزن آن یک میانگین وزندار از نتیجه تمام پارامترها گرفته خواهد شد. بنابراین برای آنکه بتوان میانگین وزندار را محاسبه نمود، باید نتایج حاصل از هر پارامتر بی بعد و نرمال سازی شوند. رابطه ۱، رابطه نرمال سازی پارامتر فاصله را بیان می کند.

$$N(D_i) = \frac{D_{max} - \left( \sqrt{(x_{ri} - x_t)^2 + (y_{ri} - y_t)^2} \right)}{D_{max} - D_{min}} \quad (1)$$

در رابطه فوق،  $(x_{ri}, y_{ri})$  مختصات نقطه هدف،  $(x_t, y_t)$

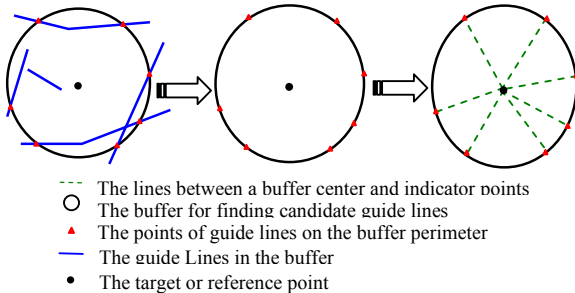
$$\Delta l_{t-tl_k, r_i-rl_{ij}} = l_{t-tl_k} - l_{r_i-rl_{ij}} \quad (2)$$

در روابط ۲ تا ۵،  $t$  عارضه هدف،  $r_i$   $i$  امین عارضه کاندید،  $tl_k$   $k$  امین عارضه راهنما برای عارضه هدف، و  $rl_{ij}$   $j$  امین عارضه راهنما برای  $i$  امین نقطه کاندید است. در رابطه ۲،  $l_{t-tl_k}$ ، طول خط واصل بین نقطه هدف و  $k$  امین نقطه راهنمای آن،  $l_{r_i-rl_{ij}}$ ، طول خط واصل بین  $i$  امین نقطه کاندید و  $j$  امین نقطه راهنمای مربوط به آن نقطه کاندید و  $\Delta l_{t-tl_k, r_i-rl_{ij}}$  اختلاف این دو طول است.

خطی بدین صورت ادامه می یابد:

۱- تعیین حریم با شعاع ثابت حول نقطه هدف و هریک از نقاط کاندید. اندازه شعاع حریم به تناسب نوع لایه و ارتباط مکانی که با مجموعه داده هدف و مجموعه داده مرجع دارد، انتخاب می شود. اندازه شعاع حریم تابعی از فاصله نزدیکترین عارضه راهنما است.

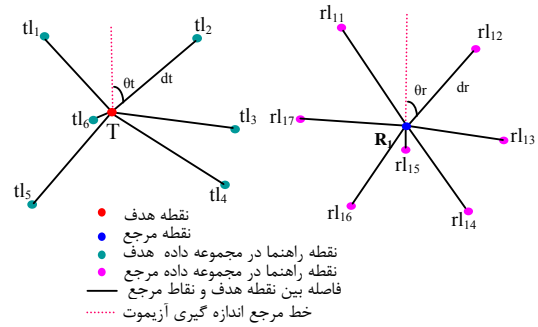
۲- از آنجائی که کار با عوارض خطی و آنالیز آنها پیچیده تر و دشوارتر از کار با عوارض نقطه‌ای و آنالیز آنهاست، لذا تصمیم گرفته شد خطوط راهنما به نحوی به عوارض نقطه‌ای تبدیل شوند تا عملاً خدشهای به آن عوارض وارد نشود. به همین منظور پس از قرارگیری عوارض خطی درون حریمها، محل تلاقی خطوط راهنما با حریم، به عنوان نقاط تقاطع ثبت می شود. با تبدیل خطوط به نقاط، فرآیند ساده تر می گردد بدون اینکه دقت آنالیز کمتر شود. شکل (۵) مراحل تبدیل خطوط درون حریم به نقاط را نشان می دهد.



شکل ۵: مراحل استخراج نقاط معرف از خطوط راهنما و استفاده از روش ستاره‌ای.

به دلیل این که تنها نقاط تقاطع که روی محیط حریم قرار دارند در آنالیز شرکت خواهند کرد، بنابراین فاصله تمامی نقاط از مراکز حریمها ثابت خواهد بود و تنها عامل تأثیرگذار نحوه قرارگیری نقاط تقاطع نسبت به مراکز دوایر که همان نقاط هدف و کاندیدها هستند، می باشد. بنابراین باید نوع قرارگیری نقاط معرف خطوط راهنما نسبت به مرکز حریم برای هر دو مجموعه هدف و تک تک کاندیدها بررسی شود. در این قسمت نیز از روش ستاره‌ای استفاده شد.

در این جا هدف بررسی نوع رابطه عوارض هدف و کاندید با سطوح همجوار آنها در یک فاصله مشخص و



شکل ۴: روش ستاره‌ای برای ارزیابی عوارض راهنمای نقطه‌ای.

$$\Delta\theta_{t-tl_k, r_i-rl_{ij}} = \theta_{t-tl_k} - \theta_{r_i-rl_{ij}} \quad (3)$$

$$N(\Delta L_{ijk}) = \frac{(\Delta L_{max} - \Delta L_{t-tl_k, r_i-rl_{ij}})}{(\Delta L_{max} - \Delta L_{min})} \quad (4)$$

در رابطه فوق  $\Delta L_{max}$ ، بزرگترین اختلاف طول موجود و  $\Delta L_{min}$ ، کوچک ترین اختلاف طول موجود است.

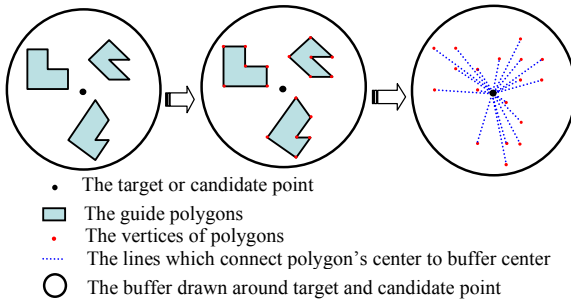
$$N(\Delta\theta_{ijk}) = \frac{(\Delta\theta_{max} - \Delta\theta_{t-tl_k, r_i-rl_{ij}})}{(\Delta\theta_{max} - \Delta\theta_{min})} \quad (5)$$

در رابطه مربوط به اختلاف آزمون (رابطه ۳)،  $\theta_{t-tl_k}$  آزمون خطی واصل بین دو نقطه هدف  $t$  و  $k$  امین نقطه راهنمای آن  $(tl_k)$ ، آزمون خطی واصل بین  $t$  امین نقطه کاندید برای نقطه هدف  $(r_i)$  و  $j$  امین نقطه راهنمای آن نقطه کاندید  $(rl_{ij})$  و  $\Delta\theta_{t-tl_k, r_i-rl_{ij}}$  اختلاف آزمون بین این دو خط (اختلاف دو آزمون محاسبه شده) است. در رابطه ۵  $\Delta\theta_{max}$ ، بزرگترین اختلاف آزمون اندازه گیری شده و  $\Delta\theta_{min}$ ، کوچکترین اختلاف آزمون اندازه گیری شده است. در رابطه ۶،  $L_{p_{oint_{ijk}}}$  ماتریس میانگین وزندار برای لایه راهنمای نقطه‌ای است. پس از به دست آوردن این ماتریس، یک عدد برای هر کاندید محاسبه می شود.

$$L_{p_{oint_{ijk}}} = \frac{(\omega_l \times N(\Delta L_{ijk})) + (\omega_\theta \times N(\Delta\theta_{ijk}))}{\omega_l + \omega_\theta} \quad (6)$$

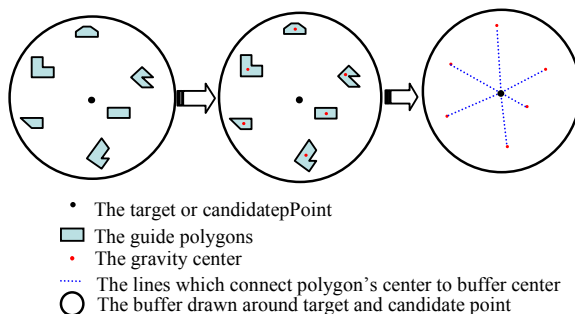
نحوه استفاده از لایه‌های راهنمای خطی بدین ترتیب است که ابتدا لایه‌های خطی که در هر دو مجموعه داده وجود دارند انتخاب می شوند. مراحل کار با لایه راهنمای

هدف و کاندیدها و  $N(\Delta\theta_{ijk})$  ماتریس نرمال شده اختلاف زاویه بین هدف و کاندیدهاست.



شکل ۶: مراحل استخراج نقاط معرف از سطوح راهنما در حالت اول.

تنها تفاوتی که این روش با روش قبل دارد، در این است که تعداد رئوس چندضلعی زیاد بوده که این خود سبب بالا رفتن زمان انجام فرآیند می شود. در این حالت به جای استخراج رئوس چندضلعی به عنوان معرف سطوح از مرکز ثقل چندضلعی استفاده می شود. همانطور که در شکل‌های (۶) و (۷) مشاهده می شود، معمولاً حالت اول برای چندضلعی‌های بزرگ و حالت دوم برای چندضلعی‌های کوچکتر اتفاق می افتد. در چنین مواردی، زمانی که سطوح کوچک هستند، انتخاب مرکز ثقل آن سطح به عنوان معرف آن کافی است. در این حالت نیز مجدداً پس از انتخاب و معرفی نقطه، همان روش ستاره‌ای بکار گرفته شده و نتیجه دو ماتریس نرمال اختلاف طول و آزمون و همچنین وزن‌های این دو پارامتر است. شکل (۷) حالت دوم از سطوح راهنما را نشان می دهد.



شکل ۷: مراحل استخراج نقاط معرف از سطوح راهنما در حالت دوم.

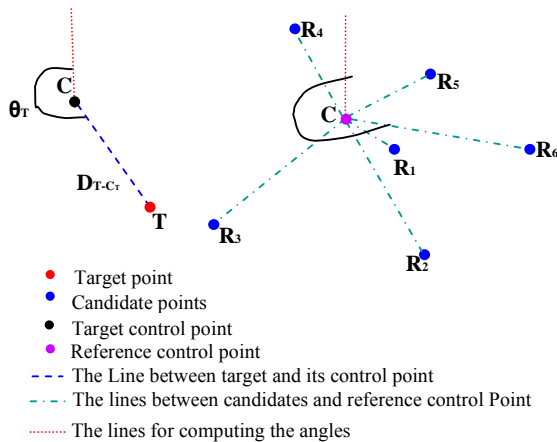
در انتها و پس از بررسی تمام لایه‌های راهنما در صورت وجود، از امتیازات بدست آمده برای هر عارضه

ثابت برای هر دو مجموعه داده است. برای استفاده از سطوح راهنما نیز مانند خطوط و نقاط راهنما، سطوحی به عنوان راهنما انتخاب می شوند که درون حریم قرار گیرند. یافتن روابط توپولوژیکی و هندسی بین یک عارضه نقطه‌ای و یک عارضه سطحی، مستلزم شناساندن این دو عارضه به یکدیگر می باشد. بهتر است برای برقراری ارتباط بین عارضه نقطه‌ای و سطحی، عارضه نقطه‌ای به نقاطی از سطح که کاملاً توانائی معرفی آن را دارند شناسانده شود. به همین منظور در الگوریتم توسعه داده شده سعی بر این بوده است که از سطوح راهنما نقطه‌ای به عنوان معرف آنها استخراج شوند و ادامه کار تناظریابی و ارزیابی شباهت‌ها توسط این نقاط انجام شود. بهترین حالت معرفی یک سطح توسط عوارض نقطه‌ای، استخراج نقاط محیط آن سطح می باشد. اما معرفی تمامی نقاط واقع در محیط عارضه سطحی به علت تعدد آنها مشکل است. بنابراین برای به دست آوردن نقاط مناسب‌تر، سطوح به دو دسته کلی زیر تقسیم شدند که در مورد هر کدام از حالت‌ها یک روش پیشنهاد شده است. انتخاب روش مناسب برعهده کاربر می باشد.

در این حالت به دلیل اینکه تعداد رئوس چندضلعی زیاد نیست و زمان انجام پروسه مناسب است، رئوس چندضلعی به عنوان نقاط معرف آن استخراج شده و نامگذاری می شوند. ادامه کار با نقاط بدست آمده دقیقاً شبیه به ارزیابی لایه راهنمای نقطه‌ای می باشد. شکل ۶ مراحل استخراج نقاط معرف را در این حالت نشان می دهد. خروجی این مرحله نیز دو ماتریس نرمال شده اختلاف طول و اختلاف آزمون برای خطوط واصل بین مراکز حریمها و نقاط معرف سطوح راهنما می باشد. میانگین وزندار این دو ماتریس محاسبه می شود. خروجی این ماتریس یک عدد برای هر کاندید خواهد بود.

$$L_{Area_{ijk}} = \frac{(\omega_l \times N(\Delta L_{ijk})) + (\omega_\theta \times N(\Delta \theta_{ijk}))}{\omega_l + \omega_\theta} \quad (7)$$

در رابطه ۷،  $L_{Area_{ijk}}$  ماتریس میانگین وزندار برای لایه راهنمای سطحی ای است. پس از بدست آوردن این ماتریس، یک عدد برای هر کاندید محاسبه می شود.  $\omega_l$  و  $\omega_\theta$  وزن‌های پارامترهای اختلاف طول و اختلاف زاویه هستند.  $N(\Delta L_{ijk})$  ماتریس نرمال شده اختلاف طول بین



شکل ۸: پارامتر نقطه کنترل.

$$N(\Delta L_{C_i}) = \frac{(\Delta l_{\max} - \Delta l_{T-C_i, R_i-C_i})}{(\Delta l_{\max} - \Delta l_{\min})} \quad (9)$$

در رابطه ۹،  $\Delta l_{\max}$  بزرگترین اختلاف طول اندازه‌گیری شده و  $\Delta l_{\min}$  کوچکترین اختلاف طول اندازه‌گیری شده است.

$$\Delta \theta_{T-C_i, R_i-C_i} = \theta_{T-C_i} - \theta_{R_i-C_i} \quad (10)$$

در رابطه ۱۰،  $\theta_{T-C_i}$  آزیموت خط واصل بین دو نقطه هدف و نقطه کنترل موجود در مجموعه داده هدف،  $\theta_{R_i-C_i}$  آزیموت خط واصل بین  $i$  امین نقطه کاندید و نقطه متناظر نقطه کنترل در مجموعه داده مرجع و  $\Delta \theta_{T-C_i, R_i-C_i}$  اختلاف آزیموت بین این دو خط است.

$$N(\Delta \theta_{C_i}) = \frac{(\Delta \theta_{\max} - \Delta \theta_{T-C_i, R_i-C_i})}{(\Delta \theta_{\max} - \Delta \theta_{\min})} \quad (11)$$

در رابطه ۱۱،  $\Delta \theta_{\max}$  بزرگترین اختلاف آزیموت اندازه‌گیری شده و  $\Delta \theta_{\min}$  کوچکترین اختلاف آزیموت اندازه‌گیری شده است.

$$P_{C_i} = \frac{(\omega_l \times N(\Delta L_{C_i})) + (\omega_\theta \times N(\Delta \theta_{C_i}))}{\omega_l + \omega_\theta} \quad (12)$$

با محاسبه امتیاز هر کاندید از پارامتر نقطه کنترل، تمامی پارامترها محاسبه شده و تمام کاندیدها از هر پارامتر یک امتیاز می‌گیرند که عددی بین صفر و یک است. مرحله نهائی محاسبه یک میانگین وزندار از سه امتیاز موجود برای هر کاندید است. کاندیدی که بیشترین امتیاز را داشته باشد، مناسب‌ترین کاندید برای تناظر خواهد بود. رابطه ۱۳ این میانگین وزندار را نشان می‌دهد.

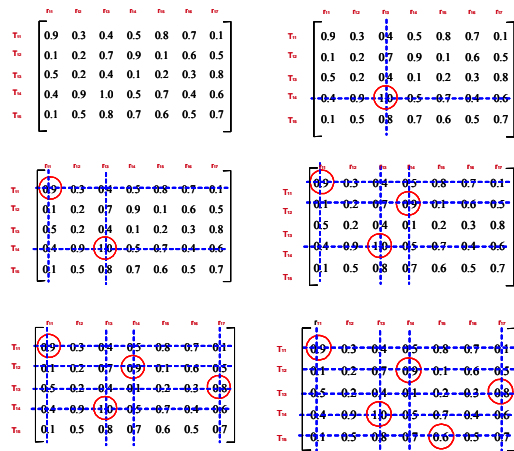
کاندید میانگین‌گیری می‌شود و نتیجه به عنوان امتیاز هر کاندید از لایه راهنما ذخیره می‌شود.

پارامتر سومی که در بررسی تناظریابی عوارض نقطه‌ای در این تحقیق در نظر گرفته شده است، تناظر به نسبت نقطه کنترل نامیده شده است. حسن استفاده از این پارامتر که البته تاکنون در هیچ‌یک از تحقیقات بعمل آمده از آن استفاده نشده است و از نوآوری‌های تحقیق حاضر می‌باشد، افزایش اطمینان به درستی و صحت نقطه مورد استفاده است. زمانی که دو نقطه متناظر در هر دو مجموعه داده هدف و مرجع وجود داشته باشند و نسبت به تناظر این دو نقطه نیز اطمینان کامل وجود داشته باشد، می‌توان از آن به عنوان نقطه کنترل ثابت استفاده نمود. با این روش می‌توان میزان صحت نقاط کاندید را برای تناظریابی هر نقطه انتخاب شده در مجموعه داده هدف بررسی نمود. در این روش نیز مجدداً از پارامترهای اختلاف طول و اختلاف آزیموت بین خط ترسیم شده بین نقطه هدف و نقطه کنترل آن در مجموعه داده هدف و خط ترسیم شده بین هر یک از نقاط کاندید و نقطه متناظر نقطه کنترل در مجموعه داده مرجع استفاده شده است. اختلاف طول‌ها و اختلاف زوایا در دو ماتریس ذخیره می‌شوند تا میانگین آنها با سایر ماتریس‌ها محاسبه شود. قبل از محاسبه میانگین لازم است این دو ماتریس مانند سایر ماتریس‌ها نرمال‌سازی شوند. در نهایت دو ماتریس استخراج می‌شود که میانگین وزندار آنها محاسبه شده و در نهایت هر کاندید یک امتیاز از پارامتر نقطه کنترل خواهد داشت (رابطه ۸). شکل (۸) ارزیابی پارامتر نقطه کنترل را نشان می‌دهد.

$$\Delta l_{T-C_i, R_i-C_i} = l_{T-C_i} - l_{R_i-C_i} \quad (8)$$

در رابطه فوق،  $C_i$  نقطه کنترل در مجموعه داده هدف،  $C_r$  متناظر نقطه کنترل در مجموعه داده مرجع،  $l_{T-C_i}$  طول خط واصل بین دو نقطه هدف و نقطه کنترل در مجموعه داده اول،  $l_{R_i-C_i}$  طول خط واصل بین  $i$  امین نقطه کاندید و متناظر نقطه کنترل در مجموعه داده مرجع و  $\Delta l_{T-C_i, R_i-C_i}$  اختلاف این دو طول است.

استفاده از لایه راهنمای نقطه‌ای، خطی و یا سطحی است. نحوه بدست آوردن یک مقدار تشابه از یک ماتریس نیز در شکل (۹) نشان داده شده است.



$$\text{Sum} = 1.0 + 0.9 + 0.9 + 0.8 + 0.6 = 4.2$$

$$\text{Result} = 4.2 / 5 = 0.84$$

شکل ۹: مراحل به دست آوردن مقدار تشابه از ماتریس مقایسه.

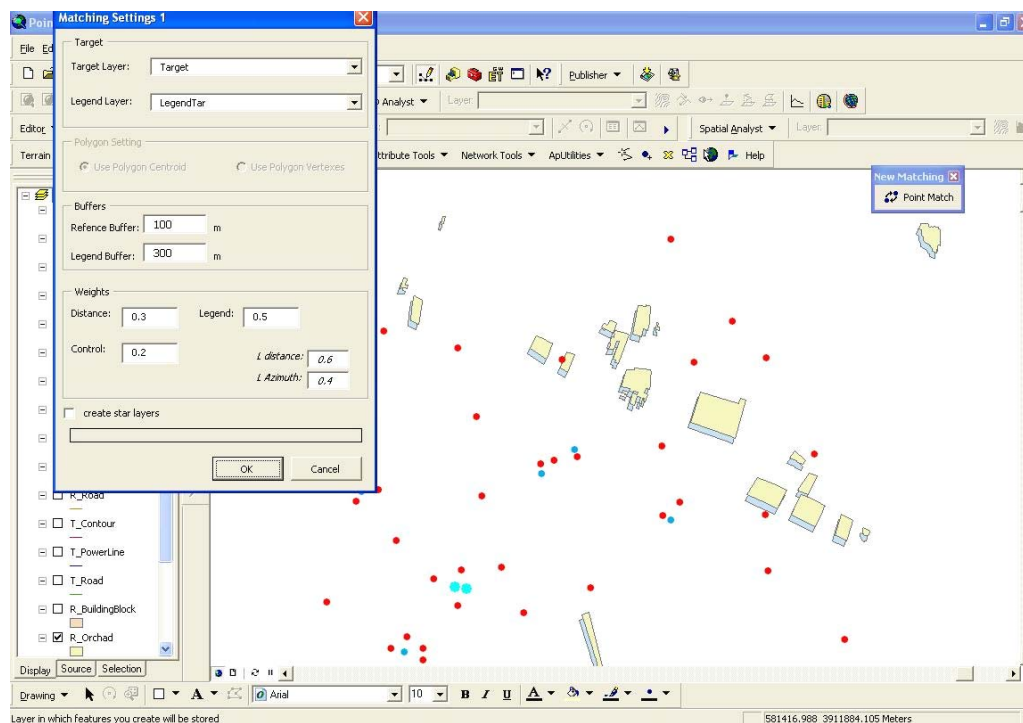
سامانه تناظر یابی پیشنهادی در محیط ArcObjects توسعه داده شد و به صورت یک ابزار به جعبه ابزار نرم افزار ArcGIS اضافه گشت. هدف نهائی این سامانه یافتن نقاط متناظر در مجموعه داده مرجع برای نقاط موجود در مجموعه داده هدف می باشد. این سامانه پس از طی مراحل که برای رسیدن به هدف برای آن در نظر گرفته شده است در نهایت یک جدول در اختیار کاربر قرار می دهد که حاوی جفت های متناظر است. شروع کار سامانه تناظریابی نقطه ای با انتخاب نقطه کنترل در مجموعه داده هدف و متناظر آن در مجموعه داده مرجع است. این دو نقطه به سامانه معرفی می شوند تا به عنوان نقاط کنترل تناظریابی در مراحل بعدی الگوریتم استفاده شوند. پس از زدن دکمه Point Match که به عنوان یک ابزار در جعبه ابزار نرم افزار ArcMap قرار گرفته است، اولین صفحه تنظیمات الگوریتم ظاهر می شود. در این صفحه از نرم افزار که در شکل (۱۰) نمایش داده شده است، چندین بخش مجزا تعبیه شده است. بخش اول که Target نامگذاری شده است، مربوط به تنظیمات مربوط به مجموعه داده هدف می باشد.

هر پارامتر بر اساس اهمیت آن وزن خواهد گرفت.

$$P_i = \frac{(\omega_D \times P_{D_i}) + (\omega_L \times P_{L_i}) + (\omega_C \times P_{C_i})}{\omega_D + \omega_L + \omega_C} \quad (13)$$

در رابطه فوق  $\omega_D$ ،  $\omega_L$ ،  $\omega_C$  به ترتیب وزنهاى مربوط به پارامتر فاصله، لایه راهنما و نقطه کنترل و  $P_{D_i}$ ،  $P_{L_i}$  و  $P_{C_i}$  به ترتیب امتیازات هر کاندید از پارامترهای فاصله، لایه راهنما و نقطه کنترل است.

پس از آنکه برای عوارض خطی و نقطه ای پارامترهای مناسب تعریف شد، نیاز است که رفتار عوارض کاندید برای تناظریابی نسبت به هرکدام از پارامترهای ذکر شده سنجیده شود. مرسوم ترین روش برای ارزیابی رفتار عوارض در رابطه با پارامترها، تعریف یک حد آستانه برای هر پارامتر بوده است تا عوارضی که در این حد قرار می گیرند، به مراحل بعدی فرآیند وارد شوند. هر عارضه ای که نتیجه مربوط به آن از عدد تعیین شده بزرگتر باشد، مناسب تر تشخیص داده می شود. در این تحقیق یک ماتریس به نام ماتریس مقایسه تعریف و پیشنهاد شده است که توسط آن تک تک عوارض راهنمای مربوط به عارضه هدف و کاندیدها با هم مقایسه می شوند. در واقع ابتدا یک حد آستانه برای انتخاب عوارض کاندید تناظریابی و یک حد آستانه برای انتخاب عوارض راهنما برای هر دو دسته عارضه هدف و کاندید تعریف و اعمال می شود. اما برای ارزیابی رفتار کاندیدها و راهنماهای آنها و همچنین عوارض راهنمای عارضه هدف، از ماتریس مقایسه استفاده می شود. از آنجائی که برای هر کاندید و هر عارضه هدف چندین عارضه راهنما وجود دارد؛ لذا توسط ماتریس مقایسه می توان چندین عارضه در مجاورت عوارض کاندید را با چندین عارضه همسان در مجاورت عارضه هدف و به صورت دو به دو مقایسه نمود. این کار باعث سرعت در انجام مقایسه خواهد شد. هر کدام از اعضای سطر ماتریس با تمامی اعضای ستون ماتریس مقایسه می شوند و بر اساس شرایطی که برای مقایسه آنها تعریف شده و همچنین بر اساس وزنی که به هرکدام از شروط داده شده است عددی به این دو عضو نسبت داده می شود که نشان دهنده میزان شباهت این دو عضو می باشد. در نهایت پس از پر شدن ماتریس یک عدد از آن استخراج خواهد شد که این عدد نمایانگر میزان تشابه و تناسب کاندید با هدف در



شکل ۱۰: واسط کاربر - معرفی ورودیها و تنظیمات اولیه.

برابر ۱ خواهد بود. سپس وزن پارامترهای مربوط به پارامترهای لایه راهنما تعیین می‌گردند. این پارامترها شامل فاصله و آزیموت هستند و هر بار توسط کاربر تعیین می‌شوند. مجموع این اوزان نیز برابر ۱ خواهد بود. بخش آخر از تنظیمات نخستین صفحه واسط کاربر، بخشی است که در آن کاربر از نرم‌افزار می‌خواهد تا خطوط و اشکالی را که هنگام استفاده از عوارض راهنما ایجاد شده‌است جهت درک بهتر موقعیت عوارض نشان دهد. این قسمت اختیاری بوده و تنها برای ایجاد دید بهتر برای کاربران تعبیه شده‌است. دومین موتور فعال نرم‌افزار طراحی شده، ابزار لایه مرجع و راهنمای آن است. در انتخاب لایه مرجع و راهنمای آن باید به تنظیمات انجام شده در صفحه قبل و لایه‌های اطلاعاتی که به عنوان هدف و راهنمای آن به سیستم معرفی شده‌اند، دقت شود تا همگونی لازم در این زمینه رعایت گردد. سومین ابزار که یکی از بخشهای عمده و مهم اجرائی است، ابزار مربوط به محاسبه پارامترهای تناظریابی است. این ابزار وظیفه محاسبه تمامی پارامترها را برعهده دارد. نتیجه عملکرد آن در سومین صفحه واسط کاربر و پس از اعمال تنظیمات نمایان می‌شود. این صفحه شامل چندین ماتریس است که نتایج محاسبات در آنها ذخیره شده‌است (شکل ۱۱).

در این بخش ابتدا لایه هدف نقطه‌ای و سپس لایه راهنمای مربوط به مجموعه داده هدف انتخاب می‌شود. بخش دوم از تنظیمات مربوط به لایه‌های راهنمای سطحی است که هنگام انتخاب لایه‌های سطحی به عنوان راهنما فعال می‌شود. این بخش خود شامل دو حالت است. با انتخاب یکی از این دو حالت، نرم‌افزار نوع رفتار با عوارض راهنمای سطحی را از کاربر می‌پرسد. بخش سوم از تنظیمات اولیه نرم‌افزار مربوط به شعاع حریم‌هایی است که در طی اجرای الگوریتم باید تعیین شوند. حریم اول برای انتخاب نقاط اولیه کاندید تناظریابی از مجموعه داده مرجع است و حول خطوط مجموعه داده هدف ترسیم می‌گردد. حریم دوم برای انتخاب عوارض راهنما است و حول تمامی خطوط هدف و کاندیدها ترسیم می‌شود تا عوارضی که درون این حریمها قرار می‌گیرند به عنوان عوارض راهنما برای دو مجموعه داده هدف و مرجع انتخاب و استفاده شوند. بخش چهارم از اولین صفحه واسط کاربر مربوط به تعیین وزن پارامترهاست. در این قسمت نیز دو نوع وزن تعیین می‌شود. سری اول از وزن‌ها مربوط به پارامترهای کلی و اصلی عوارض نقطه‌ای شامل فاصله، لایه راهنما و نقطه کنترل است. در این بخش وزن هر یک از پارامترها تعیین می‌شود. مجموع اوزان پارامترها



ID Target_ Reference											Distance	Azimuth
											Target_Control	Target_Contr
43::	143	1182	1183	1184	-1	-1	-1	-1	-1	-1	24-4569.8	24-109.9
44::	144	1185	1186	1187	-1	-1	-1	-1	-1	-1	25-6301	25-99.6
Distance Target_Reference	43::	96.35	104.46	92	119.83	-1	-1	-1	-1	-1	26-5446.1	26-96.7
	44::	94.17	117	101.05	25.83	-1	-1	-1	-1	-1	27-6029.5	27-59.3
Distance Legend Target_Target	43::	1897.89	3059.8	2693.34	4115.09	4215.42	-1	-1	-1	-1	28-6818.2	28-71.8
	44::	2500.99	2307.58	632.49	3349.49	4078.29	2712.7	2220.4	2342.25	4477.38	29-5573.8	29-68.8
Azimuth Legend Target_Target	43::	102.99	80.41	19.82	6.81	5.82	-1	-1	-1	-1	30-6462.7	30-78.1
	44::	166.32	130.34	326.97	73.4	74.39	45.99	339.7	339.24	347.62	31-6483.6	31-90.3
Distance Reference_Control	43::	8240.74	8040.64	8091.15	8169.54	-1	-1	-1	-1	-1	32-1705.7	32-99.3
	44::	5997.97	6016.35	5856.6	5881.56	-1	-1	-1	-1	-1	33-564.6	33-73.9
Azimuth Reference_Control	43::	48.04	47.93	47.49	48.84	-1	-1	-1	-1	-1	34-750.7	34-73.2
	44::	54.19	53.98	53.45	54.2	-1	-1	-1	-1	-1	35-3374.1	35-61.5
Del Distance (TC_RC)	43::	2.34	202.45	151.94	73.54	-1	-1	-1	-1	-1	36-4341.2	36-324.8
	44::	5.68	12.71	147.05	122.09	-1	-1	-1	-1	-1	37-5476	37-310
Del Azimuth (TC_RC)	43::	0.03	0.14	0.59	0.77	-1	-1	-1	-1	-1	38-6300.6	38-302.1
	44::	0.1	0.31	0.84	0.09	-1	-1	-1	-1	-1	39-4760.8	39-4.7
Legend Target_Reference	43::	4.99	4.86	4.88	4.88	0	0	0	0	0	40-4621.9	40-38.5
	44::	8.99	8.98	8.83	8.86	0	0	0	0	0	41-6136.5	41-41.1
											42-6294.5	42-31
											43-8243.1	43-48.1
											44-6003.6	44-54.3

شکل ۱۱: ماتریس‌های محاسبه‌شده توسط نرم افزار.

UserForm1	UserForm2	UserForm3																																																																																																																																	
ID Target_ Reference		Suggestions: <table border="1"> <thead> <tr> <th>Target point</th> <th>Match Point</th> <th>Matching Percent</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>101</td><td>85.8 %</td></tr> <tr><td>2</td><td>102</td><td>89.6 %</td></tr> <tr><td>3</td><td>103</td><td>100 %</td></tr> <tr><td>4</td><td>104</td><td>83 %</td></tr> <tr><td>5</td><td>105</td><td>98.9 %</td></tr> <tr><td>6</td><td>106</td><td>90.8 %</td></tr> <tr><td>7</td><td>107</td><td>100 %</td></tr> <tr><td>8</td><td>108</td><td>93.4 %</td></tr> <tr><td>9</td><td>109</td><td>92.3 %</td></tr> <tr><td>10</td><td>110</td><td>93.4 %</td></tr> <tr><td>11</td><td>111</td><td>93.2 %</td></tr> <tr><td>12</td><td>112</td><td>93.1 %</td></tr> <tr><td>13</td><td>113</td><td>89.3 %</td></tr> <tr><td>14</td><td>114</td><td>100 %</td></tr> <tr><td>15</td><td>115</td><td>91.6 %</td></tr> <tr><td>16</td><td>116</td><td>92.7 %</td></tr> <tr><td>17</td><td>117</td><td>93.6 %</td></tr> <tr><td>18</td><td>118</td><td>94.5 %</td></tr> <tr><td>19</td><td>119</td><td>93.2 %</td></tr> <tr><td>20</td><td>120</td><td>92.1 %</td></tr> <tr><td>21</td><td>121</td><td>91.5 %</td></tr> <tr><td>22</td><td>122</td><td>85.6 %</td></tr> <tr><td>23</td><td>123</td><td>91.3 %</td></tr> <tr><td>24</td><td>124</td><td>91.7 %</td></tr> <tr><td>25</td><td>125</td><td>90.3 %</td></tr> <tr><td>26</td><td>126</td><td>92.4 %</td></tr> <tr><td>27</td><td>127</td><td>89.5 %</td></tr> <tr><td>28</td><td>128</td><td>97.8 %</td></tr> <tr><td>29</td><td>129</td><td>94.9 %</td></tr> <tr><td>30</td><td>130</td><td>90.7 %</td></tr> <tr><td>31</td><td>131</td><td>95.8 %</td></tr> <tr><td>32</td><td>132</td><td>91.5 %</td></tr> <tr><td>33</td><td>133</td><td>86 %</td></tr> <tr><td>34</td><td>134</td><td>95.2 %</td></tr> <tr><td>35</td><td>135</td><td>96.2 %</td></tr> <tr><td>36</td><td>136</td><td>93.8 %</td></tr> <tr><td>37</td><td>137</td><td>93 %</td></tr> <tr><td>38</td><td>138</td><td>92.5 %</td></tr> <tr><td>39</td><td>139</td><td>91.6 %</td></tr> <tr><td>40</td><td>140</td><td>90.7 %</td></tr> <tr><td>41</td><td>141</td><td>81.3 %</td></tr> <tr><td>--</td><td>--</td><td>--</td></tr> </tbody> </table>	Target point	Match Point	Matching Percent	1	101	85.8 %	2	102	89.6 %	3	103	100 %	4	104	83 %	5	105	98.9 %	6	106	90.8 %	7	107	100 %	8	108	93.4 %	9	109	92.3 %	10	110	93.4 %	11	111	93.2 %	12	112	93.1 %	13	113	89.3 %	14	114	100 %	15	115	91.6 %	16	116	92.7 %	17	117	93.6 %	18	118	94.5 %	19	119	93.2 %	20	120	92.1 %	21	121	91.5 %	22	122	85.6 %	23	123	91.3 %	24	124	91.7 %	25	125	90.3 %	26	126	92.4 %	27	127	89.5 %	28	128	97.8 %	29	129	94.9 %	30	130	90.7 %	31	131	95.8 %	32	132	91.5 %	33	133	86 %	34	134	95.2 %	35	135	96.2 %	36	136	93.8 %	37	137	93 %	38	138	92.5 %	39	139	91.6 %	40	140	90.7 %	41	141	81.3 %	--	--	--
Target point	Match Point		Matching Percent																																																																																																																																
1	101		85.8 %																																																																																																																																
2	102		89.6 %																																																																																																																																
3	103		100 %																																																																																																																																
4	104		83 %																																																																																																																																
5	105		98.9 %																																																																																																																																
6	106		90.8 %																																																																																																																																
7	107		100 %																																																																																																																																
8	108		93.4 %																																																																																																																																
9	109	92.3 %																																																																																																																																	
10	110	93.4 %																																																																																																																																	
11	111	93.2 %																																																																																																																																	
12	112	93.1 %																																																																																																																																	
13	113	89.3 %																																																																																																																																	
14	114	100 %																																																																																																																																	
15	115	91.6 %																																																																																																																																	
16	116	92.7 %																																																																																																																																	
17	117	93.6 %																																																																																																																																	
18	118	94.5 %																																																																																																																																	
19	119	93.2 %																																																																																																																																	
20	120	92.1 %																																																																																																																																	
21	121	91.5 %																																																																																																																																	
22	122	85.6 %																																																																																																																																	
23	123	91.3 %																																																																																																																																	
24	124	91.7 %																																																																																																																																	
25	125	90.3 %																																																																																																																																	
26	126	92.4 %																																																																																																																																	
27	127	89.5 %																																																																																																																																	
28	128	97.8 %																																																																																																																																	
29	129	94.9 %																																																																																																																																	
30	130	90.7 %																																																																																																																																	
31	131	95.8 %																																																																																																																																	
32	132	91.5 %																																																																																																																																	
33	133	86 %																																																																																																																																	
34	134	95.2 %																																																																																																																																	
35	135	96.2 %																																																																																																																																	
36	136	93.8 %																																																																																																																																	
37	137	93 %																																																																																																																																	
38	138	92.5 %																																																																																																																																	
39	139	91.6 %																																																																																																																																	
40	140	90.7 %																																																																																																																																	
41	141	81.3 %																																																																																																																																	
--	--	--																																																																																																																																	
Distance Target_Reference	- DTR - Distance Parameter																																																																																																																																		
	42::	0.86 1 0.17 0.38 0.21 0 0																																																																																																																																	
	43::	0.84 0.55 1 0 -1 -1 -1																																																																																																																																	
	44::	0.25 0 0.17 1 -1 -1 -1																																																																																																																																	
Distance Legend Target_Target	- LTR - Legend Parameter																																																																																																																																		
	1::	1 0 0.64 0.6 -1 -1 -1																																																																																																																																	
	2::	1 0.33 0 0.7 -1 -1 -1																																																																																																																																	
	3::	1 0.37 0 0.08 -1 -1 -1																																																																																																																																	
	4::	1 0.82 0 0.39 0.38 -1 -1																																																																																																																																	
Azimuth Legend Target_Target	- CTR - Control Parameter																																																																																																																																		
	1::	0.98 0.5 0.38 0.3 -1 -1 -1																																																																																																																																	
	2::	1 0.33 0.22 0.42 -1 -1 -1																																																																																																																																	
	3::	1 0.2 0.1 0.44 -1 -1 -1																																																																																																																																	
	4::	0.95 0.78 0 0.5 0.4 -1 -1																																																																																																																																	
Distance Reference_Contr		$S = 0.2 * DTR + 0.5$																																																																																																																																	
Azimuth Reference_Contr	- S - Scores																																																																																																																																		
	1::	0.86 0.15 0.63 0.56 -1 -1 -1																																																																																																																																	
	2::	0.9 0.37 0.07 0.68 -1 -1 -1																																																																																																																																	
	3::	1 0.29 0.13 0.17 -1 -1 -1																																																																																																																																	
	4::	0.83 0.7 0 0.52 0.51 -1 -1																																																																																																																																	
Del Distance (TC_RC)																																																																																																																																			
Del Azimuth (TC_RC)																																																																																																																																			
Legend Target_Reference																																																																																																																																			

شکل ۱۲: آخرین صفحه واسط کاربر شامل جدول عوارض متناظر پیشنهادی و ضریب اطمینان تناظر.

جدول ۱: نتایج حاصل از اجرای الگوریتم چندمعیاره خطی.

Target ID	Ref. ID	Score	Target ID	Ref. ID	Score
1	1001	98%	50	1050	70%
2	1002	99.90%	51	1051	99.40%
3	1003	100%	52	1052	99.20%
4	1004	99%	53	1053	100%
5	1005	93%	54	1054	78.10%
6	1006	94.50%	55	1055	99.80%
7	1007	100%	56	1056	91.30%
8	1008	100%	57	1057	91.80%
9	1009	98.90%	58	1058	95.80%
10	1010	100%	59	1059	98.40%
11	1011	99.90%	60	1060	97.40%
12	1012	100%	61	1061	100%
13	1013	100%	62	1062	93.20%
14	1014	99.80%	63	1063	97.90%
15	1015	100%	64	1064	100%
16	1016	99.80%	65	1065	98.20%
17	1017	96.40%	66	1066	98.20%
18	1018	99.20%	67	1067	97.40%
19	1019	75%	68	1068	100%
20	1020	100%	69	1069	99.90%
21	1021	99.70%	70	1070	92.20%
22	1022	100%	71	1071	94%
23	1023	98.10%	72	1072	100%
24	1024	100%	73	1077	98.10%
25	1025	97.80%	74	1070	79%
26	1026	90.30%	75	1075	99.40%
27	1027	98.90%	76	1076	100%
28	1028	98.20%	77	1077	98.20%
29	1029	98.10%	78	1078	95.60%
30	1030	99.50%	79	1079	97%
31	1031	90.20%	80	1080	100%
32	1032	99.20%	81	1081	97.80%
33	1033	100%	82	1082	97.80%
34	1034	99.90%	83	1083	85.70%
35	1035	95.60%	84	1084	92.80%
36	1036	99.50%	85	1085	99.80%
37	1037	98.30%	86	1086	100%
38	1038	100%	87	1087	96.30%
39	1039	100%	88	1088	95.90%
40	1040	100%	89	1089	99%
41	1041	100%	90	1090	70%
42	1042	100%	91	1091	85%
43	1043	100%	92	1092	96.80%
44	1044	90.10%	93	2213	89.90%
45	1045	100%	94	1094	97.90%
46	1046	100%	95	2213	87.80%
47	1047	100%	96	1096	100%
48	1048	100%	97	1097	85.60%
49	1049	100%	98	1098	63.50%

آخرین صفحه واسط کاربر که تشکیل می‌شود، عبارت است از جدولی که لیست تمام نقاط هدف در آن آورده شده‌است (شکل ۱۲). در این جدول برای هر نقطه هدف، کد کاندید انتخاب شده توسط نرم‌افزار و ضریب اطمینان به این انتخاب آورده شده‌است (جدول ۱). بدین ترتیب نرم‌افزار نقاط متناظر را برای عوارض موجود در مجموعه داده هدف محاسبه می‌کند.

به منظور ارزیابی عملکرد سامانه توسعه داده شده، از داده‌های آزمون که شامل ۹۸ عارضه خطی در مجموعه داده هدف و ۳۵۰ عارضه در مجموعه داده مرجع است استفاده شد. نتیجه حاصل از اجرای الگوریتم تناظریابی خطی در جدول (۱) آورده شده‌است. این جدول نشان می‌دهد که تعداد ۴ تناظر اشتباه از بین ۹۸ عارضه خطی اتفاق افتاده است لذا درصد صحت عوارض انتخاب شده ۹۸/۹۵٪ می‌باشد. مقدار فوق بیش از مقادیر ارائه شده در تحقیقات مشابه است (۸۴٪) [۵].

گردآوری داده‌های مکانی، هزینه برترین و زمان برترین مرحله انجام هر پروژه مکانی است. تناظر یابی عوارض در افزایش کارایی داده‌های مکانی از طریق یک پارچه‌سازی، به روز رسانی، کاهش دوباره کاری، و افزایش دقت آنها نقش بسیار مهمی دارد.

مقاله حاضر به ارزیابی روش‌های تناظر یابی و اهداف متفاوتی که یک الگوریتم تناظر یابی می‌تواند برآورده سازد پرداخته است. پارامترهای روش‌های موجود تناظر یابی شناسایی و نواقص آنها مشخص گردیدند. در راستای رفع کاستی‌ها، تعدادی پارامتر کارا و جدید و ابزارهایی برای اعمال آنها طراحی و پیاده‌سازی شدند.

در تناظر یابی چندمعیاره نقطه‌ای پارامترهای لایه راهنما و نقطه کنترل علاوه بر پارامتر مرسوم و شناخته‌شده فاصله برای افزایش کارایی الگوریتم تناظر یابی نقطه‌ای پیشنهاد شدند. روش‌های مختلف و ممکن ارزیابی این سه پارامتر تعیین و در نهایت بهترین راهکارها با توجه به سرعت، دقت و سهولت تناظر یابی معرفی شدند. لایه راهنما تأثیر قابل توجهی در بهبود نتایج تناظر یابی داشته و می‌تواند در قالب سه نوع عارضه نقطه‌ای، خطی و سطحی باشد.

همین امر باعث افزایش دقت و پیشگیری از بروز خطا توسط عامل انسانی گردیده است. اگر چه نتایج اولیه آزمون الگوریتم پیشنهادی امیدوار کننده است و بیش از ۱۰٪ بهبود نسبت به روش‌های متداول دارد، تست‌های بیشتر و متنوع‌تری لازم است تا ادعای فوق را محک زند. الگوریتم توسعه داده شده تناظریابی قابلیت‌های بسیاری برای توسعه دارد. از جمله قابلیت‌های توسعه این الگوریتم و نرم‌افزار پیاده‌سازی شده می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- توسعه الگوریتم تناظریابی طراحی شده با استفاده از ویژگی‌های توصیفی عوارض در کنار ویژگی‌های هندسی و توپولوژیکی
- تلفیق عملگر خلاصه‌سازی با الگوریتم تناظریابی به منظور اجرای تناظریابی برای دو عارضه با دو ماهیت متفاوت در مقیاس‌های متفاوت (به عنوان مثال تناظریابی عارضه سطحی و نقطه‌ای در دو مقیاس مجزا و متفاوت).
- ایجاد یک سامانه تناظریابی تحت وب برای کاربران مختلف با مجموعه داده‌های گوناگون.
- امکان ایجاد یک محیط مقایسه با سایر ابزارهای مشابه در نرم‌افزارهایی نظیر ArcGIS به منظور ارزیابی بهتر عملکرد الگوریتم تناظریابی.

همچنین ابزاری به نام ماتریس مقایسه برای سرعت بخشیدن و افزایش دقت ارزیابی پارامتر لایه راهنما تعریف گردید. ماتریس مقایسه از دیگر نوآوری‌های این تحقیق است.

در تناظریابی چند معیاره خطی، علاوه بر دو پارامتر شناخته‌شده طول و آزیموت خطوط، دو پارامتر مؤثر پیچیدگی خطوط و فاصله سطحی ابداع و معرفی گردیدند. روش بهینه به‌منظور ارزیابی پارامترهای تناظریابی خطی نیز تدوین شد.

دو سامانه تناظریابی نقطه‌ای و خطی در محیط ArcObjects کد نویسی و پیاده‌سازی شدند. عملکرد دو سامانه ایجاد شده ارزیابی، و دقت آن با دقت روش‌های متداول مقایسه شد. نتایج این مقایسه حاکی از بهبود قابل توجه در تناظریابی برداری برای عوارض نقطه‌ای و خطی توسط الگوریتم‌های توسعه یافته در این تحقیق می‌باشد. از مهم‌ترین نتایج حاصل از تحقیق حاضر می‌توان به اجرای صحیح یک تناظریابی نقطه‌ای و خطی بدون وجود اشتراک توصیفی و هندسی بین عوارض موجود در دو مجموعه داده از یک منطقه مشترک نام برد. شباهت الگوریتم تناظریابی پیشنهادی به عملکرد مغز انسان در رویارویی با یک مسأله مشابه از دیگر نتایج مهم این تحقیق است. علاوه بر آن الگوریتم‌ها به نحوی طراحی شده‌اند که دخالت اپراتور حتی‌الامکان کاهش یافته و

- 1 - Alesheikh, A. A., Soltani, M. J., Nouri, N. and Khalilzadeh, M. (2008). "Land sssessment for flood spreading site selection using geospatial information system." *International Journal of Environmental Science and Technology*, Vol. 5, No. 4, PP. 455-462.
- 2 - Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J. and Rind D. W. (2005). *Geographic information systems and sciences*, Wiley Pub., England.
- 3 - Amirian, P., Alesheikh, A. A. and Bassiri, A. (2010). "Standards-based, interoperable services for accessing urban services data for the city of Tehran." *Computers, Environment and Urban Systems*, (In press).
- 4 - Brenner C. and Sester M., (2005). "Cartographic generalization using primitives and constraints." *Proc., XXII International Cartographic Conference (ICC2005)*. A Coruna, Spain.
- 5 - Walter, V. and Fritch, D. (1999). "Matching data sets: A atatistical approach." *International journal of Geographical Information Science*, Vol. 13, No. 5, PP. 445 – 473.
- 6 - Kolahdouzan, M. R., Ching-Chien, C., Shahabi, S. and Knoblock ,C. A. (2005). "GeoMatchMaker: automatic and efficient matching of vector data with spatial attributes in unknown geometry systems." *Proc., UCGIS 2005 Summer Assembly*, Jackson Hole, Wyoming, USA.

- 7 - Xiong, D. and Sperling, J. (2004). "Semiautomated matching for network database integration." *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 59, No. 1-2, PP. 35-46.
- 8 - Liu, Y. H., Lin, C. C., Lin, W. H. and Chang, F. (2007). "Accelerating feature-vector matching using multiple-tree and sub-vector methods." *Pattern Recognition.*, Vol. 40, No. 9, PP. 2392-2399.
- 9 - Volz, S. (2006). "An Iterative approach for matching multiple representations of street data." *Proc., ISPRS Vol. XXXVI, ISPRS workshop – multiple representation and interoperability of spatial data.*, Hannover, Germany.
- 10 - Dunkars, M. (2002). "Matching of datasets", *Proc., ScanGIS'2003. The 9th Scandinavian research conference on geographical information science*, Espoo, Finland.
- 11 - Goesseln, G. (2005), "A matching approach for the integration, change detection and adaption of heterogeneous vector data sets." *Proc., XXII International Cartographic Conference (ICC2005)*. A Coruna, Spain.
- 12 - Dueker, K. J. and Butler, J. A. (2000). "A geographic information system framework for transportation data sharing." *Transportation Research Part C: Emerging Technologies.*, Vol. 8, No. 1-6, PP. 13-36.
- 13 - Zhang, C., Li, W. and Zhao, T. (2007). "Geospatial data sharing based on geospatial semantic web technologies." *Journal of Spatial Science*, Vol. 52, No. 2, PP. 35-49.
- 14 - Volz, S. (2007). "Shortest path searches in multi-representation street databases." *In Lecture Notes in Geoinformation and Cartography - Location Based Services and TeleCartography*. Springer Berlin Heidelberg. PP. 165-178.
- 15 - Bosse, T., Jonker, C. and Treur, J. (2007). "Simulation and analysis of controlled multi-representational reasoning process". *Applied Artificial Intelligence*, Vol. 21, No. 10, PP. 973 – 1018.
- 16 - Quddus, M. A., Ochieng, W. Y. and Noland, R. B. (2007). "Current map-matching algorithms for transport applications: State-of-the art and future research directions." *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 15, No. 5, PP. 312-328.
- 17 - Kupper, A. (2005). *Location-Based Services: Fundamentals and operation*. Wiley Pub., England.
- 18 - Siddiqi, K. and Pizer, S. (2005). *Medial Representations: Mathematics, Algorithms and Applications (Computational Imaging and Vision)*. Springer, Germany.
- 19 - Leek, E. C., Reppa, I. and Arguin, M. (2005). "The Structure of three-dimensional object representations in human vision: evidence from whole-part matching." *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, Vol. 31, No. 4, PP. 668-684.