# انطباق داده‌های معابر در کروکی‌ها بر مبنای اطلاعات توصیفی و هندسی

**فرشاد حکیم پور*[۱]، علی زارع زردینی[۲]**

[۱] استادیار دانشکده مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران
fhakimpour@ut.ac.ir

[۲] دانشجوی دکتری سیستم‌های اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی - پردیس دانشکده‌های فنی - دانشگاه تهران
zare_zardiny@ut.ac.ir

(تاریخ دریافت بهمن ۱۳۹۶، تاریخ تصویب مرداد ۱۳۹۷)

## چکیده

یکی از شناخته‌شده‌ترین روش‌های مورد استفاده توسط عموم مردم برای به اشتراک‌گذاری دانش مکانی، کروکی‌ها هستند. کروکی‌ها، با به تصویر کشیدن بخشی از شناخت مکانی افراد از محیط پیرامون می‌توانند به عنوان روشی کارا در زمینه جمع‌آوری داده‌های مکانی مورد توجه قرار گیرند. با توجه به اینکه هریک از کروکی‌های ترسیم شده از یک منطقه مشخص در برگیرنده اطلاعاتی متفاوت است از این رو ادغام این کروکی‌ها می‌تواند منجر به تهیه کروکی کاملتری در مقایسه با هریک از این کروکی‌ها شود. مساله مهم در اینجا یافتن تطابق بین عوارض موجود در کروکی‌ها به عنوان مبنای فرآیند ادغام می‌باشد. بر این اساس در این مقاله راهکار جدیدی برای انطباق بین معابر موجود در کروکی‌ها ارائه می‌گردد. از آنجا که مفهوم مجاورت بین عوارض در شناخت مکانی افراد از اهمیت بالایی برخوردار است؛ از این رو ارائه این راهکار، با تمرکز بر مفهوم مجاورت و نزدیکی و نیز اطلاعات توصیفی اماکن و معابر موجود در کروکی‌ها صورت گرفته است. در پیاده‌سازی راهکار مورد نظر، فرآیند انطباق چهار کروکی به صورت دو به دو انجام شده است. به منظور ارزیابی دقت این روش مقادیر Precision و Recall برای هر انطباق بین دو کروکی محاسبه شده است. مقادیر متوسط این دو پارامتر (به ترتیب ۸۹,۶۳٪ و ۸۷,۱٪) نشان می‌دهد که این راهکار در مقایسه با دیگر پژوهش‌ها انجام شده در این حوزه، از دقت قابل قبولی برخوردار بوده است. از نتایج این طرح می‌توان در زمینه تکمیل اطلاعات توصیفی و هندسی در نقشه‌های متریک با انطباق با کروکی‌ها و نیز در سیستم‌های پرس و پاسخ از پایگاه داده مکانی با استفاده از ترسیم توسط کاربران استفاده کرد.

**واژگان کلیدی:** کروکی، روابط مکانی کیفی، خوشه‌بندی اماکن، انطباق معابر

* نویسنده رابط

## ۱- مقدمه

در دنیای پیرامون ما، طیف بسیار گسترده‌ای از اطلاعات با ماهیت مکانی وجود دارد از این رو تاکنون روش‌های متعددی در حوزه‌های نقشه‌برداری زمینی، هوایی و فضایی برای جمع‌آوری این نوع از داده‌ها ارائه شده است. شرط استفاده از تمامی این روش‌ها، وجود نیروی آموزش دیده و نیز تجهیزات خاص اندازه‌گیری می‌باشد. این دو شرط ضمن مبدل ساختن فرآیند جمع‌آوری داده‌های مکانی به فرآیندی پرهزینه، طیف افرادی که می‌توانند در این زمینه همکاری کنند را محدود می‌سازد. این موضوع در حالی است که از یک سو در تمامی کاربردها الزامی به استفاده از نقشه‌های با دقت مکانی بالا نمی‌باشد و از سویی دیگر هر فرد با توجه به شناختی که از محیط پیرامون خود دارد می‌تواند در زمینه جمع‌آوری و به اشتراک‌گذاری این داده‌ها به ایفای نقش بپردازد. یکی از شناخته‌شده‌ترین روش‌های مورد استفاده توسط عموم مردم برای به اشتراک‌گذاری دانش مکانی، کروکی‌ها هستند. این کروکی‌ها عموماً در برگیرنده موقعیت تقریبی و نسبی عوارض مختلف همچون معابر، میادین، اماکن، نواحی و بلوک های شهری می‌باشند. هرچند این کروکی‌ها در مقایسه با نقشه‌های متریک از دقت مکانی و هندسی به مراتب کمتری برخوردار هستند اما می‌توان از آن‌ها در مناطقی که فاقد نقشه بوده، یا امکان دسترسی آسان به نقشه‌های موجود برای عموم مردم وجود ندارد، و یا دسترسی به نقشه‌های با دقت مکانی بالا مورد نیاز نیست، استفاده نمود.

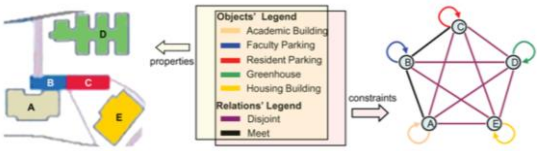
از آنجا که شناخت هر فرد از محیط پیرامون متفاوت از شناخت سایر افراد است، کروکی‌های ترسیم شده توسط افراد مختلف می‌تواند در برگیرنده اطلاعاتی متفاوت از محیط پیرامون باشد. سؤال مهمی که در اینجا مطرح می‌شود آنکه چگونه می‌توان از کروکی‌ها و پتانسیل موجود در آن‌ها بهره بیشتر و بهتری برد. یکی از روش‌های پیشنهادی در این ارتباط، ترکیب و ادغام کروکی‌های مختلف مربوط به یک منطقه با هدف دست‌یابی به اطلاعاتی کاملتر در مقایسه با هریک از کروکی‌های اولیه می‌باشد. اگرچه این ادغام می‌تواند امکان استفاده بهتری از پتانسیل موجود در کروکی‌ها در زمینه جمع‌آوری داده‌های مکانی را فراهم آورد اما پیش از آن لازم است تطابق بین عوارض موجود در کروکی‌ها مورد بررسی قرار گیرد. هرچند عوارض مختلفی در کروکی‌ها وجود دارد اما عارضه مشترک بین تمامی این کروکی‌ها، معابر و خیابان‌ها می‌باشند و عموماً در تمامی کروکی‌ها می‌توان نمایش‌های مختلفی از آن‌ها را مشاهده نمود. در ترسیم‌های متفاوت، این معابر، عموما یا دارای نام بوده و یا در مجاورت آن‌ها میادین و یا اماکن مشخصی قرار گرفته اند که بر مبنای آن‌ها می‌توان معابر را شناسایی و سپس تناظریابی را انجام داد. اما نکته مهم این است که معمولاً تناظر کاملی بین اماکن ترسیم شده در کروکی‌های مختلف وجود ندارد چراکه هر فرد تنها عوارضی را در کروکی ترسیم می‌کند که آن ها را بیشتر در ذهن خود دارد. به عنوان مثال فرض کنید در مجاورت یک معبر در واقعیت یک بانک، یک پمپ بنزین و یک فروشگاه قرار گرفته باشد. در یک کروکی ممکن است تنها دو عارضه بانک و پمپ بنزین ترسیم شود در حالی که در کروکی دیگر بانک و فروشگاه ظاهر شده است. در واقعیت این دو مجموعه از عوارض بیان کننده یک محدوده در واقعیت هستند. از این رو می توان دو مجموعه را متناظر هم دانست و بر مبنای آن فرآیند انطباق معابر مجاور را انجام داد.

به این ترتیب می‌توان مساله را این گونه مطرح کرد که با وجود عدم تطابق کامل بین مجموعه اماکن مجاور معابر چگونه می‌توان فرآیند انطباق معابر را انجام داد. بر این اساس، مقاله پیش رو با هدف پاسخ به این سوال، راهکار جدیدی را برای انطباق بین معابر در کروکی‌ها ارائه داده است. این مقاله پس از مقدمه در چهار بخش اصلی دیگر سازماندهی شده است. در بخش دوم به مرور پژوهش‌های پیشین پرداخته و به وجه تمایز این پژوهش در مقایسه با آن‌ها اشاره شده است. بخش سوم، مبانی نظری طرح پیش رو را در بر می‌گیرد. این بخش شامل معیارهای انطباق و بیان راهکار پیشنهادی است. در بخش چهارم تحت عنوان پیاده‌سازی، ضمن ارائه نتایج پیاده‌سازی الگوریتم پیشنهادی، به بحث ارزیابی روش پرداخته شده است و در بخش انتهایی، نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی مطرح شده است.

## ۲- پیشینه تحقیق

تاکنون تحقیقات متعددی در ارتباط با بحث انطباق داده‌ها در کروکی انجام شده است. Konstantinos و همکاران در [۱] با هدف جستجوی داده‌های مکانی از

طریق یک واسط کاربری مبتنی بر ترسیم، روشی برای یافتن تناظر و انطباق بین عوارض موجود در کروکی‌ها و داده‌های موجود در پایگاه داده ارائه نموده‌اند. این روش بر پایه نظریه گراف‌ها توسعه داده شده است. سناریو کلی در این روش، در نظر گرفتن چندین پیشنهاد بر مبنای اطلاعات توصیفی و سپس انتخاب بهترین گزینه از بین پیشنهادهای موجود می باشد. مطابق با شکل ۱ در این روش عوارض و روابط بین آن‌ها در قالب یک شبه گراف وزن دار در فضای کیفی مدلسازی می‌شوند. این گراف با نام Qualitative Constraint Networks (QCN) شناخته می‌شود.




شکل ۱- نمایی از گراف QCN [1]. در این گراف عوارض و روابط مکانی بین آن‌ها به صورت مجموعه‌ای از نقاط و پاره‌خط‌ها نمایش داده می‌شوند

در پژوهشی مشابه، J.O. Wallgrün و همکاران در [۲] موضوع انطباق داده های کیفی (شبکه معابر در کروکی‌ها) با داده‌های موجود در پایگاه داده مکانی را مورد بررسی قرار داده‌اند. آن‌ها از برچسب معابر برای یافتن گزینه مناسب و برای مقایسه گراف QCN از روش انطباق A*- Search که یک الگوریتم پیمایش گراف به شمار می‌آید، استفاده نموده‌اند. همچنین M.Chipofya و همکاران در [۳] به منظور انطباق نقشه‌های متریک و کروکی‌ها از الگوریتم جستجوی تابو استفاده نموده‌اند. این روش ابتدا به صورت محلی و در یک همسایگی به جستجو می‌پردازد و برای جلوگیری از گیر افتادن در یک نقطه اکسترمم نسبی به جای مطلق، به سراغ جستجوی تابو می رود. هدف از این جستجو، یافتن بیشترین انطباق بین عوارض موجود در نقشه‌های متریک و کروکی است. A. Schwering و همکارانش در انجمن اطلاعات مکانی دانشگاه Muenster آلمان بر مبنای تحقیقات انجام شده، سامانه ای تحت وب با نام SketchMapia برای انطباق بین نقشه های متریک و کروکی طراحی نموده اند [۴ و ۵]. آن ها پارامترهایی نظیر توپولوژی اتصال معابر، راستای نسبی معابر، قرارگیری اماکن نسبت به معابر، ترتیب اماکن و تقاطع ها نسبت به معابر، ترتیب اماکن و معابر نسبت به تقاطع ها، توپولوژی بلوک های شهری، توپولوژی اماکن نسبت به بلوک های شهری را برای این امر در نظر گرفته‌اند. در این سامانه یک نقشه متریک و چندین کروکی وجود دارد. کاربران با انتخاب یک کروکی می توانند انطباق بین آن با نقشه متریک (و تناظر نظیر به نظیر بین عوارض) را در یک قالب متنی مشخص مشاهده نمایند.

کروکی‌ها افزون بر اطلاعات هندسی عوارض و اماکن، در برگیرنده اطلاعات توصیفی مربوط به این عوارض نیز هستند. در روش‌های ارائه شده، عموما از اطلاعات هندسی و روابط توپولوژیکی بین عوارض و نیز فرض وجود تناظر یک به یک بین اماکن استفاده شده است اما در این مقاله، سعی شده است افزون بر اطلاعات فوق، از اطلاعات توصیفی موجود در کروکی‌ها و نیز مفهوم مجاورت و نزدیکی بین اماکن استفاده بهینه‌تری در زمینه انطباق بین معابر صورت پذیرد. این موضوع می‌تواند شانس برقراری تناظر بین کروکی‌های مختلف ترسیم شده از یک منطقه را افزایش دهد. تفاوت اساسی دیگری که طرح پیش‌رو با تحقیقات پیشین دارد، تمرکز بر روی تناظریابی بین دو کروکی به جای یک تناظریابی بین یک کروکی و یک نقشه متریک است. در طرح‌های پیشین چنانچه مجموعه‌ای از کروکی‌ها از یک منطقه با نقشه متریک ناقص وجود داشته باشد، تناظریابی به صورت جداگانه بین آن نقشه متریک و هریک از کروکی‌های موجود انجام می‌شود. از سویی دیگر از آنجا که کروکی‌های در دسترس اطلاعات بیشتری در مقایسه با نقشه‌های متریک در بردارند از این رو تعداد بالایی تناظر یک به صفر در خروجی‌های فرآیند تطابق ظاهر می‌شود. اما در طرح پیشرو سعی شده است تا تناظریابی به صورت دو به دو بین کروکی در دسترس انجام شود. به نظر می‌رسد که این شیوه تناظر-یابی می‌تواند منجر به ارائه نتایج بهتری در فرآیند ادغام نقشه‌های متریک با کروکی‌ها گردد. این فرضیه می‌تواند به طور جداگانه در تحقیقات بعدی مورد بررسی قرار گیرد و در طرح پیش‌رو صرفا راهکاری پیشنهادی برای انطباق بین معابر در کروکی‌ها ارائه می‌گردد. در ادامه به جزئیات این راهکار پیشنهادی پرداخته شده است.

## ۳- نظریه تحقیق

هدف از این مقاله، یافتن تناظر بین معابر موجود در کروکی‌ها است. به طور کلی در فضای مکانی کمی، فرآیند

انطباق معابر در قالب انطباق گراف‌ها و بر مبنای مختصات مکانی تقاطع‌ها و ارتباطات بین آن‌ها، انجام می‌شود. این موضوع در حالی است که در فضای کیفی، موقعیت مکانی مشخصی برای تقاطع‌ها وجود ندارد. در این حالت برای شناسایی هر معبر به جای مختصات نقاط ابتدایی و انتهایی می‌توان از پارامترهای کیفی و توصیفی استفاده کرد. این پارامترها، مبنای اصلی فرآیند انطباق به شمار می‌آیند. بر این اساس در ادامه ابتدا به معرفی پارامترهای کیفی مورد استفاده و سپس به معرفی راهکار پیشنهادی برای انطباق داده‌های معابر پرداخته شده است.

## ۳-۱- پارامترهای انطباق

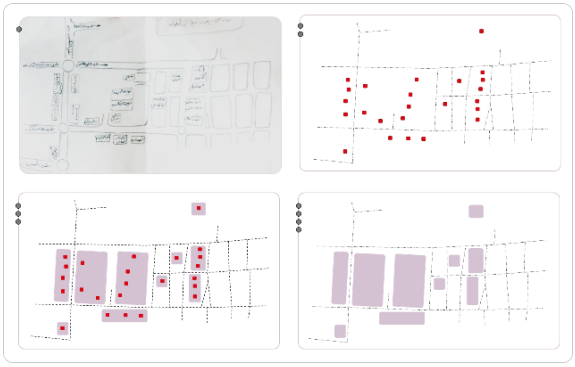
به منظور توصیف هر معبر در کروکی‌ها، افزون بر نام معابر می‌توان از اطلاعاتی استفاده کرد که به طور غیر مستقیم از این کروکی‌ها قابل استخراج هستند. در زمان آدرس‌دهی، معمولا، افراد حتی اگر نام دقیق معابر را ندانند می‌توانند بر مبنای مجاورت با اماکن مشخص و یا ارتباطات آن‌ها نسبت به معابر شناخته شده، آدرس مورد نظر را توصیف کنند. همین نکته در این مقاله برای توصیف معابر در کروکی‌ها به کار گرفته می‌شود. بر این اساس، پارامتر-های انطباق در قالب دو بخش کلی مجاورت با اماکن و تقاطع با معابر مشترک مورد بررسی قرار می‌گیرند.

### ۳-۱-۱- شناسایی معابر بر مبنای مجاورت با اماکن

یکی از مهمترین عوارض موجود در کروکی‌ها، اماکن مختلف همچون مراکز آموزشی، درمانی، تجاری و ... می-باشد؛ عموماً شناخت افراد از اماکن به نسبت بیشتر از شناخت آن‌ها از معابر می‌باشد و از این رو اکثر اماکن ترسیم شده در کروکی‌ها (برخلاف معابر) دارای برچسب نام یا نوع می‌باشند. با این حال به دلیل تعدد وجود اماکن در محیط پیرامون و شناخت متفاوت افراد از محیط، عموما تمامی اماکن موجود در دنیای واقعی، در کروکی‌ها ترسیم نمی-شوند. افراد عموماً تصویری کلی از اماکن موجود در ذهن دارند و در این بین، نزدیکی و مجاورت اماکن با یکدیگر می‌تواند نقشی موثر در ارائه تصویر دقیق‌تر از واقعیت ایفا کند. به عبارت دیگر چنانچه یک فرد در زندگی روزمره خود ارتباطات بیشتری با یک سری از اماکن داشته باشد در این حالت در زمان ترسیم کروکی افزون بر این اماکن خاص، می‌تواند جزئیات دقیق‌تری از اماکن قرار گرفته در مجاورت و همسایگی آن‌ها را به تصویر بکشد. از سویی دیگر گاه در ازای چندین مکان با کاربری خاص در واقعیت، شکل تجمیع شده آن‌ها در کروکی‌ها آورده می‌شود. بر این اساس پیشنهاد می‌شود که مجموعه اماکن قرار گرفته در مجاورت و همسایگی با یکدیگر در قالب یک خوشه در نظر گرفته شوند. نکته بسیار مهم در اینجا در نظر گرفتن معابر به عنوان قید و در نتیجه مقید بودن این خوشه‌ها می‌باشند چرا که افراد نیز در واقعیت سعی می‌کنند با در نظر گرفتن معابر، همسایگی‌ها و مجاورت اماکن را به ذهن بسپارند. خوشه‌بندی مقید، سبب می‌شود که تعریف همسایگی‌ها به صورت معنادارتر و با انطباق بیشتری با واقعیت انجام شود. مبنای این خوشه‌بندی، فاصله نسبی بین عوارض بوده و در آن خطوط واصل بین اماکن نمی‌توانند معابر را قطع کنند. تاکنون روش‌های مختلفی برای حل مساله خوشه‌بندی مقید ارائه شده است. روش Constrained k-Means Clustering یکی از روش‌های پرکاربرد و مبتنی بر روش K-Means می‌باشد که در این طرح به دلیل کارایی و در عین حال سادگی، از آن استفاده شده است [۶]. در این روش در یک فرآیند تکرارشونده، توزیع داده‌ها در یک خوشه با شعاع مشخص محدود می‌شود. این شعاع در رابطه شماره ۱ نمایش داده شده است.

$$R\ (\Omega) = \sum_{i=1}^{k} \sum_{x \in \omega_i} (x - \overline{\omega_i})^2 \qquad (۱)$$

در این رابطه $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots \omega_k\}$ خوشه‌ها (خروجی روش)، k تعداد خوشه‌ها و $\overline{\omega_i}$ مرکز هندسی هر خوشه است [۶]. قید تعریف شده بر روی این روش می‌تواند یک قید مثبت یا منفی باشد. در این پیاده‌سازی افزون بر شرط نزدیکی اماکن به مرکز خوشه‌ها، عدم تقاطع پاره خط واسط دو مکان با معابر به عنوان یک قید منفی در نظر گرفته شده است. بر مبنای همین روش، لازم است در هریک از کروکی‌ها فرآیند خوشه‌بندی انجام شود. شکل ۲ نمایی از خروجی فرآیند خوشه‌بندی اماکن را برای یک کروکی نمایش می‌دهد. پس از انجام خوشه‌بندی، نام اماکن قرار گرفته در هر خوشه در قالب یک مجموعه، برای توصیف خوشه مورد نظر مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مجموعه از نام‌ها در مراحل بعدی، مبنای انطباق و تناظر-یابی بین خوشه‌ها در دو کروکی قرار خواهند گرفت.



شکل۲- نمایی از خروجی فرآیند خوشه‌بندی اماکن. نقاط بیان کننده موقعیت اماکن در کروکی و نواحی بیان کننده خوشه‌های ساخته شده بر مبنای این نقاط است

افزون بر این به منظور شناسایی معابر، استفاده از پارامتر جهت نسبی قرارگیری خوشه‌ها نسبت به معابر مجاور، پیشنهاد می‌شود. دترمینان زیر مطابق با شکل ۳، نحوه تعیین این جهت را با توجه به موقعیت هندسی خوشه‌ها و نقاط ابتدایی و انتهایی معابر نمایش می‌دهد. [7]

$$D = \begin{vmatrix} X_A & Y_A & 1 \\ X_B & Y_B & 1 \\ X_p & Y_p & 1 \end{vmatrix} \qquad (۲)$$

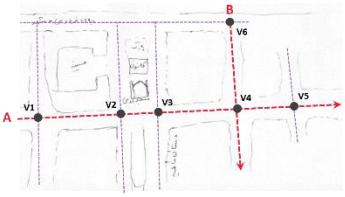
در انتهای این فرآیند، مشخص می‌شود که هر معبر در سمت چپ یا راست کدام خوشه قرار دارد. این توصیف می‌تواند درکنار نام معابر در انطباق معابر مورد استفاده قرار گیرد.

شکل۳- تعیین موقعیت نسبی اماکن نسبت به معابر مجاور

### ۳-۱-۲- شناسایی معابر بر مبنای تقاطع‌ها با میادین و معابر مشترک

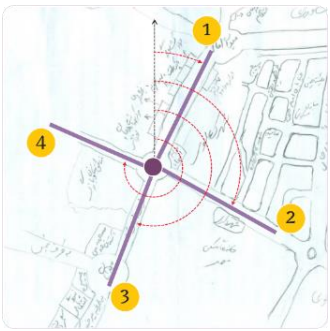
یکی از مهمترین انواع معابر در کروکی‌ها، میادین هستند. از میان ۱۲ فردی که در این پژوهش از آن‌ها خواسته شده است تا کروکی یک منطقه مشخص را ترسیم نمایند، ۱۱ فرد در کروکی خود حداقل یک میدان را ترسیم نموده‌اند. این امر نشان می‌دهد که میادین در مقایسه با سایر انواع معابر به خصوص معابر فرعی در بین عموم مردم شناخته شده تر هستند. بر این اساس تقاطع معابر با میادین به عنوان یکی از معیارهای مهم در الگوریتم پیشنهادی مورد توجه قرار گرفته است. افزون بر این می‌توان از تقاطع با معابر مشترک شناسایی شده، برای تناظریابی سایر معابر استفاده کرد. بر این اساس پیشنهاد می‌شود که پس از رقومی سازی کروکی‌ها و استخراج معابر از آن، با در نظر گرفتن یک معبر و دو راستای قراردادی (به عنوان مثال از بالا به پایین و از چپ به راست کروکی) یک گراف جهت دار بر مبنای معابر و تقاطع‌ها ساخته شود. در این گراف با توجه به راستای معابر، ارتباطات بین تقاطع‌ها تعیین می‌شود. به این ترتیب بر روی هر معبر میتوان تقاطع قبلی و بعدی هر نقطه را مشخص کرد و همین ارتباط می‌تواند در انطباق مورد استفاده قرار گیرد. شکل ۴ نمونه‌ای از این ارتباطات را نمایش می‌دهد.

| تقاطع | معبر | تقاطع قبلی (سمت چپ) | تقاطع بعدی (سمت راست) |
|---|---|---|---|
| V1 | A | - | V2 |
| V2 | A | V1 | V3 |
| V3 | A | V2 | V4 |
| V4 | A | V3 | V5 |
| V5 | A | V4 | - |
| V4 | B | - | V6 |
| V6 | B | V4 | - |




شکل۴- ارتباطات بین نقاط تقاطع با در نظر گرفتن یک راستای قراردادی (از بالا به پایین و از چپ به راست کروکی)

پارامتر دیگری که در اینجا می‌توان در نظر گرفت، پارامتر ترتیب قرارگیری معابر حول تقاطع‌ها است که پیش از این در [۵] به آن اشاره شده است. برای این منظور کافی است ابتدا یک راستای قرار دادی (به عنوان مثال از پایین به بالا) در هر تقاطع در نظر گرفته شود و سپس ترتیب قرار گیری معابر بر مبنای آزیموت تقریبی آن‌ها مشخص شود. شکل ۵ نحوه تعیین ترتیب معابر را نمایش می‌دهد.



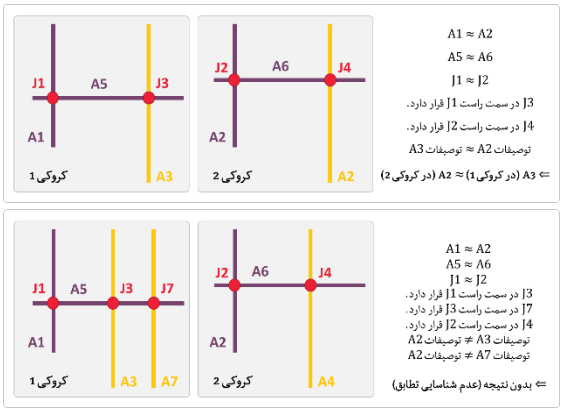

شکل۵- ترتیب دورانی قرارگیری معابر حول تقاطع‌ها

## ۳-۲- فرآیند انطباق

پس از معرفی پارمترهای انطباق، در این بخش راهکار پیشنهادی برای انطباق بین معابر در کروکی‌ها ارائه می‌شود. در الگوریتم پیشنهادی ابتدا بر مبنای اطلاعات کیفی اختصاص داده شده برای معابر همچون نام و اطلاعات همسایگی و مجاورت با اماکن، نسبت به تناظریابی بین معابر در دو کروکی اقدام می‌شود. پس از آن، بر مبنای همین معابر مشترک شناسایی شده و با استفاده از اطلاعات توپولوژیکی بین معابر همچون ارتباطات بین تقاطع‌ها و ترتیب قرار گیری معابر حول نقاط تقاطع، فرآیند تناظریابی برای سایر معابر انجام می‌شود می‌شوند. در ادامه مراحل الگوریتم پیشنهادی پرداخته شده است.

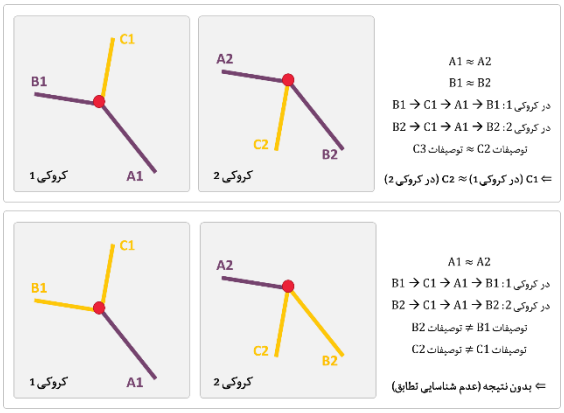
شکل۶- قوانین انطباق معابر بر مبنای همسایگی با خوشه‌های اماکن و اطلاعات توصیفی معابر

نخستین مرحله در این فرآیند، یافتن تناظر بین خوشه‌های اماکن موجود در دو کروکی می‌باشد. برای یافتن تناظر بین دو خوشه، اطلاعات توصیفی اماکن زیر مجموعه آن‌ها مورد مقایسه قرار می‌گیرند. از آنجا که در این تناظریابی، احتمال انطباق کامل بین دو خوشه کم می‌باشد از این رو در این طرح، اشتراک غیر تهی بین اماکن قرار گرفته در دو خوشه به عنوان شرط تناظر در نظر گرفته شده است. در مرحله دوم، بر مبنای تناظر بین خوشه‌ها و نیز اطلاعات توصیفی معابر، فرآیند انطباق انجام می‌گیرد. تمرکز این مرحله بر روی یافتن انطباق بین معابر قرار گرفته در همسایگی خوشه‌های متناظر می‌باشد. در شکل ۶ نحوه تعیین انطباق بین معابر در حالت‌های مختلف نمایش داده شده است. در پایان مرحله دوم، تعدادی از معابر مشترک بین دو کروکی تعیین شده‌اند. از این رو در مرحله سوم، بر پایه ارتباطات بین تقاطع‌ها و با استفاده از اطلاعات معابر مشترک شناسایی شده می‌توان فرآیند انطباق بین سایر معابر را انجام داد. تمرکز این روش بر روی انطباق معابر قرار گرفته در مجاورت معابر مشترک تعیین شده در مرحله دوم است. شکل ۷ نحوه تناظریابی در این مرحله را نمایش می دهد. در این مرحله همچنین می‌توان تقاطع با میادین متناظر را نیز به عنوان یک قید در تناظریابی مد نظر قرار داد.




شکل۷- قوانین انطباق معابر بر مبنای تقاطع با معابر متناظر و روابط نسبی بین نقاط تقاطع

در مرحله چهارم فرآیند انطباق بر مبنای راستای قرار گیری معابر حول نقاط تقاطع انجام می‌گیرد. در این حالت با فرض اینکه در یک تقاطع حداقل یک معبر مشترک وجود داشته باشد می توان از ترتیب قرار گیری معابر برای یافتن تناظر بین سایر معابر استفاده نمود. شکل ۸ نمایی کلی از این فرآیند را نمایش می‌دهد.

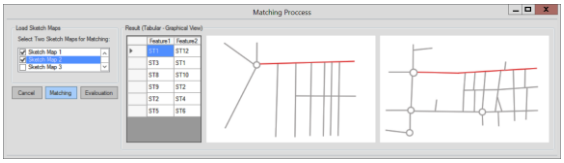



شکل۸- قوانین انطباق معابر بر مبنای راستای قرارگیری معابر حول نقاط تقاطع

## ۴- پیاده‌سازی و ارزیابی خروجی طرح

با مشاهده مناطق مختلف در وب سایت نقشه گوگل می‌توان موارد متعددی را یافت که نقشه غیرکاملی از معابر ارائه شده است. یکی از این مناطق شهر دیهوک از توابع استان خراسان جنوبی در ایران است. به منظور پیاده‌سازی راهکار پیشنهادی از چهار کروکی استفاده شده است. هرچند افرادی که این کروکی‌ها را ترسیم نموده‌اند با محدوده شهر آشنا هستند اما فاقد تحصیلات تخصصی در حوزه داده‌ها و سیستم‌های مکانی می‌باشند. در پیاده‌سازی این طرح، تناظریابی بین معابر موجود در کروکی‌ها به صورت دو به دو مورد بررسی قرار گرفته است.

نخستین گام در فرآیند پیاده‌سازی، استخراج داده‌های رقومی معابر از کروکی‌ها می‌باشد. به منظور تشخیص داده های معابر و اماکن از بخشی از الگوریتم ارائه شده در [۸ و ۹] استفاده شده است. با این حال، نام معابر به دلیل فارسی بودن، به صورت دستی استخراج شده است؛ هرچند که برای این منظور می‌توان از پردازشگرهای تبدیل عکس به متن فارسی نیز استفاده نمود. داده‌های رقومی مستخرج از کروکی‌ها به پایگاه داده Oracle 11g وارد شده و الگوریتم مورد نظر در محیط .Net پیاده‌سازی شده است. در پیاده‌سازی انجام شده، نرم‌افزار قادر است با انتخاب دو کروکی نتیجه انطباق بین معابر را در قالبی متنی ارائه دهد. شکل ۹ نمایی از این خروجی را نمایش می‌دهد.




شکل۹- نمایی از خروجی طرح (نمایش معابر متناظر در دو کروکی)

به منظور بررسی کیفیت راهکار پیشنهادی لازم است بر مبنای نتایج حاصل از پیاده‌سازی، فرآیند ارزیابی انجام شود. در این طرح ابتدا به صورت دستی تناظر بین معابر موجود در کروکی‌ها شناسایی شده است. پس از آن، خروجی انطباق به روش پیشنهادی با نتایج حاصل از انطباق به صورت دستی مقایسه شده است. برای این امر از دو شاخص Precision و Recall استفاده شده است. این دو شاخص به ترتیب به صورت تعداد تناظرهای درست، نسبت به کل تناظرهای انجام شده و نسبت تعداد تناظر-های درست به مجموع کل انطباق‌ها و عدم انطباق‌های قابل قبول تعریف می‌شوند [۱۰ و ۱۱]. بر این اساس فرض کنید +R و -R به ترتیب تعداد عوارض متناظر یافته شده و عوارض غیر مشترک بین دو کروکی را نمایش می‌دهد. در این حالت می‌توان پارامترهای FP، FN، TP را مطابق با روابط ۳ تا ۵ محاسبه کرد:

$$TP = \left|\hat{R} \cap R_{+}\right| \qquad (۳)$$

$$FN = \left|R_{+} \setminus \hat{R}\right| \qquad (۴)$$

$$FP = \left|\hat{R} \cap R_{-}\right| + \left|\{(x,y) \in \hat{R} \mid \exists z \neq y, (x,z) \in R_{+}\}\right| + \left|\{(x,y) \in \hat{R} \mid \exists z \neq x, (z,y) \in R_{+}\}\right| \qquad (۵)$$

بر مبنای پارامترهای فوق، Precision به صورت $\frac{TP}{TP+FP}$ و Recall به صورت $\frac{TP}{TP+FN}$ تعریف می‌شود. در فرآیند پیاده‌سازی، فرآیند تناظر بین چهار کروکی به صورت دو به دو انجام شده است. جدول ۱ و ۲ به ترتیب مقادیر مقادیر Precision و Recall را نمایش می‌دهد. مطابق با جداول ۱ و ۲ مقدار متوسط Precision و Recall برای الگوریتم پیشنهادی به ترتیب برابر ۸۹٫۶۳٪ و ۸۷٫۱٪ می-باشد. بزرگتر بودن عدد Precision نشان می‌دهد با استفاده از الگوریتم پیشنهادی انطباق‌های درست نسبت بالایی دارند (دقت بیشتر)، هرچند این روش نمی‌تواند تمامی انطباق‌های ممکن را شناسایی نماید. یکی از علل این امر را می‌توان در بخش برچسب‌گذاری معابر بر مبنای مجاورت را خوشه‌های اماکن جستجو کرد. در این طرح در بخش مقایسه خوشه‌ها، صرفا به اشتراک مجموعه نام‌های اماکن قرار گرفته در هر خوشه اکتفا شده است.

استفاده از فناوری‌های وب معنایی و توجه به نوع اماکن می‌تواند میزان دقت این بخش از روش پیشنهادی را افزایش داد. نکته آخر در این بخش نیز آنکه هرچند در پژوهش‌های متعددی در زمینه انطباق معابر در فضای کمی (همچون [۱۲، ۱۳ و ۱۴]) به بحث ارزیابی دقت فرآیند انطباق پرداخته شده است اما در حوزه کیفی و به خصوص انطباق معابر در کروکی‌ها کمتر به این موضوع پرداخته شده است. در اکثر تحقیقات انجام شده همچون [۴ و ۱۵]، ضمن بیان اهمیت این موضوع صرفا به عنوان پیشنهادات آتی طرح به بحث ارزیابی خروجی اشاره شده است. از این رو تاکنون نتایج آماری مشخصی از نتیجه ارزیابی تحقیقات پیشین ارائه نشده است و در نتیجه امکان مقایسه کمی نتایج این طرح با طرح‌های پیشین وجود ندارد.

جدول ۱- مقادیر Precision

| کروکی | کروکی ۱ | کروکی ۲ | کروکی ۳ | کروکی ۴ |
|---|---|---|---|---|
| کروکی ۱ | - | ٪ ۹۰ | ٪ ۸۸,۲ | ٪ ۸۷,۱ |
| کروکی ۲ | ٪ ۹۰ | - | ٪ ۹۱,۶ | ٪ ۸۹,۸ |
| کروکی ۳ | ٪ ۸۸,۲ | ٪ ۹۱,۶ | - | ٪۹۱,۴ |
| کروکی ۴ | ٪ ۸۷,۱ | ٪۸۹,۸ | ٪ ۹۱,۴ | - |

جدول ۲- مقادیر Recall

| کروکی | کروکی ۱ | کروکی ۲ | کروکی ۳ | کروکی ۴ |
|---|---|---|---|---|
| کروکی ۱ | - | ٪ ۸۸,۸ | ٪ ۸۴,۷ | ٪ ۸۳,۳ |
| کروکی ۲ | ٪ ۸۸,۸ | - | ٪ ۸۹,۹ | ٪ ۸۶,۶ |
| کروکی ۳ | ٪ ۸۴,۷ | ٪ ۸۹,۹ | - | ٪ ۸۹,۳ |
| کروکی ۴ | ٪ ۸۳,۳ | ٪ ۸۶,۶ | ٪ ۸۹,۳ | - |

## ۵ - نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی طرح

کروکی‌ها با وجود تمامی اعوجاجات و ناهمگونی و خطاهای احتمالی، می‌توانند منابع خوب و مقرون به صرفه‌ای برای تامین داده‌های مکانی و توصیفی محسوب شوند. افراد مختلف با توجه به شناخت متفاوت خود از محیط پیرامون می‌توانند بخشی از محیط اطراف را به تصویر بکشانند و به این ترتیب بخشی از دانش مکانی خود را با سایرین به اشتراک بگذارند. معابر یکی از اصلی‌ترین عوارض موجود در کروکی‌ها به شمار می‌آیند و تقریبا در تمامی کروکی‌ها ترسیم می‌شوند. بر این اساس در این مقاله با اشاره به بحث انطباق داده‌های معابر موجود در کروکی‌ها به عنوان پیش‌نیاز فرآیند ادغام نقشه‌های متریک و کروکی، راهکاری برای این امر پیشنهاد شده است. این راهکار با تمرکز بر روی مفهوم مجاورت معابر و خوشه‌های اماکن و نیز روابط مکانی بین معابر ارائه گردیده است و در فرآیند انطباق، معیارهای تقاطع با میادین (به عنوان یکی از شناخته‌شده‌ترین انواع معابر در کروکی‌ها)، موقعیت نسبی قرارگیری معابر نسبت به خوشه‌های اماکن، تطابق توصیفی معابر، راستای قرار گیری معابر حول نقاط تقاطع و تقاطع با معابر متناظر را مد نظر قرار داده است. در بخش پیاده‌سازی بر مبنای چهار کروکی ترسیم شده از یک منطقه شهری، مجموعا ۱۶ فرآیند انطباق دو به دو بین کروکی انجام شده است و به منظور ارزیابی نتایج در هر انطباق دو مقدار Precision و Recall محاسبه شده است. متوسط مقدار این دو پارامتر در پیاده‌سازی طرح پیش‌رو به ترتیب برابر ۸۹,۶۳٪ و ۸۷,۱٪ است که با توجه به تحقیقات پیشین می‌توان آن را قابل قبول دانست. هرچند، با در نظر گرفتن انطباق معنایی به جای انطباق توصیفی می‌توان این سطح از دقت را افزایش داد و از این رو در تحقیقات آتی این موضوع را مد نظر قرار می‌دهیم. افزون بر این فرآیند ادغام داده‌های معابر موجود در کروکی‌ها با داده‌های معابر موجود در نقشه‌های متریک برای تحقیقات بعدی مورد توجه قرار داد. این فرآیند می‌تواند در زمینه غنی‌سازی نقشه‌های متریک به خصوص در مناطقی که نقشه متریک کاملی از منطقه در دسترس نمی‌باشد، مورد استفاده قرار گیرد.

# مراجع


[1] Nedas, K.A. and Egenhofer, M.J. (2008). “Spatial-Scene Similarity Queries”. Transactions in GIS. 12(6): 661–681

[2] Wallgrün, J.O., Wolter D. and Richter k. (2010). “Qualitative Matching of Spatial Information”. ACM GIS. San Jose

[3] Chipofya, M. and Schwering, A. and Binor, T. (2013). “Matching Qualitative Spatial Scene Descriptions ´a la Tabu”. Institute for Geoinformatics. University of Munster. Germany

[4] Schwering, A. and Wang, j., Chipofya, m., Jan S., Li R. and Broelemann, K. (2014). “SketchMapia: Qualitative Representations for the Alignment of Sketch and Metric Maps”. Spatial Cognition & Computation an Interdisciplinary Journal. 14:220-254

[5] Wang, J. and Schwering, A. (2015). “Invariant spatial information in sketch maps - a study of survey sketch maps of urban areas. Journal of Spatial Information Science”. Number 11, pp. 31–52

[6] Brea, M.E.A. (2013). “Constrained Clustering Algorithms: Practical Issues and Applications”. PHD Thesis. p10

[7] Karimipour, F. (2010). “A Mathematical Tool to Extend 2D Spatial Analyses to Higher Dimensions”. PHD Thesis. University of Tehran. Department of Surveying and Geomatics Engineering. p166

[8] Broelemann, K. (2011). “Automatic understanding of sketch maps”. PHD Proposal for the International Research Training Group on Semantic Integration of Geospatial Information

[9] Blaser, A. (1999). “Prototype Application Sketcho Technical Report”. University of Maine. National Center of Geographic Information and Analysis. Orno

[10] Raimond, A.M.O. and Mustiere, S. and Ruas, A. (2015). “Knowledge Formalization for Vector Data Matching Using Belief Theory”. Journal of Spatial Information Science. 10, 21–46, DOI:10.5311/JOSIS.2015.10.194

[11] Zhang, D., Rubinstein, B.I.P. and Gemmell, J. (2014). “Principled Graph Matching Algorithms for Integrating Multiple Data Sources”. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 26, 1-14

[12] Chehreghan, A. and Abbaspour, R.A. (2017). “A Geometric-based Approach for Road Matching on Multi-scale Datasets using a Genetic Algorithm”. Cartography and Geographic Information Science (CaGIS). DOI:10.1080/15230406.2017.1324823

[13] Yang, L., Fang, F., Dai, S., Wan, B. and Zuo, Z. (2014). “Road Network Matching Method Based on Particle Swarm Optimization Algorithm”. The Open Cybernetics & Systemics Journal. 8, 1286-1292

[14] Mustiere, S. and Devogele, T. (2008). “Matching Networks with Different Levels of Detail”. Geoinformatica. 12, 435–453, DOI: 10.1007/s10707-007-0040-1

[15] Jan, S., Schultz, C., Schwering, A. and Chipofya, M. (2015). “Spatial Rules for Capturing Qualitatively Equivalent Configurations in Sketch maps”. Institute for Geoinformatics. University of Münster, Germany