نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه برداری

سال دوم، شماره نخست، بهار ۱۳۹۳
Vol.2, No.1, Spring 2014
۱ -۱۵

تعمیم و ساده‌سازی بافت‌آگاه شبکه برای انجام تحلیل مسیر بهینه

مهدی رحیمی[1*]، محمدرضا ملک[2]

۱- دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد GIS ـ دانشکده‌ی مهندسی نقشه‌برداری ـ دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی
۲- دانشیار گروه GIS ـ دانشکده‌ی مهندسی نقشه‌برداری ـ قطب علمی فناوری اطلاعات مکانی - دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۰۶/۱۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۳/۰۳

چکیده

ساده‌سازی یکی از مفاهیم قدیمی علم‌نقشه‌نگاری است که همزمان با به وجود آمدن سامانه‌های اطلاعات مکانی، ابعاد جدیدی چون ساده‌سازی مدل به آن افزوده شده و ساده‌سازی به انتزاع نزدیک‌تر شده‌است. مدل‌سازی بسیاری از زیرساخت‌های ارتباطی در قالب شبکه، آن را تبدیل به یکی از مهم‌ترین انواع داده در سامانه‌های اطلاعات مکانی کرده‌است. رویکرد ارائه‌ی خدمات مکانی به کاربران به صورت هرجاگاه و با درنظر گرفتن بافت، لزوم توجه به مساله‌ی ساده‌سازی بافت‌آگاه شبکه را یادآوری می‌کند. سامانه‌ی بافت‌آگاه، سامانه‌ای است که اطلاعات و خدمات را با توجه به بافتی که پرسش در آن بافت پرسیده شده‌است، در اختیار کاربر قرار می‌دهد. یک سامانه می‌تواند در سطوح محتوا، تحلیل و نمایش، بافت‌آگاه باشد. ترجیحات کاربر و ویژگی‌های شناختی کاربر، بافت‌هایی هستند که در این مقاله مورد توجه قرار گرفته‌اند. در چارچوب این مقاله، روشی برای ایجاد یک شبکه‌ی ساده‌شده با توجه به بافت‌های ترجیحات و ویژگی‌های شناختی کاربر ارائه شده است. در روش پیشنهادی ترجیح کاربر در استفاده از یال‌هایی با ویژگی خاص، سبب ایجاد نمودار ورونوی شبکه‌ای می‌شود. سه زیرشبکه به کمک این نمودار، تولید می‌شوند. استفاده از این زیرشبکه‌ها در یافتن مسیر بهینه، سبب افزایش نسبت طول یال‌های اولویت‌دار به طول کل مسیر، می‌شود. برنامه‌های کاربردی پیاده‌سازی‌شده بر مبنای این روش‌ها، برای منطقه‌ای از شهر وین، مؤید تاثیرگذاری بافت بر ساده‌سازی شبکه است و نشان می‌دهد، روش پیشنهادی در بیشترکردن استفاده از یال‌های مورد نظر کاربر موفق عمل کرده است.

کلیدواژه‌ها: بافت‌آگاهی، ساده‌سازی شبکه، هرس کردن شبکه، نمودار ورونوی شبکه‌ای، زیرشبکه

*نویسنده مسئول: مهدی رحیمی؛ تهران، خیابان ولیعصر (عج)، تقاطع میرداماد، پلاک ۱۳۴۶، داتشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده‌ی مهندسی نقشه‌برداری؛ شماره تلفن: ۰۹۱۲۲۲۷۴۵۴۷

Email: mhdrhi@gmail.com؛

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-07]

[DOI: 10.29252/jgit.2.1.1]

۱- مقدمه

استفاده‌ی بیش از پیش عموم مردم از سرویس‌های مکانی سبب توجه بیشتر به مفهوم بافت[1] شده است. در زندگی روزمره، ارتباطات و اعمال انسانی در بافت‌های مشخص انجام می‌شوند و رویدادها در بافت‌های مشخص فهمیده می‌شوند. بافت بر همه‌ی جنبه‌های زندگی انسانی از جمله بر روی نحوه‌ی ارتباط ما با فن‌آوری‌های مختلف موثر است. برای نمونه انتظار از نتیجه تحلیل بهترین مسیر برای یک گردشگر با بهترین مسیر برای یک دانش آموز حتی با یکسانی نقاط ابتدا و انتها، می‌تواند تابع بافت آنها، متفاوت باشد. با توسعه‌ی سریع ارتباطات بی‌سیم و استفاده‌ی روزافزون از دستگاه‌های همراه، توجه فراوانی روانه‌ی مفهوم بافت‌آگاهی[2] شده‌است. این مسأله، به بهبود توانایی سازوارشدن[3] و پاسخگویی به وضعیت کاربر در سرویس‌های مختلف، کمک کرده‌است.

شبکه یکی از مهم‌ترین انواع داده در سامانه های اطلاعات مکانی است که نقش مهمی در مدل‌سازی پدیده‌های مکانی خطی ایفا می‌کند. نقش مهم شبکه‌ها، استفاده از آن‌ها را به یکی از نیازهای معمول کاربران سرویس‌های مکانی تبدیل کرده‌است. داده‌های مربوط به شبکه‌های مکانی، داده‌هایی حجیم هستند که معمولاً کاربر یک سرویس مکانی، از نظر حجم محاسبات، حجم تبادل داده و جنبه‌های معنایی و کاربردی، نیازی به سروکار داشتن با این حجم از داده را ندارد. در این موقعیت، ضرورت استفاده از تعمیم و ساده‌سازی[4] خود را نمایان می‌کند.

همزمان با توسعه‌ی سامانه‌های اطلاعات مکانی، با افزوده‌شدن ابعادی مانند ساده‌سازی عارضه[5]، ساده‌سازی مدل[6] و ساده‌سازی موضوعی[7]، ساده‌سازی به انتزاع[8] نزدیک‌تر شده‌است[۱،۲،۳،۴]. با افزایش توان محاسباتی دستگاه‌های مختلف و پهنای باند ارتباطی، از اهمیت کم‌کردن حجم داده‌ی ورودی به یک تحلیل مکانی و حجم‌داده‌ی تبادل‌شده روی شبکه، کاسته شده‌است. در این شرایط، ساده‌سازی به‌منظور تطابق با کاربردها و معنا های موردنظر کاربر، بیشتر مورد توجه قرارگرفته‌است. در این راهبرد نقش بافت، بیش از پیش نمایان است.

پایگاه داده‌ی حاوی اولین انتزاع از واقعیت، مدل رقومی چشم‌انداز[9] (DLM) نام دارد. مفهوم مقیاس در مورد چنین پایگاه داده‌ای به قدرت تفکیک تبدیل می‌شود. به کمک ساده‌سازی مدل می‌توان مدلهایی با قدرت تفکیک کمتر و با توجه به کاربرد موردنظر تولید کرد. همچنین به کمک مجموعه‌ای از الگوریتم‌های ساده‌سازی نقشه‌نگاری[10] برای خوانایی نمایش نمادهای انتخاب‌شده برای عوارض، مدل‌های رقومی نقشه‌نگاری[11] (DCM) تولید می‌شوند. در شکل **۱شکل ۱**، مراحل یادشده نمایش داده شده‌اند.

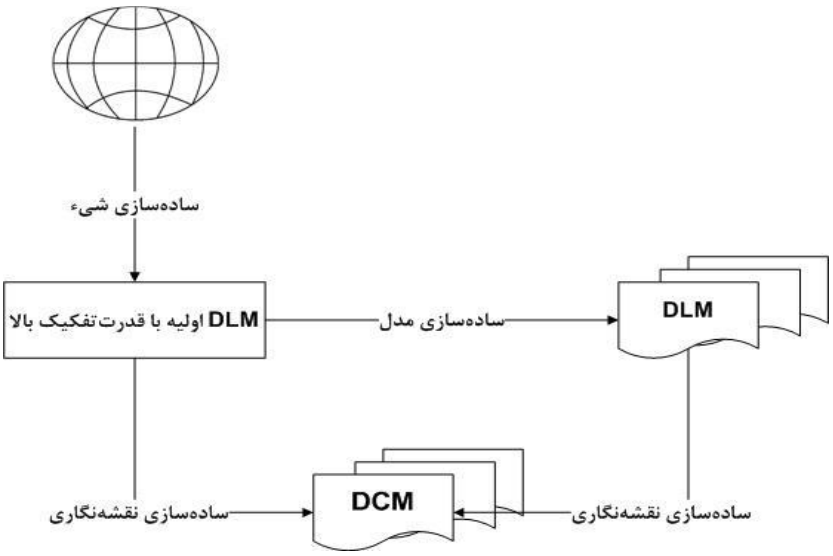
هدف ساده‌سازی مدل طبقه‌بندی دوباره و کم‌کردن جزئیات مدل اولیه است تا تمرکز بیشتر روی عوارضی باشد که در کاربرد موردنظر، اهمیت بیشتری دارند. ساده‌سازی مدل فرایندی پالایشی است که در آن با استفاده از روشهایی بعضی از پدیده‌ها بر اساس کاربرد موردنظر انتخاب شده و این پدیده‌ها مورد طبقه‌بندی و تعمیم دوباره قرار می‌گیرند[۵]. در ساده‌سازی مدل، روش‌هایی توسعه داده می‌شود

1 Context
2 Context Awareness
3 Adaptation
4 Generalization

5 Object Generalization
6 Model Generalization
7 Thematic Generalization
8 Abstraction
9 Digital Landscape Model
10 Cartographic Generalization
11 Digital Cartographic Model

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-07]
[DOI: 10.29252/jgit.2.1.1]

تا بتوان عملیات ورود، پاک‌سازی، به‌روزرسانی و پرسش و پاسخ‌های هندسی را در مکان دلخواه در مقیاس دلخواه انجام داد.



شکل ۱: ساده‌سازی نقشه‌نگاری و ساده‌سازی مدل – برگرفته از[۵]

همچنین می‌توان از طریق اندیس ساده‌سازی[1] اولویت عوارض را برای تغییر مقیاس، تعیین کرد. در ساده‌سازی مدل ساختارهای مناسب برای ایجاد پایگاه‌های داده‌ی یکپارچه[2] و بدون مقیاس[3] به کار گرفته می‌شود. از جمله‌ی این ساختارها می‌توان به ساختارهای داده‌ی سلسله مراتبی اشاره کرد[۶].

تعمیم وساده‌سازی مدل شبکه‌ی راه‌ها را می‌توان ساده‌تر کردن نمایش شبکه از طریق کم کردن جزئیات با حفظ ویژگی‌های شبکه از جمله اتصال دانست[۷]. این که کدام یک از ویژگیهای شبکه باید حفظ شود به شرایط گوناگون بافتی و محیطی بستگی داشته و ساده‌سازی شبکه اغلب مستلزم در نظر گرفتن اطلاعات بافتی گوناگون است[۸]. ساده‌سازی شبکه نیازمند درک خوبی از جنبه‌های هندسی، توپولوژیک و معنایی شبکه‌ی راه‌ها است[۹]. به‌عنوان مثال در ساده‌سازی شبکه‌های چندساختی باید به اتصالات ساخت‌های مختلف در ساده‌سازی توجه کرد و یا برای ساده‌سازی انواع مختلف راه‌ها نظیر آزادراه‌ها و خیابان‌های اصلی و فرعی، باید روش مناسب را به کار گرفت.

هرس‌کردن[4] عناصری از شبکه، راهکار کلی عموم روش‌های ساده‌سازی مدل شبکه در سامانه‌های اطلاعات مکانی است. در یک شبکه، همه‌ی یال‌ها و گره‌ها اهمیت یکسانی ندارند. حذف گره‌ها و یال‌های نامربوط و با اهمیت کمتر، می‌تواند سبب ساده‌تر شدن شبکه شود. معیارهای متفاوتی را می‌توان برای درجه‌بندی اهمیت عناصر شبکه ارائه داد. استفاده از مرکزیت‌های مختلف نسبی و مطلق در نظریه‌ی گراف و یا درجه‌بندی عناصر گراف، با توجه به میزان نقششان در برقراری اتصال قوی و حداکثری بین گره‌های خاص و مورد علاقه، از جمله معیارهایی هستند که می‌توانند در درجه‌بندی عناصر شبکه و نامزدکردن بعضی از عناصر برای حذف،

1 Generalization Index
2 Seamless
3 Scaleless
4 Network Pruning

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-07]
[DOI: 10.29252/jgit.2.1.1]

مورد استفاده قرار گیرند[۱۰]. از مزایای استفاده از هرس‌کردن می‌توان به معنی‌دار بودن گره‌ها و یال‌های حاصل اشاره کرد چرا که این عناصر در شبکه‌ی اصلی قبل از هرس کردن هم وجود داشته و معنایی به آن‌ها منتسب بوده‌است. در روش پیشنهادی این مقاله نیز از هرس کردن استفاده شده‌است.

در این مقاله، ابتدا به بافت‌های موثر بر راهیابی پرداخته شده، سپس روش پیشنهادی تعمیم و ساده‌سازی شبکه با هدف کم‌کردن حجم محاسبات و توجه بیشتر به ترجیحات کاربر، ارائه می‌شود. درادامه، ویژگی‌های برنامه‌ی کاربردی توسعه‌داده‌شده به همراه یک نمونه‌ی موردی در استفاده از روش پیشنهادی روی داده‌ی شبکه‌ی خیابان‌های قسمتی از شهر وین، توضیح داده می‌شود. در پایان ویژگی‌های روش ارائه‌شده، بررسی شده و پیشنهاداتی برای تحقیقات بعدی ارائه می‌شود.

۲- بافت و بافت‌آگاهی مکانی[1]

بافت در یک تعریف کلی هر داده یا اطلاعاتی است که حالت‌هایی که به وضع فعلی کاربر و سامانه مربوط هستند یا روی آن تاثیر می‌گذارند را توصیف می‌کند[۱۱]. بافت، هر اطلاعاتی است که می‌تواند برای مشخص کردن وضعیت و حالت یک موجودیت مورد استفاده قرار گیرد. این موجودیت می‌تواند شخص، مکان یا شیئی باشد که به نوعی به تعامل بین کاربر و نرم‌افزار مربوط است. موجودیت می‌تواند شامل خود کاربر و نرم‌افزار هم باشد[۱۲]. تعریف‌های متعدد دیگری برای مفهوم بافت ارائه شده‌است که وجه مشترک همه‌ی آن‌ها ارائه‌ی تعریفی کلی است که بدون دسته‌بندی کردن بافت‌های مختلف، غیرقابل استفاده‌است[۱۳]. این تعریف‌های کلی سبب شده‌اند، بتوان گفت، هر اطلاعاتی که سبب متمایز کردن فرد از افراد دیگر و تبیین ویژگی‌های او، محیط و خود سرویس، در ارتباط فرد با یک سرویس اطلاعاتی شود، می‌تواند یک بافت باشد[۱۱]. لذا معمولاً برای نزدیک‌کردن مفهوم بافت و بافت‌های موثر بر یک وضعیت به ذهن، آن را به صورت کلی تعریف می‌کنند، سپس به عناصر تشکیل‌دهنده‌ی آن می‌پردازند[۱۳].

ایده‌ی کلی بافت‌آگاهی هماهنگ کردن نحوه‌ی استنتاج یک سامانه با نیازهای کاربر است. بافت‌آگاهی را می‌توان، توان یک سامانه در فهم تغییرات در بافت، پاسخ‌دهی به این تغییر و استفاده از آن بافت در عملکرد متفاوت از نظر محتوا، استنتاج و نمایش در پاسخ به تفاوت‌های بافتی دانست[۱۴،۱۳،۱۲]. سرویس‌های مکان‌آگاه[2] نمونه‌ی خوبی برای این تعریف هستند که اطلاعات لازم را بر حسب موقعیت فعلی به کاربر ارائه می‌کنند. تغییر در بافت می‌تواند به‌طور مستقیم از طریق وارد کردن اطلاعات توسط کاربر به سامانه یا به‌وسیله‌ی حسگرهای سامانه و فهم تغییر در الگوی استفاده و محیط اطراف به دست آید. بافت‌آگاهی را می‌توان، توان یک سامانه در فهم تغییرات در بافت، پاسخ دهی به این تغییر و استفاده از آن بافت در عملکرد متفاوت از نظر محتوا، استنتاج و نمایش در پاسخ به تفاوت‌های بافتی دانست[۱۴،۱۳،۱۲].

تمرکز روی بافت آگاهی مکانی با توجه بیشتر به مفهوم حسابگری هرجاگاه[3]، بیشتر شده است. هدف حسابگری هرجاگاه، ارائه‌ی سرویس‌هادر هر مکان، هر زمان و روی هر دستگاه، به صورتی است که جنبه‌های مختلف محیط و وضعیت در پاسخ به نیاز کاربر، در نظر گرفته شود. لذا حسابگری هرجاگاه به محیط، وضعیت و اهداف کاربر وابسته است. در زمینه‌ی راهیابی منظور از بافت، اطلاعاتی از محیط اطراف و خود کاربر است که به راهیابی در آن محیط

1 Spatial Contextual Awareness

2 Location-Aware

3 Ubiquitous Computing

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-07]

[DOI: 10.29252/jgit.2.1.1]

مربوط باشد. این فاکتورها شامل تمام ویژگی‌ها و ترجیحات در راهیابی انسان هستند. به عبارتی هر عاملی از محیط، کاربر و سرویس، که در فرایند راهیابی موثر است را می‌توان بافت محسوب کرد[۱۵]. بافت یک پرسش و پاسخ مکانی موقعیت کاربر، زمینه‌ی محیطی که پرسش مربوط به آن است، زمان، فعالیتی که کاربر درگیر آن است، کاربر و ویژگی‌های شخصی او و ویژگی‌های سرویس است[۱۶]. سهولت استفاده از موقعیت در کنار سابقه‌ی استفاده از آن در سرویس‌های مکان‌مبنا[1] و سرراست نبودن بیان بافت‌های دیگر با معیارهایی کمی، سبب شده‌است که گاهی تنها موقعیت، به عنوان بافت شناخته شود، در حالی که بافت مفهومی به مراتب وسیع‌تر است.

در سطح سرویس‌های مکانی، بافت را می‌توان به سه دسته‌ی بافت‌های محیطی، بافت‌های مربوط به شخص و بافت‌های مربوط به سرویس و فن‌آوری تقسیم کرد[۱۱]. دسته‌های مختلف بافت به هم مربوط هستند، روی هم تاثیر می‌گذارند و بافت‌آگاهی سرویس مکانی، در پاسخ به ترکیبات مختلف بافت‌ها در این سه دسته تعریف می‌شود.

موقعیت و مکان، ساخت سفر، آب و هوا، سروصداهای پس‌زمینه، زمان، سرعت[۱۱] و اطلاعات وضعیت و ایمنی راه‌ها[۱۷] و عناصر شهری[۱۸] به‌عنوان زمینه‌های وظیفه‌ای[2][۱۶]، از جمله بافت‌های محیطی هستند. بافت‌های مختلفی مانند ویژگی‌های شخصی، ترجیحات شخصی، فعالیت‌های معمول یک شخص، توانایی‌ها و تجارب شخص به خصوص از منظر شناختی، سن، وضعیت سلامتی، مشوق‌های ذهنی شخص در انجام یک عمل، ویژگی‌های فرهنگی فرد، ویژگی های شناختی فرد، اطلاعات قبلی فرد، سابقه‌ی حرکت فرد، مکان‌های معنی‌دار برای فرد، هدف از سفر و وظیفه‌ای که کاربر قصد انجام آن را دارد را می‌توان در دسته‌ی بافت‌های مرتبط با کاربر قرار داد[۱۹،۱۶،۱۳].

از دو دیدگاه می‌توان به رابطه‌ی بافت‌آگاهی و انتزاع و ساده سازی شبکه نگاه کرد. از یک دیدگاه، تمرکز روی یافتن روش ساده‌سازی است که بافت‌هایی بتوانند روی پارامترهای ورودی آن مؤثر باشند. به‌صورتی‌که تغییر در مقادیر کمی یا ویژگی‌های کیفی آن بافت‌ها، سبب تغییر نتیجه‌ی ساده‌سازی شود. با توجه به تعریف مبهم بافت و گستره‌ی وسیع وضعیت‌هایی که در مطالعات مختلف، بافت محسوب شده‌اند، پیدا کردن چنین روش ساده‌سازی چندان سخت نیست. دیدگاه دیگر، توجه به معنایی است که استفاده از خروجی این روش در پی دارد. آیا شبکه‌ی ساده شده با روشی که بافت یا بافت‌هایی روی ورودی‌های آن روش موثر بوده‌اند، لزوماً معنای خاصی دارد؟ آیا استفاده از خروجی این روش در یک سرویس مکانی، کمکی به بافت‌آگاهی آن سرویس می‌کند؟ آیا شبکه‌ی ساده‌شده به کمک روش یادشده، امتیاز خاصی نسبت به شبکه ی اصلی دارد؟ آیا ساده‌سازی شبکه، تنها سبب کاهش دقت تحلیل های مکانی به خاطر از دست رفتن بخشی از داده شده است، یا تحمیل این عدم دقت به داده‌ی ورودی یک تحلیل مکانی، امتیازی برای خروجی آن تحلیل ایجاد کرده است؟

۳- روش پیشنهادی

روش پیشنهادی این مقاله برای ساده‌سازی مدل شبکه، در مبنا متعلق به خانواده‌ی روش پیشنهادی توسط کامبارا و همکارانش[۲۰] می‌باشد. در روش پیشنهادی این مقاله، سعی شده‌است زیرشبکه‌هایی با هدف کاهش حجم محاسبات در یافتن مسیر بهینه و نیز افزایش توجه به خواست کاربر در استفاده از نوع خاصی از خیابان‌ها ایجاد شود. ترجیح نوع خاصی از خیابان یکی از معیارهایی است که افراد در پیدا کردن

1 Location-Based Services
2 Functional Settings

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-07]
[DOI: 10.29252/jgit.2.1.1]

مسیربهینه در برنامه‌ریزی سفر مورد توجه قرار می‌دهند. ترجیح یک خیابان بر خیابان دیگر می‌تواند بر مبنای معیارهای مختلفی باشد. معیارهای هندسی مانند عرض خیابان، معیارهای ترافیکی مانند سرعت متوسط حرکت در طول خیابان، معیارهای زیبایی شناختی و فرهنگی از جمله مواردی هستند که می‌توانند مدنظر فرد در ترجیح یک خیابان بر خیابان دیگر قرار گیرند.

شکل ۲: نمونه‌ای از نمودار ورونوی شبکه‌ای

استفاده از نمودارهای ورونوی[1] روشی معمول در سامانه‌های اطلاعات مکانی برای نسبت دادن هر نقطه از محیط به نقطه‌ای از مجموعه‌ی نقاط مولد[2] نمودار است. با تشکیل نمودار ورونوی هر نقطه در محیط به یک مولد منتسب می‌شود که این انتساب بر مبنای فاصله‌ی کمتر با آن مولد نسبت به مولدهای دیگر انجام می‌شود. سنجه‌های متفاوتی با اهداف مختلف برای محاسبه‌ی فاصله در نمودارهای ورونوی پیشنهاد شده‌اند که از بین آن‌ها می‌توان به سنجه‌های منهتن[3] و کارلسروهه[4] اشاره کرد که در محیط‌های شهری با ساختار توری[5] یا ساختار دایره‌ای کاربرد دارند[۲۲،۲۱].

ایجاد زیرشبکه‌های پیشنهادشده‌ی این مقاله، نیازمند نمودار ورونوی شبکه‌ای[6] است. در ایجاد نمودار ورونوی شبکه‌ای، کوتاه‌ترین مسیر روی شبکه بین هر نقطه تا مولد، به عنوان سنجه‌ی ایجاد نمودار ورونوی، استفاده می‌شود. با اعمال این سنجه روی یک شبکه و بدون درنظر گرفتن جهت حرکت در شبکه، هر گره شبکه به یکی از نقاط مولد منتسب می‌گردد.

به این ترتیب اولین جزء نمودار ورونوی شبکه‌ای یعنی نمودار ورونوی گره‌های شبکه[7] ایجاد می‌گردد. برای تشکیل نمودار ورونوی یال‌های شبکه[8]، باید گره‌های دوسر هر یال شبکه را از نظر یکسان‌بودن یا نبودن مولدهایشان باهم مقایسه‌کرد. در صورتی که گره‌های دو سر یال، مولدهای یکسانی داشته باشند، آن یال به همان مولد منتسب می‌شود.

1 Voronoi Diagram
2 Generator Points
3 Manhattan
4 Karlsruhe
5 Grid

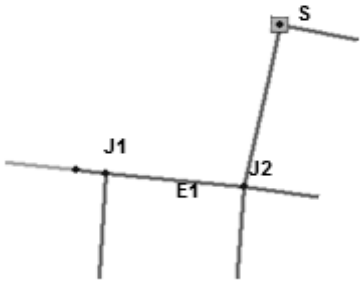
6 Network Voronoi Diagram
7 Network Voronoi Node Diagram
8 Network Voronoi Link Diagram

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-07]
[DOI: 10.29252/jgit.2.1.1]

در غیر این‌صورت آن یال که یال نیم‌ساز[1] نام دارد، در نقطه‌ی نیم‌ساز[2] به دو یال تقسیم می‌شود. فاصله‌ی نقطه‌ی نیم‌ساز از دو گره دو سر یال اولیه به صورتی است که فاصله‌ی شبکه‌ای از نقطه‌ی نیم‌ساز تا مولدهای گره‌های دوسر یال اولیه، برابر است. گره‌هایی در شبکه که محل اتصال دو یال با مولدهای متفاوت هستند، هم نقطه‌ی نیم‌ساز به شمار می‌روند. گاهی از نمودار ورونوی شبکه‌ای سطحی[3] هم برای منتسب کردن وجه‌های شبکه به مولدها صحبت می‌شود[۲۲،۲۳،۲۴،۲۵،۲۶]. شکل ۲ نمایش‌گر بخشی از یک نمودار ورونوی شبکه‌ای است. در این نمودار یال‌ها و گره‌ها به مولدهای شماره‌ی ۱۰، ۱۲ و ۱۴ منتسب شده‌اند.

قبل از تعریف زیرشبکه‌ها باید مفهوم گره والد[4] معرفی شود. بعد از ایجاد نمودارهای ورونوی یال‌ها و گره‌های شبکه، هر گره و هر یال علاوه برانتساب به یک مولد، به یک گره والد هم منتسب می‌شود. گره والد گرهی است که فاصله‌اش تا نقطه‌ی مولد از دیگر گره‌های همسایه‌ی یک گره کمتر باشد[۲۰]. چنین تعریفی را می‌توان به یک یال هم تعمیم‌داد به این صورت که گره والد یک یال، گرهی است که فاصله‌اش تا نقطه‌ی مولد آن یال، از تمام نقاط روی آن یال، کمتر است. برای نمونه در شکل ۳، قسمتی از یک نمودار ورونوی شبکه‌ای نمایش داده‌شده‌است. در این نمودار یال E1 و گره‌های J1 و J2 به مولد S منتسب شده‌اند. گره J2 والد یال E1 و گره J1 است. به عبارتی، گره J2 در درخت کوتاه‌ترین مسیری که به ریشه‌ی مولد S، روی شبکه ایجاد شده‌است، والد گره J1 است.

در روش پیشنهادی این مقاله، ابتدا گره‌های دوسر هر یالی که کاربر علاقه‌مند است بیشتر از آن استفاده‌کند، به‌عنوان مولدهای نمودار ورونوی شبکه‌ای مورد استفاده قرار گرفته و این نمودار ایجاد می‌شود.



شکل ۳: گره والد در نمودار ورونوی شبکه‌ای – برگرفته از [۲۰]

زیرشبکه‌ی مجموعه‌ی مسیرهای بین مولدها از استخراج گره‌ها و یال‌هایی که روی مسیر بین هر دو مولد مجاور قرار گرفته‌اند، تشکیل می‌شود. مولدهای مجاور مولدهایی هستند که یال یا گرهی منتسب به آن‌ها در شبکه با هم همسایه باشند. برای این منظور ابتدا در صورتی که چندین نقطه‌ی نیم‌ساز بین دو مولد مجاور وجود داشته‌اند، نقطه‌ی نیم‌سازی که کمترین فاصله از مولدها را دارد، انتخاب می‌شود. سپس از آن نقطه با دنبال کردن مسیری که گره‌های والد تا مولد می‌سازند، گره‌ها و یال‌ها انتخاب‌شده و وارد زیرشبکه می‌شوند.

زیرشبکه‌ی مجموعه‌ی کوتاه‌ترین مسیرهای بین مولدها، شامل یال‌ها و گره‌هایی است که در کوتاه‌ترین مسیر بین دو مولد مجاور قرار گرفته‌اند. این زیرشبکه را می‌توان به نوعی نمودار دلونی شبکه‌ای[5] دانست.

برای ایجاد زیرشبکه‌ی مجموعه‌ی مسیرهای بین نواحی، ابتدا ناحیه‌هایی در شبکه تشکیل می‌شوند، که یال‌هایشان معیارهای ترجیح کاربر را دارند و به هم متصل هستند. نقاط نیم‌سازی در نمودار ورونوی شبکه‌ای، که مولدهایشان در گروه‌های مختلف قرار گرفته‌اند، نقاط نیم‌ساز گروهی هستند. در ادامه

1 Bisector Edge
2 Bisector Point
3 Network Voronoi Area Diagram
4 Parent Node
5 Network Delaunay Diagram

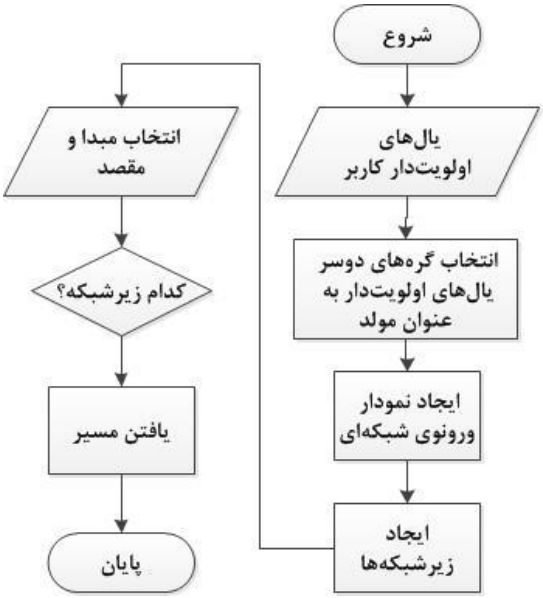
[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-07]
[DOI: 10.29252/jgit.2.1.1]

همانند زیرشبکه‌ی اول، با انتخاب نقاط نیم‌ساز با کمترین فاصله تا مولد از میان نیم‌سازهای گروهی، گره‌ها و یال‌هایی که در مسیرهای بین آن‌ها قرار گرفته‌اند، وارد زیر شبکه می‌شوند.

برای پیدا کردن مسیر بهینه روی این زیرشبکه‌ها، اگر نقاط مبدا و مقصد روی زیرشبکه باشند، مسیر با به‌کارگیری یکی از الگوریتم‌های یافتن کوتاه‌ترین مسیر روی زیرشبکه پیدا می‌شود. در حالتی که یکی از نقاط مبدا و مقصد ویا هردو آن‌ها روی زیرشبکه نباشند، مسیر از ترکیب کوتاه‌ترین مسیر بین مولدهای نقاط مبدا و مقصد روی زیرشبکه با کوتاه‌ترین مسیر بین نقاط مبدا و مقصد و مولدهایشان روی شبکه‌ی اصلی ساخته می‌شود. لازم به ذکر است که مسیر بین نقاط مبدا و مقصد و مولدهایشان، قبلا و در زمان ایجاد نمودار ورونوی شبکه‌ای ایجاد شده‌است. در شکل ۴ روندنمای این روش نمایش داده شده‌است.

۴- پیاده‌سازی

برای پیاده‌سازی روش پیشنهادی این مقاله، برنامه‌ی کاربردی دلیل-آنالیز[1]، با کمک مولفه‌های نرم‌افزاری و کلاس‌های از قبل آماده شده‌ی کتابخانه‌های آرک آبجکت[2]، آرک پای[3] و نت ورک ایکس[4][۲۷] و با استفاده از زبان‌های سی شارپ[5] و پایتون[6][۲۸] توسعه‌داده‌شده‌است.



شکل ۴: روندنمای روش پیشنهادی تعمیم و ساده‌سازی مدل شبکه برای تحلیل مسیر بهینه

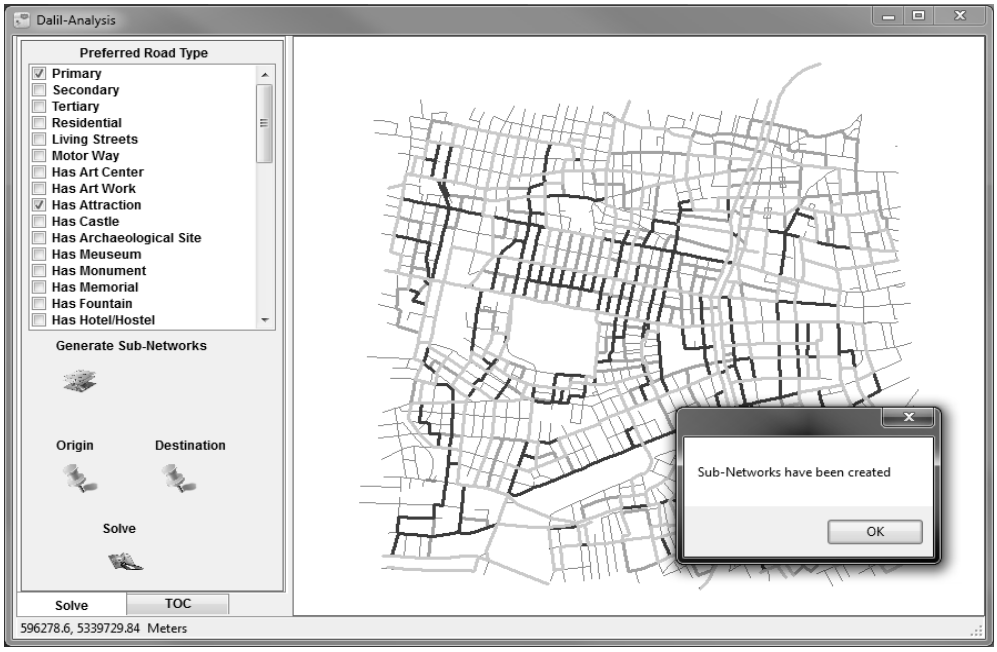
این برنامه برای اجرا نیازمند زیرساخت آرک جی آی اس ران تایم[7] و چارچوب دات نت[8] است. در این برنامه، داده‌ی اپن استریت مپ[9] [۲۹] شهر وین مورد استفاده قرار گرفته‌است. در شکل ۵ تصویری از محیط برنامه‌ی نمایش داده‌شده‌است.

در ادامه‌ی این بخش نمونه‌ای موردی از استفاده از روش پیشنهادی این مقاله، با استفاده از داده‌ی اپن استریت‌مپ بخشی از شهر وین، ارائه شده است.

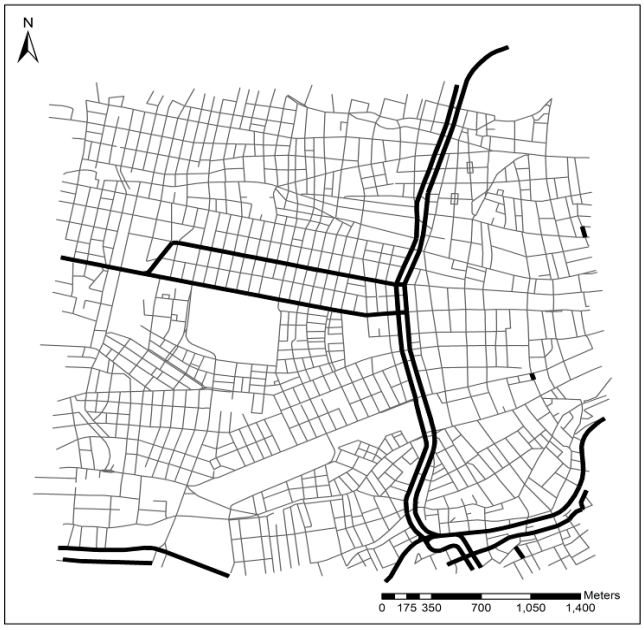
1 Dalil-Analysis
2 ArcObjects
3 ArcPy
4 NetworkX
5 C#
6 Python

7 ArcGIS Engine Runtime
8 .NET
9 OpenStreetMap

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-07]
[DOI: 10.29252/jgit.2.1.1]



شکل ۵: تصویری از محیط برنامه‌ی کاربردی دلیل-آنالیز



شکل ۶: یال‌های اولویت‌دار

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-07]

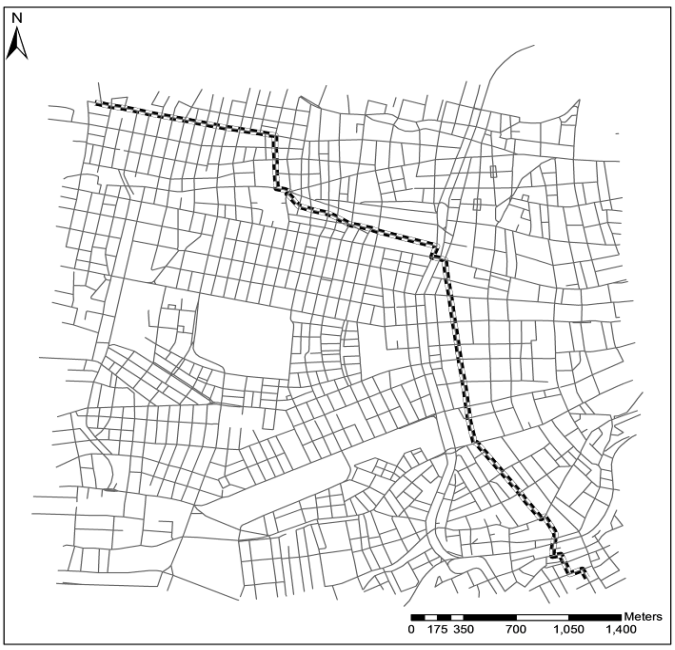
[DOI: 10.29252/jgit.2.1.1]

شکل ۷: نمودار ورونوی شبکه‌ای با مولدهای قرارگرفته درگره‌های دوسر هر یال اولویت‌دار

۴-۱- نمونه‌ی موردی

در این وضعیت، کاربر یال‌های مربوط به خیابان‌های درجه‌اول و خیابان‌های دارای جذابیت را به‌عنوان یال‌های اولویت‌دار، انتخاب کرده‌است. در شکل ۶، یال‌های اولویت‌دار پررنگ‌تر از یال‌های عادی نمایش داده‌شده‌اند.

گره‌های دوسر هر یال اولویت‌دار، مولدهای ایجاد نمودار ورونوی شبکه‌ای هستند. در شکل ۷، نمودار ورونوی شبکه‌ای حاصل از مولدهای دوسر یال‌های اولویت‌دار، نمایش داده‌شده‌است.



شکل ۸: مسیر یافته‌شده روی شبکه‌ی اصلی

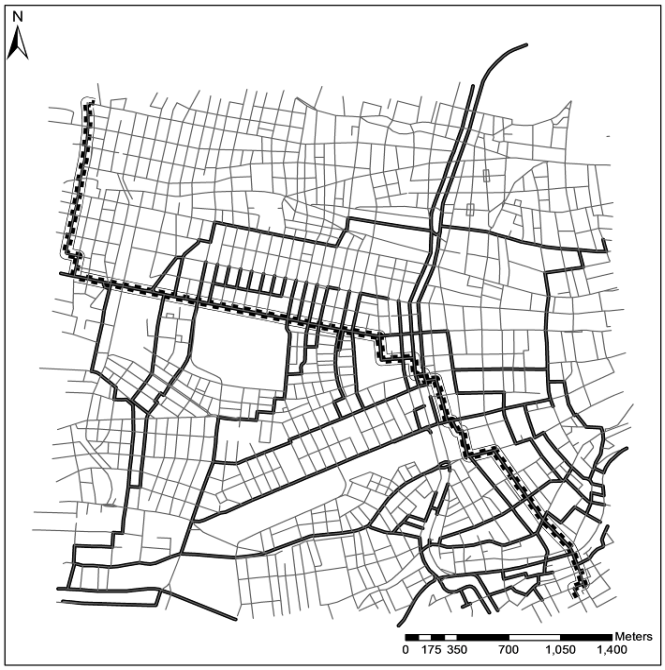
[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-07]

[DOI: 10.29252/jgit.2.1.1]

شکل ۹: زیرشبکه‌ی S1 و مسیر R1

بعد از ایجاد نمودار ورونوی‌شبکه‌ای، امکان ایجاد زیرشبکه‌ها فراهم شده‌است. به کمک این زیرشبکه‌ها چهار مسیر به کاربر پیشنهاد شده‌است. مسیر اول روی شبکه‌ی اصلی و سه مسیر بعدی به کمک زیرشبکه‌ها و با روش معرفی‌شده در بخش سوم ایجاد شده‌اند. در شکل ۸، مسیر پیداشده روی شبکه‌ی اصلی نمایش داده شده‌است.

در شکل ۹، زیرشبکه‌ی مجموعه مسیرهای بین مولدها (S1) به‌صورت پررنگ و مسیر یافته‌شده به کمک این زیرشبکه باخط‌چین (R1)، نمایش داده‌شده‌اند.



شکل ۱۰: زیرشبکه‌ی S2 و مسیر R2

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-07]

[DOI: 10.29252/jgit.2.1.1]

شکل ۱۱: زیرشبکه‌ی S3 و مسیر R3

در شکل ۱۰، زیرشبکه‌ی مجموعه‌ی کوتاه‌ترین مسیرهای بین مولدها (S2)، به صورت پررنگ و مسیر یافته‌شده به کمک این زیرشبکه (R2)، با خط‌چین نمایش داده‌شده‌اند.

در شکل ۱۱، زیرشبکه‌ی مجموعه مسیرهای بین نواحی (S3)، به صورت پررنگ و مسیر یافته‌شده به کمک این زیرشبکه (R3)، با خط‌چین نمایش داده‌شده‌اند.

در جدول ۱ بین چهار مسیر یافته‌شده از نظر طول مسیر و درصد استفاده از یال‌های اولویت‌دار، مقایسه‌ای انجام شده‌است.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهاد

دو بافت ترجیحات و ویژگی‌های شناخت مکانی[1] کاربر در روش پیشنهادی این مقاله مورد توجه قرار گرفته‌اند. در این روش کاربر خیابان‌هایی با ویژگی خاص، که علاقه‌مند است بیشتر از آن‌ها استفاده کند را معرفی می‌کند؛ لذا بافت ترجیحات کاربر روی روش پیشنهادی این مقاله موثر است. همچنین توجه به ماهیت ناحیه‌ای استنتاج‌های مکانی انسانی از دیگر امتیازات این روش به شمار می‌رود. ماهیت ناحیه‌ای استنتاج‌های مکانی در انسان و نقش ناحیه‌ها در ساختاردهی به نقشه‌ی شناختی انسان[2] از محیط، یکی از ویژگی‌های شناخت مکانی در او است[۱۸،۳۰،۳۱،۳۲،۳۳،۳۴،۳۵]. همان‌طور که جغرافیدانان از نواحی برای سازماندهی سطح زمین استفاده می‌کنند، ویا موسسات دولتی از نواحی برای ساختاردهی به خدمات شهری استفاده می کنند، مردم از نواحی برای ساختاردهی به شناخت مکانی ذهنی خود از محیط استفاده می‌کنند[۳۴]. نواحی تقسیم‌بندی‌های دوبعدی شهری هستند که به سبب وجود ویژگی‌هایی خاص از یکدیگر متمایز می‌شوند. نواحی به عنوان محدوده‌های مفهومی و منطقی، محیط پیوسته‌ی جغرافیایی را در

1 Spatial Cognition

2 Human Cognitive Map

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-07]

[DOI: 10.29252/jgit.2.1.1]

نقشه‌ی ذهنی ساختاردهی می‌کنند[۳۰]. این تقسیم‌بندی دوبعدی از سطح ادراک تا سطح شناخت دیده می‌شود[۳۶]. تمایز بین نواحی می‌تواند در اثر ویژگی مشترکی در عوارض درون هر ناحیه[۳۷]، کاربری خاص آن ناحیه، نقاط مورد علاقه‌ی آن ناحیه[۳۸]، ساکنین ناحیه و یا نام‌های محلی مورد استفاده برای یک ناحیه[۳۹] و مسائل فرهنگی و تاریخی[۳۴] باشد. استفاده از مفهوم ناحیه در زیرشبکه‌ی مجموعه مسیرهای بین نواحی، سبب شده‌است بتوان گفت، بافت ویژگی‌های شناخت مکانی کاربر، روی روش پیشنهادی این مقاله موثر است.

مزیت دیگر روش پیشنهادی این مقاله، کم‌شدن تعداد مراحل جستجو برای یافتن مسیر بهینه است، چرا که مسیر بهینه روی زیرشبکه و مولدهای نقاط مبدا و مقصد ایجاد می‌شود که تعداد گره‌ها و یال‌های کمتری نسبت به شبکه‌ی اصلی دارند. مسیر بین نقطه‌ی مبدا و مولدش، و نقطه‌ی مقصد و مولدش قبلاً و در هنگام ایجاد نمودار ورونوی شبکه‌ای و ایجاد زیرشبکه‌ها به وجود آمده است.

از طرفی استفاده از خروجی روش پیشنهادی این مقاله، سبب افزایش استفاده از یال‌های اولویت‌دار شده‌است. مسیرهای به‌دست‌آمده به کمک روش پیشنهادی این مقاله عموماً طول بیشتری نسبت به مسیر به‌دست‌آمده از روش‌های عادی دارند. در عین حال درصد استفاده‌ی آن‌ها از یال‌های اولویت‌دار کاربر نسبت به روش‌های عادی بیشتر است. مقایسه‌ی جدول ۱ و مقایسه‌های انجام‌شده در [۲۰] کارایی بیشتر زیرشبکه‌ی مجموعه‌ی مسیرهای بین نواحی (S3) را در استفاده‌ی حداکثری از یال‌های اولویت‌دار نشان می‌دهد. در صورت کم‌تعدادبودن یال‌های اولویت‌دار، روش پیشنهادی این مقاله کارایی خود را از دست می‌دهد چرا که در عمل تنها سبب افزایش طول مسیر یافته‌شده خواهد شد.

روش پیشنهادی این مقاله را می‌توان به کمک الگوریتم‌های ایجاد نمودار ورونوی شبکه‌ای با مولدهای متحرک نیز پیاده‌سازی کرد. در این حالت همزمان با تغییر موقعیت برای شخصی که دائما در حال تغییر مکان است، نمودارها لحظه به لحظه تغییر می‌کنند و این مسأله نتیجه‌ی بهتری را در راهنمایی مسیر به دنبال خواهد داشت.

جدول ۱: مقایسه‌ی مسیرهای ایجادشده

	مسیر عادی	مسیر R1	مسیر R2	مسیر R3
طول مسیر (متر)	۵۵۹۶.۶۲	۶۱۳۳.۴۴	۶۱۰۶.۶۲	۶۵۰۳.۵۲
در صد استفاده از یال‌های اولویت‌دار	۲	۴۸	۳۸	۷۶

۶- منابع

[1] Weibel, R. and Dutton, G., 1999. "Generalising spatial data and dealing with multiple representations," Geographical information systems: Principles and technical issues, vol. 1, p. 125.

[2] Muller, J., Lagrange, J., and Weibel, R., 1995. GIS and generalization: Methodology and practice: CRC.

[3] Elmasri, R. and Navathe, S., 2008. Fundamentals of database systems vol. 2: Pearson Education India.

[4] Sester, M., 2008. "Abstraction of GeoDatabases," in S. Shekar and H. Xiong, Eds. Encyclopedia of GIS, ed, pp. 7-10.

[5] Mackaness, W. A. and Chaudhry, O., 2008. "Generalization and Symbolization," in S. Shekhar and H. Xiong, Eds. Encyclopedia of GIS, ed New York: Springer US, pp. 330-339.

[6] Mueller, J. C., Weibel, R., Lagrange, J. P., and Salge, F., 1995. "Generalization: state of

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-07]

[DOI: 10.29252/jgit.2.1.1]

the art and issues," in J. C. Mueller, J. P. Lagrange, and R. Weibel, Eds. GIS and generalization, ed: Taylor & Francis, pp. 3-17.

[7] Zhang, Q., 2004. "Road network generalization based on connection analysis," pp. 343-353.

[8] Thomson, R., Brooks, R., William, A. M., Anne, R., and Sarjakoski, L. T., 2007. "Generalisation of Geographical Networks," Generalisation of Geographic Information, ed Amsterdam: Elsevier Science B.V., pp. 255-267.

[9] Tian, J., Guo, Q. S., and Zhan, T., 2008. "Progressive street networks," p. 71443F.

[10] Zhou, F., Mahler, S., and Toivonen, H., 2009. "Review of Network Abstraction Techniques," presented at the Workshop on Explorative Analytics of Information Networks, Bled, Slovenia.

[11] Brimicombe, A. and Li, C., 2009. "Context in Location-Based Services," Location-Based Services and Geo-Information Engineering, ed Singapore: Wiley-Blackwell, pp. 209-234.

[12] Byrne, R. W., 1979. "Memory for urban geography," The Quarterly Journal of Experimental Psychology, vol. 31, pp. 147-154.

[13] Freksa, C., Klippel, A., and Winter, S., 2007. "A Cognitive Perspective on Spatial Context," in Spatial Cognition: Specialization and Integration, ed. Dagstuhl, Germany: Internationales Begegnungs- und Forschungszentrum für Informatik (IBFI), Schloss Dagstuhl, Germany.

[14] Wehner, R., Michel, B., and Antonsen, P., January 1, 1996 1996. "Visual navigation in insects: coupling of egocentric and geocentric information," Journal of Experimental Biology, vol. 199, pp. 129-40.

[15] Stoffel, E.-P., 2009. "Hierarchical Graphs as Organisational Principle and Spatial Model Applied to Pedestrian Indoor Navigation," PHD, Faculty of Mathematics, Computer Science and Statistics, Ludwig Maximilian University, Munich.

[16] Timpf, S., 2006. "Wayfinding with mobile devices: decision support for the mobile citizen," in S. Rana and J. Sharma, Eds. Frontiers of Geographic Information Technology, ed: Springer-Verlag, pp. 279-287.

[17] Tawfik, H., Nagar, A., and Anya, O., 2008. "A Context-Driven Approach to Route Planning," ed, pp. 622-629.

[18] Lynch, K., 1960. The image of the city. Cambridge: the MIT Press.

[19] Sarjakoski, L. and Nivala, A.-M., 2005. "Adaptation to Context — A Way to Improve the Usability of Mobile Maps," in L. Meng, A. Zipf, and T. Reichenbacher, Eds. Map-based mobile services: theories, methods and implementations, ed: Springer Berlin Heidelberg, pp. 107-123.

[20] Kambara, T., Kibe, H., Nishide, R., Ohnishi, M., and Ueshima, S., 2007. "Context-dependent Route Generation Scheme Using Network Voronoi Diagrams," presented at the Proceedings of the 2007 IEEE International Workshop on Databases for Next Generation Researchers.

[21] Tversky, B., 1993. "Cognitive maps, cognitive collages, and spatial mental models," in A. Frank and I. Campari, Eds. Spatial Information Theory A Theoretical Basis for GIS. vol. 716, ed: Springer Berlin / Heidelberg, pp. 14-24.

[22] Okabe, A., Boots, B., Chiu, S., and Sugihara, K., 2000. "Generalizaton of the Network Voronoi Diagram," Spatial tessellations: Concepts and applications of voronoi diagrams, ed, pp. 113-227.

[23] Okabe, A., Satoh, T., Furuta, T., Suzuki, A., and Okano, K., 2008. "Generalized network Voronoi diagrams: Concepts, computational methods, and applications," International Journal of Geographical Information Science, vol. 22, pp. 965 - 994.

[24] Erwig, M., 2000. "The graph Voronoi diagram with applications," Networks, vol. 36, pp. 156-163.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-07]

[DOI: 10.29252/jgit.2.1.1]

[25] Okabe, A., Okunuki, K.-I., and Shiode, S., 2006. "The SANET Toolbox: New Methods for Network Spatial Analysis," Transactions in GIS, vol. 10, pp. 535-550.

[26] Okabe, A., Okunuki, K. I., and Shiode, S., 2006. "SANET: A Toolbox for Spatial Analysis on a Network," Geographical Analysis, vol. 38, pp. 57-66.

[27] Hagberg, A. A., S Chult, D. A., and Swart, P. J., 2008. "Exploring network structure, dynamics, and function using networkx," in Proceedings of the 7th Python in Science Conference (SciPy2008), Pasadena, CA USA, pp. 11–15.

[28] Van Rossum, G. and Drake, F. L., 2009. "PYTHON 2.6 Reference Manual,"

[29] Bennett, J., 2010. OpenStreetMap: be your own cartographer. Birmingham, UK: Packt Publishing.

[30] Hirtle, S. C., 2009. "Cognitive Maps," in H. A. Karimi, Ed. Handbook of Research on Geoinformatics, ed, pp. 58-64.

[31] Nayak, S. and Mishra, V., 2010. "Hierarchical Model for Spatial Memory and Navigation Schemes,"

[32] Mcnamara, T. P., Sluzenski, J., and Rump, B., 2008. "Human Spatial Memory and Navigation," in H. B. John, Ed. Learning and Memory: A Comprehensive Reference, ed Oxford: Academic Press, pp. 157-178.

[33] Seifert, I., Barkowsky, T., and Freksa, C., 2007. "Region-Based Representation for Assistance with Spatio-Temporal Planning in Unfamiliar Environments," in G. Gartner, W. Cartwright, and M. P. Peterson, Eds. Location Based Services and TeleCartography, ed: Springer Berlin Heidelberg, pp. 179-191.

[34] Montello, D., 2010. "Cognitive Geography," in R. Kitchin and N. Thrift, Eds. International encyclopedia of human geography. vol. 2, ed: Oxford Elsevier Science, pp. 160-166.

[35] Wiener, J. M., 2004. "Places and regions in perception, route planning and spatial memory," Tübingen, Robert-Grandmann-Weg 3.

[36] Hirtle, S. C., 2003. "Neighborhoods and landmarks," in M. Duckham, M. F. Goodchild, and M. F. worboys, Eds. Foundations of geographic information science, ed London: Taylor & Francis Inc, pp. 191-203.

[37] Grabler, F., Agrawala, M., Sumner, R. W., and Pauly, M., 2008. "Automatic generation of tourist maps," 27, ACM Trans. Graph., ACM,

[38] O'keefe, J. and Nadel, L., 1979. "Précis of O'Keefe and Nadel's The Hippocampus as a Cognitive Map," Behavioral and Brain Sciences, vol. 2, pp. 487-533.

[39] Blessing, A. and Schütze, H., 2008. "Automatic acquisition of vernacular places," presented at the Proceedings of the 10th International Conference on Information Integration and Web-based Applications \& Services, Linz, Austria.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-07]

[DOI: 10.29252/jgit.2.1.1]

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

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.1, No.4, Spring 2014

Context-Aware Network Generalization for Optimum-Path Analysis

Mahdi Rahimi[1]*, Mohammad Reza Malek[2]

1- Former Graduate Student of GIS, Department of GIS, Faculty of Geodesy & Geomatics, K.N. Toosi University of Technology
2- Assistant Professor, Department of GIS, Faculty of Geodesy & Geomatics, K.N. Toosi University of Technology

Abstract

Generalization is a prevalent concept in Cartography to which has been added new aspects such as model generalization with developments in GIS. Increasing demand for tailored and ubiquitous geospatial services like wayfinding, makes the context-aware generalization a noticeable research area in GIScience. Most of the wayfinding services use the network data model as the main spatial data model for their analyses. Whatever data or information that characterizes the situations relevant to users, systems and applications, can be considered as context. A context-aware service is as a service which can sense user, environment and device's situations and respond to user requests concerning contexts to fulfill the user's needs better. From the GI services perspective, the context of a query could be the location of the device, environmental settings that query is made in, the time, the activity of the user, user's personal information, the user's favorites and information needs, the user's cognitive map of environment, the mode of travel, the purpose of travel and the device's technological specifications.

In this paper, we try to propose and implement a method for context-aware network generalization at the analysis level. For finding the best path, user contexts like user's favorite streets will be used. These contexts are modeled as edge's attributes and those edges which fulfill user's needs, will be the generators of the Network Voronoi Diagram. With these diagrams, the network will be simplified into sub graphs using Delaunay diagram over the network. The path would be composed of the path between origin and destination to their corresponding generators and the path between generators. This method guarantees the maximum use of edges with user's need context as well as decreasing computational cost.

Key words: Context-Awareness, Network Generalization, Network Pruning, Network Voronoi Diagram, Sub-Network.

Correspondence Address: Corresponding Author: Mahdi Rahimi, GIS Group, Faculty of Geodesy & Geomatics, K.N. Toosi University of Technology.
Tel: +989122274547
Email: : mhdrhi@gmail.com

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-12-07]

[DOI: 10.29252/jgit.2.1.1]