Archive of SID

نشریه علمی- پژوهشی علوم و فنون نقشه برداری، دوره پنجم، شماره ۱، مرداد ماه ۱۳۹۴

روشی نوین به منظور استخراج دقیق نقطه تقاطع شبکه‌ی راه در تقاطع‌های کاندید بر روی تصاویر بزرگ مقیاس

همام یارمند[۱]، مهدی مختارزاده[۲]، علی محمدزاده*[۲]، محمد جواد ولدان زوج[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور- دانشکده مهندسی نقشه‌برداری- دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
homam_y@yahoo.com

[۲]استادیار گروه فتوگرامتری و سنجش از دور- دانشکده مهندسی نقشه‌برداری- دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
(عضو قطب علمی فناوری اطلاعات مکانی)
m_mokhtarzade@kntu.ac.ir
almoh2@gmail.com

[۳]دانشیار گروه فتوگرامتری و سنجش از دور- دانشکده مهندسی نقشه‌برداری- دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
(عضو قطب علمی فناوری اطلاعات مکانی)
valadanzouj@kntu.ac.ir

(تاریخ دریافت دی ۱۳۹۳، تاریخ تصویب خرداد ۱۳۹۴)

چکیده

با توجه به اهمیت نقاط تقاطع شبکه راه در زمینه‌های گوناگون مانند زمین مرجع سازی تصاویر ماهواره‌ای یا برقراری ارتباط بین چند تصویر از یک منطقه‌ی خاص و با توجه به دشواری و زمانبر بودن تعیین محل دقیق برخورد محور مرکزی شبکه راه در محل تقاطع های کاندید در تصاویر بزرگ مقیاس توسط اپراتورها، در این مقاله سعی در ارائه روشی جهت تعیین موقعیت دقیق نقطه تقاطع محورهای مرکزی شبکه راه در محل تقاطع شبکه راه در تصاویر بزرگ مقیاس ماهواره‌ای گردیده است. در مرحله اول الگوریتم پیشنهادی با استفاده از روش خوشه‌بندی k-means و بهره‌گیری از اطلاعات بافت زاویه‌ای، پیکسل‌های کلاس راه تعیین و در مرحله بعد با استفاده فیلتر Canny و روش آنالیز لبه دایره مرکزی ناحیه تقاطع، پیکسل‌های لبه نزدیک به تقاطع شبکه راه تعیین و در آخر با استفاده از روشی پیشنهادی، اقدام به برداری‌سازی و تعیین محل دقیق نقاط تقاطع شبکه‌ی راه شده است. تمرکز این پژوهش، بر دقت بالای تعیین موقعیت تصویری نقاط تقاطع شبکه راه بطور مستقیم بوده و بر تعیین موقعیت تمامی نقاط تقاطع موجود در تصویر، تاکیدی نمی‌باشد. پیاده‌سازی روش پیشنهادی بر روی یک تصویر بزرگ مقیاس ماهواره‌ای، موید توانایی آن در شناسایی محل تقاطع شبکه راه با دقتی در حدود نیم پیکسل می‌باشد.

واژگان کلیدی: تقاطع شبکه راه – K-means – بافت زاویه‌ای–آنالیز دایره مرکزی ناحیه تقاطع– برازش خط

* نویسنده رابط

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

نقاط تقاطع شبکه‌ی راه به عنوان عوارضی مشخص و محتوای هندسی بالا، جهت استفاده در بسیاری از فرایندها مانند زمین‌مرجع نمودن تصاویر ماهواره‌ای و برقراری ارتباط بین چند تصویر ماهواره‌ای مناسب می‌باشند. در این کاربردها استخراج محل دقیق تقاطع‌ها بعنوان نقاط مرجع مورد توجه می‌باشد. از اینرو ارائه روش‌های قابل اعتماد و خودکار جهت تعیین محل دقیق تقاطع شبکه راه‌های موجود در تصاویر از انگیزه‌های تحقیقاتی برخوردار است.

تا امروز جهت تعیین این عوارض بر روی تصاویر بررسی‌هایی صورت گرفته که در بسیاری از آنها در ابتدا موقعیت شبکه راه در تصویر تعیین و سپس با استفاده از آن به تعیین محل تقاطع شبکه راه پرداخته شده است. برای مثال Gautama و همکاران بر روی داده‌های پنکروماتیک IKONOS تمرکز نموده است و با روش‌های رشد ناحیه‌ای و نازک‌سازی، خط مرکزی راه را تشخیص داده و نقاط تقاطع خطوط مرکزی راه را تعیین نموده‌اند. [۱]. مختارزاده و همکاران در [۲] الگوریتمی را پیشنهاد داده‌اند که اقدام به برداری‌سازی شبکه‌ی راه پس از مرحله کشف پیکسل‌های شبکه راه می‌نماید و بعنوان یک کار جانبی، محل تقاطع شبکه راه نیز مشخص می‌کند. در این پژوهش از تکنیک خوشه‌بندی فضای تصویر باینری جاده برای تعیین نقاط کلیدی در جاده‌ها استفاده شده است. برای بالا بردن سرعت و دقت الگوریتم مذکور از متد خوشه‌بندی بیضوی شکل فازی[۱] استفاده شده است. در هر دو مقاله بالا تمرکز بر استخراج خود شبکه‌ی راه بوده و بصورت مستقیم اقدام به استخراج نقاط تقاطع شبکه راه نشده است.

جهت تعیین محل تقاطع شبکه راه بصورت مستقیم تا امروز بررسی‌های زیادی صورت نپذیرفته است. برای مثال Barsi و همکاران در [۳] اقدام به تعیین محل تقاطع شبکه راه با استفاده از شبکه عصبی و الگوریتم‌های آنالیز لبه نموده‌اند و در مسیر پژوهش خود از آنالیز دایره مرکزی ناحیه تقاطع[۲] بهره برده‌اند که در نهایت این الگوریتم توانسته با دقتی در حدود ۷۰ درصد، محل تقاطع‌ها را تعیین نماید ولی در زمینه دقت موقعیتی تقاطع‌های استخراج شده هیچ بررسی در این مقاله صورت نپذیرفته است. Negri و همکاران در[۴] بر روی تصاویر SAR جهت تعیین محل تقاطع شبکه راه با استفاده از الگوریتم‌های چند مقیاسی نوین و پارامتر مارکوف اتفاقی[۳]تمرکز نموده‌اند. روانبخش و همکاران نیز در [۵] بصورت دانش‌پایه اقدام به بازسازی محل تقاطع شبکه راه نموده‌اند، در پژوهش مذکور اطلاعات مکانی موجود شبکه راه استفاده شده است که این امر از جمله محدودیت‌های این روش می‌باشد.

انگیزه‌ی پژوهش حاضر ارائه روشی خودکار جهت تعیین نقطه‌ی تقاطع شبکه‌ی راه با دقت بالا می‌باشد. تمرکز این پژوهش بر تعیین نقطه‌ی تقاطع‌های هم سطح شبکه راه در تقاطع‌هایی از شبکه راه می‌باشد که دارای سه یال وبصورت سه‌راه بوده و شبکه راه در این نواحی بصورت خطوط مستقیم به هم می‌رسند. باید توجه داشت در این پژوهش تاکید بر استخراج تمامی تقاطع‌های موجود نبوده و دقت تعیین موقعیت نقاط تقاطع شبکه‌ی راه موضوع اصلی تمرکز این تحقیق می‌باشد و این پژوهش سعی در ارائه روشی به عنوان جایگزین اپراتور در زمینه تعیین موقعیت دقیق نقطه برخورد محورهای مرکزی شبکه راه، در محل تقاطع‌های کاندید می‌باشد. نتایج حاصل از این روش را می‌توان جهت زمین مرجع‌سازی یا هم مرجع‌سازی دقیق تصاویر هوایی و ماهواره‌ای بکار برد. همچنین بهبود دقت زمین مرجع‌سازی تصاویری که شامل اطلاعات RPC[۴] می‌باشند می‌تواند از دیگر کاربردهای نتایج حاصل از این روش باشد. در ادامه ابتدا مروری بر مفاهیم نظری مورد استفاده در این پژوهش گردیده و پس از آن به بررسی مراحل تعیین نقاط تقاطع شبکه‌ی راه پرداخته و در نهایت به بررسی دقت الگوریتم پیشنهادی پرداخته شده است.

۲- مفاهیم نظری

۲-۱- بافت زاویه‌ای[۵]

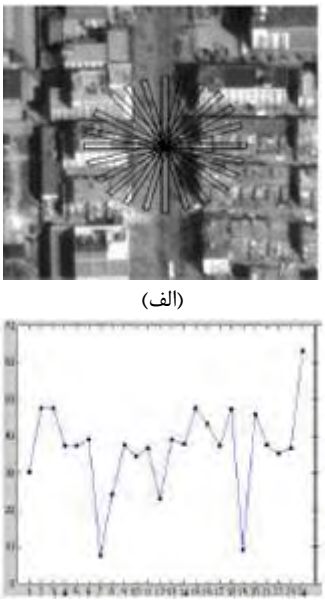
روش‌های آنالیز بافت را می‌توان به چهار دسته‌ی روش‌های ساختاری، پردازش سیگنال، مدل‌پایه و روش آماری تقسیم نمود [۶]. از مورد توجه ترین روش‌های آنالیز بافت، روش آماری می‌باشد. بافت زاویه‌ای یکی از

۱ Fuzzy Ellipse-Shaped Clustering
۲ Circle centered around the junction
۳ Markov random
۴ Rational Function Polynomial
۵ Angulare Texture

www.SID.ir

Archive of SID

انواع روش‌های آماری بافت می‌باشد که توجه خاصی را بر شکل عوارض (مانند کشیدگی عارضه) معطوف می‌نماید. همانطور که در شکل۱(الف) مشاهده می‌نمایید در این روش از المانی مستطیلی شکل در جهات مختلف استفاده می‌شود و با استفاده از توصیف‌گرهای آماری، وضعیت همسایه‌های هر پیکسل در جهات متفاوت مورد بررسی قرار می‌گیرد.



(الف)

(ب)

شکل ۱- منحنی بافت زاویه‌ای الف) المان مستطیلی شکل حول پیکسل مرکزی ب) منحنی مقدار ATS در جهات مختلف یرای پیکسل مرکزی[۷]

از جمله توصیف‌گرهای بافت زاویه‌ای می‌توان به میانگین، فشردگی و گریز از مرکز[۱]اشاره کرد[۸]. یکی از پرکاربردترین این توصیف‌گرها میانگین بافت زاویه‌ای می‌باشد. این توصیف‌گر در حقیقت به بررسی درصد حضور پیکسل‌های هم کلاس با پیکسل مرکزی نسبت به پیکسل‌های همسایه می‌پردازد و از رابطه زیر حاصل می‌شود.

$$ATS_{mean} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} ATS\,(i) \qquad (۱)$$

در رابطه‌ی بالا n تعداد جهت‌های مورد بررسی و پارامتر ATS[۲] درصد حضور پیکسل‌های هم کلاس با پیکسل مرکزی در هر المان با جهت i را نشان می‌دهد.

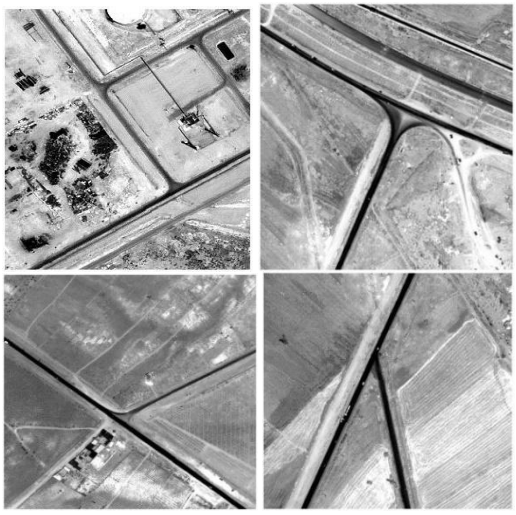
شکل ۲(ب) نمودار مقدار پارامتر ATS را در جهات مختلف برای پیکسل مرکزی نشان می‌دهد.

۲-۲- دایره مرکزی ناحیه تقاطع شبکه راه

آنالیز دایره مرکزی ناحیه تقاطع شبکه راه نمونه‌ای از روش‌های آنالیز لبه می‌باشد که اولین بار توسط Barsi و همکاران در سال ۲۰۰۳ در پیشنهاد شد[۳]. این روش سعی در تعیین پیکسل‌های کاندید محل تقاطع شبکه‌ی راه با بررسی تعداد لبه‌های اطراف هر پیکسل دارد. در این روش جهت بررسی تعداد لبه‌های اطراف هر پیکسل، از محیط المانی دایره‌ای شکل بهره گرفته شده است. به این منظور تعداد پیکسل های لبه واقع بر محیط این دایره، بعنوان شاخص تعیین محل تقاطع بودن یا نبودن پیکسل مرکزی، مورد استفاده قرار می گیرد.

۳- روش انجام تحقیق

تصویر مورد بررسی در این پژوهش تصویر IKONOS شهر شیراز را می‌باشد. پنجره‌های مورد بررسی در این پژوهش را می‌توان در شکل ۲ مشاهده نمود. همانطور که مشاهده می‌شود تقاطع‌های مورد بررسی شامل انواع مختلف تقاطع‌های سه یالی شبکه راه با زوایای مختلف می‌باشند.



شکل ۲ - نمونه تصاویر ورودی مورد استفاده در تحقیق

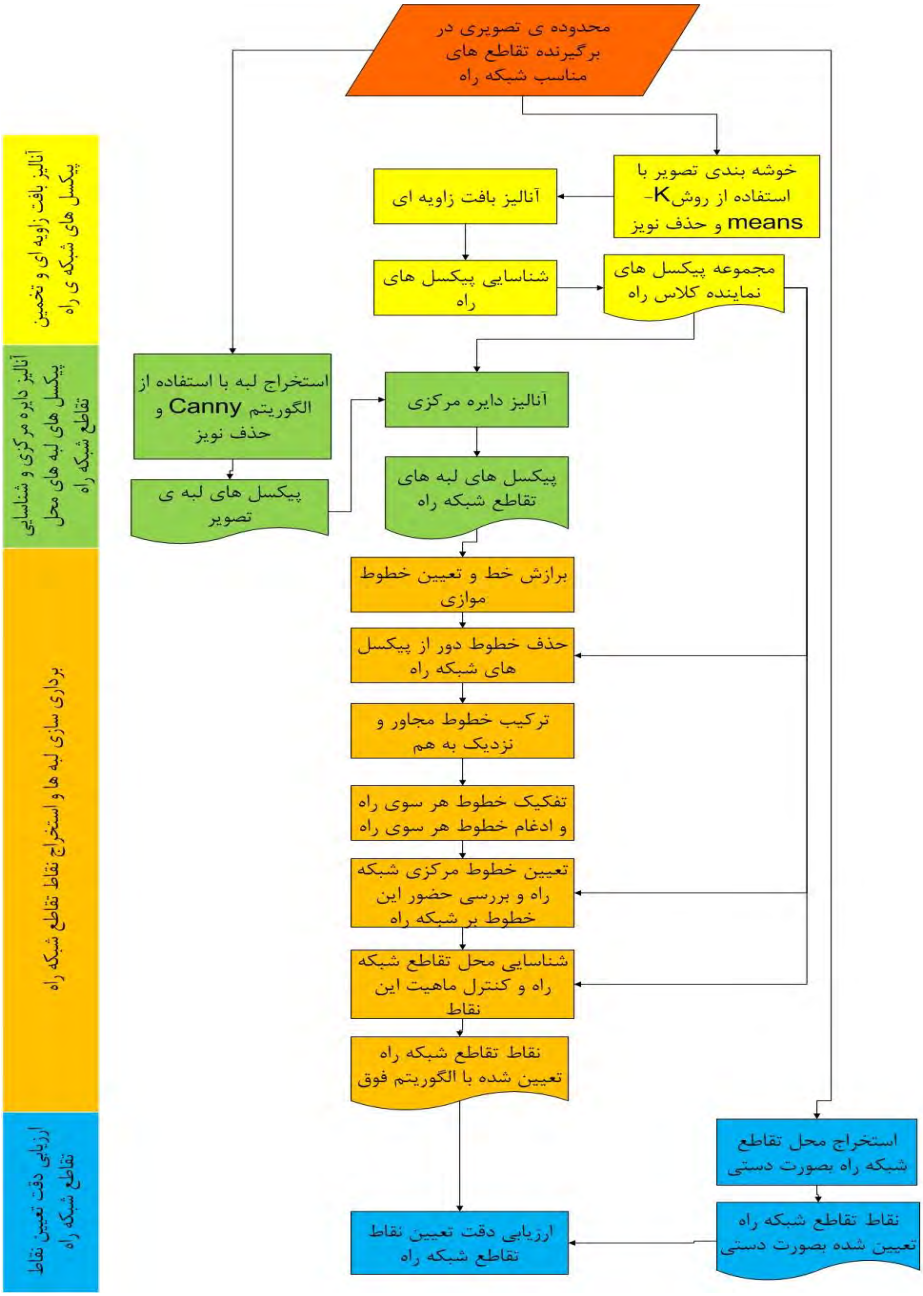
شکل ۳ روند کلی این پژوهش را نشان می‌دهد. بر اساس این شکل الگوریتم پیشنهادی دارای ۳ مرحله کلی می‌باشد که عبارتند از: الف) تعیین خودکار پیکسل‌های

۱ Eccentricity
۲ Angular Texture Signature (ATS)

www.SID.ir

Archive of SID

کلاس راه با استفاده از بافت زاویه‌ای، ب) استخراج لبه‌های شبکه راه در محدوده تقاطع راه با استفاده از آنالیز دایره مرکزی ناحیه تقاطع، ج) برداری‌سازی لبه‌ها و استخراج دقیق مرکز تقاطع شبکه‌ی راه. در ادامه به تشریح جزییات هر یک از مراحل فوق پرداخته شده است.



شکل ۳- روند کلی روش پیشنهادی

۳-۱- تعیین خودکار پیکسل‌های کلاس راه با استفاده از بافت زاویه‌ای

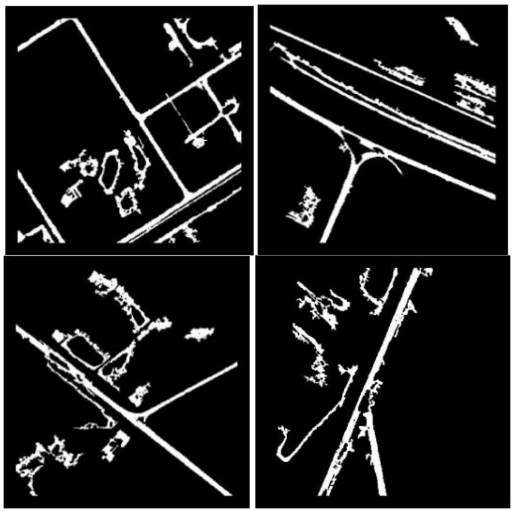
در این مرحله ابتدا با استفاده از روش خوشه‌بندی K-means هر ناحیه تصویری به سه کلاس مختلف تقسیم شده است. در ادامه کلاسی که بیشترین تعداد پیکسل را به خود اختصاص داده‌است به عنوان کلاس زمینه از ادامه‌ی بررسی‌ها حذف می‌شود. در ادامه جهت شناسایی پیسکل‌های متعلق به شبکه راه از بین دو خوشه باقیمانده، از آنالیز بافت زاویه‌ای استفاده شده است.

به این منظور از رابطه‌ی میانگین بافت زاویه‌ای (رابطه ۱) با یک المان مستطیل شکل با عرض۵ و طول ۱۲

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده شده است. ابتدا با تعیین حد آستانه مناسب به بررسی پارامتر میانگین بافت زاویه‌ای بر روی پیکسل‌ها پرداخته و کلاسی که بیشتر پیکسل‌های آن در حد آستانه واقع شده‌اند به عنوان کلاسی که پیکسل‌های راه در آن قرار گرفته‌اند تعیین شده است. در مرحله‌ی بعد از کلاس راه تنها پیکسل‌هایی که در حد آستانه واقع شده‌اند به عنوان پیکسل‌های شبکه‌ی راه انتخاب شده است. حد آستانه‌ی بالا در این مرحله برابر ۵۰ و حد آستانه پایین ۱۰ در نظر گرفته شده است. در شکل ۴ نتیجه‌ی اعمال این مرحله ارائه شده است.



شکل ۴- شناسایی تقریبی پیکسل‌های راه با آنالیز بافت زاویه‌ای

همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود با استفاده از اطلاعات بافت زاویه‌ای پیکسل‌های شبکه راه بصورت خودکار تعیین شده است. البته در این مرحله ممکن است تعدادی از پیکسل‌های شبکه‌ی راه از دست برود و یا پیکسل‌هایی به اشتباه بعنوان پیکسل های راه معرفی شوند. لیکن از آنجایی که کلیت محل پیکسل‌های راه در مراحل بعدی مورد توجه می‌باشد، بهبود دقت شناسایی پیکسل‌های راه ضروری نیست.

۳-۲- استخراج لبه‌های راه در محدوده تقاطع راه با استفاده از آنالیز دایره مرکزی محدوده تقاطع

از میان روش‌های گوناگون آشکارسازی لبه، در این پژوهش از روش معروف Canny ارائه شده در[۹] با حد آستانه ۰,۵ استفاده شده‌است. دلیل انتخاب این روش در ماهیت آن نهفته است که عبارتند از: نرخ خطای کم، شناسایی خوب نقاط موجود در لبه و نیز در نهایت این الگوریتم نسبت به لبه‌های منفرد تنها یک واکنش نشان می‌دهد[۱۰]. پس از حذف لبه‌های کوچک، با استفاده از آنالیز دایره مرکزی، لبه‌های دور از تقاطع شبکه‌ی راه از ادامه‌ی بررسی‌ها حذف شده‌است.

با استفاده از آنالیز دایره مرکزی ناحیه تقاطع، در ابتدا پیکسل‌های کاندید تقاطع شبکه‌ی راه تعیین شده‌است. با توجه به طرح هندسی راه‌های بین شهری و با توجه به ابعاد پیکسل تصویر مورد استفاده از المان دایره‌ای با شعاع ۴۰ پیکسل گردیده است. در مرحله بعد با قرار دادن مرکز المان دایره شکل بر روی پیکسل‌های کاندید شبکه راه، تمامی پیکسل‌های لبه‌ای که با دایره تقاطع دارند به عنوان پیکسل‌های کاندید لبه‌ی تقاطع تعیین شده است. شکل ۵ نتیجه تعیین پیکسل‌های لبه‌ی تقاطع شبکه راه با الگوریتم مذکور را نمایش می‌دهد.

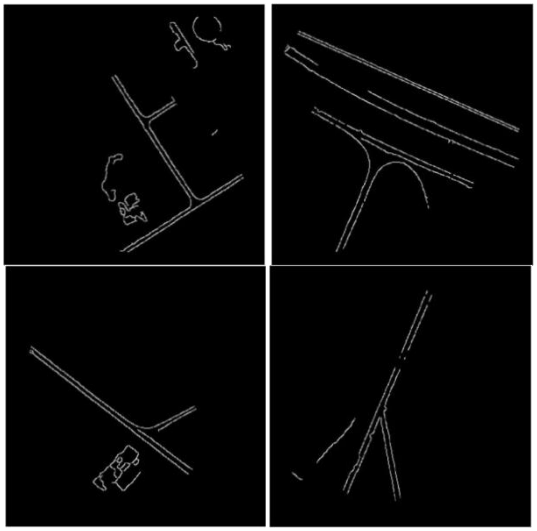
همانطور که مشاهده می‌شود در این مرحله تعدادی پیکسل‌های غیر تقاطع شبکه راه نیز تعیین شده است که در مرحله بعد و پس از برداری‌سازی این خطوط حذف خواهند شد.

۳-۳- برداری‌سازی لبه‌ها و استخراج دقیق مرکز تقاطع شبکه‌ی راه

در این مرحله جهت رسیدن به محور مرکزی شبکه‌ی راه اقدام به برداری سازی لبه‌های شده و پس از آن نقاط تقاطع شبکه راه مورد استخراج قرار گرفته است. این قسمت از الگوریتم شامل پنج مرحله می‌باشد که عبارتند از : ۱) برازش خط به لبه، ۲) حذف خطوط دور از کلاس راه و تعیین خطوط موازی، ۳) تعیین خطوط مربوط به یک راه و ادغام خطوط نزدیک آن با یکدیگر، ۴) تعیین خطوط واقع بر یک سمت شبکه‌ی راه و ۵)تعیین محور مرکزی راه و استخراج محل نقطه تقاطع.

www.SID.ir

Archive of SID

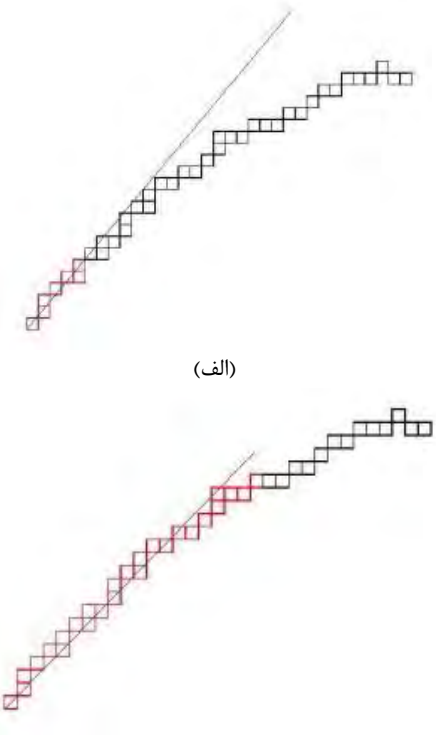


شکل ۵- تعیین لبه‌های تقاطع

۳-۳-۱- برازش خط به لبه

قبل از برازش خط، مجموعه پیکسل‌های با همسایگی هشتگانه با یکدیگر گروه‌بندی می‌شود، سپس به ۱۰ پیکسل ابتدایی از هر گروه یک خط برازش داده شده و فاصله پیکسل‌های لبه آن گروه تا خط برازش داده شده مورد محاسبه قرار می‌گیرد. در ادامه تمامی پیکسل‌هایی را که فاصله‌ی آنها از خط برازش داده شده از یک حد آستانه کمتر باشد را در یک گروه قرار داده و به این گروه یک خط جدید برازش داده می‌شود. این روند تا جایی ادامه می‌یابد که دیگر لبه‌ای قابل اضافه کردن به خط مورد نظر نباشد. پس از آن الگوریتم به سراغ لبه‌ی بعدی می‌رود تا دیگر لبه‌ای در پنجره باقی نماند. حد آستانه فاصله‌ی پیکسل‌های مورد قبول برای قرار گرفتن در یک گروه جهت برازش خط در این پژوهش برابر ۴ پیکسل در نظر گرفته شده‌است. شکل ۶ روش برازش خط پیشنهادی در این مقاله را نمایش می‌دهد.

نتیجه‌ی الگوریتم برازش خط پیشنهادی را در شکل ۷ نشان داده شده است. الگوریتم برخی خطوط اشتباه نیز ارائه می‌دهد که متعلق به لبه‌های راه نمی‌باشند. در مرحله بعدی توسط بررسی‌های آماری بر روی پارامترهای خطوط، خطوط اشتباه شناسایی و حذف خواهند شد.



(الف)

(ب)

شکل۶-الف) برازش اولیه خط به ده پیکسل ب) برازش خط به پیکسل‌های نزدیک به خط اولیه

۳-۳-۲- حذف خطوط دور از کلاس راه و تعیین خطوط موازی

در این مرحله ابتدا خطوطی که از پیکسل‌های کلاس راه (نتیجه اعمال مرحله ۳-۱) دور می‌باشند حذف می‌گردد. این امر با بررسی فاصله ابتدا و انتهای هر خط با پیکسل‌های کاندید شبکه راه انجام شده است. حد آستانه برای این امر در راستای افقی و عمودی برابر با ۱۰ پیکسل در نظر گرفته شده است.

در مرحله بعد برای تعیین اولیه خطوط موازی با یکدیگر زاویه هر خط با محور افق تعیین شده است. با بررسی اختلاف زاویه بین خطوط، خطوط موازی تعیین شده است. حد آستانه مورد استفاده در این زمینه ۰,۱ رادیان می‌باشد.

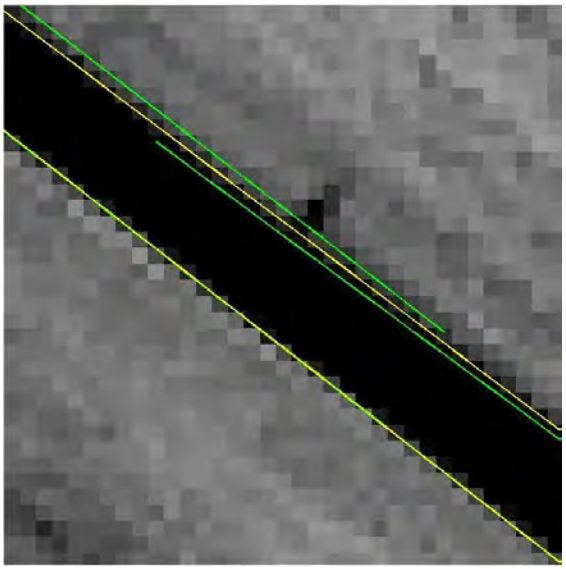
www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۷- برازش خط به لبه‌های تقاطع

۳-۳-۳-تعیین خطوط مربوط به یک راه و ادغام خطوط نزدیک آن با یکدیگر

از آنجایی که ممکن است برخی از خطوط موازی دارای ماهیت یکسان و متعلق به بخشی یکسان از لبه جاده باشند (شکل ۸) در این مرحله شناسایی و ادغام چنین خطوطی در برنامه کار قرار گرفته است. برای این عمل از پارامتر فاصله‌ی خطوط موازی با هم استفاده شده است.



شکل ۸- ادغام خطوط نزدیک

www.SID.ir

Archive of SID

اعمال این الگوریتم موجب می‌شود تا خطوطی که مجاور یکدیگر می‌باشند با هم ادغام شده و از تاثیرگذاری بیش از حد این خطوط در مراحل بعدی اجتناب شود.

۳-۳-۴- تعیین خطوط واقع بر یک سمت شبکه‌ی راه

پس از ادغام خطوط نزدیک به یکدیگر تعدادی خطوط جدید تولید شده و تعدادی خطوط در پروسه ادغام حذف گردیده‌اند. جهت تعیین مجدد خطوط موازی، از روش تعیین خطوط موازی که در قسمت ۳-۳-۲ ذکر شد و با در نظر گرفتن حد آستانه ۰،۰۵ رادیان استفاده شده است. در ادامه با بررسی وضعیت پیکسل‌های دو سوی هر خط، خطوطی که در هر سمت راه قرار گرفته مشخص شده و با یکدیگر ادغام می‌شوند. نتیجه این مرحله بر روی یکی از نواحی در شکل ۹ ارائه شده است.

باید توجه داشت که این مرحله یکی از مهم‌ترین مراحل در روند تعیین خطوط مرکزی می‌باشد چراکه در صورت عدم اعمال آن ممکن است در مرحله‌ی میانگین‌گیری لبه‌ها برای رسیدن به خطوط مرکزی، مرکز شبکه‌ی راه به سمتی که دارای لبه‌های مجزای بیشتری می‌باشد منحرف گردد.

شکل ۹- تعیین خطوط واقع بر یک سمت شبکه راه

۳-۳-۵- تعیین محور مرکزی راه و استخراج محل نقطه تقاطع

پس از تعیین خطوط هر سوی راه، با میانگین گرفتن از پارامترهای خطوط هر دو سوی راه ، خطوط مرکزی شبکه راه تعیین شده است. از خطوط تعیین شده در این مرحله ممکن است تعدادی از خطوط به اشتباه تعیین شده باشند و بر روی شبکه‌ی راه واقع نشوند. لذا تنها خطوطی که بر روی شبکه راه واقع گردیده‌اند به عنوان محور مرکزی راه انتخاب می‌شود. در بدست آوردن محل دقیق تقاطع از روی خطوط بدست آمده، دو حالت ممکن است رخ دهد. در حالت اول تقاطع دارای دو راستا می‌باشد که تقاطع آنها یک نقطه بعنوان تقاطع راه را برای ما مشخص می‌نماید. در حالت دوم تقاطع حاصل سه راستا می‌باشد که تقاطع سه یال سه نقطه را به شکل یک مثلث حاصل می‌نماید و مرکز ثقل این مثلث بعنوان نقطه تقاطع شبکه راه می‌باشد.

از میان نقاط تعیین شده تنها نقاطی که بر روی شبکه‌ی راه می‌باشند بعنوان نقاط تقاطع شبکه راه انتخاب می‌شود. شکل۱۰ نتیجه‌ی اعمال این مرحله برای محدوده‌های تصویری مورد نظر را نشان می‌دهد.

۴- ارزیابی نتایج

برای ارزیابی دقت الگوریتم در تعیین موقعیت نقاط تقاطع، ابتدا محل دقیق این نقاط بطور دستی استخراج شده و سپس با استفاده از پارامتر[۱] RMSE به بررسی دقت تعیین موقعیت نقاط تقاطع شبکه راه تعیین شده توسط الگوریتم پیشنهادی می‌پردازیم.

جهت تعیین نقاط تقاطع شبکه‌ی راه بصورت دستی با نظارت دقیق عامل انسانی ابتدا تعدادی از پیکسل‌های لبه راه که به نظر دقیق و خالص می‌باشند تعیین می‌گردد. سپس به این نقاط دقیق و قابل اعتماد، خط برازش داده می‌شود. در این مرحله با استفاده از خطوط ترسیم شده در اطراف راه، محور مرکز شبکه راه بطور دستی تعیین شده است. جهت تعیین محور مرکزی از فاصله بین خطوط برازش داده شده به شبکه راه استفاده می‌شود. با استفاده از محور مرکزی ترسیم شده نقاط تقاطع شبکه راه بطور دستی تعیین می‌شود. تعیین نقاط تقاطع بصورت دستی در محیط نرم‌افزار Corel DRAW و با استفاده از ابزار این نرم‌افزار انجام شده است.

۱ root-mean-square error

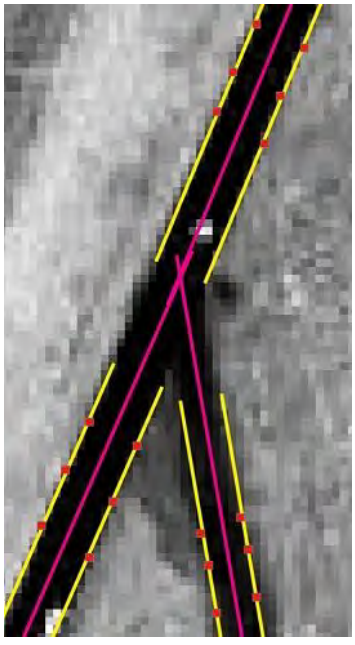
www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱۰- تعیین نقاط تقاطع شبکه راه

شکل ۱۱ نمونه‌ای از استخراج نقاط تقاطع شبکه راه بصورت دستی را نشان می‌دهد.

با توجه به مقادیر باقیمانده نشان داده شده در جدول زیر RMSE در راستای محور افقی نقاط تقاطع شبکه راه تعیین شده توسط الگوریتم برابر ۰،۵۱ پیکسل و میزان این پارامتر در راستای عمودی برابر با ۰،۷۲ پیکسل می‌باشد. در حالت کلی می‌توان گفت که روش پیشنهادی توانسته است با دقتی در حدود نیم پیکسل به شناسایی محل دقیق تقاطع شبکه راه بصورت خودکار نایل شود.



شکل ۱۱- روش تعیین تقاطع شبکه‌ی راه بصورت دستی

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- دقت تعیین موقعیت نقاط تقاطع شبکه راه برحسب پیکسل

شماره نقاط	مقدار باقیمانده در راستای افقی	مقدار باقیمانده در راستای عمودی	فاصله هر نقطه از محل واقعی آن
۱	۰,۴۳	۰,۴۴	۰,۶۲
۲	۰,۲۹	۱,۰۶	۱,۱۰
۳	-۰,۸۲	۱,۰۰	۱,۲۹
۴	۰,۳۳	۰,۴۷	۰,۵۷
۵	۰,۴۷	-۰,۱۶	۰,۵۰

لازم به ذکر است که روش پیشنهادی در این الگوریتم مستقل از دوران می باشد به این معنی که زاویه قرارگیری یال‌های شبکه راه در آن تاثیری ندارد. همانطور که در شکل ۱۲ مشاهده می‌شود این روش نسبت به حضور وسایل نقلیه بر روی راه حساسیت ندارد.

از طرف دیگر این الگوریتم توانسته تعداد بیش از یک تقاطع شبکه راه را در یک ناحیه تشخیص دهد.

شکل ۱۲- توانایی الگوریتم در تعیین تقاطع شبکه راه در برابر حضور وسایل نقلیه بر روی شبکه راه

مراجع

[1] S. Gautama, W. Goeman, and J. D'Haeyer, "Robust detection of road junctions in VHR images using an improved ridge detector," The International Archives of Photogrammetry, Remote sensing and Spatial Information Sciences, vol. 34, 2004.

[2] M. Mokhtarzade, M. VALADAN ZOEJ, H. Ebadi, and M. Sahebi, "An Innovative Image Space Clustering Technique for Automatic Road Network Vectorization," Photogrammetric engineering and remote sensing, vol. 76, pp. 841-852, 2010.

[3] A. Barsi and C. Heipke, "Artificial neural networks for the detection of road junctions in aerial images," INTERNATIONAL ARCHIVES OF PHOTOGRAMMETRY REMOTE SENSING AND SPATIAL INFORMATION SCIENCES, vol. 34, pp. 113-118, 2003.

[4] M. Negri, P. Gamba, G. Lisini, and F. Tupin, "Junction-aware extraction and regularization of urban road networks in high-resolution SAR images," Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on, vol. 44, pp. 2962-2971, 2006.

[5] M. Ravanbakhsh, C. Heipke, and K. Pakzad, "Knowledge-based road junction extraction from high-resolution aerial images," 2007, pp. 1-8.

[6] M. A. S. Amin, "Automatice Road Network Detection From High-Resolution Satellite Images Using Angular Texture Information In Fuzzy Decision Systems," Master Of Science In Remote Sensing, SURVEYING ENGENEERING COLLEGE, K.N.TOOSIUNIVERSITY OF TECHNOLOGY, 2010.

[7] S. Zhou, H. Li, and R. An, "Study on the method to extract road network based on one-dimensional texture information and an MRF model," in Sixth International Symposium on Multispectral Image Processing and Pattern Recognition, 2009, pp. 74952Y-74952Y-8.

[8] Q. Zhang and I. Couloigner, "Benefit of the angular texture signature for the separation of parking lots and roads on high resolution multi-spectral imagery," Pattern recognition letters, vol. 27, pp. 937-946, 2006.

[9] J. Canny, "A computational approach to edge detection," Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, pp. 679-698, 1986.

[10] S. A. Hejazi and M.A.S. Amin, "Optimization of Canny algorithm and its comparison with other edge detection algorithms", Geomatics Conference of 89, 2010, Tehran, Iran.

www.SID.ir