



استخراج نیمه اتوماتیک عارضه راه با استفاده از داده‌های لیدار هوایی

مهتاب نجفی^{۱*}، یوسف رضایی^۲

۱- کارشناسی ارشد عمران راه و ترابری، دانشگاه عمران و توسعه

۲- استادیار گروه عمران، دانشکده مهندسی دانشگاه بوعلی سینا

چکیده:

لیدار یک تکنولوژی جدید و در حال رشد می‌باشد که می‌تواند با توجه به دقت مسطحاتی و ارتفاعی بالای ابر نقاط برداشت شده، به عنوان یک ابزار قوی و مفید جهت شناسایی شبکه راه‌ها مورد استفاده قرار گیرد. هدف از این تحقیق ارائه روشی سلسله مراتبی است که با استفاده از داده‌های ارتفاعی و شدت لیدار و اعمال فیلترهای مختلف بتوان عوارض غیر راه را شناسایی و شبکه راه‌های منطقه مورد مطالعه را استخراج نمود. عملگرهای مورفولوژی در این روش، در مراحل مختلف تحقیق با ترتیبی مناسب مورد استفاده قرار می‌گیرند. از طریق آستانه‌گذاری بر روی داده‌های شدت و در مرحله بعد بر روی داده‌های فاصله و همچنین محاسبه شیب و نرمال داده‌ها، سه تصویر اولیه برای کلاس راه‌ها به دست می‌آید. با استفاده از این تصاویر و اعمال پردازش‌های مناسب بر روی داده‌ها سعی شد تا نتیجه مطلوبی حاصل شود. سرانجام با انجام عملیات پس‌پردازش شامل حذف عناصر کوچک و اتصال قطع‌شدگی‌ها، پاکسازی مورفولوژی، شبکه راه‌ها از داده‌های لیدار استخراج گردید. با مقایسه نتایج حاصل از اجرای الگوریتم با داده‌های واقعیت زمینی مقادیر ۹۷/۳۶٪ برای پارامتر کامل بودن و ۹۷/۷۸٪ برای پارامتر صحیح بودن و ۹۵/۲۵٪ برای پارامتر کیفیت به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: داده لیدار، استخراج راه، فیلترهای مورفولوژی، استخراج محور مرکزی راه، داده‌های بازگشت آخر فاصله



۱- مقدمه

راه‌ها به عنوان مهمترین شریان‌های حیاتی و ارتباطی، همواره به صورت یک عامل بسیار مهم در پیشرفت اقتصادی کشورها مطرح بوده‌اند. به دلیل نقش ویژه راه در برنامه‌ریزی شهری، مدیریت ترافیک، شناسایی شبکه راه‌ها از جمله مهمترین تحقیقات مطرح با استفاده از تصاویر سنجش از دوری می‌باشد. در یک روش نیمه خودکار، ابتدا با آستانه‌گذاری روی داده‌های شدت راه‌ها و عوارضی که شدت مشابهی دارند از داده‌های لیدار استخراج می‌شوند. همچنین برای حذف ساختمان‌های بزرگ، از مساحت آنها جهت حذف این قطعه‌ها استفاده می‌شود (آلهارسی و بتل^۱، ۲۰۰۳). [۱]. کلود^۲ و همکاران (۲۰۰۴)، روش طبقه‌بندی سلسه‌مراتبی را برای استخراج راه‌ها از داده‌های لیدار به کار بردند، در این روش با محاسبه مدل رقومی زمین^۳ (DTM) منطقه و آستانه‌گذاری بر روی داده‌ها، نقاط مطلوب انتخاب می‌شوند [۲]. کلود و همکاران (۲۰۰۵)، برای استخراج راه‌ها از روش رشد ناحیه استفاده کردند. در این روش بعد از محاسبه مدل رقومی سطح، DTM منطقه تشکیل می‌شود و بعد یکسری شروط نیز بر روی منطقه برقرار می‌شود. منطقه مورد نظر تا جایی که شروط برقرار باشد رشد می‌یابد [۳]. جین^۴ (۲۰۱۱)، رویکردی را برای استخراج خودکار جاده برای مناطق شهری و روستایی از تصاویر با قدرت تفکیک بالا و داده‌های لیدار ارائه کرده است [۸]. هو^۵ و همکارانش (۲۰۰۳)، از داده‌های بازگشت اول و آخر فاصله و شدت لیدار استفاده کردند و پردازش یکپارچه از تصاویر هوایی با وضوح بالا و لیدار را برای مناطق متراکم شهری پیشنهاد داده و الگوریتم هاف را به منظور استخراج راه به کار بردند [۵]. در روش هو و همکاران (۲۰۰۴)، در مرحله نخست راه‌ها از سایر عوارض جدا شدند و بعد از تصاویر با قدرت تفکیک بالا برای بهبود نتایج استفاده شد [۶]. تحقیق هریهایزل^۷ (۲۰۰۳)، به کنترل الگوریتم‌های استخراج راه با استفاده از پارامترهای قابل تغییر آنها از اطلاعات موجود در تصاویر رادار پرداخته است [۷]. در تحقیق حاضر، ابتدا داده‌های مورد نیاز جمع‌آوری می‌گردد و این داده‌ها جهت انجام پردازش‌های لازم آماده‌سازی شده و با انجام مراحل مختلف، اطلاعات غیرضروری و نویزها حذف می‌شوند. پس از کشف کلاس اولیه راه‌ها با کمک تئوری مورفولوژی ریاضی زوائد از تصویر حذف می‌شوند و تا حد امکان گپ‌های کوچک پوشانده خواهند شد. همچنین قطعات بزرگ شامل پارکینگ‌ها با توجه به نسبت بزرگترین بعد به کوچکترین بعدشان از تصویر حذف می‌شوند. در روش یون^۸، کلاس راه از کلاس غیر راه جداسازی خواهد شد و سپس نقاط در دو کلاس ساختمان و درخت طبقه‌بندی می‌شوند و ویژگی همواری و تحدب به منظور تفکیک آنها به کار برده می‌شود [۱۰].

۲- منطقه مورد مطالعه و مشخصات داده‌های مورد استفاده مشخصات

داده‌های لیدار مورد استفاده در این پژوهش مربوط به منطقه‌ای شهری واقع در ناحیه راین در غرب کشور آلمان است که توسط شرکت تاپسیس تهیه شده است. فاصله بین نقاط شبکه ۱ متر است، تصاویر مربوط به داده‌های لیدار به ابعاد ۴۷۲*۶۹۷ پیکسل می‌باشند و یک تصویر هوایی با قدر تفکیک ۰/۲ متر نیز از منطقه وجود دارد.

¹- Alharthy & Bethel

²- Clode et al

³- Digital Terrain Model

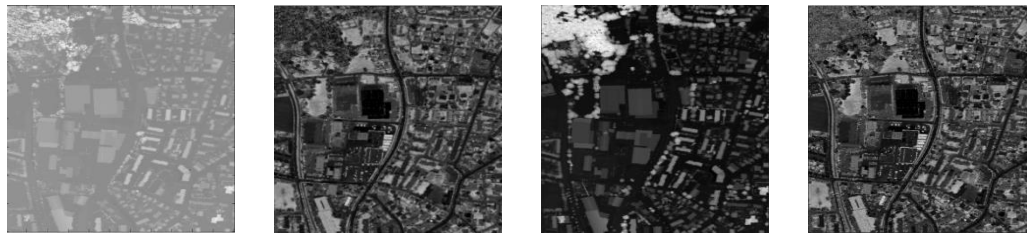
⁴- Jin

⁵- Hu et al

⁶- Hu.x et al

⁷- Hoheisel

⁸- Youn



(د) (ج) (ب) (الف)

شکل ۱: داده‌های منطقه مورد مطالعه: (الف) بازگشت اول شدت (ب) بازگشت اول فاصله (ج) بازگشت آخر شدت (د) بازگشت آخر فاصله

۳- عملگرهای مورفولوژی ریاضی

عملگرهای مورفولوژی، در این مقاله جهت استخراج شبکه راه‌ها به صورت پیاپی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. از جمله عملگرهای مهم مورفولوژی انبساط^۹ و ساییدگی^{۱۰} می‌باشند.

۳-۱- انبساط

با استفاده از عملگر انبساط اشیاء موجود در تصویر ضخیم‌تر می‌شوند و شروع به رشد می‌کنند که این امر بستگی به عضو ساختاری^{۱۱} دارد. انبساط دو مجموعه به صورت زیر می‌باشد:

$$A \oplus B = \{z | (B)_z \cap A \neq \emptyset\} \quad \text{رابطه ۱}$$

\emptyset مجموعه تهی، و B نشان دهنده عضو ساختاری است. این عملیات جابه‌جایی پذیر می‌باشد، لیکن در پردازش تصویر در $A \oplus B$ مرسوم است A تصویر و B عضو ساختاری انتخاب شود.

۳-۲- عملگر ساییدگی:

برای کوتاه کردن و نازک کردن اشیاء در تصویر دودویی از عملگر اروژن استفاده می‌شود. نحوه عملکرد این عملگر نیز بستگی به تعریف عضو ساختاری در تصویر دارد و تعریف ریاضی آن به صورت زیر است [۴]:

$$A \ominus B = \{z | (B)_z \cap A^c \neq \emptyset\} \quad \text{رابطه ۲}$$

۳-۳- عملگر گشایش ۳:

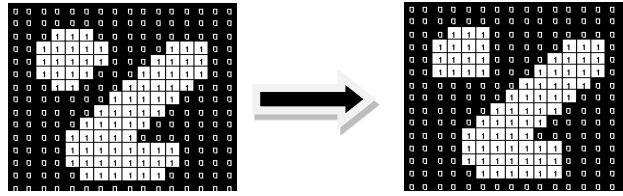
عملگر گشایش موجب می‌شود اتصالات نازک از تصویر حذف شده و لبه‌های تیز عوارض موجود در تصویر نیز نرم شود. گشایش مورفولوژی در مجموع A و B به صورت $A \circ B$ نشان داده می‌شود.

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad \text{رابطه ۳}$$

فرمول ریاضی این تبدیلات به صورت زیر است [۴]:

$$A \circ B = \cup \left\{ (B)_z \mid (B)_z \subseteq A \right\} \quad \text{رابطه ۴}$$

2-Dilation
10-Erosion
11- Structuring Element



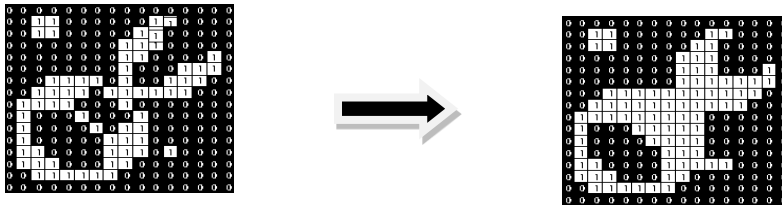
شکل ۲: نحوه انجام عملیات گشایش

۳-۴- عملگر انسداد ۱۲

عملگر انسداد دو مجموعه A و B به شکل $A \bullet B$ می باشد .

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B \quad \text{رابطه ۵}$$

در انسداد مورفولوژیکی انتقالات B که با A همپوشانی ندارد مشخص شده و سپس بر روی نتایج حاصل عملیات مکمل گیری انجام می شود. انسداد مورفولوژیکی نیز، موجب نرم شدن لبه های عوارض تصویر می شود.



شکل ۳: نحوه انجام عملیات انسداد

۴- پیاده سازی الگوریتم و ارائه نتایج

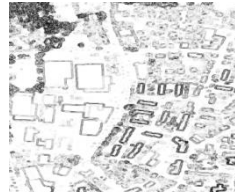
الگوریتم مورد استفاده در این پژوهش، یک روش سلسله مراتبی می باشد. در این روش قبل از ورود به مرحله بعد با اعمال فیلترهای گوناگون و حذف عوارضی که مرتبط با سطح راه نیستند، سعی در بهبود نتایج می گردد.

۴-۱- نتایج فیلتر کردن تصویر بازگشت اول شدت

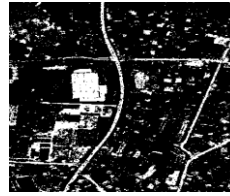
اولین ورودی تصویر بازگشت اول شدت می باشد، در این مرحله با اعمال آستانه گذاری بر روی تصویر شدت، مکان هایی که از جنس آسفالت هستند، شامل راه ها، پارکینگ ها، برخی از ساختمان ها که سقف آنها از آسفالت پوشیده شده، بر روی تصویر نهایی باقی خواهند ماند. برخی از عوارض غیر راه به دلیل داشتن شدت سیگنال مشابه در تصویر مشاهده می شوند و جهت حذف آنها باید از اطلاعات سایر لایه ها استفاده نمود.

$$S_1 = \{p_k \in S \mid \forall p_k: I_1 < S < I_2\} \quad \text{رابطه ۶}$$

S مجموعه مقادیر پیکسل های تصویر بازگشت اول شدت و p_k یک نقطه از این مجموعه است. I_1 و I_2 مقادیر محدود کننده هستند که با بررسی مواد تشکیل دهنده سطح راه انتخاب می شوند. راه عارضه ای مسطح است، بنابراین اختلاف ارتفاع هر پیکسل از مجاور محاسبه شده و پیکسل هایی که دارای تغییرات ارتفاعی آبی می باشند، از تصویر حذف می شوند. سپس جهت حذف مناطق با شیب تند، شیب در جهات مختلف محاسبه می شود.



ب



الف

شکل ۴: الف - تصویر حاصل از آستانه‌گذاری روی داده‌های شدت، ب - تصویر حاصل از محاسبه شیب

۴-۲- جداسازی شیب در دو راستای افقی و عمودی

جهت حذف سایر عوارض در مرحله اول شیب در دو راستای افقی و عمودی با استفاده از کرنل 3×3 محاسبه گردید.

۴-۳- نتایج محاسبه نرمال داده‌ها

با ضرب خارجی دو تصویر شیب، بردار نرمال برای هر پیکسل محاسبه می‌شود، سپس آستانه‌گذاری بر روی تصویر انجام می‌شود و پیکسل‌هایی که تغییرات نرمال آنها از پیکسل‌های همسایه، از مقداری بیشتر باشند به عنوان عارضه غیر راه حذف می‌شوند.

$$s_2 = \{p_k \in S | \forall p_k: H(p_k) < I_4\} \quad \text{رابطه ۷}$$

حد آستانه جهت حذف پیکسل‌هایی است که تغییرات نرمال آنها از پیکسل کناری از مقدار مطلوب بیشتر است. I_4

۴-۴- نتایج اعمال عملگرهای مورفولوژی

در این قسمت با استفاده از عملگر ساییدگی و بازسازی مورفولوژیکی، عوارضی که دارای ارتفاع نسبت به سطح زمین هستند مشخص می‌شود. بنابراین با توجه به ارتفاع عوارض موجود در تصویر یک عضو ساختاری به ابعاد 3×3 تعریف و بر روی تصویر اعمال گردید. با پیاده‌سازی این قسمت از الگوریتم، سقف ساختمان‌ها و عوارضی که دارای تغییرات ارتفاعی اندک می‌باشند در تصویر مشخص شده و با استفاده از عملگر ساییدگی، حذف می‌شوند سپس عملگر بازسازی مورفولوژی جهت بهبود نتایج و استخراج بهتر شبکه راه‌ها بر روی تصویر اعمال می‌شود. نتایج حاصل از این عملگر در شکل ۵-الف مشاهده می‌شود. در مرحله بعد منفی تصویر را محاسبه کرده، مجدداً عملگر ساییدگی با عضو ساختاری 10×10 پیاده‌سازی شده و در نهایت بازسازی مورفولوژی بر روی تصویر انجام شد که نتایج در شکل ۵-ب نشان داده شده است.



ب



الف

شکل ۵: الف - تصویر حاصل از محاسبه شیب و بردار نرمال و اعمال آستانه‌گذاری بر روی آن ، ب - نتایج نهایی حاصل از اعمال عملگرهای مورفولوژی

۴-۵- آشکارسازی جاده‌ها

به منظور آشکارسازی شبکه راه‌ها، تصویر حاصل از اعمال عملگرهای مورفولوژی منفی شده و در تصویر شدت که بر روی آن آستانه‌گذاری انجام شده بود، ضرب می‌شود و حاصل در تصویر شیب و بردار نرمال ضرب می‌شود، با انجام این عمل اکثر عوارض غیر راه شناسایی و حذف خواهند شد.

$$A_2 = R_2 * S_2 * S_3 \quad \text{رابطه ۸}$$

R_2 تصویر ناشی از اعمال عملگرهای مورفولوژی می‌باشد، S_2 تصویر شدت است که بر روی آن آستانه‌گذاری انجام شد و S_3 تصویر مرتبط با شیب و بردار نرمال می‌باشد. عملگر ضرب در این رابطه به صورت ضرب نقطه‌ای می‌باشد به این که به صورت پیکسل به پیکسل به تصویر اعمال شد. شکل ۶-الف تصویر خروجی حاصل از این الگوریتم را نشان می‌دهد، همانطور که ملاحظه می‌گردد در این تصویر استخراج شبکه راه‌ها بهبود چشمگیری یافته است.

۵-۵- پس‌پردازش راه‌های اشکار شده

در این قسمت با اعمال پردازش‌های متعدد، نویزها و پارکینگ‌هایی که به شبکه راه‌ها متصل هستند از تصویر حذف می‌شوند.

۵-۱- حذف عناصر کوچک از تصویر

در این قسمت کلیه قطعه‌های موجود در تصویر برچسب زده شده و تعداد پیکسل‌های هر قطعه شمارش می‌شود. با توجه به مشخص بودن اندازه پیکسل‌ها (1 m^2)، مساحت قطعه‌های موجود در تصویر تعیین شد. با انجام این کار قطعه‌های کوچک که مساحت آنها از یک مقدار معینی (5 m^2) کمتر است، حذف می‌شوند.

$$S_3 = \{p_k \in S \mid \forall p_k: \{p_k \in l \mid \text{area}(p_k) > A_{\min}\}\} \quad \text{رابطه ۹}$$

S تصویر اصلی و l قطعه‌های برچسب‌زده شده می‌باشند.



ج

ب

الف

شکل ۶: الف- حذف عناصر کوچک در تصویر ب- استخراج کلاس اولیه راه‌ها با استفاده از حاصلضرب تصاویر شدت، بردار نرمال و مورفولوژی ج- اتصال قطع شدگی‌های راه‌های آشکار شده

۵-۲- اتصال قطع شدگی‌های راه‌های آشکار شده

این پردازش جهت حذف تعدادی از اجزای ناپیوسته از شبکه راه‌ها انجام می‌شود. با انجام این مرحله شبکه راه‌ها به هم متصل شده و عوارضی که متعلق به شبکه راه‌ها نیستند، از تصویر حذف می‌شوند. این مرحله با تکیه بر دانش عامل انسانی و به صورت دستی انجام شد.

**۵-۳- حذف قطعه‌های بزرگ از تصویر**

پارکینگ‌ها از جمله مواردی هستند که در تصویر مشاهده می‌شوند و شناسایی شبکه راه‌ها را دچار مشکل می‌کنند. راه دارای شکلی باریک و طولانی می‌باشد و از نسبت بزرگترین بعد به کوچکترین بعد آن جهت حذف پارکینگ‌ها می‌توان استفاده کرد. اگر عدد این نسبت از مقدار مشخصی بیشتر باشد، آن قطعه حذف می‌شود.

$$m = a_i / b_i$$

$$s4 = \{p_k \in T4 | \forall p_k: \{p_k \in I | \text{area}(p_k) > m\}\}$$

رابطه ۹

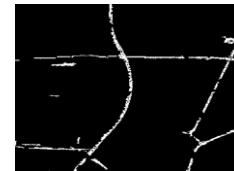
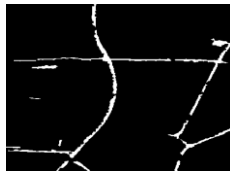
a_i و b_i به ترتیب اندازه بزرگترین و کوچکترین ابعاد شکل هستند و m نسبت بزرگترین به کوچکترین ابعاد قطعه‌های شناسایی شده می‌باشد. در این تحقیق m با توجه به ابعاد پارکینگ‌های موجود در تصویر دارای مقدار $4/1$ می‌باشد.

۵-۴- اعمال فیلتر به منظور بهبود گپ‌های موجود در تصویر

برای بهبود نتایج استخراج شبکه راه‌ها از یک فیلتر استفاده گردید که در آن تعداد همسایگی‌های ۰ و ۱ هر پیکسل شمارش شد، در فیلتر اعمال شده در صورتیکه تعداد ۱ها بیشتر باشد، پیکسل مرکزی ۱ و در غیر این صورت پیکسل مرکزی را صفر قرار می‌دهد.

۵-۵- انسداد مورفولوژی

در ادامه سعی شد با اعمال فیلتر ژئودتیک مورفولوژی شبکه راه‌ها به صورت یکپارچه درآیند و گپ‌های باقیمانده در تصویر تا حد ممکن رفع شوند. به همین منظور عملگر انسداد مورفولوژی با عناصر ساختاری 3×3 ، 5×5 ، 7×7 به کار گرفته شد، که با توجه به نتیجه به دست آمده، عنصر ساختاری 5×5 انتخاب گردید.



ج

ب

الف

شکل ۷: الف- حذف پارکینگ‌ها از تصویر، ب- اعمال فیلتر به منظور پر شدن گپ‌های تصویر، ج- نتیجه حاصل از اعمال عملگر انسداد مورفولوژی

۶- پارامترهای ارزیابی کمی نتایج

برای ارزیابی دقت از یک فایل مرجع که راه‌ها در آن به صورت دستی استخراج شده‌اند استفاده می‌شود. معیارهای مقایسه ما کامل بودن^{۱۳} و صحت^{۱۴} و کیفیت^{۱۵} راه‌های استخراج شده در سطح پیکسل می‌باشد و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\text{Completeness} = TP / (TP + FP) \quad \text{Correctness} = TP / (TP + FN) \quad \text{Quality} = TP / (TP + FP + FN)$$

• (TP) ^{۱۶} این پیکسل‌ها هم در داده‌های مرجع وجود دارد و هم در نتایج خروجی الگوریتم به کار برده شده است.

13-Completeness
14-Correctness
15-Quality
16-True Positive

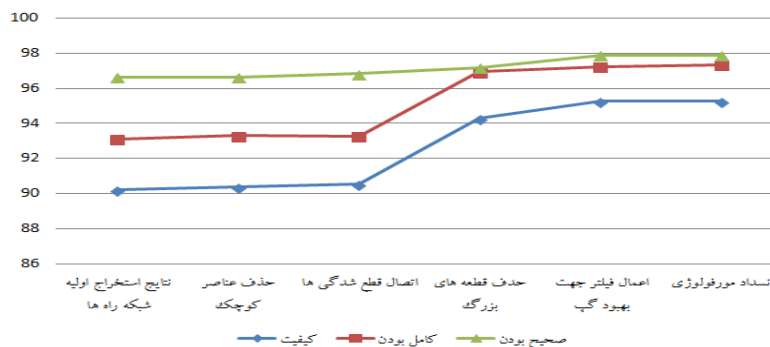


• (FP)^{۱۷} : پیکسل‌هایی که در داده‌های مرجع وجود ندارد ولی در خروجی الگوریتم موجود است.

• (FN)^۶ : این پیکسل‌ها در داده‌های مرجع وجود دارد ولی در خروجی الگوریتم وجود ندارد.

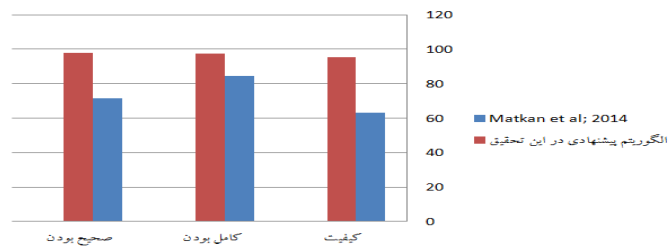
جدول ۱: نتایج نهایی ارزیابی دقت

عنوان	صحیح بودن	کامل بودن	کیفیت
انسداد مورفولوژی	۹۷/۷۸	۹۷/۳۶	۹۵/۲۶



شکل ۸: منحنی ارزیابی دقت در مراحل مختلف الگوریتم

الگوریتم به کاررفته در این تحقیق را می‌توان با الگوریتم پیشنهادشده توسط Matkan و همکاران (۲۰۱۴)، نیز مقایسه نمود [۹]. علت مقایسه این دو روش استفاده از داده‌های مشابه جهت کشف شبکه راه‌ها در این دو تحقیق می‌باشد.



شکل ۹: مقایسه نتایج الگوریتم پیشنهادی و روش Matkan و همکاران

۷- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری:

با استفاده از داده‌های بازگشت اول شدت لیدار پیکسل‌هایی که جنس آنها از آسفالت است، شناسایی شدند. با استفاده از داده‌های فاصله لیدار می‌توان ساختمان‌هایی که از آسفالت پوشیده شده‌اند را به دلیل اختلاف ارتفاع از شبکه راه‌ها، از مجموعه داده‌ها حذف نمود. چمن‌ها، با استفاده از آستانه‌گذاری بر روی داده‌های شدت، شناسایی شدند. بدین ترتیب با توجه به مراحل مختلف الگوریتم پیشنهاد شده، نتایج زیر حاصل شد: با توجه به خصوصیات عارضه راه از جمله شیب بسیار کم و اختلاف ارتفاع ناچیز در فواصل کوتاه، داده بازگشت آخر فاصله به صورت متوالی به کار گرفته شد و نتایج قابل قبولی از این داده‌ها حاصل شد. پارامتر نرمال برای حذف سایر عوارضی که تغییرات ارتفاعی چندانی ندارند و متعلق به سطح زمین نیستند، مورد استفاده قرار گرفت. فیلترهای مورفولوژی جهت اتصال قطع شدگی‌ها و پرکردن گپ‌های ناچیز، بازسازی شبکه راه‌ها و حذف عوارض غیر راه به صورت پیاپی استفاده شدند. داده‌های لیدار توانایی بالایی در استخراج شبکه راه‌ها دارند، با این حال منطقه انتخاب شده به دلیل پوشش گیاهی انبوه، ساختمان‌های متعدد

17-False Positive

6- False Negative



و پارکینگ‌های متصل به شبکه راه‌ها منطقه‌ای دشوار است، به طوری که در قسمت‌هایی از شبکه راه‌های شناسایی شده، انقطاع و انفصال مشاهده می‌شود.

تشکر و قدردانی: از جناب آقای دکتر علی محمدزاده بخاطر در اختیار گذاشتن تصاویر، تشکر و سپاسگزاری می‌شود.

مراجع:

- [1] Alharthy, A., Bethel, J. (2003). "Automated Road Extraction from LiDAR Data", ASPRS, Annual Conference Proceedings, May 5-9, Anchorage, Alaska (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Anchorage, Alaska), unpaginated CDROM, pp. 1-8.
- [2] Clode, S., Kootsookos, P., Rottensteiner, F., (2004). "The Automatic Extraction of Roads from LIDAR Data". Proceedings of the XXth ISPRS Congress at Istanbul, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing, and Spatial Information Sciences, Vol. XXXV, Part B3, pp. 231-236, Istanbul (Turkey).
- [3] Clode, S., Rottensteiner, F., & Kootsookos, P. (2005). "Improving city model determination by using road detection from lidar data". In Stilla, U., Rottensteiner, F., & Hinz, S. (Eds.), International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, volume XXXVI-3/W24, pp. 159-164., Vienna, Austria.
- [4] Gonzalez, R. C., Woods, R. E. (1992). Digital Image Processing, Addison Wesley
- [5] Hu, Y. (2003). "Automated Extraction of Digital Terrain Models, Roads and Buildings Using Airborne Lidar Data",
<http://www.geomatics.ucalgary.ca/links/GradTheses.html>
- [6] Hu, X., Tao, V., Hu, Y. (2004). "Automatic Road Extraction from Dense Urban Area by Integrated Processing of High Resolution Imagery and Lidar Data", NATURAL RESOURCES, VOL 35; PART 3, pages 320-324
- [7] Hoheisel, S. (2003). "Automated road extraction from radar and optical imagery". Diploma thesis, institute of Photogrammetry and Geo Information University of Hannover, Germany.
- [8] Jin, H. (2011). "An integrated approach for precise road reconstruction from aerial imagery and LIDAR data". A thesis submitted for the degree of doctor of Philosophy, Queensland University of Technology.
- [9] Matkan, A.A., Hajeb, M., Sadeghian, S. (2014). "Road Extraction from LiDAR Data Using Support Vector Machine Classification", Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 80, No. 5, pp. 409-422.
- [10] Youn, J., Bethel, J., Mikhail, E., Lee, C. (2008). "Extracting urban road networks from High-resolution true orthoimage and LIDAR". in: Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 74, No. 2, February 2008, pp. 227-237, © 2008 American Society.



Semi-Automatic Extraction of Road Using Lidar Data

Mahtab najafi¹, Yousef Rezaei²

¹ MSC of Road-Transportation Engineering, University College of Omran & Tosseh

² Assistant professor, Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Bu-Ali Sina University

Abstract:

The ways network is Part of the main topography impositions, that are noteworthy because they are kind of communication channels for a country discovering and recognizing of ways network for related institutes and organs in every countries, have always been important.

Lidar is a new and developing technology that it could be used as a powerful and effective tool for recognizing the ways network, because it has high level of ceiling accuracy. the purpose of this survey is offering a consequence way that we could recognize outside of way impositions and extract the ways network of our studied area by height datas, Lidar tensity, and applying different filters. morphology operators in this way are used in different levels of survey. they were made three initial images for ways class by using thresholding intensity data and range data and also calculating surface normal and slope .it is tried to reach a favorable result by these three images and make some process an datas. finally, ways network was extract from lidar data by process operation that includes removing small elements and connecting of breakings and morphology purification.

By comparing results of algorithm with reference file, it is calculated 97.36% for completeness, 97.78% for correctness and 95.26% for quality.

Keywords:

Lidar data, Road extraction, Mathematical morphology, Road centerline extraction, Last return range Lidar data

Correspondence Address: Road-Transportation Group, College of Engineering, University of *Omran* & Tosseh, Iran. **Tel: +98 9188181860.**

Email: mnajafi2011@yahoo.com