نشریه علمی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال هشتم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۹

Vol.8, No.2, Summer 2020

۷۵ -۹۱

مقاله پژوهشی

تشخیص سه‌بعدی خطوط انتقال برق در ابر نقاط لیزر اسکنر با استفاده از روش جنگل تصادفی

محمد باقر محمدی مقدم[۱]، فرهاد صمدزادگان[۲]، فرزانه دادرس جوان[۳*]

۱- کارشناس ارشد فتوگرامتری-دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی-پردیس دانشکده‌های فنی-دانشگاه تهران

۲- استاد دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی-پردیس دانشکده‌های فنی- دانشگاه تهران

۳- استادیار دانشکده مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی - پردیس دانشکده‌های فنی- دانشگاه تهران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۰۱ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۵/۰۸

چکیده

بازرسی از خطوط انتقال برق با استفاده از روش‌های سنتی و مرسوم دارای معایبی از قبیل سرعت‌پایین، احتمال آسیب‌دیدگی نیروی متخصص و هزینه بالا می‌باشد. لذا با توجه به توسعه فنّاوری‌های اخذ اطلاعات ازجمله لیدار و ظهور پهپادهای باقابلیت حمل سنجنده‌های مختلف می‌توان این بازرسی‌ها را با دقت و سرعت بیشتری انجام داد و از معایب روش‌های سنتی و مرسوم کاست. هدف این پژوهش ارائه روشی کارا و خودکار برای بازرسی خطوط انتقال برق با استفاده از ابر نقاط است. روش پیشنهادی این پژوهش دارای پنج مرحله می‌باشد که به شرح ذیل می باشد: ابتدا در مرحله اول پیش‌پردازش‌هایی شامل حذف نویز بر روی ابر نقاط صورت گرفته و سپس در مرحله دوم ابر نقاط فیلتر شده و به دو بخش نقاط زمینی و غیر زمینی تقسیم شده است، در مرحله سوم ویژگی‌هایی از ابرنقاط استخراج گردیده است و در چهارم نیز طبقه‌بندی چند کلاسه ابر نقاط با استفاده از ویژگی های مرحله قبل صورت گرفته است که برای تحلیل‌های مکانی مرتبط با خطوط انتقال برق بسیار حائز اهمیت است، در مرحله پنجم نیز ابرنقاط خطوط انتقال برق به صورت سه بعدی استخراج گردیده اند. بهره‌گیری از روش لیزر مبنا و استفاده از ویژگی‌های نقطه مبنا، دقت طبقه‌بندی ابر نقاط و دقت شناسایی خطوط انتقال برق را افزایش داده است. دقت روش پیشنهادی این پژوهش، در مجموعه داده اول که از منطقه شهری اخذشده و دارای ویژگی طیفی نیز می‌باشد، برابر ۹۷٫۰۵٪ دقت کلی طبقه‌بندی و ۹۸٫۸۰ ٪ دقت شناسایی خطوط انتقال برق می‌باشد و مجموعه داده دوم که از منطقه خارج شهری بوده و فاقد ویژگی‌های طیفی است، برابر ۹۵٫۴۸٪ دقت کلی طبقه‌بندی و ۹۶٫۸۱ ٪ نیز دقت شناسایی خطوط انتقال برق می‌باشد.

کلید واژه‌ها : استخراج خطوط انتقال برق، ابر نقاط لیزر اسکنر، کلاسه‌بندی جنگل تصادفی، استخراج ویژگی.

* نویسنده مکاتبه کننده: تهران، خیابان امیرآباد شمالی، پردیس دانشکده های فنی دانشگاه تهران.

تلفن: ۸۸۰۰۸۸۴۱

Email: fdadrasjavan@ut.ac.ir

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-01]

[DOR: 20.1001.1.20089635.1399.8.2.6.8]

[DOI: 10.29252/jgit.8.2.75]

۱- مقدمه

انرژی برق به‌عنوان یکی از پراهمیت‌ترین منابع انرژی نقش مهمی در تأمین آسایش، رفاه، پیشرفت و توسعه جوامع بشری دارد، ازاین‌رو بازرسی خطوط انتقال برق برای شناسایی و برطرف کردن خطرات پنهان به‌خصوص برای مناطق شهری و روستایی بسیار مهم و ضروری است[۱و ۲]. تأمین پیوسته و مطمئن برق مستلزم بازرسی دوره‌ای از تجهیزات و خطوط انتقال برق است. از طرفی برخی از خطوط انتقال در مناطقی صعب‌العبوری مانند کوه‌های ناهموار، گسترش‌یافته‌اند که درنتیجه کار بازرسی آن‌ها دشوار می‌شود[۳]. نظارت و مدیریت زیرساخت‌های خطوط انتقال برق یک مؤلفه اساسی در مدیریت منابع الکتریکی است. پایش و مدیریت بهینه خطوط انتقال برق به دلیل اهمیت بالایی که انرژی برق در آبادانی کشور دارد مستلزم به‌کارگیری ابزارهای کارآمد و بروز می‌باشد[۴].

بر اساس مطالعات انجام‌شده، شناسایی و بازرسی خطوط انتقال برق در روش‌های سنتی دارای سرعت و دقت کم و مستلزم به‌کارگیری نیروی انسانی و پرداخت هزینه‌های فراوان می‌باشد. در مقابل استفاده از لیزر اسکنرها کمک می‌کند تا به‌صورت مستقیم ابر نقاطی با دقت بالا از خطوط انتقال برق جمع‌آوری نماییم و این بازرسی‌ها را با سرعت و دقت بیشتری انجام دهیم و از معایب روش‌های سنتی بکاهیم [۵، ۶ و ۷]. همچنین بعد از شناسایی خطوط انتقال برق می‌توان حریم ایمن این خطوط را مشخص نموده و از سوءاستفاده‌ها و خطرات پیشرو جلوگیری نماییم [۸].

ازآنجایی‌که عمده نقاط داده‌های لیدار را در مناطق شهری، نقاط غیرزمینی نظیر ساختمان‌ها و درختان تشکیل می‌دهند، لذا استخراج خودکار نقاط خطوط انتقال برق با دقت و سرعت از ابر نقاط لیدار، فرآیندی پیچیده می‌باشد. بنابراین، توسعه روش‌های کارآمد، سریع و خودکار برای استخراج خطوط برق از داده‌های ابر نقطه لیدار یک موضوع مهم و پرطرفدار در بین محققان این عرصه قرارگرفته است[۷].

روش‌های متداول فتوگرامتری برای استخراج خطوط انتقال برق شامل سه روش کلی می‌باشد که اولین روش تبدیل هاف[1] و خوشه‌بندی[2] بر مبنای پردازش تصاویر دو بعدی بوده [۲۴، ۲۵، ۲۶و ۲۷] و دومی آنالیزهای آماری ابر نقاط بر مبنای ارتفاع، تراکم یا تعداد پالس‌های لیزر اسکنر و غیره می‌باشد[۲۱، ۲۲و ۲۳] و در نهایت سومین روش طبقه‌بندی نظارت شده مبتنی بر ویژگی‌های هندسی حاصل از ابر نقاط است[۲۸، ۲۹و ۳۰]. در این پژوهش از روش نوین و خودکار طبقه‌بندی نظارت شده، مبتنی بر الگوریتم‌های یادگیری ماشین(جنگل تصادفی) به منظور شناسایی خطوط انتقال برق از ابر نقاط استفاده شده است.

۲- مروری بر مطالعات انجام‌شده

طی چند سال گذشته، علاقه به توسعه پرنده هدایت پذیر از راه دور (پهپاد) برای کاربردهای گسترده، به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای رشد پیداکرده است. به همین دلیل شناسایی، مدیریت و پایش خطوط انتقال برق با استفاده از پهپاد ها یکی از موضوعات پرطرفدار بین محققان قرارگرفته است[۱۶]. از طرفی سکوهای زمینی همچون لیزر اسکنر متحرک نیز برای مناطق شهری با ساختار هندسی پیچیده بسیار مورد بحث قرار گرفته است. در این زمینه محققان فراوانی با استفاده از سکوهای هوایی و زمینی نسبت به بررسی سیستم‌های انتقال خطوط برق اقدام نموده‌اند[۷]. از دیدگاهی دیگر با توسعه حسگرها، روش‌های تصویر مبنا و لیزر مبنا پدید آمدند. ازجمله این روش‌ها می‌توان به روش‌های فتوگرامتری هوایی نظیر تصویربرداری هوایی و لیزر اسکنر هوایی و روش‌های برد کوتاه نظیر تصویربرداری زمینی و لیزر اسکنر متحرک اشاره نمود که هرکدام مزایا و معایب خاص خود را دارند. بر اساس مطالعات انجام شده در این زمینه، تقسیم بندی در این پژوهش

[1] *Hough Transform*
[2] *Clustering*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-01]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1399.8.2.6.8]
[DOI: 10.29252/jgit.8.2.75]

بر اساس حسگر مورد استفاده شامل دو گروه می باشد؛ که تحقیقات با سکوی مجهز به دوربین (تصویر مبنا) و تحقیقات با سکوی مجهز به حسگر لیدار (لیزر مبنا) را پوشش می‌دهد.

۲-۱- تحقیقات مبتنی بر تصاویر هوایی (تصویر مبنا)

سونگ و لی (۲۰۱۴) به مزایای تشخیص خطوط انتقال برق از تصاویر مرئی نسبت به تصاویر مادون‌قرمز و تصاویر ماهواره‌ای اشاره کرده‌اند. در این مقاله با توجه به این که از دوربین‌های مادون‌قرمز برای تشخیص خطوط انتقال برق با دقت بالا به دلیل اختلاف دمای کمتر بین خطوط برق، پس‌زمینه و همچنین وجود منابع جذب گرما و ساطع‌کننده آن در محیط، نمی‌توان استفاده کرد به همین دلایل از تصاویر مرئی، الگوریتم‌های فیلتر مورفولوژی[1] و فیلترهای گوسین[2] برای شناسایی خطوط انتقال برق استفاده نموده‌اند. از جمله معایب این روش عدم استخراج سه بعدی خطوط انتقال برق و همچنین عدم استفاده از یک طبقه‌بندی کننده می باشد[۹].

فنگ تین و همکاران (۲۰۱۵) به‌وسیله یک دوربین مرئی، شناسایی و دنبال کردن خطوط انتقال برق را در طی دو مرحله انجام داده‌اند، که ابتدا بر روی تصویر پردازش‌هایی صورت گرفته تا لبه‌های خطوط استخراج شود و در مرحله بعدی بااستفاده از الگوریتم تبدیل هاف و ویژگی موازی بودن خطوط انتقال برق، این خطوط را از لبه‌ها جداسازی و مشخص نموده‌اند. از جمله معایب این پژوهش عدم شناسایی سه‌بعدی خطوط و احتمال تشخیص اشتباه خطوط به دلیل وجود نویز فراوان در تصاویر و شناسایی تنها کلاس خطوط انتقال برق اشاره نمود[۱۰].

یانگ ژانگ و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از دوربین مرئی و تصویربرداری استریو نسبت به شناسایی موقعیت خطوط انتقال برق، مدل‌سازی خطوط و همچنین تشخیص موانعی که بر سر راه این خطوط وجود دارد اقدام نموده‌اند. در این مقاله ابتدا استخراج لبه‌ها با استفاده از فیلترهای مورفولوژی صورت گرفته و بعد از آن با استفاده از لبه‌های شناسایی‌شده، خطوط انتقال برق را استخراج نموده‌اند و خطرات و موانع خطرآفرین در اطراف خطوط انتقال برق را شناسایی کردند. از جمله معایب این روش نیز می‌توان به عدم شناسایی سه‌بعدی خطوط انتقال برق و همچنین ضعف در تولید ابر نقاط از خطوط انتقال برق با استفاده از روش تصویر مبنا و استفاده از مدل‌سازی برای شناسایی صحیح کابل برق اشاره نمود[۱۱].

الکساندر و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از دوربین مرئی روشی برای بازرسی خطوط انتقال با روش جستجوی مبتنی بر دایره ارائه دادند. در این پژوهش ابتدا قبل از انجام این فرآیند[3]، دو مرحله پیش‌پردازش انجام می‌دهند. ابتدا با استفاده از الگوریتم کنی[4] لبه‌ها استخراج‌شده و سپس از فیلتر هدایت‌کننده برای به دست آوردن جهت زوایای لبه‌های استخراج‌شده، استفاده‌شده است. ازجمله معایب این پژوهش می‌توان به پیچیدگی روش پیاده‌سازی و عدم استفاده از یک طبقه‌بندی کننده و عدم استخراج سه‌بعدی خطوط انتقال برق اشاره نمود[۱۲].

بر اساس مطالعات انجام‌شده شناسایی سه‌بعدی و مدل‌سازی خطوط انتقال برق در روش‌های مبتنی بر تصاویر دارای فرآیند دشوار می‌باشد و شناسایی دوبعدی آن نیز به دلیل وجود نویز فراوان در پس‌زمینه تصاویر اخذشده توسط پهپاد نیاز به پردازش‌های پیچیده و متعددی است و در برخی مناطق نیز احتمال تشخیص اشتباه و خطا وجود دارد.

۲-۲- تحقیقات مبتنی بر لیدار (لیزر مبنا)

هییان گاین و همکاران (۲۰۱۶) شناسایی و مدل‌سازی خطوط انتقال برق را در سه مرحله انجام

[1] *morphological filter*
[2] *Gaussian filter*
[3] *circle-based search*
[4] *Canny*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-01]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1399.8.2.6.8]
[DOI: 10.29252/jgit.8.2.75]

دادند. ابتدا نقاط مسیر خطوط انتقال برق استخراج و جداسازی خطوط انتقال برق از این نقاط بر اساس معیارهایی مانند اختلاف ارتفاع شیب، زاویه و سپس استخراج خطوط انتقال برق با استفاده از سه فیلتر ارتفاعی، فضای حجمی و ترکیب سایزوشکل انجام‌شده است، که با برازش خطوطی سه‌بعدی به‌صورت عمودی و افقی به خطوط برق شناسایی شده فرآیند استخراج سه بعدی این خطوط انجام شده است. از جمله معایب این روش می‌توان به استفاده از حد آستانه ارتفاعی و عدم کارایی الگوریتم در مناطق شهری با تراکم بالای ابر نقاط در اطراف خطوط انتقال برق اشاره نمود[۱].

یانگجان وانگ و همکاران (۲۰۱۷) روش نیمه‌خودکاری را جهت شناسایی و بازرسی خطوط انتقال برق در قالب چهار مرحله ارائه دادند. ابتدا نقاط کاندیدای خط را مشخص کردند و بعد از آن استخراج ویژگی همسایه نقاط را انجام داده‌اند و سپس استخراج ویژگی ساختاری و جهت مسیر را مشخص نموده‌اند و در پایان طبقه‌بندی نظارت‌شده[1] را انجام داده و ارزیابی نموده که دقت این روش نسبت به برخی روش‌ها افزایش یافته و زمان کل پردازش نیز کاهش‌یافته است. ازجمله معایب این روش نیز می‌توان به طبقه‌بندی تک کلاسه و پیچیدگی روش پیاده‌سازی اشاره نمود[۱۴].

چی چن و همکاران (۲۰۱۸)، به‌منظور استخراج خطوط انتقال برق، مدل‌سازی و همچنین شناسایی خطراتی که در اطراف این خطوط وجود دارد، روشی را در سه مرحله اصلی ارائه دادند. ابتدا ابر نقاط زمینی و غیرزمینی را با استفاده از حدآستانه ارتفاعی جداسازی می‌نمایند و سپس از فیلترهای خوشه‌بندی برای تقسیم‌بندی عوارض خطی به‌منظور شناسایی ابر نقاط غیرزمینی استفاده نموده‌اند. در مرحله بعد با استفاده از روش‌های ریاضی، خطوط سه‌بعدی را به ابر نقاط غیرزمینی برازش می‌دهند تا موقعیت خطوط انتقال برق مشخص گردد و در پایان نیز بعد از ترکیب ابر نقاط طبقه‌بندی‌شده نسبت به تشخیص عوارض باقی‌مانده اطراف خطوط انتقال، اقدام نموده و ناهنجاری‌های اطراف کابل برق را شناسایی کرده‌اند. از جمله معایب این روش می‌توان به عدم استفاده از یک طبقه‌بندی کننده مناسب و همچنین عدم کارایی این روش به دلیل استفاده از حد آستانه ارتفاعی در مناطق شهری (نزدیک بودن عوارضی همچون ساختمان و درخت به خطوط انتقال برق) اشاره نمود[۷].

ژوژان شن و همکاران (۲۰۱۸)، جهت استخراج خودکار خطوط انتقال برق فشارقوی از ابر نقاط حاصل از پهپاد روشی را پیشنهاد نمودند. در این مقاله ابتدا با استفاده از یک حد آستانه نسبت به جداسازی و تفکیک ابر نقاط زمینی و غیرزمینی اقدام نمودند و سپس با استفاده از روش قطعه‌بندی تراکم ارتفاعی[2] در ابر نقاط غیرزمینی خطوط انتقال برق را شناسایی می‌نمایند. این روش قطعه‌بندی تراکم ارتفاعی به این صورت می‌باشد که چنانچه تراکم ابر نقاط بیشتر از یک حد معین باشد، این ابر نقاط نشان‌دهنده دکل‌ها می‌باشند و اگر کمتر از حد معین باشد نشان‌دهنده خطوط انتقال برق است. از جمله معایب این روش می‌توان به عدم استفاده از ویژگی‌های طیفی جهت افزایش دقت طبقه‌بندی و طبقه‌بندی تک کلاسه اشاره نمود[۳۲].

کلیه روش‌های شناسایی خطوط انتقال برق مذکور، دارای دقت خوبی است ولی روش پیشنهادی در این پژوهش، با راه کاری ساده‌تر و دقتی بهتر ارائه شده است که از ویژگی‌های طیفی و هندسی جهت شناسایی خطوط انتقال برق، استفاده شده است. بدین منظور از یک طبقه‌بندی کننده چند کلاسه بهره گرفته شده است که برای تحلیل‌های مکانی مرتبط با خطوط انتقال برق بسیار حائز اهمیت است. همچنین بهره‌گیری از روش لیزر مبنا و استفاده از ویژگی‌های نقطه مبنا، دقت طبقه‌بندی ابر نقاط و دقت شناسایی خطوط انتقال برق را افزایش می‌دهد.

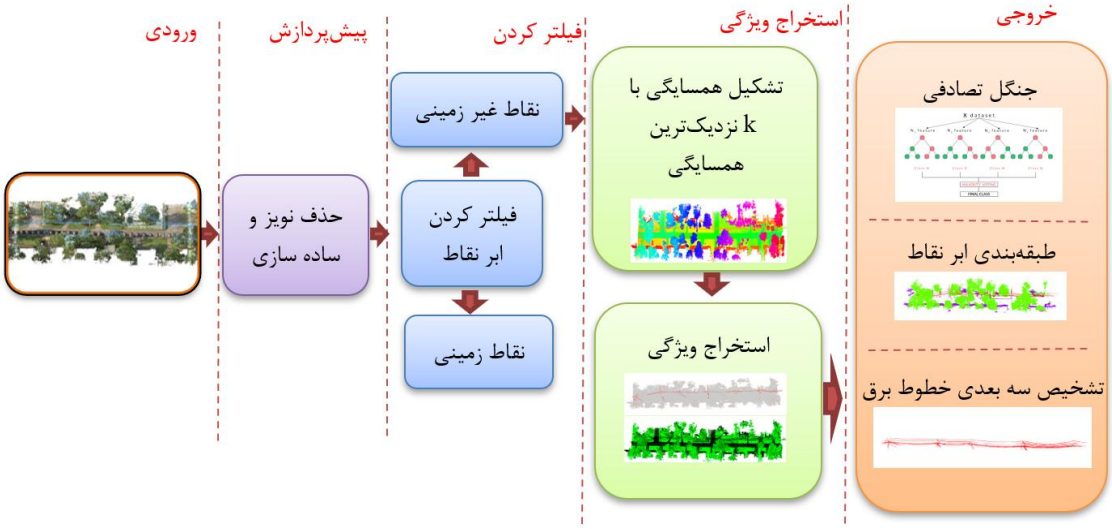
[1] *Support-vector machine*

[2] *Height Density Segmentation*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-01]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1399.8.2.6.8]
[DOI: 10.29252/jgit.8.2.75]

۳- روش پیشنهادی

روش پیشنهادی این پژوهش دارای پنج مرحله می باشد: ابتدا پیش‌پردازش‌هایی شامل حذف نویز بر روی ابر نقاط صورت گرفته، سپس ابر نقاط فیلتر شده و به دو بخش نقاط زمینی و غیرزمینی تقسیم و بعدازآن، استخراج ویژگی‌ها از ابر نقاط انجام‌شده است. در ادامه نیز طبقه‌بندی ابر نقاط به‌منظور تشخیص سه‌بعدی خطوط انتقال برق صورت گرفته است. در شکل (۱) دیاگرام کلی روش پیشنهادی آورده شده است.



شکل ۱: دیاگرام کلی روش پیشنهادی

۳-۱- پیش‌پردازش ابر نقاط

در برخی مواقع پس از برداشت ابر نقاط به‌وسیله‌ی لیزر اسکنر، برخی نقاط با فاصله از ابر نقاط پیوسته قرار دارند که نویز محسوب می‌شوند و در انجام پردازش‌های مراحل بعدی باعث ایجاد خطا می‌شوند؛ به همین دلیل ابتدا با استفاده از روش حذف آماری نویز (*SOR*)[1] که یک روش برای حذف نقاط با تراکم کم و با فاصله زیاد نسبت به سایر نقاط می باشد، نسبت به حذف نویزها، استفاده شده است. این روش با استفاده از مقدار میانگین فاصله و تعداد نقاط و انحراف معیار[2] صورت گرفته است[۳۱]. به منظور افزایش سرعت در انجام پردازش‌های مراحل بعدی باید از حجم ابر نقاط کاسته شود. به همین دلیل از روش فیلتر کردن ابر نقاط برای استخراج نقاط غیر زمینی و حذف نقاط زمینی استفاده شده است که در بخش دوم روش پیشنهادی پیاده‌سازی شده است.

۳-۲- فیلتر کردن ابر نقاط

بعد از انجام پیش‌پردازش‌ها فیلتر کردن ابر نقاط صورت می‌گیرد، که هدف شناسایی ابر نقاط غیرزمینی و جداسازی ابر نقاط زمینی از ابر نقاط غیرزمینی می‌باشد. برای این منظور از الگوریتم سی‌اس‌اف[3] استفاده‌شده است[۱۵].

این روش مبتنی بر شبیه‌سازی فرآیند ساده فیزیکی است که اگر بر روی ابر نقاط یک روکش انعطاف‌پذیر قرار داده شود، این روکش به دلیل گرانش می‌افتد و با فرض اینکه روکش به‌اندازه کافی نرم باشد تا به سطح زمین مماس شود، شکل نهایی، روکش مدل

[1] *Statistical Outlier Removal (SOR)*
[2] *Standard Deviation (SD)*
[3] *Cloth Simulation Filter (CSF)*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-01]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1399.8.2.6.8]
[DOI: 10.29252/jgit.8.2.75]

رقومی‌سطح[1] می‌باشد. با این حال اگر زمین ابتدا وارونه شود و روکش را بر روی آن قرار دهیم، شکل نهایی، روکش مدل‌رقومی‌زمین[2] می‌شود.

این روش در مناطق با تغییر شیب ناگهانی نظیر مناطق کوهستانی، عملکرد خوبی نداشته و برای عملکرد بهتر باید در مناطق دارای شیب ناگهانی قطعه قطعه شده و سپس روش سی اس اف به صورت جداگانه برای هر قطعه اعمال شود.

۳-۳- استخراج ویژگی

یکی از مراحل مهم طبقه بندی ابر نقاط، استخراج ویژگی از ابر نقاط می‌باشد. در این تحقیق برای استخراج ویژگی ، از دو نوع ویژگی طیفی و هندسی استفاده شده‌است که ویژگی‌های طیفی در صورت وجود رنگ برای ابر نقاط امکان استخراجشان وجود دارد.

۳-۳-۱- استخراج ویژگی هندسی

از جمله ویژگی‌های هندسی می‌توان به ویژگی‌های کوواریانس[3]، ویژگی‌های ارتفاعی و... اشاره نمود. ویژگی کوواریانس از مقادیر ویژه[4] حاصل از تنسور ساختار سه‌بعدی[5] محاسبه می‌شوند[۱۵]. برای محاسبه ویژگی کوواریانس برای یک نقطه مثل x ابتدا باید K نزدیک‌ترین همسایه $F_x=\{A_1,A_2,A_3,...,A_k\}$ گرفته شود که در این تحقیق از الگوریتم K نزدیک‌ترین همسایه [6] استفاده شده است[۱۵]. برای محاسبه تنسور ساختار سه‌بعدی (C_x) از رابطه (۱) استفاده شده است. مقادیر ویژه هر نقطه از ماتریس تنسور ساختار سه‌بعدی محاسبه‌شده و به ترتیب از بزرگ به کوچک مرتب می‌شوند ($\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3 \geq 0$). ویژگی‌های کوواریانس توصیف کننده شکل هندسی نقاط در یک همسایگی معین می‌باشند و با توجه به همسایه‌های یک نقطه، می‌توان رفتار هندسی نقطه با توجه به همسایگی را برآورد نمود[۱۶].

$$C_x=\frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k}\left(A_i-\hat{A}\right)\left(A_i-\hat{A}\right)^T \qquad \text{رابطه(۱)}$$

در رابطه فوق $\hat{A}=\arg\min_{a}\sum_{i=1}^{k}\left\|(A_i-A)\right\|$ بیانگر مختصات مرکز همسایه‌ها می‌باشد. K نشان‌دهنده تعداد همسایه‌های یک نقطه می‌باشد. A_i نیز مختصات همسایه‌های نقطه i ام است. علاوه بر ویژگی‌های کوواریانس از سه ویژگی ارتفاعی نیز استفاده شده است که در جدول (۱) نشان داده‌شده است [۱۷].

ویژگی هندسی خطی بودن مختص عارضه‌های خطی همچون خطوط انتقال برق می‌باشد که در این تحقیق بسیار حائز اهمیت است. این ویژگی با توجه به تراکم نقاط یک عارضه نسبت به عوارض دیگر و همانند آنالیز مولفه اصلی۷، عوارض خطی را متمایز می‌کند. ویژگی هندسی برنامه‌ریزی شده ، میزان صافی یک سطح را توصیف می‌کند و وابسته به مقدارزبری[8] می‌باشد. این ویژگی، اشیاء مسطح و اشیاء حجمی مانند سقف ساختمان‌ها در مقابل درختان را متمایز می‌کند. ویژگی هندسی تغییرات سطح بیانگر واریانس یک سطح می‌باشد که اشیای حجمی را از سایر اشیاء متمایز می‌کند.

۳-۳-۲- استخراج ویژگی طیفی

ابر نقاط حاصل از لیزر اسکنر در صورت مجهز بودن به دوربین عکسبرداری دارای طیف رنگی خواهند بود که اطلاعات طیفی باعث افزایش دقت طبقه‌بندی می‌شود[۱۶]. به همین منظور در ابر نقاط مجموعه داده اول از تصاویر برای ایجاد ویژگی طیفی استفاده‌شده است. ویژگی‌های طیفی به دودسته ویژگی طیفی مبتنی بر همسایگی و ویژگی طیفی حاصل از

[1] *Digital surface model (DSM)*
[2] *Digital terrain model (DTM)*
[3] *Covariance Features*
[4] *Eigenvalues*
[5] *3D Structure Covariance Tensor*
[6] *K-Nearest Neighbor (KNN)*
[7] *Principal Component Analysis (PCA)*
[8] *Roughness*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-01]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1399.8.2.6.8]
[DOI: 10.29252/jgit.8.2.75]

شاخص‌های پوشش گیاهی تقسیم می‌شوند. برای استخراج ویژگی طیفی مبتنی بر همسایگی، مطابق ویژگی‌های کوواریانس ابتدا برای هر نقطه K نزدیک‌ترین همسایه انتخاب می‌شود؛ که در این تحقیق از الگوریتم K نزدیک‌ترین همسایگی استفاده‌شده است[۱۶]. برای استخراج ویژگی طیفی، از شاخص‌های پوشش گیاهی استفاده‌شده است که در جدول (۲) نشان داده شده است[۱۸].

جدول ۱: مجموعه ویژگی‌های هندسی محاسبه‌شده

ویژگی‌های کوواریانس	خطی بودن[۱]	$(\lambda_1-\lambda_2)/\lambda_1$
	برنامه ریزی‌شده[۲]	$(\lambda_2-\lambda_3)/\lambda_1$
	پراکندگی[۳]	λ_3/λ_1
	انحنا[۴]	$\lambda_3/(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3)$
	ناهمسانگرایی[۵]	$(\lambda_1-\lambda_3)/\lambda_1$
	مجموع ویژگی‌ها[۶]	$\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3$
	تغییرات سطوح[۷]	λ_3
ویژگی‌های ارتفاعی	بیشترین‌اختلاف z[۸]	$Z_{\max}-Z_{\min}$
	واریانس z[۹]	$\left(\sum_{i=1}^{k} Z_i-\overline{Z}\right)\Big/k$
	میانگین z[۱۰]	$\left(\sum_{i=1}^{k} Z_i\right)\Big/k$

[1] *Linearity*
[2] *Planarity*
[3] *Scatter*
[4] *Curvature*
[5] *Anisotropy*
[6] *Sum of eigenvalues*
[7] *Surface Variation*
[8] *Max Z difference*
[9] *Z variance*
[10] *Mean Z*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-01]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1399.8.2.6.8]
[DOI: 10.29252/jgit.8.2.75]

جدول ۲: مجموعه ویژگی‌های طیفی محاسبه‌شده

ویژگی‌های مبتنی بر همسایگی	میانگین باند قرمز[۱]	$\left(\sum_{i=1}^{k} R_i\right)\Big/k$
	میانگین باند سبز[۲]	$\left(\sum_{i=1}^{k} G_i\right)\Big/k$
	میانگین باند آبی[۳]	$\left(\sum_{i=1}^{k} B_i\right)\Big/k$
	ضریب باند قرمز[۴]	$\bar{R}\Big/\sum_{i=1}^{k}\left(\bar{R}+\bar{G}+\bar{B}\right)$
	ضریب باند سبز[۵]	$\bar{G}\Big/\sum_{i=1}^{k}\left(\bar{R}+\bar{G}+\bar{B}\right)$
	ضریب باند آبی[۶]	$\bar{B}\Big/\sum_{i=1}^{k}\left(\bar{R}+\bar{G}+\bar{B}\right)$
	بیشترین اختلاف باند قرمز[۷]	$R_{\max}-R_{\min}$
	بیشترین اختلاف باند سبز[۸]	$G_{\max}-G_{\min}$
	بیشترین اختلاف باند آبی[۹]	$B_{\max}-B_{\min}$
شاخص‌های پوشش گیاهی	ضریب رنگ سبز[۱۰]	$Green/(\mathrm{Red}+Green+Blue)$
	ضریب سبز شاخص پوشش گیاهی[۱۱]	$(Green-\mathrm{Red})/(Green+\mathrm{Red})$

[1] *Mean R*
[2] *Mean G*
[3] *Mean B*
[4] *R Ratio*
[5] *G Ratio*
[6] *B Ratio*
[7] *Maximum R Difference*
[8] *Maximum G Difference*
[9] *Maximum B Difference*
[10] *Green Ratio*
[11] *Green Ratio vegetation index*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-01]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1399.8.2.6.8]
[DOI: 10.29252/jgit.8.2.75]

۳-۴- طبقه‌بندی ابر نقاط به روش جنگل تصادفی

الگوریتم جنگل تصادفی در سال ۲۰۰۱ توسط برایمن[1] ارائه گردید [۱۹]. این الگوریتم ازجمله الگوریتم‌های یادگیری دسته‌جمعی[2] می‌باشد که با ترکیب نتایج خروجی‌های چند طبقه‌بندی کننده، به یک طبقه‌بندی با نتایج بهتری دست می‌یابد[۲۰]. این نوع طبقه‌بندی در دو مرحله تشکیل یادگیرنده‌ها و ترکیب آن‌ها برای ایجاد یک الگوریتم یادگیری صورت می‌گیرد. روش‌های متفاوتی برای ترکیب خروجی‌های طبقه‌بندی کننده‌ها موجود می‌باشد که یکی از مرسوم‌ترین این روش‌ها، روش رأی اکثریت[3] است. برچسب نهایی هر کلاس در الگوریتم جنگل تصادفی توسط رأی اکثریت طبقه‌بندی کننده‌ها تعیین می‌شود. الگوریتم جنگل تصادفی، یک طبقه‌بندی کننده دسته‌جمعی مبتنی بر درخت است. الگوریتم جنگل تصادفی ترکیبی از درخت‌های تصمیم‌گیری است که هر درخت تصمیم، یک رأی برای اختصاص دادن هر کلاس به یک بردار ورودی را ارائه می‌دهد. در پایان قانون رأی اکثریت به‌منظور اختصاص دادن هر نقطه به یک کلاس استفاده می‌شود که بر اساس بیشترین رأیی است که از مجموعه طبقه‌بندی کننده‌ها دریافت می‌کنند. در شکل (۲) فرآیند طبقه‌بندی با الگوریتم جنگل تصادفی نشان داده‌شده است. درصد مشخصی از نمونه‌های آموزشی که به‌صورت تصادفی انتخاب می‌شوند برای آموزش هر درخت استفاده می‌شوند و درصد باقی‌مانده از نمونه‌ها، به‌منظور برآورد دقت طبقه‌بندی داده‌های آموزشی، مورداستفاده قرار می‌گیرند. در این الگوریتم، تعداد درختان تصمیم‌گیری یک پارامتر قابل تغییر است. الگوریتم جنگل تصادفی برای طبقه‌بندی ابر نقاط بسیار پرکاربرد است و طبق تحقیقات صورت گرفته، نتایج قابل‌توجه و با دقت بالا ارائه می‌دهد[۱۷]. پس از استخراج بردار ویژگی‌ها از ابر نقاط، الگوریتم جنگل تصادفی با استفاده از نمونه‌های آموزشی، آموزش داده شده است و همچنین نمونه‌های آموزشی در تمامی منطقه مطالعاتی به‌صورت پراکنده انتخاب شده است تا الگوریتم جنگل تصادفی با دقت بالاتری آموزش داده شود. در شکل (۳) ساختار کلی روش پیشنهادی جهت طبقه‌بندی ابر نقاط با استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی نمایش داده‌شده است.

۳-۵- محاسبه دقت طبقه‌بندی

برای ارزیابی دقت طبقه‌بندی روش پیشنهادی در این پژوهش ابتدا به‌صورت دستی ابر نقطه طبقه‌بندی‌شده است و به هر کلاس برچسب مخصوص خود داده شده است و سپس با استفاده از ماتریس ابهام (درهم‌ریختگی)[4] دقت طبقه‌بندی محاسبه می‌شود. این دقت‌ها شامل، دقت تک‌تک کلاس‌ها[5] و دقت فراخوانی[6] و ضریب F_1 می‌باشد که با استفاده از روابط (۲، ۳ و ۴) به دست می‌آید. ضریب F_1 میانگین هارمونیک[7] دقت فراخوانی و دقت تک تک کلاس‌ها می‌باشد. در این روابط؛ TP [8] نشان‌دهنده نقاطی است که به‌طور صحیح شناسایی‌شده‌اند، FP [9] نیز نشان‌دهنده نقاطی است که به‌اشتباه شناسایی‌شده و درنهایت FN [10] نیز نشانگر نقاط شناسایی نشده است.

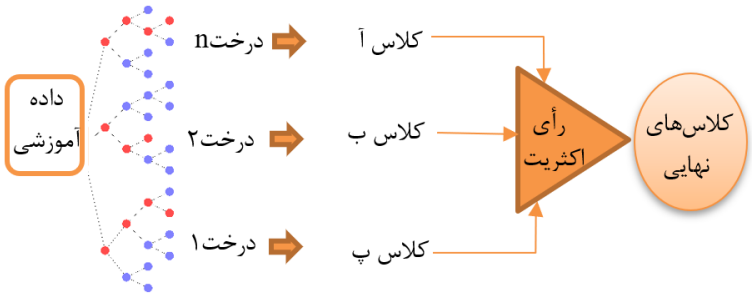
$$precision = \frac{|TP|}{|TP + FP|} \quad \text{رابطه(۲)}$$

$$recall = \frac{|TP|}{|TP + FN|} \quad \text{رابطه(۳)}$$

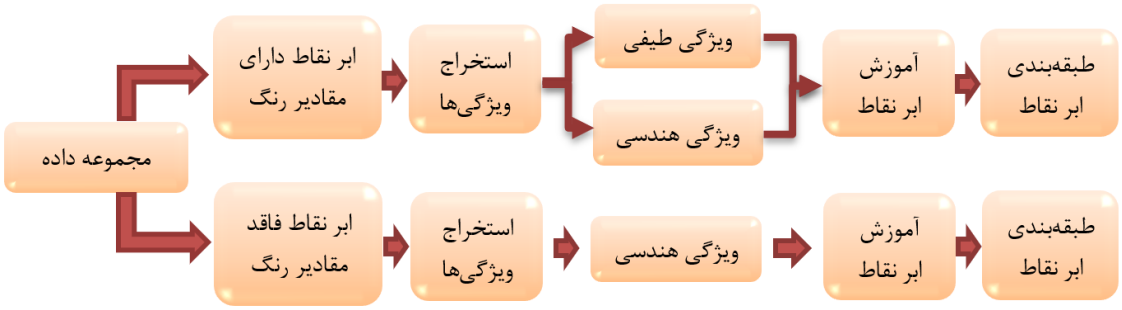
$$F_1 = \frac{2|TP|}{|2TP + FP + FN|} \quad \text{رابطه(۴)}$$

[1] Breiman
[2] Ensemble Algorithm
[3] Majority Vote
[4] Confusion matrix
[5] Precision
[6] Recall
[7] Harmonic Mean
[8] True Positive
[9] False Positive
[10] False Negative

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-01]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1399.8.2.6.8]
[DOI: 10.29252/jgit.8.2.75]



شکل۲: دیاگرام فرآیند طبقه‌بندی با جنگل تصادفی



شکل۳: ساختار کلی طبقه‌بندی ابر نقاط با روش جنگل تصادفی

۴- پیاده‌سازی و ارزیابی نتایج

روش پیشنهادی جهت طبقه‌بندی و شناسایی خطوط انتقال برق شامل پنج مرحله کلی می‌باشد؛ در محل اول ابتدا لازم است نویزهای ابر نقاط را حذف و از حجم ابر نقاط با استفاده از روش زیر نمونه‌برداری بکاهیم تا سرعت انجام پردازش مراحل بعدی افزایش یابد. در مرحله دوم ابر نقاط فیلتر شده و به دو قسمت ابر نقاط زمینی و ابر نقاط غیرزمینی تقسیم می‌شود و در ادامه پردازش‌هایی بر روی ابر نقاط غیرزمینی انجام می‌شود. در مرحله سوم که یکی از مراحل اصلی روش پیشنهادی این پژوهش است، ویژگی‌های ابر نقاط را استخراج می‌نماییم و طبقه‌بندی ابر نقاط را بر اساس ویژگی‌های استخراج‌شده انجام می‌دهیم.

۴-۱- مجموعه داده

در این پژوهش با استفاده از حسگر لیدار در دو سکوی مختلف (هوایی و لیزر اسکنر متحرک) نسبت به شناسایی خطوط انتقال برق اقدام شده است. مجموعه داده اول از منطقه دریاچه ماستین در آمریکا به وسیله لیزر اسکنر متحرک اسنوپی سری آ[1] اخذ شده است که با اخذ همزمان تصاویر از منطقه و ادغام آن‌ها با ابر نقاط، ابر نقاط دارای ویژگی‌های طیفی نیز شده‌اند. مجموعه داده دوم نیز توسط هگزاکوپتر دی جی ام ۶۰[2] که مجهز به لیزر اسکنر اچ دی ۳۲[3] است، برداشت‌شده و فاقد ویژگی‌های طیفی می‌باشد که مجموعه داده‌ها در شکل (۴) نمایش داده‌شده است. همه داده‌ها از یک منبع آنلاین[4] که در اختیار عموم است، دانلود و مورد استفاده قرار گرفته است.

[1] *Snoopy A-series*
[2] *DJi M60*
[3] *HD32 scanner*
[4] *https://www.lidarusa.com/sample-data.html*

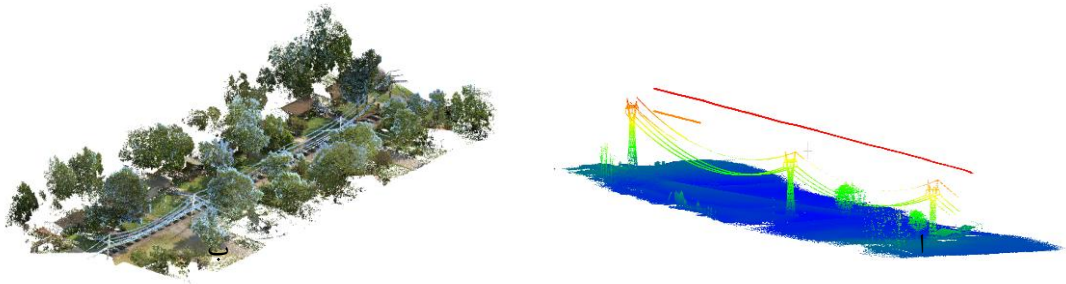
[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-01]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1399.8.2.6.8]
[DOI: 10.29252/jgit.8.2.75]

۴-۲- پیش‌پردازش ابر نقاط

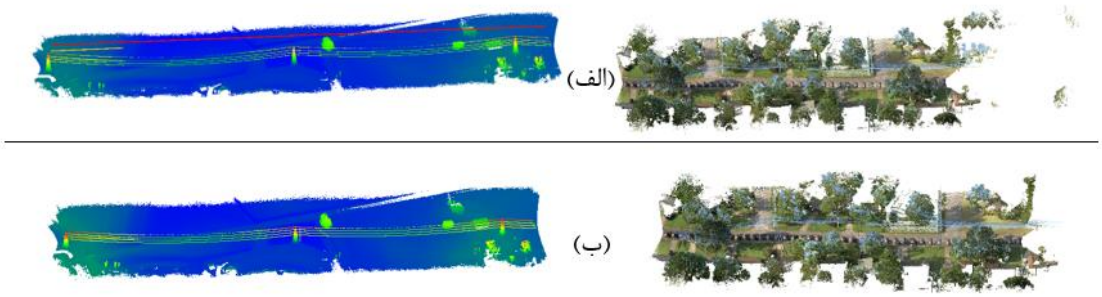
در این مرحله نویزهای موجود در ابر نقاط با استفاده از روش حذف آماری نویز از مجموعه داده اول و مجموعه داده دوم حذف شده است که نتایج در شکل (۵) نمایش داده‌شده است.

۴-۳- فیلتر کردن ابر نقاط

برای پیاده‌سازی روش جنگل تصادفی ابتدا ابر نقاط فیلتر شده و به دو قسمت ابر نقاط زمینی و ابر نقاط غیرزمینی تقسیم می‌شوند؛ که در شکل (۶) فیلتر کردن ابر نقاط برای دو مجموعه داده نشان داده‌شده است. با استفاده از پارامترهای تعیین‌شده در جدول(۳) نسبت به جداسازی ابر نقاط زمینی و غیرزمینی اقدام شده است.



شکل ۴: الف) نمای کلی مجموعه داده اول. ب) نمای کلی مجموعه داده دوم



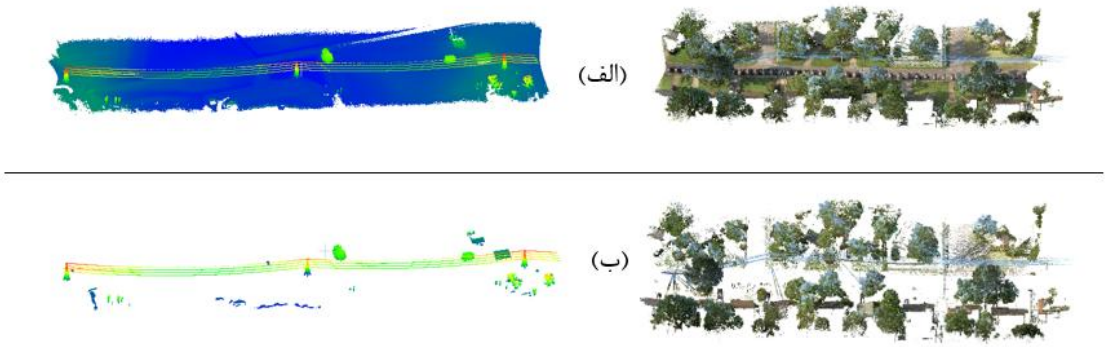
شکل ۵: الف) ابر نقاط اصلی (شکل سمت راست مجموعه داده اول و شکل سمت چپ مجموعه داده دوم). ب) ابر نقاط فاقد نویز (شکل سمت راست مجموعه داده اول و شکل سمت چپ مجموعه داده دوم).

جدول ۳: پارامترهای استفاده‌شده در الگوریتم *CSF*

قدرت تفکیک روکش[1]	۰/۲
حداکثر تعداد تکرار[2]	۵۰۰
حد آستانه طبقه‌بندی[3]	۰/۲

[1] *Cloth resolution*
[2] *Max iterations*
[3] *Classifiction threshold*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-01]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1399.8.2.6.8]
[DOI: 10.29252/jgit.8.2.75]



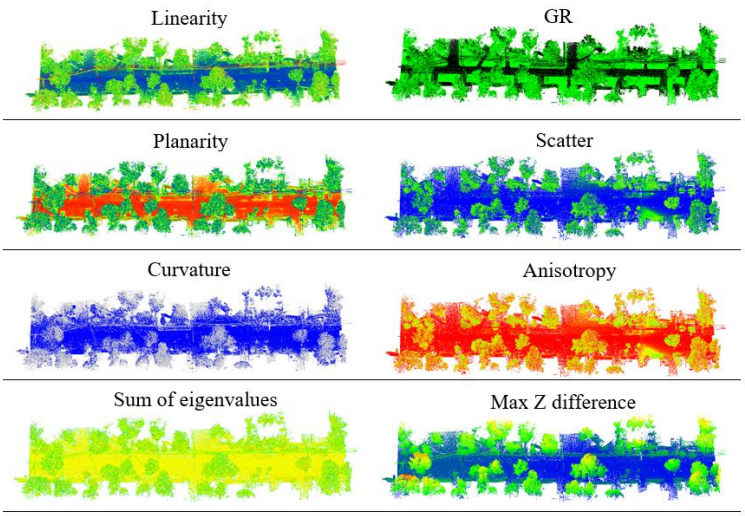
شکل ۶: الف) ابر نقاط اصلی (شکل سمت راست مجموعه داده اول و شکل سمت چپ مجموعه داده دوم). ب) ابر نقاط فیلتر شده (شکل سمت راست مجموعه داده اول و شکل سمت چپ مجموعه داده دوم)

۴-۴- استخراج ویژگی‌ها از ابر نقاط

به‌منظور طبقه‌بندی ابر نقاط، ویژگی‌های طیفی و هندسی از ابر نقاط استخراج‌شده است، که در شکل (۷) نمونه ویژگی‌های طیفی و هندسی بهینه‌ی استخراج شده از ابر نقاط نشان داده شده است.

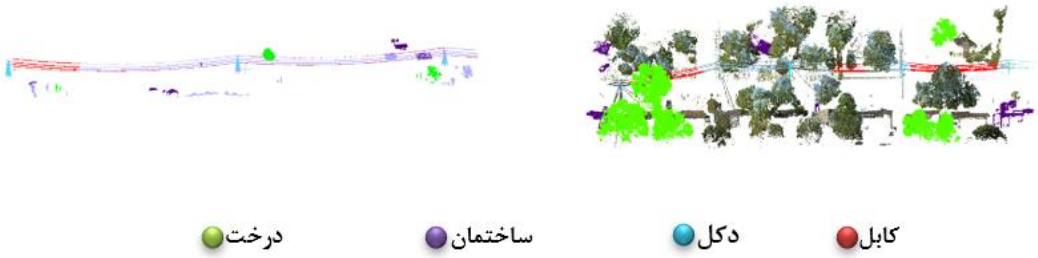
۴-۵- طبقه‌بندی ابر نقاط

قسمت‌هایی از ابر نقاط را به‌صورت دستی به‌عنوان داده آموزشی از ابر نقاط کلی استخراج و برای طبقه‌بندی استفاده‌شده است؛ که در شکل (۸) هر کلاس با رنگ مختص خود نمایش داده شده است.



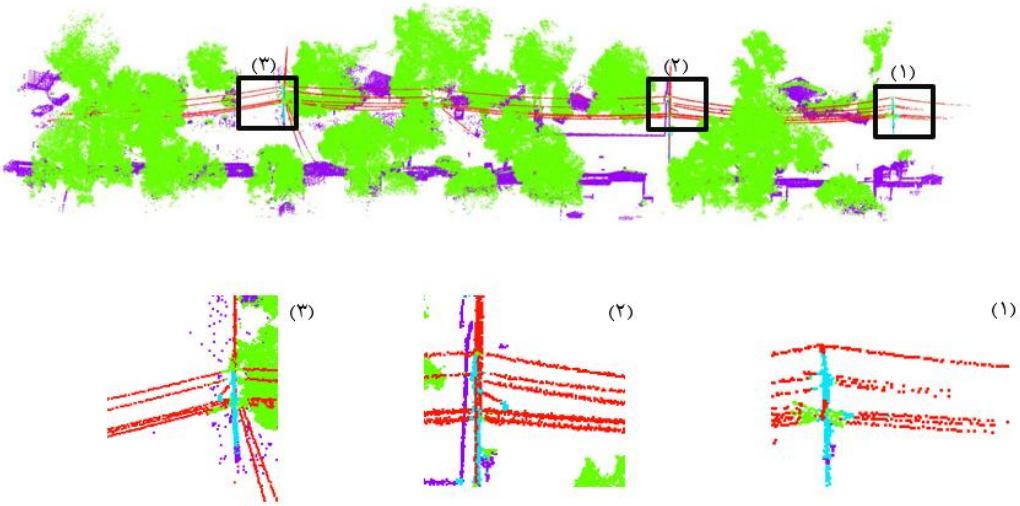
شکل۷: نمونه ویژگی‌های طیفی و هندسی بهینه‌ی استخراج شده از ابر نقاط

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-01]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1399.8.2.6.8]
[DOI: 10.29252/jgit.8.2.75]



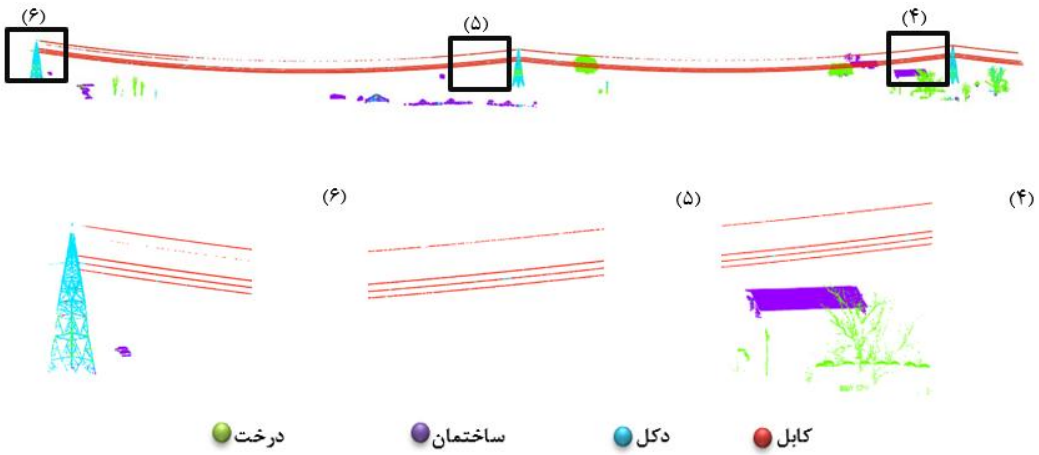
شکل ۸: قسمت‌های جداشده جهت داده آموزشی
(شکل سمت راست مجموعه داده اول و شکل سمت چپ مجموعه داده دوم)

در الگوریتم جنگل تصادفی، تعداد درختان تصمیم‌گیری برابر ۲۰۰، حداکثر عمق درخت برابر ۳۰ و تعداد نقاط همسایگی برابر ۲۰ در نظر گرفته‌شده است. ویژگی‌های طیفی و هندسی ابر نقاط با استفاده از روابط (۲، ۳ و ۴) استخراج‌شده است و با استفاده از ویژگی‌های طیفی و هندسی استخراج‌شده از داده اول و ویژگی‌های هندسی استخراج‌شده از داده دوم نسبت به طبقه‌بندی ابر نقاط اقدام شده است، که نتایج طبقه‌بندی در شکل‌های (۹ و ۱۰) نمایش داده‌شده است و جهت نمایش بهتر قسمتی از ابر نقاط کلی برش داده‌شده و از دید نزدیک‌تر نشان داده‌شده است. با توجه به شکل‌های (۹ و ۱۰)، مشاهده می‌شود که دقت روش پیشنهادی ازلحاظ بصری در شناسایی خطوط انتقال برق مطلوب بوده است.



شکل ۹: ابر نقاط طبقه‌بندی‌شده مجموعه داده اول

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-01]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1399.8.2.6.8]
[DOI: 10.29252/jgit.8.2.75]



شکل ۱۰: ابر نقاط طبقه‌بندی‌شده مجموعه داده دوم

۴-۶- ارزیابی دقت طبقه‌بندی

جهت ارزیابی دقت طبقه‌بندی و شناسایی سه‌بعدی خطوط انتقال برق در هر مجموعه داده بعد از طبقه‌بندی دستی، با استفاده از ماتریس سردرگمی، دقت طبقه‌بندی محاسبه‌شده است. این دقت‌ها شامل دقت تک‌تک کلاس‌ها، دقت فراخوانی و ضریب F_1 می‌باشد که در جدول (۴) نشان داده‌شده است[۳۳]. همان‌گونه که مشاهده می‌شود در مجموعه داده اول که دارای ویژگی‌های طیفی می‌باشد دقت استخراج کابل‌ها ۹۸٫۶۰ بوده و در مجموعه داده دوم که فاقد ویژگی طیفی می‌باشد این دقت برابر با ۹۶٫۸۱ است و این نشان‌دهنده‌ی توانایی ابر نقاط دارای ویژگی‌های طیفی در برابر ابر نقاط فاقد ویژگی‌های طیفی، در طبقه‌بندی می‌باشد. همچنین یکی از عواملی که باعث افزایش دقت شناسایی خطوط انتقال برق در این پژوهش شده است استفاده از ویژگی طیفی در شناسایی و طبقه‌بندی پوشش گیاهی است، زیرا نزدیکی درختان به خطوط انتقال برق و شباهت آن‌ها به دکل‌ها باعث کاهش دقت طبقه‌بندی می‌شود.

جدول۴: ارزیابی دقت طبقه‌بندی مجموعه داده اول و مجموعه داده دوم درروش پیشنهادی

روش	داده اول			داده دوم		
نام کلاس	دقت	دقت فراخوانی	F_1	دقت	دقت فراخوانی	F_1
کابل	۹۸٫۶۰	۸۶٫۶۱	۸۸٫۶۱	۹۶٫۸۱	۹۷٫۵۳	۹۶٫۰۹
پوشش گیاهی	۹۸٫۱۴	۹۴٫۶۱	۹۶٫۳۴	۹۰٫۰۸	۹۱٫۰۳	۸۳٫۴۳
دکل	۹۶٫۰۷	۸۴٫۳۳	۸۲٫۸۴	۸۸٫۵۲	۹۲٫۸۲	۹۱٫۸۰
ساختمان	۸۲٫۶۵	۸۶٫۰۱	۵۵٫۹۱	۹۸٫۷۷	۹۷٫۷۹	۹۸٫۲۸
دقت کلی	۹۷٫۰۵			۹۵٫۴۸		

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-01]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1399.8.2.6.8]
[DOI: 10.29252/jgit.8.2.75]

۵- نتایج و پیشنهادها

در ایـن پـژوهش روشـی نـوین بـر مبنـای جنگـل تصادفی که جزئـی از الگـوریتم‌هـای یـادگیری ماشـین است، به‌منظور تشخیص سه‌بعدی خطوط انتقال بـرق از دو مجموعه داده استفاده‌شده اسـت. مجموعـه داده اول لیزر اسکنر هوایی بدون ویژگی طیفـی و بـا پیچیـدگی هندسـی کمتـر مـی‌باشـد و مجموعـه داده دوم نیـز بـا استفاده از لیزر اسکنر متحرک برداشت‌شـده کـه دارای ویژگـی طیفـی و پیچیـدگی هندسـی بیشـتر اسـت. همان‌گونه که در جدول ارزیابی و خروجی‌های ابر نقـاط طبقه‌بندی‌شده مشاهده می‌شود ابر نقـاطی کـه شـامل ویژگی طیفی و پیچیدگی هندسی بیشتری است دارای دقت طبقه‌بندی بالاتری نسبت به ابر نقاطی‌اند که فاقـد ویژگی طیفی و همچنین پیچیـدگی هندسـی کمتـری اسـت. ایـن دقـت بیشـتر، نشـان‌دهنـده کـارایی بـالای ویژگی‌های طیفی در طبقه‌بندی می‌باشد. در پایان نیـز ملاحظه میگردد که نتایج حاصل از الگـوریتم یـادگیری ماشین (جنگل تصادفی)، هم از لحـاظ بصـری و هـم از لحاظ عددی دارای دقت بالایی می‌باشد و بیانگر توانایی این روش در شناسایی سـه‌بعـدی خطـوط انتقـال بـرق است.

مراجع

[1] Ahmad, Junaid, et al. "Vegetation encroachment monitoring for transmission lines right-of-ways: A survey." Electric Power Systems Research 95 (2013): 339-352.

[2] Matikainen, Leena, et al. "Remote sensing methods for power line corridor surveys." ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 119 (2016): 10-31.

[3] Qin, Yuanwei, et al. "Forest cover maps of China in 2010 from multiple approaches and data sources: PALSAR, Landsat, MODIS, FRA, and NFI." ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 109 (2015): 1-16.

[4] Yadav, Manohar, and Charudatta G. Chousalkar. "Extraction of power lines using mobile LiDAR data of roadway environment." Remote Sensing Applications: Society and Environment 8 (2017): 258-265.

[5] Glennie, Craig L., et al. "Geodetic imaging with airborne LiDAR: the Earth's surface revealed." Reports on Progress in Physics 76.8 (2013): 086801.

[6] McManamon, Paul. "Review of ladar: a historic, yet emerging, sensor technology with rich phenomenology." Optical Engineering 51.6 (2012): 060901.

[7] Chen, Chi, et al. "Automatic clearance anomaly detection for transmission line corridors utilizing uav-borne lidar data." Remote Sensing 10.4 (2018): 613.

[8] Dr. Ghodratollah Heidari. Electrical Design of overhead power Transmission line. (2011)

[9] Song, Biqin, and Xuelong Li. "Power line detection from optical images." Neurocomputing 129 (2014): 350-361.

[10] Tian, Feng, Yaping Wang, and Linlin Zhu. "Power line recognition and tracking method for UAVs inspection." 2015 IEEE International Conference on Information and Automation. IEEE, 2015.

[11] Zhang, Yong, et al. "Automatic power line inspection using UAV images." Remote Sensing 9.8 (2017).

[12] Cerón, Alexander, Iván Mondragón, and Flavio Prieto. "Onboard visual-based navigation system for power line following with UAV." International Journal of Advanced Robotic Systems 15.2 (2018): 1729881418763452.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-01]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1399.8.2.6.8]
[DOI: 10.29252/jgit.8.2.75]

[13] H Guan, Y Yu, J Li, Z Ji, Q Zhang. "Extraction of power-transmission lines from vehicle-borne lidar data." International Journal of Remote Sensing 37.1 (2016): 229-247.

[14] Y Wang, Q Chen, L Liu, D Zheng, C Li, K Li. "Supervised classification of power lines from airborne LiDAR data in urban areas." Remote Sensing 9.8 (2017): 771.

[15] W Zhang, J Qi, P Wan, H Wang, D Xie, X Wang, G Yan. "An easy-to-use airborne LiDAR data filtering method based on cloth simulation." Remote Sensing 8.6 (2016): 501.

[16] Carlos Becker, Nicolai Häni, Elena Rosinskaya, Emmanuel d'Angelo, Christoph Strecha. "Classification of aerial photogrammetric 3D point clouds." arXiv preprint arXiv:1705.08374 (2017).

[17] Li, Quan, and Xiaojun Cheng. "Comparison of Different Feature Sets for TLS Point Cloud Classification." Sensors 18.12 (2018): 4206.

[18] Farzaneh DadrasJavan, Farhad Samadzadegan, Seyed Hossein Seyed Pourazar & Haidar Fazeli. "UAV-based multispectral imagery for fast Citrus Greening detection." Journal of Plant Diseases and Protection (2019): 1-12.

[19] Breiman, Leo. "Random forests." Machine learning 45.1 (2001): 5-32.

[20] Zhou, Zhi-Hua. Ensemble methods: foundations and algorithms. Chapman and Hall/CRC, (2012).

[21] Zhu, Lingli, and Juha Hyyppä. "Fully-automated power line extraction from airborne laser scanning point clouds in forest areas." Remote Sensing 6.11 (2014): 11267-11282.

[22] H Guan, Y Yu, J Li, Z Ji, Q Zhang. "Extraction of power-transmission lines from vehicle-borne lidar data." International Journal of Remote Sensing 37.1 (2016): 229-247.

[23] L Cheng, L Tong, Y Wang, M Li. "Extraction of urban power lines from vehicle-borne LiDAR data." Remote Sensing 6.4 (2014): 3302-3320.

[24] Yuee Liu ; Zhengrong Li ; Ross Hayward ; Rodney Walker ; Hang Jin. "Classification of airborne lidar intensity data using statistical analysis and hough transform with application to power line corridors." 2009 Digital Image Computing: Techniques and Applications. IEEE, 2009.

[25] TERESTRIČNEGA, AERO-IN, and LASERSKEGA SKENIRANJA. "Extraction of power lines from airborne and terrestrial laser scanning data using the hough transform." Geodetski Vestnik 59 (2015): 2.

[26] Sohn, Gunho, Yoonseok Jwa, and Heungsik Brian Kim. "Automatic powerline scene classification and reconstruction using airborne lidar data." ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci 13.16 (2012): 28.

[27] Guangjian Yan ; Chaoyang Li ; Guoqing Zhou ; Wuming Zhang ; Xiaowen Li. "Automatic extraction of power lines from aerial images." IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters 4.3 (2007): 387-391.

[28] Kim, Heungsik B., and Gunho Sohn. "Point-based classification of power line corridor scene using random forests." Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 79.9 (2013): 821-833.

[29] Guo, Bo, et al. "An improved method for power-line reconstruction from point cloud data." Remote sensing 8.1 (2016): 36.

[30] Weinmann, M.; Schmidt, A.; Mallet, C.; Hinz, S.; Rottensteiner. "Contextual classification of point cloud data by exploiting individual 3D neigbourhoods." ISPRS Annals of the Photogrammetry,

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-01]
[DOR: 20.1001.1.20089635.1399.8.2.6.8]
[DOI: 10.29252/jgit.8.2.75]

Remote Sensing and Spatial Information Sciences II-3 (2015), Nr. W4 2.W4 (2015): 271-278.

[31] HarisBalta JasminVelagic, WalterBosschaerts, GeertDe Cubber, BrunoSiciliano. "Fast Statistical Outlier Removal Based Method for Large 3D Point Clouds of Outdoor Environments." IFAC-PapersOnLine 51.22 (2018): 348-353.

[32] XIAOJUN SHEN, CHUAN QIAN, YONG DU, XINLE YU, RUI ZHANG. "An automatic extraction algorithm of high voltage transmission lines from airborne LIDAR point cloud data." Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences 26.4 (2018): 2043-2055.

[33] Kohavi, Ron, and Foster Provost. "Glossary of terms journal of machine learning." Mach. Learn (1998).

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-01]

[DOR: 20.1001.1.20089635.1399.8.2.6.8]

[DOI: 10.29252/jgit.8.2.75]

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

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.8 No.2, Summer 2020

Research Paper

3D Detection of Power-Transmission Lines in Laser Scanner Point Clouds Using Random Forest Method

Mohammad Bagher Mohammadi moghaddam [1], Farhad Samadzadegan [2], Farzaneh Dadras Javan [3]*

1- Ms.c student of Photogrammetry, School of Surveying and Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran.
2- Professor, School of Surveying and Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran.
3- Assistant professor, School of Surveying and Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran.

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-01-01]

[DOR: 20.1001.1.20089635.1399.8.2.6.8]

[DOI: 10.29252/jgit.8.2.75]

Abstract

Inspection of power transmission lines using classic and current experts based methods suffers from disadvantages such as staff injury time and money consumption. The Advent of UAVs and their application in aerial data gathering help to decrease the time and cost prominently and it also lessens the disadvantages of the current methods.

The purpose of this research is to present an efficient automated method for inspection of power transmission lines based on point clouds achieved by aerial data. The proposed method has five steps: removing noise on point clouds and filtering point clouds in order to divide it into two parts of ground points and non-ground points, features extraction from non-ground point clouds and finally, classifying power lines for 3d detection of power lines that are really important for location analyses of power transmission lines. For capability assessment of the proposed method, two different data sets as aerial RGB based UAV imagery and aerial laser based data is applied. The accuracy of the proposed method was 97.05% in total classification and 98.80% in power lines detection for dataset 1 taken over an urban area with spectral features. The total accuracy in classification was 95.48% and 96.81% in power lines detection for dataset 2 taken from a rural area.

Key words: *Power-transmission lines detection, Random forest Classification, Laser Scanner Point Cloud, UAV based data.*

Correspondence Address *: photogrammetry Group, Department of Geomatics, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.*
Tel*: +98 21 61114256.*
Email*: fdadrasjavan@ut.ac.ir*