نشریه علمی پژوهشی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال هفتم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۸

Vol.7, No.3, Autumn 2019

۱۶-۱

مقاله پژوهشی

بومی‌سازی الگوریتم بویان جهت شناسایی آتش سوزی جنگل ها از تصاویر ماهواره ای سنجنده مادیس

امید آذری[۱]، علی محمدزاده[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه فتوگرامتری، دانشکده نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲- دانشیار گروه فتوگرامتری و سنجش از دور، دانشکده نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۱/۰۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۸/۱۰

چکیده

وقوع آتش‌سوزی از جمله پدیده‌هایی است که همه ساله خسارات زیاد و جبران‌ناپذیری بر جنگل‌ها و منابع طبیعی اقصی نقاط جهان از جمله ایران وارد می‌کند و موجب نابودی هزاران هکتار از جنگل‌ها و پوشش‌های گیاهی می‌شود. باتوجه به احتمال زیاد وقوع آتش‌سوزی در اکثر مناطق جهان، نظارت کامل و مداوم روی این پدیده طبیعی، مهم و ضروری است. استفاده از فناوری سنجش‌ازدور راهکاری مناسب برای شناسایی و مدیریت آتش‌سوزی‌هاست. در این پژوهش، توسعه و بهبود الگوریتم بویان و مقایسه آن با برخی الگوریتم‌های آشکارسازی آتش بااستفاده از تصاویر سنجنده مادیس مدنظر است. به این منظور علاوه بر الگوریتم توسعه یافته، الگوریتم‌های بویان در سال ۲۰۰۷، لینگلی وانگ در سال ۲۰۰۸ و جینگ وانگ در سال ۲۰۱۱ برای منطقه جنگلی استان گلستان بومی‌سازی و پیاده‌سازی شده‌اند. برای ارزیابی نتایج به‌دست آمده از الگوریتم‌های مذکور، از ماتریس ابهام و داده‌های زمینی اخذ شده از سازمان جنگل‌ها و منابع طبیعی استان گلستان استفاده شده‌است. همچنین نرخ شناسایی آتش، مقدار آلارم اشتباه و ضریب کاپا برای هر الگوریتم محاسبه و با یکدیگر مقایسه شده‌اند که مقدار نرخ شناسایی آتش برای الگوریتم‌های بویان، لینگلی وانگ، جینگ وانگ و الگوریتم توسعه یافته به ترتیب ۷۸٫۹۵، ۵۳٫۸۴، ۴۶٫۱۵ و ۷۲٫۲۲ درصد و مقدار ضریب کاپا نیز به ترتیب ۸۱٫۰۲، ۳۲٫۳۷، ۲۸٫۳۷ و ۸۱٫۱۱ درصد بدست آمد که نشان از برتری عملکرد الگوریتم توسعه یافته در منطقه مطالعاتی دارد.

کلید واژه‌ها : آتش‌سوزی جنگل، الگوریتم شناسایی آتش، بهبود الگوریتم، سنجنده مادیس.

* نویسنده مکاتبه کننده: تهران، خیابان ولی‌عصر، بالاتر از میرداماد، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین طوسی.

تلفن: ۰۹۱۲۴۷۵۲۹۶۱

Email: almoh2@gmail.com

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-09]

[DOI: 10.29252/jgit.7.3.1]

۱- مقدمه

هرساله بسته به شرایط محیطی و دخالت‌های انسانی، آتش‌سوزی‌های زیادی در عرصه‌های منابع طبیعی کشور از جمله جنگل‌های شمال ایران رخ می‌دهد که موجب خسارت‌های زیاد به این منابع و نابودی آن‌ها می‌شود. بسته به امکانات موجود در کشور هرساله اقداماتی برای کنترل و مدیریت اطفاء حریق انجام می‌شود.

کاهش رطوبت نسبی هوا، دسترسی آسان به مواد سوختنی و عوامل انسانی از مهمترین دلایل آتش‌سوزی جنگل‌ها می‌باشد. در فصل زمستان، خشک شدن شاخ و برگ گیاهان به دلیل سرمای زیاد و خشکسالی و در فصل پاییز نیز برگ‌های خشکی که سطح زمین را پوشانده است؛ مواد سوختنی را تشکیل می‌دهند که احتمال آتش‌سوزی را افزایش می‌دهند.

در سال‌های اخیر مطالعات زیادی در زمینه شناسایی، نظارت و بررسی آتش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و علم سنجش‌ازدور در ایران و جهان توسط پژوهشگران مختلفی انجام شده‌است. کافمن و همکارانش برای آشکارسازی آتش، نسخه سه الگوریتم جهانی را نوشتند[۱]. بعدها گیگلیو و همکارانش در سال ۲۰۰۳ این الگوریتم را با استفاده از روش آزمون زمینه بهبود داده و با نام الگوریتم جهانی نسخه چهار توسعه دادند که از این روش امروزه برای شناسایی آتش در سطح جهانی بر پایه تصاویر سنجنده مادیس استفاده می‌شود؛ اگرچه ممکن است این روش در بسیاری از کاربردهای محلی ضعیف بوده و نیاز به بومی‌سازی داشته باشد[۲]. وانگ و همکارانش در سال ۲۰۰۵ مطالعاتی را برای بهبود امکان شناسایی آتش در جنگل‌های جنوب شرق آمریکا انجام دادند[۳]. البته به دلیل تراکم زیاد تاج پوشش این جنگل‌ها، حرارتی که تصاویر مادیس در حین آتش‌سوزی ثبت کرده‌اند، پایین است و چون الگوریتم جهانی قادر به کشف این آتش‌های سرد و کوچک نیست تصمیم به ارائه الگوریتم بهبود یافته گرفتند. بویان در سال ۲۰۰۷ الگوریتمی گراف‌مبنا را برای شناسایی آتش‌سوزی جنگل ارائه کرد. در سال ۲۰۰۸ لینگلی وانگ بر اساس یکسری شاخص‌ها الگوریتمی برای آشکارسازی آتش پیشنهاد داد.

در ایران نیز مطالعات و تحقیقات زیادی در این حوزه انجام شده است که از جمله می‌توان به پژوهش موقتی و همکاران اشاره کرد که در آن عملکرد سه الگوریتم جهانی و بهبود یافته و گراف پایه را در پنج مورد آتش-سوزی کرمانشاه باهم مقایسه کرده که نتیجه آن برتری الگوریتم جهانی بوده‌است که در نتیجه این پژوهش، موقتی و همکاران یک الگوریتم عامل پایه[1] را برای کشف آتش در جنگل با استفاده از تصویر مادیس در سطح و مقیاس ملی پیشنهاد دادند[۴]. اردکانی و همکاران نیز در منطقه خور از توابع شهرستان نائین در استان اصفهان الگوریتم جهانی را برای کشف آتش بکار بردند و توصیه کردند برای شرایط جوی متفاوت حد آستانه مناسب تعریف شود[۵]؛ به همین منظور آنها حد آستانه ۲۹۳ درجه کلوین را بجای حد آستانه ۳۱۰ درجه کلوین برای شناسایی سلول‌های دارای پتانسیل آتش پیشنهاد کردند.

به دلیل وقوع آتش‌سوزی‌های زیاد در جنگل‌های شمال، ضرورت دارد که با مطالعه و تحقیقاتی ابتدا کارایی تصاویر سنجنده مادیس و الگوریتم‌های مختلف را در این جنگل‌ها مورد ارزیابی قرار داد تا در صورت مناسب بودن، برای پایش استفاده شوند و در صورت امکان و نیاز بتوان الگوریتمی متناسب با شرایط جوی این منطقه توسعه داد. در ادامه ابتدا مروری بر تعدادی از الگوریتم‌های شناسایی آتش خواهد شد و سپس توسعه الگوریتم بویان را که به‌منظور کاهش آلارم اشتباه و عملکرد بهتر، بهبود داده شده معرفی و با الگوریتم‌های ذکر شده مقایسه می‌شود.

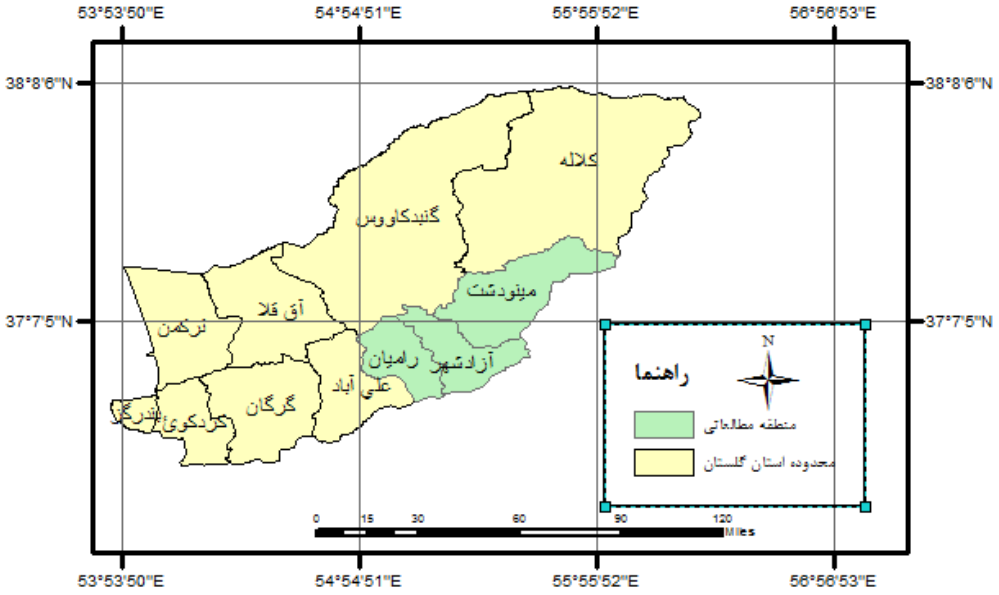
[1] *Agent-base*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-09]

[DOI: 10.29252/jgit.7.3.1]

۲- منطقه مورد مطالعه و داده‌های استفاده شده

جنگل‌های شهرستان‌های آزادشهر، رامیان و مینودشت واقع در استان گلستان برای انجام این تحقیـق انتخـاب شده‌اند که در شـکل (۱) نمـایش داده شـده اسـت. در جدول(۱) مشخصات تصویر مـورد اسـتفاده آورده شـده است.



شکل ۱: محدوده منطقه مطالعاتی

جدول ۱: مشخصات تصویر مورد استفاده

زمان	تاریخ	ماهواره	تصویر
۷:۳۰	*12/12/2010*	*Terra*	*MOD021KM.A2010346*

در این منطقـه از اسـتان گلسـتان در روز یکشـنبه بـه تاریخ ۲۱ آذر ماه ۱۳۸۹، ۱۳ مورد آتش‌سوزی از سـوی سازمان جنگل‌ها و مراتع استان گلسـتان گـزارش شـده است. به همین منظور برای پیاده‌سازی ایـن تحقیـق از تصویر ماهواره ترا[1] سنجنده مادیس در تاریخ مورد نظـر استفاده شده‌است که از سـایت ناسـا[2] اخـذ شـده‌اسـت. مشخصات این تصویر خام در جدول (۱) آمده‌است.

تصویر استفاده شده در تحقیق دارای داده‌هـای کـالیبره شده از سطح زمین است که تصحیحات اتمسـفری روی آن انجام شده است. تصحیح هندسی تصویر در نرم‌افزار *ENVI* صورت گرفتـه کـه بـدین منظـور بـا اسـتفاده از پارامترهای تصحیح هندسی بدست آمده از نقاط کنترل زمینی موجود در هدر[3] تصویر و متد مثلث‌بندی و روش نمونه‌برداری نزدیکترین همسایه، تصویر تصـحیح شـده است. برای ارزیابی نتایج این پـژوهش نیـز از داده‌هـای

[1] *Terra*
[2] *https://ladsweb.nascom.nasa.gov*
[3] *Header*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-09]
[DOI: 10.29252/jgit.7.3.1]

زمینی اخذ شده از سازمان جنگل‌ها و مراتع استان گلستان که از محدوده آتش‌سوزی‌ها گرفته شده‌اند؛ استفاده می‌کنیم.

۳- مروری بر روش‌های مختلف شناسایی آتش

همانطور که اشاره شد در این تحقیق سه الگوریتم شناسایی آتش ارائه شده توسط لینگلی وانگ، جینگ وانگ و بویان پیاده‌سازی شده و مورد تحقیق و بررسی قرار خواهند گرفت که توضیح هریک از الگوریتم‌ها در ادامه آمده‌است.

۳-۱- الگوریتم لینگلی وانگ

در این الگوریتم که توسط لینگلی وانگ و همکاران در سال ۲۰۰۸ ارائه‌شد از تعدادی از شاخص‌ها برای کشف و شناسایی آتش استفاده شده است[۶]. در این الگوریتم از دو شاخص میزان خشکی چندطیفی نرمال شده([1]*NMDI*) و شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده[2] برای شناسایی آتش استفاده شده است.

با ترکیب کردن اطلاعات دو کانال مادون‌قرمز نزدیک[3] *(NIR)* و مادون‌قرمز طول‌موج کوتاه[4] *(SWIR)* تصویر مادیس، شاخص *NMDI* که شاخص مناسبی برای سنجش میزان خشکی خاک و گیاه است به دست می‌آید. برای خاک و مناطق فاقد گیاه، مقدار بالای شاخص *NMDI* حاکی از افزایش شدت خشکی در این مناطق است، در حالی که در مناطق با پوشش گیاهی انبوه، مقادیر پایین این شاخص نشان از شدت خشکی دارد.

شکل(۲) فلوچارت کلی الگوریتم را نشان می‌دهد، که در ادامه به توضیح مرحله‌به‌مرحله آن می‌پردازیم.

برای تولید ماسک آب و حذف پیکسل‌های آب از تصویر، ابتدا از تصویر مورد نظر در محیط نرم افزار *ArcGIS* از پهنه دریای خزر و پهنه‌های آبی موجود در منطقه، یک لایه آبی تهیه کرده و در محیط *ENVI* استفاده می‌کنیم. سپس پیکسل‌های ابر را باید از تصویر حذف کرد، برای این امر از روش ارائه‌شده توسط گیگلیو در سال ۲۰۰۳ استفاده می‌شود. طبق این روش پیکسل‌هایی که رابطه(۱) در آن‌ها صادق باشد به کلاس ابر تعلق دارند [۲]، که در این رابطه R_1 و R_2 مربوط به باندهای انعکاسی ۱ و ۲ می‌باشند و T_{12} بیانگر درجه حرارت روشنایی باند ۳۲ است.

در مرحله بعدی الگوریتم، بعد از حذف پیکسل‌های آب و ابر از تصویر، برای پیکسل‌های باقی‌مانده با توجه به رابطه(۲) و با استفاده از باندهای ۱ و ۲ شاخص پوشش گیاهی *NDVI* را محاسبه می‌کنیم.

هرچقدر شاخص پوشش گیاهی بیشتر باشد نشان‌دهنده تراکم زیاد جنگل و گیاه است.

شاخص پوشش گیاهی برای جداسازی جنگل از زمین استفاده می‌شود که برای این منطقه حد آستانه ۰/۴ در نظر گرفته شده است؛ یعنی پیکسل‌هایی که مقدار *NDVI* برای آن‌ها بیشتر از ۰/۴ است، به کلاس جنگل تعلق دارند.

بعد از این مراحل میزان خشکی پیکسل‌هایی که دارای *NDVI* بیشتر از ۰/۴ هستند بررسی می‌شوند، لذا برای این پیکسل‌ها مقدار شاخص *NMDI* را از رابطه (۳) به دست می‌آوریم. R_2 و R_6 و R_7 به ترتیب در این رابطه باندهای انعکاسی ۲،۶ و ۷ با طول‌موج‌های ۰/۸۶، ۱/۶۴ و ۲/۱۳ میکرومتر هستند.

شاخص *NMDI* برای تفسیر وضعیت رطوبت پیکسل‌های کلاس گیاه استفاده می‌شود که مقادیر پایین این شاخص نشان از بالا رفتن میزان خشکی گیاهان است. در مناطق آتش‌گرفته میزان شاخص *NMDI* برای گیاهان در زمان سوختن در حدود ۰/۲ است، که با بومی‌سازی، حد آستانه برای این منطقه مقدار ۰/۵۷ است که در مرحله آخر پیکسل‌هایی که رابطه(۴) در آن‌ها صدق می‌کند به کلاس آتش تعلق دارند.

[1] *Normalized Multi-band Drought Index (NMDI)*
[2] *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*
[3] *Near-Infrared*
[4] *Short-Wave Infrared*

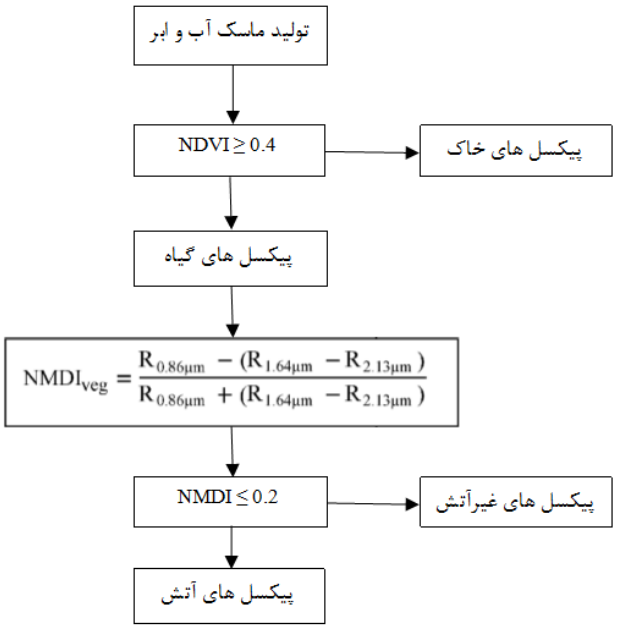
[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-09]
[DOI: 10.29252/jgit.7.3.1]

$$(R_1 + R_2) > 0.9 \ \ or \ \ (T_{12} < 265\ K) \ \ or \ \ (R_1 + R_2 > 0.7 \ \ and \ \ T_{12} < 285\ K)$$ رابطه(۱)

$$NDVI = \frac{R_2 - R_1}{R_2 + R_1}$$ رابطه(۲)

$$NMDI = \frac{R_2 - (R_6 - R_7)}{R_2 + (R_6 - R_7)}$$ رابطه(۳)

$$NMDI \leq 0.57$$ رابطـــه(۴)



شکل ۲: فلوچارت شناسایی آتش به روش لینگلی وانگ [۶]

۳-۲- الگوریتم جینگ وانگ

این الگوریتم که توسط جینگ وانگ و همکاران در سال ۲۰۱۱ ارائه شده است بـه شناسـایی پیکسـل‌هـای دود ناشی از آتش‌سوزی جنگل‌ها پرداختـه اسـت[۷]. بـرای تشریح الگوریتم ابتدا نیاز است مـواردی را در رابطـه بـا خصوصیات طیفی باندهای سنجنده *مـادیس* و یکسـری مطالعات وانگ بیان کنیم.

به دلیل انعکاس طیفی بـالا و درجـه حـرارت روشـنایی پایین هواویز (ابر، دود، غبـار و ...)، در بانـدهای مرئـی و مادون قرمز هواویز[1] و سطوح زیر ابر تفاوت‌هـایی وجـود دارد. به دلیل وجود طبقه‌بندی‌هـای مختلـف در سـطح زمین، بازتابندگی در باندهای با طول موج کوتاه، متغییر است یعنی عددی بین ۰٫۶۸- ۰٫۵۸ میکرومتر؛ در حالی که کمترین بازتابندگی برای گیاهان اسـت و بعـد از آن برای آب و خاک، و بیشترین بازتابنـدگی بـرای کـلاس شهر می‌باشد.

بازتابندگی ابر که با ضخامت و ارتفاع در ارتبـاط بـوده و متغیر می‌باشد بیشتز از بازتابندگی سطح زمین است.

بازتابنـدگی سـطح زمـین در بانـدهای مرئـی سـنجنده *مـادیس* پـایین اسـت و در حـدود ۰٫۶۴۵ میکرومتـر می‌باشد، در حالی که بازتابندگی هواویز بـالا اسـت؛ بـه همین منظور باند ۱ *مادیس* بـرای شناسـایی دود و ابـر ترجیح داده شده اسـت. ژی و همکـارانش بـرای آنـالیز طیفی کاراکترهای دود از سنسـور چنـدطیفی اسـتفاده کردند. آن‌ها از هشت اندازه‌گیری در هشت باند مختلف به طول موج‌های ۰٫۴۴۷، ۰٫۵۴۹، ۰٫۶، ۰٫۶۵۱، ۰٫۷۵۲، ۰٫۸۵۴، ۱٫۰۴۴ و ۱٫۲۴۵ استفاده کردند[۸]. این مطالعه نشان داد که دود در باند با طول موج کوتاه بازتاب قوی

[1] *Aerosol*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-09]
[DOI: 10.29252/jgit.7.3.1]

دارد، به همین منظور باند ۸ *مادیس* برای شناسایی دود قابل استفاده است زیرا کوتاهترین طول موج را در مادیس دارد.

شکل(۳) یک فضای ویژگی دو بعدی را نشان می‌دهد که وانگ در مطالعات خود از آن استفاده کرده است. در این فضا که مقادیر باند ۱ سنجنده *مادیس* روی محور X و مقادیر باند ۸ این سنجنده روی محور Y قرار گرفته‌اند، موقعیت نسبی دود، ابر، سطح زمین و آب نمایش داده شده است. مطالعه روی این فضای ویژگی و موقعیت این چهار عنصر در این فضا، باعث شده است که وانگ به این نتیجه برسد که می‌توان پیکسل‌های هواویز (دود، ابر و ...) را با استفاده از روش خوشه‌بندی *K-means* شناسایی کرد.

هواویز به‌طورکلی از دود و گردوغبار و ابر تشکیل شده است، بنابراین در فرآیند شناسایی دود، وجود ابر مزاحمت ایجاد می‌کند؛ پس نیاز است که پیکسل‌های ابر را از تصویر حذف کنیم. به همین منظور درجه حرارت روشنایی باند، ۱۱ میکرومتر و اختلاف درجه حرارت روشنایی باندهای ۳٫۷ و ۱۱ میکرومتر و هم‌چنین ۲۶ انعکاسی برای جداسازی دود از ابر در هواویز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

باند ۲۶ با میانگین طول موج ۱٫۳۸ میکرومتر، پنجره طیفی بخار آب است که دارای جذب رطوبت می‌باشد و معمولاً در مانیتورینگ ابرهای مرتفع استفاده می‌شود و به ابرهای تکه‌ای نازک حساس است.

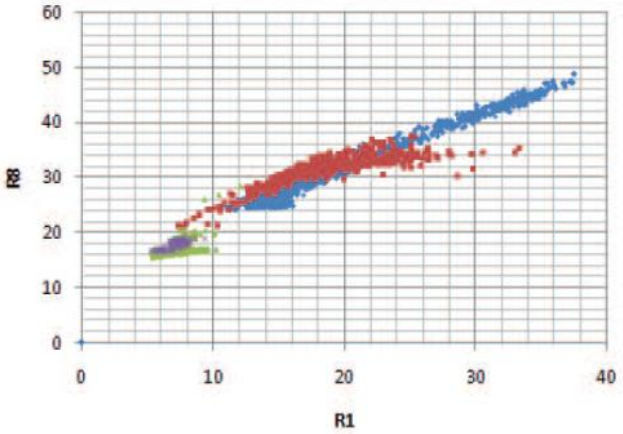
اختلاف درجه حرارت روشنایی باندهای ۳٫۷ و ۱۱ میکرومتر نیز به دلیل شفافیت بالای رطوبت و تأثیر ضعیف آن در طول موج ۳٫۷ میکرومتر، برای جداسازی دود و ابر مناسب است. تابش از سطح در باندهای ۸٫۶، ۱۱ و ۱۲ میکرومتر تفاوت اندکی دارد در حالی‌که جذب رطوبت در آنها تفاوت زیادی دارد و با توجه به اینکه اجزای اصلی دود را جامدات و اجزای اصلی ابر را مایعات تشکیل داده‌اند و هم‌چنین به دلایل ذکر شده در بالا، برای جداسازی دود از ابر، استفاده از مقادیر باندهای زیر در این الگوریتم پیشنهاد می‌شود:

۱) باند انعکاسی ۲۶ ($B26$)

۲) درجه حرارت روشنایی باند ۱۱ میکرومتر ($BT11$)

۳) اختلاف درجه حرارت روشنایی باندهای ۳٫۷ میکرومتر و ۱۲ میکرومتر ($BT3.7 - BT12$)

در جدول(۲) لیست باندهای مورد استفاده در الگوریتم وانگ آورده شده است.



شکل ۳: فضای ویژگی دوبعدی الگوریتم وانگ [۷]

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-09]

[DOI: 10.29252/jgit.7.3.1]

جدول ۲: لیست باندهای مورد استفاده در الگوریتم وانگ

شماره باند	محدوده طول موج (μm)
۱	۰٫۶۲۰-۰٫۶۷۰
۸	۰٫۴۰۵ -۰٫۴۲۰
۲۰	۳٫۶۰۰-۳٫۸۴۰
۲۶	۱٫۳۶۰-۱٫۳۹۰
۳۱	۱۰٫۷۸۰-۱۱٫۲۸۰
۳۲	۱۱٫۷۷۰-۱۲٫۲۷۰

شکل(۴) فلوچارت الگوریتم شناسایی آتش‌سوزی وانـگ را نشان می‌دهـد کـه در ادامـه بـه توضـیح مراحـل آن می‌پردازیم.

برای پیاده‌سازی و اجرای الگوریتم شناسایی آتش وانگ پس از پیش‌پردازش‌های اولیه، ابتدا پهنه آبی دریای خزر را به‌وسیله لایه وکتور تهیه شده در نرم‌افزار *ArcGIS* و به کمک نرم‌افزار *ENVI* به صورت ماسک آبی درآورده و از تصویر اصلی جدا می‌کنیم.

بنا به دلایل ذکر شده در قبل، در مرحله اول الگوریتم به‌وسیله روش خوشه‌بندی *K-means* ابتدا در یک فضای ویژگی دوبعدی که بعدهای آن باندهای ۱ و ۸ سنجنده مادیس است؛ تصویر را به چهار دسته کلاس هواویز، گیاهان، آب و زمین کلاس‌بندی می‌کنیم.

همانطور که گفته شد هواویز شامل ذرات دود و ابر می‌باشد که برای جداسازی این دو کلاس از هم از رابطه (۵) استفاده می‌کنیم. در این رابطه $BT11$ درجه حرارت روشنایی باند ۱۱ میکرومتر، $B26$ باند انعکاسی۲۶، $BT3.7$ و $BT12$ نیز به‌ترتیب درجه حرارت روشنایی باندهای ۳٫۷ و ۱۲ میکرومتر است.

در رابطه (۵)، وانگ با ترسیم نمودار پراکنـدگی (یکبـار نمودار پراکندگی بین باندهای ۲۶ و $BT11$ و بـار دیگـر نمودار پراکندگی بین مقـادیر $BT3.7 - BT12$ و 11.)، حدآستانه‌ها را بدسـت آورده اسـت. بـه همـین منظـور حدآستانه‌های مورد استفاده در این منطقـه بـا ترسـیم نمودارهـای پراکنـدگی بـه صـورت رابطـه (۶) اسـت. آن‌دسته از پیکسل‌هایی کـه رابطـه (۶) در آنهـا صـادق باشد به کلاس دود تعلق می‌گیرند. در این مرحله نوبـت به این می‌رسد که از بین این پیکسل‌هـا، پیکسـل‌هـای آتش را جدا کنیم که برای ایـن منظـور ابتـدا شـاخص تفاوت پوشش گیـاهی نرمـال شـده ایـن پیکسـل‌هـا را بدست آورده و با اعمال حد آستانه مناسب، پیکسل‌های آتـــش را شناســـایی مـــی‌کنـــیم (رابطـــه (۷)).

رابطـــــه(۵)

$$T11 \geq 278\,K \;\&\; B26 \leq 0.4 \;\&\; BT3.7 - BT12 \leq 15\,K$$

رابطـــــه(۶)

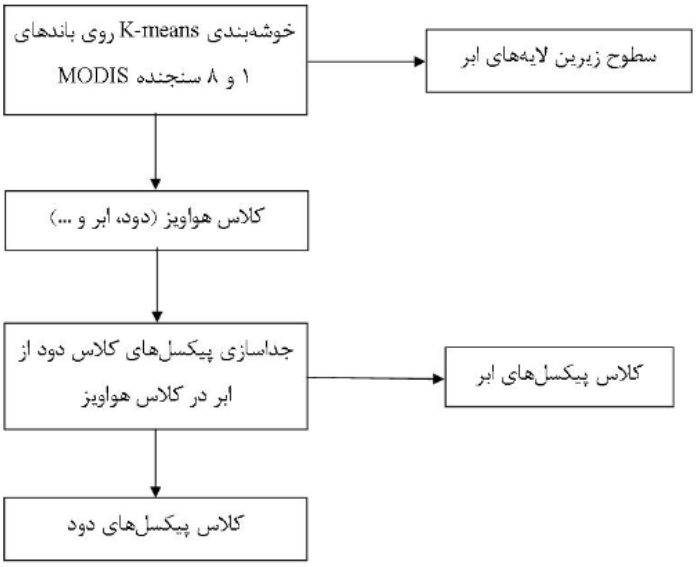
$$BT11 \geq 268\,K \;\&\; B26 \leq 0.2 \;\&\; BT3.7 - BT12 \leq 5\,K$$

رابطه(۷)

$$NDVI \leq 0.4$$

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-09]

[DOI: 10.29252/jgit.7.3.1]



شکل ۴: فلوچارت الگوریتم شناسایی آتش جینگ وانگ[۷].

۳-۳- الگوریتم بویان

این الگوریتم که در سال ۲۰۰۵ توسط یانگ جی بویان و همکاران ارائه شد از روشی گراف‌مبنا مبتنی بر فضای داخلی[1] به منظور شناسایی آتش استفاده می کند[۹]. *Spatial Outliers* در تصاویر سنجش از دوری مقادیر پیکسل‌هایی را نشان می‌دهد که به طور قابل ملاحظه‌ای با پیکسل‌های مجاورشان متفاوت هستند. این روش می‌تواند در آشکارسازی پیکسل‌های آتش از تصاویر سنجش‌ازدور مورد استفاده قرار گیرد.

شیوع آتش در یک منطقه تغییرات سریعی را در درجه حرارت روشنایی پیکسل های مربوطه نسبت به محیط پیرامون ایجاد می کند، بنابراین پیکسل‌های آتش به صورت پروسه‌ای برای پیدا کردن *Spatial Outliers*، که بی ثباتی محلی را بازتاب می دهند، یا نسبت به مقادیر پیکسل‌های همسایه‌شان دارای شدت هستند، در می‌آید.

در ادامه لیست باندهای استفاده شده در این الگوریتم در جدول شماره (۳) آمده است.

شکل(۵) نشانگر فلوچارت الگوریتم بویان می‌باشد.

در ادامه به توضیح مراحل الگوریتم بویان می‌پردازیم.

۱) تولید ماسک آب؛ در ابتدای تمامی الگوریتم‌های کشف آتش نیاز است که ماسک آب از تصویر ایجاد شود، تا پهنه آبی دریای خزر از زمین خشک جدا شود. در این الگوریتم نیز به همان روشی که در الگوریتم گیگلیو توضیح داده شده است ماسک آب تولید شده و به تصویر مورد نظر اعمال می‌شود.

۲) تعیین پیکسل‌های دارای پتانسیل آتش؛ پیکسل‌های غیر آتش مانند پیکسل‌های ابر می‌توانند مشکلات جدی را در آشکارسازی آتش ایجاد کنند؛ بنابراین شناسایی و حذف اینگونه پیکسل‌ها در پردازش الگوریتم مهم و ضروری می‌باشد. به طور کلی ابرها در باندهای ۴ و ۱۲ میکرومتر دارای مقادیر انعکاسی کمتری نسبت به سطح زمین می‌باشند. در این الگوریتم با اعمال دو رابطه (۸) و (۹) پیکسل‌های غیر آتش حذف می‌شوند و پیکسل‌هایی که این دو شرط در آنها صدق کند به عنوان پیکسل‌های دارای پتانسیل آتش در مرحله بعدی بررسی می‌شوند. به این منظور پنجره‌ای به ابعاد ۱۵*۱۵ حول تمامی پیکسل‌های موجود در تصویر ایجاد می‌شود و متوسط انعکاس

[1] *Spatial Outliers*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-09]
[DOI: 10.29252/jgit.7.3.1]

طیفی باندهای ۴ و ۱۲ میکرومتر در این پنجره‌ها و همچنین در کل تصویر محاسبه می‌شود.

در رابطـه(۸) R_4 و R_{12} بـه ترتیـب انعکـاس طیفـی باندهای ۴ و ۱۲ میکرومتردر پیکسل مورد بررسـی، $\overline{R_4}$ و $\overline{R_{12}}$ متوسـط انعکاسـی طیفـی بانـدهای ۴ و ۱۲ میکرومتـر در کـل تصـویر و $\overline{R_{4w}}$ و $\overline{R_{12w}}$ نمایـانگر متوسط انعکاس طیفـی بانـدهای ۴ و ۱۲ میکرومتـر در پنجره محلی می‌باشند.

۳) شناسایی نقاط آتش؛ در این الگوریتم از روش نمودار پراکندگی معمولی (*Ordinary Scatter plot*) برای شناسایی نقاط آتش استفاده شده‌است؛ زیرا روش نمودار موران برای این کار جواب نمی‌دهد.

در نمودار پراکنـدگی معمـولی، مقـادیر درجـه حـرارت روشنایی باند ۴ میکرومتر بـر روی محـور x و میـانگین مقادیر روشنایی بانـد ۴ میکرومتـر بـرای پیکسـل‌هـای همسایه واقع شده در یک پنجره ۱۵*۱۵ حول پیکسل مرکزی بر روی محـور y قـرار مـی‌گیرنـد. سـپس خـط رگرسـیون کمتـرین مربعـات بـه منظـور شناسـایی پیکسل‌های آتش بر روی این نقاط برازش داده می‌شود. حال میزان خطای ε نقاط از خط رگرسیون با اسـتفاده از رابطه(۱۰) محاسبه می‌شود.

در ایـن رابطـه $E(x)$ میـانگین مقـادیر y در همسـایگی نقطه، m شیب خط رگرسیون، $f(x)$ میـانگین مقـادیر x در همسایگی نقطه و b عرض از مبـدأ خـط رگرسـیون می‌باشد.

حال با محاسـبه میـانگین پراکنـدگی خطـای ε (μ_ε) و انحـراف معیـار خطـای ε (σ_ε) و بـا اسـتفاده از تسـت باقیمانده استاندارد، طبق رابطه (۱۱) نقاط آتش‌سـوزی آشکار می‌شوند.

پیکسل‌هـایی بـا باقیمانـده اسـتاندارد بزرگتـر از θ و یـا کوچکتر از θ - به عنوان پیکسل‌های آتش کلاس‌بنـدی می‌شوند.

در شکل (۶) نمودار پراکندگی معمولی نشان داده شـده است. همـانطور کـه ملاحظـه مـی‌شـود نقـاط a، b و c به‌عنوان نقطه آتش در نظر گرفته می‌شود[۹].

همچنین مقدار θ در تست باقیمانده استاندارد بـا توجـه به درجه حرارت بانـد ۴ میکرومتـر در منطقـه و بعـد از اعمال الگوریتم بر روی تصویر به صورت سـعی و خطـا، به‌منظور بومی‌سازی و آشکارسازی نقاط صـحیح آتـش برای منطقه مطالعاتی به میزان ۵ در نظـر گرفتـه شـد.

رابطه(۸) $R_4 > \max(\overline{R_4}, \overline{R_{4w}}) \quad and \quad R_{12} > \max(\overline{R_{12}}, \overline{R_{12w}})$

رابطه (۹) $(T_{12} - T_4) > 8K$

رابطه(۱۰) $\varepsilon = E(x) - (m * f(x) + b)$

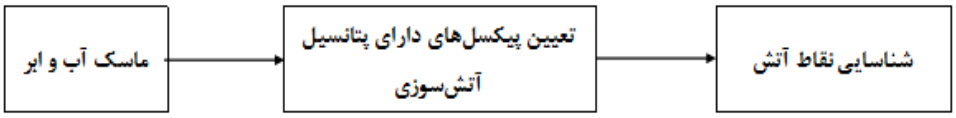
رابطـه(۱۱) $S_\varepsilon = |(\varepsilon - \mu_\varepsilon)/\sigma_\varepsilon| > \theta$

جدول ۳: لیست باندهای مورد استفاده در الگوریتم بویان

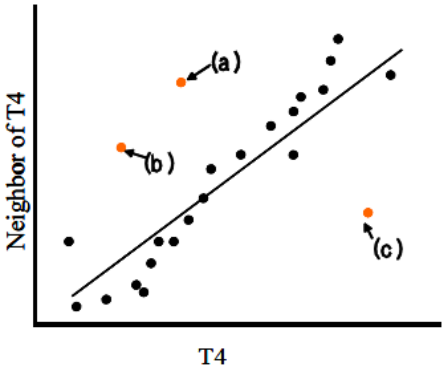
شماره باند	محدوده طول موج (**μm**)
۲۱	۳٫۹۳۰-۳٫۹۸۹
۲۲	۳٫۹۳۰-۳٫۹۸۹
۳۱	۱۰٫۷۸۰-۱۱٫۲۸۰
۳۲	۱۱٫۷۷۰-۱۲٫۲۷۰

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-09]

[DOI: 10.29252/jgit.7.3.1]



شکل ۵) مراحل پیاده سازی الگوریتم بویان

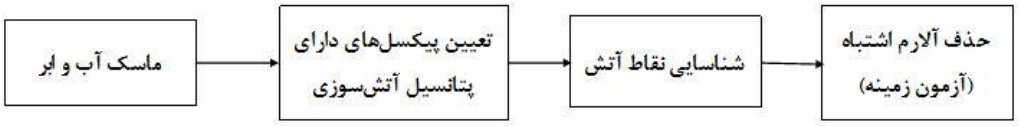


شکل ۶: نمودار پراکندگی معمولی [۹]

۴- الگوریتم توسعه‌یافته بویان

در روش پیشنهادی که توسعه یافته الگوریتم بویان است به صورت شکل(۷) عمل می‌کنیم.

روش بهبود یافته شامل دو فاز است:
فاز اول) الگوریتم بویان
فاز دوم) انجام آزمون زمینه



شکل ۷: فلوچارت الگوریتم توسعه‌یافته

در ادامه الگوریتم بویان، پس از مشخص شدن پیکسل‌های آتش، برای بهبود دقت الگوریتم و حذف آلارم اشتباه از نتایج، پنجره‌ای با ابعاد متغیر از ۵*۵ تا ۲۱*۲۱ به مرکزیت پیکسل‌های آتش شناسایی شده، به‌طوری که حداقل ۸ پیکسل معتبر همسایه درون پنجره باشد؛ تشکیل می‌شود. پیکسل‌های معتبر پیکسل‌هایی هستند که دارای مقادیر قابل استفاده باشند، حاوی آب و ابر نبوده و پیکسل دارای پتانسیل آتش نباشند. درون این پنجره تشکیل شده پارامترهای آماری زیر را محاسبه می‌کنیم.

- $\overline{T_{22}}$: میانگین درجه حرارت باند ۲۲ برای پیکسل‌های همسایه معتبر درون پنجره
- δ_{22}: میانگین انحراف معیار مطلق درجه حرارت باند ۲۲ برای پیکسل‌های معتبر پنجره
- $\overline{T_{31}}$: میانگین درجه حرارت باند ۳۱ برای پیکسل‌های همسایه معتبر درون پنجره
- δ_{31}: میانگین انحراف معیار مطلق درجه حرارت باند ۳۱ برای پیکسل‌های معتبر پنجره
- $\overline{\Delta T}$: میانگین درجه حرارت حاصل از تفاوت باندهای ۲۲ و ۳۱ برای پیکسل‌های معتبر درون پنجره

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-09]
[DOI: 10.29252/jgit.7.3.1]

- $\delta_{\Delta T}$: میانگین انحراف معیار مطلق درجه حرارت حاصل از تفاوت باندهای ۲۲ و ۳۱ برای پیکسل‌های معتبر درون پنجره

به این ترتیب پیکسل‌هایی که چهار رابطه (۱۲) تا (۱۵) در آنها صادق باشد به عنوان پیکسل نهایی آتش در نظر گرفته می‌شود.

رابطه(۱۲) $T_{21} > 316\ K$

رابطه (۱۳) $\Delta T > \overline{\Delta T} + 3.5\delta_{\Delta T}$

رابطه (۱۴) $\Delta T > \overline{\Delta T} + 6\ K$

رابطه(۱۵) $T_{22} > \overline{T_{22}} + 0.5\delta_{22}$

۵- نتایج

به منظور ارزیابی دقت الگوریتم‌های مطرح شده در این پـژوهش، از مشـاهدات زمینـی اخـذ شـده از سـازمان جنگل‌ها استفاده شـده‌اسـت و بـا اسـتفاده از آن بـرای تمامی این الگوریتم‌ها ماتریس ابهام مطابق جـدول (۴) تشکیل و سپس دقت کلی، نـرخ شناسـایی آتـش، نـرخ آلارم اشتباه و ضریب کاپا برای هرکدام طبق روابط(۱۶) تا (۱۹) محاسبه شده است.

جدول ۴: ماتریس ابهام

	الگوریتم شناسایی آتش	
محصول آتش	آتش	**غیرآتش**
آتش	a	$\boldsymbol{b}$
غیرآتش	c	$\boldsymbol{d}$

رابطه(۱۶) $Overall\ accuracy^{1} = \frac{a+d}{a+b+c+d}$

رابطه(۱۷) $Fire\ detection\ rate^{2} = \frac{a}{a+b}$

رابطه(۱۸) $False\ alarm\ rate^{3} = \frac{c}{c+d}$

رابطه(۱۹) $k = \frac{N\sum_{i=1}^{r} x_{ii} - \sum_{i=1}^{r}(x_{i+}\times x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^{r}(x_{i+}\times x_{+i})}$

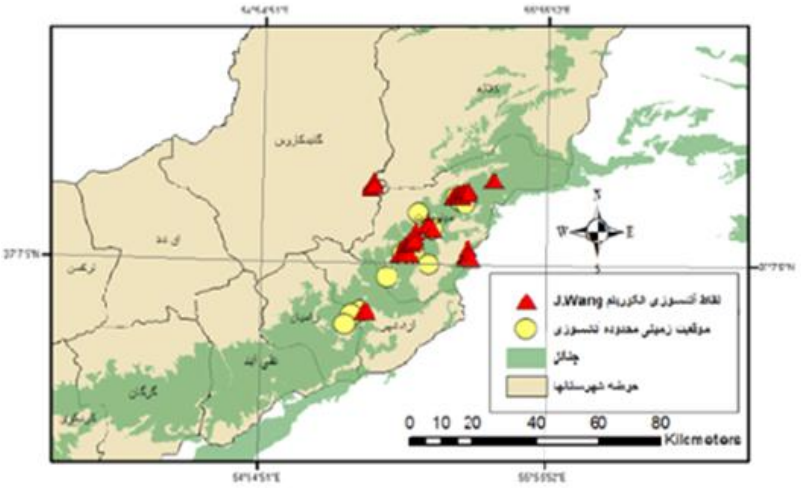
در مـاتریس ابهـام و روابـط (۱۶) تـا (۱۸)، پـارامتر a نشانگر تعداد پیکسل‌های آتشی است که الگوریتم مورد نظر به درستی آنها را کشف کرده‌است، پارامتر b تعـداد پیکسل‌های آتشی است که الگوریتم قادر بـه شناسـایی آن‌ها نبوده است، پارامتر c نیز مربوط به پیکسـل‌هـایی است که الگوریتم به اشتباه آنها را در کلاس آتش قـرار داده است و در نهایت پارامتر d تعداد کل پیکسـل‌هـای غیر آتشی است که بررسی شده و به درستی به کـلاس غیرآتش تعلق گرفته‌اند.

در رابطـه (۱۹)، k ضـریب کاپـا، N تعـداد کـل پیکسل‌های مورد بررسی در ماتریس، r تعداد سطرهای ماتریس، x_{ii} مقدار عددی سطر و ستون iام، x_{+i} جمع کل سطر iام و x_{i+} جمع کل ستون iام مـاتریس ابهـام هستند.

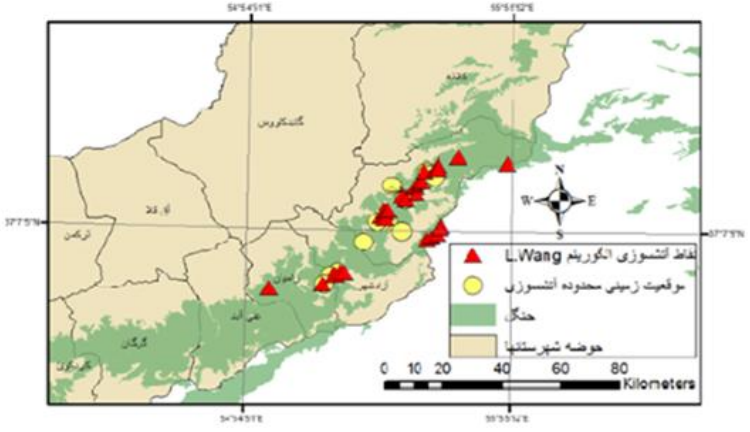
شکل (۸) تا (۱۱) خروجـی الگـوریتم‌هـا را بـه صـورت نقشه آتش نمایش می‌دهد.

[1] دقت کلی
[2] نرخ شناسایی آتش
[3] نرخ آلارم اشتباه

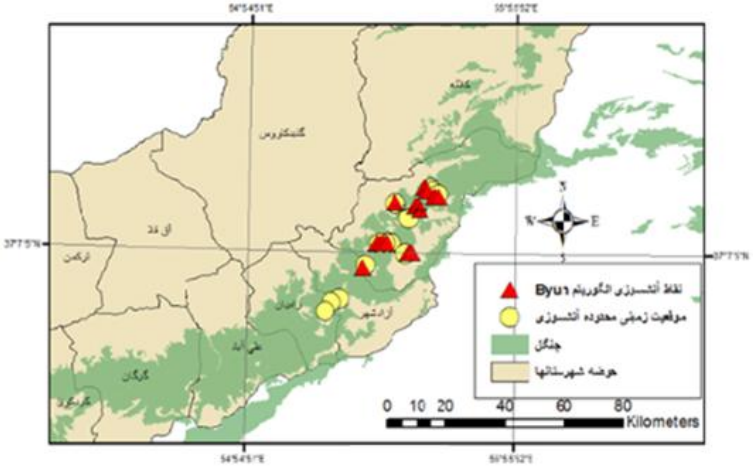
[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-09]
[DOI: 10.29252/jgit.7.3.1]



شکل ۸: خروجی الگوریتم جینگ وانگ



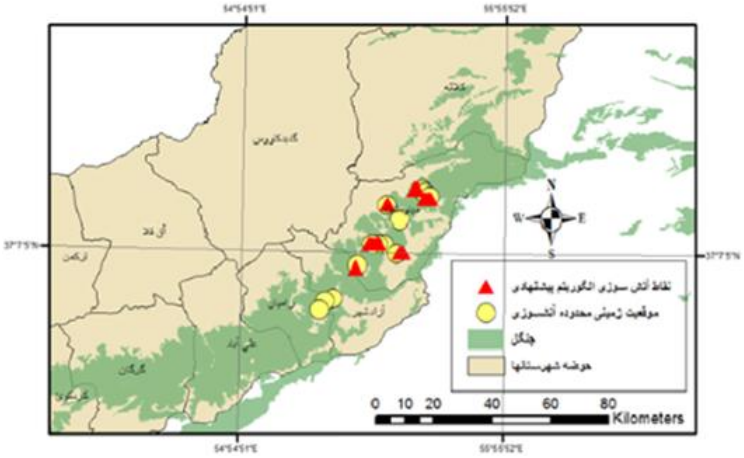
شکل ۹: خروجی الگوریتم لینگلی وانگ



شکل ۱۰: خروجی الگوریتم بویان

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-09]

[DOI: 10.29252/jgit.7.3.1]



شکل۱۱: خروجی الگوریتم توسعه یافته

مقادیر ماتریس ابهام نیز در جدول (۵) آورده شده است که در نهایت باتوجه به مقادیر این جدول، تمامی نتایج و پارامترهای ارزیابی برای هر یک از الگوریتم‌ها پس از محاسبه در جدول (۶) نمایش داده شده‌است.

به منظور ارزیابی و بررسی بهتر و راحت‌تر نتایج به‌صورت نمودار در شکل (۱۲) نمایش داده شده است.

جدول ۵: مقادیر ماتریس ابهام

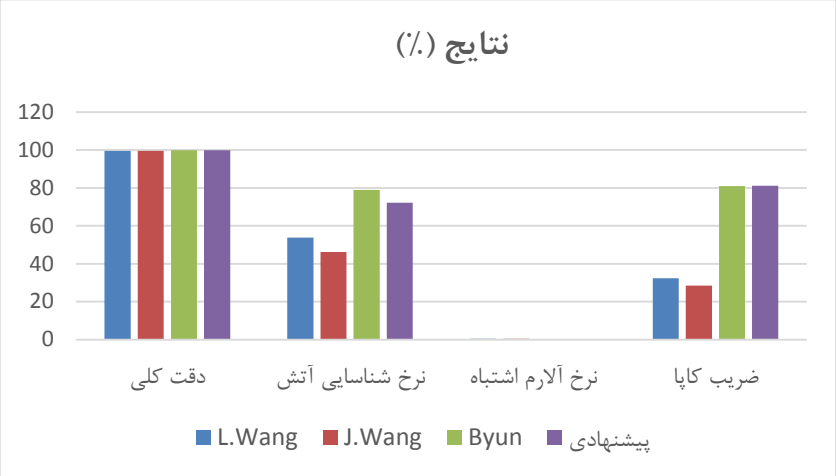
الگوریتم	پارامتر a	پارامتر b	پارامتر c	پارامتر d
لینگلی وانگ	۷	۶	۲۳	۶۵۶۴
جینگ وانگ	۶	۷	۲۳	۶۵۶۴
بویان	۱۵	۴	۳	۶۵۷۸
پیشنهادی	۱۳	۵	۱	۶۵۸۱

جدول ۶: نتایج الگوریتم‌ها

الگوریتم	دقت کلی (٪)	نرخ شناسایی آتش (٪)	نرخ آلارم اشتباه (٪)	ضریب کاپا (٪)
لینگلی وانگ	۹۹٫۵۶	۵۳٫۸۴	۰٫۳۵	۳۲٫۳۷
جینگ وانگ	۹۹٫۵۴	۴۶٫۱۵	۰٫۳۵	۲۸٫۳۷
بویان	۹۹٫۸۹	۷۸٫۹۵	۰٫۰۴	۸۱٫۰۱
پیشنهادی	۹۹٫۹۱	۷۲٫۲۲	۰٫۰۱	۸۱٫۱۱

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-09]

[DOI: 10.29252/jgit.7.3.1]



شکل ۱۲: نمودار نتایج

باتوجه به جدول (۶) و نتایج بدست آمده از الگوریتم‌های لینگلی وانگ، جینگ وانگ و بویان و بررسی و مقایسه عملکردشان روی مناطق جنگلی استان گلستان می‌توان به این نتیجه رسید که الگوریتم گراف‌مبنای ارائه شده توسط بویان با نرخ شناسایی بالا با مقدار ۷۸٫۹۵ درصد در این مناطق عملکردی بهتری داشته است، بنابراین استفاده از این الگوریتم را برای این ناحیه توصیه می‌کنیم. همانور که از شکل (۷) نیز پیداست الگوریتم‌های لینگلی وانگ و جینگ وانگ برخلاف الگوریتم بویان دارای آلارم‌های اشتباه زیادی هستند که باعث ناکارآمدی آن‌ها شده است.

در پیاده‌سازی الگوریتم لینگلی وانگ، نتایج اولیه نشان داد که مقدار حدآستانه۰٫۲ که برای الگوریتم در نظر گرفته‌اند برای شناسایی آتش‌سوزی، در این منطقه باعث بالا رفتن نویز و آلارم‌های اشتباه زیادی می‌شود؛ در نتیجه با روش سعی وخطا این مقدار برای حدآستانه، ۰٫۵۷ شد. در منطقه مورد مطالعه سیزده مورد آتش‌سوزی گزارش شده‌است که این الگوریتم توانسته است از ۳۲ پیکسلی که به‌عنوان آتش شناسایی کرده؛ نه مورد را بطور صحیح شناسایی کند و تعداد ۲۰ پیکسل به اشتباه به عنوان آتش مشخص شده‌است، هم‌چنین چهار مورد آتش‌سوزی هم شناسایی نشده و از دست رفته‌است. همان‌طور که از نتایج این الگوریتم پیداست میزان اشتباه الگوریتم به مراتب بالا است. در این روش نرخ شناسایی آتش ۵۳٫۸۴ درصد و ضریب کاپا ۳۲٫۳۷ درصد بدست آمده است.

الگوریتم جینگ وانگ یک الگوریتم کشف دود ناشی از آتش‌سوزی جنگل می‌باشد که بعد از کشف دود به شناسایی پیکسل‌های آتش می‌پردازد. این الگوریتم از تعداد سیزده آتش‌سوزی اتفاق افتاده در منطقه توانست هفت مورد آنها را به درستی تشخیص دهد و تعداد بیست و یک مورد آتش‌سوزی را به اشتباه مشخص کند.

در الگوریتم بویان که از نمودار پراکندگی معمولی آن برای کشف آتش استفاده شده بود مقدار عددی θ را برای منطقه از ۴ به ۵ تغییر دادیم تا نتایج بدست آمده از الگوریتم دارای دقت بالا و آلارم‌های اشتباه کمتری باشد. با این حال از بین آتش‌های رخ داده تعداد نه آتش‌سوزی را به درستی کشف کرده و چهار مورد را از دست داده و تنها سه پیکسل را به اشتباه به عنوان آتش شناسایی کرده است.

دو الگوریتم بویان و الگوریتم پیشنهادی به مراتب از دو الگوریتم دیگر، قدرت شناسایی بهتر آتش و دقت بالاتری دارند. در مقایسه این دو الگوریتم با هم، در نگاه اول متوجه بالا بودن نرخ شناسایی آتش در الگوریتم بویان می‌شویم اما با این وجود با بررسی بیشتر متوجه

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-09]
[DOI: 10.29252/jgit.7.3.1]

بالا بودن ضریب کاپا و دقت کلی الگوریتم توسعه یافتـه می‌شویم و هم‌چنین پایین بودن آلارم اشتباه الگـوریتم پیشنهادی نشـان از بهبـود الگـوریتم بویـان در منطقـه مطالعاتی است.

۶- بحث و پیشنهادات

در ایـن تحقیـق سـعی شـد کـه بـا اسـتفاده از تصـویر مـاهواره‌ای سـنجنده مـادیس برخـی الگـوریتم‌هـای آشکارسازی آتش روی جنگل‌های استان گلستان بومی-سازی و پیاده‌سازی شوند و نتـایج آن‌هـا مـورد ارزیـابی قرار گیرند تا الگوریتم مناسـب را شناسـایی کـرده و در صورت امکان آن را بهبـود داد کـه در نهایـت الگـوریتم بویان بهترین عملکرد را داشت و سپس آن را بـا اضـافه کردن مرحله آزمون زمینه توسعه دادیم.

در بخش نتیجه‌گیری ضریب کاپا برای تمام الگوریتم‌هـا بدست آمد که مقدار این ضریب بین صفر تا یک متغیـر است و به صورت درصد بین می‌شود و براساس مقـالات موجود دسته‌بندی قدرت ضریب کاپا به قرار جدول (۷) است.

بـا توجـه بـه جـدول (۷) کـه مقـدار ضـریب کاپـا را دسته‌بندی می‌کند و نشان‌دهنده قدرت ضریب کاپـا در تعیین میزان توافـق بـین داوران اسـت بـه ایـن نتیجـه می‌رسیم که دو الگوریتم بویـان و الگـوریتم پیشـنهادی دارای عملکردی عالی هستند.

جدول ۷: قدرت مقادیر مختلف ضریب کاپا در تعیین میزان توافق بین داوران [۱۰]

مقدار آماره کاپا	قدرت توافق
کمتر از صفر	ضعیف
۰-۰/۲	کم
۰/۲۱-۰/۴	پایین‌تر از متوسط
۰/۴۱-۰/۶	متوسط
۰/۶۱-۰/۸	خوب
۰/۸۱-۱	عالی

با توجه به شکل خروجی الگوریتم‌ها، ملاحظه مـی‌شـود که برخی موارد آتش‌سوزی شناسایی نشده است که این امر می‌تواند دلایل مختلفی داشـته باشـد. ازجملـه ایـن دلایل می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱)پوشش ابر در منطقه؛ وجود ابر در محدوده آتش‌سوزی یکی از عواملی است که از آشکارسازی آتش جلوگیری می‌کند که ضروری است ابر را از تصویر حذف کنیم.

۲) اندازه و وسعت کم آتش؛ ممکن است آتش‌سوزی که در منطقه موردنظر رخ داده است از نظر ابعاد و مساحت کوچک بوده و الگوریتم‌های به‌کار گرفته‌شده به این آتش‌سوزی‌ها حساس نباشند و نتوانند شناسایی کنند.

۳)شدت و حرارت کم آتش؛ در بعضی موارد ممکن است که به دلیل شرایط جوی و آب و هوایی منطقه، آتش از شدت حرارت کافی برخوردار نباشد و شرایط الگوریتم را ازنظر حد آستانه نداشته و شناسایی نشود.

۴)تاج پوشش بسته و تراکم جنگل؛ ممکن است تراکم جنگل و تاج درختان به‌قدری زیاد و متراکم باشد که از رسیدن حرارت آتش پای درختان به سنجنده جلوگیری کند.

۵)زاویه تصویربرداری و عدم عبور ماهواره در زمان آتش‌سوزی از منطقه؛ درمواردی نیز امکان دارد به دلیل تصویربرداری در دو زمان روز و شب، سنجنده در زمان آتش‌سوزی از منطقه مورد نظر عبور نکرده و تصویربرداری صورت نگرفته باشد که این امر نیز موجب عدم شناسایی آتش‌سوزی می‌شود.

عوامل ذکرشده در بالا می‌تواند در جنگل‌های شمال باعث شناسایی نشدن آتش در تصویر شوند. هم‌چنین

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-09]
[DOI: 10.29252/jgit.7.3.1]

ممکن است آتش قبل از تصویربرداری سنجنده رخداده باشد و تا زمان تصویربرداری به اتمام رسیده باشد که این امر نیز می‌تواند در عدم شناسایی آتش مؤثر باشد.
در پایان این تحقیق برخی نکات و مسائل را برای مطالعات و تحقیقات تکمیلی آینده می‌توان پیشنهاد کرد که به برخی از آن‌ها در ادامه اشاره می‌کنیم:
۶)می‌توان با پیاده‌سازی و بومی‌سازی الگوریتم‌های مختلف در مناطق مختلف ایران و ارزیابی و مقایسه آن‌ها به الگوریتمی بهتر و مناسب‌تر دست یافت که در صورت امکان آنها را بهبود بخشید.
۷)پارامترهای مختلفی از قبیل دما، رطوبت و میزان گرد و غبار در جو وجود دارند که می‌تواند نتایج الگوریتم‌ها را تحت تأثیر خود قرار دهد و در دقت آن‌ها مؤثر باشد که می‌تواند در تحقیقات و مطالعات آینده مورد استفاده و ارزیابی قرار گیرند.
۸)در برخی الگوریتم‌های شناسایی آتش از دود برای پتانسیل‌یابی پیکسل‌ها برای کشف آتش استفاده شده است که می‌توان تأثیر سرعت و جهت وزش باد در آنها را مورد ارزیابی قرار داد؛ زیرا این پارامتر در جهت پخش و حرکت دود ناشی از آتش‌سوزی بسیار مؤثر است.

مراجع

[1] *Kaufman, Y.J., et al.,"Potential global fire monitoring from EOS-MODIS". Journal of Geophysical Research: Atmospheres (1984–2012), 1998. 103(D24): p. 32215-32238.*

[2] *Giglio, L., et al., "An enhanced contextual fire detection algorithm for MODIS". Remote sensing of environment, 2003. 87(2): p. 273-282.*

[3] *Wang, W., et al.," An improved algorithm for small and cool fire detection using MODIS data: A preliminary study in the southeastern United States". Remote sensing of Environment, 2007. 108(2): p. 163-170.*

[4] *Movaghati, S., F. Samadzadegan, and A. Azizi, "A comparative study of three algorithms for forest fire detection in Iran". The International Archives of the Photogrammetry. Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Jul, 2008: p. 3-11.*

[5] *Ardakani ,A.S., Valadan Zoej, M.J., Mansourian, A. and Mohammadzadeh, A., "Spectral analysis of fire to detection and estimate the extent of fire affected areas using satellite imagery". Iranian Remote Sensing and GIS, 2009. 1.*

[6] *Wang, L., J.J. Qu, and X. Hao, "Forest fire detection using the normalized multi-band drought index (NMDI) with satellite measurements". Agricultural and forest meteorology, 2008. 148(11): p. 1767-1776.*

[7] *Wang, J., et al." A new algorithm for Forest fire smoke detection based on MODIS data in Heilongjiang province". in Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering (RSETE), 2011 International Conference on. 2011. IEEE.*

[8] *Xie, Y., et al. Smoke plume detecting using MODIS measurements in eastern United States. in EastFIRE Conference Proceedings. 2005.*

[9] *Byun, Y.G., et al. Evaluation of graph-based analysis for forest fire detections. in Proceedings of world academy of science, engineering and technology. 2005.*

[10] *Gwet, K.L., The definitive guide to measuring extent of agreement among multiple raters. 2010, Gaithersburg (MD): Advanced Analytics, LLC.*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-09]

[DOI: 10.29252/jgit.7.3.1]

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

Journal of Geospatial Information Technology
Vol.7, No.3, Autumn 2019

Research Paper

Localization Boyan algorithm to detect forest fires from MODIS sensor images

Omid Azari[1], Ali Mohammadzadeh[2*]

1- M.Sc. of photogrammetry, Faculty of geodesy and geomatic, K.N.Toosi University of technology
2- Associate Professor at photogrammetry and remote sensing department, K.N.Toosi University of technology

Abstract

Of phenomena which much damage and irreparable import to forests and natural resources is the fire that each year, more than 100 fires occur in Iran and thousands of hectares of trees and plants eliminates. Given that fire risk is high in most parts of the world, full and continuous monitoring on this natural phenomenon, is essential. Use remote sensing is a way to identify and manage fire. Ahead goal in the study, development and improvment, Byun algorithm and compare it with some fire detection algorithms using the MODIS sensor images. Therefore, in addition to the developed algorithm, algorithms Byun in 2007, Lingli Wang in 2008 and Jing Wang in 2011 for the forest area in Golestan Province is localized and implemented. To evaluate the results, the matrix ambiguity and ground data collected from the forests and natural resources in Golestan province has been used that for each algorithm, fire detection rate, false alarm rate and Kappa statistics were calculated and compared which Fire detection rate for Byun algorithms, Ling Wang, Jing Wang and development algorithm by 78.95, 53.84, 46.15 and 72.22 percent respectively and kappa coefficient, 81.02, 32.37 , 28.37 and 81.11 percent have been achieved which shows the superiority of the algorithm is developed in the study area.

Key words: *Forest fire, Fire detection algorithm, improved algorithm, MODIS sensor.*

Correspondence Address *: Department of Photogrammetry and Remote Sensing, Faculty of Geodesy & Geomatics Engineering, K.N.Toosi University of Technology, No.1346, Vali-Asr Street, Mirdamad Cross, Tehran, IRAN.*
Tel *: +98 9124752961*
Email*: almoh2@amail.com*

[Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2026-10-09]

[DOI: 10.29252/jgit.7.3.1]