



دانشگاه گوارا

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل  
جلد بیستم، شماره چهارم، ۱۳۹۲  
<http://jwfst.gau.ac.ir>

## ارزیابی الگوریتم جهانی کشف آتش در شناسایی آتش فعال در عرصه‌های منابع طبیعی به کمک تصاویر سنجنده MODIS (مطالعه موردی: پارک ملی گلستان)

\* فرخ پورشکوری اله‌ده<sup>۱</sup>، علی اصغر درویش‌صفت<sup>۲</sup>، فرهاد صمدزادگان<sup>۳</sup>،

پدرام عطار<sup>۴</sup> و جواد سلیلیاری<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، <sup>۲</sup> استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، <sup>۳</sup> دانشیار دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، <sup>۴</sup> استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، <sup>۵</sup> کارشناس اداره کل محیط زیست گلستان  
تاریخ دریافت: ۹۱/۲/۲۴؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۹/۱۲

### چکیده

در سال‌های اخیر آتش‌سوزی در منابع طبیعی رشد فزاینده‌ای داشته و آثار مخرب زیادی به جا گذاشته است. این نکته، ضرورت پایش و شناسایی به موقع آتش‌ها را ایجاد کرده است. هدف از این پژوهش ارزیابی الگوریتم جهانی کشف آتش در شناسایی آتش فعال در عرصه‌های منابع طبیعی به کمک تصاویر ماهواره‌ای سنجنده MODIS می‌باشد. به این منظور سه محدوده آتش‌سوزی در پارک ملی گلستان، به کمک GPS برداشت و به‌عنوان واقعیت زمینی در پژوهش استفاده شد. تمامی تصاویر سنجنده MODIS از روز و روزهای قبل و بعد از آتش‌سوزی از دو ماهواره Terra و Aqua دریافت گردید. تصاویر سنجنده MODIS از ماهواره Aqua در سطح تصحیحاتی L<sub>1B</sub> دریافت گردید که مناسب استفاده در الگوریتم جهانی کشف آتش است. تصاویر ماهواره Terra به‌صورت خام دریافت و با پیش‌پردازش‌های مناسب به سطح L<sub>1B</sub> تبدیل شد. به‌منظور شناسایی پیکسل‌های آتش، تصاویر پس از پردازش‌های اولیه به کمک الگوریتم جهانی کشف آتش مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در مجموع ۲۲۹ تصویر ماهواره‌ای پردازش شد. نتایج به‌دست آمده از تصاویر با نقشه مناطق سوخته مقایسه شد. نتایج نشان داد که آتش‌سوزی روز ۲۴ تیرماه ۱۳۹۰ (یک برمخ) و ۲۴ آبان ۱۳۸۹ (چشمه‌سردار) به کمک تصاویر ماهواره‌ای شناسایی شد، اما آتش منطقه فرنگی جنگل (۸ فروردین ۱۳۹۰) شناسایی نشد. اساس کار الگوریتم جهانی حرارت است و هرچه میزان حرارت بیشتر باشد شناسایی آتش بالاتر است.

\* مسئول مکاتبه: [farokh.329@gmail.com](mailto:farokh.329@gmail.com)

براساس نتایج این پژوهش می‌توان بیان کرد که تصاویر MODIS قابلیت بالقوه‌ای برای شناسایی آتش در جنگل‌های شمال را دارند اما روش الگوریتم جهانی موفق به شناسایی درصد بالایی از آتش‌ها نشد. با پژوهش‌های بیش‌تر در این زمینه می‌توان الگوریتم جهانی را بهبود بخشید، تا بتوان براساس آن‌ها سیستم هشدار به‌منظور پایش آتش‌ها در شمال کشور راه‌اندازی نمود. پیشنهاد می‌گردد که تا آن زمان از الگوریتم جهانی برای شناسایی آتش در این جنگل‌ها استفاده شود.

**واژه‌های کلیدی:** کشف آتش، تصاویر ماهواره‌ای، سنجنده MODIS، منابع طبیعی، الگوریتم جهانی کشف آتش

#### مقدمه

هر ساله بسته به شرایط محیطی و دخالت‌های انسانی، آتش‌هایی با ابعاد مختلف در عرصه‌های منابع طبیعی کشور از جمله جنگل‌های شمال رخ می‌دهد. در نتیجه این آتش‌سوزی‌ها، خسارت‌هایی به این منابع با ارزش وارد می‌شود. بسته به امکانات موجود در کشور هر ساله اقداماتی در جهت پایش و اطفاء حریق صورت می‌گیرد اما افزایش آتش‌سوزی‌ها و به‌تبع آن افزایش خسارت‌ها در سالیان اخیر به‌خصوص در سال ۱۳۸۹ (تعداد ۱۰۸۴۵ مورد آتش‌سوزی در جنگل‌های کشور (قدمی، ۲۰۱۱))، ضرورت پایش هرچه دقیق‌تر جنگل‌ها مطرح شده است. پایش جنگل از کارهای مهم و اساسی در عرصه‌های منابع طبیعی می‌باشد. در گذشته از قرقبان و بالگرد برای شناسایی آتش در جنگل‌ها استفاده می‌شد. با توسعه فن‌آوری سنجنش از دور تصاویر ماهواره‌ای از مهم‌ترین ابزار برای پایش عرصه‌های منابع طبیعی برای شناسایی آتش محسوب می‌شوند. حدود ۳۰ سال است که تلاش‌هایی برای کشف آتش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای انجام می‌شود (کرافت، ۱۹۷۳). در ابتدا از ماهواره‌های هواشناسی مانند NOAA<sup>۱</sup> (سنجنده AVHRR<sup>۲</sup>) و GOES<sup>۳</sup> استفاده می‌شده است. در سنجنده‌های این ماهواره‌ها باندهای حرارتی وجود دارد که براساس آن‌ها روش‌هایی برای شناسایی آتش ابداع و استفاده شده است (جان و همکاران، ۲۰۰۸). تئوری کشف آتش اولین بار توسط دوزیر (۱۹۸۱)، بنا شد. مدل دوزیر بر این اساس طراحی شده بود که اگر قسمتی از معادل زمینی یک پیکسل سنجنده AVHRR

1- National Oceanic and Atmospheric Administration

2- Advanced Very High Resolution Radiometer

3- Geostationary Operational Environmental Satellite

در طبیعت گرم‌تر از قسمت‌های دیگر آن باشد، در تصویر مربوط به طول موج حرارتی ۳/۷۵ میکرومتر درجه حرارت بیش‌تری نسبت به طول موج حرارتی ۱۱ میکرومتر ثبت خواهد شد. پژوهش‌گران زیادی از روش Dozier برای کشف آتش در جنگل بهره بردند تا این‌که فلانین و واندر (۱۹۸۶)، روش حد آستانه و همچنین لی و تگ (۱۹۹۰)، اولین مدل آزمون زمینه‌ای<sup>۱</sup> را با استفاده از تصاویر سنجنده AVHRR توسعه دادند. براساس پژوهش‌ها و تجربه‌های گذشته، در هنگام طراحی سنجنده MODIS<sup>۲</sup> به‌جای طول موج ۳/۷۵ میکرومتر طول موج ۳/۹۶ میکرومتر برای ثبت گنجانده شد. در نتیجه کارایی باندهای سنجنده MODIS نسبت به باندهای سنجنده AVHRR در راستای کشف آتش بهبودیافته است (گیگلیو و همکاران، ۲۰۰۳).

ماهواره Terra در ۱۸ دسامبر ۱۹۹۹ با ۵ سنجنده از جمله MODIS، در مدار زمین قرار گرفت. مدار این ماهواره در نیم‌کره روشن از بالا به پایین<sup>۳</sup> است. به‌دنبال آن ماهواره Terra، ماهواره Aqua نیز با سنجنده MODIS در ۴ می ۲۰۰۲ به فضا پرتاب شد. سنجنده MODIS در دو ماهواره کاملاً مشابه است و تنها زمان اخذ تصویر در دو ماهواره متفاوت است. مدار ماهواره Aqua از نوع پایین به بالا<sup>۴</sup> است و زمان تصویربرداری این دو ماهواره از خط استوا به‌ترتیب ۱۰:۳۰ و ۱۳:۳۰ در روز و ۲۲:۳۰ و ۰۱:۳۰ در شب به وقت محلی می‌باشد. ویژگی‌های مدار این دو ماهواره باعث افزایش توان تفکیک زمانی تصاویر آن‌ها می‌شود که امتیازی مهم در زمینه کشف آتش محسوب می‌شود.

با آغاز به کار تصویربرداری ماهواره Terra الگوریتم جهانی کشف آتش که توسط کافمن و همکاران (۱۹۹۸)، توسعه داده شده بود، با اندکی بهبود براساس تصاویر سنجنده MODIS کامل‌تر و به‌عنوان نسخه ۳ الگوریتم جهانی کشف آتش ارائه شد. این الگوریتم به‌دلیل استفاده از حد آستانه ثابت قادر نبود بسیاری از آتش‌های کوچک و سرد (آتش‌هایی با مساحت و درجه حرارت کم) را کشف کند و همچنین هشدارهای اشتباه زیادی در مناطق بیابانی، مناطق با پوشش گیاهی کم تراکم، لبه‌های ابرهای سیروس و همچنین برخی از مناطق آبی در هنگام تابش شدید آفتاب (Hot Spot) را ایجاد می‌نمودند (گیگلیو و همکاران، ۲۰۰۳؛ گیگلیو، ۲۰۰۶؛ فیلیپ، ۲۰۰۷؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۷). به‌منظور بالا بردن کارایی الگوریتم جهانی، گیگلیو و همکاران (۲۰۰۳)، مدل زمینه‌ای کشف آتش را

- 1- Contextual Test
- 2- Moderate Resolution Imaging Spectro-Radiometer
- 3- Descending
- 4- Ascending

برای تولید محصول آتش از تصاویر سنجنده MODIS توسعه دادند. این الگوریتم به‌عنوان نسخه ۴ الگوریتم جهانی کشف آتش فعال با کمک تصاویر سنجنده MODIS از دو ماهواره Terra و Aqua استفاده می‌شود. این الگوریتم جدید به کمک چندین باند و همچنین بهره‌گیری از مدل زمینه‌ای، به‌میزان زیادی از هشدارهای اشتباه نسبت به نسخه قبلی کم کرد و نسبت به روش آستانه ثابت بسیار قابل انعطاف و مؤثرتر عمل می‌نماید (گیگلیو و همکاران، ۲۰۰۳). نسخه ۵ این الگوریتم توسط گیگلیو (۲۰۱۰)، با اندکی بهبود ارایه شده است.

در راستای توسعه الگوریتم‌های محلی کشف آتش نیز پژوهش‌هایی انجام شده است. از جمله می‌توان به پژوهش وانگ و همکاران (۲۰۰۷)، در جنگل‌های جنوب‌شرقی آمریکا اشاره نمود. آنان با توجه به این‌که الگوریتم جهانی کشف آتش قادر به کشف آتش‌های سرد و کوچک به‌خصوص در تصاویر با زاویه برداشت زیاد نیست، الگوریتم بهبودیافته‌ای را پیشنهاد کردند. پژوهش‌های زیادی نیز در زمینه بررسی کارایی تصاویر سنجنده MODIS برای شناسایی آتش انجام شده است. تود و همکاران (۲۰۰۸)، به بررسی درصد آتش‌های شناسایی شده به کمک تصاویر سنجنده MODIS در آمریکا پرداختند. آن‌ها آتش‌هایی با مساحت بیش‌تر از ۱۸ هکتار را برای مطالعه انتخاب و با استفاده هم‌زمان از تصویرهای Terra و Aqua توانستند، ۸۲ درصد از آتش‌های مورد مطالعه را شناسایی کنند.

مطالعات شناسایی آتش به کمک تصاویر ماهواره‌ای در ایران سابقه زیادی ندارد. موقتی و همکاران (۲۰۰۸)، به مقایسه سه الگوریتم جهانی، بهبودیافته و Graph-based در استان کرمانشاه پرداختند و نتیجه گرفتند که الگوریتم جهانی کشف آتش از دو الگوریتم دیگر نتایج بهتری ارایه می‌دهند. اردکانی و همکاران (۲۰۰۹)، به بررسی کشف آتش به کمک الگوریتم بهبودیافته در نخلستان‌های شهر خور از توابع شهرستان نایین در استان اصفهان پرداختند. آنان حد آستانه ۲۹۳ درجه کلون را به‌جای حد آستانه ۳۱۰ درجه کلون (حد آستانه استاندارد الگوریتم جهانی کشف آتش) برای مشخص نمودن پیکسل‌های دارای پتانسیل آتش استفاده نمودند و پیشنهاد نمودند که با توجه به شرایط متفاوت آب و هوایی در کشور حدود آستانه متفاوتی برای مناطق مختلف استفاده شود و پژوهش‌های بیش‌تری در این زمینه صورت گیرد.

از آن‌جایی‌که هر ساله آتش‌سوزی‌های زیادی در جنگل‌های شمال کشور رخ می‌دهد ولی هنوز از سامانه‌های پیش به کمک تصاویر ماهواره‌ای استفاده نمی‌شود، ضرورت دارد که با پژوهش‌هایی، ابتدا

کارایی تصاویر سنجنده MODIS و دیگر سنجنده‌های مشابه دارای باندهای انعکاسی و حرارتی و همچنین الگوریتم‌های موجود، در این جنگل‌ها بررسی شود تا در صورت مناسب بودن برای پایش استفاده شود و در صورت نیاز، الگوریتمی متناسب با شرایط ایران توسعه داده شود. هدف این مطالعه ارزیابی کارایی الگوریتم جهانی کشف آتش به منظور شناسایی آتش در جنگل‌های شمال با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS می‌باشد. در این پژوهش از نقشه حریق‌های رخ داده با مساحت‌های بیش‌تر از ۱۰ هکتار به‌عنوان واقعیت زمینی استفاده شده است.

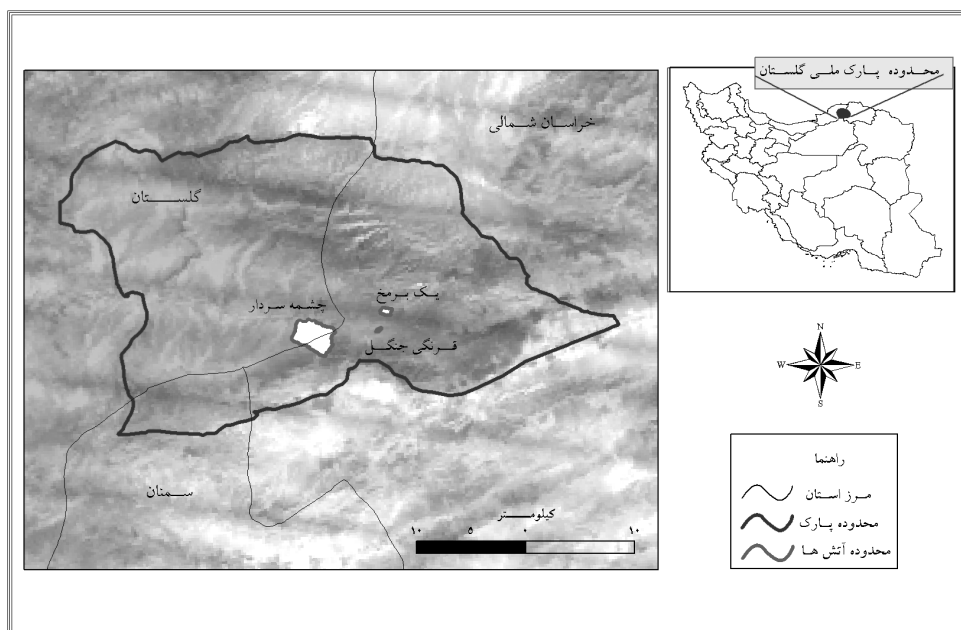
#### منطقه مورد مطالعه، داده‌ها و روش‌های پژوهش

**منطقه مورد مطالعه:** پارک ملی گلستان با مساحت ۸۷۴۰۲ هکتار در منتهی‌الیه شرق البرز و جنگل‌های شمال کشور واقع شده است. این منطقه به‌عنوان اولین پارک ملی در ایران شناخته می‌شود. در پارک ملی گلستان گونه‌های مختلف جنگلی از جمله، بلند مازو، ممرز، پلت، نمدار، انجیلی، توسکا، لرگ، کیکم، ارس، پیرو، زرشک و آزاد یافت می‌شود. محدوده این پارک در سه استان گلستان، خراسان‌شمالی و سمنان گسترش دارد. سه مورد از آتش‌سوزی‌هایی که در پارک ملی گلستان رخ داده بود انتخاب و مطالعه به کمک آن‌ها انجام شد. در جدول ۱ مشخصات آتش‌سوزی‌ها و همچنین تعداد تصاویر مورد پردازش برای هر مورد آتش‌سوزی ذکر شده است. در شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و همچنین موقعیت مناطق سوخته در پارک ملی گلستان نمایش داده شده است.

**داده‌های مورد استفاده:** در این پژوهش از داده‌های سنجنده MODIS از دو ماهواره Terra و Aqua استفاده شده است. این سنجنده در ۳۶ باند طیفی در طول موج‌های ۰/۴-۱۴/۴ میکرومتر در محدوده‌های مرئی تا مادون قرمز حرارتی و با تفکیک‌های مکانی ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متر از زمین تصویربرداری می‌نماید. سه مورد از آتش‌سوزی‌هایی که در پارک ملی گلستان رخ داده بود و امکان تهیه اطلاعات و برداشت محدوده آن‌ها وجود داشت به‌عنوان واقعیت زمینی مورد استفاده قرار گرفت. در جدول ۱ مشخصات آتش‌سوزی‌ها و همچنین تعداد تصاویر مورد پردازش برای هر مورد آتش‌سوزی ذکر شده است. در جدول ۲ مشخصه‌های باندهای مورد استفاده در این پژوهش درج شده است. تصاویر روز آتش‌سوزی و همچنین روزهای قبل و بعد از آتش‌سوزی دریافت و پردازش شد. در بیش‌تر تاریخ‌ها، تصاویر روز و شب از هر دو ماهواره Terra و Aqua مورد بررسی قرار گرفتند. تصاویر ماهواره

Terra با فرمت PDS<sup>۱</sup> (خام) از سازمان فضایی ایران و تصاویر ماهواره Aqua با فرمت HDF<sup>۲</sup> و در سطح L<sub>1B</sub> که با اسامی MYD02 و MYD03 به‌عنوان محصولات پایه موجود هستند، از طریق سایت سیستم مشاهدات زمینی<sup>۳</sup> دریافت شدند. این سطح از تصاویر به‌صورت مستقیم در الگوریتم جهانی کشف آتش قابل استفاده هستند.

واقعیت زمینی: با توجه به هدف پژوهش لازم است تا نتایج تجزیه و تحلیل تصاویر با واقعیت زمینی مقایسه شوند. به کمک دستگاه GPS مناطق سوخته شده برداشت و در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) به نقشه تبدیل شد تا به‌عنوان واقعیت زمینی استفاده شود. در شکل ۱ موقعیت این مناطق نمایش داده شده است. همچنین در جدول ۱ مشخصات این مناطق درج شده است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و مناطق سوخته (واقعیت زمینی)

بر روی تصویر ترکیب رنگی (۱،۲،۱) (R,G,B) MODIS

- 1- Production Data Set
- 2- Hierarchical Data Format
- 3- Earth Observation System

## فرخ پورشکوری الهده و همکاران

جدول ۱- مشخصات آتش سوزی‌های مورد استفاده در این پژوهش و همچنین تعداد تصاویر پردازش شده.

ردیف	نام محل آتش	تاریخ شروع آتش	تاریخ پایان آتش	مساحت منطقه سوخته به هکتار	تعداد تصاویر پردازش شده سنجنده MODIS از ماهواره Aqua	تعداد تصاویر پردازش شده سنجنده MODIS از ماهواره Terra
۱	یکبرمخ	۱۳۹۰/۰۴/۲۴	۱۳۹۰/۰۴/۲۴	۵۸	۴ تصویر از ۲۳ تیر ۱۳۹۰ تا ۲۵ تیر ۱۳۹۰	۴ تصویر از ۲۳ تیر ۱۳۹۰ تا ۲۵ تیر ۱۳۹۰
۲	قرنگی جنگل	۱۳۹۰/۰۱/۰۸	۱۳۸۹/۰۱/۰۹	۱۰	۱۴ تصویر از ۷ فروردین ۱۳۹۰ تا ۱۰ فروردین ۱۳۹۰	۱۵ تصویر از ۷ فروردین ۱۳۹۰ تا ۱۰ فروردین ۱۳۹۰
۳	چشمه سردار*	۱۳۹۰/۰۸/۲۴	۱۳۸۹/۰۹/۲۵	۸۶۹	۹۷ تصویر از ۲۳ آبان ۱۳۸۹ تا ۲۹ آذر ۱۳۸۹	۹۵ تصویر از ۲۳ آبان ۱۳۸۹ تا ۲۹ آذر ۱۳۸۹

\* این آتش ۲۴ آبان شروع شد و بعد از مدتی خاموش و دوباره از سر گرفته شد. در این بازه زمانی گاهی خاموش، گاهی با شدت کم و گاهی با شدت زیاد در حال سوختن بوده است. تمامی تصاویر این بازه زمانی پردازش شد.

**پردازش تصاویر:** تصاویر خام (PDS) سنجنده MODIS از ماهواره Terra به کمک پیش‌پردازش‌هایی خاص به سطوح استاندارد متفاوتی برای استفاده کاربران تبدیل می‌شوند. سطوح L<sub>1A</sub> و L<sub>1B</sub> محصولات پایه تصاویر سنجنده MODIS هستند. محصولات سطوح بالاتر با استفاده از آن‌ها و در بیشتر موارد با استفاده از داده‌های کمکی تولید می‌شوند. در الگوریتم مورد استفاده در این پژوهش، باید از داده‌هایی در سطح L<sub>1B</sub> استفاده شود. داده‌های سنجنده MODIS از ماهواره Terra با پیش‌پردازش در محیط نرم‌افزار IMAPP ابتدا به سطح L<sub>1A</sub> و سپس به سطح L<sub>1B</sub> تبدیل شدند. داده‌های سطح L<sub>1A</sub> داده‌هایی هستند که تنها از حالت فشرده در فرمت PDS خارج و به فرمت HDF و با نام MOD01 تبدیل می‌شوند و در واقع هیچ‌گونه تصحیح بر روی آن انجام نمی‌گیرد. سپس این داده‌ها مورد کالیبراسیون و تصحیحات هندسی قرار می‌گیرند تا داده‌هایی سطح L<sub>1B</sub> تولید شوند. داده‌های سنجنده MODIS شامل باندهای انعکاسی و حرارتی هستند که کالیبراسیون این ۲ دسته با دو الگوریتم متفاوت انجام می‌گیرد. البته در شب تنها باندهای حرارتی اخذ می‌شوند. خروجی سطح L<sub>1B</sub> شامل یک فایل با فرمت HDF و پسوند MOD02 برای هر یک از مجموعه باندها با اندازه تفکیک‌های ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ متر است. غیر از این سه فایل، فایل دیگری نیز با پسوند MOD02 در خروجی سطح L<sub>1B</sub> وجود دارد که شامل داده‌های دورسنجی<sup>۱</sup> و همچنین داده‌های مورد استفاده در کالیبراسیون

### 1- Telemetry

است. داده‌های به‌دست آمده از تصحیحات هندسی نیز با پسوند MOD03 و فرمت HDF در این سطح از داده‌ها وجود دارد. تصحیحات هندسی به‌منظور حذف خطاهایی از جمله خطاهای هندسی سنجنده، کرویت زمین، پستی و بلندی‌های سطح و لرزش سکو انجام می‌گیرد. تصحیحات هندسی به روش پارامتری و با استفاده از اطلاعات مداری، دورسنجی و مدل رقومی زمین، انجام می‌شود. برای بهبود تصحیح هندسی می‌توان از تعدادی نقطه کنترل با پراکنش مناسب استفاده کرد. استفاده از داده‌های سطح L<sub>1B</sub> برای تولید محصول آتش به کمک الگوریتم جهانی کشف آتش الزامی است. پس از پردازش‌های اولیه، تصاویر به کمک الگوریتم جهانی کشف آتش پردازش شدند و نتایج با نقشه مناطق سوخته در محیط GIS روی هم‌اندازی شد تا تصاویری که در آن‌ها آتش‌های موردنظر شناسایی شده‌اند، مشخص شوند.

#### مراحل اجرای الگوریتم جهانی کشف آتش (نسخه ۴)

ماسک ابر و آب: در صورت وجود پهنه‌های آب در منطقه و ابر در تصویر، لازم است تا این دو پدیده ماسک و از فرایند پردازش حذف شوند. ماسک آب را می‌توان به کمک محصولات MODIS یا نقشه‌های موجود منطقه تهیه کرد. به همراه هر فریم تصویر MODIS اطلاعات جنبی از جمله یک لایه ماسک آب وجود دارد که با استفاده از آن می‌توان ماسک آب را انجام داد. لایه آب در محصول پایه MOD03 با نام Land/SeaMask قرار دارد. در تصاویر روز پیکسل‌هایی که دارای شرایط زیر هستند جزو پیکسل‌های ابر محسوب می‌شوند (گیگلیو و همکاران، ۲۰۰۳):

$$(\rho_{.765} + \rho_{.864} > 0.9) \text{ or } (T_{12} < 265K) \text{ or } (\rho_{.765} + \rho_{.864} > 0.9 \text{ and } T_{12} < 285K)$$

در تصاویر شب تنها پیکسل‌هایی که دارای شرط زیر هستند ابر محسوب می‌شوند:

$$T_{12} < 265K$$

اجزای این رابطه‌ها به همراه باندهای مورد استفاده در الگوریتم مورد استفاده در جدول ۲ آمده است و K نیز درجه حرارت براساس واحد کلوین است. اندازه پیکسل‌ها که در اصل در باندهای ۱ و ۲، ۲۵۰ متری و باند شماره ۷، ۵۰۰ متری هستند برای هماهنگی با باندهای حرارتی تبدیل به ۱۰۰۰ متر می‌شوند.



شناسایی پیکسل‌های دارای پتانسیل آتش: در این مرحله پیکسل‌های دارای پتانسیل آتش شناسایی می‌شوند تا پیکسل‌هایی که به‌طور قطع آتش نیستند، حذف شوند. در تصاویر روز پیکسل‌هایی که دارای شرایط زیر باشند به‌عنوان پیکسل با پتانسیل آتش شناخته می‌شوند (گیگلیو و همکاران، ۲۰۰۳):

$$T_i > 310K, \Delta T > 10K \text{ and } \rho_{0.86} < 0.3$$

در بیان یاد شده  $\Delta T = T_i - T_{11}$  می‌باشد. در تصاویر شب تنها شرط  $T_i > 310K$  برای تعیین پیکسل‌های دارای پتانسیل آتش اجرا می‌شود.

جدول ۲- باندهای مورد استفاده در الگوریتم جهانی (گیگلیو و همکاران، ۲۰۰۳).

شماره باند	میانگین طول موج (میکرومتر)	اندازه تفکیک در هنگام استفاده به متر	هدف از استفاده	علامت باند در الگوریتم	کمیت مورد استفاده
۱	۰/۶۵	۱۰۰۰ (۲۵۰ متر در تصویر اولیه)	جلوگیری از هشدار اشتباه در اثر نور خورشید و سواحل، ماسک ابر	$\rho_{0.65}$	DN
۲	۰/۸۶	۱۰۰۰ (۲۵۰ متر در تصویر اولیه)	جلوگیری از هشدار اشتباه در اثر نور خورشید و سواحل، ماسک ابر	$\rho_{0.86}$	DN
۷	۲/۱	۱۰۰۰ (۵۰۰ متر در تصویر اولیه)	جلوگیری از هشدار اشتباه در اثر نور خورشید و سواحل و درخشش سطح زمین‌های لخت	$\rho_{2.1}$	DN
۲۱	۴	۱۰۰۰	کشف آتش	$T_i$	درجه حرارت روشنایی استخراج شده از DN
۲۲	۴	۱۰۰۰	کشف آتش	$T_i$	درجه حرارت روشنایی استخراج شده از DN
۳۱	۱۱	۱۰۰۰	کشف آتش و ماسک ابر	$T_{11}$	درجه حرارت روشنایی استخراج شده از DN
۳۲	۱۲	۱۰۰۰	ماسک ابر	$T_{12}$	درجه حرارت روشنایی استخراج شده از DN

## 1- Brightness Temperature

آزمون حد آستانه مطلق: بر روی پیکسل‌های دارای پتانسیل آتش ابتدا آزمون حد آستانه مطلق انجام می‌شود، که در صورت احراز این شرایط پیکسل آتش محسوب می‌شود و برای بقیه پیکسل‌ها که دارای پتانسیل آتش هستند، آزمون زمینه‌ای انجام می‌شود. آزمون حد آستانه مطلق برای تصاویر روز و شب به ترتیب  $T_i > 360K$  و  $T_i > 320K$  می‌باشد.

آزمون زمینه: در این مرحله از پیکسل‌های همسایه برای برآورد کمیت رادیومتری پیکسل‌های دارای پتانسیل آتش استفاده می‌شود. در این آزمون پنجره‌ای با مرکزیت پیکسل دارای پتانسیل آتش و پیکسل‌های پیرامون آن که معتبر باشد (پیکسل‌هایی که جزو کلاسه ابر و آب نباشد، روی زمین باشد، ارزش آن در تصویر اصلی از بین نرفته باشد و جزو کلاسه آتش مرحله قبل نباشد) تشکیل و برای محاسبه پارامترهایی برای آزمون زمینه استفاده می‌شوند. پنجره با اندازه  $3 \times 3$  شروع می‌شود و می‌تواند تا  $21 \times 21$  ادامه پیدا کند. حداقل باید ۸ پیکسل معتبر در پنجره این آزمون زمینه شناسایی شده باشد. اگر پنجره با تعداد کافی پیکسل معتبر تشکیل گردد، آماره‌های میانگین و میانگین انحراف مطلق<sup>۱</sup> برای باندهای ۲۱، ۳۱ و  $\Delta T$  برای آزمون زمینه محاسبه می‌شوند.

رد هشدارهای اشتباه: بازتانش نور خورشید از محیط‌های آبی، خاک‌های خیس، ابرهای سیروس و در مواردی نادر از خاک‌های لخت، می‌تواند سبب ایجاد هشدارهای اشتباه شود. لبه‌های برخی از محیط‌های داغ از جمله مناطق بیابانی نیز می‌توانند سبب افزایش تابش انرژی شوند که خود باعث شناسایی برخی پیکسل‌ها به عنوان پیکسل آتش می‌شوند. رد هشدار اشتباه ناشی از این مناطق به کمک آماره‌های محاسبه شده در آزمون زمینه‌ای از جمله میانگین و انحراف معیار  $T_i$  (درجه حرارت روشنایی باند ۲۲) انجام می‌شود. انجام این تصحیح برای جنگل‌های شمال ضروری نمی‌باشد، اما برای تصحیح هشدارهای اشتباه ناشی از سواحل دریاها در مجاورت جنگل‌های شمال، از NDVI که با استفاده از باندهای شماره ۱ و ۲ محاسبه می‌گردد استفاده می‌شود. این هشدارهای اشتباه براساس مدل‌های ارایه شده توسط گیگیو و همکاران (۲۰۰۳)، تصحیح می‌شوند.

طبقه‌بندی نهایی و تعیین درصد اطمینان آتش: براساس پردازش‌های انجام شده در مراحل قبل، پیکسل‌های تصویر به کلاسه‌های بدون داده<sup>۲</sup>، ابر، آب، غیرآتش، آتش و ناشناخته طبقه‌بندی و در نهایت درصد اطمینان (Confidence) برای پیکسل‌های آتش محاسبه شد. از آنجا که یک پیکسل با

1- Mean Absolute Deviation

2- Missing Data

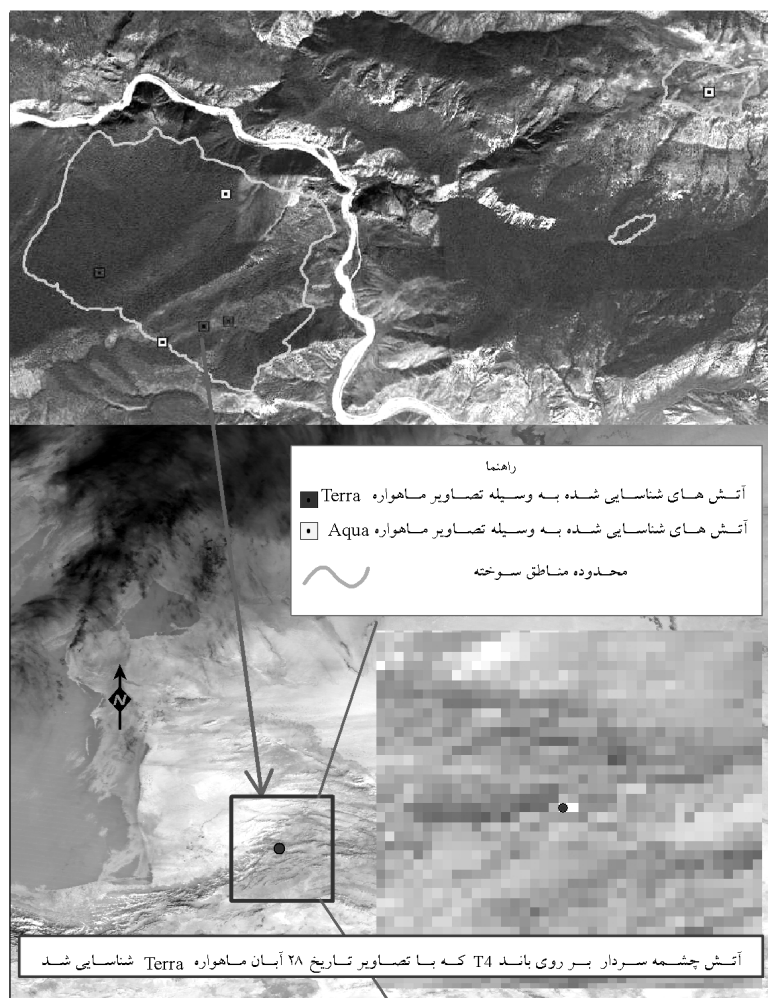
دماهای مختلفی می‌تواند به‌عنوان پیکسل آتش شناسایی شود و از سویی دیگر پیکسل‌های ابر و آب محیط مجاور نیز که در گذر روز دارای انعکاس زیاد هستند و می‌توانند باعث طبقه‌بندی پیکسل به آتش شده باشند، کمیت اطمینان محاسبه می‌شود. زیاد بودن دما باعث افزایش، ولی تعداد زیاد پیکسل‌های ابر و آب سبب کاهش میزان اطمینان طبقه‌بندی می‌شود. بر این اساس روش محاسبه میزان اطمینان در گذرهای روز و شب متفاوت است (گیگلیو و همکاران، ۲۰۰۳). کمیت اطمینان را نمی‌توان معیاری برای بیان صحت دانست و تنها راهنمایی برای کاربر برای تحلیل بهتر فرایند تجزیه و تحلیل است.

### نتایج

آتش‌سوزی ۲۴ تیر ۱۳۹۰ در منطقه یک‌برمخ، تنها در تصویر ساعت ۱۲:۴۵ روز ۲۴ تیر مربوط به ماهواره Aqua شناسایی شد (شکل ۲). آتش‌سوزی منطقه قرنگی‌جنگل در هیچ‌یک از تصاویر شناسایی نشد. اما آتش منطقه چشمه‌سردار در تاریخ‌های ۲۷ آبان ۱۳۸۹ (در تصویر ساعت ۰۱:۳۰ بامداد ماهواره Aqua)، ۲۸ آبان ۱۳۸۹ (در تصویر ساعت ۲۱:۵۵ ماهواره Terra) ۷ آذر ۱۳۸۹ (در تصویر ساعت ۱۲:۲۵ Aqua و تصاویر ساعات ۱۰:۴۵ و ۲۱:۵۰ ماهواره Terra) شناسایی شد (شکل ۲). در جدول ۳ مشخصات آتش‌های شناسایی شده به همراه درجه حرارت روشنایی در باندهای ۲۱ و ۳۱ و درجه اطمینان آتش درج شده است. درجه روشنایی، درجه حرارت در سطح زمین است که براساس باندهای حرارتی مورد استفاده در الگوریتم محاسبه می‌شود.

جدول ۳- خصوصیات آتش‌های شناسایی شده به کمک تصاویر سنجنده MODIS

ردیف	ماهواره	آتش شناسایی شده	تاریخ تصویربرداری	زمان تصویربرداری	ساعت تصویربرداری به وقت ایران	درجه حرارت روشنایی در کلون	درجه حرارت در روشنایی در کلون	درجه اطمینان آتش به درصد
۱	Aqua	یک‌برمخ	۱۳۹۰/۰۴/۲۴	روز	۱۲:۴۵	۳۳۵/۵	۳۱۱/۴۶	۹۶
۲	Aqua	چشمه‌سردار	۱۳۸۹/۰۸/۲۷	شب	۰۱:۳۰	۳۰۷/۱۷	۲۸۰/۹۵	۵۲
۳	Aqua	چشمه‌سردار	۱۳۸۹/۰۹/۰۷	روز	۱۲:۲۵	۳۱۱/۲۰	۲۸۹/۲۷	۴۷
۴	Terra	چشمه‌سردار	۱۳۸۹/۰۸/۲۸	شب	۲۱:۵۵	۳۰۶/۳۳	۲۷۶/۳۸	۱۹
۵	Terra	چشمه‌سردار	۱۳۸۹/۰۹/۰۷	روز	۱۰:۴۵	۳۱۰/۳۵	۲۸۹/۲۳	۳۳
۶	Terra	چشمه‌سردار	۱۳۸۹/۰۹/۰۷	شب	۲۱:۵۰	۳۰۷/۹۰	۲۸۰/۴۴	۵۷



شکل ۲- موقعیت آتش‌های شناسایی شده و نمونه‌ای از پیکسل شناسایی شده بر روی تصویر ۲۸ آبان ۱۳۸۹.

### بحث

۲ مورد آتش‌سوزی از ۳ نمونه مطالعه شده در این پژوهش با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS شناسایی شد که نشان از قابلیت بالقوه این تصاویر به منظور شناسایی آتش فعال در جنگل‌های شمال دارد. آتش‌ها در مناطق یک‌برمخ و هم‌چنین چشمه‌سردار شناسایی شد و در منطقه قرنگی جنگل شناسایی نشد.

مساحت منطقه سوخته در یکبرمخ ۵۷ هکتار بود که کم‌تر از مساحت یک پیکسل در باندهای حرارتی تصاویر سنجنده MODIS می‌باشد. اندازه تفکیک مکانی این پیکسل‌ها ۱۰۰۰ متر در نادیر است و هر پیکسل ۱۰۰ هکتار مساحت دارد. این امر بیانگر این مطلب است که تصاویر سنجنده MODIS قابلیت شناسایی آتش‌هایی با اندازه زیر یک پیکسل را نیز دارند، البته شاید به دلیل زیاد بودن درجه حرارت آن لکه کوچک. آتش یکبرمخ در تصویر ساعت ۱۱:۰۵ روز ۲۴ تیر ۱۳۹۰ ماهواره Terra شناسایی نشد اما با استفاده از تصویر ساعت ۱۲:۴۵ دقیقه همان روز مربوط به ماهواره Aqua شناسایی شد. این نکته می‌تواند ناشی از عوامل گوناگونی باشد. از جمله این‌که در هنگام اخذ گذر Terra آتش حرارت کم‌تری داشته که سبب شناسایی نشدن آن شده است. اما گسترش آتش در هنگام اخذ گذر Aqua به منطقه‌ای با مواد سوختنی بیش‌تر رسیده است، که موجب تولید حرارت بیش‌تر شده است. حرارت بیش‌تر در هنگام اخذ گذر Aqua می‌تواند منجر به شناسایی آتش شده باشد. مشابه چنین وضعیتی در پژوهش تود و همکاران (۲۰۰۸)، نیز گزارش شده است. آنان بر این عقیده هستند که شدت آتش و حرارت به‌دست آمده در ساعات‌های اولیه عصر می‌تواند بیش‌تر از ساعات‌های صبح باشد، که زمینه کشف آتش را فراهم می‌سازد. برخلاف وضعیت آتش یکبرمخ، آتش منطقه چشمه‌سردار در تصاویر هر دو ماهواره در ساعات ۱۰:۴۵ و ۱۲:۲۵ یک روز شناسایی شد. شاید یک دلیل اصلی برای این شناسایی موفق در هر دو ماهواره مربوط به سطح وسیع آتش باشد.

آتش منطقه چشمه‌سردار در ساعت ۰۱:۳۰ بامداد ۲۸ آبان توسط ماهواره Aqua، ۲۱:۵۵ دقیقه شب ۲۸ آبان توسط تصاویر ماهواره Terra و همچنین ۲۱:۵۰ دقیقه هفتم آذر ۱۳۹۰ توسط تصاویر ماهواره Terra شناسایی گردید. شناسایی آتش در ساعات شب توسط تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند از جنبه‌های بسیار مثبت استفاده آن‌ها در پایش باشد. چه بسا بسیاری از آتش‌هایی که در هنگام شب اتفاق می‌افتند، قبل از شناسایی و گزارش توسط انسان به کمک تصاویر ماهواره‌ای شناسایی و هشدار داده شوند.

در این پژوهش تصاویر هر دو ماهواره Aqua و Terra موفق به شناسایی سه لکه آتش (جدول ۳) در دو منطقه چشمه‌سردار و یکبرمخ شدند. این امر نشان‌دهنده برتری استفاده هم‌زمان از این دو ماهواره است. تود و همکاران (۲۰۰۸) و گیگیو (۲۰۰۶)، نیز استفاده هم‌زمان از دو ماهواره را توصیه کردند.

حریق منطقه قرنگی‌جنگل به مساحت ۱۰ هکتار در روزهای هشتم و نهم فروردین ۱۳۹۰ اتفاق افتاده بود. این آتش در هیچ‌یک از این تصاویر شناسایی نشد. از عوامل مؤثر در شناسایی نشدن آتش، می‌توان به پوشش ابر (تود و همکاران، ۲۰۰۸؛ گیگیو و همکاران، ۲۰۰۳؛ جان و همکاران، ۲۰۰۸؛

وانگ و همکاران، ۲۰۰۷)، اندازه کم آتش (تود و همکاران، ۲۰۰۸؛ گیگلیو، ۲۰۰۶؛ فیلیپ، ۲۰۰۷؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۷)، شدت کم آتش (تود و همکاران، ۲۰۰۸؛ گیگلیو و همکاران، ۲۰۰۳؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۷) و تاج پوشش بسته جنگل (تود و همکاران، ۲۰۰۸؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۷) اشاره نمود. عوامل یاد شده می‌توانند در جنگل‌های شمال باعث شناسایی نشدن آتش در تصویر شوند. به‌طور مسلم نوع آتش که عاملی مؤثر در میزان درجه حرارت آن محسوب می‌شود، نقش مهمی در شناسایی یا شناسایی نشدن آن دارد.

آتش منطقه قرنگی جنگل از نظر وسعت کوچک‌تر از ۲ نمونه دیگر و در اوایل فروردین اتفاق افتاده بود. به‌طور کلی رطوبت هوا و زمین در این ماه نسبت به زمان وقوع دو آتش دیگر (جدول ۱) باید بیشتر و مواد سوختنی کف جنگل نیز کم‌تر بوده است. این عوامل باعث شدت کم آتش می‌شوند. از آنجایی که اساس کار الگوریتم جهانی کشف آتش فعال حرارت است، آتش‌هایی با شدت کم از احتمال کم‌تری برای شناسایی برخوردار هستند (تود و همکاران، ۲۰۰۸؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۷). جهانی بودن الگوریتم مورد استفاده نیز می‌تواند از دلایل شناسایی نشدن آتش‌هایی در مناطق خاص باشند. این الگوریتم برای کل جهان توسعه یافته است و چه بسا با ادامه پژوهش‌ها ضرورت بهبود الگوریتم یا توسعه الگوریتم جدیدی مطرح شود. پژوهش‌گران دیگری از جمله (وانگ و همکاران، ۲۰۰۷؛ موقتی و همکاران، ۲۰۰۹) نیز به این جمع‌بندی رسیده‌اند.

هر چند که استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برای کشف به هنگام آتش عمری ۳۰ ساله در جهان دارد، اما هنوز در ایران این امر تحقق نیافته است. امکان دریافت تصاویر سنجنده MODIS به صورت رایگان فراهم می‌باشد. این نکته به همراه نتایج این پژوهش که نمایانگر قابلیت بالقوه به نسبت خوب این تصاویر در کشف آتش است، استفاده از آن را برای پایش جنگل مطرح می‌سازد.

پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های تکمیلی در مناطق مختلف کشور، با نمونه‌های بیش‌تری که دارای اندازه‌های متفاوتی باشند انجام گیرد تا پتانسیل تصاویر و روش‌های موجود در کشف آتش به درستی سنجیده و نقش وسعت آتش در تشخیص آن روشن شود و در صورت لزوم به بهبود الگوریتم کشف آتش متناسب با شرایط مناطق جنگلی ایران اهتمام ورزیده شود. پیشنهاد می‌شود تا انجام پژوهش‌های تکمیلی با استفاده از این تصاویر و الگوریتم جهانی کشف آتش جنگل‌ها مورد پایش قرار گیرند.

منابع

1. Ardakani, A.S., Valadan Zoej, M.J., Mansourian, A. and Mohammadzadeh, A. 2009. Spectral analysis of fire to detection and estimate the extent of fire affected areas using satellite imagery, Iranian Remote Sensing and GIS, Vol. 1, No. 3, Autumn 2009.
2. Croft, T.A. 1973. Burning waste gas in oil fields. *Nature*, 245: 375-376.
3. Dozier, J. 1981. A method for satellite identification of surface temperature fields of subpixel resolution, *Remote Sensing of Environment*, 11: 221-229.
4. Flannigan, M.D. and Vonder Haar, T.H. 1986. Forest fire monitoring using NOAA satellite AVHRR, *Can. J. For. Res.* 16: 975-982.
5. Ghadami, H. 2011. Khorasan newspaper, viewed 15 April 2012. <http://www.khorasannews.com/News.aspx?type=1&year=1390&month=2&day=1&id=2219745>.
6. Giglio, L., Descloitres, J., Justice, C.O. and Kaufman, Y.J. 2003. An enhanced contextual fire detection algorithm for MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 87: 273-282.
7. Giglio, L. 2006. Detection, evaluation and analysis of global fire activity using MODIS data, Dissertation submitted to the Faculty of the Graduate School of the University of Maryland, College Park in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy.
8. Giglio, L. 2010. MODIS Collection 5 Active Fire Product User's Guide Version 2.4, Science Systems and Applications, Inc., University of Maryland, Department of Geography.
9. John, J., Wanting, Q.U., Swarvanu Dasgupta, W. and Hao, X. 2008. Active fire monitoring and fire danger potential detection from space: A review. *Front. Earth Sci. China* 2008, 2: 4. 479-486.
10. Kaufman, Y.J., Justice, C.O., Flynn, L.P., Kendall, J.D., Prins, E.M., Giglio, L., Ward, D.E., Menzel, W.P. and Setzer, A.W. 1998. Potential global fire monitoring from EOS-MODIS. *J. Geophys. Res.* 103: 32215-32238.
11. Lee, T.F. and Tag, P.M. 1990. Improved Detection of Hotspots using the AVHRR 3.7- $\mu$ m Channel, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 71: 12. 1722-1730.
12. Movaghati, S., Samadzadegan, F. and Azizi, A. 2008. A comparative study of three algorithms for forest fire detection in IRAN, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. XXXVII. Part B8. Beijing.
13. Philip, S. 2007. Active fire detection using remote sensing based polar-orbiting and geostationary observations: an approach towards near real-time fire monitoring, M.Sc. Thesis, international institute for Geo-information science and earth observation, Enschede, The Nederland.

14. Todd, J., Volker, H., Radeloff, C., Syphard, A.D., Zhu, Zh. and Susan, I.S. 2008. Detection rates of the MODIS active fire product in the United States, Remote Sensing of Environment, 112: 2656-2664.
15. Wang, W., Qu, J.J., Hao, X., Liu, Y. and Sommers, W.T. 2007. An improved algorithm for small and cool fire detection using MODIS data: A preliminary study in the southeastern United States, Remote Sensing of Environment, 108: 163-170.





Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Wood & Forest Science and Technology*, Vol. 20 (4), 2014  
<http://jwfst.gau.ac.ir>

## **Assessment of active fire detection algorithm for fire detection in natural resources using MODIS images (Case Study: Golestan national park)**

**\*F. Pourshakouri Allahdeh<sup>1</sup>, A.A. Darvishsefat<sup>2</sup>, F. Samadzadegan<sup>3</sup>,  
P. Attarod<sup>4</sup> and J. Selyari<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Ph.D. Student, Faculty of Natural Resources, Tehran University, <sup>2</sup>Professor, Faculty of Natural Resources, Tehran University, <sup>3</sup>Associate Prof., Faculty of Technical, Tehran University, <sup>4</sup>Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, Tehran University, <sup>5</sup>Expert in Department of Environment of Golestan Province

Received: 05/13/2012; Accepted: 12/03/2013

### **Abstract**

Monitoring of fire in natural resource using satellite imagery is the most effective method to detect active fires. The main objective of this study was to explore the capability of global active fire detection algorithm for active fire detection using the MODIS images. The study was performed in the Golestan national park located in the western Caspian forests. Totally 229 MODIS images acquired by Terra and Aqua satellites were processed for active fire detections. In order to investigate on capabilities of MODIS images in active fire detection, we evaluated the results of MODIS fire products with three reference fires occurred in the study area. The locations of the burned areas were surveyed by GPS. MODIS images from fire days as well as the previous and past days of fires were collected. The Aqua images were obtained from the L<sub>1B</sub> level, which was suitable for using in this algorithm whereas Terra images were obtained from PDS format and then preprocessed to the L<sub>1B</sub>. After processing of images, detected fires were compared with reference fires. The results revealed that the fires in July 2011 (Yekbarmakh) and November 2010 (Cheshme-Sardar) were detected, while the relative small fire (Gharangi forest) in March 2010 was not detectable. Based on the principle of active fire detection algorithm the higher temperature of fires increase the probability of detection. It can be concluded that MODIS images provide a valuable source of information about fire activity. However contextual fire detection algorithm didn't detect high percent of fires. complementary researches and investigation are needed to develop a regional fire detection algorithm for the Caspian forests of Iran. It is recommended that active fire detection algorithm to be applied for fire detection for the Caspian forests of Iran using MODIS images before complementary researches.

**Keywords:** Fire detection, Satellite images, MODIS, Active fire detection algorithm

---

\* Corresponding Author; Email: farokh.329@gmail.com

