

شناسایی بلادرنگ آتش سوزی جنگل و مراتع با استفاده از داده های NOAA/AVHRR منطقه مورد مطالعه: پناهگاه حیات وحش کیامکی

فیروز آقازاده^۱، دانشجوی کارشناسی ارشد گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی، دانشگاه تبریز، تبریز.

هاشم رستم زاده. استادیار گروه آب و هواشناسی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی، دانشگاه تبریز، تبریز.
خلیل ولیزاده کامران. دانشیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی، دانشگاه تبریز، تبریز.

پذیرش نهایی: ۱۳۹۸/۰۹/۱۵

دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۰۳

چکیده

آتش سوزی جنگل در سال های اخیر توجه زیادی به تغییرات اقلیمی و اکوسیستم داشته است. سنجش از دور، یک روش سریع و ارزان برای تشخیص و نظارت آتش سوزی جنگل ها در مقیاس وسیع است. هدف از این پژوهش شناسایی آتش سوزی جنگل و مراتع با استفاده از تصاویر سنجنده NOAA/AVHRR در پناهگاه حیات وحش کیامکی داغ می باشد. جهت انجام تحقیق، ابتدا تاریخ آتش سوزی های رخ داده از محصولات MODIS استخراج گردید. سپس تصاویر سنجنده مورد نظر براساس تاریخ آتش سوزی های رخ داده تهیه شد. بعد از انجام پیش پردازش تصاویر، با استفاده از الگوریتم های توسعه یافته، گیگلیو و IGBP اقدام به شناسایی آتش سوزی گردید. نتایج الگوریتم های شناسایی آتش سوزی با محصولات MODIS مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که شناسایی آتش سوزی با استفاده از الگوریتم IGBP نسبت به الگوریتم های توسعه یافته و گیگلیو بهتر است. بدین صورت که الگوریتم IGBP با تعداد آتش سوزی شناسایی شده برابر با ۶ پیکسل از ۷ پیکسل آتش سوزی شناسایی شده توسط محصولات MODIS، الگوریتم گیگلیو با تعداد آتش سوزی شناسایی شده برابر با ۵ پیکسل از ۷ پیکسل آتش سوزی شناسایی شده توسط محصولات MODIS و الگوریتم توسعه یافته تعداد آتش سوزی شناسایی شده برابر با ۳ پیکسل از ۷ پیکسل آتش سوزی شناسایی شده توسط محصولات MODIS را شناسایی کرد. همچنین الگوریتم IGBP با میزان خطای ۱۴٪ و با تعداد آتش سوزی شناسایی ۸۶٪، الگوریتم گیگلیو با میزان خطای ۲۸٪ و تعداد آتش سوزی شناسایی شده ۷۲٪ و الگوریتم توسعه یافته با میزان خطای ۵۷٪ و تعداد آتش سوزی شناسایی شده ۴۳٪ را نشان داد.

واژه های کلیدی: شناسایی آتش سوزی در زمان واقعی، الگوریتم های آتش سوزی، NOAA/AVHRR، پناهگاه حیات وحش کیامکی.

مقدمه

آتش‌سوزی زمین و جنگل یکی از مشکلات رایج در جهان است که باعث بروز اختلالات مختلف در عملکرد جنگل و زمین می‌شود (Nurdiana, & Risdiyanto, ۲۰۱۵). تشخیص آتش در زمان واقعی ضروری است تا از تلفات در مقیاس بزرگ جلوگیری شود (Philip, ۲۰۰۷). برای شناسایی آتش زودهنگام در مناطقی که خطر آتش‌سوزی زیاد است، لازم است که این مناطق را به صورت منظم نظارت شود (Linss et al., ۲۰۱۵). پایش جنگل‌ها برای شناسایی آتش‌ها از فنونی است که در گذشته به کمک روش‌های سنتی از قبیل دیده‌بان، بالگرد و هواپیما انجام شد (Jazirehi, ۲۰۰۵). امروزه تصاویر ماهواره‌ای از ابزارهای مهم و موثر در شناسایی آتش فعال در دنیا هستند (Giglio et al, ۲۰۰۲). استفاده از سیستم‌های ماهواره‌ای (GOES, NOAA/AVHRR و غیره)، که در اوایل دهه ۱۹۷۰ توسط خدمات جنگلی ایالات متحده توسعه یافت (Ceccato et al, ۱۹۹۹)، که می‌تواند یک ابزار فوق‌العاده برای تشخیص نقاط و بررسی سطح استرس گیاهی باشد. برنامه بین‌المللی ژئوسفر- بیوسفر (IGBP) به موضوع آتش‌سوزی از دیدگاه چندرشته‌ای می‌پردازد و پروژه‌های متعددی برای مطالعه آتش‌سوزی دارد (Stroppiana et al., ۲۰۰۰). در سال‌های اخیر مطالعات گوناگونی در زمینه شناسایی پدیده آتش‌سوزی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای صورت گرفته است که در این مطالعات الگوریتم‌های خاص و متنوعی در زمینه تشخیص سریع و دقیق آتش‌سوزی جنگل استفاده شده است. اکثر الگوریتم‌های شناسایی آتش به ماهواره‌های قطبی و ماهواره‌های ژئواستراتی GOES اعمال می‌شود. این تحقیق تصمیم گرفته است که از تصاویر سنجنده AVHRR/NOAA برای شناسایی آتش استفاده کند. پو و همکاران (Pu et al., ۲۰۰۴) به بررسی خود تحت عنوان "A dynamic algorithm for wildfire mapping with NOAA/AVHRR data" در کالیفرنیا پرداختند. مقایسه مقدماتی نتایج حاصل از الگوریتم دینامیک و چند ضلعی آتش‌سوزی که توسط اداره کل جنگلداری و آتش‌نشانی کالیفرنیا جمع‌آوری شده است، نشان می‌دهد که الگوریتم می‌تواند مناطق سوخته را در مراحل مختلف رشد در سطح روزانه ردیابی کند. مقایسه بین نتایج نقشه برداری آتشفشان توسط یک نسخه اصلاح شده الگوریتم موجود و الگوریتم دینامیکی نیز این نقطه را نشان می‌دهد. همکاران (Amraoui et al., ۲۰۱۰) قابلیت داده‌های سنجنده‌های MSG SEVIRI و MODIS را برای شناسایی آتش در افریقا بررسی کردند و نتیجه گرفتند که این تصاویر می‌توانند به عنوان تکمیل‌کننده‌ی یکدیگر در شناسایی آتش عمل کنند. ستین و همکاران (Stein et al., ۲۰۱۵) به بررسی نظارت بر آتش‌سوزی برای پردازش سری‌های طولانی مدت پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که الگوریتم متنی بهترین کارایی است و به همین دلیل برای اجرای نهایی استفاده می‌شود. فری و همکاران (Frey et al., ۲۰۱۷) به بررسی پردازشگر شناسایی نقطه داغ آتش‌سوزی به صورت اتوماتیک بر اساس تصاویر AVHRR پرداختند. نتایج حاصل از پردازشگر نقطه داغ با داده‌های آتش شبیه‌سازی شده مورد آزمون قرار گرفت. علاوه بر این، نتایج پردازش تصاویر واقعی AVHRR با پنج مجموعه داده‌های مختلف مورد تایید قرار گرفت: نقاط MODIS، نقاط نقص MODIS، داده‌های آتش‌نشانی از سیستم اطلاعات آتش‌نشانی جنگل اروپا (EFFIS)، نقشه برداری سوزی از خدمات مدیریت اورژانسی کوپرنیک (EMS) و اطلاعات پایگاه داده آتش‌نشانی پیمونت. زانگ و همکاران (Zhang et al., ۲۰۱۸) در مطالعه خود، از باند‌های ۷، ۴ و ۳ داده‌های (AHI) Advance Himawari Imaging با استفاده از الگوریتم Threshold و یک روش تفسیر بصری برای نظارت بر کل پروسه آتش‌سوزی علف‌های هرز که در مناطق مرزی چین و مغولستان رخ داده است، پرداختند. نتایج نظارت نشان می‌دهد

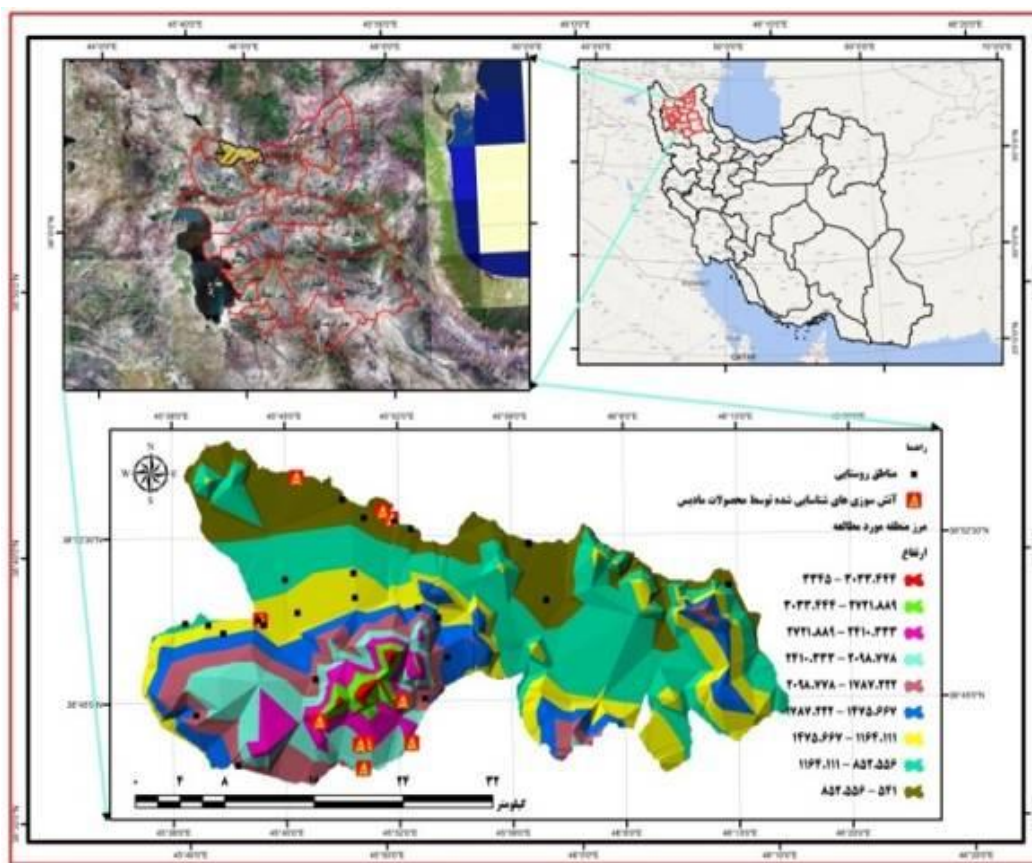
که آتش سوزی علفزار برای دو روز و هشت ساعت با مساحت حدود ۲۷۰۸/۲۹ کیلومتر مربع سوزانده شده است. ارزیابی نتایج نظارت بر آتش نشان می دهد که اطلاعات AHI با دقت بالا و به موقع می تواند بسیار با شرایط واقعی سازگار باشد. والریا و لنوی (۲۰۱۸، Valeria & Laneve) برای تشخیص آتش سوزی با استفاده از تصاویر SEVIRI در کشورهای مدیترانه در اروپا در فصل تابستان با استفاده از الگوریتم SFIDE پرداختند. نتایج الگوریتم در منطقه ساردینیا با استفاده از داده های واقعی زمین ارائه شده توسط diVigilanza Ambientale & Forestale Corpo تأیید شده است. موقتی (۲۰۰۹) به مقایسه سه الگوریتم جهانی، بهبود یافته و Graph-based در استان کرمانشاه پرداختند و نتیجه گرفتند که الگوریتم جهانی کشف آتش از دو الگوریتم دیگر نتایج بهتری ارائه می دهند. پورشکوری (۲۰۱۱) کارایی تصاویر سنجنده MODIS و الگوریتم جهانی کشف آتش را بررسی کردند. آن ها از آتش سوزی رخ داده در تیرماه ۲۰۱۱ در پارک ملی گلستان استفاده کردند و نتیجه گرفتند که تصاویر سنجنده MODIS پتانسیل بالقوه خوبی برای شناسایی آتش های فعال در جنگل های شمال دارند. در بیشتر کشورهای جهان و به ویژه در کشور ما سالانه آتش سوزی های زیادی اتفاق می افتد که خسارت فراوانی را به همراه دارد. از بین رفتن مراتع و جنگل ها در قسمت های مختلف ایران که یکی از قسمت های آن پناهگاه حیات وحش کیامکی داغ می باشد، انجام تمهیدات لازم به منظور شناسایی، دلایل ایجاد و مقابله با آن ضروری می باشد. اگرچه در مورد مدل سازی خطر آتش سوزی تحقیقات زیادی در کشور صورت گرفته است، ولی تحقیقاتی در زمینه شناسایی آتش سوزی با استفاده از تصاویر ماهواره ای تحقیق آنچنانی صورت نگرفته است. هدف از این مقاله شناسایی آتش سوزی در زمان واقعی با استفاده از الگوریتم های آتش سوزی با استفاده از تصاویر NOAA/AVHRR می باشد. مقاله به شرح زیر تشکیل شده است: بخش ۱ اخذ داده ها و تصاویر ماهواره ای و ایجاد پایگاه داده و پیش پردازش تصاویر را شامل می شود. بخش ۲ تهیه نقشه های آتش سوزی با استفاده از الگوریتم های مختلف شناسایی آتش سوزی را شامل می شود؛ بخش ۳ تجزیه و تحلیل حاصل از نقشه های شناسایی آتش سوزی با استفاده از الگوریتم های آتش سوزی و ارزیابی آن ها با محصولات مودیس را شامل می شود.

داده ها و روش کار

الف) قلمرو جغرافیایی مورد مطالعه

پناهگاه حیات وحش کیامکی^۱ بین ۳۸ ۵۰ عرض شمالی و ۴۶ ۰۰ طول شرقی واقع شده است. این منطقه با وسعت ۹۶۹۵۲ هکتار در مابین شهرستان جلفا و مرند قرار داشته و از سال ۱۳۵۲ به عنوان منطقه حفاظت شده به تصویب رسیده و از سال ۱۳۵۴ به پناهگاه حیات وحش ارتقاء یافته است. نوسانات ارتفاع در این منطقه از ۵۴۰ متر در ساحل رودخانه ارس تا ۳۴۱۴ متر در کیامکی داغ می باشد. میانگین سالانه دما در منطقه ۱۱ درجه سانتی گراد و بارندگی سالانه ۳۳۶/۲ میلی متر می باشد.

^۱ - Kiyamky nature reserve



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

(ب) روش کار

در این پژوهش از مجموعه داده‌های NOAA/ AVHRR level ۱b برای شناسایی آتش‌سوزی استفاده شده است. که در ادامه روند دریافت تصاویر توضیح داده می‌شوند:

- NOAA/ AVHRR: داده‌ها از وبسایت^۱ NOAA دانلود شده است. نوع داده مورد استفاده، منطقه پوشش محلی (LAC) بود که در قسمت هیئت مدیره به یک کیلومتر پیکسل جداگانه در ناحیه به ویژه برای نظارت بر آتش‌سوز جهانی مورد استفاده قرار می‌گرفت. داده‌ها در فرمت عدد صحیح به دست آمد.
- MODIS Product: از محصولات MODIS برای ارزیابی نتایج آتش‌سوزی‌ها استفاده شده است که از وبسایت‌های^۲ برداشت شده است.

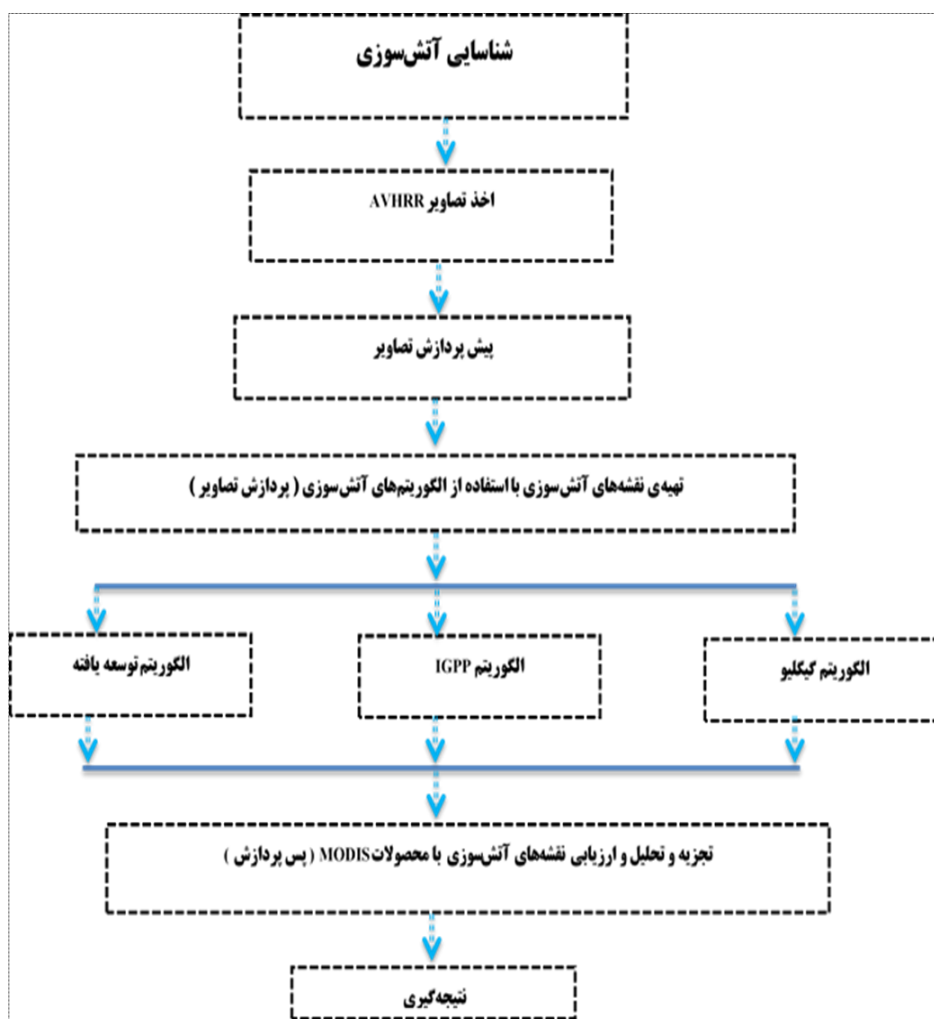
^۱ - <http://www.class.noaa.gov/nsaa/products>

^۲ - <http://ladsweb.nascom.nasa.gov/data/search.html> , <https://earthdata.nasa.gov/labs/worldview> , <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/>

جدول ۱. داده‌های استفاده شده در تحقیق

تصاویر ماهواره‌ای اخذ شده			
سنجنده	AVHRR		
ماهواره	NOAA		
تفکیک مکانی	۱/۱ کیلومتر		
تاریخ تصاویر دریافت شده	۲۰۱۶-۰۶-۲۲		
	۲۰۱۶-۱۱-۲۹		
	۲۰۱۷-۱۱-۱۴		
	۲۰۱۶-۰۳-۰۹		
	۲۰۱۴-۰۷-۳۰		
	۲۰۱۶-۱۰-۰۸		
	۲۰۱۷-۱۰-۲۵		
محصولات MODIS (MODIS Product)			
عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	تاریخ آتش سوزی	زمان آتش سوزی
۳۸.۸۱۳	۴۵.۷۲۴	۲۰۱۶-۰۶-۲۲	۰۸:۰۲
۳۸.۷۱۹	۴۵.۸۳۳	۲۰۱۶-۱۱-۲۹	۰۹:۴۰
۳۸.۷۱۹	۴۵.۸۷۹	۲۰۱۷-۱۱-۱۴	۰۹:۵۳
۳۸.۸۸۹	۴۵.۸۶	۲۰۱۶-۰۳-۰۹	۰۹:۴۷
۳۸.۷۵۱	۴۵.۸۷	۲۰۱۴-۰۷-۳۰	۰۹:۲۳
۳۸.۸۹۵	۴۵.۸۵۱	۲۰۱۶-۰۳-۰۹	۰۸:۰۷
۳۸.۷۱۸	۴۵.۸۲۶	۲۰۱۶-۱۱-۲۹	۰۹:۴۰
۳۸.۷	۴۵.۸۲۹	۲۰۱۶-۱۰-۰۸	۱۰:۰۵
۳۸.۷۳۶	۴۵.۷۸۴	۲۰۱۷-۱۰-۲۵	۱۰:۱۷
۳۸.۹۲۱	۴۵.۷۶۲	۲۰۱۶-۰۳-۰۹	۰۹:۴۷
لایه‌های GIS			
لایه‌های وکتوری		لایه‌های رستری	
لایه محدوده مورد مطالعه		مدل رقومی ارتفاع (DEM) سنجنده ASTER با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر	
لایه مناطق روستایی		لایه طبقات ارتفاعی از روی DEM	

در این بخش از تحقیق ابتدا داده‌های مورد نیاز تهیه و اخذ گردید بعد پایگاه داده‌ای برای داده‌های اخذ شده ایجاد گردید. سپس مراحل پیش پردازش (تصحیحات هندسی، تصحیحات اتمسفری، ...) پردازش و پس پردازش بر روی تصاویر انجام شد. در نهایت با استفاده از الگوریتم‌های مختلف آتش سوزی، نقشه‌های آتش سوزی تهیه گردید (شکل ۲).



شکل ۲. فلوجارت مراحل اجرای تحقیق

• الگوریتم‌های شناسایی آتش سوزی

برای شناسایی آتش سوزی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای الگوریتم‌های مختلفی وجود دارد. در این پژوهش از ۳ الگوریتم گیگیو، توسعه یافته و IGPP استفاده شده است. انتخاب این الگوریتم‌ها بدین علت بوده که با بررسی فراوان پیشینه تحقیق مشخص گردید که بیشتر پژوهش‌های قبلی بیشتر از این الگوریتم‌ها استفاده شده و نتایج این الگوریتم‌ها به ویژه الگوریتم IGPP به مراتب بیشتر از سایر الگوریتم‌ها بوده است.

الگوریتم گیگیو: همکاران (Giglio et al., ۱۹۹۹) از آستانه‌ی آرینو و ملینوتی (Arino & Melinott, ۱۹۹۳) به عنوان بیش از حد بالا برای مناطق خاصی از جهان مانند جنگل‌های بارانی گرمسیری، جنگل‌های باتلاقی معتدل و جنگل‌های باتلاقی که در آن دمای هوا برای آتش سوزی‌های کوچک (۱۰۰ متر مربع) معمولاً بین ۳۰۸ تا ۳۱۴ درجه کلوین است، مورد انتقاد قرار دادند. او معتقد بود که آتش سوزی که خنک‌تر و کوچک‌تر بود، بر اساس روش‌های آستانه‌ای آرینو و ملینوتی (Arino & Melinott, ۱۹۹۳) به خوبی شناخته نمی‌شد. او نتیجه گرفت که در جنگل‌های حومه ۶۰٪ از آتش سوزی‌ها دارای

درجه حرارت کمتر از ۳۲۰ کلوین و از این تعداد ۷۰٪ در جنگل های بارانی گرمسیری و ۸۵٪ در ساوان است. بنابراین، آستانه‌ها را نمی توان در یک مقیاس بزرگ اعمال کرد و می تواند در مقیاس منطقه ای اعمال شود. بنابراین نویسندگان این مقاله باید الگوریتم جایگزین را ارائه دهند. یک پیکسل زمانی به عنوان پیکسل پتانسیل آتش نشان داده می شود که شرایط زیر کامل شوند:

رابطه ۱ در روز $T3 > 310, T3 - T4 > 7K, \text{ and } R2 < 0.25$

رابطه ۲ در شب $T3 > 30AK \text{ and } T3 - T4 > 4K$

T۳، دمای روشنایی ۳/۹ میکرومتر، T۴، دمای روشنایی ۱۱/۳ میکرومتر، R۲، بازتاب برای باند ۰/۵ میکرومتر است. هدف اصلی او این بود که بیشتر آتش سوزی های کوچکتر را ببیند. او این الگوریتم را بر روی تصاویر مشابهی که توسط (۱۹۹۳) Arino & Melinotte استفاده شده بود، مورد استفاده قرار داد و روش او آتش سوزی های بیشتری را شناسایی کرد، به ویژه در مورد ساوانا، جایی که تعداد آتش سوزی ها ۳۵٪ افزایش یافت.

الگوریتم IGBP: الگوریتم شناسایی آتش IGBP که در ۲ مرحله اجرا می شود. مرحله اول، آزمون آستانه‌ای است که در آن یک پیکسل در میکرومتر) منهای باند ۴ (۱۱/۰۳ میکرومتر) بیشتر از ۸ درجه کلوین باشد، پیکسل مورد نظر به عنوان پیکسل پتانسیل آتش در نظر گرفته می شود. صورتی که دمای روشنایی باند ۳ (۳/۹ میکرومتر) بیش از ۳۱۱ درجه کلوین باشد؛ و دمای روشنایی باند ۳ (۳/۹).

رابطه ۳ $T3 > 311K, T3 - T4 > 8K$

مرحله دوم، استفاده از یک آزمون دیگر برای پیکسل های پتانسیل آتش که از آزمون آستانه بالا انتخاب شده است، هدف اصلی این مرحله حذف پیکسل هایی است که بسیاری از بازتاب‌ها را تحت تاثیر قرار می دهد. پیکسل هایی که در باند ۲ بازتاب آن‌ها بالاتر از ۲۰٪ است به عنوان پتانسیل آتش سوزی حذف می شود.

رابطه ۴ $R2 < 20\%$

در مرحله بعد یک پیکسل به عنوان آتش نشان داده می شود اگر شرایط زیر کامل شوند:

رابطه ۵ $T3 > \text{mean}(T3) + 2\text{std}(T3) + 3K$

رابطه ۶ $[T3 - T4] > \text{mean}(T3 - T4) + \text{std}(T3 - T4) + 3K$

T، دمای روشنایی، (T۴- T۳)، اختلاف میانگین باند ۳ و ۴، std (T۴- T۳)، اختلاف انحراف معیار باند ۳ و ۴، ۳) mean(T میانگین باند ۳، std (T۳)، انحراف معیار باند ۳ (Stroppiana et al., ۲۰۰۰).

الگوریتم توسعه یافته: آزمون‌های زیر برای شناسایی آتش سوزی روزانه اعمال می‌شود. یک پیکسل باید تمام شرایط آزمون را به عنوان یک پیکسل آتش در طول روز داشته باشد.

- آزمون آتش سوزی کوچک (آتش سوزی در روز)

$$pf = (T3 - T4 > 10K) \text{ and } (T3 > 310K) \text{ and } (T4 > 300K) \quad \text{رابطه ۷}$$

$$pf = R1 \leq 0.1 \text{ and } (R1 - R2 \leq 0.1) \quad \text{رابطه ۸}$$

- آزمون آتش سوزی بزرگ (آتش سوزی در روز)

$$pf = (T3 > 320K) \text{ and } (T4 > 320K) \quad \text{رابطه ۹}$$

$$pf = R1 \leq 0.1 \text{ and } (R1 - R2 \leq 0.1) \quad \text{رابطه ۱۰}$$

آزمون آتش سوزی کوچک (آتش سوزی در شب)

$$pf = (T3 - T4 > 5K) \text{ and } (T3 > 300K) \text{ and } (T4 > 290K) \quad \text{رابطه ۱۱}$$

آزمون آتش سوزی بزرگ (آتش سوزی در شب)-

$$pf = (T3 > 320K) \text{ and } (T4 > 310K) \quad \text{رابطه ۱۲}$$

در آزمون‌های فوق:

PF، پیکسل پتانسیل آتش، T، دمای روشنایی (K)، اندیس ۳ و ۴ باندهای مورد نظر، T_۳، دمای روشنایی باند ۳، T_۴، دمای روشنایی باند ۴. شرایط اول نشان می‌دهد که اختلاف دما روشنایی بین ۳ و ۴ به بیش از ۱۰ درجه کلون است، و دمای روشنایی باند ۳ باید بیش از ۳۱۵ درجه کلون و باند ۴ بیش از ۳۰۰ درجه کلون باشد. شرایط دوم آلام های کاذب را اعم از ابرها و دیگر سطوح بسیار بازتابنده را حذف می‌کند. آزمون‌های آتش سوزی‌های بزرگ ادعا می‌کند که درجه حرارت در باند ۳ به بیش از ۳۲۰ درجه کلون و در باند ۴ بیش از ۳۲۰ درجه کلون باید باشد. در مورد آزمون‌های آتش سوزی‌های بزرگ، اختلاف بین باند ۳ و باند ۴ در نظر گرفته نمی‌شود زیرا در طی آتش سوزی‌های بسیار بزرگ اختلاف زیادی در ناهنجاری‌های حرارتی بین ۳ و ۴ وجود ندارد (Philip, ۲۰۰۷).

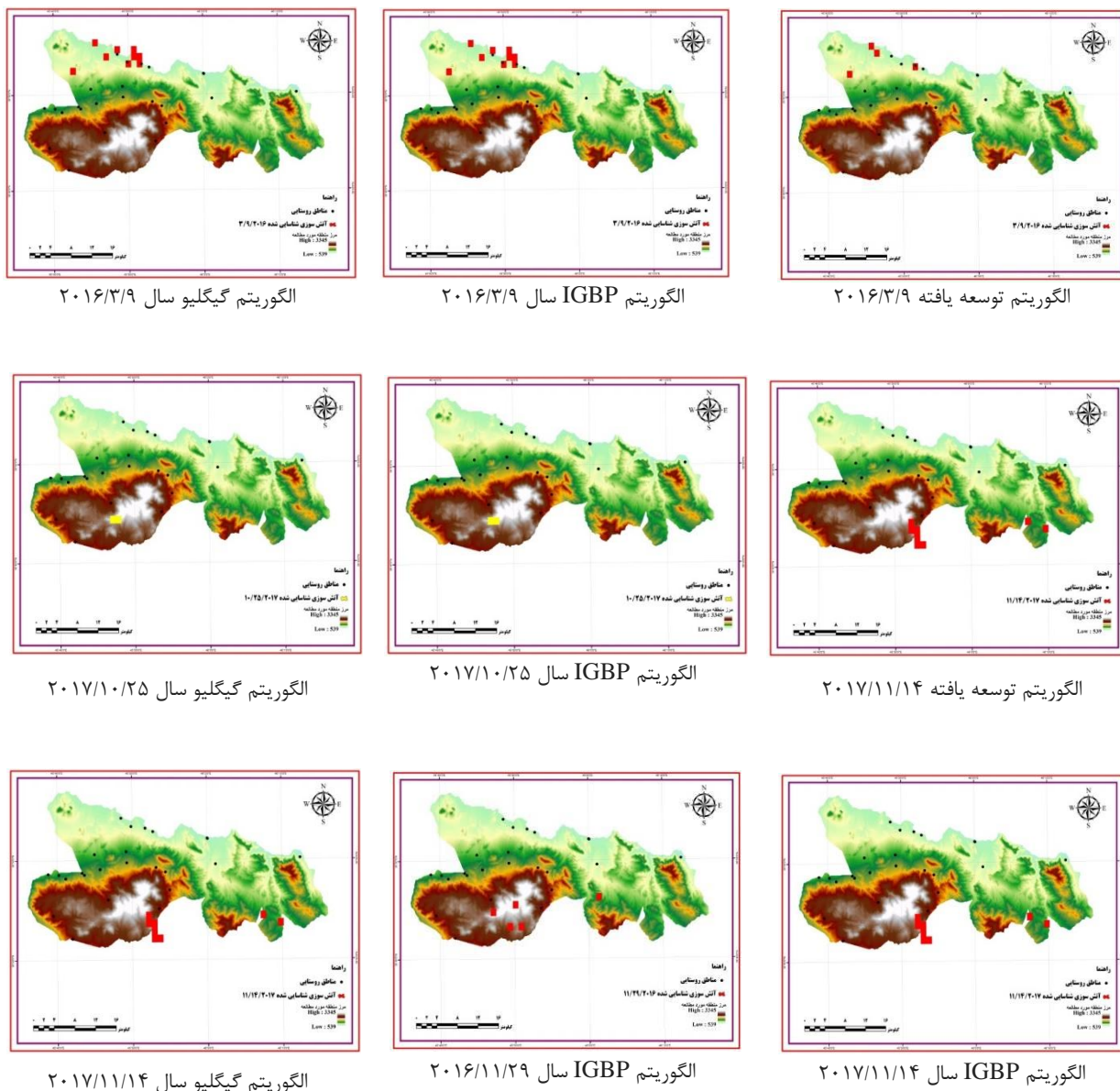
شرح و تفسیر نتایج

پس از انتخاب الگوریتم‌های شناسایی آتش سوزی، به پیش‌پردازش (تصحیحات هندسی، رادیومتریکی و اتمسفری)، پردازش (اعمال روابط و فرمول‌های آتش سوزی برای شناسایی آتش سوزی) و پس پردازش (ارزیابی و صحت‌سنجی نتایج آتش سوزی-های شناسایی شده توسط الگوریتم‌های آتش سوزی) تصاویر اقدام گردید. نتایج نهایی آتش سوزی‌های شناسایی شده برای سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷ (برای ۴ روز) توسط الگوریتم‌های آتش سوزی نشان می‌دهد که آتش سوزی‌های شناسایی شده توسط

الگوریتم گیگلیو ۲۲ مورد، الگوریتم IGPP ۲۷ مورد و الگوریتم توسعه یافته ۱۵ مورد بوده است. بدین دلیل الگوریتم IGPP به عنوان بهترین الگوریتم برای شناسایی آتش سوزی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در این تحقیق می‌باشد (شکل شماره ۳، جدول شماره ۲)

جدول ۲. تعداد پیکسل‌های آتش سوزی‌های شناسایی شده الگوریتم‌های آتش سوزی

۲۰۱۷		۲۰۱۶		سال
۱۱	۱۰	۱۱	۳	ماه
۱۴	۲۵	۲۹	۹	روز
NOAA				ماهواره
AVHRR				سنجنده
۱۱	۲	-	۹	الگوریتم گیگلیو
۱۱	۲	۵	۹	الگوریتم IGBP
۱۱	-	-	۴	الگوریتم توسعه یافته



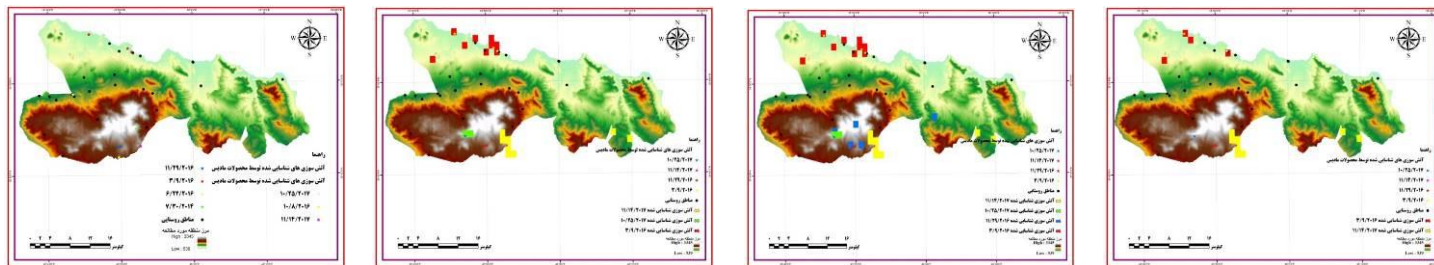
شکل ۳. نقشه آتش‌سوزی‌های شناسایی شده الگوریتم‌های شناسایی آتش‌سوزی پناهگاه حیات وحش کیامکی داغ

• ارزیابی آتش‌سوزی‌های شناسایی شده با محصولات MODIS

برای ارزیابی آتش‌سوزی‌های شناسایی شده، پس از شناسایی آتش‌سوزی‌ها با الگوریتم‌های آتش‌سوزی، ارزیابی آتش‌سوزی‌های شناسایی شده (به علت نبود داده‌های زمینی در روزهای مورد مطالعه برای ارزیابی) از محصولات MODIS استفاده گردید. محصولات MODIS از سایت‌های^۱ اخذ گردید که موقعیت هر یک از آتش‌سوزی‌ها آورده شده است (شکل شماره ۴). برای ارزیابی آتش‌سوزی‌های شناسایی شده بر اساس الگوریتم‌های آتش‌سوزی با محصولات MODIS از ۱۰ مورد آتش‌سوزی استفاده شده است. نتایج ارزیابی نشان می‌دهد که از ۱۰ مورد آتش‌سوزی فقط ۷ مورد آتش‌سوزی‌های شناسایی شده توسط

^۱ - <http://ladsweb.nascom.nasa.gov/data/search.html> ، <https://earthdata.nasa.gov/labs/worldview>

الگوریتم‌ها با محصولات MODIS نشان داده شد. الگوریتم گیگلیو از ۷ مورد آتش‌سوزی، ۵ مورد آتش‌سوزی شناسایی شد، الگوریتم IGBP از ۷ مورد آتش‌سوزی، ۶ آتش‌سوزی و الگوریتم توسعه یافته از ۷ مورد آتش‌سوزی، ۳ مورد آتش‌سوزی به عنوان پیکسل‌های آتش‌سوزی شناسایی شد (شکل شماره ۴ و جدول شماره ۳).
نکته: محصولات MODIS برای ارزیابی و صحت‌سنجی نسبت به مشاهدات زمینی به مراتب کارایی کمتری دارند. ولی در این پژوهش به دلیل عدم دسترسی به مشاهدات زمینی مجبور به استفاده از محصولات MODIS شده است.



محصولات MODIS

الگوریتم گیگلیو

IGBP

الگوریتم توسعه یافته

شکل ۴. نقشه ارزیابی آتش‌سوزی شناسایی شده با محصولات MODIS و الگوریتم‌های آتش‌سوزی

جدول ۳. ارزیابی آتش‌سوزی شناسایی شده با محصولات MODIS و الگوریتم‌های آتش‌سوزی

سال		۲۰۱۶		۲۰۱۷	
ماه	۳	۱۱	۱۰	۱۱	۱۱
روز	۹	۲۹	۲۵	۱۴	۱۴
محصولات MODIS	۷				
الگوریتم گیگلیو	۳	-	۱	۱	۱
الگوریتم IGBP	۳	۱	۱	۱	۱
الگوریتم توسعه یافته	۲	-	-	۱	۱

• مقایسه‌ی عملکرد الگوریتم‌های آتش‌سوزی

جدول شماره ۴ عملکرد الگوریتم‌های آتش‌سوزی نشان می‌دهد. عملکرد الگوریتم‌های آتش‌سوزی بدین صورت است که الگوریتم IGBP ۶ مورد آتش‌سوزی از ۷ مورد آتش‌سوزی تست شده، با میزان خطای (۱۴٪) و با تعداد آتش‌سوزی شناسایی شده (۸۶٪)، الگوریتم گیگلیو با ۵ مورد آتش‌سوزی از ۷ مورد آتش‌سوزی تست شده، با میزان خطای (۲۸٪) و با تعداد آتش‌سوزی‌های (۷۲٪) و الگوریتم توسعه یافته با ۳ مورد آتش‌سوزی از ۷ مورد آتش‌سوزی تست شده با میزان خطای (۵۷٪) و با تعداد آتش‌سوزی (۴۳٪) را نشان می‌دهد. بنابراین نتیجه‌گیری می‌شود که الگوریتم IGBP به عنوان مناسب‌ترین الگوریتم

برای شناسایی آتش‌سوزی در زمان واقعی می‌باشد که بعد از آن الگوریتم‌های گیگلیو و توسعه یافته به ترتیب در رده‌های دوم و سوم قرار می‌گیرند.

جدول ۴. عملکرد الگوریتم‌های آتش‌سوزی

آتش‌سوزی‌های شناسایی شده توسط محصولات MODIS	آتش‌سوزی‌های شناسایی شده توسط الگوریتم‌ها						
	AVHRR						
	الگوریتم IGBP		الگوریتم گیگلیو		الگوریتم توسعه یافته		
		YES	NO	YES	NO	YES	NO
	YES	۶	۱	۵	۲	۳	۴
میزان خطا %	۱۴		۲۸		۵۷		
آتش‌سوزی‌های شناسایی شده %	۸۶		۷۲		۴۳		
تعداد تصاویر تست شده	۷						
DELTA	۷۲		۴۴		-۱۴		
RANK	۱		۲		۳		

نتیجه‌گیری

یکی از پدیده‌هایی که معمولاً در اکثر نقاط جهان اتفاق می‌افتد پدیده آتش‌سوزی است. خسارت‌های مال و جانی ناشی از این حادثه غیرمترقبه بسیار زیاد و گاهی جبران ناپذیر می‌باشد. اثرات زیست‌محیطی ناشی از تخریب منابع طبیعی و از بین رفتن بیومس موجود در زیست‌کره، دارای اهمیت زیاد است بنابراین تشخیص آتش در زمان واقعی بسیار ضروری است زیرا مانع از تلفات محیط زیست و تلفات انسان می‌شود. در این تحقیق از الگوریتم‌های گیگلیو، IGBP و الگوریتم توسعه یافته برای شناسایی آتش‌سوزی با استفاده از تصاویر AVHRR استفاده شد. نتایج الگوریتم‌ها نشان داد که الگوریتم IGBP با ۲۷ مورد نسبت به دو الگوریتم گیگلیو ۲۲ مورد و الگوریتم توسعه یافته ۱۵ مورد آتش‌سوزی برای شناسایی آتش‌سوزی بهتر می‌باشد. با ارزیابی و صحت‌سنجی آتش‌سوزی‌های شناسایی شده با محصولات MODIS، الگوریتم IGBP با تعداد آتش‌سوزی شناسایی شده برابر با ۶ پیکسل از ۷ پیکسل آتش‌سوزی شناسایی شده، الگوریتم گیگلیو با تعداد آتش‌سوزی شناسایی شده برابر با ۵ پیکسل از ۷ پیکسل آتش‌سوزی شناسایی شده و الگوریتم توسعه یافته تعداد آتش‌سوزی شناسایی شده برابر با ۳ پیکسل از ۷ پیکسل آتش‌سوزی شناسایی شده توسط محصولات MODIS را نشان دادند. برای محاسبه درصد خطا و درصد آتش‌سوزی‌های شناسایی شده از مقایسه آتش‌سوزی‌های شناسایی شده با محصولات MODIS استفاده گردید. نتایج نشان داد که الگوریتم IGBP با میزان خطای ۱۴٪ و با تعداد آتش‌سوزی شناسایی ۸۶٪، الگوریتم گیگلیو با میزان خطای ۲۸٪ و تعداد آتش‌سوزی شناسایی شده ۷۲٪ و الگوریتم توسعه یافته با میزان خطای ۵۷٪ و تعداد آتش‌سوزی شناسایی شده ۴۳٪ می‌باشد.

منابع

- Amraoui, M., DaCamara, C.C., & Pereira, J.M.C. (۲۰۱۰). Detection and monitoring of African vegetation fires using MSG-SEVIRI imagery. *Remote Sensing of Environment*: ۱۱۴(۵): ۱۰۳۸-۱۰۵۲.
- Arino, O., & Melinotte, J.M., (۱۹۹۸), Cover the ۱۹۹۳ Africa Fire Map International *Journal of Remote Sensing*, ۱۹: ۲۰۱۹-۲۰۲۳.
- Di Biase, V., & Laneve, G. (۲۰۱۸). Geostationary Sensor Based Forest Fire Detection and Monitoring: An Improved Version of the SFIDE Algorithm. *Remote Sensing*, ۱۰(۵): ۷۴۱.
- Fuchs, E., Stein, E., Strunz, G., Strobl, C., & Frey, C. (۲۰۱۵, May). Fire monitoring—the use of medium resolution satellites (AVHRR, MODIS TET) for long time series processing and the implementation in user driven applications and services. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Proceedings of the ۳۶th International Symposium on Remote Sensing of Environment, Berlin, Germany (pp. ۱۱-۱۵).
- Giglio, L., Kendall, J.D., & Justice C.O., (۱۹۹۹), Evaluation of global fire detection algorithms using simulated AVHRR infrared data *International Journal of Remote Sensing*, ۲۰:۱۹۴۷-۱۹۸۵.
- Jazirehi, M.D. (۲۰۰۵). Forest Protection, *University of Tehran Press*, Tehran.
- Justice, C.O., Giglio, L., Korontzi, S., Owens, J., Morisette, J. T., Roy, D., Descloitreset, J., Alleaumed, S., Petitcoline, F., & Kaufman, Y. (۲۰۰۲). The MODIS fire products. *Remote Sensing of Environment*, ۸۳(۱): ۲۴۴-۲۶۲.
- Martín, M.P., Ceccato, P., Flasse, S., & Downey, I. Fire detection and fire growth monitoring using satellite data. In *Remote Sensing of Large Wildfires*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, ۱۹۹۹; pp. ۱۰۱-۱۲۲.
- Movaghati, S., Samadzadegan, F., & Azizi, A. (۲۰۰۹). An Agent-Based Approach for Regional Forest Fire Detection using MODIS Data. *Journal of Applied Sciences*, ۹(۲۰): ۳۶۷۲-۳۶۸۱.
- Na, L., Zhang, J., Bao, Y., Bao, Y., Na, R., Tong, S., & Si, A. (۲۰۱۸). Himawari-۸ Satellite Based Dynamic Monitoring of Grassland Fire in China-Mongolia Border Regions. *Sensors*, ۱۸(۱): ۲۷۶.
- Nurdiana, A., & Risdiyanto, I. (۲۰۱۵). Indicator determination of forest and land fires vulnerability using Landsat-۵ TM data (case study: Jambi Province). *Procedia Environmental Sciences*, ۲۴:۱۴۱-۱۵۱.
- Philip, S. (۲۰۰۷, March). Active fire detection using remote sensing based polar-orbiting and geostationary observations: an approach towards near real-time fire monitoring. *ITC*.
- Plank, S., Fuchs, E. M., & Frey, C. (۲۰۱۷). A Fully Automatic Instantaneous Fire Hotspot Detection Processor Based on AVHRR Imagery—A TIMELINE Thematic Processor. *Remote Sensing*, ۹(۱): ۳۰.
- Pourshakouri, F., Darvishsefat, A.A., Samadzadegan, F., and Selyari, J. (۲۰۱۱). Investigation of active fire detection using MODIS images (case study: Golestan National park). *The 1th International Conference on Wildfire in Natural Resources Lands*. Oct. ۲۶-۲۸ Gorgan, Iran.
- Pu, R., Gong, P., Li, Z., & Scarborough, J. (۲۰۰۴). A dynamic algorithm for wildfire mapping with NOAA/AVHRR data. *International Journal of Wildland Fire*, ۱۳(۳): ۲۷۵-۲۸۵.
- Stroppiana, D., Pinnock, S., & Gregoire, J.M., (۲۰۰۰), The Global Fire Product: daily fire occurrence from April ۱۹۹۲ to December ۱۹۹۳ derived from NOAA AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing* Volume ۲۱: ۱۲۷۹ – ۱۲۸۸.
- Trambitckii, K., Anding, K., Musalimov, V., & Linss, G. (۲۰۱۵). Colour based fire detection method with temporal intensity variation filtration. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. ۵۸۸, No. ۱, p. ۰۱۲۰۳۸). IOP Publishing.
- <http://www.class.noaa.gov/nsaa/products>
- <http://ladsweb.nascom.nasa.gov/data/search.html>

<https://earthdata.nasa.gov/labs/worldview>

<https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/>