

مقاله با نرم افزار Word 2010 در اندازه کاغذ A مطابق نمونه مقاله تدوین می‌شود. مقاله تک ستونی با فاصله مساوی از لبه‌های راست و چپ کاغذ ۲ سانتی‌متر، و با فاصله سطرهای سینگله (تک فاصله) تایپ می‌شود.

## بررسی گسترده‌ترین آتش‌سوزی‌های فعال در تالاب هورالعظیم با استفاده از تصاویر

### ماهواره‌ای

صمد خسروی یگانه<sup>۱</sup>، مصطفی کرم پور<sup>۲\*</sup>

۱. دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، ایران

۲. استادیار گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران

#### چکیده

امروزه تصاویر سنجنده‌های MODIS و VIIRS به دلیل قدرت تفکیک طیفی و زمانی بالا به‌طور گسترده‌ای برای شناسایی آتش‌سوزی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. هدف از انجام این مطالعه ارزیابی آتش‌سوزی‌های فعال در تالاب هورالعظیم با استفاده از روش سنجنش از دور است. بدین منظور تصاویر سنجنده MODIS (Aqua و Terra) و VIIRS در دوره زمانی ۲۰۰۲-۲۰۲۲ مربوط به ماه‌های ژوئن، جولای و اوت اخذ گردید. پس از بررسی‌های اولیه، تصاویر با نرم‌افزار ENVI پردازش و مساحت آتش‌سوزی‌ها با GIS Arc محاسبه شد. مشخص گردید که اکثر آتش‌سوزی‌ها در قسمت‌های غربی تالاب رخ داده و امکان استفاده از داده‌های زمینی مربوط به آتش‌سوزی وجود نداشت، بنابراین برای صحت ارزیابی‌ها و دقت تصاویر ماهواره‌ای از تصاویر Landsat 8/OLI به‌عنوان نقشه زمینی استفاده و نتایج آن با بهره‌گیری از روش ترکیب باندی مورد تأیید قرار گرفت. براساس نتایج حاصل شده، وسیع‌ترین آتش‌سوزی‌ها در این تالاب در جولای ۲۰۱۸ و اوت ۲۰۱۵ به ترتیب با مساحت ۱۳۵۶۴ و ۱۳۵۰۰ هکتار به وقوع پیوسته است. در ۲۰۱۸ و ۲۰۲۲ به ترتیب ۳۶ و ۲۷ درصد آتش‌سوزی‌ها رخ داده و بیش از ۷۰ درصد آتش‌سوزی‌ها کمتر از ۱۰۰۰۰ هکتار مساحت دارند. روند وقوع آتش‌سوزی‌های وسیع افزایش یافته است. ۳۹ درصد آتش‌سوزی‌ها مربوط به جولای بوده که نسبت به ماه‌های ژوئن و اوت بیشترین میزان را داشته است. در ۲۰۱۸ بیشترین تعداد آتش‌سوزی‌های وسیع در این تالاب مشاهده شد. به دلیل مشخص نبودن علت یا علل مؤثر در وقوع آتش‌سوزی در محدوده مطالعاتی، نمی‌توان روند خاصی برای تغییرات مکانی و زمانی حریق در نظر گرفت. تغییرات مکانی و زمانی وقوع آتش‌سوزی در این تالاب به گونه‌ای است که طراحی مدل یا الگوی مکانی و زمانی برای آن مشکل است.

ایمیل زیرنویس شود: [1d] Commented  
\* karampoor.m@lu.ac.ir پست الکترونیکی مسئول مکاتبات:

اسلامی به قسمت انگلیسی افزوده شود: [2d] Commented

Formatted: Complex Script Font: B Lotus

Formatted: Complex Script Font: B Lotus

Formatted: Complex Script Font: B Lotus

Formatted: Complex Script Font: B Lotus

Deleted: سنجنده‌های MODIS و VIIRS به دلیل قدرت

تفکیک طیفی و زمانی بالا به‌طور به‌طور گسترده‌ای گسترده

ای... برای شناسایی آتش‌سوزی‌های فعال مورد استفاده همورد

استفاده... قرار می‌گیرند... هدف از انجام این

مطالعه ارزیابی آتش‌سوزی‌های فعال در تالاب هورالعظیم با

استفاده از روش سنجنش از دور سنجنش از دور... است. بدین

منظور تصاویر سنجنده MODIS (Aqua و Terra) و VIIRS در

دوره زمانی ۲۰۰۲-۲۰۲۲ مربوط به ماه‌های ژوئن،

جولای و اوت اخذ گردید. پس از بررسی‌های بررسی

های... اولیه، تصاویر با نرم‌افزار نرم افزار ENVI پردازش

و مساحت آتش‌سوزی‌ها با GIS Arc محاسبه شد.

مشخص گردید که اکثر آتش‌سوزی‌ها در

قسمت‌های قسمت‌های غربی تالاب رخ داده و امکان

استفاده از داده‌های زمینی مربوط به آتش‌سوزی وجود

نداشت، بنابراین برای صحت ارزیابی‌ها و دقت تصاویر

ماهواره‌ای از تصاویر Landsat 8/OLI به‌عنوان نقشه صحت

زمینی استفاده و نتایج آن با بهره‌گیری بهره‌گیری... از روش

ترکیب باندی مورد تأیید قرار گرفت. براساس

اساس... نتایج حاصل شده، وسیع‌ترین

آتش‌سوزی‌ها آتش‌سوزی‌ها... در این تالاب در

جولای و اوت ۲۰۱۸... به ترتیب با مساحت

۱۳۵۶۴ و ۱۳۵۰۰ هکتار به وقوع پیوسته است. در ۲۰۱۸

و ۲۰۲۲ به ترتیب ۳۶ و ۲۷ درصد آتش‌سوزی‌ها رخ داده

... و بیش از ۷۰ درصد

مقدمه

آتش سوزی های جنگلی و پوشش گیاهی هر روزه در کره زمین اتفاق می افتد که تأثیرات جدی بر جامعه انسانی و محیط زیست آن دارد (۲۱). به طور متوسط، هر سال بیش از ۲۲۰۰۰۰ آتش سوزی در جهان رخ می دهد و مناطق آتش سوزی بیش از ۱/۸ درصد از منطقه جنگلی کل جهان است (۲۹). آتش سوزی جنگل ها عامل اصلی فرسایش خاک و همچنین آلودگی هوا است و همچنین تأثیر شدیدی بر ایمنی زندگی انسان دارد (۸ و ۶). امروزه در خشکی ها پس از فعالیت های شهری و کشاورزی انسان، آتش سوزی فراگیرترین عامل تخریب کننده اکوسیستم های طبیعی به شمار می رود (۳۱). آتش سوزی های طبیعی تأثیرات عمیقی بر کاربری اراضی، تولیدات، اقتصاد، انتشار گاز و سلامتی بشر دارند. همچنین با وارد آوردن خسارت های جبران ناپذیر به مناطق جنگلی سبب تغییر در اکولوژی محیط می شوند (۲۷). بنابراین، شناسایی دقیق اطلاعات آتش سوزی بسیار مهم است. تشخیص آتش سوزی جنگل و یا پوشش گیاهی به دو روش سنتی و روش های سنجش از دور تقسیم می شود. روش های سنتی، مانند ایستگاه های دیده بانی و گشت های زمینی که به حجم زیادی از نیروی انسانی، مواد و بودجه نیاز دارند و در تشخیص آن نیز مشکل دارند (۲۶). داده های ماهواره ای بر این ایرادات غلبه کرده و به یک منبع مهم اطلاعات برای تشخیص آتش سوزی تبدیل شده است. با راه اندازی موفق MODIS و توسعه الگوریتمی برای شناسایی آتش بر اساس اطلاعات پس زمینه تشخیص حریق وارد مرحله جدیدی شده است (۱۵). از سیگنال های ۴ میکرومتر و ۱۱ میکرومتر در تصاویر MODIS برای جدا کردن سیگنال آتش از سیگنال پس زمینه که گلیو (۱۲) این موضوع را بهبود بخشیدند و زمینه ای پیشرفته را پیشنهاد کردند. در این روش الگوریتم تشخیص ابتدا یک پیکسل را به عنوان "نقطه آتش بالقوه" با یک سری علامت گذاری می کند، سپس از آستانه های ثابت آغاز و تعیین می کند که آیا پیکسل یک "نقطه آتش واقعی" است. بر اساس مقایسه پیکسل آتش انتخابی با اطلاعات پس زمینه یک پیکسل فاقد محصولات آتش انجام می شود (۱۲). ثابت شده است که الگوریتم زمینه ای MODIS می تواند انواع مختلفی از داده های ماهواره ای را پشتیبانی کند. در میان آن ها، ماهواره های مدار قطبی و زمین ایستا با اطلاعات غنی طیفی قابلیت های بسیار خوبی در تشخیص بلایا نشان داده است (۳ و ۲۳). به دلیل قدرت تفکیک زمانی بسیار بالای ماهواره های زمین ایستا، یک سری آتش سوزی الگوریتم های پیش مبتنی بر تغییرات زمانی و تحلیل فضایی که به آن می پردازند، دقت هر دو اطلاعات زمانی و مکانی توسعه یافته است (۲۲، ۳۰، ۱۳، ۱۷). با این حال، قدرت تفکیک مکانی کم ماهواره های زمین ایستا و حذف محدودیت شناسایی آتش سوزی های کوچک کاربردهای آن ها در مقایسه با ماهواره های زمین ثابت، ماهواره های مدار قطبی می تواند وضوح خوبی ارائه دهند (۱۷). در حال حاضر، محققان نیز مطالعاتی در زمینه اطلاعات زمانی ماهواره های مدار قطبی انجام داده اند (۱۰ و ۱۶). اما نحوه ادغام فضایی اطلاعات هنوز نیاز به کاوش بیشتر دارد (۱۶). وراوبک (۲۸) از محصولات آتش فعال MOD14A1 و MYD14A1 برای تهیه نقشه ۱۶ آتش سوزی بزرگ استفاده کردند. از ۹ آتش سوزی در جنوب غرب ایالات متحده امریکا برای ارزیابی دقت محصولات آتش منطقه سوخته شده MCD45A1 و MCD64A1 استفاده کردند. نتایج مطالعه آن ها نشان داد که MCD45A1 توانست ۳۳ درصد آتش سوزی ها و MCD64A1 توانست ۵۳ درصد آتش سوزی ها را مشخص کند. در این مطالعه، برای تشخیص آتش سوزی های فعال در تالاب از محصولات کانال با رزولوشن 375 متر از تصاویر VIIRS وضوح فضایی بهبود یافته امکان تشخیص آتش سوزی های کوچک تر را فراهم می کند. در راستای استفاده از تصاویر ماهواره ای در زمینه تغییرات پوشش سطح زمین، تغییرات اراضی و پایش

مثن اصلی: [3د] Commented  
دو ستونه با تورفتگی نیم سانت  
یکی از مقالات چاپ شدخ در مجله را دیدخ مطابق ان تنظیم گردد

Deleted: هر روزه

Deleted: به طور

Deleted: هر سال

Deleted: اکوسیستم های

Deleted: جبران ناپذیر

Deleted: روش های

Deleted: آتش بر

Commented [4د]:

اصلاح انواع خطاهای نگارشی با نرم افزار ویراستیار انجام گیر  
• <https://virastyar.ir/>

Deleted: سیگنال های

خطرات محیطی می توان به چند پژوهش اشاره نمود. جهان تیغ و همکاران (۱) به بررسی تاثیر بهره وری سیلاب بر روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از داده های میدانی و تصاویر سنجنده لندست در منطقه شندک سیستان پرداختند. آنها برای انجام این پژوهش از تصاویر لندست در یک دوره ۱۶ ساله استفاده نموده و شاخص های پوشش گیاهی تعدیل شده بر حسب خاک (SAVI) و شاخص رطوبت خاک (SWI) را محاسبه کردند. نتایج نشان داد که این شاخص ها در دوره قبل از سیلاب و بعد از سیلاب با یکدیگر تفاوت داشته و این شاخص ها تغییرات محسوسی پیدا کردند. فرج الهی و همکاران (۲) در پژوهشی به پایش و پیش بینی تغییرات مکانی و زمانی کاربری اراضی در منطقه مراوه تپه استان گلستان پرداختند. آنها در این پژوهش از تصاویر لندست استفاده نمودند. نتایج نشان داد مساحت جنگل متراکم در منطقه مورد مطالعه کاهش یافته اما سطح اراضی کشاورزی افزایش یافته است. هدف از این پژوهش، شناسایی مناطق آتش سوزی و ارزیابی تصاویر ماهواره ای که آتش فعال را رصد و ثبت می کنند، است. آنچه که باعث تفاوت این تحقیق با سایر کارهای انجام شده می شود، این است که برای نخستین بار از تصاویر Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) و تصاویر آتش سوزی ماهواره ای موجود از ابزار MODIS روی ماهواره های Aqua و Terra است که به صورت روزانه، گسترده ترین آتش سوزی های در یک منطقه را نشان می دهد. بیشتر کارهای انجام شده گذشته در ایران بر خلاف کارهای مشابه که توسط محققان خارجی انجام شده، فاقد ارائه هرگونه تصویر واقعی آتش سوزی فعال بودند و تحقیقات آنان بیشتر به صور گوناگون از جمله جداول، نمودار و نقشه های ثانویه آتش سوزی و غیره ارائه داده بودند.

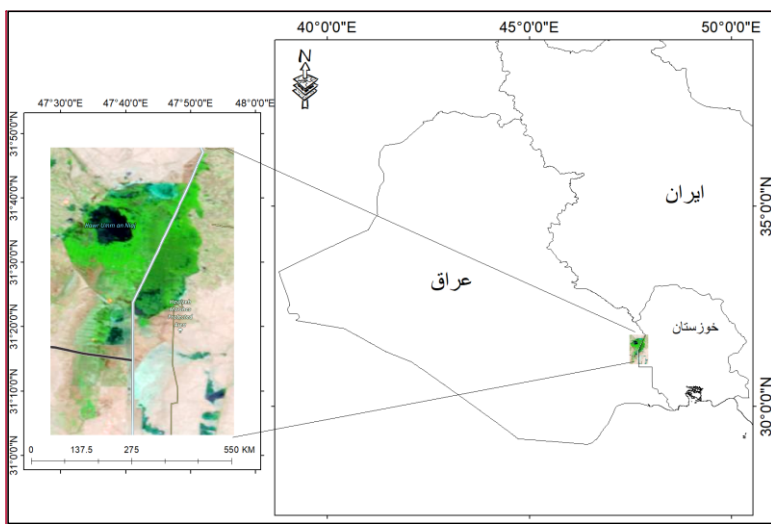
### روش تحقیق

هورالعظیم یا کلان تالاب، بزرگترین تالاب مرزی ایران است که در مرز ایران و عراق واقع شده است (شکل ۱). این تالاب از دیدگاه منابع جانوری و گیاهی، غنی است و ژرفای آن به طور میانگین به ۵ متر می رسد و مساحتی بالغ بر ۱۲۰ هزار هکتار را در برمی گیرد. ذخایر آب این تالاب از رود کرخه در ایران و نیز رودخانه دجله در عراق تأمین می گردد. سراسر تالاب با نی زار پوشیده شده است. قسمت شرقی تالاب در خاک ایران و قسمت غربی آن (بخش اعظم آن) در خاک عراق واقع شده است. حد شرقی آن در شمال غرب شهرستان بستان و در نزدیکی روستای جزایه به مختصات طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۶ دقیقه غربی قرار گرفته است. این تالاب از شمال نیز در محدوده جغرافیایی ۳۱ درجه و ۴۷ دقیقه در مجاورت روستای سوله و از سمت جنوب نیز در عرض جغرافیایی ۴۱ درجه قرار گرفته است.

- Deleted: داده ها و
- Deleted: ها
- Deleted: منطقه ی مورد مطالعه ۱۱

Commented [5d]: این جمله گویا شود

- Commented [6d]: مقیاس نقشه بهم خورده طول و عرضی
- Commented [7d]: در نقشه خایج فارس دیده شود



شکل ۱. موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه

fig 1. Location of the study area

ناسا محصولات در مورد آتش‌سوزی‌ها و ناهنجاری‌های حرارتی که روزانه در سراسر جهان رخ می‌دهد، ارائه می‌دهد. داده‌ها و تصاویر آتش‌سوزی ماهواره‌ای موجود از ابزار MODIS، روی ماهواره‌های Terra و Aqua و ابزار VIIRS روی ماهواره‌های مشترک NASA/NOAA Suomi NPP و NOAA-20 در دسترس هستند. Terra تقریباً در ساعت ۱۰:۳۰ صبح (روز) و ۲۲:۳۰ (شب) به وقت محلی از روی استوا می‌گذرد، NOAA-20 تقریباً در ساعت ۱۲:۴۰ بعدازظهر (روز) و ۰۰:۴۰ بامداد (شب) به وقت محلی از خط استوا عبور می‌کند. Suomi NPP تقریباً در ساعت ۱:۳۰ بعدازظهر (روز) و ۱:۳۰ بامداد (شب) به وقت محلی از روی خط استوا عبور می‌کند. اطلاعات آتش‌سوزی تقریباً ۳ ساعت پس از عبور از ماهواره در دسترس است. تصاویر MODIS طیف رادیومتر تصویربرداری با وضوح متوسط، VIIRS (مجموعه رادیومتر تصویربرداری مادون‌قرمز مرئی) برای پایش آتش‌سوزی‌های فعال انتخاب شده‌اند. محصول MODIS Fire and Thermal Anomalies از ماهواره‌ی Terra (MOD14) در دسترس است. وضوح سنسور ۱ کیلومتر و بازه زمانی روزانه است. ناهنجاری‌های حرارتی به صورت نقاط (مرکز تقریبی یک پیکسل ۱ کیلومتر) نشان داده می‌شوند. محصول آتش و ناهنجاری‌های حرارتی VIIRS از ماهواره مشترک NASA/NOAA Suomi National Polar Orbiting Partnership (Suomi NPP) در دسترس است. وضوح سنسور ۳۷۵ متر، وضوح تصویر ۲۵۰ متر وضوح زمانی دو بار در روز است. سنسور VIIRS در ماهواره Suomi NPP، تقریباً در ساعت ۱۳:۳۰ بعدازظهر (گره صعودی) و ۱:۳۰ بامداد (گره نزولی) از استوا عبور می‌کند. ناهنجاری‌های حرارتی به صورت نقاط (مرکز تقریبی یک پیکسل ۳۷۵ متر) نشان داده می‌شوند. به دلیل شرایط محیطی تالاب هورالعظیم احتمال وقوع آتش‌سوزی در این تالاب در ماه‌های گرم بیشتر از دیگر ماه‌های سال است، بنابراین ماه‌های ژوئن، ژولای و اوت به عنوان پایه زمانی برای بررسی آتش‌سوزی‌های فعال در این تالاب انتخاب گردید. دوره آماری مورد مطالعه در این نوشتار ۲۱ سال که تصاویر سنجنده‌های Terra و Aqua (۲۰۰۲-۲۰۱۵)، VIIRS (۲۰۱۵-۲۰۲۲) و Landsat 8/OLI (اوت ۲۰۱۵، مه و سپتامبر ۲۰۱۸) مورد استفاده قرار گرفت. برای انجام این پژوهش پس از بررسی‌های اولیه، محصولات مورد نیاز از تصاویر روزانه MODIS (MOD02QKM) و تصاویر VIIRS (VNP14A1) با فرمت HDF5 (مربوط به ماه‌های ژوئن، ژولای و اوت در دوره زمانی ۲۰۰۲-۲۰۲۲ از سایت <https://search.earthdata.nasa.gov> اخذ شدند. مقایسه پیکسل‌های آتش و پیکسل‌های بدون آتش در چند روز مختلف با استفاده از نرم افزار ENVI انجام گرفت. با استفاده از لایه ماسک آتش که یکی از لایه‌های مهم در محصولات آتش‌سوزی است، پیکسل‌های آتش شناسایی و مساحت و صحت آتش‌سوزی‌ها در لایه ماسک مورد تأیید قرار گرفت. پیکسل‌های آتش شناسایی شده در تصاویر با استفاده از نرم افزار ARC GIS به داده نقطه‌ای تبدیل شدند و در مرحله بعد پیکسل‌های آتش سنجنده تا به طور هم‌زمان با یکدیگر مقایسه و ارزیابی قرار گرفتند. نکته قابل گفتن این است که در این پژوهش تصاویر بارنگ طبیعی یا کامپوزیت (کانال‌های ۱، ۲ و ۳) ارائه شده تا به طور واضح محل دقیق وسعت آتش‌سوزی در تالاب قابل نمایش است. از آنجا که امکان استفاده از آمار و اطلاعات زمینی برای صحت سنجی آتش‌سوزی در این تالاب وجود نداشت، تصاویر سنجنده Landsat 8/OLI به عنوان نقشه زمین مرجع از سایت <https://glovis.usgs.gov> اخذ و مورد استفاده قرار گرفت. محصولات ناهنجاری حرارتی، حریق NPP/VIIRS بر اساس الگوریتم MODIS C6 Fire هستند. ورودی‌های تولید Active Fires باند بازتابی سطح B با وضوح متوسط M7 و باندهای تابشی M13 و M15 هستند. الگوریتم آتش ابتدا باندهای M13، M15 دمای روشنایی (BT) را برای گروهی از پیکسل‌های پس‌زمینه مجاور هر پیکسل آتش بالقوه محاسبه می‌کند. این آمار برای تعیین آستانه برای چندین آزمایش تشخیص حریق متنی استفاده می‌شود. هم چنین یک آزمایش تشخیص آتش مطلق بر اساس آستانه از پیش تعیین شده M13 BT وجود دارد. اگر نتایج آزمایش‌های تشخیص آتش مطلق و نسبی معیارهای خاصی را داشتند، پیکسل به عنوان آتش نشان داده می‌شود. تعیین یک پیکسل به عنوان آتش از نتایج آزمایش‌های آستانه BT ممکن است تحت شرایط درخشش خورشید یا پیکسل‌های بسیار کمی برای محاسبه آمار پس‌زمینه مورد استفاده قرار گرفته، لغو شدند. محصول VNP14 حاوی چندین اطلاعات برای هر پیکسل

آتش است: مختصات پیکسل، طول و عرض جغرافیایی، بازتاب پیکسل M7، بازتاب پس‌زمینه M7، پیکسل M13 و M15 BT، پیکسل M13 و M15 BT، میانگین اختلاف پس‌زمینه BT، پس‌زمینه M13، M15 و تفاوت BT به معنی انحراف مطلق، قدرت تابشی آتش، تعداد پیکسل‌های ابر مجاور، تعداد پیکسل‌های آب مجاور، اندازه پنجره پس‌زمینه، تعداد پیکسل‌های پس‌زمینه معتبر، اطمینان تشخیص، پرچم پیکسل زمین، بازتاب M7 پس‌زمینه، و بازتاب میانگین انحراف مطلق است. محصول VNP14 تداوم داده‌های آتش را با محصول آتش سوزی ۱ کیلومتری EOS MODIS ناسا فراهم می‌کند که در این نوشتار مورد استفاده قرار گرفت.

در تصاویر MODIS نقطه آتش باید شرایط زیر را برآورده کند:

$$T_{20} > t \quad (1)$$

$$\Delta T > [\overline{\Delta T}, 8]_{\min} \quad (2)$$

تائید نقطه آتش

آزمون آستانه مطلق با اشاره به الگوریتم ارائه‌شده توسط گیلیو و همکاران (۱۲) با توجه به اشباع دمای کانال MERSI، تشخیص آستانه مطلق به شرح زیر است:

(۳)

$$T_{20} > \overline{\Delta T} + 3.5 \times \delta_{\Delta T}$$

مجموعه‌ای از آزمایش‌های آستانه متنی برای تشخیص آتش نسبی انجام خواهد شد:

(۴)

$$\Delta T > \overline{\Delta T} + 3.5 \times \delta_{\Delta T}$$

$$\Delta T > \overline{\Delta T} + 6$$

$$\Delta T > \overline{T}_{20} + 4 \times \delta_{T_{20}}$$

$$T_{24} > \overline{T}_{24} + \delta_{T_{24}} - 4$$

$$\delta_{T_{24}} > 5$$

که در آن  $\Delta T$  میانگین و  $\delta_{\Delta T}$  میانگین انحراف مطلق برای پیکسل‌ها است،  $T_{20}$  و  $\delta_{T_{20}}$  میانگین و میانگین انحراف مطلق  $T_{20}$  برای پیکسل‌های  $T_{24}$  و  $\delta_{T_{24}}$  هستند. میانگین و میانگین انحراف مطلق  $T_{24}$  برای پیکسل‌های معتبر و  $\delta$  میانگین انحراف مطلق  $T_{20}$  برای پیکسل‌های آتش پس‌زمینه هستند. (۱۲).

تشخیص پیکسل‌های متأثر از آتش سوزی بدون ابهام در طول روز بر اساس  $a$  آستانه ثابت ساده اعمال شده برای داده‌های دمای روشنایی کانال VIIRS (I4) به دلیل ویژگی‌های طیفی آن کانال عملی نیست، که می‌تواند منجر به هشدارهای غلط بالقوه متعدد شود. برای تصاویر شب هر گونه ابهام احتمالی برطرف و آزمون زیر پذیرفته شد:

(۵)

$$BT_4 > 320K \text{ and } QF_4 = 0$$

Commented [8]: برای تمام متغیرها باید واحدها دیمانسیون نوشته شود

Deleted: روش تحقیق

Deleted:

Formatted: Right, Tab stops: 8 cm, Centered

Commented [9]: شماره رابطه و خود رابطه در یک سطر قرار گیرد

Commented [10]: برای تمام متغیرها باید کمیت واحدهای متریک دیمانسیون نوشته شود

Deleted: تست های آستانه ثابت

که در آن  $QF_4$  پرچم کیفیت کانال I4 است، که باید داده‌های اسمی را نشان دهد. کیفیت پیکسل‌های بالقوه متأثر از آتش‌سوزی در روز و شب ممکن است از طریق غربال کردن پیکسل‌های اشباع کانال I4 در ترکیب شناسایی شوند. با داده‌های تکمیلی از کانال‌های II، I2 و I5 برای آزمایش‌های زیر اعمال شده است:

(۶)

$$BT_4 > 320K \text{ and } QF_4 = 9$$

$$BT_4 = 367K \text{ and } QF_4 = 0$$

$$BT_5 N290K \text{ and } QF_5 = 0 \text{ (در روز)} \text{ and } \rho_1 + \rho_2 b0.7 \text{ (در شب)}$$

که در آن  $QF_i$  پرچم کیفیت در کانال  $i$  است. در این مورد، کانال I4 مقدار کیفیت (اعشاری) نشان‌دهنده اشباع کامل مقدار پیکسل مجموع است و هم‌زمان با کانال I5 نامی پیدا می‌شود. زمانی که دمای روشنایی کانال I4 روی درجه تنظیم شده، مقدار اشباع  $367K$  به منظور پرداختن به سناریوی اشباع هنگامی که داده‌های کانال I4 با یک تشخیص پیکسل آتش مواجه می‌شود. تست با استفاده از:

(۷)

$$\Delta BT_{45} < 0$$

$$(BT_5 > 325K \text{ and } QF_5 = 0)$$

$$(BT_5 > 310K \text{ and } QF_5 = 0)$$

$$(BT_4 = 208K \text{ and } BT_5 > 335)$$

که در آن  $\Delta BT_{45}$  اختلاف دمای روشنایی کانال I4 و I5 است. در اینجا، تفاوت منفی بین دو کانال نشان داده شده است.

برای تعیین ماسک آتش‌سوزی‌های احتمالی پس‌زمینه، پیکسل‌های آتش پس‌زمینه بالقوه با استفاده از روز و تست‌های ویژه شبانه به شرح زیر است:

(۸)

$$BT_4 > 335K \text{ and } \Delta BT_{45} > 30K$$

$$BT_4 > 300K \text{ and } \Delta BT_{45} > 10K$$

اهداف پر نور رادیومتری مانند سواحل ماسه‌ای در امتداد بستر رودخانه‌ها می‌تواند خوشه‌های کوچکی از مقادیر بالای پیکسل BT4 را در VIIRS روز تشکیل دهد، داده‌های باند I ممکن است برخی از آنها با آتش‌سوزی‌های فعال اشتباه گرفته شوند. بنابراین برای اجتناب از این مناطق، پیکسل‌های روز که دارای معیارهای زیر هستند، رد شدند:

(۹)

$$\rho_1 + \rho_2 > 0.6 \text{ and } BT_5 < 285K$$

$$\rho_3 > 0.3 \text{ and } \rho_3 > \rho_2 \text{ and } \rho_2 > 0.25 \text{ and } BT_4 \leq 335K$$

پیکسل‌های کاندید با استفاده از مجموعه‌ای از شرایط سخت‌تر تعریف می‌شوند تا پیکسل‌های آتش پس‌زمینه احتمالی به علاوه دیگر ناهنجاری‌های رادیویی کمتر برجسته‌تر شده در کانال I4 را شامل شود. پیکسل‌های کاندید آن‌هایی هستند که معیارهای زیر را برآورد می‌کنند:

(۱۰)

$$BT_4 > \Delta BT_{4S} \text{ or } \Delta BT_{45} > 25K$$

$$BT_S > 295K \text{ or } \Delta BT_{45} > 10K$$

جایی که  $BT_{4S}$  یک مرجع دمای روشنایی پس‌زمینه بزرگ است. مقدار آن در کانال I4 برای یک پنجره  $5.1 \times 5.1$  در مرکز محاسبه شده است. پیکسل این نمونه برداری اولیه با مساحت بزرگ، تغییرات در شرایط پس‌زمینه را در برمی‌گیرد و انعطاف‌پذیری را به انتخاب پیکسل آتش کاندید اضافه می‌کند:

$$BT_4 = \text{Max}[325, M]K \quad (۱۱)$$

$$BT_4 = \text{Max}[325, M]K$$

$$BT_{4S} = \text{Min}[320, BT_{4M}]K$$

که در آن M مقدار میانه  $BT_4$  محاسبه شده برای پنجره  $5.1 \times 5.1$  است. پنجره نمونه برداری باید حداقل شامل ۱۰ مشاهدات معتبر باشد، در غیر این صورت  $BT_{4S}$  روی  $330K$  تنظیم شده است. دمای روشنایی پیکسل آتش کاندید در کانال I4 به ترتیب بین حداقل  $325K$  تا حداکثر  $330K$  متغیر است.

تجزیه و تحلیل پیکسل آتش در شب، زمینه‌ای برای تشخیص آتش‌سوزی VIIRS 375 متر شبیه رویکرد الگوریتم MODIS Fire Thermal Anomalies توسط نمونه برداری از اندازه پنجره اختصاص داده شده به صورت پویا برای اجازه دادن به کاراکتر سازی بهینه پس‌زمینه پیکسل آتش کاندید اجرا شده است. اگر حداقل تعداد پیکسل‌های معتبر را نتوان برآورد کرد، پیکسل کلاس "ناشناخته" را به خود اختصاص می‌دهد که نشان می‌دهد شرایط پس‌زمینه نمی‌تواند به درستی مشخص شود. مقادیر انحراف مطلق رضایت‌بخش، و میانگین برای کانال I4  $(\overline{BT}_{4b}, \delta_{4b})$ ، I5  $(\overline{BT}_{5b}, \delta_{5b})$  و تفاوت دمای روشنایی I4-I5 با استفاده از نمونه پس‌زمینه محاسبه می‌شوند. علاوه بر این، میانگین و میانگین انحراف مطلق برای داده‌های دمای روشنایی کانال I4 از پیکسل‌های آتش پس‌زمینه بالقوه یافت شده، محاسبه می‌شود. در پنجره نمونه برداری  $\overline{BT}_{5b}, \delta_{5b}$  پارامترهای بالا برای تعریف مجموعه‌ای از آزمون‌های زمینه‌ای استفاده می‌شود که باید به طور مشترک در آن‌ها برآورد شوند. به منظور تولید تشخیص پیکسل آتش با اطمینان اسمی بر اساس روابط زیر انجام گرفت:

(۱۲) در روز

$$\Delta BT_{45} > \overline{\Delta BT}_{45b} + 2\delta_{45b}$$

$$\Delta BT_{45} > \overline{\Delta BT}_{45b} + 10$$

$$BT_{45} > BT_4 + 3.5 \times \delta_{4b}$$

$$BT_5 > \overline{BT}_{b5} + \delta_{5b} - 4 \text{ or } \delta_4 > 5$$

(۱۳) در شب

$$\Delta BT_{45} > \overline{\Delta BT}_{45b} + 3 \times \delta_{45b}$$

$$\Delta BT_{45} > \overline{\Delta BT}_{45b} + 9$$

$$\Delta BT_4 > \overline{\Delta BT}_{4b} + 3 \times \delta_{4b}$$

آتش‌سوزی‌های فعال، که معمولاً باعث خروج شدید دود از آتش‌سوزی است، دمای روشنایی پیکسل متأثر از آتش در کانال VIIRS I4 در مقایسه با پیکسل‌های مجاور بدون آتش است. پاسخ کانال I4 همراه با تغییرات نسبتاً کمی در مقادیر دمای روشنایی کانال VIIRS I5 نسبت به پس‌زمینه مشابه هستند. پیکسل‌های پس‌زمینه و همچنین بزرگ‌تر از چهار پیکسل این تست اضافی به صورت زیر قابل نمایش است:

(۱۴)

$$\rho_{20.15} \text{ and } \overline{BT}_4 < 345 \text{ and } \delta_4 < 3 \text{ and } \overline{BT}_4 + 6 \times \delta_4$$

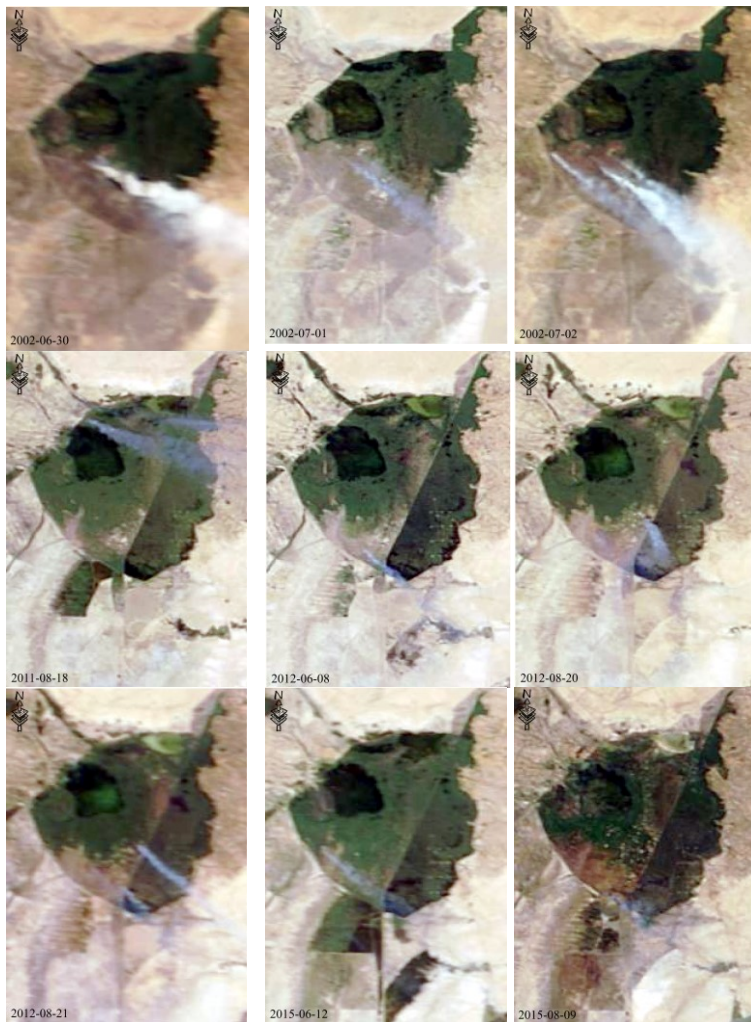
صحت تمام پیکسل‌های آتش‌کاندید با آزمون بالا انجام گرفت (۱۲).

نتایج

Deleted: یافته‌های تحقیق

با توجه به این که شناسایی آتش‌سوزی فعال نیازمند استفاده از روش سنجش از دور است، در این نوشتار تصاویر چند سنجنده به طور هم‌زمان مدنظر قرار گرفت تا نتایج حاصل شده با بالاترین دقت مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. با هدف به حداکثر رساندن تمایز مناطق سوخته با سوخته نشده می‌توان از ترکیب باندهای تصاویر ماهواره ای استفاده کرد. در تصاویر MODIS رنگ واقعی: قرمز (باندها ۱)، سبز، (باندها ۲ و ۳) و آبی (باندها ۴) این تصاویر را رنگ واقعی یا رنگ طبیعی می‌نامند، زیرا این ترکیب طول موج تا شبیه آنچه چشم انسان می‌بیند، است. نقطه ضعف این مجموعه از باندها این است که آن‌ها تمایل به ایجاد یک تصویر مه‌آلود دارند. در تصاویر مادون‌قرمز مرئی (VIIRS) رنگ واقعی: رنگ قرمز (باندها I1)، رنگ سبز (باندها M4) و رنگ آبی (باندها M3) این تصاویر را همانند تصاویر MODIS رنگ واقعی یا رنگ طبیعی می‌نامند. وضوح این سنسور (باندهای M ۷۵۰ متر، باندهای I ۳۷۵ متر)، وضوح تصویر ۲۵۰ متر است. با توجه به اشکال ۲، ۳، ۴ و ۵ وسیع‌ترین آتش‌سوزی‌های تالاب در روزهای ۱۴ و ۱۵ ژوئیه ۲۰۱۵ به وقوع پیوسته است که مساحت آتش‌سوزی به ترتیب ۱۳۵۶۴ و ۱۳۰۶۳ هکتار بوده که بخش اعظم پوشش گیاهی این تالاب از بین رفته است. با توجه به شکل ۲ که آتش‌سوزی فعال در تالاب هورالعظیم با استفاده از تصاویر MODIS شناسایی شده، می‌توان گفت که در ۲۰۰۲ در ماه‌های ژوئن و ژوئیه آتش‌سوزی به ترتیب به وسعت ۹۳۶ و ۶۸۴ رخ داده است که تمامی این حریق در قسمت‌های جنوب غربی تالاب در خاک کشور عراق به وقوع پیوسته است. در ۲۰۱۱ تنها در هشتم اوت آتش‌سوزی شناسایی شد که مساحت آن ۴۳۲ هکتار برآورد شده است. در ۲۰۱۲ دو آتش‌سوزی وسیع در ژوئن و اوت به وقوع پیوسته است که نسبت به سال‌های قبل از آن وسعت بیشتری داشته است. در ۲۰۱۵ چهار حریق در ژوئن و اوت رخ داده اما در ژوئیه آتش‌سوزی آن وسیع نبوده است. طولانی‌ترین آتش‌سوزی در این تالاب از ۲۸ ژوئن ۲۰۱۸ آغاز شده بود و تا سوم اوت ادامه داشته است که بخش بسیار وسیعی از پوشش گیاهی تالاب را از بین برده است. در ۲۰۲۱ فقط در ژوئن آتش‌سوزی در تصاویر VIIRS مشاهده شده است. در ژوئن ۲۰۲۲ مساحتی به وسعت ۳۳۶۱۳ هکتار توسط آتش‌سوزی از بین رفته است و در ژوئیه آتش‌سوزی به وسعت ۱۰۸۷۵ هکتار به وقوع پیوسته است. پراکندگی مکانی وقوع آتش‌سوزی در بیشتر قسمت‌های غربی، جنوب و جنوب غربی تالاب مشاهده شده است. آتش‌سوزی‌هایی که در ماه‌های ژوئن هر سال آغاز شده، معمولاً در ژوئیه و اوت نیز ادامه داشته است.





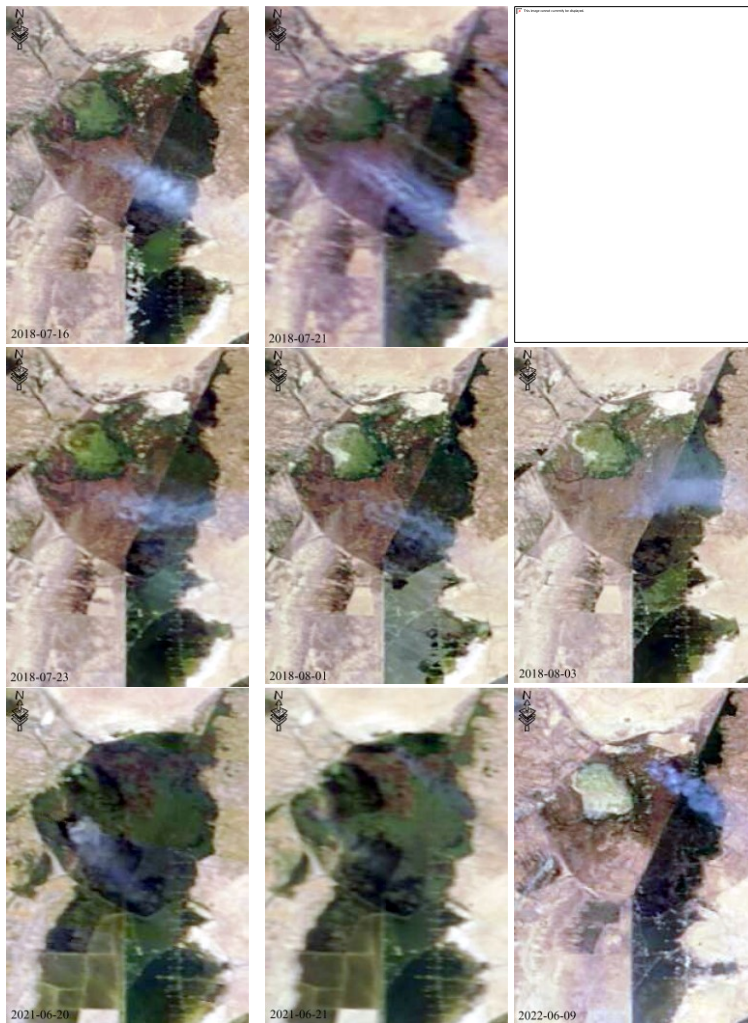
شکل ۲. موقعیت آتش سوزی های فعال با استفاده از تصاویر کامپوزیت روزانه مادیس (۲۰۰۲-۲۰۱۵)

Fig 2. Location of active fires using MODIS daily composite imag(2002-2015)



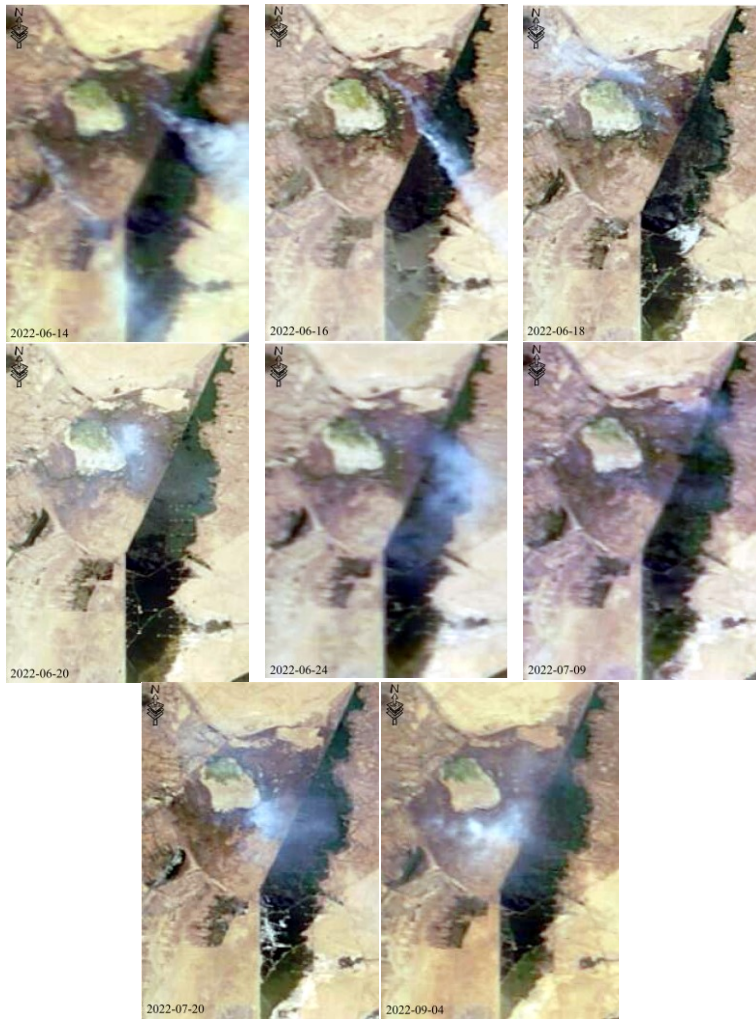
شکل ۳. موقعیت آتش‌سوزی‌های فعال با استفاده از تصاویر کامپوزیت روزانه VIIRS (۲۰۱۵-۲۰۱۸)

Fig 3. Location of active fires using VIIRS daily composite images(2015-2018)



شکل ۴. موقعیت آتش سوزی های فعال با استفاده از تصاویر کامپوزیت روزانه VIIRS (۲۰۱۸-۲۰۲۲)

Fig 4. Location of active fires using VIIRS daily composite images(2018-2022)



شکل ۵. موقعیت آتش‌سوزی‌های فعال با استفاده از تصاویر کامپوزیت روزانه VIIRS (ژوئن، ژولای و سپتامبر ۲۰۲۲)

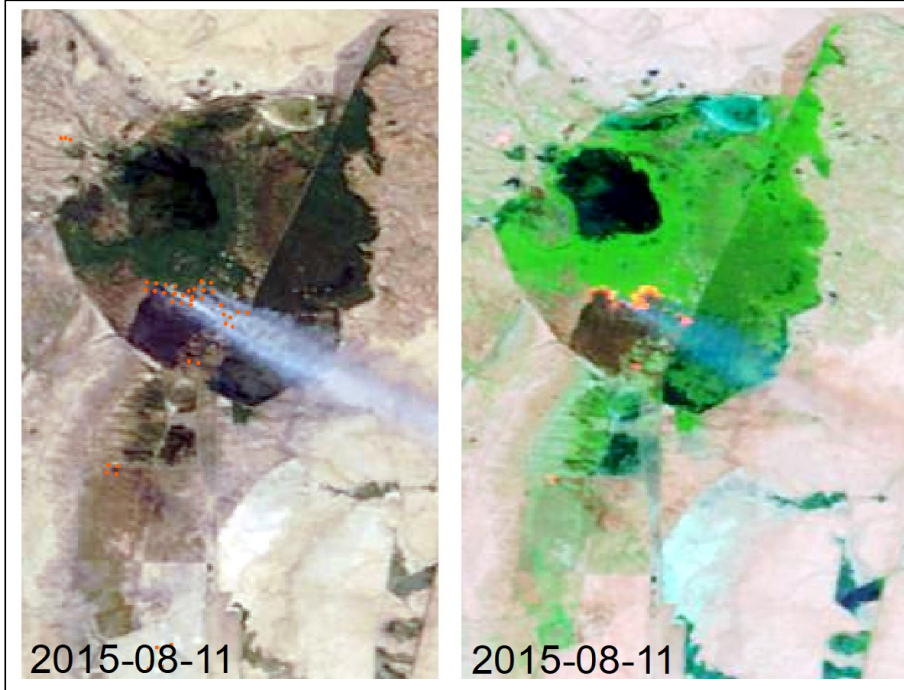
Fig 5. Location of active fires using daily composite images VIIR(June, July and September 2022)

برخی از تصاویر حذف شده است: [11] Commented

در تصاویر MODIS رنگ کاذب: رنگ قرمز (باند ۷)، رنگ سبز (باند ۲) و رنگ آبی (باند ۱) این ترکیب برای تشخیص آثار سوختگی از پوشش گیاهی طبیعی کم یا خاک بدون پوشش و مشاهده افزایش وسعت سیل مفید است. در تصاویر مادون قرمز قابل دید رنگ کاذب: رنگ قرمز (باند M11)، رنگ سبز (باند I2) و رنگ آبی (باند I1) این ترکیب برای تشخیص آثار سوختگی از پوشش گیاهی طبیعی کم یا خاک بدون پوشش و مشاهده افزایش مساحت سیل مفید است.

#### نتایج صحت سنجی آتش سوزی فعال شناسایی شده در تصاویر ماهواره ای

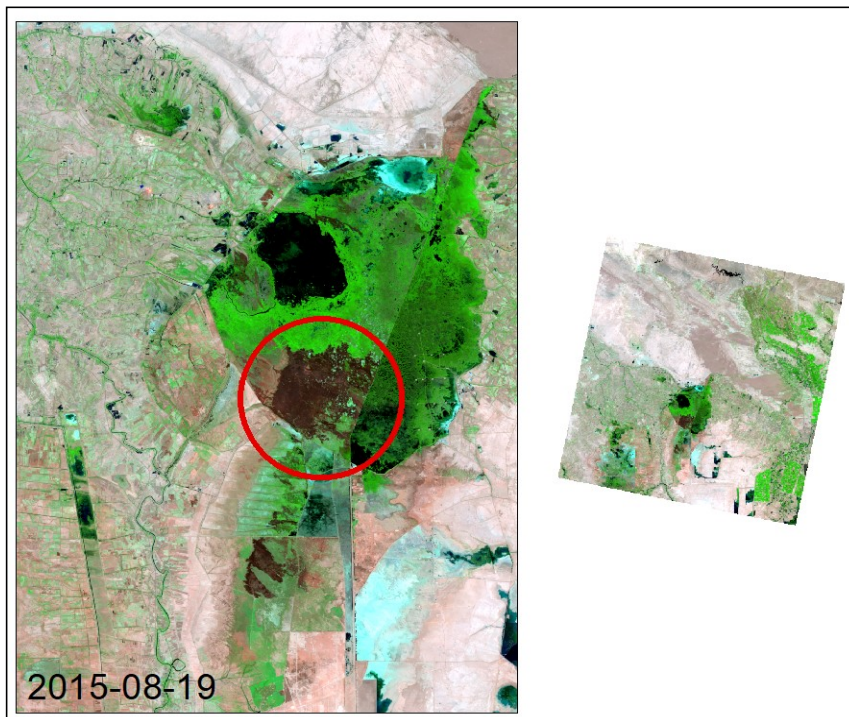
به سبب آنکه تصاویر سنجنده Landsat 8/OLI به صورت زمین مرجع بوده و در مختصات جهانی با دقت مناسب ثبت و در آرشیو های مربوطه قرار گرفته و منتشر می گردند، در این پژوهش برای صحت سنجی های لازم در خصوص آتش سوزی های رخ داده در تالاب هورالعظیم مورد استفاده قرار گرفت. پس از پردازش و بررسی تصاویر ماهواره ای مشخص گردید که اکثر آتش سوزی ها در تالاب در قسمت های غربی این تالاب در بخش عراقی تالاب به وقوع پیوسته است و از آنجایی که دسترسی به اطلاعات زمینی مربوط به آتش سوزی و سایر جزئیات آن امکان پذیر نبود، از روش ترکیب باندی تصاویر سنجنده Landsat 8/OLI جهت ارزیابی صحت مناطق آتش سوزی استفاده و نتایج آن مورد تأیید قرار گرفت. (شکل ۶) که لایه انعکاس (باند های ۷-۵-۴) از Landsat 8/OLI یک تصویر ترکیبی رنگ کاذب (FCC) است که به ما امکان می دهد طول موج هایی را که چشم انسان نمی تواند ببیند (موج کوتاه مادون قرمز) را تجسم کنیم. مناطق سوخته تقریباً به رنگ قرمز آجری به نظر می رسند که دیدن مناطق آسیب دیده از آتش را آسان تر می کند. وضوح تصویر ۳۰ متر وضوح زمانی روزانه با زمان بازبینی ۱۶ روزه است شرودر و همکاران (۲۰۱۴). برای اخذ تصویری که Landsat 8/OLI که آتش سوزی در تالاب را در فاصله زمانی اندک که رد پای آتش سوزی توسط سنجنده دیگری ثبت شده است، در نهایت تصویر Landsat 8/OLI در ۱۹ اوت ۲۰۱۵ به عنوان تصویر پایه و مرجع اخذ گردید. در تصاویر MODIS سنجنده Terra رنگ کاذب: (باند ۷)، (باند ۲) و (باند ۱) این ترکیب برای تشخیص آثار سوختگی از پوشش گیاهی طبیعی کم یا خاک بدون پوشش مفید است. در تصاویر مادون قرمز قابل دید رنگ کاذب: (باند M11)، (باند I2) و (باند I1) این ترکیب برای تشخیص و تمایز آثار سوختگی از پوشش گیاهی طبیعی یا خاک بدون پوشش مناسب است. براساس (شکل ۶) که آتش سوزی پوشش گیاهی تالاب هورالعظیم را با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS را در دو نوع رنگ مختلف نمایش می دهد، آتش سوزی در وسعت زیاد در بخش عراقی تالاب رخ داده که این نوع تصاویر به عنوان یک ابزار مهمی در نمایش مناطق آتش سوزی به شمار می رود. بهره گیری از تصاویر ماهواره ای که به صورت روزانه ثبت می شوند، می توان در کمترین زمان ممکن آتش سوزی های رخ داده را شناسایی و مکان یابی کرد. با توجه با اینکه رویت و اعلام آتش سوزی رخ داده در یک منطقه نیازمند تجهیزات بسیار و با فناوری بالا است، استفاده از روش سنجش از دور و تصاویر ماهواره ای در مقایسه با دیگر روش ها بسیار ارزان تر و که دارای دید وسیع است، آتش سوزی تالاب هورالعظیم را به خوبی نشان می دهد با توجه به (شکل ۷) که حاصل ترکیب باندی سنجنده Landsat 8/OLI مشخص شد آتش سوزی فعال در منطقه مطالعاتی شامل قسمت های جنوبی تالاب و در بخش غربی آن با مساحت ۱۳۵۰ هکتار به وقوع پیوسته است. در این تصویر که از روش ترکیب باندی این سنجنده استفاده شده، با دقت بسیار بالایی منطقه سوخته شده را نشان می دهد. هدف از ارائه تصاویر سنجنده Landsat 8/OLI در این نوشتار صحت سنجی ثبت آتش فعال در منطقه مورد مطالعه است.



شکل ۶. موقعیت آتش سوزی های فعال با استفاده از تصاویر MODIS بارنگ واقعی (چپ) و تصویر کاذب (راست)

Fig6. Location of active fires using the real barang image MODIS (left) and false image (right)

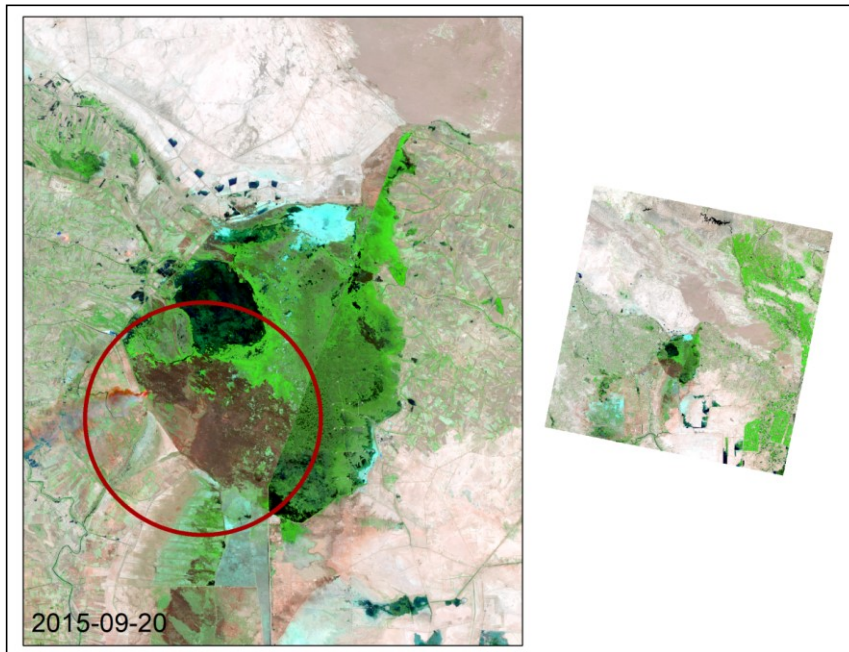
نوع باندها اسم برده شود: [12] Commented



شکل ۷. تصویر بارنگ کاذب محل آتش سوزی مربوط به ۸ روز بعد از آتش سوزی فعال در ۲۰۱۵/۰۸/۱۱ تصویر Landsat 8/OLI

Fig 7. The false color image of the fire site related to 8 days after the active fire on 08/11/2015 Landsat 8/OLI image

استفاده از روش ترکیب باندهای سنجنده Landsat 8/OLI به طور قابل ملاحظه ای مناطق سوخته شده و سوخته نشده را از یکدیگر متمایز می کند. این روش برخلاف شاخص استاندارد سوختگی نرمال شده، وضوح، شدت، وسعت و جهت حرکت آتش سوزی را نشان می دهد. از آن جایی که اساس شاخص استاندارد سوختگی پوشش گیاهی بر اصل مقایسه تصاویر قبل و بعد آتش سوزی استوار است، استفاده از تصاویر آتش فعال با بهره گیری از روش ترکیب باندهای سنجنده Landsat 8/OLI می تواند کارایی تصاویر ماهواره ای را در زمینه آتش سوزی به خوبی نشان دهد (شکل ۸).



شکل ۸. ترکیب رنگی کاذب محل آتش سوزی فعال در ۲۰۱۵/۰۹/۲۰ استخراج شده از تصویر Landsat 8/OLI

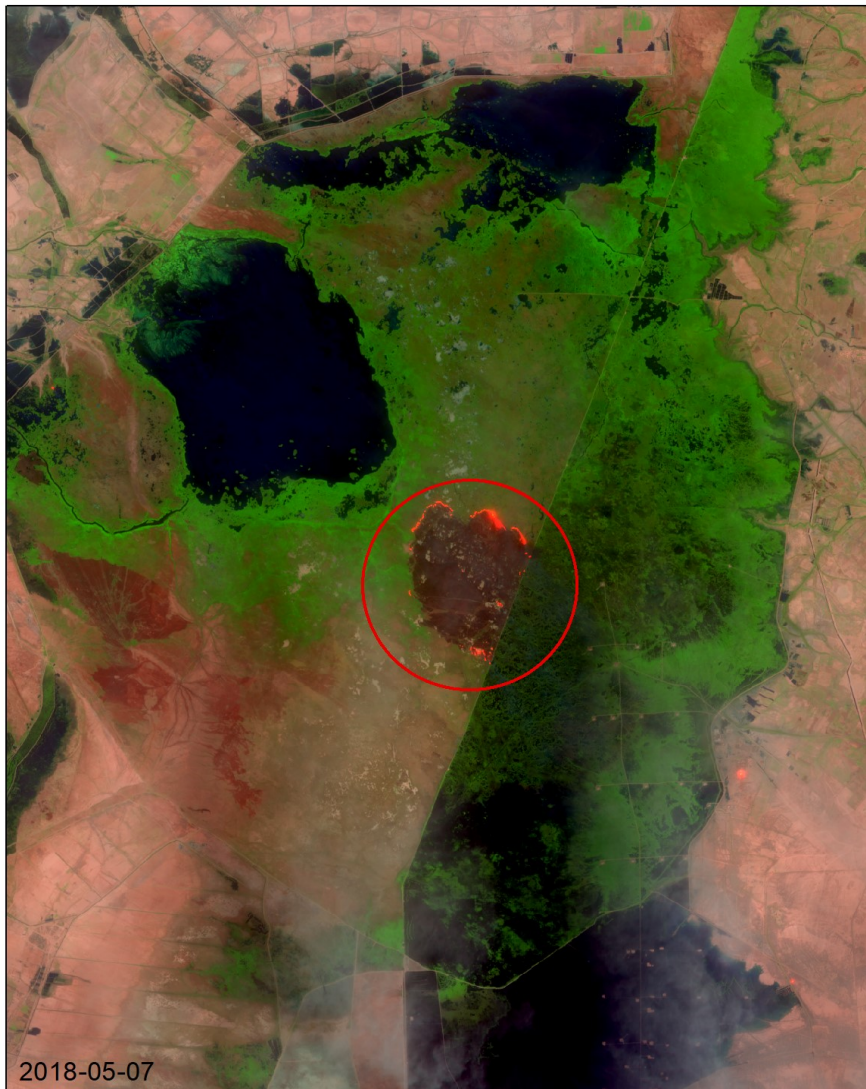
Fig 8. The false barang image of the active fire site on 09/20/2015 extracted from the Landsat 8/OLI image

مطالعات اعتبارسنجی تصاویر ماهواره‌ای در زمینه آتش فعال هم تصادفی Advanced Spaceborne Thermal رادیومتر گسیل و انعکاس Landsat-8 برای تعیین کمیت خطاهای تصاویر MODIS آتش فعال ماهواره عملیاتی محیطی زمین مورد استفاده قرار گرفت گیلو و همکاران (۱۲)؛ موریست و همکاران (۱۸)؛ شرودر و همکاران (۲۴). محصولات سنسور VIIRS و Landsat-8 میانگین ۳ ساعت فاصله بین زمان‌های ثبت تصویر در همان روز مانع از آن می‌شود که استفاده از مجموعه داده‌های جفت شده برای تجزیه و تحلیل خطاهای کمی، به عنوان نمونه‌های مرتبط با تغییرات کوتاه مدت در رفتار آتش سوزی را می‌توان معرفی کرد. با این حال، تصاویر Landsat-8 همچنان به عنوان یک مجموعه تصاویر مرجع در حمایت از ارزیابی کیفی داده‌های تشخیص آتش VIIRS 375 استفاده می‌شود که امکان تفسیر بصری مناطق سوخته شده پوشش گیاهی را فراهم می‌کند (شکل ۷). پس از انتخاب الگوریتم شناسایی آتش سوزی به پردازش (تصحیحات هندسی، رادیومتریک و اتمسفری)، پردازش (اعمال انتخاب باندهای سنجنده Landsat-8 برای بررسی آتش سوزی و مناطق سوخته شده) ارزیابی و صحت سنجی نتایج آتش سوزی های شناسایی شده در تصاویر به کار گرفته شده، انجام شد. یک منطقه آتش سوزی فعال را در تالاب توسط Landsat-8 در ۷ می ۲۰۱۸ تصویربرداری شده است را به خوبی قابل نمایش است. در تصاویر سنجنده Landsat-8 با استفاده از یک الگوریتم تشخیص آتش بر اساس کانال های مادون قرمز مرئی و موج کوتاه مشابه کار انجام شده توسط شرودر و همکاران (۲۵) آثار سوختگی را می‌توان در مجاورت عامل فعال نیز شناسایی کرد. تجزیه و تحلیل بصری تصاویر Landsat-8 شعله‌های آتش سوزی‌ها منطقه آسیب دیده را نشان می‌دهد که در همه جهات به بیرون به ویژه به سمت شمال در شرق جبهه بزرگ آتش گسترش می‌یابد، شناسایی گردید. لذا ضروری است که همزمان با تصاویر مختلف آتش سوزی فعال شناسایی شدند، سپس صحت آن با بهره گیری از تصاویر Landsat-8 مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت.

نوع باندها اسم برده شود: [13] Commented

Deleted: تصویر بارنگ





شکل ۹. تصویر آتش فعال در ۲۰۱۸/۰۵/۰۷ استخراج شده از تصویر Landsat 8/OLI

Fig 9. Image of active fire on 05/07/2018 extracted from Landsat 8/OLI image

نوع باندها اسم برده شود: [14] Commented

جدول ۱. مشخصات آتش‌سوزی ثبت‌شده در تالاب هورالعظیم

Table 1 . Characteristics of fire registered in Horul Azim wetland

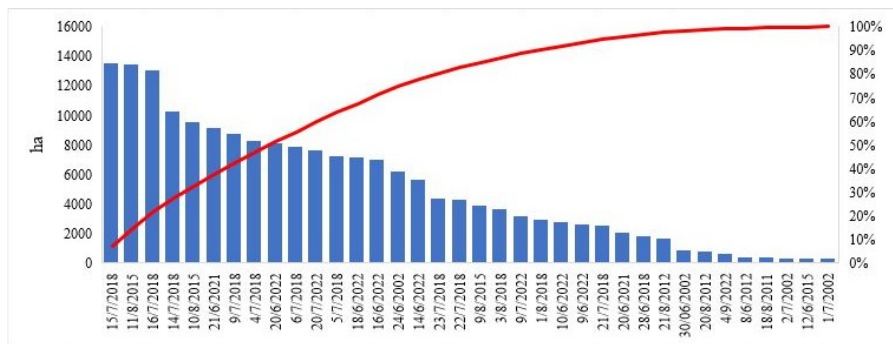
عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ساعت آتش‌سوزی	تاریخ آتش‌سوزی	سنجنده	مساحت آتش‌سوزی بر حسب هکتار
۳۱/۴۸	۴۷/۶۵۷۹	۱۷:۰۰	۲۰۰۲/۰۶/۳۰	Terra	۹۳۶
۳۱/۴۹۸	۴۷/۵۶۴۱	۲۲:۰۰	۲۰۰۲/۰۷/۰۱	Terra	۳۲۴
۳۱/۴۸۱۱	۴۷/۶۲۷۱	۱۲:۰۵	۲۰۰۲/۰۷/۰۲	Terra	۳۶۰
۳۱/۶۶۴۶	۴۷/۶۰۲۴	۰۰:۲۶:۰۰	۲۰۱۱/۰۸/۱۸	Terra	۴۳۲
۳۱/۴۱۹۳	۴۷/۶۳۷۶	۰۷:۳۲	۲۰۱۲/۰۶/۰۸	Terra	۴۶۲
۳۱/۴۹۵۳	۴۷/۷۱۹۹	۱۵:۴۴	۲۰۱۲/۰۸/۲۰	Terra	۸۲۸
۳۱/۴۷۹	۴۷/۵۸۵۳	۱۲:۰۹	۲۰۱۲/۰۸/۲۱	Terra	۱۷۲۸
۳۱/۴۱۲۲	۴۷/۶۷۱۶	۰۰:۱۵:۰۰	۲۰۱۵/۰۶/۱۲	Terra	۳۶۰
۳۱/۵۱۷۵۶۷	۴۷/۶۸۱۷۳۶	۱۱:۵۲	۲۰۱۵/۰۸/۰۹	Terra	۳۹۲۰
۳۱/۵۱۲۲	۴۷/۶۶۶۷	۰۲:۴۲	۲۰۱۵/۰۸/۱۰	S-NPP/VIIRS	۹۵۸۸
۳۱/۵۰۸۶	۴۷/۶۴۴۱	۱۲:۰۵	۲۰۱۵/۰۸/۱۱	S-NPP/VIIRS	۱۳۵۰۰
۳۱/۵۱۲۲	۴۷/۶۸۱۷۳۶	۰۰:۲۸	۲۰۱۸/۰۶/۲۸	S-NPP/VIIRS	۱۸۶۰
۳۱/۵۰۲۱۸۴	۴۷/۶۴۴۱	۱۶:۰۰	۲۰۱۸/۰۷/۰۴	S-NPP/VIIRS	۸۳۴۱
۳۱/۵۰۳۵۹۳	۴۷/۷۰۹۶۵۶	۱۵:۴۲	۲۰۱۸/۰۷/۰۵	S-NPP/VIIRS	۷۲۷۰
۳۱/۵۳۶۸	۴۷/۷۱۱۱۷	۱۱:۵۹	۲۰۱۸/۰۷/۰۶	S-NPP/VIIRS	۷۹۱۸
۳۱/۵۲۰۵	۴۷/۶۸۳۲	۰۲:۲۱	۲۰۱۸/۰۷/۰۹	S-NPP/VIIRS	۸۷۶۰
۳۱/۵۶۰۶	۴۷/۵۱۱۴	۱۲:۰۵	۲۰۱۸/۰۷/۱۴	S-NPP/VIIRS	۱۰۲۹۳
۳۱/۴۹۸۷۶	۴۷/۷۱۲۵۲۴	۱۶:۱۲	۲۰۱۸/۰۷/۱۵	S-NPP/VIIRS	۱۳۵۶۴
۳۱/۵۳۴۰۵۸	۴۷/۶۹۶۹۴۹	۱۵:۵۴	۲۰۱۸/۰۷/۱۶	S-NPP/VIIRS	۱۳۰۶۳
۳۱/۴۹۰۰۹۵	۴۷/۶۹۳۰۲۷	۱۵:۴۲	۲۰۱۸/۰۷/۲۱	S-NPP/VIIRS	۲۶۰۰
۳۱/۴۸۲۶	۴۷/۶۷۲۲	۱۱:۵۹	۲۰۱۸/۰۷/۲۲	S-NPP/VIIRS	۴۳۰۰
۳۱/۵۷۶۴۹۸	۴۷/۵۹۴۴۶	۰۳:۳۰	۲۰۱۸/۰۷/۲۳	S-NPP/VIIRS	۴۴۰۰
۳۱/۵۱۶۵۷۹	۴۷/۵۳۵۱۱	۰۲:۵۴	۲۰۱۸/۰۸/۰۱	S-NPP/VIIRS	۳۰۰۰
۳۱/۵۴۷۶۶۱	۴۷/۵۳۳۸۴۴	۰۲:۳۰	۲۰۱۸/۰۸/۰۳	NOAA-20 (JPSS-1)	۳۷۰۰
۳۱/۵۵۷۲	۴۷/۵۳۶۹	۱۲:۴۴	۲۰۲۱/۰۶/۲۰	NOAA-20 (JPSS-1)	۲۱۰۰
۳۱/۵۲۲۰۵	۴۷/۷۱۰۵۴	۰۳:۳۴	۲۰۲۱/۰۶/۲۱	NOAA-20 (JPSS-1)	۹۱۴۸
۳۱/۵۷۰۷۸	۴۷/۷۴۸۰۷	۰۰:۵۸:۰۰	۲۰۲۲/۰۶/۰۹	NOAA-20 (JPSS-1)	۲۷۰۰
۳۱/۶۲۲۶	۴۷/۷۳۹۱۴	۰۰:۴۶:۰۰	۲۰۲۲/۰۶/۱۰	NOAA-20 (JPSS-1)	۲۷۹۸
۳۱/۶۵۹۳۲	۴۷/۵۲۲۶۶	۱۱:۲۱	۲۰۲۲/۰۶/۱۴	NOAA-20 (JPSS-1)	۵۷۱۴
۳۱/۵۴۳۴	۴۷/۷۱۳۶	۰۲:۱۱	۲۰۲۲/۰۶/۱۶	NOAA-20 (JPSS-1)	۷۰۴۱
۳۱/۵۸۷۰۶	۴۷/۵۷۱۹	۱۶:۳۱	۲۰۲۲/۰۶/۱۸	NOAA-20 (JPSS-1)	۷۲۳۰

ادامه جدول ۱. مشخصات آتش سوزی ثبت شده در تالاب هورالعظیم

Table 1 continues. Characteristics of fire registered in Horul Azim wetland

عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ساعت آتش سوزی	تاریخ آتش سوزی	سنجنده	مساحت آتش سوزی بر حسب هکتار
۳۱/۴۸	۴۷/۶۵۷۹	۱۷:۰۰	۲۰۲۲/۰۶/۲۰	NOAA-20 (JPSS-1)	۸۱۳۰
۳۱/۴۹۸	۴۷/۵۶۴۱	۲۲:۰۰	۲۰۲۲/۰۶/۲۴	NOAA-20 (JPSS-1)	۶۲۷۲
۳۱/۴۸۱۱	۴۷/۶۲۷۱	۱۲:۰۵	۲۰۲۲/۰۷/۰۹	NOAA-20 (JPSS-1)	۳۲۰۰
۳۱/۶۶۴۶	۴۷/۶۰۲۴	۰۰:۲۶:۰۰	۲۰۲۲/۰۷/۲۰	NOAA-20 (JPSS-1)	۷۶۷۵
۳۱/۴۱۹۳	۴۷/۶۳۷۶	۰۷:۳۲	۲۰۲۲/۰۹/۰۴	NOAA-20 (JPSS-1)	۷۰۰

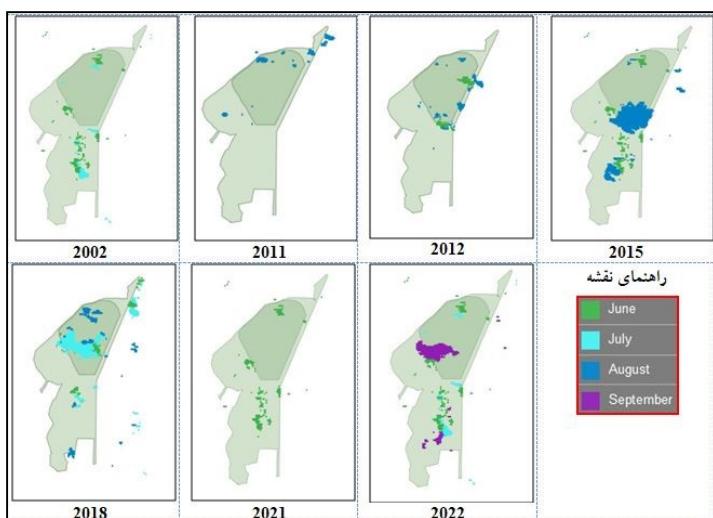
شکل ۱۱. نمودار توزیع داده ها را به ترتیب فرکانس نزولی با یک خط تجمعی روی محور دوم به عنوان درصدی از کل رسم می کند. با توجه به نمودار می توان گفت، در دوره مورد مطالعه ۳۶ روز آتش سوزی وسیع در تالاب هورالعظیم شناسایی گردید. ۳۶ درصد آتش سوزی ها در ۲۰۱۸ و ۲۷ درصد در ۲۰۲۲ به وقوع پیوسته و بیشترین مساحت آتش سوزی در ۲۰۱۸ و ۲۰۲۱ در این تالاب مشاهده شد. طولانی ترین آتش سوزی به مدت ۱۰ روز در ژوئیه ۲۰۱۸ در تصاویر VIIRS توسط سنجنده S-NPP ثبت شده است. کم ترین مساحت آتش سوزی در ماه های اوت در دوره مورد مطالعه مشاهده و اکثر آتش سوزی های فعال در سال های اخیر بیشترین مساحت را داشته اند. ۴۰ درصد آتش سوزی در دوره مطالعاتی در ژوئیه شناسایی گردید. با توجه به هدف این پژوهش که بررسی گسترده ترین آتش سوزی فعال در این تالاب است، بدان معنا نیست که آتش سوزی های دیگری در تالاب وجود نداشته است.



شکل ۱۰. نمودار مساحت آتش سوزی های فعال ثبت شده در تالاب هورالعظیم در دوره مورد مطالعه

Fig 10. Diagram of the area of active fires recorded in Horul Azim wetland during the study period

با توجه به شکل ۱۱ که پراکندگی مکانی آتش سوزی را در تالاب هورالعظیم نشان می دهد، ملاحظه می گردد که بیشتر آتش سوزی ها در قسمت های غربی(بخش عراقی) تالاب به وقوع پیوسته است. پراکندگی و تعداد مناطق آتش فعال در ژوئن نسبت به ژولای و اوت بیشتر است. غالب آتش سوزی های وسیع در اوت ۲۰۱۱، ۲۰۱۲، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۸ مشاهده شده است. در اوت وسعت آتش سوزی تقریباً در یک مکان رخ داده است. نکته قابل گفتن آن است که در این شکل، پوشش گیاهی در بخش عراقی تالاب که بیشتر دچار آتش سوزی شده است، استخراج و نمایش داده شده است.



شکل ۱۱. پراکندگی مکانی آتش سوزی در تالاب هورالعظیم

Fig 11. Spatial distribution of fire in Horulazim wetland

### بحث و نتیجه گیری

دمای آتش بسته به نوع کاربری و شدت آتش سوزی متفاوت است و به طور خاص برای مناطق جنگلی و آتش سوزی های شعله و نسبت به مراتع و آتش سوزی های همراه با دود بیشتر است. از آنجایی که شناسایی آتش وابسته به دمای آتش و نیز مساحت سوخته شده، لذا دلیل شناسایی شدن آتش سوزی های با وسعت کم در جنگل می تواند ناشی از بالا بودن دمای آتش در این مناطق با شدت بیشتر آتش سوزی نسبت به مراتع است بیلی و آندرسون (۴)؛ کاف من و همکاران (۱۱). هم چنین مساحت یک آتش سوزی کوچک می تواند در مرز بین چند پیکسل تصاویر روی دهد و در نتیجه فقط کسر کوچکی از هر پیکسل را پوشش دهد که منجر به عدم موفقیت در شناسایی آتش سوزی در هر پیکسل است فورناکاف (۱۵). در این پژوهش برای نخستین بار از تصاویر بارنگ واقعی (کامپوزیت) مربوط به آتش سوزی فعال استفاده شده است که می تواند کارایی تصاویر ماهواره ای را در شناسایی آتش سوزی فعال را به خوبی نشان دهد. در این نوشتار استفاده از جدیدترین تصاویر سنسور ۳۷۵ متری VIIRS (تصاویر مادون قرمز قابل دید) برای پشتیبانی از تشخیص آتش فعال با استفاده از یک الگوریتم زمینه ساخته شده بر روی محصول MODIS مورد بررسی قرار گرفت. همچنین بهبود محصولات در زمینه آتش سوزی، بر روی تصاویر با وضوح کمتر، محصولات تشخیص حریق فعال ماهواره ای با وضوح مکانی کمتر و دمای اشباع ۳۶۷K پیکسل در کانال I4 مادون قرمز متوسط، همراه با گذر کوچک تر پیکسل، منجر به تکرار می شود، مورد بررسی قرار گرفت. اشباع پیکسل های متأثر از آتش در حالی که تأثیر بر عملکرد تشخیص آتش فعال را می توان به حداقل رساند. روش دیگر، استفاده از داده های باند M13 با بهره دوگانه ۷۵۰ متری، که در ۶۳۴K اشباع می شود، می تواند به تکمیل داده های تشخیص حریق ۳۷۵ متری کمک کند.

Deleted: نتایج و

Formatted: 1

Moved (insertion) [1]

Deleted: ¶

ارزیابی اولیه داده‌های کیفیت سطح بالایی را نشان داد. به طوری که می‌توان به طور هم‌زمان با استفاده از تصاویر چند سنجنده مختلف مناطقی که دچار آتش‌سوزی شده را به‌خوبی شناسایی نمود. هم‌خوانی بین داده‌های تشخیص حریق VIIRS 375 متری و داده‌های مرجع با وضوح بیشتر Landsat-8، تقریباً به طور هم‌زمان مجموعه طبقه بندی پیکسل‌ها به دو کلاس اصلی یعنی اسمی و گروه‌های با اطمینان سطح پایین، به جداسازی تصاویر متأثر از آتش‌سوزی کمک کردند. نتایج این پژوهش همسان سازی اطلاعات محیط آتش به دست آمده از داده‌های آتش‌سوزی VIIRS 375 متری با مدل‌های رفتار آتش با وضوح بالاتر را نشان داد. در این مطالعه از تصاویر چند سنجنده از جمله Terra و مادون‌قرمز قابل دید با وضوح ۳۷۵ متری جهت شناسایی گسترده‌ترین آتش‌سوزی‌های فعال به صورت روزانه در تالاب استفاده شد که چند مورد آتش‌سوزی فعال هم‌زمان توسط چند سنجنده رصد و ثبت شده است. در سال‌های دیگر آتش‌سوزی‌هایی با مقیاس کوچک تر در این تالاب رخ داده است اما در این نوشتار بزرگ‌ترین آتش‌سوزی‌ها در این تالاب مورد بررسی قرار گرفته است. استفاده از تصاویر چندین سنجنده به دقت و صحت آتش‌سوزی‌ها کمک شایانی نمود تا از نتایج با دقت کمتر جلوگیری شود. نکته ای که باید به آن اشاره کرد این است که پس از بررسی‌های لازم، تاکنون تحقیق یا پژوهشی که در مورد رصد آتش‌سوزی پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای واقعی انجام گرفته، یافت نشد و به نوعی نتایج آن مورد تردید است. بنابراین نتایج این تحقیق با نتایج پژوهش‌های انجام‌شده خارجی مورد مقایسه و تائید قرار گرفت. با توجه به مباحث گفته شده، مطالعات آتش‌سوزی را می‌توان به دو گروه اطلاعات، حین آتش‌سوزی یا آتش‌فعال و دوم بعد از آتش‌سوزی تقسیم نمود. بنابراین تصاویر آتش‌فعال از سنجنده‌های MODIS، VIIRS 375 به صورت تخصصی آتش‌سوزی‌های فعال در سطح کره زمین را رصد و ثبت می‌کنند که از این اطلاعات در صورت دسترسی بودن می‌توان استفاده و آتش‌فعال را رصد و دنبال کرد، هم‌چنین با بهره‌گیری از روش ترکیب باندی تصاویر Landsat-8 بعد از آتش‌سوزی می‌توان آثار آتش‌سوزی و مناطق سوخته شده را با دقت بالا شناسایی نمود. با توجه به پتانسیل بالای مشاهدات ماهواره‌ای آتش‌فعال، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای محدودیت‌هایی از قبیل گذر ماهواره، درصد ابرناکی، در دسترس نبودن تصاویر و دوره زمانی را دارند. از تفاوت‌های بین تصاویر VIIRS 375 با MODIS می‌توان به قدرت تفکیک بالای تصاویر مادون‌قرمز قابل دید در شناسایی آتش‌سوزی‌های فعال کوچک مقیاس نسبت به تصاویر MODIS را نام برد. تفاوت آتش‌سوزی‌ها در سال‌های گذشته با زمان فعلی این است که تعداد روزهای متوالی حریق افزایش یافته است. هم‌چنین مساحت آتش‌سوزی‌ها در سال‌های اخیر بیشتر شده است، به طوری که چندین منطقه مختلف در این تالاب به صورت هم‌زمان درگیر آتش‌سوزی بودند.

Moved up [۱]: نتیجه گیری

تالاب هورالعظیم آخرین بازمانده تالاب‌های بین‌النهرین، در جنوب غربی کشور و در انتهای حوضه آبریز کرخه به عنوان یک سرمایه زیست‌محیطی به شمار می‌رود که یک سوم این تالاب در ایران و دو سوم آن در کشور عراق واقع است. در این نوشتار محصولات آتش‌فعال بارنگ واقعی یا کامپوزیت چند سنجنده برای شناسایی آتش‌سوزی در تالاب هورالعظیم مورد استفاده قرار گرفت. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با دوره زمانی روزانه به منظور شناسایی و پایش منطقه آتش‌سوزی، ضروری است. با توجه به اینکه محصولات آتش‌سوزی با استفاده از الگوریتم متنی کشف آتش‌فعال با مقیاس جهانی تولید می‌شوند، اغلب آتش‌سوزی‌ها با استفاده از تصاویر چندین ماهواره که آتش‌سوزی‌های فعال را رصد و ثبت می‌کنند، می‌توانند شدت آتش، مساحت آتش‌سوزی، میزان مواد سوختنی و جهت شعله‌های آتش را نمایش دهند. از آنجایی که معمولاً آتش‌سوزی‌ها در اراضی دارای پوشش گیاهی مختص به یک روز نبوده و با توجه به شرایط محیطی، آتش‌سوزی‌ها در ساعات یا روزهای بعدی نیز ادامه دار است، می‌توان به محض وقوع آتش‌سوزی، تصاویر ماهواره‌ای روزانه آن را تهیه و اقدامات لازم را جهت کنترل آتش‌سوزی و سایر برنامه‌ریزی در این زمینه انجام داد. نتایج به دست آمده از ارزیابی آتش‌سوزی در تالاب هورالعظیم نشان می‌دهد، بیش از ۷۰ درصد آتش‌سوزی رخ داده در این تالاب مساحتی کمتر از ۱۰۰۰۰ هکتار مساحت دارند. به ترتیب بیشترین مساحت آتش‌سوزی در ۲۰۱۸/۰۸/۱۵، ۲۰۱۸/۰۸/۱۱ و ۲۰۱۸/۰۷/۱۶ مشاهده شده

است. بیش از ۳۶ درصد آتش سوزی ها در ۲۰۱۸ و ۲۷ درصد آتش سوزی در ۲۰۲۲ به وقوع پیوسته است. بیشترین تعداد روزهای آتش سوزی در ۲۰۱۸، (۱۳) روز در منطقه مورد مطالعه در تصاویر VIIRS مشاهده شده است. می توان گفت در اکثر روزهایی که آتش سوزی در تالاب اتفاق افتاده، آتش سوزی مختص به یک روز نبوده و چندین روز متوالی ادامه داشته است. از لحاظ تغییرات مکانی وقوع آتش سوزی نمی توان نقطه یا نقاطی را از نظر امکان آتش سوزی در ماه یا سال بعد مشخص نمود و احتمال وقوع آتش سوزی در هر قسمتی از تالاب وجود دارد. از نظر تغییرات زمانی وقوع آتش سوزی، ژولای بیشترین تعداد آتش سوزی فعال در تالاب در دوره ی مطالعاتی داشت. با توجه به پوشش متراکم نی زار و شرایط خاص محیطی تالاب، امکان انتقال حریق کوچک به دیگر قسمت های آن وجود دارد و تبدیل به آتش سوزی های وسیع فراهم می شود. آتش سوزی های فعال شناسایی شده در این تالاب از نظر وسعت، شدت و جهت حرکت آتش سوزی متفاوت است. به دلیل مشخص نبودن علت یا علل موثر در وقوع آتش سوزی در این تالاب نمی توان روند خاصی از نظر تغییرات مکانی یا زمانی وقوع حریق در نظر گرفت. صرف نظر از علل طبیعی یا انسانی موثر در وقوع آتش سوزی، در زمان حاضر یکی از مهم ترین تهدیدهای تالاب هورالعظیم، آتش سوزی است. خروجی پژوهش حاضر نیز مطابق با نتایج کار شرودر و همکاران (۲۱) است که آثار سوختگی پوشش گیاهی را با استفاده از تصاویر Landsat-8 مورد بررسی و مقایسه قرار داد. با توجه به در دسترس بودن تصاویر روزانه ماهواره ای که آتش سوزی ها را رصد و ثبت می کنند، می توان آتش سوزی ها را در کم ترین زمان ممکن مورد بررسی و متناسب با شرایط و ویژگی های منطقه آتش سوزی و سایر جزئیات آن، تصمیمات لازم را اتخاذ کرد. در سال های اخیر که آتش سوزی های متعددی در تالاب هورالعظیم به وقوع پیوسته و دود ناشی از آن موجب آلودگی شهرهای استان خوزستان شده است، پیشنهاد می گردد که جهت پایش و ارزیابی آتش سوزی های فعال در این تالاب و مناطق مشابه، از این دسته تصاویر ماهواره ای استفاده، تا به طور دقیق محل آتش سوزی و سایر جزئیات آن شناسایی و اقدامات لازم در این زمینه انجام گیرد.

#### منابع مورد استفاده

تمام رفرنسها شماره صفحات لازم دارند: [15] Commented

۱. جهان تیغ، م و جهان تیغ، م. ۱۳۹۸. بررسی تاثیر بهره وری سیلاب بر روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از داده های میدانی و تصاویر لندست (مطالعه موردی: منطقه شندک سیستان). فصلنامه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی ۱۰(۴)۵۷-۷۳.
۲. فرج الهی، الف، عسگری، ح، اونق، م، محبوبی، م و سلمان ماهینی، ع. ۱۳۹۴. پایش و پیش بینی روند تغییرات مکانی زمانی کاربری، پوشش اراضی (مطالعه موردی: منطقه مراوه تپه، گلستان). فصلنامه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی ۵(۶)۱-۱۴.

3. Barmpoutis P, Papaioannou P, Dimitropoulos K, Grammalidis N. 2020. A review on early forest fire detection systems using optical remote sensing, *Sensors*, 20, 6442. doi <http://doi.org/10.3390/s20226442>.
4. Bailey. A.W and Anderson. M.L.(1980). Fire Temperatures in Forest Communities Grass, Shrub and Aspen of Central Alberta. *Journal of Range Managemen*, 33(1): 37-40.
5. Csiszar I, Schroeder W. 2008. Short-term observations of the temporal development of active fires from consecutive same-day ETM+ and ASTER imagery in the Amazon: Implications for active fire product validation, *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 1(4), 248–253.
6. Certini G. 2005. Effects of fire on properties of forest soils: A review, *Oecologia*, 143, 1–10.
7. Engel C, Jones S.D, Reinke K. 2021. Seasonal-window ensemble-based thresholding technique used to detect active fires in geostationary remotely sensed data, *IEEE Trans, Geosci, Remote sensing*, 59, 4947–4956. doi <http://doi.org/10.1109/TGRS.2020.3018455>.
8. Fan Q, Wang C, Zhang D, Zang S. 2017. Environmental influences on forest fire regime in the Greater Hinggan Mountains, Northeast China. *Forests*, 8, 372. doi <http://doi.org/10.3390/f8100372>.
9. Flasse S.P, Ceccato, P. 1996. contextual algorithm for AVHRR fire detection. *Int, Journal of Remote sensing*, 17, 419–424. doi <http://doi.org/10.1080/01431169608949018>.
10. Formacca, D; Ren, G and Xiao, W.(2017). Performance of Three MODIS Fire Products,(MCD45A1, MCD64A1, MCD14ML), and ESA Fire\_CCI in a Mountainous Area of Northwest Yunnan, China, Characterized by Frequent Small Fires, *Remote Sensing*, 9(11): 1-20. <https://doi.org/10.3390/rs9111131>.

11. Giglio L, Csizsar I, Restas A, Morisette J. T, Schroeder W, Morton D. 2008. Active fire detection and characterization with the advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer (ASTER), *Remote Sensing of Environment*, 112, 3055–3063.
12. Giglio L, Descloitres J, Justice C. O, & Kaufman Y. J. 2016. An enhanced contextual fire detection algorithm for MODIS, *Remote Sensing of Environment*, 87, 273–282. doi [http://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00184-6](http://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00184-6).
13. Hally B, Wallace L, Reinke K, Jones, S Skidmore. 2018. Advances in active fire detection using a multi-temporal method for next-generation geostationary satellite data, *Int. Journal of Digit. Earth*, 12, 1030–1045. doi <http://doi.org/10.1080/17538947.2018.1497099>.
14. Kushida K. 2010. Detection of active wildland fires using multitemporal MODIS images. *IEEE Geosci, Remote sensing .Lett.* 7, 301–305. doi <http://doi.org/10.1109/LGRS.2009.2034029>.
15. Kaufman Y.J, Justice C.O, Flynn L.P, Kendall J.D, Prins E.M, Giglio L, Ward D.E, Menzel W.P, Setzer A.W. 1998. Potential global fire monitoring from EOS-MODIS, *Journal of Geophys. Res, Atmos*, 103, 32215–32238.
16. Katoch S, Chauhan S.S, Kumar V. 2021. review on genetic algorithm: Past, present, and future, *Multimed, Tools Appl*, 80, 8091–8126. doi <http://doi.org/10.1007/s11042-020-10139-6>.
17. Lin Z, Chen F, Li B, Yu B, Jia H, Zhang M, Liang D. 2019. contextual and multitemporal active-fire detection algorithm based on FengYun-2G S-VISSR data, *IEEE Trans. Geosci, Remote sensing*, 57, 8840–8852. doi <http://doi.org/10.1109/TGRS.2019.2923248>.
18. Moritz M.A, Parisien M. A, Batllori E, Krawchuk M.A, Van Dorn J, Ganz D.J, Hayhoe K. 2012. Climate change and disruptions to global fire activity, *Ecosphere*, 3, 1–22. doi <http://doi.org/10.1890/ES11-00345.1>.
19. Morisette J. T, Giglio, L, Csizsar I, Justice C. O. 2005. Validation of the MODIS active fire over Southern Africa with ASTER data. *International Journal of Remote Sensing*, 26(19), 4239–4264 doi. <https://www.researchgate.net/publication/236770604>.
20. Panuju D, Trisasongko B, Susetyo, B, Raimadoya M, Lees B. 2010. Historical fire detection of tropical forest from NDVI time-series data: Case study on Jambi, Indonesia. *ITB, Journal of Sci*, 42, 49–66. doi <http://doi.org/10.5614/itbj.sci.2010.42.1.5>.
21. Reid C.E, Brauer M, Johnston F.H, Jerrett M, Balmes J.R, Elliott C.T. 2016. Critical review of health impacts of wildfire smoke exposure, *Environ, Health Perspect*, 124, 1334–1343. doi <http://doi.org/10.1289/ehp.1409277>.
22. Roberts G, Wooste M.J. 2014. Development of a multi-temporal Kalman filter approach to geostationary active fire detection & fire radiative power (FRP) estimation, *Remote Sens. Environ*, 152, 392–412. doi <http://doi.org/10.1016/j.rse.2014.06.020>.
23. Szpakowski D.M, Jensen J.L.R. 2019. review of the applications of remote sensing in fire ecology, *Remote sensing*, 11, 2638. doi <https://doi.org/10.3390/rs11222638>.
24. Schroeder W, Oliva P, Louis Giglio L, Csizsar A. 2013. The New VIIRS 375 m active fire detection data product: Algorithm description and initial assessment, *Remote Sensing of Environment*, (143) 85–96. doi <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.12.008>.
25. Schroeder W, Prins E, Giglio L, Csizsar I, Schmidt C, Morisette J. T. 2008. Validation of GOES and MODIS active fire detection products using ASTER and ETM data, *Remote Sensing of Environment*, 112, 2711–2726. doi <https://www.infona.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-a860dea6-1ba3-39fd-93ed-67309c85f903>.
26. Tian X.R, Merae D.J, Shu L.F, Wang M.Y, Hong L. 2005. Satellite remote-sensing technologies used in forest fire management, *Journal For. Res*, 16, 7.
27. Vakalis D, Sarimveis H, Kiranoudis C, Alexandridis A, Bafas G. 2004. GIS based operational system for wildland fire crisis management, *Mathematical modeling and simulation, Applied Mathematical Modelling*, 28 (4): 389-410.
28. Veraverbeke S, Sedano F, Hook S.J, Randerson J.T. 2014. Mapping The Daily Progression Of Large Wildland Fires Using MODIS Active Fire Data, *International Journal of Wildland Fire*, 23 (5): 655-667. doi <http://doi.org/10.1071/WF13015>.
29. Wu M. Y, Han N, Luo Q. J. 2012. smoke detection algorithm based on discrete wavelet transform and correlation analysis. In *Proceedings of the 2012 Fourth International Conference on Multimedia Information Networking and Security*, Nanjing, China, pp. 281–284.
30. Xie Z, Song W, Ba R, Li X, Xia L. 2018. spatiotemporal contextual model for forest fire detection using Himawari-8 satellite data, *Remote sensing*, 10, 1992. doi <http://doi.org/10.3390/rs10121992>.
31. Yin H.W, Kong F.H, Li X.Z. 2004. RS and GIS-based forest fire risk zone mapping in da hinggan mountains. *Chinese Geographical Science*, 14 (3): 251-257.

## Investigating the most extensive active fires in Horul Azim wetland using satellite images

### Abstract

Today, the images of MODIS and VIIRS sensors are widely used to identify active fire due to their high spectral and temporal resolution. The purpose of this study is to evaluate active fires in Horul Azim wetland using remote sensing method. For this purpose, MODIS Terra (Aqua) and VIIRS sensor images were obtained in the period of 2002-2022, corresponding to the months of June, July and August. After preliminary investigations, the images were processed with ENVI software and the area of fires was calculated with Arc GIS. It was found that most of the fires occurred in the western parts of the wetland and it was not possible to use ground data related to fires, so for the accuracy of assessments and the accuracy of satellite images, Landsat 8/OLI images were used as a ground accuracy map and its results were used. It was confirmed by the band composition method. Based on the results, the largest fires in this wetland occurred in July 2018 and August 2015, with an area of 13,564 and 13,500 hectares, respectively. In 2018 and 2022, 36 and 27 percent of fires occurred, respectively. Fires have occurred and more than 70% of fires have an area of less than 10,000 hectares. The trend of large fires has increased. 39% of fires were in July, which was the highest compared to June and August. In 2018, the largest number of large fires were observed in this wetland. Due to the absence of the cause or effective causes of the fire in the study area, it is not possible to consider a specific trend for the spatial and temporal changes of the fire. The spatial and temporal changes of the occurrence of fire in this wetland are such that it is difficult to design a spatial and temporal model for it.

**Keywords:** visible infrared images, fire verification, remote sensing, Horul Azim wetland

چکیده مبسوط (فارسی)

## بررسی گسترده‌ترین آتش‌سوزی‌های فعال در تالاب هورالعظیم با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

طرح مسئله:

امروزه آتش‌سوزی پوشش گیاهی به عنوان یک خطر زیست محیطی مطرح است و به طور روز افزونی پوشش گیاهی و جنگلی در معرض آتش‌سوزی با منبع انسانی و یا طبیعی می‌باشد. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برای شناسایی آتش‌سوزی‌های فعال به طور قابل توجهی در اغلب کشورها مورد استفاده قرار می‌گیرد. بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای در بازه زمانی روزانه می‌تواند اطلاعات و جزئیات مهمی در خصوص آتش‌سوزی‌های رخ داده ارائه دهد. از آنجا که هر ساله آتش‌های زیادی با توسط عوامل طبیعی یا انسانی در تالاب بزرگ هورالعظیم رخ دهد، هدف این مطالعه شناسایی مناطق آتش‌سوزی و ارزیابی تصاویر ماهواره‌ای که آتش‌فعال را رصد و ثبت می‌کنند، می‌باشد. امروزه که آتش‌سوزی‌های زیادی به دلایل طبیعی از جمله تغییر اقلیم، خشکی هوا و کمبود ریزش‌های جوی و یا دلایل انسانی از جمله ایجاد حریق عمدی و یا اقدامات دیگری سبب آتش‌سوزی شوند، داشتن اطلاعات به روز و با درصد اطمینان بالا می‌تواند در مدیریت آتش‌سوزی‌ها راهگشا باشد.

هدف:

در این مطالعه، برای تشخیص آتش‌سوزی‌های فعال در تالاب از محصولات کانال با رزولوشن 375 متر از تصاویر VIIRS وضوح فضایی بهبودیافته امکان تشخیص آتش‌سوزی‌های کوچک‌تر را فراهم می‌کند. هدف از این پژوهش، شناسایی مناطق آتش‌سوزی و ارزیابی تصاویر ماهواره‌ای که آتش‌فعال را رصد و ثبت می‌کنند، می‌باشد. آنچه که باعث تفاوت این تحقیق با سایر کارهای انجام‌شده می‌شود



، این است که برای نخستین بار از تصاویر (VIIRS) Visible Infrared Imaging Radiometer Suite و تصاویر آتش سوزی ماهواره‌ای موجود از ابزار MODIS روی ماهواره‌های Terra و Aqua به صورت روزانه، گسترده‌ترین آتش سوزی‌های در یک منطقه را نشان می‌دهد، می‌باشد.

روش تحقیق:

برای انجام این پژوهش پس از بررسی‌های اولیه مربوط به تاریخ، مساحت و موقعیت‌های آتش سوزی، محصولات مورد نیاز از تصاویر MODIS (MOD02QKM) و تصاویر VIIRS (VNP14A1) از سایت <https://search.earthdata.nasa.gov> اخذ شدند. مقایسه پیکسل‌های آتش و پیکسل‌های بدون آتش در چند روز مختلف با استفاده از نرم افزار ENVI انجام گرفت. با استفاده از لایه ماسک آتش که یکی از لایه‌های مهم در محصولات آتش سوزی می‌باشد، پیکسل‌های آتش شناسایی شدند و مساحت و صحت آتش سوزی‌ها در لایه ماسک مورد تأیید قرار گرفت. پیکسل‌های آتش شناسایی شده در تصاویر با استفاده از نرم افزار ARC GIS به داده نقطه‌ای تبدیل شدند و در مرحله بعد پیکسل‌های آتش سنجنده تا به طور هم‌زمان مورد با یکدیگر مقایسه و ارزیابی قرار گرفتند. نکته قابل گفتن این است که در این پژوهش تصاویر بارنگ طبیعی یا کامپوزیت (کانال‌های ۱، ۲، ۳) ارائه شده تا به طور واضح محل دقیق وسعت آتش سوزی در تالاب قابل نمایش باشد.

نتایج و بحث:

دلیل انتخاب ماه‌های گرم سال (ژوئن، ژولای و آگوست) برای کشف و بررسی آتش سوزی‌های تالاب هورالعظیم این است که معمولاً در وقت سال به دلیل گرمی هوا و کمبود رطوبت احتمال وقوع آتش سوزی نسبت به دیگر زمان‌های سال بیشتر است. و همچنین به دلیل میزان پایین ابرناکی در این ماه‌ها کشف آتش فعال در تالاب هورالعظیم آسان تر می‌باشد. در این مطالعه از تصاویر چند سنجنده از جمله Terra و مادون قرمز قابل دید با وضوح ۳۷۵ متری جهت شناسایی گسترده‌ترین آتش سوزی‌های فعال به صورت روزانه در تالاب استفاده شد که چند مورد آتش سوزی فعال هم‌زمان توسط چند سنجنده رصد و ثبت شده است. در سال‌های دیگر آتش سوزی‌های با مقیاس کوچک تر در این تالاب رخ داده است اما در این نوشتار بزرگ‌ترین آتش سوزی‌های در این تالاب مورد بررسی قرار گرفته است. استفاده از تصاویر چندین سنجنده به دقت و صحت آتش سوزی‌ها کمک شایانی نمود تا از نتیجه‌های با دقت کم جلوگیری شود. نکته‌ای که باید به آن اشاره کرد این است که پس از بررسی‌های لازم، تاکنون تحقیق یا پژوهشی که در مورد رصد آتش سوزی پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای واقعی انجام گرفته، یافت نشد و به نوعی نتایج آن مورد تردید می‌باشد. بنابراین نتایج این تحقیق با نتایج پژوهش‌های انجام شده خارجی مورد مقایسه و تأیید قرار گرفت. براساس نتایج این نوشتار می‌توان گفت برای نخستین بار در ایران با استفاده از تصاویر واقعی و با روش سنجنش از دور کشف آتش فعال در یک منطقه‌ای که به طور دائم در معرض وقوع آتش سوزی است، کارایی تصاویر ماهواره‌ای برای کشف آتش سوزی در کمترین زمان ممکن نسبت به وقوع آن امکان پذیر است.

نتیجه‌گیری:

نتایج به دست آمده از ارزیابی آتش سوزی در تالاب هورالعظیم نشان می‌دهد، بیش از ۷۰ درصد آتش سوزی رخ داده در این تالاب مساحتی کمتر از ۱۰۰۰۰ هکتار مساحت دارند. به ترتیب بیشترین مساحت آتش سوزی در ۲۰۱۸/۰۸/۱۵، ۲۰۱۸/۰۸/۱۱ و ۲۰۱۸/۰۷/۱۶ مشاهده شده است. بیش از ۳۶ درصد آتش سوزی‌ها در ۲۰۱۸ و ۲۷ درصد آتش سوزی در ۲۰۲۲ به وقوع پیوسته است. بیشترین تعداد روزهای آتش سوزی در ۲۰۱۸، (۱۳) روز در منطقه مورد مطالعه در تصاویر VIIRS مشاهده شده است. می‌توان گفت در اکثر روزهایی که آتش سوزی در تالاب اتفاق افتاده، آتش سوزی مختص به یک روز نبوده و چندین روز متوالی ادامه داشته است. از لحاظ تغییرات مکانی وقوع آتش سوزی نمی‌توان نقطه یا نقاطی

را از نظر امکان آتش سوزی در ماه یا سال بعد مشخص نمود و احتمال وقوع آتش سوزی در هر قسمتی از تالاب وجود دارد. از نظر تغییرات زمانی وقوع آتش سوزی، ژولای بیشترین تعداد آتش سوزی فعال در تالاب در دوره ی مطالعاتی داشت. با توجه به پوشش متراکم نی زار و شرایط خاص محیطی تالاب، امکان انتقال حریق کوچک به دیگر قسمت های آن وجود دارد و تبدیل به آتش سوزی های وسیع فراهم می شود. آتش سوزی های فعال شناسایی شده در این تالاب از نظر وسعت، شدت و جهت حرکت آتش سوزی متفاوت است. به دلیل مشخص نبودن علت یا علل موثر در وقوع آتش سوزی در این تالاب نمی توان روند خاصی از نظر تغییرات مکانی یا زمانی وقوع حریق در نظر گرفت. صرف نظر از علل طبیعی یا انسانی موثر در وقوع آتش سوزی، در زمان حاضر یکی از مهم ترین تهدیدهای تالاب هورالعظیم، آتش سوزی است.

واژگان کلیدی: تصاویر مادون قرمز قابل دید، صحت سنجی آتش سوزی، سنسجش از دور، تالاب هورالعظیم

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: 12 pt

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: 12 pt

Formatted: Font: 12 pt, Complex Script Font: 12 pt

## Investigating the most extensive active fires in Horul Azim wetland using satellite images

### Statement of Problem:

Today, vegetation fire is considered as an environmental hazard, and more and more vegetation and forest cover are exposed to man-made or natural fires. The use of satellite images to identify active fires is significantly used in most countries. Using satellite images on a daily basis can provide important information and details about the fires that have occurred. Since many fires occur every year due to natural or human factors in the Great Horul Azim wetland, the purpose of this study is to identify fire areas and evaluate satellite images that monitor and record active fires. Nowadays, when many fires are caused by natural causes such as climate change, dry air and lack of atmospheric precipitation, or human causes such as deliberate fire or other actions, having up-to-date information with a high percentage of confidence can Be a pioneer in the management of fires.

Commented [16]: گرامر بررسی شود

Deleted: the

### Purpose:

In this study, to detect active wetland fires from the 375 m resolution channel products of VIIRS images, the improved spatial resolution enables the detection of smaller fires. The purpose of this research is to identify fire areas and evaluate satellite images that monitor and record active fire. What makes this research different from other works is that, for the first time, from the images of the Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) and the available satellite fire images from the MODIS instrument on the Terra and Aqua satellites on a daily basis, the most extensive fires in a region shows, is.

### Methodology:

To carry out this research, after preliminary investigations related to the date, area and positions of the fire, the required products were obtained from MODIS images (MOD02QKM) and VIIRS images (VNP14A1) from earthdata.nasa.gov. The comparison of fire pixels and non-fire pixels on several different days was done using ENVI software. Using the fire mask layer, which is one of the most important layers in fire products, fire pixels were identified and the area and accuracy of fires in the mask layer was confirmed. The fire pixels identified in the images were converted to point data using ARC GIS software, and in the next step, the fire sensor pixels were compared and evaluated simultaneously. It is worth mentioning that in this research, natural or composite barang images (channels 1, 2 and 3) are presented so that the exact location of the extent of the fire in the wetland can be clearly displayed.

### Results and discussion:

The reason for choosing the hot months of the year (June, July, and August) to discover and investigate fires in the Horul Azim wetland is that usually during this time of the year, due to the heat of the air and lack of humidity, the probability of fire occurrence is higher than at other times of the year. Also, due to the low amount of cloudiness in these months, it is easier to discover an active fire in Horul Azim wetland. In this study, multi-sensor images, including Terra and visible

infrared with a resolution of 375 meters, were used to identify the largest active fires in the lagoon on a daily basis, and several active fires were observed and recorded simultaneously by several sensors. In other years, smaller scale fires have occurred in this wetland, but in this article, the largest fires in this wetland have been examined. Using the images of several gauges helped the accuracy of the fires to avoid low accuracy results. The point that should be pointed out is that after the necessary investigations, so far no research has been found on vegetation fire monitoring using real satellite images, and its results are somewhat doubtful. Therefore, the results of this research were compared and confirmed with the results of foreign researches. Based on the results of this article, it can be said that for the first time in Iran, using real images and using remote sensing method to detect active fire in an area that is permanently exposed to fire, the effectiveness of satellite images to detect fire in The shortest possible time for its occurrence is possible.

#### **Conclusion:**

The results obtained from the evaluation of the fire in Horul Azim wetland show that more than 70% of the fires that occurred in this wetland have an area of less than 10,000 hectares. The largest fire area was observed on 15/08/2018, 11/08/2018 and 16/07/2018, respectively. More than 36% of fires occurred in 2018 and 27% of fires occurred in 2022. The highest number of fire days in 2018, (13) days in the study area was observed in VIIRS images. It can be said that on most of the days when the fire occurred in the lagoon, the fire was not limited to one day and continued for several days in a row. In terms of the locational changes of the occurrence of fire, it is not possible to specify a point or points in terms of the possibility of a fire in the next month or year, and there is a possibility of a fire occurring in any part of the wetland. In terms of time changes of fire occurrence, July had the highest number of active fires in the wetland during the study period. Due to the dense cover of reeds and the special environmental conditions of the wetland, it is possible for a small fire to spread to other parts of it and turn into large fires. The active fires detected in this wetland are different in terms of extent, intensity and direction of fire movement. Due to the fact that the cause or causes of fires in this wetland are not known, it is not possible to consider a specific trend in terms of spatial or temporal changes in the occurrence of fires. Regardless of the natural or human causes of fires, currently one of the most important threats to Horul Azim wetland is fire.

**Keywords:** visible infrared images, fire verification, remote sensing, Horul Azim wetland.