سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (سال شانزدهم / شماره یکم) بهار ۱۴۰۴
نمایه شده در سایت: پایگاه استنادی علوم جهان اسلام، جهاد دانشگاهی، مگ ایران، نورمگز، سیویلیکا، گوگل اسکولار
آدرس وب سایت: https://sanad.iau.ir/journal/girs/

مقاله پژوهشی

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

صمد خسروی یگانه[۱]، مصطفی کرم پور[۲*]

دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۴ / پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۰۶ / دسترسی اینترنتی: ۱۴۰۴/۰۴/۳۱

چکیده

امروزه تصاویر MODIS و VIIRS به دلیل قدرت تفکیک طیفی و زمانی بالا برای شناسایی آتش فعال مورداستفاده قرار می‌گیرند. هدف از انجام این مطالعه ارزیابی آتش‌سوزی‌های فعال در تالاب با استفاده از روش سنجش‌ازدور است. بدین منظور تصاویر سنجنده MODIS (Terra و Aqua) و VIIRS در دوره زمانی ۲۰۲۲-۲۰۰۲ مربوط به ماه‌های ژوئن، جولای و اوت اخذ گردید. پس از بررسی‌های اولیه، تصاویر با ENVI پردازش و مساحت با Arc GIS محاسبه شد. مشخص گردید که اکثر آتش‌سوزی‌ها در قسمت‌های غربی تالاب رخ‌داده 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 روش ترکیب باندی مورد تائید قرار گرفت.

صمد خسروی یگانه[۱]، مصطفی کرم پور[۲](✉)

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، ایران

DOI: 10.30495/girs.2023.1977404.2034

پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: karampoor.m@lu.ac.ir

نتایج حاصل‌شده، وسیع‌ترین در این تالاب در جولای ۲۰۱۸ و اوت ۲۰۱۵ به ترتیب با مساحت ۱۳۵٦٤ و ۱۳۵۰۰ هکتار به وقوع پیوسته است. در ۲۰۱۸ و ۲۰۲۲ به ترتیب ۳٦ و ۲۷ درصد و بیش از ۷۰ درصد کمتر از ۱۰۰۰۰ هکتار مساحت دارند. روند وقوع وسیع افزایش‌یافته است. ۳۹ درصد مربوط به جولای بوده که نسبت به 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 در وقوع آتش‌سوزی در محدوده مطالعاتی، روند خاصی برای تغییرات مکانی و زمانی حریق در نظر گرفت. تغییرات مکانی و زمانی وقوع در این تالاب است که طراحی مدل یا الگوی مکانی و زمانی برای آن مشکل است.

طرح مسئله:

امروزه آتش‌سوزی پوشش گیاهی به‌عنوان یک خطر زیست‌محیطی مطرح است و به‌طورروز افزونی پوشش گیاهی و جنگلی در معرض آتش‌سوزی با منبع انسانی و یا طبیعی می‌باشد. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برای شناسایی آتش‌سوزی‌های فعال به‌طور قابل توجهی در اغلب کشورها مورداستفاده قرار می‌گیرد. بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای در بازه زمانی روزانه می‌تواند اطلاعات و جزئیات مهمی در خصوص آتش‌سوزی‌های رخ‌داده ارائه دهد. ازآنجاکه هرساله آتش‌های زیادی با توسط عوامل طبیعی یا انسانی

در تالاب بزرگ رخ دهد، هدف این مطالعه شناسایی مناطق آتش‌سوزی و ارزیابی تصاویر ماهواره‌ای که آتش فعال را رصد و ثبت می‌کنند، می‌باشد. امروزه که آتش‌سوزی‌های زیادی به دلایل طبیعی ازجمله تغییر اقلیم، خشکی هوا و کمبود ریزش‌های جوی و یا دلایل انسانی ازجمله ایجاد حریق عمدی و یا اقدامات دیگری سبب آتش‌سوزی شوند، داشتن اطلاعات به روز و با درصد اطمینان بالا می‌تواند درمدیریت 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 آتش فعال را رصد و ثبت می‌کنند، می‌باشد. آنچه باعث تفاوت این تحقیق با سایر کاره‌ای انجام‌شده می‌شود، این است که برای نخستین بار از تصاویر Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) و تصاویر آتش‌سوزی ماهواره‌ای موجود از ابزار MODIS روی ماهواره‌های Terra و Aqua به‌صورت روزانه، گسترده‌ترین آتش‌سوزی‌های در یک منطقه را نشان می‌دهد، می‌باشد.

روش تحقیق:

برای انجام این پژوهش پس از بررسی‌های اولیه مربوط به تاریخ، مساحت و موقعیت‌های آتش‌سوزی، محصولات موردنیاز از تصاویر MODIS (MODO2QKM) 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 ENVI انجام گرفت. با استفاده از لایه ماسک آتش که یکی از لایه‌های مهم در محصولات آتش‌سوزی می‌باشد، پیکسل‌های آتش شناسایی شدند و مساحت و صحت آتش‌سوزی‌ها در لایه ماسک مورد تائید قرار گرفت. پیکسل‌های آتش شناسایی‌شده در تصاویر با استفاده از ARC GIS به داده نقطه‌ای تبدیل شدند و در مرحله بعد پیکسل‌های آتش سنجنده تا به‌طور هم‌زمان مورد با یکدیگر مقایسه و ارزیابی قرار گرفتند. نکته قابل‌گفتن این است که در این پژوهش تصاویر بارنگ طبیعی یا کامپوزیت (کانال‌های ۱،۲ و ۳) ارائه‌شده تا به‌طور واضح محل دقیق وسعت آتش‌سوزی در تالاب قابل‌نمایش باشد.

نتایج و بحث:

دلیل انتخاب ماههای گرم سال (ژوئن، جولای و آگوست) برای کشف و بررسی آتش‌سوزی‌های تالاب این است که معمولاً در وقت سال به دلیل گرمی هوا و کمبود رطوبت احتمال وقوع آتش‌سوزی نسبت به دیگر زمان‌های سال بیشتر است. و همچنین به دلیل میزان پایین ابرناکی در این ماهها کشف آتش فعال در تالاب آسان‌تر می‌باشد. در این مطالعه از تصاویر چند سنجنده ازجمله Terra و مادون‌قرمز قابل دید با وضوح ۳۷۵ متری جهت شناسایی گسترده‌ترین آتش‌سوزی‌های فعال به‌صورت روزانه در تالاب استفاده شد که چند مورد آتش‌سوزی فعال هم‌زمان توسط چند سنجنده رصد و ثبت‌شده است. در سال‌های دیگر آتش‌سوزی‌های با مقیاس کوچک‌تر در این تالاب رخ‌داده است اما در این نوشتار بزرگ‌ترین آتش‌سوزی‌های در این تالاب موردبررسی قرارگرفته است. استفاده از تصاویر چندین سنجنده به‌دقت و صحت آتش‌سوزی‌ها 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 آتش‌سوزی پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای واقعی انجام‌گرفته، یافت نشد و به‌نوعی نتایج آن موردتردید می‌باشد. بنابراین نتایج این تحقیق با نتایج پژوهش‌های انجام‌شده خارجی مورد مقایسه و تائید قرار گرفت. بر اساس نتایج این نوشتار می‌توان گفت برای نخستین بار در ایران با استفاده از تصاویر واقعی و با روش سنجش‌ازدور کشف آتش فعال در یک منطقه‌ای که به‌طور دائم در معرض وقوع آتش‌سوزی است، کارایی تصاویر ماهواره‌ای برای کشف آتش‌سوزی در کمترین زمان ممکن نسبت به وقوع آن امکان پذیر است.

نتیجه‌گیری:

نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی آتش‌سوزی در تالاب نشان می‌دهد، بیش از ۷۰ درصد آتش‌سوزی رخ‌داده در این تالاب مساحتی کمتر از ۱۰۰۰۰ هکتار مساحت دارند. به ترتیب بیشترین مساحت آتش‌سوزی در ۲۰۱۸/۰۸/۱۵، ۲۰۱۸/۰۸/۱۱ و ۲۰۱۸/۰۷/۱٦ مشاهده‌شده است. بیش از ۳٦ درصد آتش‌سوزی‌ها در ۲۰۱۸ و ۲۷ درصد آتش‌سوزی در ۲۰۲۲ به وقوع پیوسته است. بیشترین تعداد روزهای آتش‌سوزی در ۲۰۱۸، (۱۳) روز در منطقه موردمطالعه در تصاویر VIIRS مشاهده‌شده است. می‌توان گفت در اکثر روزهایی که آتش‌سوزی در تالاب اتفاق افتاده، آتش‌سوزی مختص به یک روز نبوده و چندین روز متوالی ادامه داشته است. ازلحاظ تغییرات مکانی وقوع آتش‌سوزی نمی‌توان نقطه یا نقاطی را ازنظر امکان آتش‌سوزی در ماه یا سال بعد مشخص نمود و احتمال وقوع آتش‌سوزی در هر قسمتی از تالاب وجود دارد. ازنظر تغییرات زمانی وقوع آتش‌سوزی، جولای بیشترین تعداد آتش‌سوزی فعال در تالاب در دوره‌ی مطالعاتی داشت. با توجه به پوشش متراکم نی‌زار و شرایط خاص محیطی تالاب، امکان انتقال حریق کوچک به دیگر قسمت‌های آن وجود دارد و تبدیل به آتش‌سوزی‌های وسیع فراهم می‌شود. آتش‌سوزی‌های فعال شناسایی‌شده در این تالاب ازنظر وسعت، شدت و جهت حرکت آتش‌سوزی متفاوت است. به دلیل مشخص نبودن علت یا علل مؤثر در وقوع آتش‌سوزی در این تالاب نمی‌توان روند خاصی ازنظر تغییرات مکانی یا زمانی وقوع حریق در نظر گرفت. صرف‌نظر از علل طبیعی یا انسانی مؤثر در وقوع آتش‌سوزی، در زمان حاضر یکی از مهم‌ترین تهدیدهای تالاب، آتش‌سوزی است.

واژگان کلیدی: تصاویر مادون‌قرمز قابل دید، صحت سنجی آتش‌سوزی، سنجش‌ازدور، تالاب هورالعظیم

لطفاً به این مقاله استناد کنید: کرم پور، مصطفی، خسروی یگانه، صمد(2025). بررسی گسترده‌ترین آتش‌سوزی‌های فعال در تالاب هورالعظیم با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. *نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۱٦(۱): ۱۱۱-۱۳۷.

مقدمه

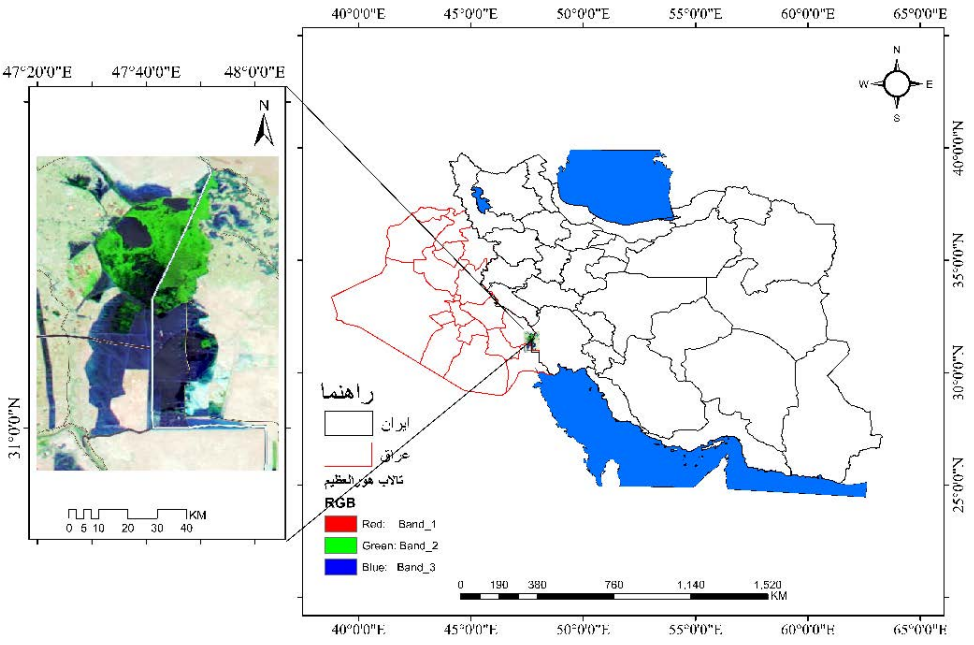
آتش‌سوزی‌های جنگلی و پوشش گیاهی در کره زمین اتفاق می‌افتد که تأثیرات جدی بر جامعه انسانی و محیط‌زیست آن دارد (۲۱). متوسط، بیش از ۲۲۰۰۰۰ آتش‌سوزی در جهان رخ می‌دهد و مناطق آتش‌سوزی بیش از ۱/۸ درصد از منطقه جنگلی کل جهان است (۲۹). آتش‌سوزی جنگل‌ها عامل اصلی فرسایش خاک و همچنین آلودگی هوا است و همچنین تأثیر شدیدی بر ایمنی زندگی انسان دارد (٦ و ۸). امروزه در خشکی‌ها پس از فعالیت‌های شهری و کشاورزی انسان، آتش‌سوزی فراگیرترین عامل تخریب‌کننده طبیعی به شمار می‌رود (۳۱). آتش‌سوزی‌های طبیعی تأثیرات عمیقی بر کاربری اراضی، تولیدات، اقتصاد، انتشار گاز و سلامتی بشر دارند. همچنین با وارد آوردن خسارت‌های به مناطق جنگلی سبب تغییر در اکولوژی محیط می‌شوند (۲۷). بنابراین، شناسایی دقیق اطلاعات آتش‌سوزی بسیار مهم است. تشخیص آتش‌سوزی جنگل و یا پوشش گیاهی به دو روش سنتی و سنجش‌ازدور تقسیم می‌شود. روش‌های سنتی، مانند ایستگاه‌های دیده‌بانی و گشت‌های زمینی که به حجم زیادی از نیروی انسانی، مواد و بودجه نیاز دارند و در تشخیص آن نیز مشکل‌دارند (۲٦). داده‌های ماهواره‌ای بر این ایرادات غلبه کرده و به یک منبع مهم اطلاعات برای تشخیص آتش‌سوزی تبدیل‌شده است. با راه‌اندازی موفق MODIS و توسعه الگوریتمی برای شناسایی آتش براساس اطلاعات پس‌زمینه تشخیص حریق وارد مرحله جدیدی شده است (۱۵). از سیگنال‌های ٤ میکرومتر و ۱۱ میکرومتر درتصاویر MODIS برای جدا کردن سیگنال آتش از سیگنال پس‌زمینه که گیلیم (۱۲) این موضوع را بهبود بخشیدند و زمینه‌ای پیشرفته را پیشنهاد کردند. در این روش الگوریتم تشخیص ابتدا یک پیکسل را به‌عنوان "نقطه آتش بالقوه" با یک سری علامت‌گذاری می‌کند، سپس از آستانه‌های ثابت آغاز و تعیین می‌کند که آیا پیکسل یک "نقطه آتش واقعی" است. بر اساس مقایسه پیکسل آتش انتخابی با اطلاعات پس‌زمینه یک پیکسل فاقد محصولات آتش انجام می‌شود (۱۲). ثابت‌شده است که الگوریتم زمینه‌ای MODIS می‌تواند انواع مختلفی از داده‌های ماهواره‌ای را پشتیبانی کند. در میان آن‌ها، ماهواره‌های مدار قطبی و با اطلاعات غنی طیفی قابلیت‌های بسیار خوبی در تشخیص بلایا نشان داده است (۳ و ۲۳). به دلیل قدرت تفکیک زمانی بسیار بالای ماهواره‌های، یک سری آتش‌سوزی الگوریتم‌های پایش مبتنی بر تغییرات زمانی و تحلیل فضایی که به آن می‌پردازند، دقت هر دو اطلاعات زمانی و مکانی توسعه‌یافته است (۲۲، ۳۰، ۱۳،۱۷). بااین‌حال، قدرت تفکیک مکانی کم ماهواره‌ای و حذف محدودیت شناسایی آتش‌سوزی‌های کوچک کاربردهای آن‌ها در مقایسه با ماهواره‌های زمین ثابت، ماهواره‌های مدار قطبی می‌تواند وضوح خوبی ارائه دهند (۱۷). در حال حاضر، محققان نیز مطالعاتی درزمینه اطلاعات زمانی ماهواره‌های مدار قطبی انجام داده‌اند (۱۰ و ۱٦). اما نحوه ادغام فضایی اطلاعات هنوز نیاز به کاوش بیشتر دارد (۱٦). وراوبک (۲۸) از محصولات آتش فعال MOD14A1 و MYD14A1 برای تهیه نقشه ۱٦ آتش‌سوزی بزرگ استفاده کردند. از ۹ آتش‌سوزی در جنوب غرب ایالات‌متحده امریکا برای ارزیابی دقت محصولات آتش منطقه سوخته شده MOCD45A1 و MCD64A1 استفاده کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که MOCD45A1 توانست ۳۳ درصد آتش‌سوزی‌ها و MCD64A1 توانست ۵۳ درصد آتش‌سوزی‌ها را مشخص کند. 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. در راستای استفاده از تصاویر ماهواره‌ای درزمینه تغییرات پوشش سطح زمین، تغییرات اراضی و پایش خطرات محیطی می‌توان به چند پژوهش اشاره نمود. جهان تیغ و همکاران (۱) به بررسی تأثیر بهره‌وری سیلاب بر روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های میدانی و تصاویر سنجنده لندست در منطقه اندک سیستان پرداختند. آن‌ها برای انجام این پژوهش از تصاویر لند ست در یک دوره ۱٦ ساله استفاده نموده و شاخص‌های پوشش گیاهی تعدیل‌شده برحسب خاک (SAVI)

و شاخص رطوبت خاک (SWI) را محاسبه کردند. نتایج نشان داد که این شاخص‌ها در دوره قبل از سیلاب و بعد از سیلاب با یکدیگر تفاوت داشته و این شاخص‌ها تغییرات محسوسی پیدا کردند. فرج الهی و همکاران (۲) در پژوهشی به پایش و پیش‌بینی تغییرات مکانی و زمانی کاربری اراضی در منطقه مراوه‌تپه استان گلستان پرداختند. آن‌ها در این پژوهش از تصاویر لندست استفاده نمودند. نتایج نشان داد مساحت جنگل متراکم در منطقه موردمطالعه کاهش‌یافته اما سطح اراضی کشاورزی افزایش‌یافته است. هدف از این پژوهش، شناسایی مناطق آتش‌سوزی و ارزیابی تصاویر ماهواره‌ای که آتش فعال را رصد و ثبت می‌کنند، است. آنچه 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 آتش‌سوزی ماهواره‌ای موجود از ابزار MODISروی ماهواره‌های Terra و Aqua است که به‌صورت روزانه، گسترده‌ترین آتش‌سوزی‌های در یک منطقه را نشان می‌دهد. بیشتر کارهای انجام‌شده گذشته در ایران برخلاف کارهای مشابه که توسط محققان خارجی انجام‌شده، فاقد ارائه هرگونه تصویر واقعی آتش‌سوزی فعال بودند و تحقیقات آنان بیشتر به صور گوناگون ازجمله جداول، نمودار و نقشه‌های ثانویه آتش‌سوزی و غیره ارائه داده بودند.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه

هورالعظیم یا کلان تالاب، بزرگ‌ترین تالاب مرزی ایران است که در مرز ایران و عراق واقع‌شده است (شکل ۱). این تالاب از دیدگاه منابع جانوری و گیاهی، غنی است و ژرفای آن به‌طور میانگین به ۵ متر می‌رسد و مساحتی بالغبر ۱۲۰ هزار هکتار را در برمی‌گیرد. ذخایر آب این تالاب از رود کرخه در ایران و نیز رودخانه دجله در عراق تأمین می‌گردد. سراسر تالاب با نی‌زار پوشیده شده است. قسمت شرقی تالاب در خاک ایران و قسمت غربی آن (بخش اعظم آن) در خاک عراق واقع‌شده است. حد شرقی آن در شمال غرب شهرستان بستان و در نزدیکی روستای جزاپه به مختصات ٤٧ درجه و ٥٧ دقیقه طول شرقی و ٤٧ درجه و ١٦ دقیقه عرض غربی قرارگرفته است.



شکل ۱. موقعیت منطقه‌ی موردمطالعه

fig 1. Location of the study area

داده‌های مورد استفاده

ناسا محصولاتی در مورد آتش‌سوزی‌ها و ناهنجاری‌های حرارتی که روزانه در سراسر جهان رخ می‌دهد، ارائه می‌دهد. داده‌ها و تصاویر آتش‌سوزی ماهواره‌ای موجود از ابزار MODISروی ماهواره‌های Terra و Aqua و ابزار VIIRS روی ماهواره‌های مشترک NASA/NOAA Suomi NPP و-NOAA 20در دسترس هستند. Terra تقریباً در ساعت ۱۰:۳۰ صبح (روز) و ۲۲:۳۰ (شب) به‌وقت محلی از روی استوا می‌گذرد،NOAA-20 تقریباً در ساعت ۱۲:۴۰ بعدازظهر (روز) و ۰۰:۴۰ بامداد (شب) به‌وقت محلی از خط استوا عبور می‌کند.Suomi NPP تقریباً در ساعت ۱:۳۰ بعدازظهر (روز) و ۱:۳۰ بامداد (شب) به‌وقت محلی از روی خط استوا عبور می‌کند. اطلاعات آتش‌سوزی تقریباً ۳ ساعت پس از عبور از ماهواره در دسترس است. تصاویر MODIS طیف رادیو متر تصویربرداری با وضوح متوسط، VIIRS (مجموعه رادیو متر تصویربرداری مادون‌قرمز مرئی) برای پایش آتش‌سوزی‌های فعال انتخاب‌شده‌اند. محصول MODIS Fire and Thermal Anomaliesاز ماهواره‌ی Terra (MOD14) در دسترس است. وضوح حس‌گر ۱ کیلومتر و بازه زمانی روزانه است. ناهنجاری‌های حرارتی به‌صورت 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 حس‌گر ۳۷۵ متر، وضوح تصویر ۲۵۰ متر وضوح زمانی دو بار در روز است. حس‌گر VIIRS در ماهوارهSuomi NPP، تقریباً در ساعت ۱۳:۳۰ بعدازظهر (گره صعودی) و ۱:۳۰ بامداد (گره نزولی) از استوا عبور می‌کند. ناهنجاری‌های حرارتی به‌صورت نقاط (مرکز تقریبی یک پیکسل ۳۷۵ متر) نشان داده می‌شوند. به دلیل شرایط محیطی تالاب احتمال وقوع آتش‌سوزی در این تالاب در ماه‌های گرم بیشتر از دیگر ماه‌های سال است، بنابراین ماه‌های ژوئن، جولای و اوت به‌عنوان پایه زمانی برای بررسی آتش‌سوزی‌های فعال در این تالاب انتخاب گردید.

دوره آماری موردمطالعه در این نوشتار ۲۱ سال که تصاویر سنجنده های Terra و Aqua (۲۰۱۵-۲۰۰۲)، VIIRS (۲۰۱۵-۲۰۲۲) و Landsat 8/OLI (اوت ۲۰۱۵، مه و سپتامبر ۲۰۱۸) مورداستفاده قرار گرفت. برای انجام این پژوهش پس از بررسی‌های اولیه، محصولات موردنیاز از تصاویر روزانه MODIS (MODO2QKM) و تصاویر VIIRS (VNP14A1) با فرمت h5 (HDF) مربوط به ماه‌های ژوئن، جولای 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 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 تائید قرار گرفت. پیکسل‌های آتش شناسایی‌شده در تصاویر با استفاده از ARC GIS به داده نقطه‌ای تبدیل شدند و در مرحله بعد پیکسل‌های آتش سنجنده تا به‌طور هم‌زمان با یکدیگر مقایسه و ارزیابی قرار گرفتند. نکته قابل‌گفتن این است که در این پژوهش تصاویر بارنگ طبیعی یا کامپوزیت (کانال‌های ۱،۲ و ۳) ارائه‌شده تا به‌طور واضح محل دقیق وسعت آتش‌سوزی در تالاب قابل‌نمایش است. ازآنجاکه امکان استفاده از آمار و اطلاعات زمینی برای صحت سنجی آتش‌سوزی در این تالاب وجود نداشت، تصاویر سنجنده Landsat 8/OLI به‌عنوان نقشه زمین مرجع از سایت https://glovis.usgs.gov اخذ و مورداستفاده قرار گرفت. محصولات ناهنجاری حرارتی، حریق NPP/VIIRS بر اساس الگوریتم MODIS C6 Fire هستند. ورودی‌های تولیدActive Fires باند بازتابی سطح B با وضوح متوسط M7 و باندهای تابشی M13 و M15 هستند. الگوریتم آتش ابتدا باندهایM13 ، M15 دمای روشهایی (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. هم‌چنین یک آزمایش تشخیص آتش مطلق بر اساس آستانه از پیش

تعیین‌شده M13 BT وجود دارد. اگر نتایج آزمایش‌های تشخیص آتش مطلق و نسبی معیارهای خاصی را داشتند، پیکسل به‌عنوان آتش، نشان داده می‌شود. تعیین یک پیکسل به‌عنوان آتش از نتایج آزمایش‌های آستانه BT ممکن است تحت شرایط درخشش خورشید یا پیکسل‌های بسیار کمی برای محاسبه آمار پس‌زمینه مورداستفاده قرارگرفته، لغو شدند. محصول VNP14 حاوی چندین اطلاعات برای هر پیکسل آتش است: مختصات پیکسل، طول و عرض جغرافیایی، بازتاب پیکسلM7 ، بازتاب پس‌زمینهM7 ، پیکسل M13 و M15 BT، پس‌زمینه M13 وM15 BT ، میانگین اختلاف پس‌زمینهBT ، پس‌زمینهM13 ، 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 آتش‌سوزی ۱ کیلومتری EOS MODIS ناسا فراهم می‌کند که در این نوشتار مورداستفاده قرار گرفت. واحد دمایی در همه رابطه‌ها برحسب درجه کلوین است. در تصاویر MODIS نقطه آتش باید شرایط زیر را برآورده کند:

$$(۱) T_{20} > t$$

$$(۲) \Delta T > [\overline{\Delta T}, 8]_{\min}$$

تائید نقطه آتش

آزمون آستانه مطلق با اشاره به الگوریتم ارائه‌شده توسط گیلیم و همکاران (۱۲) با توجه به اشباع دمای کانالMERSI ، 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:

$$(٤) \Delta T > \overline{\Delta T} + 3.5 \times \delta_{\Delta T}$$

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

$$\Delta T > \overline{T}_{20} + 4 \times \delta_{T20}$$

$$T_{24} > \overline{T_{24}} + \delta_{T24} - 4$$

$$\delta_{T24} > 5$$

که در آن ΔT میانگین و δΔT میانگین انحراف مطلق برای پیکسل‌ها است، T_{20}و δT_{20} میانگین و میانگین انحراف مطلق T_{20}برای پیکسل‌های T_{24}و δT_{24} هستند. میانگین و میانگین انحراف مطلق T_{24} برای پیکسل‌های معتبر و δ میانگین انحراف مطلق T_{20}برای پیکسل‌های آتش پس‌زمینه هستند. (۱۲). تشخیص پیکسل‌های متأثر از آتش‌سوزی بدون ابهام در طول روز بر اساس a آستانه ثابت ساده اعمال‌شده برای داده‌های دمای روشهایی کانال ((VIIRS I4 به دلیل ویژگی‌های طیفی آن کانال عملی نیست، که می‌تواند منجر به هشدارهای غلط بالقوه متعدد شود. برای تصاویر شب هرگونه ابهام احتمالی برطرف و آزمون زیر پذیرفته شد:

$$(۵) BT_4 > 320 Kand\ QF_4 = 0$$

که در آنQF_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 کانال‌هایI1 ، I2، و I5 برای آزمایش‌های زیر اعمال‌شده است:

$$(٦) BT_4 > 320 Kand\ QF_4 = 9$$

$$BT_4 = 367 Kand\ QF_4 = 0$$

$$BT_5 N290 Kand\ QF_5 = 0\left(\text{در روز}\right) and\ \rho_1 + \rho_2 b0.7\left(\text{در شب}\right)$$

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 روشهایی کانال I4 روی درجه تنظیم‌شده، مقدار اشباع ۳٦۷K به‌منظور پرداختن به سناریوی اشباع هنگامی‌که داده‌های کانال I4 با یک تشخیص پیکسل آتش مواجه می‌شود. آزمودن با استفاده از:

$$(۷) \Delta BT_{45} < 0$$

$$(BT_5 > 325 Kand\ QF_5 = 0)$$

$$(BT_5 > 310 Kand\ QF_5 = 0)$$

$$(BT_4 = 208 Kand\ BT_5 > 335)$$

که در آن ΔBT_{45} اختلاف دمای روشهایی کانال I4 و I5 است. در اینجا، تفاوت منفی بین دو کانال نشان داده‌شده است. برای تعیین ماسک آتش‌سوزی‌های احتمالی پس‌زمینه پیکسل‌های آتش پس‌زمینه بالقوه با استفاده از روز و آزمودن‌های ویژه شبانه به شرح زیر است:

$$(۸) BT_4 > 335K and\ \Delta BT_{45} > 30K$$
$$BT_4 > 300K and\ \Delta BT_{45} > 10K$$

اهداف پرنور رادیوتری 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:

$$(۹) \rho_1 + \rho_2 > 0.6\ and \mathrm{BT}_5 < 285\mathrm{K}$$
$$\rho_3 > 0.3\ and\ \rho_3 > \rho_2\ and\ \rho_2 > 0.25\ and\ BT_4 \leq 335K$$

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

$$(۱۰) BT_4 > \Delta BT_{4s} or\ \Delta BT_{45} > 25K$$
$$BT_s > 295K or\ \Delta BT_{45} > 10K$$

جایی که BT_{4s} یک مرجع دمای روشهایی پس‌زمینه بزرگ است. مقدار آن در کانال I4 برای یک پنجره ۵۰۱ × ۵۰۱ در مرکز محاسبه‌شده است. پیکسل این نمونه‌برداری اولیه با مساحت بزرگ، تغییرات در شرایط پس‌زمینه را در برمی‌گیرد و انعطاف‌پذیری را به انتخاب پیکسل آتش کاندید اضافه می‌کند:

$$(۱۱) BT_4 = Max[325, M]K$$
$$BT_{4s} = Min[320, BT_{4M}]K$$

که در آن M مقدار میانه BT_4 محاسبه‌شده برای پنجره ۵۰۱ × ۵۰۱ است. پنجره نمونه‌برداری باید حداقل شامل ۱۰ مشاهدات معتبر باشد، در غیر این صورت BT_{4s} روی ۳۳۰ K تنظیم‌شده است. دمای روشهایی پیکسل آتش کاندید در کانال I4به ترتیب بین حداقل ۳۲۵ K تا حداکثر 330Kمتغیر است.

تجزیه‌وتحلیل پیکسل آتش در شب، زمینه‌ای برای تشخیص آتش‌سوزی VIIRS 375 متر شبیه رویکرد الگوریتم MODIS Fire Thermal Anomalies توسط نمونه‌برداری از اندازه پنجره اختصاص داده‌شده به‌صورت پویا برای اجازه دادن به کاراکتر سازی بهینه پس‌زمینه پیکسل آتش کاندید اجراشده است. اگر حداقل تعداد پیکسل‌های معتبر را نتوان برآورد کرد، پیکسل کلاس "ناشناخته" را به خود اختصاص می‌دهد که نشان می‌دهد شرایط پس‌زمینه نمی‌تواند به‌درستی مشخص شود. مقادیر انحراف مطلق رضایت‌بخش، و میانگین برای کانال $\left(\overline{BT}_{5b}.\bar{\delta}_{5b}\right)$ I5 ،I4$\left(\overline{BT}_{4b}.\bar{\delta}_{4b}\right)$ و تفاوت دمای روشهایی I4-I5با استفاده از نمونه پس‌زمینه محاسبه می‌شوند. علاوه بر این، میانگین و میانگین انحراف مطلق برای داده‌های دمای روشهایی کانال I4 از پیکسل‌های آتش پس‌زمینه بالقوه یافت شده، محاسبه می‌شود. در پنجره نمونه‌برداری $\overline{BT}_{5b}.\bar{\delta}_{5b}$ پارامترهای بالا برای تعریف مجموعه‌ای از آزمون‌های زمینه‌ای استفاده می‌شود که باید به‌طور مشترک در آن‌ها برآورد شوند. به‌منظور تولید تشخیص پیکسل آتش با اطمینان اسمی بر اساس روابط زیر انجام گرفت:

در روز (۱۲) $\Delta BT_{45} > \overline{\Delta BT}_{45b} + 2\delta_{45b}$

$$\Delta BT_{45} > \overline{\Delta BT}_{45b} + 10$$
$$BT_{45} > BT_4 + 3.5 \times \delta_{4b}$$
$$BT_5 > \overline{BT}_{b5} + \delta_{5b} - 4\ or\ \delta_4 > 5$$

در شب (۱۳) $\Delta BT_{45} > \overline{\Delta BT}_{45b} + 3 \times \delta_{45b}$

$$\Delta BT_{45} > \overline{\Delta BT}_{45b} + 9$$
$$\Delta BT_4 > \overline{\Delta BT}_{4b} + 3 \times \delta_{4b}$$

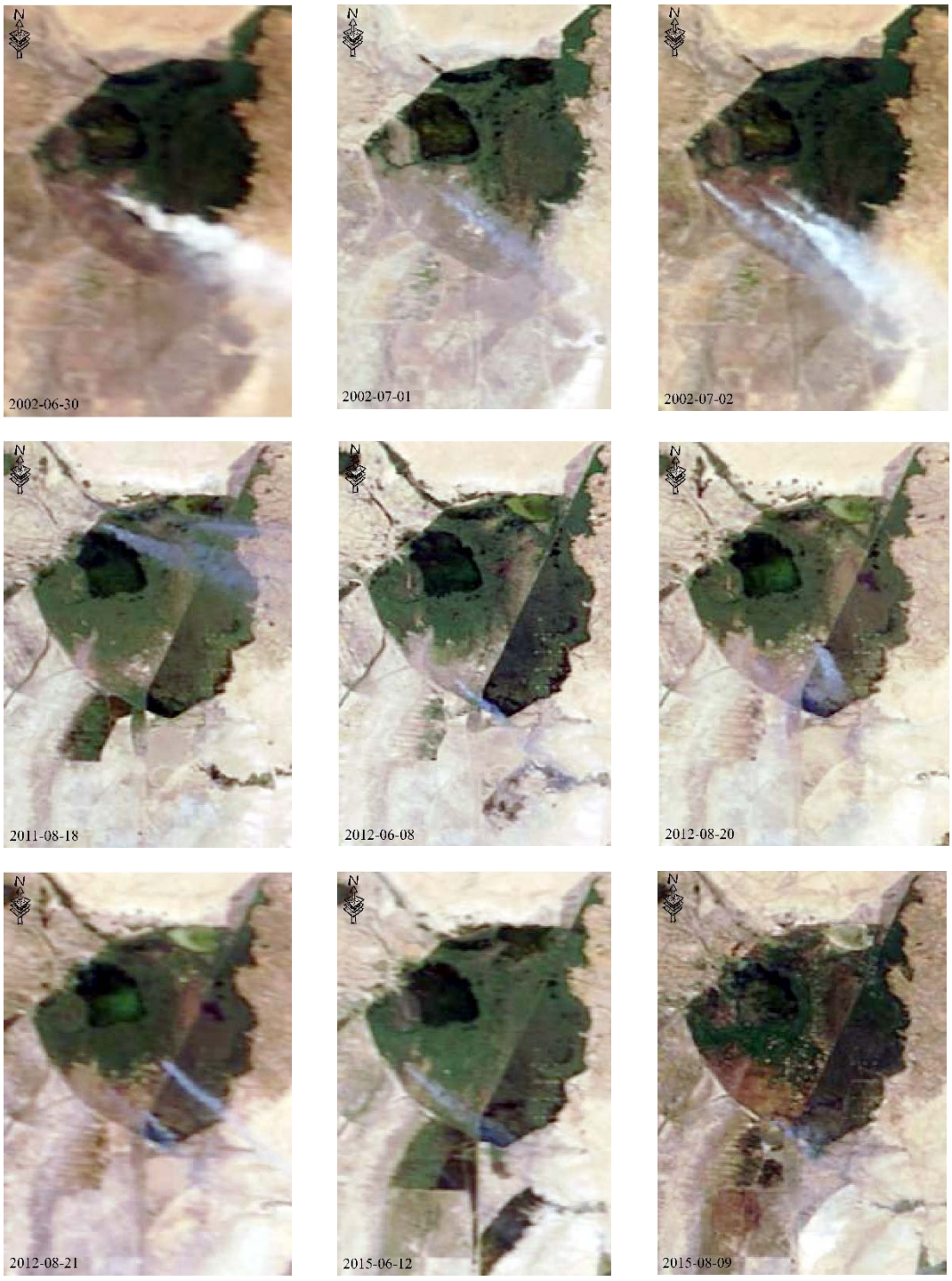
آتش‌سوزی‌های فعال، که معمولاً باعث خروج شدید دود از آتش‌سوزی است، دمای روشهایی پیکسل متأثر از آتش در کانال VIIRS I4 در مقایسه با پیکسل‌های مجاور بدون آتش است. پاسخ کانالI4 همراه با تغییرات نسبتاً کمی در مقادیر دمای روشهایی کانال VIIRS I5 نسبت به پس‌زمینه مشابه هستند. پیکسل‌های پس‌زمینه و همچنین بزرگ‌تر از چهار پیکسل این آزمودن اضافی به‌صورت زیر قابل‌نمایش است:

$$(۱۴) \rho_2 0.15\ and\ \overline{BT}_4 < 345\ and\ \delta_4 < 3\ and\ \overline{BT}_4 + 6 \times \delta_4$$

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

یافته‌های تحقیق

با توجه به این‌که شناسایی آتش‌سوزی فعال نیازمند استفاده از روش سنجش‌ازدور است، در این نوشتار تصاویر چند سنجنده به‌طور هم‌زمان مدنظر قرار گرفت تا نتایج حاصل‌شده با بالاترین دقت موردبررسی و ارزیابی قرار گیرد. باهدف به حداکثر رساندن تمایز مناطق سوخته با سوخته نشده می‌توان از ترکیب باندهای تصاویر ماهواره‌ای استفاده کرد. در تصاویر MODIS رنگ واقعی: قرمز (باند ۱)، سبز، (باند ٤) و آبی (باند ۳) این تصاویر را رنگ واقعی یا رنگ طبیعی می‌نامند، زیرا این ترکیب طول‌موج تا شبیه آنچه چشم انسان می‌بیند، است. نقطه‌ضعف این مجموعه از باندها این است که آن‌ها تمایل به ایجاد یک تصویر مه‌آلود دارند. در تصاویر مادون‌قرمز مرئی (VIIRS) رنگ واقعی: رنگ قرمز: (باند I1)، رنگ سبز (باند M4) و رنگ آبی (باند M3) این تصاویر را همانند تصاویر MODIS رنگ واقعی یا رنگ طبیعی می‌نامند. وضوح این حس‌گر (باندهای M ۷۵۰ متر، باندهای I ۳۷۵ متر)، وضوح تصویر ۲۵۰ متر است. با توجه به اشکال ۲، ۳، ٤ و ۵ وسیع‌ترین آتش‌سوزی‌های تالاب در روزهای ١٤ و ١٥ جولای ۲۰۱۵ به وقوع پیوسته است که مساحت آتش‌سوزی به ترتیب ١٣٥٦٤ و ١٣٠٦٣ هکتار بوده که بخش اعظم پوشش گیاهی این تالاب از بین رفته است. با توجه به شکل.۲ که آتش‌سوزی فعال در تالاب با استفاده از تصاویرMODIS شناسایی‌شده، می‌توان گفت که در ۲۰۰۲ در ماه‌های ژوئن و جولای آتش‌سوزی به ترتیب به وسعت ٩٣٦ و ٦٨٤ رخ‌داده 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 ٤٣٢ 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 رخ‌داده اما در جولای آتش‌سوزی آن وسیع نبوده است. طولانی‌ترین آتش‌سوزی در این تالاب از ۲۸ ژوئن ۲۰۱۸ آغازشده 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 مشاهده‌شده است. در ژوئن ۲۰۲۲ مساحتی به وسعت ٣٣٦١٣ هکتار توسط آتش‌سوزی از بین رفته است و در جولای آتش‌سوزی به وسعت ۱۰۸۷۵ هکتار به وقوع پیوسته است. پراکندگی مکانی وقوع آتش‌سوزی در بیشتر قسمت‌های غربی، جنوب و جنوب غربی تالاب مشاهده‌شده است. آتش‌سوزی‌هایی که در ماه‌های ژوئن هرسال آغازشده، معمولاً در جولای و اوت نیز ادامه داشته است.

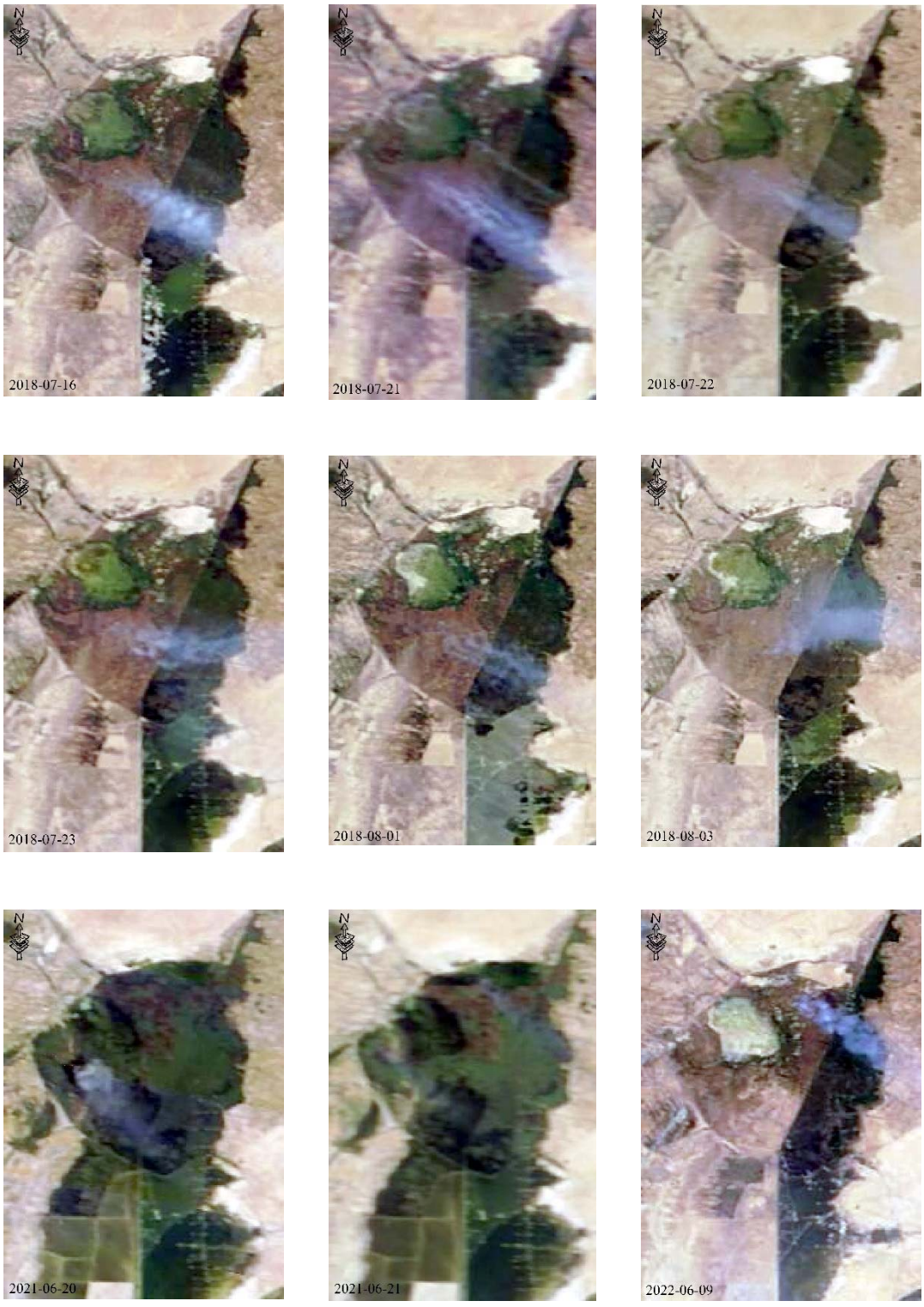


شکل ۲. موقعیت آتش‌سوزی‌های فعال با استفاده از تصاویر کامپوزیت روزانه مادیس (۲۰۱۵-۲۰۰۲)

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

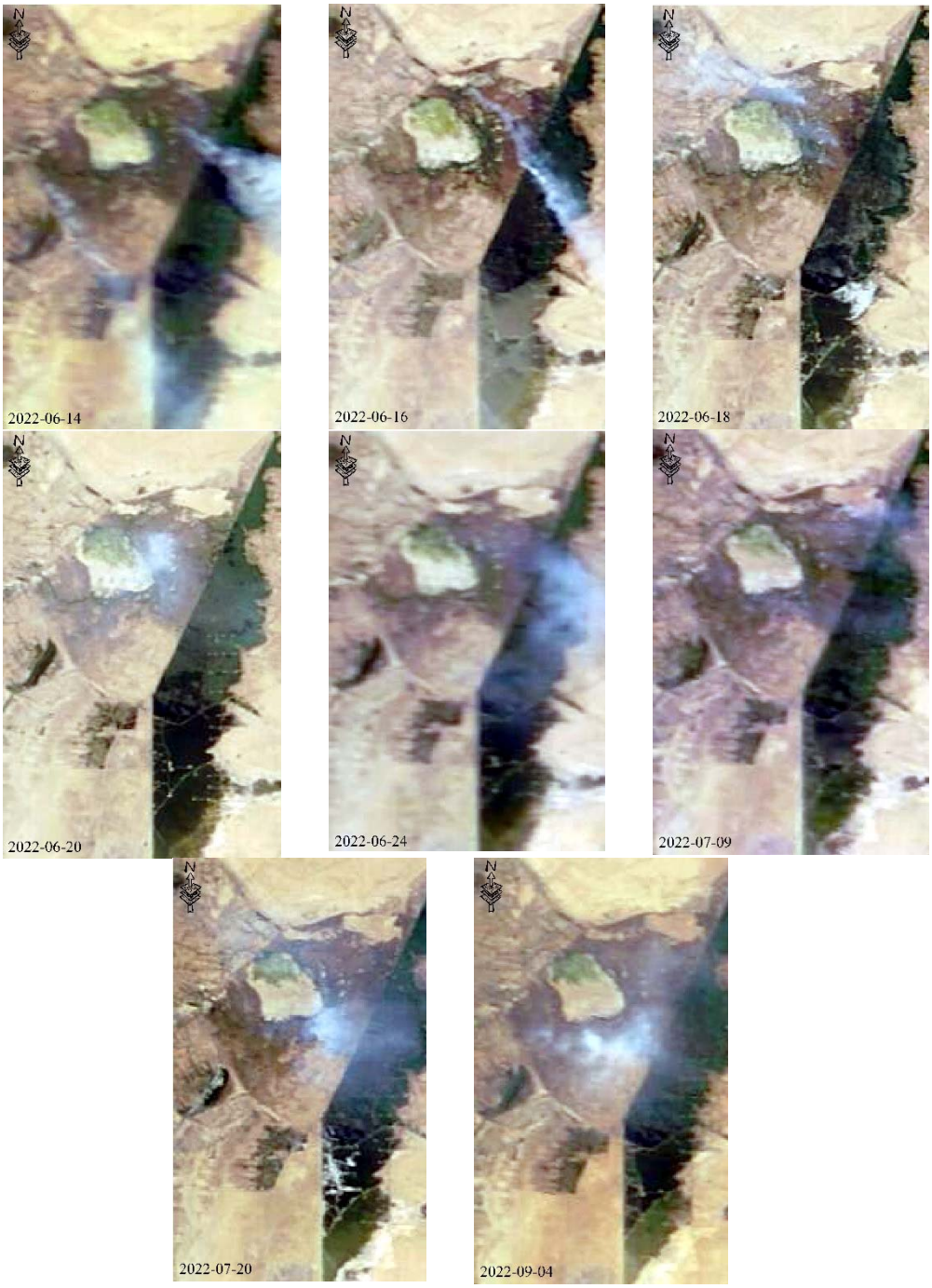
شکل ۳. موقعیت آتش‌سوزی‌های فعال با استفاده از تصاویر کامپوزیت روزانه VIIRS (۲۰۱۸-۲۰۱۵)

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



شکل ٤. موقعیت آتش‌سوزی‌های فعال با استفاده از تصاویر کامپوزیت روزانه VIIRS (۲۰۱۸–۲۰۲۲)

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



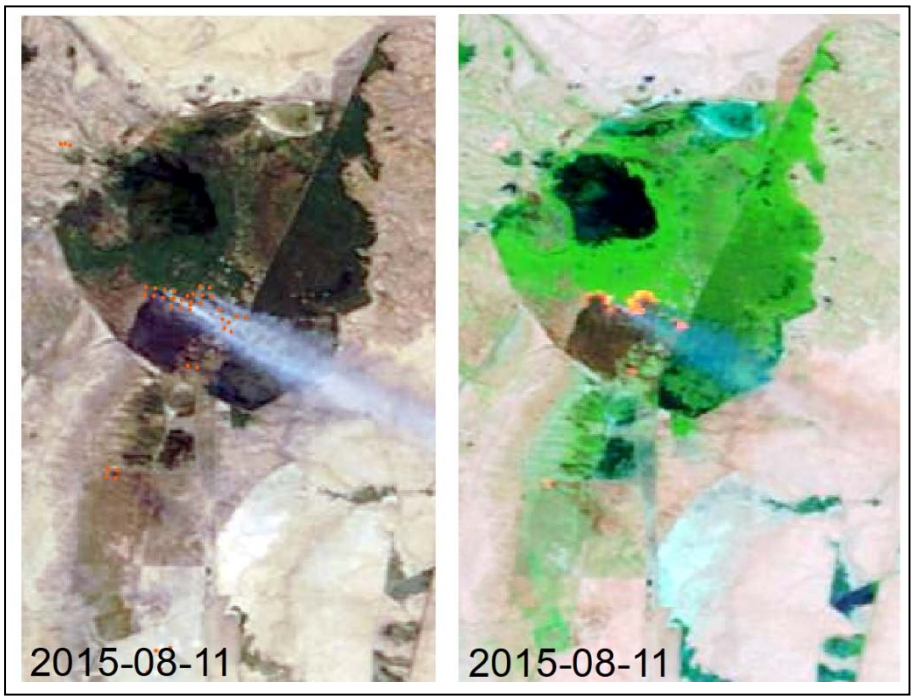
شکل ۵. موقعیت آتش‌سوزی‌های فعال با استفاده از تصاویر کامپوزیت روزانه VIIRS (ژوئن، جولای و سپتامبر ۲۰۲۲)

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

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 مادون‌قرمز 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.

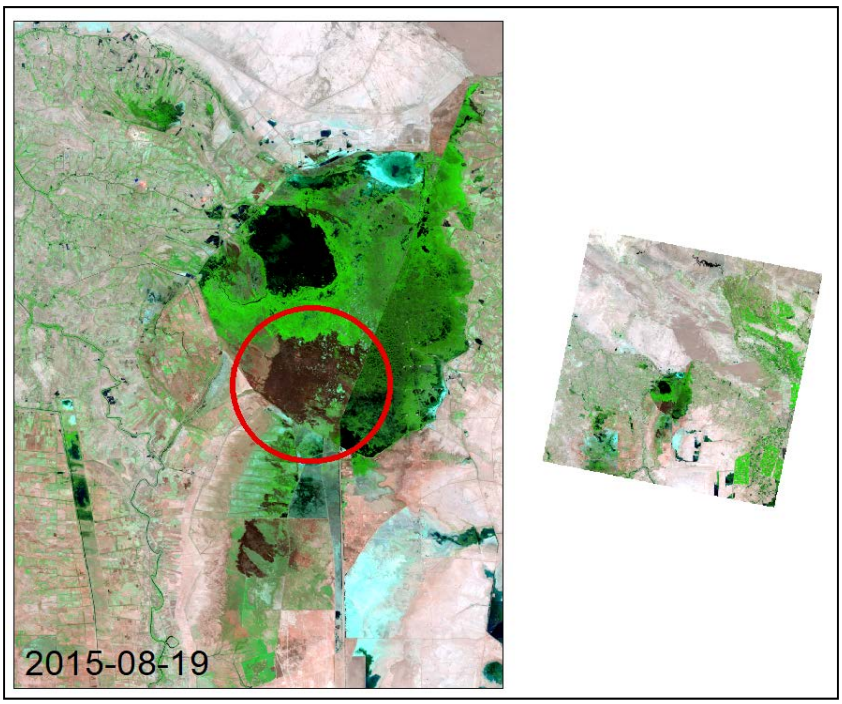
نتایج صحت سنجی آتش‌سوزی فعال شناسایی‌شده در تصاویر ماهواره‌ای

به سبب آنکه تصاویر سنجنده Landsat 8/OLI به‌صورت زمین مرجع بوده و در مختصات جهانی با دقت مناسب ثبت و در آرشیوهای مربوطه قرارگرفته و منتشر می‌گردند، در این پژوهش برای صحت سنجی‌های لازم در خصوص آتش‌سوزی‌های رخ‌داده در تالاب مورداستفاده قرار گرفت. پس از پردازش و بررسی تصاویر ماهواره‌ای مشخص گردید که اکثر آتش‌سوزی‌ها در تالاب در قسمت‌های غربی این تالاب در بخش عراقی تالاب به وقوع پیوسته است و ازآنجایی‌که دسترسی به اطلاعات زمینی مربوط به آتش‌سوزی و سایر جزئیات آن امکان‌پذیر نبود، از روش ترکیب باندی تصاویر سنجنده Landsat 8/OLI جهت ارزیابی صحت مناطق آتش‌سوزی استفاده و نتایج آن مورد تائید قرار گرفت. (شکل ۷) که لایه انعکاس (باندهای ۷-۵-٤) از Landsat 8/OLI یک تصویر ترکیبی رنگ کاذب (FCC) است که به ما امکان می‌دهد طول‌موج‌هایی را که چشم انسان نمی‌تواند ببیند (موج‌کوتاه مادون‌قرمز) را تجسم کنیم. مناطق سوخته تقریباً به رنگ قرمز آجری به نظر می‌رسند که دیدن مناطق آسیب‌دیده از آتش را آسان‌تر می‌کند. وضوح تصویر ۳۰ متر وضوح زمانی روزانه بازمان بازبینی ۱٦ روزه است شرودر و همکاران (۲٤). برای اخذ تصویری که Landsat 8/OLI که آتش‌سوزی در تالاب را در فاصله زمانی اندک که رد پای آتش‌سوزی توسط سنجنده دیگری ثبت‌شده است، درنهایت تصویر Landsat 8/OLI در ۱۹ اوت ۲۰۱۵ به‌عنوان 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 مادون‌قرمز 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. بر اساس (شکل ٦) که آتش‌سوزی پوشش گیاهی تالاب را با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS را در دو نوع رنگ مختلف نمایش می‌دهد، آتش‌سوزی در وسعت زیاد در بخش عراقی تالاب رخ‌داده که این نوع تصاویر به‌عنوان یک ابزار مهمی در نمایش مناطق آتش‌سوزی به شمار می‌رود. بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای که به‌صورت روزانه ثبت می‌شوند، می‌توان در کمترین زمان ممکن آتش‌سوزی‌های رخ‌داده را شناسایی و مکان‌یابی کرد. با توجه بااینکه رؤیت و اعلام آتش‌سوزی رخ‌داده در یک منطقه نیازمند تجهیزات بسیار و با فناوری بالا است، استفاده از روش سنجش‌ازدور و تصاویر ماهواره‌ای در مقایسه با دیگر روش‌ها بسیار ارزان‌تر و که دارای دید وسیع است، آتش‌سوزی تالاب را به‌خوبی نشان می‌دهد. با توجه به (شکل ۷) که حاصل ترکیب باندی سنجنده Landsat 8/OLI مشخص شد آتش‌سوزی فعال در منطقه مطالعاتی شامل قسمت‌های 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 استفاده‌شده، با دقت بسیار بالایی منطقه سوخته شده را نشان می‌دهد. هدف از ارائه تصاویر سنجنده Landsat 8/OLI در این نوشتار صحت سنجی ثبت آتش فعال در منطقه موردمطالعه است.



شکل ٦. موقعیت آتش‌سوزی‌های فعال با استفاده از تصاویرMODIS بارنگ واقعی (چپ) و تصویر کاذب (راست) رنگ قرمز (باند ۷)، رنگ سبز (باند ۲) و رنگ آبی (باند ۱)

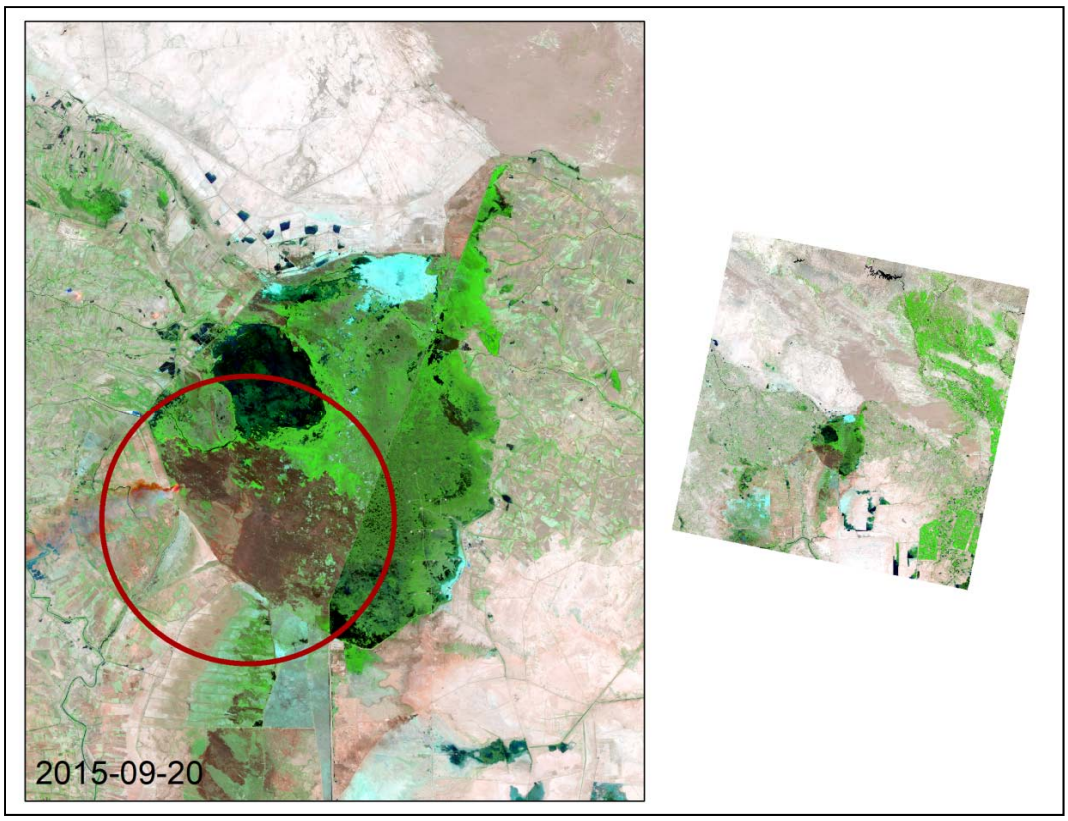
Fig6. Location of active fires using the real barang image MODIS (left) and false image (right) Red color (band 7), green color (band 2) and blue color (band 1)



شکل ۷. تصویر بارنگ کاذب محل آتش‌سوزی مربوط به ۸ روز بعد از آتش‌سوزی فعال در ۲۰۱۵/۰۸/۱۱ تصویر Landsat 8/OLI رنگ قرمز (باند ۷)، رنگ سبز (باند ۵) و رنگ آبی (باند ٤)

Fig 7. The false color image of the fire site related to 8 days after the active fire on 11/08/2015 Landsat 8/OLI image in red color (band 7), green color (band 5) and blue color (band 4)

استفاده از روش ترکیب باندی سنجنده Landsat 8/OLI به‌طور زیادی مناطق سوخته شده و سوخته نشده را از یکدیگر متمایز می‌کند. این روش برخلاف شاخص استاندارد سوختگی نرمال شده، وضوح، شدت، وسعت و جهت حرکت آتش‌سوزی را نشان می‌دهد. ازآنجایی‌که اساس شاخص استاندارد سوختگی پوشش گیاهی بر اصل مقایسه تصاویر قبل و بعد آتش‌سوزی استوار است، استفاده از تصاویر آتش فعال با بهره‌گیری از روش ترکیب باندی سنجنده Landsat 8/OLI می‌تواند کارایی تصاویر ماهواره‌ای را درزمینه آتش‌سوزی به‌خوبی نشان دهد (شکل.۸)

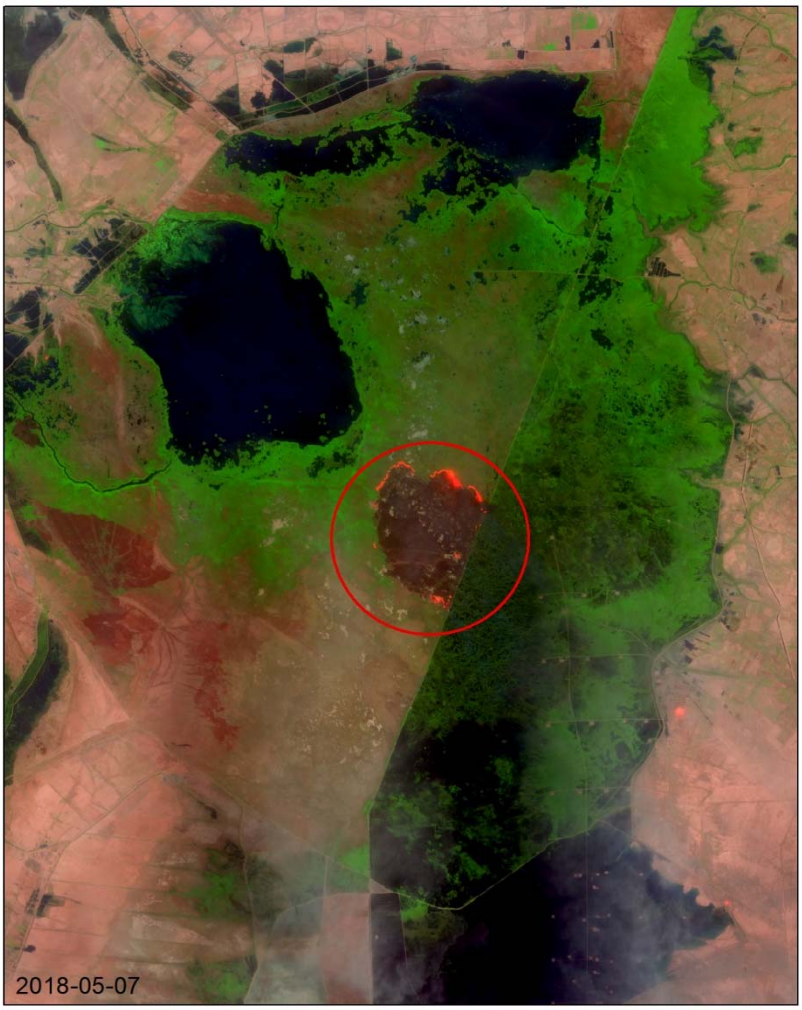


شکل ۸. ترکیب رنگی کاذب محل آتش‌سوزی فعال در ۲۰۱۵/۰۹/۲۰ استخراج‌شده از تصویرLandsat 8/OLI رنگ قرمز (باند ۷)، رنگ سبز (باند ۵) و رنگ آبی (باند ٤)

Fig 8. The false barang image of the active fire site on red color (band 7), green color (band 5) and blue color (band 4) 09/20/2015 extracted from the Landsat 8/OLI image

مطالعات اعتبارسنجی تصاویر ماهواره‌ای درزمینه آتش فعال هم تصادفی Advanced Spaceborne Thermal رادیو متر گسیل و انعکاس Landsat-8 برای تعیین کمیت خطاهای تصاویر MODIS آتش فعال ماهواره عملیاتی محیطی زمین مورداستفاده قرار گرفت کیلو و همکاران (۱۲)؛ موریست و همکاران (۱۸)؛ شرودر و همکاران (۲٤). محصولات حس‌گر VIIRSو 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 تجزیه‌وتحلیل خطاهای کمی، به‌عنوان نمونه‌های مرتبط با تغییرات کوتاه‌مدت در رفتار آتش‌سوزی را می‌توان معرفی کرد. بااین‌حال، تصاویر Landsat-8 همچنان به‌عنوان 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 آتش‌سوزی به پردازش (تصحیحت هندسی،

رادیو متریک و اتمسفری)، پردازش اعمال انتخاب باندهای سنجنده Landsat-8 برای بررسی آتش‌سوزی و مناطق سوخته شده) ارزیابی و صحت سنجی نتایج آتش‌سوزی‌های شناسایی‌شده در تصاویر به کار گرفته‌شده، انجام شد. یک منطقه آتش‌سوزی فعال را در تالاب توسط Landsat-8 در ۷ می ۲۰۱۸ تصویربرداری شده است را به‌خوبی قابل‌نمایش است. در Landsat-8 با استفاده از یک الگوریتم تشخیص آتش‌بر اساس کانال‌های مادون‌قرمز مرئی و موج‌کوتاه مشابه کار انجام‌شده توسط شرودر و همکاران (۲۵) آثار سوختگی را می‌توان در مجاورت عامل فعال نیز شناسایی کرد. تجزیه‌وتحلیل بصری تصاویر Landsat-8 شعله‌های آتش‌سوزی‌ها منطقه آسیب‌دیده را نشان می‌دهد که در همه جهات به بیرون به‌ویژه به سمت شمال در شرق جبهه بزرگ آتش گسترش می‌یابد، شناسایی گردید. لذا ضروری است که هم‌زمان با تصاویر مختلف آتش‌سوزی فعال شناسایی شدند، سپس صحت آن با بهره‌گیری از تصاویر Landsat-8 مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت.



شکل ۹. تصویر آتش فعال در ۲۰۱۸/۰۵/۰۷ استخراج‌شده از تصویر Landsat 8/OLI رنگ قرمز (باند ٤)، رنگ سبز (باند ۳) و رنگ آبی (باند ۲)

Fig 9. Active fire image on 05/07/2018 extracted from Landsat 8/OLI image, red color (band 4), green color (band 3) and blue color (band 2)

جدول ۱. مشخصات آتش‌سوزی ثبت‌شده در تالاب هورالعظیم

Table 1. Characteristics of fire registered in Hoor-Al-Azim wetland

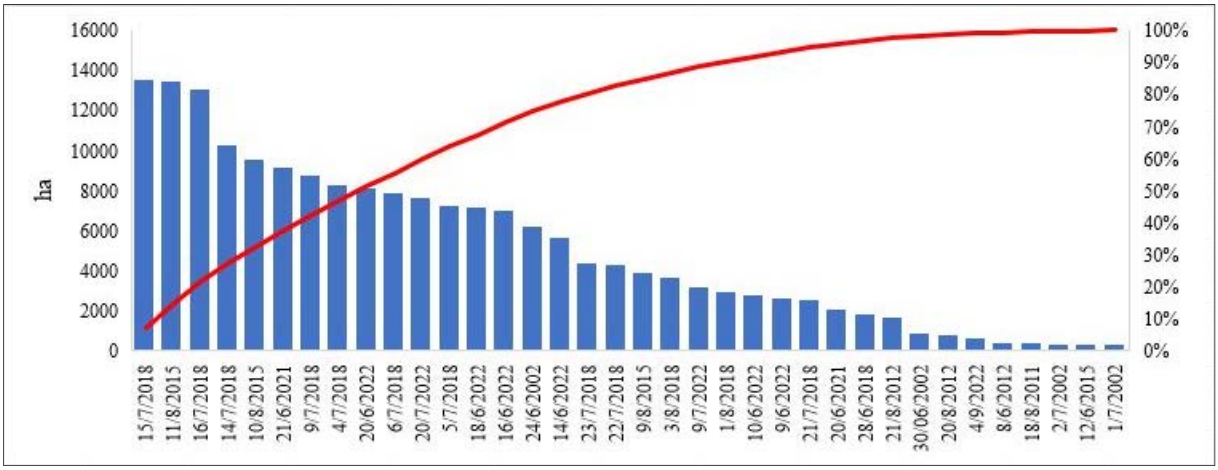
مساحت آتش‌سوزی برحسب هکتار	سنجنده	تاریخ آتش‌سوزی (به وقت محلی)	ساعت آتش‌سوزی	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۹۳۶	Terra	۲۰۰۲/۰۶/۳۰	۱۷:۰۰	۴۷/۶۵۷۹	۳۱/۴۸
۳۲۴	Terra	۲۰۰۲/۰۷/۰۱	۲۲:۰۰	۴۷/۵۶۴۱	۳۱/۴۹۸
۳۶۰	Terra	۲۰۰۲/۰۷/۰۲	۱۲:۰۵	۴۷/۶۲۷۱	۳۱/۴۸۱۱
۴۳۲	Terra	۲۰۱۱/۰۸/۱۸	۰۰:۲۶:۰۰	۴۷/۶۰۲۴	۳۱/۶۶۴۶
۴۶۲	Terra	۲۰۱۲/۰۶/۰۸	۰۷:۳۲	۴۷/۶۳۷۶	۳۱/۴۱۹۳
۸۲۸	Terra	۲۰۱۲/۰۸/۲۰	۱۵:۴۴	۴۷/۷۱۹۹	۳۱/۴۹۵۳
۱۷۲۸	Terra	۲۰۱۲/۰۸/۲۱	۱۲:۰۹	۴۷/۵۸۵۳	۳۱/۴۷۹
۳۶۰	Terra	۲۰۱۵/۰۶/۱۲	۰۰:۱۵:۰۰	۴۷/۶۷۱۶	۳۱/۴۱۲۲
۳۹۲۰	Terra	۲۰۱۵/۰۸/۰۹	۱۱:۵۲	۴۷/۶۸۸۷۳۶	۳۱/۵۱۷۵۶۷
۹۵۸۸	S-NPP/VIIRS	۲۰۱۵/۰۸/۱۰	۰۲:۴۲	۴۷/۶۶۶۷	۳۱/۵۱۲۲
۱۳۵۰۰	S-NPP/VIIRS	۲۰۱۵/۰۸/۱۱	۱۲:۰۵	۴۷/۶۴۴۱	۳۱/۵۰۸۶
۱۸۶۰	S-NPP/VIIRS	۲۰۱۸/۰۶/۲۸	۰۰:۲۸	۴۷/۶۸۸۷۳۶	۳۱/۵۱۲۲
۸۳۴۱	S-NPP/VIIRS	۲۰۱۸/۰۷/۰۴	۱۶:۰۰	۴۷/۶۴۴۱	۳۱/۵۰۲۱۸۴
۷۲۷۰	S-NPP/VIIRS	۲۰۱۸/۰۷/۰۵	۱۵:۴۲	۴۷/۷۰۹۶۵۶	۳۱/۵۰۴۵۹۳
۷۹۱۸	S-NPP/VIIRS	۲۰۱۸/۰۷/۰۶	۱۱:۵۹	۴۷/۷۱۱۱۷	۳۱/۵۳۶۸
۸۷۶۰	S-NPP/VIIRS	۲۰۱۸/۰۷/۰۹	۰۲:۲۱	۴۷/۶۸۳۲	۳۱/۵۲۰۵
۱۰۲۹۳	S-NPP/VIIRS	۲۰۱۸/۰۷/۱۴	۱۲:۰۵	۴۷/۵۱۱۴	۳۱/۵۶۰۶
۱۳۵۶۴	S-NPP/VIIRS	۲۰۱۸/۰۷/۱۵	۱۶:۱۲	۴۷/۷۱۲۵۲۴	۳۱/۴۹۸۷۶
۱۳۰۶۳	S-NPP/VIIRS	۲۰۱۸/۰۷/۱۶	۱۵:۵۴	۴۷/۶۹۶۹۴۹	۳۱/۵۳۴۰۵۸
۲۶۰۰	S-NPP/VIIRS	۲۰۱۸/۰۷/۲۱	۱۵:۴۲	۴۷/۶۹۳۰۲۷	۳۱/۴۹۰۰۹۵
۴۳۰۰	S-NPP/VIIRS	۲۰۱۸/۰۷/۲۲	۱۱:۵۹	۴۷/۶۷۲۲	۳۱/۴۸۲۶
۴۴۰۰	S-NPP/VIIRS	۲۰۱۸/۰۷/۲۳	۰۳:۳۰	۴۷/۵۹۴۴۶	۳۱/۵۷۶۴۹۸
۳۰۰۰	S-NPP/VIIRS	۲۰۱۸/۰۸/۰۱	۰۲:۵۴	۴۷/۵۳۵۱۱	۳۱/۵۱۶۵۷۹
۳۷۰۰	NOAA-20 (JPSS-1)	۲۰۱۸/۰۸/۰۳	۰۲:۳۰	۴۷/۵۳۳۸۴۴	۳۱/۵۴۷۶۶۱
۲۱۰۰	NOAA-20 (JPSS-1)	۲۰۲۱/۰۶/۲۰	۱۲:۴۴	۴۷/۵۳۶۹	۳۱/۵۵۷۲
۹۱۴۸	NOAA-20 (JPSS-1)	۲۰۲۱/۰۶/۲۱	۰۳:۳۴	۴۷/۷۱۰۵۴	۳۱/۵۲۲۰۵
۲۷۰۰	NOAA-20 (JPSS-1)	۲۰۲۲/۰۶/۰۹	۰۰:۵۸:۰۰	۴۷/۷۴۸۰۷	۳۱/۵۷۰۷۸
۲۷۹۸	NOAA-20 (JPSS-1)	۲۰۲۲/۰۶/۱۰	۰۰:۴۶:۰۰	۴۷/۷۳۹۱۴	۳۱/۶۲۲۶
۵۷۱۴	NOAA-20 (JPSS-1)	۲۰۲۲/۰۶/۱۴	۱۱:۲۱	۴۷/۵۲۲۶۶	۳۱/۶۵۹۳۲
۷۰۴۱	NOAA-20 (JPSS-1)	۲۰۲۲/۰۶/۱۶	۰۲:۱۱	۴۷/۷۱۳۶	۳۱/۵۴۳۴
۷۲۳۰	NOAA-20 (JPSS-1)	۲۰۲۲/۰۶/۱۸	۱۶:۳۱	۴۷/۵۷۱۹	۳۱/۵۸۷۰۶

ادامه جدول ۱. مشخصات آتش‌سوزی ثبت‌شده در تالاب هورالظیم

Table 1 continues. Characteristics of fire registered in Hoor-Al-Azim wetland

مساحت آتش‌سوزی برحسب هکتار	سنجنده	تاریخ آتش‌سوزی	ساعت آتش‌سوزی (به وقت محلی)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۸۱۳۰	NOAA-20 (JPSS-1)	۲۰۲۲/۰۶/۲۰	۱۷:۰۰	٤٧/٦٥٧٩	۳۱/٤۸
٦۲۷۲	NOAA-20 (JPSS-1)	۲۰۲۲/۰٦/۲٤	۲۲:۰۰	٤٧/٥٦٤١	۳۱/٤۹۸
۳۲۰۰	NOAA-20 (JPSS-1)	۲۰۲۲/۰۷/۰۹	۱۲:۰٥	٤٧/٦۲۷۱	۳۱/٤۸۱۱
۷٦۷٥	NOAA-20 (JPSS-1)	۲۰۲۲/۰۷/۲۰	۰۰:۲٦:۰۰	٤٧/٦۰۲٤	۳۱/٦٦٤٦
۷۰۰	NOAA-20 (JPSS-1)	۲۰۲۲/۰۹/۰٤	۰۷:۳۲	٤٧/٦۳۷٦	۳۱/٤۱۹۳

شکل ۱۱. نمودار توزیع داده‌ها را به ترتیب فرکانس نزولی با یک خط تجمعی روی محور دوم به‌عنوان درصدی از کل رسم می‌کند. با توجه به نمودار می‌توان گفت، در دوره موردمطالعه ۳٦ روز آتش‌سوزی وسیع در تالاب شناسایی گردید. ۳٦ درصد آتش‌سوزی‌ها در ۲۰۱۸ و ۲۷ درصد در ۲۰۲۲ به وقوع پیوسته و بیشترین مساحت آتش‌سوزی در ۲۰۱۸ و ۲۰۲۱ در این تالاب مشاهده شد. طولانی‌ترین آتش‌سوزی به مدت ۱۰ روز در جولای ۲۰۱۸ در تصاویر VIIRS توسط سنجنده S-NPP ثبت شده است. کم‌ترین مساحت آتش‌سوزی در ماه‌های اوت در دوره موردمطالعه مشاهده و اکثر آتش‌سوزی‌های فعال در سال‌های اخیر بیشترین مساحت را داشته‌اند. ٤۰ درصد آتش‌سوزی در دوره مطالعاتی در جولای شناسایی گردید. با توجه به هدف این پژوهش که بررسی گسترده‌ترین آتش‌سوزی فعال در این تالاب است، بدان معنا نیست که آتش‌سوزی‌های دیگری در تالاب وجود نداشته است.

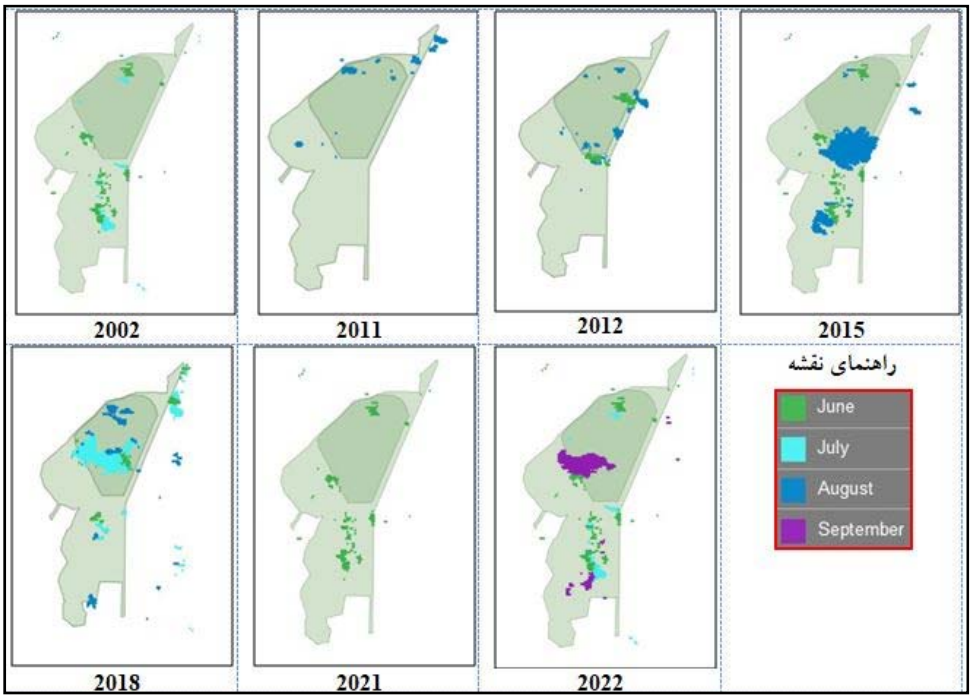


شکل ۱۰. نمودار مساحت آتش‌سوزی‌های فعال ثبت شده در تالاب در دوره موردمطالعه

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 آتش‌سوزی را در تالاب نشان می‌دهد، ملاحظه می‌گردد که بیشتر آتش‌سوزی‌ها در قسمت‌های غربی (بخش عراقی) تالاب به وقوع پیوسته است. پراکندگی و تعداد مناطق آتش فعال در ژوئن نسبت به جولای و اوت بیشتر است. غالب آتش‌سوزی‌های وسیع در اوت ۲۰۱۲،۲۰۱۱، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۸ مشاهده‌شده است. در اوت

وسعت آتش‌سوزی تقریبد در یک مکان رخ‌داده است. نکته قابل‌گفتن آن است که در این شکل، پوشش گیاهی در بخش عراقی تالاب که بیشتر دچار آتش‌سوزی شده است، استخراج و نمایش داده‌شده است.



شکل ۱۱. پراکندگی مکانی آتش‌سوزی در تالاب هورالعظیم

Fig 11. Spatial distribution of fire in Hoor-Al-Azim wetland

نتایج و بحث

دمای آتش بسته به نوع کاربری و شدت آتش‌سوزی متفاوت است و به طور خاص برای مناطق جنگلی و آتش‌سوزی‌های شعله ور نسبت به مراتع و آتش‌سوزی‌های همراه با دود بیشتر است. ازآنجایی‌که شناسایی آتش وابسته به دمای آتش و نیز مساحت سوخته شده، لذا دلیل شناسایی شدن آتش‌سوزی‌های با وسعت کم در جنگل می‌تواند ناشی از بالا بودن دمای آتش در این مناطق با شدت بیشتر آتش‌سوزی نسبت به مراتع است بیلی و آندرسون (٤)؛ کاف من و همکاران (۱۱). هم چنین مساحت یک آتش‌سوزی کوچک می‌تواند 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 آتش‌سوزی در هر پیکسل است فورناکاف (۱۵). در این پژوهش برای نخستین بار از تصاویر بارنگ واقعی (کامپوزیت) مربوط به آتش‌سوزی فعال استفاده شده است که می‌تواند کارایی تصاویر ماهواره‌ای را در شناسایی آتش‌سوزی فعال را به‌خوبی نشان دهد. در این نوشتار استفاده از جدیدترین تصاویر سنسور ۳۷۵ متری VIIRS (تصاویر مادون‌قرمز 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 آتش‌سوزی، بر روی تصاویر با وضوح کمتر، محصولات تشخیص حریق فعال ماهواره‌ای با وضوح مکانی کمتر و دمای اشباع ۳٦۷K پیکسل در کانال I4 مادون‌قرمز متوسط، همراه با گذر کوچک‌تر پیکسل، منجر به تکرار می‌شود، موردبررسی قرار گرفت. اشباع پیکسل‌های متأثر از آتش در حالی که تأثیر بر عملکرد تشخیص آتش فعال را می‌توان به حداقل رساند. روش دیگر، استفاده از داده‌های باند M13 با بهره دوگانه ۷۵۰ متری، که در ٦۳٤K اشباع می‌شود، می‌تواند به تکمیل داده‌های تشخیص حریق ۳۷۵ متری کمک

کند. 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. هم خوانی بین داده‌های تشخیص حریق VIIRS 375متری 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 ثبت‌شده است. درسال‌های دیگر آتش‌سوزی‌هایی با مقیاس کوچک‌تر در این تالاب رخ‌داده است اما در این نوشتار بزرگ‌ترین آتش‌سوزی‌ها در این تالاب موردبررسی قرار گرفته است. استفاده از تصاویر چندین سنجنده به دقت و صحت آتش‌سوزی‌ها کمک شایانی نمود تا از نتایج با دقت کمتر جلوگیری شود. نکته‌ای 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 آتش سوزی را می‌توان به دو گروه اطلاعات، حین آتش سوزی یا آتش فعال و دوم بعد از آتش سوزی تقسیم نمود. بنابراین تصاویر آتش فعال از سنجنده های MODIS، VIIRS 375 به صورت تخصصی آتش سوزی‌های فعال در سطح کره زمین را رصد و ثبت می‌کنند که از این اطلاعات در صورت در دسترس بودن می‌توان استفاده و آتش فعال را رصد و دنبال کرد، هم چنین با بهره گیری از روش ترکیب باندی تصاویر Landsat-8 بعد از آتش سوزی می‌توان آثار آتش سوزی و مناطق سوخته شده را با دقت بالا شناسایی نمود. با توجه به پتانسیل بالای مشاهدات ماهواره‌ای آتش فعال، 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 مادون قرمز قابل دید در شناسایی آتش سوزی‌های فعال کوچک مقیاس نسبت به تصاویر MODIS را نام برد. تفاوت آتش سوزی‌ها در سال‌های گذشته با زمان فعلی این است که تعداد روزهای متوالی حریق افزایش یافته است. هم چنین مساحت آتش سوزی‌ها در سال‌های اخیر بیشتر شده است، به طوری که چندین منطقه مختلف در این تالاب به صورت همزمان درگیر آتش سوزی بودند.

نتیجه‌گیری

تالاب هورالعظیم آخرین بازمانده تالاب‌های بین النهرین، در جنوب غربی کشور و در انتهای حوضه آبریز کرخه به عنوان یک سرمایه زیست محیطی به شمار می‌رود که یک سوم این تالاب در ایران و دو سوم آن در کشور عراق واقع است. در این نوشتار محصولات آتش فعال بارنگ واقعی یا کامپوزیت چند سنجنده برای شناسایی آتش‌سوزی در تالاب هورالعیظم 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 آتش فعال 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. ازآنجایی‌که 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 برنامه ریزی در این زمینه انجام داد. 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 ۲۰۱۸/۰۷/۱٦ مشاهده شده است. بیش از ۳٦ 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 دوره‌ی مطالعاتی داشت. با توجه به پوشش متراکم نی زار و شرایط خاص محیطی تالاب، امکان انتقال حریق کوچک به دیگر قسمت‌های آن وجود دارد و تبدیل به آتش سوزی‌های وسیع فراهم می‌شود. آتش سوزی‌های فعال شناسایی شده در این تالاب از نظر وسعت، شدت و جهت حرکت آتش سوزی متفاوت است. به دلیل مشخص نبودن علت یا علل مؤثر در وقوع آتش سوزی در این تالاب نمی‌توان روند خاصی از نظر تغییرات مکانی یا زمانی وقوع حریق در نظر گرفت. صرف نظر از علل طبیعی یا انسانی مؤثر در وقوع آتش سوزی، در زمان حاضر یکی از مهم‌ترین 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 تصاویرLandsat-8 مورد بررسی و مقایسه قرار داد. با توجه به در دسترس بودن تصاویر روزانه ماهواره‌ای که آتش‌سوزی‌ها را رصد و ثبت می‌کنند، می‌توان آتش‌سوزی‌ها را در کم‌ترین زمان ممکن موردبررسی و متناسب با شرایط و ویژگی‌های منطقه آتش‌سوزی و سایر جزئیات آن، تصمیمات لازم را اتخاذ کرد. در سال‌های اخیر که آتش سوزی‌های متعددی در تالاب هورالعظیم به وقوع پیوسته و دود ناشی از آن موجب

گردد که جهت پایش و ارزیابی آتش سوزی‌های فعال در این تالاب و مناطق مشابه، از این دسته تصاویر ماهواره‌ای استفاده، تا به طور دقیق محل آتش سوزی و سایر جزئیات آن شناسایی و اقدامات لازم در این زمینه انجام گیرد.

منابع مورد استفاده

۱. جهان تیغ، م و جهان تیغ، م.۱۳۹۸. بررسی تأثیر بهره وری سیلاب بر روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های میدانی و تصاویر لندست (مطالعه موردی: منطقه شندک سیستان. فصلنامه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی ۱۰(٤)۷۳-۵۷.

۲. فرج الهی، الف.، عسگری، ح.، اونق، م.، محبوبی، م و سلمان ماهینی، ع.۱۳۹٤. 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(٦)۱٤-۱.

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.Fornacca, 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, Csiszar 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.

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 MLiang D. 2019. contextual and multitemporal active-fire detection algorithm based on FengYun-2G S-VISSR data, IEEE Trans. Geosci, Remote sensing, 57, 8840–8852. doihttp://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, Csiszar 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, Csiszar A. 2013. The New VIIRS 375 m active fire detection data product: Algorithm description and initial assessmen, 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, Csiszar 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, Mcrae 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.

RS & GIS for Natural Resources
(Vol. 16/ Issue 1) Spring 2025
Indexed by ISC, SID, Magiran, Noormags, Civilica, Google Scholar
journal homepage: https://sanad.iau.ir/journal/girs/

Original paper

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

Samad Khosravi Yeganeh[1], Mostafa Karampour[*2]

Received: 2023-01-14 / Accepted: 2023-02-25 / Published: 2025-07-22

Abstract

MODIS and VIIRS images are currently used to detect active fire due to their high spectral and temporal resolutions. The aim of this study is to evaluate active fires in the wetlands using the remote sensing method. For this purpose, MODIS (Terra and Aqua) and VIIRS images were acquired during 2002-2022 for the months of June, July, and August. After preliminary investigations, the images were processed using ENVI and the area was calculated using Arc GIS. It was found that most of the fires occurred in the western parts of the wetland and there was no possibility of using ground data related to the fires, so Landsat 8/OLI images were used as a ground truth map to evaluate the accuracy of the results and the accuracy of the satellite images. It was confirmed by the band combination method. The results showed that the largest fire in this wetland occurred in July 2018 and August 2015 with areas of 13564 and 13500 ha, respectively. In 2018 and 2022, 36 and 27 percent, respectively, and more than 70 percent were less than 10000 ha. The trend of extensive occurrence has increased. 39 percent of the fires occurred in July, which was the highest compared to June and August. In 2018, the highest number of large fires was observed in this wetland. Due to the unknown cause or causes of the fire in the study area, no specific trend can be considered for the spatial and temporal changes of the fire. The spatial and temporal changes in the occurrence of this wetland are such that it is difficult to design a spatial and temporal model or pattern for it.

Samad Khosravi Yeganeh[1], Mostafa Karampour(✉)[2]
1. PhD student of Climatology, Faculty of Literature and Human Sciences, Lorestan University, Iran. karampoor.m@lu.ac.ir
2. Assistant Professor, Department of Geography, Faculty of Literature and Human Sciences, Lorestan University, Iran

DOI: 10.30495/girs.2023.1977404.2034

e-mail: karampoor.m@lu.ac.ir

Statement of the Problem:

Vegetation fires are a major environmental hazard today, and vegetation and forests are increasingly exposed to fires from human and natural sources. The use of satellite imagery to detect active fires is widely used in many countries. Using daily satellite imagery can provide important information and details about the fires that have occurred. Since many fires occur in the Hoor-Al-Azim Wetland each year due to natural or human factors, the aim of this study is to identify fire-prone areas and evaluate satellite images that monitor and record active fires. Nowadays, many fires occur due to natural factors such as climate change, dry weather, and lack of precipitation, or human factors such as arson or other actions that

cause fires. Having up-to-date information with a high degree of certainty can be helpful in managing fires.

Purpose:
In this study, the Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) 375-m active fire product is used to detect active fires in the wetland, and its improved spatial resolution enables the detection of smaller fires. The aim of this research is to identify fire-prone areas and evaluate satellite images that monitor and record active fires. What sets this research apart from other studies is that, for the first time, daily VIIRS images and existing MODIS satellite fire products on the Terra and Aqua satellites are used to show the most extensive fires in a region.

Methodology:
To conduct this research, after preliminary investigations related to the history, area, and locations of the fires, the required products from MODIS (MODO2QKM) and VIIRS (VNP14A1) images were obtained from the website https://search.earthdata.nasa.gov. The comparison of fire pixels and non-fire pixels on different days was performed using ENVI. Using the fire mask layer, which is one of the important layers in fire products, fire pixels were identified, and the area and accuracy of the fires in the mask layer were verified. The identified fire pixels in the images were converted to point data using ARC GIS, and then the fire pixels of the sensors were compared and evaluated simultaneously. It is worth mentioning that in this research, images with natural color or composite (channels 1, 2, and 3) are provided to clearly show the exact location and extent of the fire in the wetland.

Results and discussion:
The reason for choosing the warm months of the year (June, July, and August) to detect and investigate wetland fires is that usually at this time of year, due to the warm weather and lack of moisture, the probability of a fire is higher than other times of the year. Also, due to the low cloud cover in these months, it is easier to detect active fire in the wetland. In this study, images from multiple sensors, including Terra and Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) with a spatial resolution of 375 meters, were used to identify the most extensive active fires daily in the wetland, and several active fires were simultaneously observed and recorded by multiple sensors. In other years, smaller-scale fires have occurred in this wetland, but this article examines the largest fires in this wetland. The use of images from multiple sensors greatly contributed to the accuracy of the fires to avoid results with low accuracy. It should be noted that after the necessary investigations, no research or study has yet been found on monitoring vegetation fires using real satellite images, and its results are somewhat questionable. Therefore, the results of this research were compared and confirmed with the results of foreign research. Based on the results of this article, it can be said that for the first time in Iran, using real images and the remote sensing method, the detection of active fire in an area that is constantly exposed to fire is possible, and the efficiency of satellite images for detecting fire in the shortest possible time after its occurrence has been proven.

Conclusion:
The results obtained from the evaluation of fires in the Hoor-Al-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 areas were observed on 08/15/2018, 08/11/2018, and 07/16/2018, respectively. More than 36% of the fires occurred in 2018 and 27% of the 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 days when a fire occurred in the wetland, the fire was not limited to one day and continued for several consecutive days. In terms of spatial changes in the occurrence of fires, it is not possible to identify a point or points in terms of the possibility of a fire in the following month or year, and there is a possibility of a fire occurring in any part of the wetland. In terms of temporal changes in the occurrence of fires, July had the highest number of active fires in the wetland during the study period. Given the dense reed cover and specific environmental conditions of the wetland, it is possible for a small fire to spread to other parts of it and turn into extensive fires. The identified active fires in this wetland vary in terms of extent, intensity, and direction of fire movement. Due to the unknown cause or causes of fires in this

wetland, no specific trend can be considered in terms of spatial or temporal changes in the occurrence of fires. Regardless of the natural or human causes of fires, fire is currently one of the most important threats to the wetland.

Keywords: Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS), Fire detection, Remote sensing, Hoor-Al-Azim Wetland.

Please cite this article as: karampoor, Mostafa, khosravi yYeganeh, Samad. (2025) .Investigating the most extensive active fires in Horul Azim wetland using satellite images. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 16(1): 111-137.