نشربه علمي مهندسي فناوري اطلاعات مكاني

سال نهم، شماره سوم، پاییز ۵ ه ۱۴ Vol.9, No.3, Autemn 2021 ۲۹ – ۲۵

مقاله پژوهشی DOR: <u>20.1001.1.20089635.1400.9.3.4.5</u>



شناسایی تغییرات مکانی – حرارتی و مناطق پرخطر در محدوده معدن زغالسنگ گانو با استفاده از تصاویر ماهوارهای از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ (شمالغرب دامغان)

احمد رجبی'، رضا شاه حسینی^{۲*}

۱- دانشجوی دکتری سنجش از دور، دانشکده مهندسی نقشهبرداری و اطلاعات مکانی، پردیس دانشکدههای فنی، دانشگاه تهران ۲- استادیار دانشکده مهندسی نقشهبرداری و اطلاعات مکانی، پردیس دانشکدههای فنی، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۲/۰۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۹/۰۷

چکیدہ

در معادن زغالسنگ، آتش سوزی و انفجار ناشی از افزایش دما و تراکم بالای زغالسنگ، محتمل ترین خطر است. با توجه به سست بودن لایه های زمینی حاوی زغالسنگ، خطرات ناشی از ریزش تونل های استخراجی نیز وجود دارد. بنابراین، جهت مدیریت خطر در معادن زغالسنگ، باید مدل خطر در این مناطق را بصورت دوره ای مطالعه نمود. هدف از این تحقیق بررسی جامع تغییرات منطقه به منظور معرفی بخش هایی از محدوده معدنی است که در اثر تغییرات حرارتی سطحی و ارتفاعی، در معرض خطر می باشند. در مطالعه حاضر شناسایی تغییرات حرارتی در معدن زغالسنگ گانو از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۰ با استفاده از داده های ماهواره ای لندست و تغییرات ارتفاعی سطحی معدن بین سال های ۲۰۱۴ تا ۲۰۰۲ با استفاده از داده های راداری سنتینل ۱ ، در شمال غرب دامغان انجام شده است. در این تحقیق ابتدا بخش هایی از محدوده مورد مطالعه که تراکم لایه های زغالسنگ در آنجا زیاد هست با استفاده از شخص نرمال شده دو باند داده های لندست رانده های از در هدوده مورد مطالعه که تراکم لایه های زغال سنگ در آنجا زیاد هست با استفاده از شخص نرمال شده دو باند داده های لندست راورد شد. مقادیر حد آستانه تجربی ۶۰٫۰ تعیین شد. همچنین دمای سطح زمین (*LTL)* با استفاده از سازمان شد. مقادیر حد آستانه تجربی ۶۰٫۰ تعیین شد. همچنین دمای سطح زمین (*LTL)* با استفاده از ترارم و شرال یا داده ای لندست راور د شد. مقادیر حد آستانه تحربی ۲۰٫۰۶ تعیین شد. همچنین دمای سطح زمین (*LTL)* با استفاده از رابطه پلانک و داده های لندست برآورد شد. مقادیر حد آستانه تحربی ۲۰٫۰۶ تعیین شد. همچنین دمای سطح زمین (*LTL)* با استفاده از تداخل سنجی راداری و شد. مقادیر حد آستانه تحربی مواره سنتین ۱ منطقه، مدل ارتفاعی رقومی و تغییرات ارتفاعی محدوده معدن استخراج گردید. بیشترین فوزنشست حدود ۹ سانتی متر بدست آمد که در بازدید میدانی این قسمت دچار ریزش و باعث ایفات شده بود.

كليد واژهها : زغالسنگ، خطر آتش، LST، لندست، سنتينل ۱

[°] نویسنده مکاتبه کننده: گروه فتوگرامتری و سنجشازدور، دانشکده مهندسی نقشهبرداری و اطلاعات مکانی، پردیس دانشکدههای فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. تلفن: ۲۱۶۱۱۱۴۵۲۷

سال نهم شماره سوم پاییز ۱۴۰۰

۱– مقدمه

بررسیهای زمین شناسی رسوبات زغالدار و معادن زغالسنگ ایران نشان میدهد که اکثر این ذخایر درسازندهای شمشک نای بند و آق دربند قرار دارند و از نظر زمانی مربوط به تریاس فوقانی تا ژوراسیک میانی هستند. حوزههای زغالی ایران بیشتر در دو واحد تکتونیکی رسوبی البرز و ایران مرکزی قرار دارند که این حوزههای زغالی اغلب در محیطهای زمین ساختی فعال و عموما ناودیسی تشکیل شدند. سنگهای دربر گیرنده زغال بیشتر شامل کنگلومرا ماسه سنگ شیل سیلت و ماسه سنگ آهکی هستند. زغالهای البرز عموما درسازند شمشک و زغالهای ایران مرکزی بیشتر درسازند نای بند و آق دربند با سن تریاس فوقانی تا ژوراسیک زیرین قرار گرفتهاند. رسوبات زغال دار حوزه البرز اغلب ازنوع تخريبي بودند ودرحوزهايران مرکزی بیشتر تحت تاثیر رسوبات دریایی قرار گرفتهاند. فرایند تشکیل زغالسنگ شامل دو مرحله رسوبی و دگرگونی است[۱].

آتش سوزی زغال سنگ ممکن است هم در محل تراکم لایه های زغال سنگ و هم در محل انباشت باطله های زغال سنگ رخ دهد [۲، ۳، ۴ و ۵]. آتش سوزی لایه های متراکم زغال سنگ، بسته به خصوصیات کانسار، یا در شطح و یا در زیر سطح زمین رخ می دهد که بسیاری از شکاف های زیرزمینی تحت تأثیر آتش سوزی های زغال سنگ قرار می گیرند [۶]. آتش سوزی های در لایه های متراکم زغال سنگ تهدیدهای متعددی از جمله از دست دادن منابع طبیعی، آلودگی هوا، نشست سطح زمین، آلودگی آب، تغییرات آب و هوایی و همچنین تهدیداتی برای سلامتی انسان به دلیل انتشار گاز سمی آن دارد [۷، ۸، ۹ و ۱۰].

کشور ایران از نظر وجود زغالسنگ شرایط به نسبت خوبی دارد. استانهایی که بیشترین میزان زغالسنگ را در کشور دارا هستند عبارتند از: استانهای خراسان جنوبی، کرمان و مازندران هستند. اما به میزان کمتر در استانهایی چون گلستان، گیلان، سمنان،

خراسان شمالی و رضوی، آذربایجان غربی و شرقی، اصفهان، یزد و حتی در استان لرستان نیز زغالسنگ دیده شده است. درواقع هر استانی که از سازند زمین شناسی شمشک بر خوردار باشد، این سازند آن استان را برخوردار از زغالسنگ کرده است. اما مشکلاتی که در کشور ما در حوزه زغالسنگ دیده می شود مربوط به لایه های نازک زغالسنگ است. زغالسنگ یک ماده اشتعالزا است و سخت ترین نوع است خراج را دارد. علاوه بر اینکه نوار کمری بالا و پایین زغال سنگ نیز سست است. بنابراین پایش تغییرات دمایی دوره ای در بخش های مربوط به میزان تراکم بالاتر لایه زغال سنگ و مطالعه میزان فرونشست در کل محدوده معدن لازم است.

۲- پیشینه تحقیق

بسیاری از محققان با استفاده از طیف گستردهای از دادههای ماهوارهای در کشورهایی که بیشتر در معرض آتـشسوزي زغـالسـنگ هسـتند، روى تكنيـكهـاي تشخیص حریق زغالسنگ کار کردهاند [۱۱، ۱۳، ۱۳ و ۱۴]. نظارت بر خطر آتشسوزی زغالسنگ با استفاده از دادههای هوایی و ماهوارهای برای چند دهـه گذشـته انجام شده است. در دهـ ۱۹۹۰ ، بـرای اولـین بـار از تصاویر حرارتی موجود جهت شناسایی و نظارت بر آتشسوزیهای زغالسنگ سطحی و زیرسطحی در هند استفاده شد [۱۵]. چاریا (۱۹۹۳) کـاربرد دادههـای باندهای مادون قرمز طول موج کوتاه(SWIR) (باند ۴ ، ۵ و ۷) دادههای لندست۵ را برای شناسایی و نظارت بر ویژگے ہای ژئو محیطے مانند آتش سوزی معدن زغالسنگ کشف کرد [۱۶]. دیجیک و همکاران (۲۰۰۵) برای استخراج دمای سطح زمین(LST)^۲ از باندهای مادون قرمز حرارتی(TIR)^۳ (باند ۱۰، ۱۱، ۱۲ ، ۱۳ و ۱۴) دادههای رادیومتر بازتاب و تـابش حرارتـی

[`]Short Wave Infrared

^{*} Land Surface Temperature

[&]quot; Thermal Infrared

پیشرفته فضابرد (ASTER)^۱ در محدوده طول موج ۸٫۱۲۵ تـا ۱۱٫۶۵۰ میکرومتـر اسـتفاده کردنـد. دمـای LST مبتنی بر ماهواره در مکانهای مختلف با دادههای صحرایی ارتباط خوبی داشت. این مطالعه همچنین الگوریتم جداسازی دما / پراکندگی را برای جداسازی مناطق آتش زغالسنگ از مناطق دیگر پیشنهاد داده است[۱۷]. وسلینگ و همکاران (۲۰۰۸) یک مطالعه مبتنی بر مدلسازی عددی را برای تجزیه و تحلیل نقشه LST به دلیل آتشسوزی زیرزمینی انجام داد. این مطالعه رفتار انتشار فرآيندهاي انتقال مكانيكي و انـرژي را از طریق لایههای پوشاننده مناطق آتش سوزی مورد تجزیه و تحلیل قرار میدهـد [۱۸]. گیگلیو و همکاران (۲۰۰۸) یک الگوریتم خودکار تشخیص آتشسوزی زغالسنگ را با استفاده از باندهای مادون قرمز نزدیک (NIR^۲) و SWIR (بانــد N ۳ و ۸) ســنجنده (NIR^۲) ییشنهاد کردند[۱۹]. این الگوریتم برای دادههای روزانه و شبانه طراحی شده است. میشرا ، باهوگونا و سینگ (۲۰۱۱) از دادههای باند TIR (باند ۶) لندست۷ (*ETM*^۳+) بـرای شناسیایی و نقشیهبرداری از آتشسوزی های زغالسنگ زیرسطحی در ایالت جاریا هند استفاده کردند. مدل پیشنهادی با استفاده از دادههای میدانی برای اثربخشی آن اعتبارسنجی شده است[۲۰]. وو، یو و گیو (۲۰۱۴) از دادههای باند TIR از لندست ۸ برای تخمین LST با استفاده از سه روش مختلف رابطه انتقال تابشی (RTE^{*}) ، الگوریتم تک ينجره (SWA⁴) و الگوريتم تک کانال (SCA⁵) استفاده كردند. نتايج مطالعه نشان داد كه LST حاصل از RTE بیشترین توافق را با مقادیر مشاهده شده دارد[۲۱].

شرودر و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از دادههای باند SWIR (باند ۷) ، باندهای مرئی و NIR (بانـد ۱ تـا بانـد ۵) دادههای لندست ۸ الگوریتمی جدید برای تشخیص حريق فعال زغالسنگ ارائه دادند. اين الگوريتم براي دادههای روزانه و شبانه طراحی شده است (۲۲]. وانگ و همکاران (۲۰۱۹) روشیی را برای تخمین LST در شرایط آسمان ابری پیشنهاد داد. این روش اثر هندسه خور شیدی ابر ماهوارهای را در تعیین LST در نظر میگیرد(۲۳]. روش پیشنهادی برای دو نوع داده ماهوارهای مادیس(MODIS)^۷ و لندست مورد آزمایش قرار داد و پیشنهاد کرد که همین روش را میتوان برای هر تصویر ماهوارهای برای تخمین LST اعمال کرد. یان و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از دادههای لندست ۸ و تجزیه و تحلیل سری زمانی با استفاده از دادههای رادار دیافراگم مصنوعی سنتینل ۱ (SAR^۸) برای تشخیص آتش زغال سنگ در قسمت جنوبی منطقه فوکانگ از سین کیانگ ، چین ، از SCA کلی استفاده کرد [۲۴]. بیسوال و گورای (۲۰۲۰) با محاسبه LST در یک بازه ۱۰ ساله با دادههای لندست ۵ و ۸ در یک محدوده معدنی در هند و اخذ اطلاعات دمایی میدانی با استفاده از دوربین حرارتی، یک پایش تغییرات دمای سطحی با اعتبار ۹۵درصد و جانمایی مناطق خطر آتشسوزی زغالسنگ ارائه دادند (۱۴]. فورکور و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از دادههای ماهوارهای سنتینل ۱ استخراجهای غیر مجاز در محدودههای معدنی زغال سنگ که ممکن است در محدوده خطر آتش قرارگرفته باشند را شناسایی کرده و نقشه تغییرات آن را در یک بازه ۵ ساله ارائه دادند [۲۵].

مطالعاتی که برای پایش تغییرات در منطقه معدنی زغالسنگ انجام شده است، به منظور مدلسازی خطر آتش بوده و همچنین نقشه پیشیینی مناطق پیشرفت

[^] Synthetic Aperture Radar

- ^{*} Enhanced Thematic Mapper Plus
- * Radiative Transfer Equation
- ^a SplitWindow Algorithm
- ' Single Channel Algorithm

شناسـایی تغییـر ات مکـانی – حر ارتـی و منـاطق پرخطـر ... احمد رجیی و رضا شاہ حسینی

^Y Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

Reflection ^Y Near Infrared

indu ingranda

نشریہ علمی – مہندسی فناوری اطلاعات مکانی

سال نهم ● شماره سوم ● پاییز هه۱۴

خطر آتش تنها از حدگذاری LST در یک بازه زمانی استخراج شده که یک مطالعه تک بعدی است. مطالعه پیشنهادی سعی در ایجاد یک استراتژی چند بعدی برای پیشبینی مدل خطر در یک منطقه معدنی زغالسنگ را دارد. بنابراین یک تجزیه و تحلیل و شناسایی تغییرات سطحی، ارتفاعی و حرارتی از ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ در منطقه مورد مطالعه انجام شد.

۳- منطقه مورد مطالعه و دادهها

معدن زغال سنگ گانو در استان سمنان و در شمال غرب شهر دامغان واقع است. این محدوده دارای ۸٫۶ کیلومتر مربع است. نزدیکترین روستا بهاین محدوده روستای فولادمحلـه در ۷ کیلـومتری مـیباشـد. آب و هـوای محدوده بین دو شرایط خشک و بیابانی در جنوب و مرطوب در شمال قرار گرفته و از هردو متاثر است. لـذا دارای تابستان خنک و زمستان سرد و پربارش است. محدودہ معدن بصورت یک رشتہ کوہ شرقی – غربی است که ارتفاع در شرق حدود ۲۰۳۵ متر و در غرب منطقه ۱۹۸۰ متر و در بخـشهـای میانی ۲۲۰۰ متـر هست. رسوبات زغالدار البرز در محدوده چینه شناسی سازند شمشک قرار دارند. به دلیل تعدد لایههای زغالی، سازند شمشک دارای تقسیم بندی های مختلفی در طول البرز است که لایههای زغالی بصورت کم وبیش در آن ها پراکنده هستند. یکی از مهمترین قسمتهای سازند شمشک که معدن گانو در آن واقع است، قسمت کلاریز نام دارد که شامل ماسه سنگ ریز و متوسط خاکستری مایل به سبز و کوارتز و آلورولیت و آرژلیت همراه با لایههای زغالی میباشد. این رخنمون علاوه بر معادن زغال هند در محدوده گانو نیز مشاهده میشود کے شامل ۲۹ لایے زغالدار است و ۵ لایے آن نیےز اقتصادی هستند و استخراج می شوند. شکل(۱) نقشه اورتوفتو محدوده معدنی را ارائه میدهد که در آن محل ماسه سینگهای خاکستری سطحی در میانه از واریزههای آهکی در شمال و آبریزهای فراوان در جنوب منطقه قابل شناسایی است. شکل(۲) مربوط به تفکیک واحدهای سنگی منطقه با استفاده از ترکیب رنگی

RGB = ۳،۵،۷ سنجنده تصویربردار عملیاتی زمین (OLI) هست که در آن بخشهای رسوبی از بخشهای پوشش گیاهی و آهکی قابل جداسازی است. شکل(۳) نقشه زمینشناسی سادهسازی شده محدوده معدن را نمایش میدهد. همانطور که مشخص است دو بخش بنفش رنگ و قهوهای رنگ واحدهای اصلی محدوده هستند که رنگ بنفش بیانگر وجود ماسه سنگ وشیل همراه با رگههای زغالسنگ و رنگ قهوهای بیانگر وجود آبرفتهای جوان همراه با مخروطهای شنی هستند. با توجه به شکلهای(۱) تا (۳) وجود لایههای متراکم زغالسنگ در منطقه قابل اثبات میباشد.

در این مطالعه از باندهای مختلف داده های ماهوارهای سری لندست ۷و ۸ برای تهیه *LST* و مدل تراکم لایه های زغال سنگ در منطقه مورد مطالعه استفاده شده است. داده های لندست ۷ در ۲۸ آگوست ۲۰۰۰ ولندست ۸ در ۲۷ آگوست ۲۰۲۰ اخذ شدهاند.

همچنین دادههای راداری سنتینل ۱ که از ۳ تاریخ ۲۸ دسامپر ۲۰۱۴ و ۱۴ آگوست ۲۰۲۰ و ۲۶ آگوست ۲۰۲۰ اخذ شدند. از تصاویر اول و دوم جهت استخراج تغییرات ارتفاعی و ساختاری منطقه و از تصاویر دوم و سوم جهت استخراج مدل رقومی ارتفاعی منطقه استفاده شد.

از داده توپوگرافی رادار شاتل (*SRTM^۲)* ۳۰متری نیز جهت تصحیحات دادههای راداری سنتینل ۱ استفاده گردید.

از تصاویر با قدرت تفکیک مکانی گوگل ارث^۳نیز جهت پایش بصری منطقه و تهیه نقشههای زمینشناسی و تصویر قائم^۴ منطقه استفاده شد.

- ^r Shuttle Radar Topography Mission
- ^r GoogleEarth
- [†] OrthoPhoto

DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.4.5]

Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04]

[\] Operational Land Imager



شکل۱: نقشه تصویر قائم از محدوده مورد مطالعه



شکل۲: ترکیب ۳،۵،۳ = RGB سنجنده OLI از محدوده معدن

سال نهم 🛛 شماره سوم 🗨 پاییز ۲۴۰۰



شکل۳: نقشه زمینشناسی محدوده معدن(سادهسازی شده نقشه زمینشناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ساری)

۴- روش تحقیق

مطالعه حاضر در چند مرحله مانند جمع آوری دادهها، پیش پردازش تصاویر، شاخصسازی و تعیین حدآستانه برای شناسایی محل تراکم لایههای زغالسنگ در فاز اول، آمادهسازی تصویر برای تخمین LST و برآورد حدآستانه درجه حرارت در فاز دوم، محاسبه میزان جابجایی ارتفاعی در محدوده معدن در فاز سوم، و نهایتا آشکارسازی تغییرات و بررسی آن انجام شده است. در شکل (۴) روندنمای روش تحقیق ارائه شده است.

۴-۱- پیش پردازش دادهها

بهتر است قبل از پردازش اصلی، پیش پردازش مورد نیاز دادهها کنترل شود تا کیفیت تصویر افزایش یابد. در تصاویر سری لندست پیش پردازش تصاویر از نظر تصحیح اتمسفری، تصحیح هندسی و تصحیح رادیومتریکی قابل انجام است. تصاویر ماهوارهای مورد استفاده در این تحقیق از نظر هندسی اصلاح شده و هم مختصات بودند بنابراین هیچگونه اصلاح هندسی انجام

نشد. با توجه به متادیتا تصاویر، در زمان تصویربرداری پوشش ابر کمتر از ۱٪ بوده است بنابراین نیازی به حذف ابر نیست. پیش پردازش اعمال شده بر روی تصاویر، تصحیح اتمسفری است که در نرم افزار انوی ۱۵/۳ انجام شد. در دادههای راداری سنتینل ۱ پیش پردازش و تصحیحات باید بصورت کامل توسط کاربر اعمال شود که به ترتیب عبارتند از: جداسازی منطقه مورد مطالعه از کل تصویر، تصحیح هندسی، تصحیح مختصات کردن تصاویر، تصحیح هندسی، تصحیح رادیومتریکی، حذف نویز، عملیات چند وجهی و اعمال مدل زمین. همهاین مراحل در نرم افزار اسنپ^۲ و با کمک دادههای ۳۰ SRTM متری انجام شد.

[\] ENVI5.3

۲ SNAP



۲-۴ استخراج لایههای متراکم زغالسنگ

یکی از عوامل مهم در ایجاد آتش، ماده سوختنی است. در معادن زغالسنگ وجود لایههای متراکم زغالسنگ از نظر اقتصادی بسیار مهم و ارزشمند است اما این مکان ها میتوانند باعث انتشار گاز متان و ایجاد خطر آتش سوزی شوند.این موضوع از نظر بسیاری از محققین پنهان مانده که در این تحقیق به عنوان یک لایه اطلاعاتی مهم به چگونگی استخراج آن پرداخته میشود. در اینجا، از دادههای لندست ۸، استفاده شد.

ابتدا مقادیر درجه خاکستری تصاویر (DN⁽⁾) به مقادیر بازتاب^۲ تبدیل شده و پس از آن تصحیحات اعمال شد[۲۶] ، [۱۲].

مکان مواد معدنی رسی با نسبت باندهای ۱ SWIR و ۲ SWIR تعیین میشود [۲۷]. این نسبت برای تشخیص تغییرات هیدروترمال مواد حاوی رس و آلونیت استفاده میشود [۲۷]. با توجه به نقشه زمینشناسی منطقه، لایههای زغالسنگ در مناطق ماسه سنگی شکل

[\] Digital Number

^r Reflectance

سال نهم ● شماره سوم ● پاییز ۱۴۰۰

می گیرد، پس وجود رس در آن مناطق کمینه است. با توجه به این نکته، در این تحقیق، از این نسبت باندی برای تعیین محدوده مناطق قابل استخراج سطحی استفاده شد. نسبت طیفی بین دو باند طیفی به صورت رابطه(۱) تعریف می شود [۲۸]:

R = (swir1-swir2) / (swir1+swir2) (r) (swir1+swir2) (swir1-swir2) در رابطه (۱)، *I* swir2 و swir2 به ترتیب مقادیر بازتاب باندهای ششم و هفتم سنجنده OLI هستند. شاخص R مقداری بین *[۱* و *۱* – *]* خواهد بود. بخشهایی از منطقه مقداری یین *[۱* و *۱* – *]* خواهد بود. بخشهایی از منطقه که دارای شاخص R نزدیک به صفر و منفی هستند، دارای لایههای متراکم زغال سنگ خواهند بود. تعیین اگر مقدار f برابر با ۱ باشد، به عنوان یک مکان بالقوه معدن زغال سنگ آزاد با لایههای متراکم زغال شناسایی میشود. t مقدار حدآستانه است که با اعمال آن، منطقه مورد مطالعه به دو قسمت "لایه زغال" و "غیره'" تقسیم میشود. به صورت تجربی t مقداری برابر با *۲*, در منطقه مورد مطالعه بدست آمد.

$$F = \begin{cases} 1 & R < t \\ 0 & Other \end{cases}$$
(۲) رابطه

پس از جداسازی مناطق مربوط به لایههای متراکم، تصویر خروجی با مقداری نویز و حفره همراه هست که نیاز به پس پردازش و اصلاح دارد. در این مرحله با اعمال فیلتر شکل شناسی گشایش^۲، بدون کوچک شدن سایز تصویر نویز ها حذف شدند، سپس با اعمال فیلتر بستن^۳ بدون بزرگ شدن سایز تصویر حفرهها پر شدند. در نتیجه با استفاده از خروجی این دو فیلتر، مناطق مورد نظر بصورت نرم و بدون نویز و در فرمت برداری استخراج گردید.

۴-۳- استخراج LST و تعیین خطر آتش

باندهای حرارتی هر تصویر برای هر پیکسل یک عدد دیجیتال (DN) ذخیره می کند. تجزیه و تحلیل مقایسهای LST ها، حاصل از مقادیر DN تصاویر گرفته شده در بازه زمانی مختلف ، ممکن است به دلیل تغییر در مشخصات سنسور مناسب نباشد. بنابراین، بهتر است به جای بازتاب سطح، از درخشش (رادیانس[†]ToA) استفاده شود [۱۲]. از مقادیر DN با استفاده از روابط (۳) و (۴) می توان در خشندگی ToA را تعیین نمود [۱۳]. $L_{\lambda} = M_p \times Q_c + A_p$ رابطه(۳) که در این رابطه L'_{λ} مقدار بازتاب، بدون تصحیح زاویـه خورشیدی، Mp عامل رسوب زدایی ضربی مربوط به باند مورد استفاده کهاین را می توان از فراداده میه به نمود، A_p عامل رسوب افزایشی مربوط به باند مورد استفاده کهاین مقدار را میتوان از فراداده استخراج کرد. Q_c مقادیر پیکسل استاندارد (DN) میباشد. بازتاب ToA با تصحيح زاويه خورشيد با استفاده از رابطه (۴) بدست آمد[۱۴].

$$L_{\lambda} = \frac{L'_{\lambda}}{\cos(\theta_{sz})} = \frac{L'_{\lambda}}{\sin(\theta_{se})}$$
(۴) رابطه (۴)

در رابطه (۴) L_{Λ} درخشش TOA، θ_{se} زاویه ارتفاع محلی خورشید. این را میتوان از فراداده بدست آورد. $\theta_{sz} = 90^{\circ} - {}^{\circ}\theta_{se}$ است. پس از به دست آوردن درخشندگی TOA ، دمای روشنایی (T) با استفاده از رابطه (۵) تعیین شد که فرم ساده معکوس رابطه پلانک⁹ است[۱۴].

$$T = \frac{k_2}{\ln(\frac{k_1}{L_2} + 1)} - 273/15$$
 (۵)

در رابطه (۵)، T دمای روشنایی ۲۰۸، K۱ و K۲ ثابت تبدیل حرارتی مخصوص باند هست و از فراداده بدست

[\] Other

⁷ Opening

[&]quot; Closing

[†] TOA Radiance

^a Metadata

[°] Plank

می آید. مقادیر K۱ و K۲ برای تصاویر مختلف لندست متفاوت است (لندست ۷و لندست ۸). سرانجام ، میزان LST تصحیح شده در میزان انتشار از دمای روشنایی ToA با استفاده از رابطه (۶) تعیین شد [۱۴].

LST =
$$\frac{T}{1 + w \times (\frac{T}{\frac{HC}{s}}) \times \ln(E)}$$
 (۶)

در رابطه (۶)، LST دمای سطح زمین ($^{\circ}$)، w طول موج درخشندگی ساطع شده ، که مقدار درخشش بانـد اصلاح شده است. h ثابت پلانک = $^{77} \cdot 1 \cdot ^{78} (is)$, (is), sثابت بولتزمن = $1/7 \times 1 \cdot ^{77}$ ((jk^{-1}))، 2 سرعت نـور = ثابت بولتزمن = E،(ms^{-1}) $1/94 \times 1^{-1}$

LSE (3) پارامتر مهمی برای اندازه گیری میزان تابش حرارتی دما و طول موج غیرمعمول است. مقدار ع برای یک جسم معمولی در سطح زمین با میانگین تابش جسم نشان داده میشود. نقشه LSE از مقادیر شاخص (NDVI) مطابق روش پیشنهادی سابرینو و همکاران (۲۰۰۸) و اسکوکویچ و همکاران (۲۰۱۴) برای دادههای لندست ۸(باند ۶) و لندست ۸(باند ۱۰)، در جدول (۱) بدست آمد[۲۹و۳۰].

در جدول(۱) ، PRed مقدار بازتاب سطح باند قرمز است ، Pv نسبت گیاهان است و ΔE اثر حفره به دلیل زبری سطح است ($\bullet = \Delta$ برای سطوح صاف). مقدار Pv و ΔE به ترتیب با استفاده از روابط (۲) و (۸) محاسبه شد[۳۱].

$$p_{v} = \left(\frac{(NDVI) - (NDVI)_{min}}{(NDVI)_{max} - (NDVI)_{min}}\right)^{2} \qquad (Y)$$

 $\Delta E = (1 - E_{\rm S}) \times (1 - P_{\rm V}) \times F \times E_{\rm V}$ (٨) (٨)

در رابطه (۸)، F یک عامل شکل هندسی است و مقدار

متوسط آن ۵۵/۵ است [۳۲]. میزان انتشار پذیری خاک
(
$$\varepsilon_s = ./۹۶۶$$
) و پوشـش گیـاهی ($\varepsilon_s = ./۹۶۶$) بـرای
لندست ۸ (باند ۱۰) در نظر گرفته شد.
نقشه NDVI با استفاده از روش اسـتاندارد (رابطـه (۹))
تولید شده است. در این رابطه از مقـادیر بازتـاب سـطح
سری لندست استفاده شد.

$$\mathbf{p}_{\mathrm{V}} = \left(\frac{\rho(NIR) - \rho(RED)}{\rho(NIR) + \rho(RED)}\right) \tag{9} (1)$$

NDVI نمایانگر شاخص نرمال تفاضلی گیاه است ، p(NIR) و p(RED) به ترتیب مقادیر بازتاب سطح در NIR و باند قرمز هستند.

پس از تعیین مقادیر LST برای هر پیکسل ، یک مقدار حدآستانه بر اساس تجزیه و تحلیل آماری برای جداسازی پیکسلهای خطرآتش از پیکسلهای بیخطر تعیین شد. یک مقدار حدآستانه جداگانه برای دو صحنه استفاده شد. برای تخمین مقدار حدآستانه با استفاده از رابطه (۱۰) از دو پارامتر آماری میانگین (LST و انحراف معیار (δ_{LST}) مقادیر LST استفاده شد [۱۴].

$$\sigma_{\text{LST}} = m_{\text{LST}} + 2\delta_{\text{LST}}$$
 (۱۰) رابطه (۱۰)

این فرآیند به تعیین مرزهای مناطق واقعی در معرض خطر آتش کمک می کند. تمام پیکسلهایی که مقادیر LST بالاتر از مقدار آستانه (σ_{LST}) را نشان میدهند، به عنوان پیکسلهای دارای پتانسیل خطر آتش تعیین شدند. سپس میزان تغییرات مکانهای پتانسیلدار آتش مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04

[\] Land Surface Emissivity

^Y Normalized Difference Vegetation Index

سال نهم • شماره سوم • پاییز ۲۰۰۵

| NDVI | LSE | LSE |
|---|---|--|
| | لندست۴/۵/۷ | لندست۸ |
| $NDVI < \cdot, \gamma$ | • • | • /• <i>۴۶</i> -• /۹۷۹ |
| \cdot , y < <i>NDVI</i> < \cdot , a | $\cdot, \cdot \cdot \cdot \cdot PV + \cdot, $ 988 | \cdot ,924 PV + \cdot ,991 (1– PV) + ΔE |
| \cdot , $a < NDVI$ | • _/ ٩٩• | \cdot /9.00 + $\varDelta E$ |

جدول ۱: محدوده های NDVI و مقادیر قابل انتشار LSE

۴–۴– استخراج مدل و تغییرات ارتفاعی راداری با استفاده از تصاویر راداری میتوان مدل ارتفاعی رقومی و یا نقشه جابجایی سطح زمین را تهیه کرد. تکنیکی که برای استخراج این اطلاعات مکانی به کار میرود تحت عنوان تداخلسنجی شناخته میشود که در آن اختلاف فاز بین دو یا چند تصویر SAR محاسبه شده و این اختلاف فاز به توپوگرافی و یا جابجاییهای سطحی نسبت داده میشود.

در روش های تداخل سنجی از اطلاعات فاز بین دو موج متفاوت برای استخراج اطلاعات مربوط به انتشار مکانی یا زمانی این امواج استفاده می شود. تداخل سنجی رادار دریچه مصنوعی⁽ (InSAR) یک تکنیک سنجش از دور است که به منظور مطالعه حرکات سطح زمین در زمین لرزه ۱۹۹۲ لندرز کالیفرنیا ابداع شد. در تکنیک InSAR دو یا چند تصویر SAR برای تولید مدل ارتفاعی رقومی (^۲DEM) یا تهیه نقشه جابجایی سطح زمین^۳ به کار می روند. در این تکنیک، اختلاف فاز بین دو موج متفاوت اندازه گیری شده و این اختلاف فاز به تغییر فاصله بین سنجنده و تارگت یا جابجایی سطح زمین نسبت داده می شود. تصاویر SAR جابجایی سطح زمین را در راستای خط دید ماهواره به دست می دهند؛ اما با استفاده از تصاویر SAR که در دو حالت صعودی[†]

و نزولی^۵ تهیه شدهاند، امکان اندازه گیری جابجاییهای سطح زمین در سه راستای قائم، شمالی و شرقی فـراهم میشود.

در تکنیک InSAR دو یا چند تصویر SAR برای تولید مدل ارتفاعی رقومی (DEM) یا تهیه نقشه جابجایی سطح زمین به کار میروند. در این تکنیک، اختلاف فاز بین دو موج متفاوت اندازه گیری شده و این اختلاف فاز به تغییر فاصله بین سنجنده و تارگت یا جابجایی سطح زمین نسبت داده میشود. در این تحقیق با استفاده از تصاویر سنتینل ۱ سالهای ۲۰۱۴ و ۲۰۲۰، مدل ارتفاعی محدوده و مدل جابجایی ارتفاعی سطح زمین

۵- نتایج و اعتبارسنجی

پس از جمع آوری و پیش پردازش، پردازش اصلی دادههای ماهوارهای طبق روش تحقیق ارائه شده انجام شد که نتایج آن در شکل(۵) ارائه میگردد.

پس از پیادهسازی شاخص شناسایی لایههای زغالسنگ و اعمال حدآستانه بهینه ۰٬۰۶ ، قسمتهایی از منطقه که دارای لایههای زغالسنگ متراکم و اقتصادی هستند شناسایی شده و بر اساس اولویت خلوص زغالسنگ، طبقهبندی شده و نقشه آن در شکل(۶) ارائه می گردد.

¹ Interferometric Synthetic Aperture Radar

^v Digital Elevation Model

[&]quot; Surface Deformation Map

^{*} Ascending

^a Descending

شناسـایی تغییـرات مکـانی – حرارتـی و منـاطق پرخطـر ...



شکل ۵: نقشه مکان لایههای متراکم زغالسنگ



شکل ۶: جانمایی مکان لایههای متراکم زغالسنگ (رنگ زرد) و دهانه اکتشافی معدن (رنگ آبی)

معدن جانمایی شد. مشاهده شد که در نزدیکی چهار بخش از مناطق آنومالی شناسایی شده، دهانه اکتشافی احداث شده و استخراج زغالسنگ انجام می شود. با همانطور که مشخص است در ۶ بخش آنومالی تراکم لایه زغالسنگ شناسایی شده که برای اعتبارسنجی آن، محل آنومالی تراکم زغالسنگ روی نقشه اجرایی

سال نهم ● شماره سوم ● پاییز ه۱۴۰۰

با دوایر زرد رنگ و لایههای مربوط به دهانه اکتشافی با دوایـــر آبـــی رنـــگ نمــایش داده مـــیشــود. استفاده از نقشه تصویرقائم منطقه که از تصاویر گوگـل ارث تهیه شده بود (شکل (۶))، جانمایی لایههای تراکم



شکل ۷: نقشه LST در تاریخ ۲۷/۸/۲۷ (+ETM)



شکل ۸: نقشه LST در تاریخ ۲۰۲۰/۸/۲۸ (OLI)

دمای سطح زمین (LST) با استفاده از رابط ه پلانک و دادههای لندست بر آورد شده و حدآستانه برای LST حاصل از تصویر ETM+ برابر با ۱۵٬۱۴ درجه سانتیگراد و برای LST حاصل از تصویر OLI برابر با ۱۴٬۰۲ درجه سانتیگراد حاصل شد که نتایج آن در شکل های ۷ و ۸ ارائه می شود. مقادیر حد آستانه LST ، با استفاده از مجموع میانگین به اضافه دوبرابر انحراف معیار LST (رابط (۱۰))، برای هر دو سال جهت تشخیص و ترسیم پیکسل های پتانسیل دار خطر آتش تخمین زده

به دلیل محدودیتهای ایاب و ذهاب، شرایط آب و هوایی و توپوگرافی منطقه، امکان برداشت میدانی دمای سطحی منطقه مقایسه وجود نداشت. جهت اعتبارسنجی نتایج این بخش، از روش ارائه شده توسط بیسوال و همکاران (۲۰۲۰) استفاده شد / ۱۴]. در این بررسی بیشترین LST برآورد شده در منطقه مورد مطالعه در حدود ۲۰ درجه سانتیگراد بود که از اشباع شدگی (حدود ۵۰ درجه سانتیگراد) دور است و نتایج قابل اعتماد هستند.



شکل ۹- نقشه تغییرات LST بین دو تاریخ مورد مطالعه

با توجه به شکلهای (۷) و (۸) ، قسمتهای قرمز رنگ پتانس از منظر دمای سطحی زمین و حدآستانه اعمال شده، رنگ دارای خطر آتش شناسایی شدهاند و مناطق با سایر می تو رنگ ها دارای پتانسیل خطر نیستند. اما با بررسی هست تغییرات دمایی مابین دو تاریخ مورد نظر، مشخص شد لایه تغییرات دمایی مابین دو تاریخ مورد نظر، مشخص شد یا بخش قابل توجهی از محدوده معدن دچار افزایش پتانس دمای ۲-۴ درجهای شده (رنگ زرد) و بخشهای داده کوچکی با افزایش دمای ۴-۶ درجهای مواجه شده و به

پتانسیل خطر نزدیک میشوند. قسمتهایی که دارای رنگ قرمز هستند، افزایش دمای ۶-۸ درجهای داشته و میتوانند خطرناک باشند، از محدوده معدن خارج هستند و روی ارتفاعات قرار می گیرند و از طرف دیگر از لایههای متراکم زغالسنگ دور هستند، در نتیجه پتانسیل خطر آتش را ندارند که در شکل (۹) نمایش داده می شود.

برای بررسی بیشتر خطر ناشی از افزایش دما، لایه های

برداری مناطق خطر موجود، مناطق خطر آینده و لایههای متراکم زغالسنگ در یک نقشه مورد مطالعه

قرار گرفت (شکل (۱۰)). بر اساس تئوری ارائه شده در روش تحقیق، وجود لایههای با تراکم بالای زغالسنگ

(دوایر زرد رنگ)، پتانسیل خطر آتش از نقشه LST

(دوایر بنفش رنگ)و همچنین مناطق دارای پتانسیل

افزایش دما که در شکل (۹) ارائه شد (منحنیهای سبز

رنگ)، مناطق دارای خطر آتشسوزی اولویت بندی شد

که در شکل (۱۰) ارائه شـد. در ایـن شـکل دایـرههـای

مشکی رنگ بنابر بزرگی شعاع میزان خطر آتش

همانطور که بیان گردید، جهت مطالعه تغییرات

ساختاری و ارتفاعی محدوده معدنی مورد مطالعه از تصاویر راداری سنتینل ۱ در ۳ تاریخ استفاده شد و با

اعمال روش تداخلسنجی راداری در نرم افزار اسنپ مدل ارتفاعی و میزان تغییرات ارتفاعی سطح

زغالسنگ را نمایش میدهند.

سال نهم شماره سوم پاییز ه ۱۴۰



شکل ۱۰- نقشه اولویت بندی خطر آتشسوزی بر اساس وجود لایه متراکم، وجود خطر از منظر LST و نزدیکی دمای سطح پیرامونی به حدآستانه خطر(دایره مشکی بزرگتر دارای خطر بیشتر است).

(فرونشست) با پلاریزه^۱۷۷ تصاویر استخراج گردید که به ترتیب در شکل (۱۱) و (۱۳) ارائه می گردد. جهت اعتبارسنجی مدل ارتفاعی راداری، این محصول با مدل ارتفاعی بدست آمده از تصاویر هوایی (شکل (۱۲)) منطقه مقایسه شد.

این دو مدل در حالت کلی بسیار به یکدیگر شبیه هستند، اما مدل ارتفاعی رادارای نسبت به مدل فتوگرامتری یک جابجایی ارتفاعی ۱۵ متری دارد که ناشی از تفاوت در اعداد ارتفاعی مطلق محدوده است. با اعمال جابجایی و ایجاد بازه ارتفاعی مشترک، هر دو مدل بر هم منطبق شدند و تغییرات ارتفاعی در هر دو مدل ارتفاعی تقریبا یکسان هستند. در بخشهایی از محدوده نیز عدم انطباق اعداد ارتفاعی وجود داشت کهاین اختلاف در بیشترین حالت برابر ۵٬۸۷ متر بدست آمد.

[DOR: 20.1001.1.20089635.1400.9.3.4.5]

Downloaded from jgit.kntu.ac.ir on 2025-07-04

VV-POLARIZED

شناسـایی تغییـرات مکـانی – حر ارتـی و منـاطق پرخطـر ...



شکل ۱۱: نقشه مدل ارتفاعی محدوده معدن (حاصل از تداخل سنجی راداری سنتینل (VV-polarized)



شکل ۱۲: نقشه مدل ارتفاعی محدوده معدن (حاصل از روش فتوگرامتری هوایی)

همچنین در قسمت قهوهای رنگ نیز تا حدود ۵ سانتیمتر افزایش ارتفاع داشته است. بنابر نقشه

با توجه به شکل (۱۳)، بخش سفید رنگ از سال ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۰ تا حدود ۹ سانتیمتر فرونشست داشـته اسـت.

نشریہ علمی – مہندسی فناوری اطلاعات مکانی

زمینشناسی در شکل (۳)، قسمتهای دارای

فرونشست دارای جنس ماسه سنگی بوده و از استحکام

ضعیفی در حفظ اسکلت خود برخوردار هستند. جهت

اعتبارسنجی نتیجهاین بخش، با بررسی های میدانی

مشخص شد که محدوده مورد مطالعه در قسمت دایـره زرد رنگ چندین بار در سال گذشته دچار ریـزش شـده

سال نهم • شماره سوم • پاییز ه ۱۴۰

است کهاین قسمت انطباق کامل با نقشه جابجایی ارتفاعی (فرونشست) ارائه شده در شکل(۱۳) دارد. در نتیجه قسمتهای سفید رنگ دارای پتانسیل خطر ریزش هستند. دهانههای اکتشافی نیز با دوایر آبی رنگ جانمایی شدهاند که ۳ دهانه در معرض خطر ریزش هستند.



شکل ۱۳: نقشه مدل تغییرات ارتفاعی در سطح محدوده معدن (حاصل از تداخلسنجی راداری سنتینل۱*-VV-polarized)*

۶- نتیجه گیری

در مطالعه حاضر تلاش شد تا روشی برای شناسایی کامل خطرات اصلی موجود در معادن زغالسنگ یعنی تشخیص خطر آتش و خطر ریزش در معادن زغالسنگ با استفاده از تکنیکهای سنجش از دوری و آشکارسازی تغییرات این خطرات در محدوده معدنی گانو در غرب دامغان طی سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ ارائه شود.

نتایج مطالعه نشان داد که روشهای پیشنهادی برای دادههای سنجش از دور اپتیکی استفاده شده میتواند با استخراج صحیح لایههای تراکم زغالسنگ و نقشه

LST در مناطق معدنی زغالسنگ، خطر آتشسوزی زیرسطحی یا سطحی را پیش بینی کند و همچنین انتشار یا روند خطر آتش سوزی را که در یک دوره مشخص اتفاق می افتد، مطالعه کند. مناطق آتش سوزی زغال سنگ بر اساس مقدار حد آستانه پویای LST برای داده های چند زمانی لندست شناسایی شد. نتایج مطالعه نشان داد که پوشش محدوده خطر آتش از سال معالعه نشان داد که پوشش محدوده خطر آتش از سال میرمربع) افزایش یافته است. در همین دوره زمانی، میاطق جدید دارای خطر آتش سوزی برابر (۱۰۱۶۰ مترمربع) اضافه شده است. علاوه بر این حدود ۱/۱۶ شناسـایی تغییـر ات مکـانی – حر ارتـی و منـاطق پرخطـر ... احمد رجیی و رضا شاہ حسینی

ریزشهای متعدد معدن در سال گذشته در این منطقه صحت نتایج را تایید کرد. این نشان میدهد که در حال حاضر قبل از آنکه وضعیت وخیم تر شود وضعیت هشدار دهندهای برای انجام اقدام لازم، ایجاد شده است،.

- [1] H. Heidari, "Iranian Coal Tectonics", First Coal National Congress, Shahroud, 2012.
- [2] K. Brooks, and D. Glasser, "A Simplified Model of Spontaneous Combustion in Coal Stockpiles", Fuel 65: 1035–1041, 1986.
- [3] K. Brooks, V. Balakotaiah, and D. Luss, " Effect of Natural Convection on Spontaneous Combustion of Coal Stockpiles", AIChE Journal 34 (3): 353 – 365, 1988.
- [4] J. N. Carras, S. J. Day, A. Saghafi, and D. J. Williams, "Greenhouse Gas Emissions from Low-Temperature Oxidation and Spontaneous Combustion at Open-Cut Coal Mines in Australia", International Journal of Coal Geology 78 (2): 161 – 168, 2009.
- [5] R. V. K. Singh, "Spontaneous Heating and Fire in Coal Mines", Procardia Engineering 62: 78 - 90, 2013.
- [6] C. Kuenzer, and G. B. Stracher, " Geomorphology of Coal Seam Fires", Geomorphology 138 (1): 209 – 222, 2012.
- [7] P. K. Gangopadhyay, "Coal Fire Detection and Monitoring in Wuda North China - A Multi- Spectral and Multi-Sensor TIR Approach", MSc Thesis, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede, Netherlands, 19p, 2003.
- [8] E. A. Wrigley, "Energy and the English Industrial Revolution", Cambridge: Cambridge University Press, 2010.
- [9] C. Kuenzer, and G. B. Stracher, " Geomorphology of Coal Seam Fires",

کیلومترمربع با پتانسیل کم خطر آتشسوزی در حال نزدیکی به مرز پرخطر می باشد. همچنین با استفاده از تصاویر راداری در زمان های مختلف، خطر فرونشست و ریزش این معادن را با دقت سانتیمتری برآورد شد. بخشی با وسعت ۴۸/۰کیلومترمربع دارای فرونشست پلهای شده و از نظر ریزش بسیار خطرناک است که

مراجع

Geomorphology 138 (1): 209 - 222,2012.

- [10] R. Kumar, S. Sharma, and S. Muniyan. " Environmental Issues of Coal Mines and Its Allied Industries : Volume - I", In International Conference and Exhibition on Energy & Environment : Challenges & Opportunities: 332 - 339. Vol. 1. New Delhi,2019.
- [11] C. Kuenzer, C. Hecker, J. Zhang, S. Wessling, and W. Wagner, "The Potential of Multidiurnal MODIS Thermal Band Data for Coal Fire Detection", International Journal of Remote Sensing 29 (3): 923 - 944, 2008.
- [12] E. Vermote, C. Justice, M. Claverie, and B. Franch, "Preliminary Analysis of the Performance of the Landsat 8/OLI Land Surface Reflectance Product", Remote Sensing of Environment 185: 46 - 56, 2016.
- [13] B. Praveen, and D. Gupta, " Multispectral-TIR Data Analysis by Split Window Algorithm for Coal Fire Detection and Monitoring", International Journal of Humanities and Social Science Invention 6 (5): 7 - 19, 2017.
- [14] S. Biswal, S. Gorai, "Change detection analysis in coverage area of coal fire from 2009 to 2019 in Jharia Coalfield using remote sensing data", International Journal of Remote Sensing 41(24):9545-9564, 2020.
- [15] A. Bhattacharya, and S. Reddy, " Underground and Surface Coal Mine Fire Detection in India's Jharia Coal Field

سال نهم • شماره سوم • پاییز ه ۱۴۰

Using Airborne Thermal Infrared Data", Asian Pacific Remote Sensing Journal 7: 59 - 73, 1994.

- [16] C. S. S. Reddy, S. K. Srivastav, and A. Bhattacharya, "Application of Thematic Mapper Short Wavelength Infrared Data for the Detection and Monitoring of High Temperature Related Geoenvironmental Features", International Journal of Remote Sensing 14 (17): 3125 - 3132, 1993.
- [17] P. K. Gangopadhyay, B. Maathuis, and P. V. Dijk, "ASTER-Derived Emissivity and Coal-Fire Related Surface Temperature Anomaly: A Case Study in Wuda, North China", International Journal of Remote Sensing 26 (24): 5555 - 5571, 2005.
- [18] S. Wessling, C. Kuenzer, W. Kessels, and M. W. Wuttke, "Numerical Modeling for Analyzing Thermal Surface Anomalies Induced by Underground Coal Fires", International Journal of Coal Geology 74 (3 - 4): 175 - 184, 2008.
- [19] L. Giglio, I. Csiszar, A. Restas, J. T. Morisette, W. Schroeder, D. Morton, and C. O. Justice, "Active Fire Detection and Characterization with the Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER)", Remote Sensing of Environment 112 (6): 3055 – 3063, 2008.
- [20] R. K. Mishra, P. P. Bahuguna, and V. K. Singh, "Detection of Coal Mine Fire in Jharia Coal Field Using Landsat-7 ETM+ Data", International Journal of Coal Geology 86 (1): 73 - 78, 2011.
- [21] X. Yu, X. Guo, and Z. Wu, "Land Surface Temperature Retrieval from Landsat-8 TIRS Comparison between Radiative Transfer Equation-Based Method, Split Window Algorithm and Single Channel Method", Remote Sensing 6 (10): 9829 – 9852, 2014.
- [22] W. Schroeder, P. Oliva, L. Giglio, B.

Quayle, E. Lorenz, and F. Morelli, "Active Fire Detection Using Landsat –8/OLI Data ", Remote Sensing of Environment 185: 210 – 220, 2016.

- [23] T. Wang, J. Shi, Y. Ma, L. Husi, E. Comyn-Platt, D. Ji, T. Zhao, and C. Xiong, " Recovering Land Surface Temperature under Cloudy Skies considering the Solar-Cloud-Satellite Geometry: Application to MODIS and Landsat-8 Data", Journal of Geophysical Research: Atmospheres 124 (6): 3401 - 3416, 2019.
- [24] S. Yan, K. Shi, Y. Li, J. Liu, "Integration of Satellite Remote Sensing Data in Underground Coal Fire Detection: A Case Study of the Fukang Region, Xinjiang, China", Frontiers of Earth Science 14 (1): 1 - 12, 2019.
- [25] G. Forkuor, T. Ullmann, M. Griesbeck, "Mapping andMonitoring Small-ScaleMining Activities in Ghana using Sentinel-1 Time Series (2015–2019)", Remote Sens, 12, 911,2020.
- [26] "Using the USGS Landsat 8 product." Accessed: Mar. 29, 2017. [Online].
- [27] S. A. Drury, "Image Interpretation in Geology", London, U.K.: Chapman & Hall, 1993.
- [28] J. Mukherjee, J. Mukherjee, D. Chakravarty, S. Aikat, "A Novel Index to Detect Opencast Coal Mine Areas From Landsat 8 OLI/TIRS", IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing PP(99):1-7, 2019.
- [29] J. A. Sobrino, J. C. Jimenez-Munoz, G. Soria, M. Romaguera, L. Guanter, J. Moreno, A. Plaza, and P. Martinez, "Land Surface Emissivity Retrieval from Different VNIR and TIR Sensors." IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 46 (2): 316 327, 2008.
- [30] D. Skoković, J. A. Sobrino, J. C. Jimenez-Munoz, G. Soria, Y. Julien, C. Mattar, and

J. Cristobal, "Calibration and Validation of Land Surface Temperature for Landsat 8-TIRS Sensor TIRS Landsat -8 Characteristics." LPVE (Land Product Validation and Evolution): ESA/ESRIN 27, 2014.

- [31] T. N. Carlson, and D. A. Ripley, "On the Relation between NDVI, Fractional Vegetation Cover, and Leaf Area Index." Remote Sensing of Environment 62 (3): 241–252, 1997.
- [32] J. A. Sobrino, J. C. Jimenez-Munoz, and L. Paolini, "Land Surface Temperature Retrieval from Landsat TM 5." Remote Sensing of Environment 90 (4): 434 - 440, 2004.



Journal of Geospatial Information Technology Vol.9 No.3, Autumn 2021

Research Paper

Spatial-thermal changes and high risk areas detection in Gano coal mine area using satellite images from 2000 to 2020 (Northwest of Damghan)

Ahmad Rajabi¹, Reza shahhosseini^{2*}

1- Phd Student of Remote Sensing in School of Surveying & Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran 2-Assistant Professor in School of Surveying & Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran

Abstract

In coal mines, fires and explosions due to temperature rising and high coal density are the most likely hazards. Due to the looseness of the coal-bearing terrestrial layers, there are also risks of collapsing extraction tunnels. Therefore, in order to manage the risk in coal mines, the risk model in these areas should be studied periodically. The purpose of this study is to comprehensively study the changes in the region in order to introduce those parts of the mine zone that are in danger due to the surface and altitude thermal changes. In the present study, the identification of thermal changes in Gano coal mine from 2000 to 2020 using Landsat satellite data and surface elevation changes of the mine from 2014 to 2020 using Sentinel1 radar data in the northwest of Damghan is done. In this study, first, the parts of the study area where the density of coal seams is high, is determined using the normalized index of two Landsat data bands (SWIR1 and SWIR2 bands) and the experimental threshold of 0.06. The surface temperature (LST) was also estimated by using the Planck relationship and Landsat data. LST threshold values were estimated for both years in order to detect fire-hazardous pixels. By using radar interferometry and the images of 2014 and 2020 Sentinel1 satellite of the region, the digital elevation model and altitude changes of the mine area were extracted. The maximum subsidence was about 9 cm, which had fallen and caused casualties during the field visit.

Key words: Coal, Fire Hazard, LST, Landsat, Sentinell.

Correspondence Address: Photogrammetry & Remote Sensing Group, School of Surveying & Geospatial Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran. Tel: +98 21 61114527 Email: rshahosseini@ut.ac.ir