پایش چندزمانه رفتار پویایی میدان ماسه‌ای غرب کویر دامغان (۲۰۱۶-۱۹۷۲)

سید حجت موسوی[۱]

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۰۶/۲٤ تاریخ پذیرش مقاله: ۹٦/۰۷/۰۸

****

چکیده

عواملی نظیر فقر پوشش گیاهی و افزایش خشکسالی‌های ناشی‌از گرمایش جهانی، منجربه پویایی ریگزارها با سرعت‌های مختلف درجهات متعدد شده‌است که فعالیت‌های انسانی، حمل‌ونقل، بهداشت و اقتصاد را تهدید می‌کند. بنابراین پایش پویایی زمانی- مکانی میدان‌های ماسه‌ای و شناسایی جهات توسعهٔ آنها، اهمیت ویژه‌ای در مدیریت محیط مناطق خشک و حفظ منابع طبیعی دارد. لذا هدف از این پژوهش پایش چندزمانهٔ رفتار پویایی ریگ غربی کویر دامغان در قالب ۳ بازهٔ ۱۵ ساله (۲۰۱٦-۱۹۷۲) ازطریق داده‌ها و روش‌های دورسنجی است. دراین راستا پایگاه دادهٔ فضایی با اخذ تصاویر MSS (۱۹۷۲)، TM (۱۹۸۷)، ETM^+ (۲۰۰۲) و OLI (۲۰۱٦) تکمیل گردید. سپس از روش‌های ترکیبات رنگی، تبدیلات IHS و طبقه‌بندی نظارتی حداکثر احتمال برای بارزسازی محدودهٔ مکانی ریگ، و از روش تفاضل تصاویر و محاسبهٔ سطح طبقات تغییر جهت بررسی نوع و روند تغییرات بهره‌گیری شد. نتایج نشان می‌دهد که محدوده ریگ در ۱۹۸۷ نسبت‌به ۱۹۷۲، ٦/۷۲۲۵ کیلومترمربع کاهش یافته‌است. در بازه دوم، روند معکوس شده و ریگ در ۲۰۰۲ نسبت‌به ۱۹۷۲ و ۱۹۸۷، به‌ترتیب ۱۷/۳٦۵۹ و ۲٤/۰۸۸۵ کیلومترمربع گسترده‌تر شده‌است. در بازه سوم پویایی ریگ کاهش یافته، و وسعت آن در ۲۰۱٦ نسبت‌به ۱۹۷۲، ۱۹۸۷ و ۲۰۰۲، به‌ترتیب ۲۵/٦۱۷۸، ۱۸/۸۹۵۲ و ٤۲/۹۸۳۷ کیلومترمربع کمتر شده‌است که بیانگر بیلان منفی ماسه می‌باشد. نتایج پایش تغییرات حاکی‌از وجود حداکثر مساحت تغییرات افزایشی، کاهشی و بدون‌تغییر با ۳۸/۲۸۳۳، ٤۳/۹۸۲۹ و ۵۸/۳۵۰٦ کیلومترمربع به‌ترتیب در بازه‌های ۲۰۰۲-۱۹۸۷، ۱۹۸۷-۱۹۷۲ و ۲۰۱٦-۲۰۰۲ است. این تغییرات در حواشی ریگ به‌صورت ممتد و تقریباً یکنواخت گستردگی دارد، ولی بیشتر در قسمت‌های شرقی، شمال‌شرقی و جنوب‌غربی مشاهده می‌شود که نمایانگر عملکرد مثبت طرح‌های بیابان‌زدایی درقالب پروژه‌های تثبیت ماسه‌های روان ازطریق کاشت گیاه تاغ و خودسازمانی اکوسیستم در نتیجه زادآوری طبیعی این گونهٔ‌گیاهی است. در مجموع اگرچه کلیّت ریگ با وسعت ٤۵ کیلومترمربع تقریباً ثابت است اما گستردگی تغییرات کاهشی و افزایشی به‌ترتیب با مساحت ۷۵ و ٤۹ کیلومترمربع مخاطره‌آمیز بوده و نیازمند عملیات تثبیت می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پایش رفتار، پویایی ریگ، دورسنجی، کویر دامغان، میدان ماسه‌ای.

****

۱- استادیار گروه جغرافیا و اکوتوریسم، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران. homusavi15@kashanu@.ac.ir

۱- مقدمه

یکی از مهمترین مخاطرات محیطی که همه ساله سبب واردآوردن خسارت‌های زیادی به ویژه در مناطق خشک و بیابانی می‌شود، توفان‌های ماسه‌ای و حرکت ماسه‌های روان در نتیجه جابجایی ریگزارها است. تشکیل میدان‌های ماسه‌ای و ریگزارها از ویژگی‌های ژئومورفیک مناطق خشک و فراخشک است، بطوری که رسوبات بادی حدود ٦ درصد سطح خشکی‌های کره زمین و به طور متوسط ۲۰ درصد از مناطق خشک دنیا را پوشش می‌دهند *(رفاهی، ۱۳۸۸: ۱۸۵)*. در ایران عواملی نظیر گستردگی در کمربند بیابانی دنیای قدیم، وجود کویرهای متعدد و اینکه بیش از دو سوم وسعت آن را مناطق خشک و نیمه خشک دربرگرفته‌اند، باعث شده است که این پهنه محل وزش بادهای موسمی و محلی بسیاری باشد که در نتیجه آن، آثار فرسایش بادی با چهره‌های مشخص و غالباً کم‌نظیر در مناطق بیابانی و کویری ظاهر گردد.

کل مساحت مناطق تحت تأثیر فرسایش بادی در ایران بالغ بر ٢٤ میلیون هکتار برآورد شده است که حدود ٤/٤ میلیون هکتار آن را منطقهٔ رسوب‌گذاری (ریگزارها)، حدود ۱۲/۸ میلیون هکتار را منطقهٔ برداشت و حدود ٦/٨ میلیون هکتار را منطقهٔ حمل تشکیل می‌دهد *(احمدی، ۱۳۸۷: ۳۲۹)*. در این برآورد، مساحت ریگزارهای ایران حدود ۳/۷۵ درصد وسعت کشور تخمین زده شده است، که بخش عمده‌ای از آن را ماسه‌زارهای فعال و نیمه‌فعال تشکیل می‌دهد. ماسه‌زارهای فعال و نیمه‌فعال با وزش باد جابجا می‌شوند و حرکت ماسه‌های روان موجب کاهش درجه‌ی آسایش ساکنین و از سویی عامل تهدید اراضی زراعی، سکونتگاهی و شریان‌های ارتباطی می‌گردد. هجوم ماسه به مراکز زیستی و اقتصادی، مسدود کردن راه‌های ارتباطی، کاهش حاصلخیزی خاک، ایجاد گردوغبار و مشکلات سلامتی برای انسان از جمله عوارض حرکت ماسه‌زارها و فرسایش بادی می‌باشد *(نگارش و لطیفی، ۱۳۸۸: ۷۳؛ قدیری[1] و همکاران، ۲۰۱۲: ۵۳)*.

فرسایش بادی حاصل دخالت نیرویی است که از جریان هوا منشاء می‌گیرد و در صورتی که شرایط محیطی فراهم باشد، باد ذرات ریز را از زمین برداشته و جابجا می‌کند. در چنین وضعیتی برخورد اجزای متحرک با یکدیگر و با ذرات درشت‌تر در سطح زمین باعث فرسایش بادی می‌شود *(چورلی و همکاران، ۱۳۷۹: ٤١٩)*. حمل ماسه توسط فرآیند باد تحت تاثیر روابط پیچیده غیرخطی صورت می‌گیرد و توسعه عوارض ماسه‌ای متأثر از پدیده خود تنظیمی حاکم بر ژئوسیستم چشم‌انداز بادی است *(باس[2]، ۲۰۰۷: ۳۱۱)*. اگر سرعت باد از ۹ نات فراتر رود، فرسایش بادی در مرحله کاوش و تخریب قرار می‌گیرد. ولی در صورت کاهش سرعت از این مقدار، نوع فرسایش در مرحله رسوب‌گذاری و تراکمی خواهد بود *(محمودی، ۱۳۸۳: ۲۲۷)*. در مرحله رسوب‌گذاری، ذرات با قطر بزرگتر از ۰/۵ میلیمتر به محض برخورد با موانع سطح زمین متوقف می‌شوند. ذرات با قطر ۰/۱ تا ۰/۵ میلیمتر نیز به دنبال کاهش قدرت باد از حرکت باز ایستاده و در پناه موانع به دام می‌افتند. در پایان ذرات با قطر کوچکتر از ۰/۱ میلیمتر پس از رفع آشفتگی هوا به آرامی رسوب کرده و بدون ایجاد فرم خاصی، سراسر قلمرو مسیر خود را می‌پوشانند. از تراکم موضعی ماسه‌های بادی اشکال ویژه‌ای نظیر پیکان‌های ماسه‌ای، نبکا یا تل نباتی، برخان یا پیکرا، سیف یا شمشیر، قورد یا هرم ماسه‌ای و رپیل مارک یا چین و شکن بادی ایجاد می‌شود. درنهایت باد مجموعه اشکال ماسه‌ای را در محلی به دور هم متمرکز می‌سازد که به آن ریگ یا میدان ماسه‌ای اطلاق می‌گردد *(محمودی، ۱۳۸۳: ۲۶۵)*. میدان‌های ماسه‌ای از کنش متقابل جریان باد و بستر محیط نشأت می‌گیرند *(هرسن[3]، ۲۰۰٤: ۵۰۷)*. در اکثر موارد ریگزارها از ماسهٔ متحرک تشکیل شده و مهمترین ویژگی آنها پویایی و تحرکات جانبی است. رفتار پویایی میدان‌های ماسه‌ای و تغییرات زمانی و مکانی آنها تابعی از جریان باد (سرعت، فراوانی و شدت برشی)، عناصر اقلیمی (رطوبت و

1- Ghadiry

2- Bass

3- Hersen

بارش)، مورفولوژی سه بُعدی (حجم و مؤلفه‌های هندسی)، پوشش گیاهی (نوع گونه و درصد تراکم)، ویژگی رسوبات بادی (اندازه، شکل و جنس)، ناهمواری‌های سطح زمین و تعاملاتی است که بین اجزای آنها صورت می‌گیرد *(لنکستر[1]، ۱۹۹٤: ٤٨٣؛ هس و سیمپسون[2]، ۲۰۰٦: ۲۸٦؛ موسوی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۱۱)*. در مطالعات فرسایش بادی بایستی سه بخش منطقهٔ برداشت، حمل و رسوب‌گذاری (ریگ) با دیدگاه سیستمی و در ارتباط با یکدیگر مورد بررسی قرار گیرد تا فعالیت‌های اجرایی با موفقیت همراه باشد *(احمدی، ۱۳۸۷: ٤٠٥)*. لذا هرگونه برنامه‌ریزی به منظور کنترل و تثبیت ماسه‌های روان، مستلزم شناخت ویژگی‌های میدان‌های ماسه‌ای است. با این وجود تحلیل علمی میدان‌های ماسه‌ای و رفتار پویایی آنها می‌تواند در مدیریت محیط مناطق خشک و نیمه‌خشک و استفاده بهینه از منابع طبیعی، اقتصادی و ویژگی‌های تفریحی و توریسمی آنها بسیار مفید و مثمرثمر باشد.

برای آشنایی و پی‌بردن به معضلات محیطی هر منطقه، به منظور برنامه‌ریزی اصولی برای رفع مشکلات حاکم بر وضع اقتصادی و اجتماعی مراکز سکونتگاهی، تولیدی و راه‌های ارتباطی، شناسایی دقیق عوامل محدودکننده لازم و ضروری است و تجزیه و تحلیل علمی آنها جهت نیل به اهداف توسعهٔ پایدار منطقه‌ای کمک شایانی به مراکز علمی و اجرایی می‌کند *(موسوی، ۱۳۸۸: ۸)*. هجوم ماسه‌های روان به تأسیسات زیربنایی، یکی از مهمترین معضلات محیطی بخشی از مناطق غربی حوضه کویر دامغان محسوب می‌گردد. پویایی ماسه‌های متحرک باعث شده سالیانه هزاران تن ماسه بادی، اراضی کشاورزی و مراکز سکونتگاهی و راه‌های دسترسی را در کام خود فرو برده و سبب نابودی آنها، مهاجرت روستاییان و خسارات اقتصادی گردد. این مسائل باعث عدم اجرای طرح‌های محرومیت‌زدایی نظیر ساخت راه‌های ارتباطی، اجرای پروژه‌های عمرانی و کشاورزی شده و سبب ایجاد فقر مضاعف اقتصادی در بین ساکنان منطقه و مهاجرت آنها به مناطق دیگر می‌گردد، که عدم توجه به آن موجب ایجاد یک بحران منطقه‌ای در آینده می‌شود. بنابراین بررسی رفتار پویایی و تغییرپذیری رسوبات بادی در قالب جابجایی ریگزارها، به‌ویژه در مناطق خشک و بیابانی، به‌دلیل تأثیر منفی ماسه‌های متحرک در زندگی انسان، اهمیت ویژه‌ای دارد.

به طور کلی از طریق دو روش می‌توان به بررسی رفتار پویایی و حرکت ریگزارها پرداخت که شامل روش‌های مطالعات مستقیم میدانی یا صحرایی و روش‌های مبتنی بر دورسنجی است. اگر چه روش‌های مطالعه صحرایی دقت بالایی را نشان داده است، ولی به‌دلیل محدودیت‌های استناد مکانی و زمانی و همچنین هزینه‌بر و زمان‌بر بودن آن، روش دورسنجی کاربرد گسترده‌تری دارد *(هرماس[3] و همکاران، ۲۰۱۲: ۵۱)*. لذا با توجه به قابلیت بالای تصاویر ماهواره‌ای نظیر به هنگام بودن، چند طیفی بودن، چند زمانه بودن، پوشش وسیع و افزایش روزافزون توان تفکیک طیفی، مکانی و زمانی، می‌توان از آنها جهت مطالعه و بررسی مراحل مختلف فرآیند پایش تغییرات پدیده‌های سطح زمین و خصوصاً رفتار پویایی ریگزارها استفاده نمود.

در زمینه استفاده از داده‌ها و روش‌های دورسنجی جهت پایش پدیده‌های سطح زمین در چند دههٔ اخیر پژوهش‌های متعددی صورت گرفته است. از مهم‌ترین آنها می‌توان به استفاده از تکنیک‌های مختلف طبقه‌بندی برای تفکیک کاربری و کارایی شاخص‌های متعدد در بارزسازی پدیده‌ها و عوارض بادی اشاره نمود. فریبرگر و دیان[4] *(۱۹۷۹: ۱۳۷)* به‌منظور بررسی ارتباط فرمی تپه‌های ماسه‌ای با رژیم بادی، از تصاویر TM برمبنای تفسیر بصری جهت تفکیک انواع تپه‌ها از نظر مورفولوژی استفاده کردند. گی[5] *(۱۹۹۹: ۲۷۳)* پویایی تپه‌های ماسه‌ای ناحیه نازکا و تاناکا در جنوب پرو را مطالعه نمود و با رابطه‌سنجی بین اندازه، حجم و میزان جابجایی آنها، بیان داشت که سرعت حرکت تپهٔ ماسه‌ای با اندازهٔ آن رابطهٔ معکوس دارد. جانک[6] *(۲۰۰۲: ٤٨٨)* با

1- Lancaster
2- Hesse & Simpson
3- Hermas
4- Fryberger & Dean
5- Gay
6- Janke

استفاده از تصاویر TM طی بازه ۱۹۸٤ تا ۱۹۹۸ به تحلیل جابجایی و پایداری میدان ماسه‌ای در جنوب کلرادو مرکزی پرداخت و اظهار داشت که تپه‌های ماسه‌ای بخش غربی به‌علت گسترش پوشش گیاهی وضعیت کاهشی دارند اما کلیّت ریگ پایدار است و جابجایی آن نگران کننده نیست. *یائو[1] و همکاران (۲۰۰۷: ۸۰)* با بررسی سرعت حرکت تپه‌های ماسه‌ای شمال فلات آلزا در چین از طریق تصاویر ماهواره‌ای لندست طی سال‌های ۱۹۷۳، ۱۹۹۱ و ۲۰۰۰، بیان نمودند که سرعت حرکت تپه‌های مزبور بین ٤ تا ۷/٤ متر در سال متغیر بوده و متوسط سرعت آنها برابر ۵/۳ متر در سال است. *دانیل و هوگز[2] (۲۰۰۷: ٦۳۸)* با شکل‌شناسی تپه‌های ماسه‌ای استرالیا و ارتباط آنها با نوع رژیم فصلی باد، بیان داشتند که این تپه‌ها متحرک بوده و سالیانه ۱۰ تا ۱۵ متر در جهت باد غالب جابجا می‌شوند. *والی[3] و همکاران، (۲۰۰۸: ٤۱۱)* با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای خصوصیات شکل‌شناسی و تحرکات تپه‌های ماسه‌ای بیابان پاتاگونا در آرژانتین را بررسی نموده و وجود این میدان ماسه‌ای را در نتیجه گردش عمومی هوا و خصوصیات خط ساحل بیان کردند. *نکزوایو[4] و همکاران (۲۰۰۹: ۲٤٤۱)* از طریق روش‌های دورسنجی و تصاویر ماهواره‌ای ASTER و SPOT به پایش جابجایی میدان ماسه‌ای فعال پارک ملی درهٔ کوبوک در آلاسکا پرداختند و بیان داشتند که این ریگ با متوسط سرعت ۰/۵ تا ۱/۵ متر درسال جابجا می‌شود. *هرماس[5] و همکاران (۲۰۱۲: ۵۱)* با مطالعهٔ حرکت تپه‌های ماسه‌ای شمال غرب شبه جزیرهٔ سینا در مصر از طریق تصاویر SPOT بیان نمودند که این تپه‌ها با متوسط سرعت ۱۱/۹ متر در سال در جهات شرقی و شمال‌شرقی جابجا می‌شوند. *قدیری[6] و همکاران (۲۰۱۲: ۵۳)* با تدوین یک مدل مبتنی بر GIS تلاش کردند تا با استفاده از تصاویر SPOT طی بازه ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۷ نرخ جابجایی تپه‌های ماسه‌ای در غرب بیابان مصر را ارزیابی کنند و اظهار داشتند که این تپه‌ها به طور متوسط بین ۳ تا ۹ متر در سال حرکت می‌کنند. *وارما[7] و همکاران (۲۰۱٤: ۱۰)* جهت پایش تغییرات تپه‌های ماسه‌ای در بیابان‌های گپی (بازه ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۱)، تار (بازه ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۹) و صحرا (بازه ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۵) از تصاویر ماهواره‌ای لندست و IRS استفاده نمودند و با ارائه یک روش خوشه‌بندی جدید بیان کردند که طی سه دهه تغییراتی در جهت گیری تپه‌ها مشاهده نمی‌شود. *امیراحمدی و همکاران (۲۰۱٤: ۱۲۰)* از طریق روش‌های دورسنجی و تصاویر IRS طی بازه ۲۰۰٦ تا ۲۰۱۳ به ارزیابی تغییرات تپه‌های ماسه‌ای غرب سبزوار پرداختند و نتیجه گرفتند که این تپه‌ها طی ۷ سال ۱۲ تا ٦۲ متر در جهت غرب و جنوب غرب حرکت کردند.

کلینسلی (۱۹٦۵) قلمرو کویرهای شصت گانه ایران و خصوصیات پالئوژئومورفولوژیکی و پالئوکلیماتولوژی آنها را با هدف بررسی امکان بهره‌برداری از آنها به عنوان فرودگاه اضطراری مورد ارزیابی قرار داد و از طریق عکس‌های هوایی ۱۹۵۵ با مقیاس ۱:۵۵۰۰۰، چگونگی پیدایش کویر دامغان، عوارض حاشیه‌ای، رخساره‌ها، تپه‌های ماسه‌ای و کانی‌شناسی آن را بررسی نمود *(کلینسلی، ۱۳۸۱: ۷۲، ترجمه پاشایی)*. کاتبی (۱۳۸۰) با مطالعهٔ رخساره‌های حوضهٔ کویر دامغان به تبیین فرایندهای ژئومورفیک پرداخت و با استفاده از روش تبیین رابطه فرم و فرایند، یک چشم‌انداز کلی از ژئومورفولوژی عمومی منطقه تدوین نمود. *رفیعی امام و همکاران (۱۳۸۳: ۳۲۳)* به منظور بررسی تثبیت ماسه‌های روان و کاهش خسارات ناشی از فرسایش بادی در حوضه کویر دامغان، از تصاویر MSS و ETM^+ مربوط به ۱۳۵٦ و ۱۳۷۹ استفاده نمودند و بیان کردند که به ترتیب افزایش ۱٦۵ و ۲۰٦۷ هکتاری پوشش گیاهی روی تپه‌های ماسه‌ای و اراضی کشاورزی اطراف تپه‌ها موجب تثبیت نسبی آنها شده است. *علوی‌پناه و همکاران (۱۳۸۳: ۱٤۳)* با بررسی وضعیت بیابان‌زایی و تغییرات کاربری اراضی پلایای دامغان از طریق داده‌های

1- Yao
2- Daniell & Hughes
3- Vali
4- Necsoiu
5- Hermas
6- Ghadiry
7- Varma

چندزمانهٔ ماهواره‌ای، روند آن را با تغییرات ٤١ درصدی در سال‌های ۱۹۷۷ تا ۱۹۸۸ و ٦٩ درصدی در سال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۰ روبه‌رشد بیان نمودند. خلیفه و همکاران (۱۳۸٦: ۲۰٤؛ ۱۳۸٦: ٤۰۳) با استفاده از روش‌های پردازش تصاویر سنجنده ETM^+ نظیر افزایش تباین و روشنایی، آستانه‌گیری طیفی، ترکیب رنگی کاذب، فیلترینگ، تحلیل طیفی و تلفیق نتایج به‌دست آمده با اطلاعات بادسنجی اقدام به شناسایی نواحی برداشت بادی در منطقه اردستان و طبس نمودند. *(سرسنگی و همکاران، ۱۳۸٦)* با بررسی میزان تغییرات تپه‌های ماسه‌ای مناطق شرقی و شمال شرقی اهواز، در بازه زمانی ۱۱ ساله از طریق روش‌های دانه‌بندی، SEM، XRD و تصاویر TM و ETM^+ بیان نمودند که وسعت این تپه‌ها به دلیل اجرای طرح‌های بیولوژیکی مبارزه با بیابان‌زایی ۲۰۰۵ هکتار کاهش یافته است. نگارش و لطیفی (۱۳۸۷: ٤۳) روند پیشروی و خصوصیات ژئومورفولوژیکی تپه‌های ماسه‌ای دشت سیستان را ارزیابی نمودند و با ارائه داده‌هایی در رابطه با خصوصیات مورفومتریک آنها، به مدل‌سازی مقدار جابجایی فصلی و سالانه تپه‌ها و بیان عوامل مؤثر بر تحرکات آنها پرداختند. موسوی و همکاران (۱۳۸۸، ۱۳۸۹، ۱۳۹۱، ۱۳۹۲) مورفومتری برخان‌های ریگ چاه‌جام در جنوب کویر حاج علیقلی را بررسی نموده و با استفاده از تحلیل‌های آماری، مدل‌هایی را جهت تخمین مساحت، محیط، حجم و میزان جابجایی سالانه آنها ارائه کردند. *رامشت و همکاران (۱۳۸۹: ۱۷؛ ۱۳۹۲: ۱۲۱)* طی بازه ۱۳٦۹ تا ۱۳۸۳ پویایی طبیعی تپه‌های ماسه‌ای جاسک را با استفاده از عکس‌های هوایی سال ۷۰-۱۳٦۹ و تصاویر IRS سال ۲۰۰۳ در ارتباط با ویژگی اقلیمی، قدرت حمل رسوب توسط باد، پوشش گیاهی و عوامل مؤثر بر جابجایی بررسی نمودند و بیان داشتند که طی ۱۵ سال، مساحت تپه‌های مزبور ۱۰۱٦۹ کیلومترمربع افزایش داشته است. *ایمانی و همکاران (۱۳۹۲: ۱۲۹)* با بررسی تغییرات مورفومتری تپه‌های ماسه‌ای جنوب شرقی عشق آباد طبس در بازه زمانی دوازده ساله (۲۰۱۲-۲۰۰۰) از طریق تصاویر ماهواره‌ای لندست بیان نمودند که مساحت این میدان ماسه‌ای ٤۲/۸۷۲ هکتار کاهش داشته است و عامل اصلی آن اجرای طرح‌های بیولوژیک بیابان‌زدایی در قالب تاغ کاری و همچنین زادآوری طبیعی تاغ می‌باشد. *رضایی و همکاران (۱۳۹۲: ۷۱)* با مطالعه ماسه‌زارهای کویر دامغان اظهار داشتند که به‌علت وجود بادهای دائمی و اغلب شدید، در این منطقه فرسایش بادی حالت فعال دارد و قسمت‌های غرب و شمال‌غرب کویر و محل ورودی جریان‌های هوای خشک در اثر تجمع تپه‌های ماسه‌ای نیازمند عملیات تثبیت است. *توکلی فرد و همکاران (۱۳۹۳: ۳۷)* با تحلیل فعالیت تپه‌های ماسه‌ای بند ریگ کاشان از طریق تصاویر ماهواره‌ای و شاخص لنکاستر بیان نمودند که با سرعت آستانه فرسایش بادی ۱۲ نات، در بیشتر مناطق بند ریگ، تپه‌های ماسه‌ای از نوع فعال بوده و تنها بخش کوچکی در شمال و جنوب آن، دارای تپه‌های بسیار فعال هستند. *احمدپناه و همکاران(۱۳۹۳: ۵۸)* به منظور شناسایی منابع ماسه‌ای ارگ دامغان از خصوصیات دانه‌بندی و مورفوسکوپی ذرات ماسه، داده‌های باد و تصاویر ماهواره‌ای استفاده نمودند و فرایندهای باد و آب را عامل حمل رسوبات تپه‌های ماسه‌ای جدید و قدیم معرفی کردند.

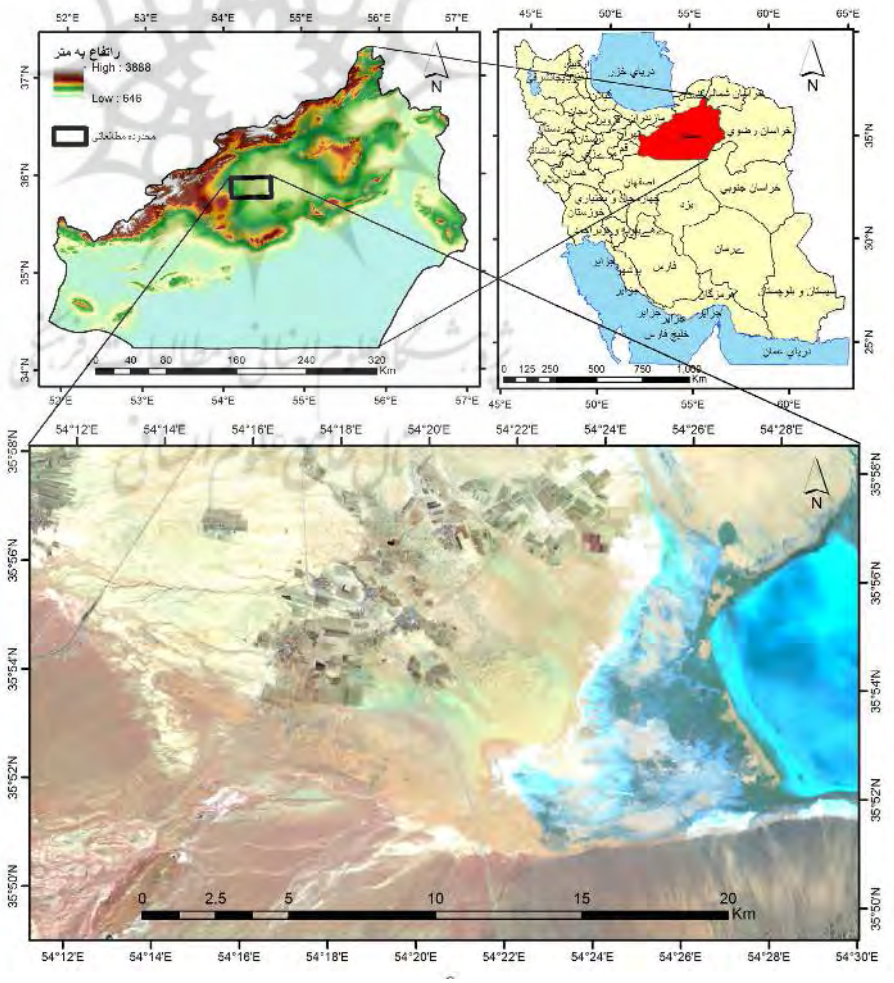
فعال بودن فرسایش بادی در بخش‌های غربی و شمالغربی کویر دامغان *(رضایی و همکاران، ۱۳۹۲: ۷۱)* لزوم مطالعه رفتار پویایی ریگزارهای این منطقه را جهت حفاظت از منابع طبیعی و انسانی تأیید می‌کند. لذا هدف از این پژوهش پایش رفتار پویایی میدان‌های ماسه‌ای غرب کویر دامغان، در بازه زمانی ٤٤ ساله (۲۰۱٦ - ۱۹۷۲) در قالب چهار مقطع زمانی به فاصلهٔ ۱۵ سال (۱۹۷۲، ۱۹۸۷، ۲۰۰۲ و ۲۰۱٦) از طریق تصاویر ماهواره‌ای لندست می‌باشد. بنابراین فرضیات پژوهش عمدتاً بر نوع تغییرات میدان ماسه‌ای غرب کویر دامغان و روند پویشی زمانی و مکانی آن استوار است، تا از این طریق بتوان نواحی روبرو با بحران تحرّک جانبی ریگزارهای روان در منطقه را شناسایی و مدیریت نمود. لذا نتایج حاصل از این پژوهش در مدیریت محیط مبتنی بر نگرش سیستمی مناطق خشک و نیمه‌خشک مثمرثمر بوده و همچنین در شناسایی مناطق بحرانی فرسایش بادی و لزوم

اجرای طرح‌های تثبیت ماسه‌های متحرک ریگزارها، جهت جلوگیری از جابجایی ماسه‌های روان سازنده می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- محدودهٔ مورد مطالعه

حوضه آبخیز دامغان منطقه‌ای مستطیلی شکل با مساحتی برابر ۱۸۷۰۰ کیلومترمربع در امتداد دامنه‌های جنوبی و جنوب شرقی البرز شرقی گسترده شده است. این ناحیه به صورت چاله‌ای مستقل بین رشته کوه‌های البرز و دشت کویر قرار دارد و همانند محورهای اصلی کوهستان البرز در این منطقه، دارای روند شمال‌شرقی - جنوب‌غربی است. کوهستان‌های البرز در قسمت شمال با حداکثر ارتفاع ۳۷۵۰ متر در قله چالوئی بر این دشت مسلّط هستند و کوهستان‌های جنوبی با مرتفع‌ترین نقطه ۲۳۱۹ متری در قله کوه دارستان، حوضهٔ دامغان را از حوضهٔ کویر بزرگ جدا می‌کند. درحالی‌که پست‌ترین نقطه حوضه مربوط به کویر حاج علیقلی بوده و دارای ارتفاع ۱۰۶۰ متری از سطح دریا می‌باشد. قسمت اعظم حوضهٔ کویر دامغان را دشت وسیعی در بر گرفته است که شیبی همگرا و بسیار ملایم به طرف کویر حاج علیقلی دارد. شیب دشت در اطراف کویر به یک درصد و در حواشی آن به حداکثر ۵ درصد می‌رسد. میزان بارندگی سالانه در امتداد دامنه‌های کوهستانی شمالی از حدود ۴۰۰ میلیمتر در مرتفع‌ترین قله‌ها تا ۱۵۰ میلیمتر در دامنه‌های شمالی شهر دامغان تغییر می‌کند، ولی در حدود کویر حاج علیقلی بارندگی به شدت کاهش پیدا کرده و به کمتر از ۱۰۰ میلیمتر می‌رسد *(کلینسلی، ۱۳۸۱: ۷۲)*. کویر حاج



نگاره ۱: موقعیت جغرافیایی منطقهٔ مطالعاتی

جدول ۱: مشخصات پایگاه دادهٔ فضایی تصاویر ماهواره‌ای لندست

سال	سنجنده	مشخصات تصویر	توان تفکیک			
			طیفی	مکانی (اندازه سلول)	رادیومتریک	زمانی
۱۹۷۲	MSS	LM11750351972247AAA05	٤ باند	۸۰ متر	۸ بیت	۱۸ روز
۱۹۸۷	TM	elp163r35_5t19870614	۷ باند	۳۰ و ۱۲۰ متر	۸ بیت	۱٦ روز
۲۰۰۲	ETM^+	LE71630352002326SGS00	۸ باند	۳۰، ٦۰ و ۱۵ متر	۸ بیت	۱٦ روز
۲۰۱٦	OLI	LC81620352016030LGN00	۱۱ باند	۳۰، ۱۵ و ۱۰۰ متر	۱۲ بیت	۱٦ روز

علیقلی (چه‌جام یا چاه‌جام) با وسعت ۲۳۹۱ کیلومترمربع، در جنوب شهر دامغان قرار دارد. این کویر از جنوب به کوه‌های دولت دیار، خرس و ترکمن گدر، از جنوب غربی به کوه‌های پنج کوه و سرخ کوه، از غرب به دهستان فرات، از شمال به شهر دامغان و از شرق به کوه اهوند محدود می‌شود. شیب عمومی این کویر به سمت جنوب‌غربی است و بین ۱۰۵۰ تا ۱۰۹٤ متر از سطح دریا ارتفاع دارد *جعفرپور و همکاران (۱۳٦۸: ۱۰۰ تا ۱۱۵)*. این کویر یک چاله رسوبی - ساختمانی است *(احمدی، ۱۳۸۷: ۱۱٤)* که در حال حاضر تحت تأثیر فرایندهای شکل‌زای مختلف قرار دارد. به دلیل کمبود پوشش گیاهی و ریزش‌های جوی، سیستم‌های شکل‌زایی بادی بر دیگر فرایندها حاکمیت دارند و می‌توان انواع رخساره‌های فرسایشی بادی را در حواشی این کویر مشاهده نمود *موسوی و همکاران (۱۳۸۹: ۱۰٤)*. در غرب و جنوب کویر حاج علیقلی ۸ میدان ماسه‌ای وجود دارد که وسعتی حدود ٤۳/۷۵ کیلومترمربع را پوشش می‌دهند. این پهنه‌ها در مناطقی از قبیل شرق چاه‌جام، علیان، حسن‌آباد، شمال کوه خرگوشی و جنوب تپه شیطان گسترش یافته و متعلق به دورهٔ کواترنر می‌باشند *رضایی و همکاران (۱۳۹۲: ۷۵)*. تودهٔ ریگزار غربی در مجاورت مراکز سکونتگاهی و کشاورزی متعددی نظیر فرات، خورزان، صلح‌آباد، یزدان‌آباد، حسن‌آباد و ده قاضی قرار دارد که پویایی سالانه و تأثیر آن در ایجاد توفان‌های ماسه‌ای و گردوغبار کاملاً آشکار است. این توده با وسعتی حدود ۷۱/۱۵۵ کیلومترمربع در محدوده‌ای به عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ٥٤ درجه و ۱۳ دقیقه تا ٥٤ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی گسترده شده است (نگاره ۱).

۲-۲- روش‌شناسی پژوهش

نوع پژوهش حاضر کاربردی بوده و روش‌شناسی آن تلفیقی از تحلیل‌های دورسنجی است. جهت دسترسی به اهداف نیز از نرم‌افزارهای ArcGIS و ENVI بهره‌گیری شد. در این زمینه ابتدا با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث، موقعیت منطقه مطالعاتی تعیین حدود گردید. سپس پایگاه داده فضایی از طریق دریافت تصاویر ماهواره‌ای لندست طی بازه ۱۹۷۲ تا ۲۰۱٦ تکمیل شد. از آنجایی که جهت پایش رفتار پویایی ریگ از طریق دورسنجی به چند سری تصاویر ماهواره‌ای متعلق به دوره‌های زمانی متعدد نیاز است، در این پژوهش از ٤ سری تصاویر ماهواره لندست، سنجنده‌های MSS، TM، ETM^+ و OLI مربوط به ۳ بازه ۱۵ ساله و ٤ مقطع زمانی ۱۹۷۲، ۱۹۸۷، ۲۰۰۲ و ۲۰۱٦ استفاده شد (جدول ۱). تصاویر مزبور نیز از آرشیو ماهواره لندست در وبگاه سازمان زمین شناسی آمریکا[1] اخذ گردید.

جهت پایش پویایی رفتار ریگزارهای غربی کویر دامغان، پس از تعیین حدود منطقه و تکمیل پایگاه داده ماهواره‌ای، مراحل پیش‌پردازش تصاویر شامل رفع خطاهای رادیومتریک نظیر جاافتادگی و نوارشدگی تصویر و همچنین چینش باندها، موزاییک و برش تصاویر براساس محدوده

1- http://earthexplorer.usgs.gov/

نگاره ۲: روند اجرایی انجام پژوهش

مطالعاتی انجام شد. در گام بعدی جهت تعیین محدوده مکانی ریگزار، تصاویر مزبور از طریق روش‌های ترکیب رنگی حقیقی و کاذب، تبدیلات IHS[1] و همچنین طبقه‌بندی نظارت شده به روش حداکثر احتمال[2] جهت بارزسازی در چهار مقطع زمانی پردازش شدند و از طریق ماتریس خطا[3] مورد ارزیابی دقت قرار گرفتند.

در طبقه‌بندی حداکثر احتمال، کلاسی به پیکسل مورد نظر انتساب داده می‌شود که بیشترین احتمال تعلق پیکسل به آن کلاس وجود دارد. به‌اصطلاح ریاضی می‌توان این منطق را به‌صورت رابطه (۱) نوشت، به‌این معنی که پیکسل با بردار مقادیر طیفی x به کلاس Wi تعلق می‌گیرد اگر مقدار احتمال تعلق پیکسل به این کلاس یعنی $p(W|x)$ بزرگتر از احتمال تعلق به دیگر کلاس‌ها باشد *(رسولی، ۱۳۸۷: ۱۸۶؛ فاطمی و رضایی، ۱۳۹۱: ۲۱۲)*.

1- Intensity, Hue, Saturation
2- Maximum Likelihood
3- Confusion Matrix

رابطه (۱)

$$x \in Wi \text{ if } p(Wi|x) > p(W_j|x) \text{ for all } j \neq i$$

در نهایت از طریق روش تفاضل تصاویر که ارزش عددی هر پیکسل در تاریخ ابتدایی بازه زمانی به‌صورت نظیر به نظیر از تاریخ انتهایی تفریق می‌شود (رابطه ۲)، مبادرت به پایش زمانی و مکانی محدوده ریگ گردید. در رابطه (۲) Δcli_{ij} نوع تغییرات حادث شده در بازه زمانی، $Icli_{ij}$: تصویر طبقه‌بندی شده سال ابتدایی و $Ecli_{ij}$: تصویر طبقه‌بندی شده سال انتهایی بازه هستند.

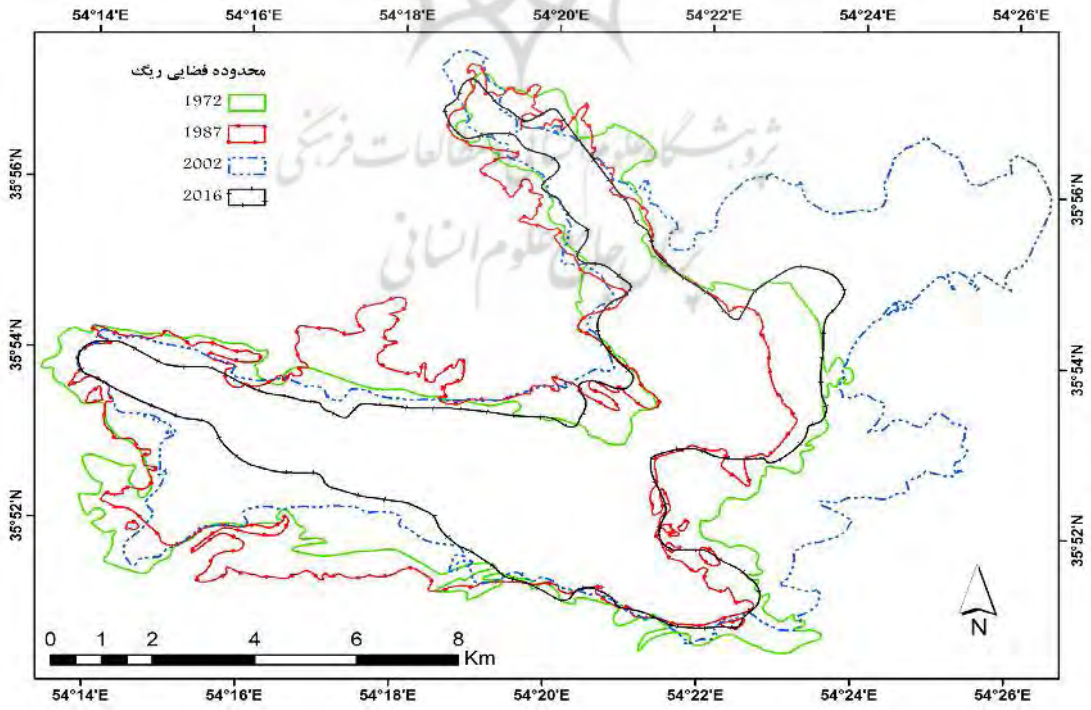
رابطه (۲)

$$\Delta cli_{ij} = Icli_{ij} - Ecli_{ij}$$

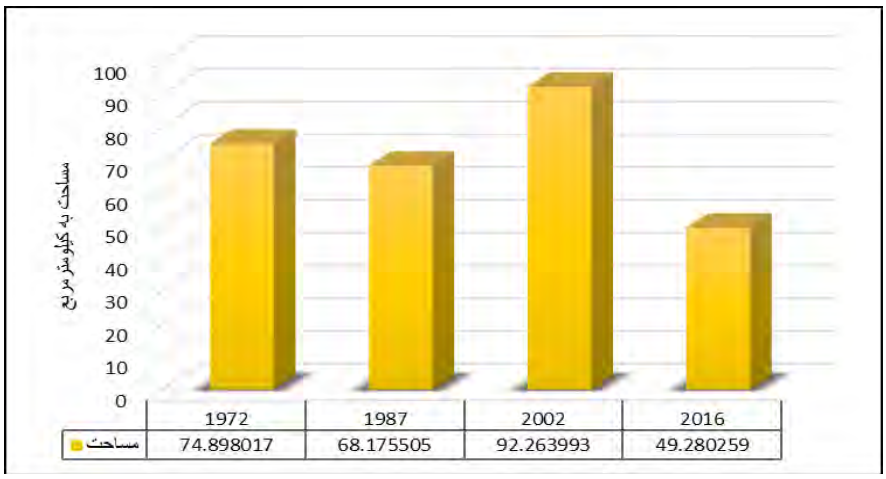
در پایان نیز پس از تفاضل تصاویر، تغییرات حادث شده در قالب سه نوع کاهشی، افزایشی و بدون تغییر مورد ارزیابی قرار گرفت. طبقه بدون تغییر مناطقی را شامل می‌شود که محدوده فضایی ریگ در بازه زمانی مطالعاتی هیچ‌گونه جابجایی مکانی نداشته است، بنابراین، این بخش از ریگ تا حدودی مخاطره آمیز نبوده و نگران کننده نیست. اما کلاس‌های تغییر از نوع کاهشی و افزایشی، بیانگر جابجایی و تحرکات جانبی محدودهٔ ریگ در بُرد مکان بوده و حاکی از وجود مخاطره طبیعی در قالب پویایی میدان ماسه‌ای می‌باشد که نیازمند اقدامات پیشگیرانه و مدیریتی تثبیت ماسه‌های روان است. روند اجرایی پژوهش در نگاره (۲) به تصویر کشیده شده است.

۳- یافته‌های پژوهش

نتایج حاصل از بارزسازی محدوده فضایی ریگ غربی کویر دامغان از طریق روش‌های ترکیب رنگی حقیقی و کاذب، تبدیلات IHS و همچنین طبقه‌بندی نظارتی به روش حداکثر احتمال، طی بازه ٤٤ ساله از ۱۹۷۲ تا ۲۰۱٦ در قالب ٤ مقطع زمانی، در نگاره‌های (۳) و (٤) گزارش شده است. این نتایج حاکی از گستردگی حداکثری محدوده ریگ در سال ۲۰۰۲ با مساحت ۹۲/۲٦٤۱ کیلومترمربع می‌باشد. همچنین حداقل وسعت ریگ نیز با مقدار ٤۹/۲۸۰۳ کیلومترمربع در سال ۲۰۱٦ مشاهده شد.



نگاره ۳: محدودهٔ فضایی ریگ غربی کویر دامغان طی مقاطع زمانی مطالعاتی



نگاره ٤: نتایج مساحت‌سنجی محدودهٔ فضایی ریگ غربی کویر دامغان طی مقاطع زمانی

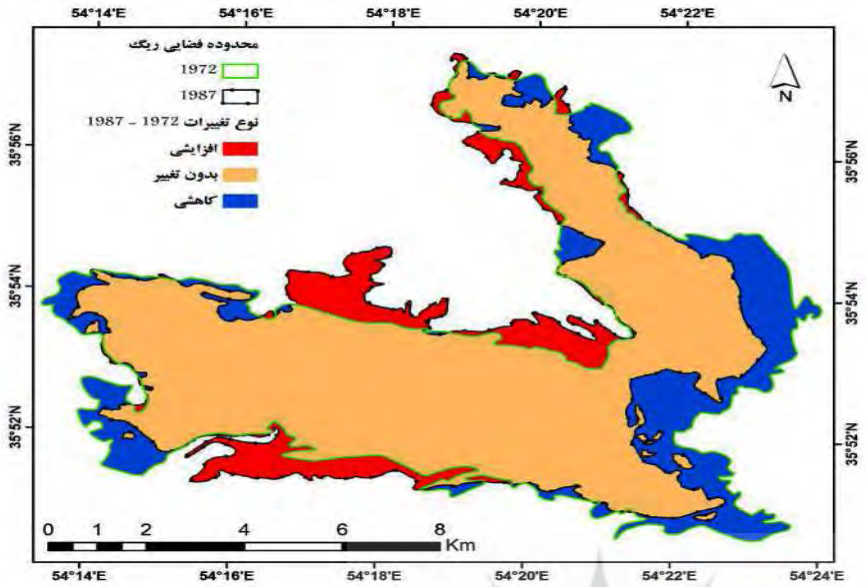
جدول ۲: نتایج مساحت‌سنجی طبقات تغییر ریگ غربی کویر دامغان طی سه بازهٔ ۱۵ ساله از ۱۹۷۲ تا ۲۰۱٦

نوع تغییر / بازه	۱۹۸۷-۱۹۷۲		۲۰۰۲-۱۹۸۷		۲۰۱٦-۲۰۰۲		میانگین کل	انحراف معیار	خطر نسبی
	کیلومترمربع	درصد	کیلومترمربع	درصد	کیلومترمربع	درصد	کیلومترمربع	کیلومترمربع	
افزایشی	۹/۸۲٥٤	۱۱/٥۹	۳۸/۲۸۳۳	۳٥/۹٦	۱/۰۳٥۹	۱/۱۱	۱٦/۳۸۱٦	۱۹/٤٦۹۹	بسیار مخاطره آمیز
کاهشی	۱٦/٥٤۷۹	۱۹/٥۳	۱٤/۲٦۹۳	۱۳/٤۱	٤۳/۹۸۲۹	٤۷/۱٤	۲٤/۹۳۳٤	۱٦/٥۳٦۷	مخاطره آمیز
بدون تغییر	٥۸/۳٥۰٦	٦۸/۸۷	٥۳/۹۰٦۳	٥۰/٦٤	٤۸/۲۸٤۱	٥۱/۷٥	٥۳/٥۱۳٥	٥/۰٤٤٥	مخاطره کم
مجموع	۸٤/۷۲۳٤	۱۰۰	۱۰٦/٤٥۸۸	۱۰۰	۹۳/۳۰۳۱	۱۰۰	---	---	مخاطره آمیز

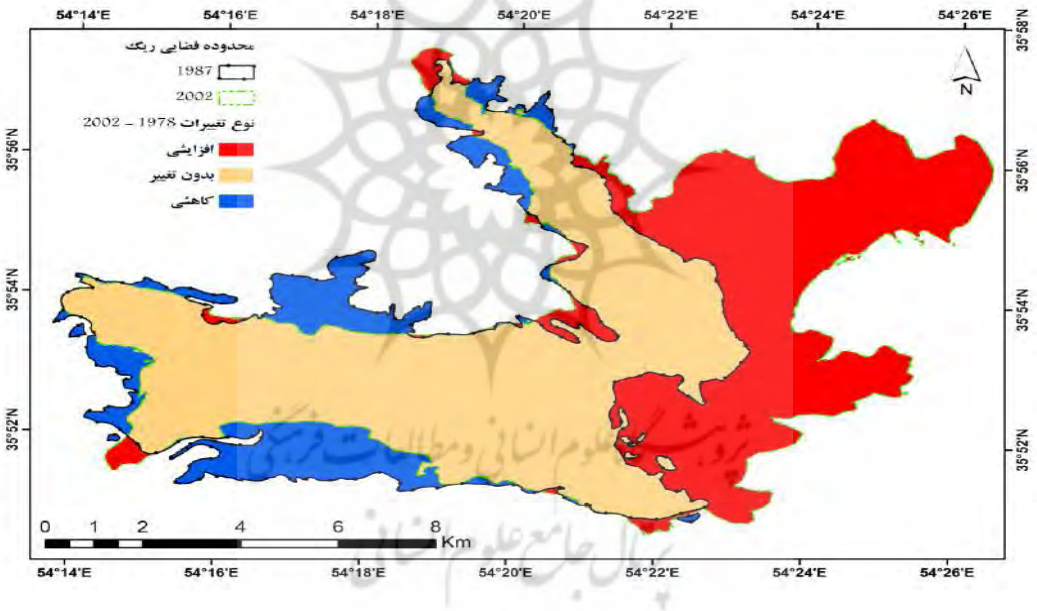
نتایج حاصل از پایش رفتار پویایی ریگ غربی کویر دامغان از طریق تفاضل تصاویر در قالب نگاره‌های (٥) تا (۷) گزارش شده است. با توجه به تغییرات حادث شده، ۳ کلاس تغییرات شامل تغییرات افزایشی، کاهشی و بدون تغییر شناسایی گردید که هر سه کلاس در تمامی بازه‌های ۱٥ ساله مطالعاتی مشاهده می‌شود (نگاره‌های ٥ تا ۷).

نتایج حاصل از مساحت‌سنجی طبقات تغییر ریگ غربی کویر دامغان طی بازه‌های ۳ گانه به صورت جدول (۲) می‌باشد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود بیشینه مساحت طبقات تغییر به طبقه بدون تغییر تعلق دارد که در این میان بازه‌های ۱۹۷۲ تا ۱۹۸۷ و ۲۰۰۲ تا ۲۰۱٦ به‌ترتیب با مقادیر ٥۸/۳٥۰٦ و ٤۸/۲۸٤۱ کیلومترمربع بیشترین و کمترین مساحت را به خود اختصاص داده‌اند. در مقابل کمینه مساحت طبقات تغییر به کلاس تغییرات افزایشی تعلق دارد که بازه‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۲ و ۲۰۰۲ تا ۲۰۱٦ به‌ترتیب با مقادیر ۳۸/۲۸۳۳ و ۱/۰۳٥۹ کیلومترمربع دارای حداکثر و حداقل مساحت هستند. بیشترین و کمترین مساحت طبقه تغییرات کاهشی نیز به ترتیب با مقادیر ٤۳/۹۸۲۹ و ۱٤/۲٦۹۳ کیلومترمربع مربوط به بازه‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱٦ و ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۲ می‌باشد. در این خصوص طبقات بدون تغییر و افزایشی به‌ترتیب با انحراف معیار ٥/۰٤٤٥ و ۱۹/٤٦۹۹ حداقل و حداکثر دامنه تغییرات را طی کل بازه ٤٤ ساله به خود اختصاص داده‌اند.

نتایج حاصل از بررسی روند زمانی دگرگونی‌های مساحتی طبقات تغییر ریگ غربی دامغان به‌صورت نگاره (۸) است که حاکی از وجود روند نزولی در طبقات بدون تغییر و تغییرات افزایشی، و همچنین وجود روند صعودی در طبقه تغییرات کاهشی می‌باشد. روند نزولی طبقه بدون تغییر یکنواخت و پیوسته است. در مقابل روند طبقات تغییرات افزایشی و کاهشی دارای پرش مقطعی در بازه زمانی دوم (۲۰۰۲-۱۹۸۷) هستند، اما روند کلی آنها سیری تقریباً یکنواخت دارد.



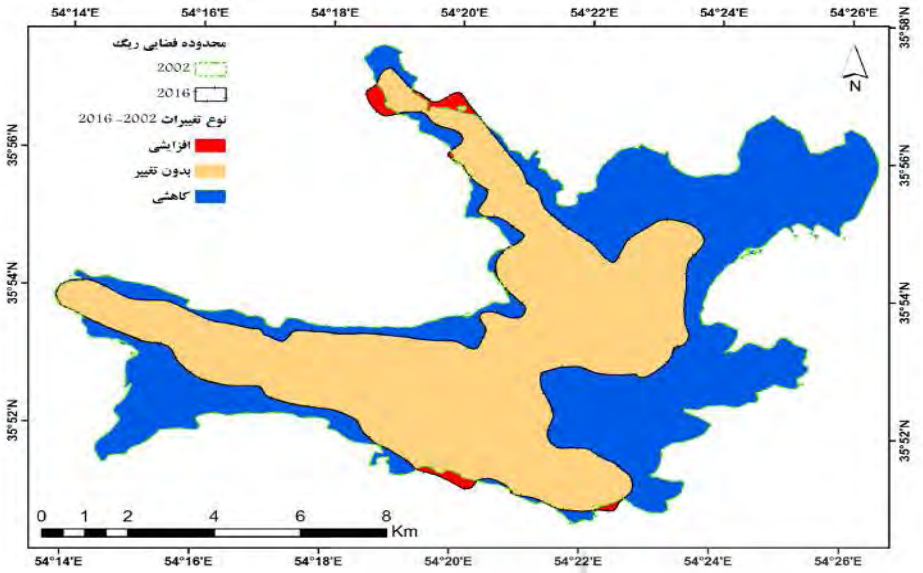
نگاره ۵: پویایی و تغییرات رفتاری ریگ غربی کویر دامغان در بازه ۱۹۷۲ تا ۱۹۸۷



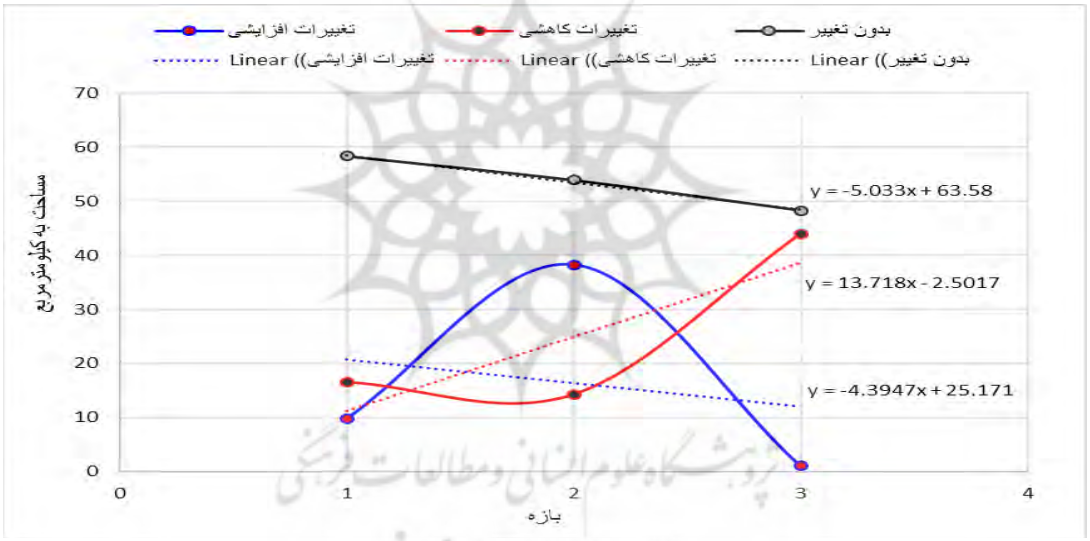
نگاره ٦: پویایی و تغییرات رفتاری ریگ غربی کویر دامغان در بازه ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۲

٤- بحث و نتیجه‌گیری

حرکت ماسه‌های روان به عنوان پیامدی از پویایی و جابجایی ریگزارها، یکی از مهمترین مخاطرات محیطی است که در سال‌های اخیر سبب واردآوردن خسارات زیادی به فعالیت‌های انسانی و اکوسیستم‌های شکننده طبیعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران شده است. لذا با توجه به خسارت‌های عدیده پویایی و توسعه میدان‌های ماسه‌ای، پایش زمانی و مکانی جابجایی آنها از طریق کاربرد گسترده داده‌ها و روش‌های دورسنجی، به‌منظور شناخت محدوده فضایی و تغییرات ریگزارها و همچنین ارائه راهکارهای مدیریتی مناسب در راستای کاهش حرکت و یا تثبیت ماسه‌های روان و حتی ارزیابی طرح‌های بیابان‌زدایی اجرا شده، از اهمیت ویژه‌ای در مجامع علمی و اجرایی برخوردار است. بنابراین پژوهش حاضر به ارزیابی و پایش رفتار



نگاره ۷: پویایی و تغییرات رفتاری ریگ غربی کویر دامغان در بازه ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۶



نگاره ۸: روند زمانی دگرگونی‌های مساحتی طبقات تغییر ریگ غربی دامغان طی سه بازه ۱۵ ساله از ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۶

پویایی میدان ماسه‌ای غرب کویر دامغان در ٤ مقطع و ۳ بازه زمانی ۱۵ ساله از ۱۹۷۲ تا ۲۰۱٦ از طریق داده‌ها و روش‌های دورسنجی و تصاویر ماهواره‌ای لندست پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد که وسعت ریگ غربی کویر دامغان در سال ۱۹۸۷ نسبت به سال ۱۹۷۲، حدود ٦/۷۲۲۵ کیلومترمربع کاهش یافته و عمده این کاهش در بخش‌های جنوب‌غربی و شرقی ریگ اتفاق افتاده است. انقباض جنوب‌غربی ریگ منطبق بر دشت‌سر و منطقه برداشت ماسه بوده و عامل آن انتقال ماسه توسط بادهای محلی با جهت جنوب‌غربی- شمال‌شرقی و تشکیل رخساره سنگ فرش بیابان است. در مقابل انقباض شرقی ریگ ناشی از افزایش رطوبت منشعب شده از کویر حاج علیقلی و همچنین افزایش رطوبت ناشی از زمین‌های کشاورزی مجاور ریگ می‌باشد. در بازه دوم، روند کاملاً معکوس شده و محدوده ریگ در سال ۲۰۰۲ نسبت به سال‌های ۱۹۷۲ و ۱۹۸۷، به‌ترتیب در حدود ۱۷/۳٦۵۹ و ۲٤/۰۸۸۵ کیلومترمربع گسترده‌تر شده است که از نظر مخاطرت محیطی، مخاطره آمیزترین دوره محسوب می‌گردد. در این بازه عمده گسترش

مکانی ریگ به سمت شرق و خصوصاً شمال‌شرق اتفاق افتاده است. این گستردگی می‌تواند ناشی از افزایش شدت خشکسالی و تداوم دوره‌های خشکی و بعضاً رهاسازی زمین‌های کشاورزی باشد. در بازه سوم وضعت بهبود یافته و پویایی ریگ کاهش پیدا کرده است، بدین گونه که وسعت ریگ در سال ۲۰۱٦ نسبت به سال‌های، ۱۹۷۲، ۱۹۸۷ و ۲۰۰۲، به‌ترتیب ۲۵/٦۱۷۸، ۱۸/۸۹۵۲ و ٤۲/۹۸۳۷ کیلومترمربع کاهش یافته است که نشان دهنده بیلان منفی ماسه در ریگ است؛ به عبارتی میزان ماسه ورودی به ریگ به مراتب کمتر از ماسه خروجی از آن بوده است. از لحاظ مکانی انقباض این دوره در حواشی ریگ به صورت متمد و تقریباً یکنواخت گستردگی دارد، ولی در قسمت‌های شرقی، شمال‌شرقی و جنوب‌غربی بیشترین انقباض مشاهده می‌شود. این کاهش در اثر اجرای طرح‌های بیابان‌زدایی در قالب پروژه‌های تثبیت ماسه‌های روان توسط کاشت گیاه تاغ ایجاد شده اشت. این امر نشان دهنده عملکرد و نقش مثبت و موفقیت‌آمیز طرح‌های اجرا شده بیابان‌زدایی است. همچنین به دلیل مساعد بودن شرایط طبیعی و اقلیمی، گونه تاغ توانسته است در منطقه تحت کشت به صورت طبیعی زادآوری داشته باشد که این امر نیز تأثیر مثبتی در راستای تثبیت ماسه‌های روان و کاهش تغییرات ریگزار داشته است.

نتایج پایش پویایی ریگ نیز حاکی از وجود حداکثر مساحت طبقات تغییرات افزایشی، کاهشی و بدون تغییر به ترتیب با مقادیر ۳۸/۲۸۳۳، ٤۳/۹۸۲۹ و ۵۸/۳۵۰٦ کیلومترمربع در بازه‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۲، ۱۹۷۲ تا ۱۹۸۷و ۲۰۰۲ تا ۲۰۱٦ می‌باشد. همچنین طبقات بدون تغییر و افزایشی به ترتیب با انحراف معیار ۵/۰٤٤۵ و ۱۹/٤٦۹۹ حداقل و حداکثر دامنه تغییرات را طی کل بازه ٤٤ ساله به خود اختصاص داده‌اند که نشان می‌دهد کلیّت ریگ با مساحتی در حدود ٤۵ کیلومترمربع تثبیت شده است اما تغییرات گسترده کاهشی و افزایشی به‌ترتیب با مساحت تقریبی ۷۵ و ٤۹ کیلومترمربع مخاطره آمیز بوده و سبب ایجاد خسارت‌های زیادی به اراضی کشاورزی و روستایی می‌شود. روند نزولی تغییر مساحتی طبقات بدون تغییر و تغییرات افزایشی، و همچنین روند صعودی طبقه تغییرات کاهشی بیانگر عملکرد مناسب طرح‌های بیابان‌زدایی و سازگاری و زادآوری گونه تاغ در میدان ماسه‌ای باشد. در عین حال با شناخت فضایی مناطق تغییرات کاهشی و افزایشی، نیاز به اجرای طرح‌های ثبیت ماسه‌های روان احساس می‌شود. در این خصوص فراوانی، جهت و شدت باد نیز یکی از عوامل مؤثر در شکل‌گیری و پویایی میدان‌های ماسه‌ای است. مقدار باد و تغییرات آن در جهات مختلف نیز، اثرات زیادی روی ثبات و پویایی ریگزارها و همچنین مورفولوژی و تغییر شکل رخساره‌های فرسایش بادی دارد. لذا پیشنهاد می‌شود که با شناخت ویژگی‌های فرایند باد و نقاط برداشت ماسه، که مهمترین و اصولی‌ترین راه مبارزه با فرسایش بادی هستند، عملیات مبارزه با فرسایش بادی و کنترل ماسه‌های متحرک از سرمنشاء شروع شود.

منابع و مآخذ

۱- احمدپناه، آرا، مشهدی، کیانیان گل افشان، قربانیان؛ سیدمحمدحسین، هایده، ناصر، محمدکیا، داریوش، ۱۳۹۳؛ مقایسه خصوصیات دانه‌بندی و مورفوسکوپی نهشته‌های بادی جدید و قدیم ارگ دامغان به منظور شناسایی منابع ماسه. پژوهش‌های فرسایش محیطی، سال ٤، شماره ۳، پیاپی ۱۵، صص ۵۸-۷۱.

۲- احمدی، حسن، ۱۳۸۷؛ ژئومورفولوژی کاربردی (بیابان- فرسایش بادی). جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم، تهران، ۷۰٦ صفحه.

۳- ایمانی، عبدالهی، ولی، آلبوعلی؛ رسول، مهدی، عباسعلی، علی، ۱۳۹۲؛ بررسی تغییرات مورفومتری تپه ماسه‌ای با استفاده از روش سنجش از دور (مطالعه موردی: جنوب شرقی عشق‌آباد). پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال ۲، شماره ۳، صص ۱۲۹-۱٤۰.

٤- توکلی‌فرد، قاسمیه، نظری سامانی، مشهدی؛ اصغر، هدی، علی‌اکبر، ناصر، ۱۳۹۳؛ تحلیل میزان فعالیت تپه‌های ماسه‌ای

بند ریگ کاشان با استفاده از شاخص لن‌کستر. مهندسی اکوسیستم بیابان. سال ۳، شماره ۵، صص ۳۷-۴۸.
۵- جعفرپور، اشکوری، فلامکی، محمودی، موسوی؛ شهمیرزادی یغمایی؛ دادخواه، سادات، منصور، فرج‌الله، سید احمد، ملک، ۱۳٦۸؛ بناها و شهر دامغان. انتشارات موسسه علمی و فرهنگی فضا، چاپ اول، تهران، ۳۵۲ صفحه.
٦- چورلی، شوم، سودن؛ ریچارد جی، استانلی ای، دیوید ای؛ ۱۳۸٤؛ ژئومورفولوژی (فرایندهای دامنه‌ای، آبراهه‌ای، ساحلی و بادی). ترجمه: احمد معتمد، جلد سوم، انتشارات سمت، چاپ سوم، تهران، ٤۵۵ صفحه.
۷- خلیفه، پاکپرور، کاویانپور؛ ابراهیم، مجتبی، محمدرضا؛ ۱۳۸٦؛ کاربرد تکنیک‌های فیلتر و نسبت‌گیری طیفی در شناسایی و تفکیک تپه‌های ماسه‌ای قدیمی (غیرفعال) و جدید (فعال) در منطقه طبس. تحقیقات مرتع و بیابان ایران. جلد ۱٤، شمارهٔ ۳، صص ٤۲۰-٤۰۳.
۸- خلیفه، کاویانپور، پاکپرور، وفایی؛ ابراهیم، محمدرضا، مجتبی، سجاد؛ ۱۳۸٦؛ روش پردازش تصاویر ماهواره‌ای و تحلیل باد در شناسایی منابع ماسه تپه‌های ماسه‌ای (منطقه مطالعاتی اردستان). تحقیقات مرتع و بیابان ایران. جلد ۱٤، شمارهٔ ۲، صص ۲۲۱-۲۰٤.
۹- رامشت، سیف، محمودی؛ محمدحسین، عبدالله، شبنم؛ ۱۳۸۹؛ بررسی میزان گسترش تپه‌های ماسه‌ای شرق جاسک در بازه زمانی (۱۳٦۹-۱۳۸۳) با استفاده از GIS و RS. فصلنامه کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در برنامه‌ریزی. سال اول، شماره ۲، صص ۱۷-۲۵.
۱۰- رسولی، علی‌اکبر، ۱۳۸۷؛ مبانی سنجش از دور کاربردی با تأکید بر پردازش تصاویر ماهواره‌ای انتشارات دانشگاه تبریز، چاپ اول، تبریز، ۷۷۷ صفحه.
۱۱- رضایی، میرزایی تابش، نبیونی؛ علی، عاطفه، سیروس؛ ۱۳۹۲؛ ماسه زارهای کویر دامغان. جنگل و مرتع. شماره ۹۵ و ۹٦، صص ۷۱-۷۸.
۱۲- رفاهی، حسینقلی؛ ۱۳۸۸؛ فرسایش بادی و کنترل آن. انتشارات دانشگاه تهران، چاپ پنجم، تهران، ۳۲۰ صفحه.
۱۳- رفیعی‌امام، زهتابیان، احسانی؛ عمار، غلامرضا، امیرهوشنگ؛ ۱۳۸۳؛ بررسی توسعه مزارع و پوشش گیاهی دست کاشت در حاشیه کویر دامغان تحقیقات مرتع و بیابان ایران. دوره ۱۱، شماره ۳، صص ۳۲۳- ۳٤۲.
۱٤- سرسنگی، رنگزن، سلیمانی، آبشیرینی؛ علیرضا، کاظم، بهمن، احسان، ۱۳۸٦؛ استفاده از روش Maximum Likelihood و مدل LMM برای برآورد میزان تغییرات مناطق بیابانی شرق اهواز، بیست و ششمین گردهمایی علوم زمین، تهران، وزارت صنایع و معادن، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
۱۵- علوی‌پناه، احسانی، امیدی؛ سیدکاظم، امیرهوشنگ، پرویز؛ ۱۳۸۳؛ بررسی بیابان‌زایی و تغییرات اراضی پلایای دامغان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای چند زمانه و چند طیفی. بیابان، جلد ۹، شماره ۱، صص ۱٤۳ - ۱۵٤.
۱٦- فاطمی، رضایی؛ سیدباقر، یوسف؛۱۳۹۱؛ مبانی سنجش از دور انتشارات آزاده، چاپ سوم، تهران، ۲۸۸ صفحه.
۱۷- کاتبی، محمد مهدی، ۱۳۸۰؛ بررسی ژئومورفولوژی کویر حاج علیقلی (چه جام). استاد راهنما: محمد حسین رامشت، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته جغرافیای طبیعی، دانشگاه اصفهان، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، گروه جغرافیا.
۱۸- کلینسلی، دانیل، ۱۹٦۵؛ کویرهای ایران و خصوصیات ژئومورفولوژیکی و پالئوکلیماتولوژی آن. ترجمه: عباس پاشایی، ۱۳۸۱، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، چاپ اول، تهران، ۳۲۸ صفحه.
۱۹- محمودی، فرج الله؛ ۱۳۸۳؛ ژئومورفولوژی دینامیک. انتشارات دانشگاه پیام نور، چاپ ششم، تهران، ۳۲٦ صفحه.
۲۰- موسوی، سیدحجت؛ ۱۳۸۸؛ ارزیابی تأثیرات مورفومتری برخان‌ها بر پایداری آنها (مطالعه موردی: ریگ چاه جام)، استاد راهنما: مسعود معیری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته جغرافیای طبیعی، دانشگاه اصفهان، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، گروه جغرافیا.
۲۱- موسوی، معیری، ولی؛ سید حجت، مسعود، عباسعلی؛

۱۳۸۹؛ تلفیق مدلسازی ریاضی و آماری برخان (مطالعه موردی: ریگ چاه‌جام)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۳، صص ۸۳-۹۶.

۲۲- موسوی، ولی، معیری، رنجبر؛ سیدحجت، عباسعلی، مسعود، ابوالفضل، ۱۳۹۲؛ پایش وضعیت بیابان‌زایی کویر حاج علی قلی (۱۹۸۷-۲۰۰۶). پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، شماره ٤، صص ۸۵-۱۰۲.

۲۳- موسوی، ولی، معیری؛ سیدحجت، عباسعلی، مسعود؛۱۳۸۹؛ تأثیر مؤلفه‌های مورفومتری برخان بر میزان جابجایی آن (مطالعه موردی: ریگ چاه‌جام)، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، شماره ۳۸ (۲)، صص ۱۰۱-۱۱۸.

۲٤- نگارش، لطیفی؛ حسین، لیلا، ۱۳۸۸؛ بررسی خسارت‌های ناشی از حرکت ماسه‌های روان در شرق زابل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ٦۷، صص ۷۳-۸۷.

۲۵- نگارش، لطیفی؛ حسین، لیلا، ۱۳۸۷؛ تحلیل ژئومورفولوژیکی روند پیشروی تپه‌های ماسه‌ای شرق دشت سیستان در خشکسالی‌های اخیر. جغرافیا و توسعه، شماره ۱۲، صص ٤۳-٦۰.

26- Amirahmadi, A., Aliabadi, K., Biongh, M., 2014. Evaluation of Changes in Sand Dunes in Southwest of Sabzevar by Satellite Images. International Journal of Scientific & Technology Research. 128-120 :(10)3.

27- Baas, A.C.W., 2007. Complex systems in Geomorphology. Geomorphology. 331-311 :91.

28- Daniell, J., Hughes, M., 2007. The morphology of barchan-shaped sand banks from western Torres Strait, northern Australia. Sedimentary Geology. 652-638 :202.

29- Fryberger, S.G., Dean, G., 1979. Dune forms and wind regime. In: McKee, E.D. (Ed.), A Study of Global Sand Seas, U.S. Geological, U.S. Government Printing O$ce, Washington, D.C. Survey Professional Paper, Vol. 1052. pp. 169-137.

30- Gay, S.P., 1999. Observations regarding the movement of barchan sand dunes in the Nazca to Tanaca area of southern Peru. Geomorphology. 293–279 :27.

31- Ghadiry, M., Shalaby, A., Koch, B., 2012. A new GIS-based model for automated extraction of Sand Dune encroachment case study: Dakhla Oases, western desert of Egypt. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences. 65–53 :15.

32- Hermas, E.S., Leprince, S., El-Magd, I.A., 2012. Retrieving Sand Dune Movements Using Sub-Pixel Correlation of Multi-Temporal Optical Remote Sensing Imagery, Northwest Sinai Peninsula, Egypt. Remote Sensing of Environment. 60-51 :121.

33- Hersen, P., 2004. On the crescentic shape of barchan dunes. The European Physical Journal B 514–507 :37.

34- Hesse, P.P., Simpson, R.L., 2006. Variable vegetation covers and episodic sand movment on longitudinal desert sand dunes. Geomorphology, 291–276 :81.

35- Janke, J.R., 2002. An analysis of the current stability of the Dune Field at Great Sand Dunes National Monument using temporal TM imagery (1998-1984). J. Remote Sensing of Environment. 497-488 :83.

36- Lancaster, N., 1994. Dune morphology and dynamics. In: Abra- hams, Parsons-Eds.., Geomorphology of Desert Environments. Chapman & Hall, London, pp. 505–474.

37- Necsoiu, M., Leprince, S., Hooper, D.M., Dinwiddie, C.L., McGinnis, R.N., Walter, G.R., 2009. Monitoring migration rates of an active subarctic dune field using optical imagery. Remote Sensing of Environment. :113 2447–2441.

38- Valle, H.F.del., Rostagon, F.R.C.M., Coronato, F.R., Bouza, P.J., Blanceo, P.D., 2008. Sand dune activity in north-eastern Patagonia. Journal of arid Environment, :72 422-411.

39- Varma, S., Shah, V., Banerjee, B., Buddhiraju, K.M., 2014. Change Detection of Desert Sand Dunes: A Remote Sensing Approach. Advances in Remote Sensing. 22-10 :3.

40- Yao, Z.Y., Wang, T., Han, Z.W., Zhang, W. M., and Zhao, A. G., 2007. Migration of Sand Dunes on the Northern Alxa Plateau, Inner Mongolia, China, Journal of Arid Environments, 93–80 :(1)70.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی