مطالعات جغرافیایی مناطق خشک

دوره هفتم، شماره‌ی بیستم و هفتم، بهار ۱۳۹۶

دریافت مقاله: ۹۵/۰۶/۱۲ تأیید نهایی: ۹۵/۱۱/۰۸

صص ۳۵-۲۳

ارزیابی نظریه‌ی عدم تغییرات مکانی ریگ‌زارها با استفاده از سنجش‌ازدور

نعمت مال امیری، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی - دانشگاه فردوسی مشهد

سید رضا حسین زاده*، دانشیار ژئومورفولوژی - دانشگاه فردوسی مشهد

رؤیا خسرو شاه‌آبادی، کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی - دانشگاه اصفهان

چکیده

این تحقیق به ارزیابی نظریه عدم تغییرات مکانی ریگ‌زارها می‌پردازد. بر این اساس ریگ‌زارهای کشور با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست در طول ۴۳ سال و تکنیک‌های سنجش‌ازدوری مورد ارزیابی تغییرات مکانی قرار گرفتند. در این پژوهش نتایج روشن ساخت که ریگ‌ها به‌صورت تثبیت‌شده می‌باشند؛ به‌طوری‌که ریگ‌زارها در سال مبدأ (۱۹۷۳) وسعتی بیش از ۳۵۹۰۶ کیلومترمربع را به خود اختصاص داده‌اند و سپس در سال ۲۰۱۶ نیز به همین اندازه وسعت داشته‌اند (۳۵۱۷۳,۵ کیلومترمربع). با استفاده از تجزیه‌وتحلیل آمار بادها و ترسیم گلباد ایستگاه‌های پیرامونی ریگ‌زارها روشن گردید که بیش‌تر ریگ‌زارها تحت تأثیر بادهای محلی چندجهته قرار دارند و وجود تپه‌های ماسه‌ای مرکب نتیجه‌ی همین امر است. هم‌چنین تغییرات لبه‌های ریگ نیز با روی‌هم گذاری تصاویر ماهواره‌ای بررسی گردید که بر این اساس نیز لبه دارای تغییرات محسوسی نبوده و در برخی از موارد لبه‌ها به‌وسیله‌ی انسان دست‌کاری شده است. علاوه بر این، تحلیل نتایج آشکار کرد که ۶۸٪ ریگ‌ها بر روی پهنه‌های کویری توسعه یافته‌اند که به دلیل افزایش خشکی محیطی می‌تواند باعث تغییر در ریگ‌ها گردد. هم‌چنین نتایج این پژوهش روشن ساخت که طرح‌هایی که مبتنی بر تثبیت ریگ‌زارهای بزرگ صورت می‌پذیرد کارایی لازم را نداشته؛ زیرا به‌طور طبیعی ریگ‌زارها در موقعیت مکانی خود تثبیت‌شده می‌باشند. با توجه به این نتایج برای جلوگیری از بروز خسارت‌های مربوط به تپه‌های ماسه‌ای باید به پیرامون ریگ‌زارها توجه شود؛ یعنی مناطقی که مسیر جابه‌جایی تپه‌های ماسه‌ای می‌باشند، چون در مسیر حمل از مبدأ به مقصد یا همان ریگ‌زارها، عوارض ماسه‌ای فعال مانند برخان‌ها اکثر خسارات را به بار می‌آورند.

واژگان کلیدی: ریگ‌زارها، تپه‌های ماسه‌ای، تغییرات مکانی، سنجش‌ازدور.

نویسنده‌ی مسئول: * Email: srhosszadeh@ferdowsi.um.ac.ir

۱- مقدمه

ریگ‌زارها[1] در **فرهنگ عامیانه‌ی ساکنان نواحی خشک ایران** به مناطقی اطلاق می‌شود که مجموعه‌ای از تپه‌های ماسه‌ای محدوده‌های کوچک یا بزرگی را پوشانیده باشند. درواقع، ریگ‌زارها به اشکال مختلف و در وسعت‌های متفاوت نمایشگر مرحله‌ی تراکمی باد هستند(محمودی، ۱۳۸۱: ۷). با توجه به اینکه ایران در کمربند خشک و بیابانی دنیا قرار دارد وسعت قابل‌توجهی از نواحی خشک آن را ریگ‌زارها دربر گرفته‌اند(مقصودی، ۱۳۸۵: ۱۴۹). در ایران بیش از ۲۰ ریگ نسبتاً بزرگ و هم‌چنین ریگ‌های کوچک متعددی با مساحت تقریبی ۳۶۰۰۰ کیلومترمربع(محمـودی، ۱۳۷۳: ۲۷) وجـود دارد. طبق مطالعه‌ای که فرج‌الله محمودی در مورد ریگ‌زارهای ایران داشته‌اند و در کتاب **پراکندگی ریگ‌زارها** معتقدند که محدوده‌ی ریگ‌زارها به‌طور نسبی تثبیت شده است. بررسی این نظریه به دلیل آگاهی از وضعیت ریگ‌زارها که یکی از مهم‌ترین عوارض بیابانی ایران به شمار می‌رود، بسیار پراهمیت جلوه می‌نماید. به دلیل این‌که این مناطق در اقلیم‌های خشک و بسیار خشک و کم آب قرارگرفته‌اند و سالانه فرسایش بادی، حجم عظیمی از ماسه‌ها را جابه‌جا کرده و باعث ایجاد گردوغبارهای فراوان و با شدت نسبتاً زیادی در مناطق پیرامونی این ریگ‌زارها می‌شوند. این گردوغبارها و توفان‌های ماسه‌ای باعث به وجود آمدن خسارت جبران‌ناپذیری می‌شوند که تلاش‌هایی برای جلوگیری از این وقوع این پدیده و جلوگیری از بروز خسارات شده است(مقصودی و همکاران، ۱۳۹۱: ۹۵؛ عباسی و همکاران، ۱۳۹۲: ۳). ازجمله این تلاش‌ها طرح‌های مختلف برای تثبیت ریگ‌زارها بوده است. درواقع با اجرای این طرح‌ها سعی بر این بوده که از گسترش گردوغبارها و ماسه‌های بادی جلوگیری به عمل آمده؛ این در حالی است که در عمل و بر اساس واقعیات موجود تأثیر چندانی نداشته است؛ بنابراین لازم است ابتدا و قبل از انجام طرح‌های تثبیت ریگ‌زارها به این موضوع توجه کرد که آیا ریگ‌زارهای بزرگ به‌طور طبیعی تثبیت‌شده هستند و یا جابه‌جایی در آن‌ها صورت می‌گیرد؟ این پژوهش سعی دارد که جواب این سؤال را بیابد. بر این اساس در این تحقیق تمام ریگ‌زارها در پهنه‌ی کشور با استفاده از تصاویر چندزمانه‌ی ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش‌ازدور مورد ارزیابی قرارگرفته‌اند. امروزه پیشرفت‌های سنجش‌ازدور اجازه می‌دهد که با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش‌ازدور مناطق بزرگ به‌صورت یکپارچه و منظم موردمطالعه قرار گیرند. این مزیت‌ها این امکان را می‌دهد که پدیده‌های مختلف مورفولوژیکی که به‌سختی بر روی زمین قابل‌مشاهده هستند، نقشه‌برداری و تحت نظارت قرار گیرند(گرونولد و همکاران،[2] ۲۰۱۴: ۲). داده‌های ماهواره لندست کمک می‌کنند که با استفاده از تغییرات طیفی پدیده‌ها و بارزسازی آن‌ها، لندفرم‌ها شناسایی و مورد ارزیابی قرار گیرند. تاکنون مطالعات مختلفی در مناطق ریگ‌زارها صورت پذیرفته است که ازجمله آن‌ها می‌توان در خارج از کشور به بگنولد[3] در سال ۱۹۴۱ اشاره کرد که سرعت آستانه‌ی را برای جابه‌جایی ذرات به روش آزمایشگاهی ارائه کرده است و معتقد است که عوارض ماسه‌ای تحت تأثیر قطر ذرات تحول می‌یابند. هم‌چنین لیو[4] در سال ۱۹۶۰ نحوه حرکت و تحول تپه‌های ماسه‌ای را بررسی کرد و به این نتیجه رسید که تپه‌های ماسه‌ای تحت تأثیر شدیدترین بادها الگوی خود را تغییر می‌دهند، لینگ[5] سال ۱۹۹۰ تکامل عوارض ماسه‌ای را در بیابان تکلیم خان مطالعه کرد و تکامل این عوارض را تحت تأثیر ویژگی‌های بستر شکل‌گیری و شدت جابه‌جایی آن‌ها می‌داند. لی و همکاران[6] در ۱۹۹۲ تحولات لندفرم‌ها را مناطق ماسه‌ای بررسی کرد و جهت باد غالب را عامل تغییر در لندفرم‌های ماسه‌ای در ریگ‌زارها عنوان کرد. لیونگستون و همکاران[7] در سال

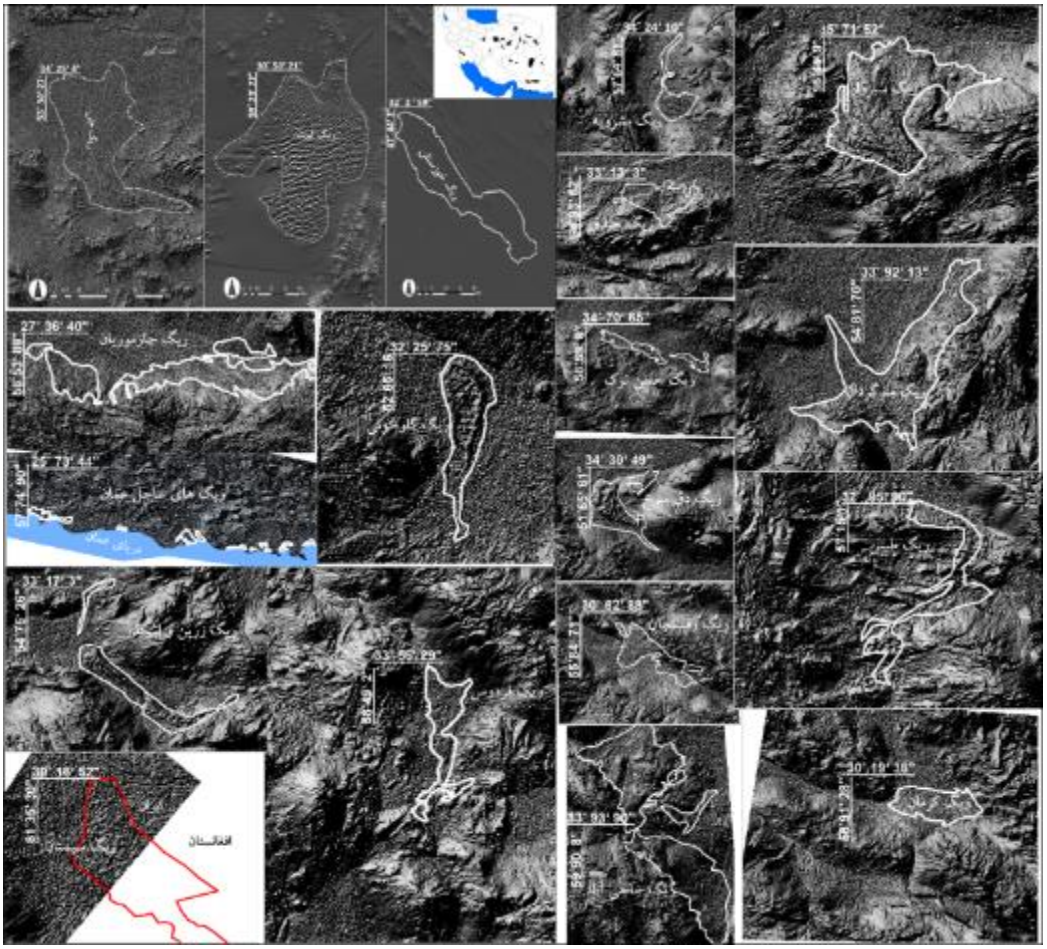
1- ERG
2- Groeneveld
3- Bagnold
4- Liu
5 -Ling
6- Li
7- Livingstone

۲۰۰۷ و دونگ و همکاران[8] در سال ۲۰۰۸ نیز تحولات تپه‌های ماسه‌ای را مطالعه کردند و باد را عامل اصلی حرکت این عوارض ماسه‌ای می‌دانند. شن و همکاران[9] در سال ۲۰۱۲ دینامیک ریگ‌زار در تبت چین را بررسی کرد و به این نتیجه رسید که این مناطق تحت تأثیر دو عامل تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی تغییر می‌یابند. پارتل و همکاران[10] در سال ۲۰۱۴ تحولات برخان‌ها را تحت تأثیر ویژگی‌های باد، توپوگرافی و نحوه اتصال برخان‌ها به همدیگر می‌داند. در ایران نیز چندین مطالعه مختلف در مورد ریگ‌زارها صورت پذیرفته است که جامع‌ترین مطالعه‌ی انجام‌شده، مطالعه‌ی محمودی در سال ۱۳۸۱ در کتاب **پراکندگی جغرافیایی ریگ‌زارهای ایران** است که به بررسی کلی ویژگی‌های ریگ‌زارها در ایران پرداخته است و به این نتیجه رسیده است که ریگ‌زارها تثبیت‌شده هستند. یمانی در سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۸۱ به مطالعه‌ی ریگ کاشان پرداخته است و نتیجه گرفت که سیکلون‌های حرارتی در تابستان نقش عمده‌ای در تشکیل بادهای همگرا و تشکیل توده‌های ماسه‌ای بر عهده دارند. هم‌چنین یمانی و همکاران در سال ۱۳۹۰ در پژوهشی علل استقرار ریگ کرمان را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که تغییرات وزش باد در چاله‌ی لوت تحت تأثیر شرایط کم‌فشار مستقر بر چاله در استقرار ریگ تأثیر داشته است. اختصاصی سال ۱۳۷۵ به بررسی منشأ رسوبات دشت یزد- اردکان پرداختند. مقصودی سال ۱۳۸۵، شناخت فرایندهای مؤثر بر توسعه و تحول عوارض ماسه‌ای در چاله‌ی سیرجان بررسی کرد و حجم ذرات کوچک‌تر از ۲۵۰ میکرون را عامل مؤثری در فرسایش بادی می‌داند. محمدخان و همکاران در سال ۱۳۹۴ جهت انتقال ماسه‌ای بادی منطقه اردستان را موردبررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که منشأ ریگ‌های اردستان مخروط‌افکنه‌های جنوب منطقه است، دشتکیان و همکاران در سال ۱۳۹۴ نقش کویرها را در تشکیل ریگ یزد مؤثر می‌داند. این مطالعات اکثراً در مورد جابه‌جایی و تغییرات صورت پذیرفته در ریگ‌زارها است؛ بنابراین هدف از این پژوهش، مطالعه‌ی دقیق فضایی ریگ‌زارها و ارزیابی نظریه‌ی عدم تغییرات مکانی ریگ‌زارها است. بر این اساس سعی دارد که به مسئولین و برنامه‌ریزان در زمینه‌ی تثبیت ریگ‌زارها و طرح‌هایی که درآیند صورت خواهد پذیرفت، کمک نمایند که خسارات و آسیب‌های ناشی از جابه‌جایی تپه‌های ماسه‌ای کاهش یابد.

۲- محدوده‌ی موردمطالعه

قلمرو جغرافیایی این پژوهش شامل تمام ریگ‌زارها در محدوده‌ی کشور است. ریگ‌زارهای ایران از عرض جغرافیایی ۲۵ درجه در سواحل دریای عمان (ریگ سواحل عمان) و تا عرض جغرافیایی ۳۵ درجه در استان خراسان (ریگ سبزوار) استقرار دارند. بیش‌ترین پراکندگی ریگ‌ها را می‌توان در عرض جغرافیایی، ۳۳ و ۳۴ درجه مشاهده نمود که این منطقه شامل حوضه‌ی آبریز دشت کویر (ریگ‌های جن، جندق، سرگردان) و بیابان‌های مرکزی ایران (ریگ طبس، بشرویه، زرین و اشکذر، کرمان و رفسنجان) را می‌توان نام برد. درواقع بیش‌ترین پراکندگی ریگ‌زارهای بزرگ، بر کمربند بیابانی که از مرکز کشور عبور می‌کند، منطبق است. این مناطق به دلیل وضعیت توپوگرافی پوسته‌ی ایران به‌عنوان قرینه‌ی مناطق مرتفع، در چاله‌ها و حوضه‌های انتهایی در مرکز (ریگ گاوخونی، دق سرخ) و شرق ایران (ریگ‌های لوت، حسن ترک، ریگ حاجی‌آباد، ریگ جازموریان) گسترش بیش‌تری داشته‌اند. در جنوب غربی کشور و در جلگه خوزستان نیز ریگ خوزستان به‌عنوان تنها ریگ بزرگ غرب کشور توسعه یافته است. بر این اساس در این مطالعه،۱۹ ریگ بزرگ با توجه به پراکندگی در کشور به‌عنوان محدوده‌های موردمطالعه انتخاب گردیدند.

8- Dong
9- Shen
10- Parteli

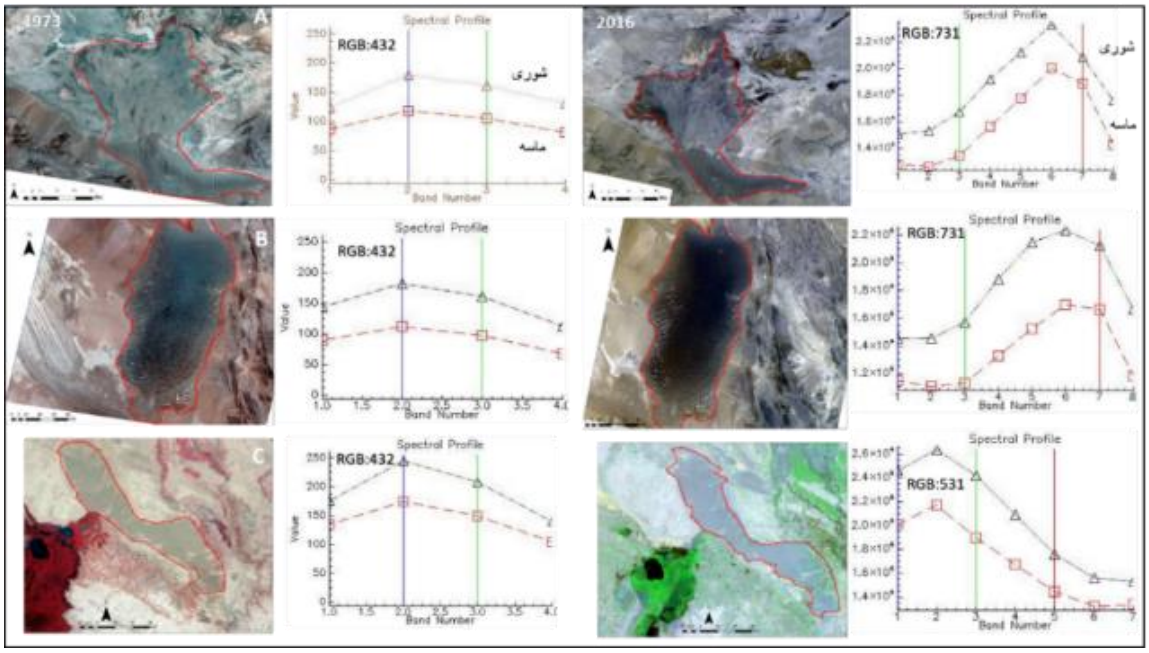


شکل ۱: نقشه‌ی پراکندگی ریگ‌زارهای ایران

۳- مواد و روش‌ها

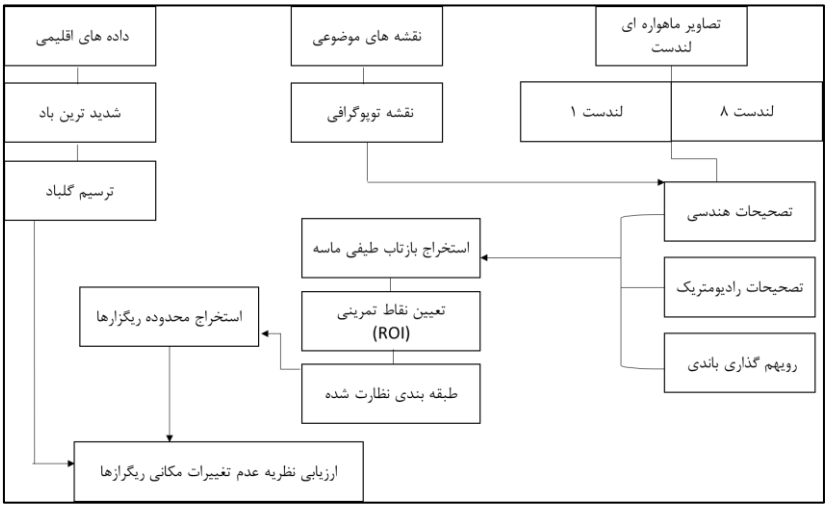
روش تحقیق، تحلیلی – توصیفی است. بدین منظور ابتدا برای تبیین مسئله و فراهم‌آوری زیرساخت تئوریک، منابع اسنادی و کتابخانه‌ای موردبررسی قرار گرفتند. در ادامه با استفاده از تصاویر چندزمانه‌ی ماهواره‌ای لندست (۴۰ تصویر) مربوط به سال‌های ۱۹۷۳ و ۲۰۱۶ برگرفته از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا(http://earthexplorer.usgs.gov/) برای شناسایی محدوده‌ی ریگ‌ها به کار گرفته شدند. این تصاویر در قالب باندهای مختلف ارائه می‌گردند که برای به دست آوردن تصویر اپتیکی از باندها و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای رنگ کاذب[11]، در نرم‌افزار ERDAS .39 از تکنیک هم‌پوشانی باندی بهره‌برداری شد. هم‌چنین اعمال تصحیحات هندسی بر روی تصاویر مؤخر (۲۰۱۶) به کمک نقاط مستخرج از نقشه‌های توپوگرافی انجام گرفت که بر این اساس تصاویر مقدم (۱۹۷۳) نیز بر مبنای تصویر مؤخر، به روش تصویر به تصویر زمین مرجع شدند. در ادامه‌ی کار برای تعیین محدوده‌های دقیق ریگ‌زارها از تکنیک‌های سنجش‌ازدور استفاده گردید؛ بدین‌صورت که بازتاب طیفی ماسه در تصاویر ماهواره‌ای استخراج و نقاط تمرینی (ROI[12]) در محدوده ریگ‌زارها در نرم‌افزار ENVI 4.6 تعیین گردیدند (شکل ۲) و در ادامه با استفاده از این نقاط و تکنیک طبقه‌بندی نظارت‌شده، محدوده‌ی دقیق ریگ‌زارها از تصاویر ماهواره‌ای استخراج گردید. بر این اساس دو سری نقشه‌برداری از محدوده‌ی ریگ‌زارها تهیه شد.

11- RGB
12- Region of interest



شکل ۲: استخراج بازتاب طیفی ماسه از تصاویر رنگ کاذب A) ریگ جن B) ریگ لوت (یالان) C) ریگ خوزستان

در مرحله‌ی بعدی برای تجزیه‌وتحلیل مورفولوژیک با استفاده از لایه‌های وکتوری استخراج‌شده از پهنه‌ی ریگ‌ها، تغییرات لبه‌های ریگ مورد ارزیابی قرار گرفت. در مرحله‌ی آخر ویژگی‌های باد مورد ارزیابی قرار گرفت. بر این اساس از آمار نزدیک‌ترین ایستگاه‌های هواشناسی استفاده شد. در این قسمت برای تحلیل آماری از نرم‌افزار Excel و برای ترسیم گلبادها از نرم‌افزار Rose Wind Plots یا Wrplot استفاده شد (شکل ۳).



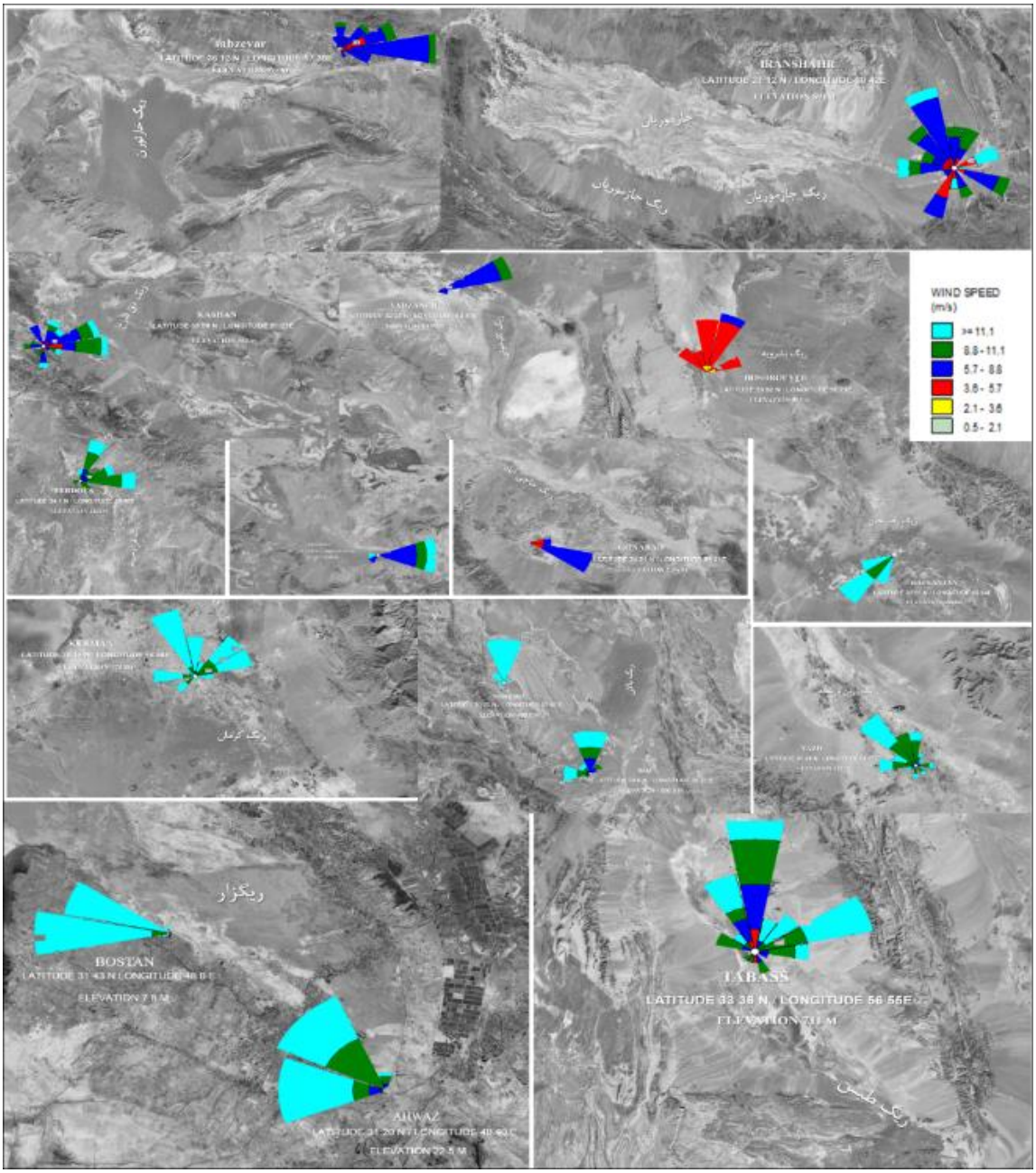
شکل ۳: نمودار روش تحقیق

۴- بحث و نتایج

۴-۱- ویژگی‌های باد

باد دارای سه ویژگی اصلی یعنی جهت، سرعت و فراوانی است. ازآنجایی‌که نقل‌وانتقال ماسه، نتیجه و برآیند ویژگی‌های باد است، ازاین‌رو وضعیت باد محدوده‌های موردمطالعه مورد ارزیابی قرار گرفت. اگرچه بادهای بسیار قوی دارای تداوم کم می‌باشند، اما نقش اصلی و مؤثرتری در حمل ماسه ایفا می‌کنند. بدین منظور در این پژوهش برای بررسی

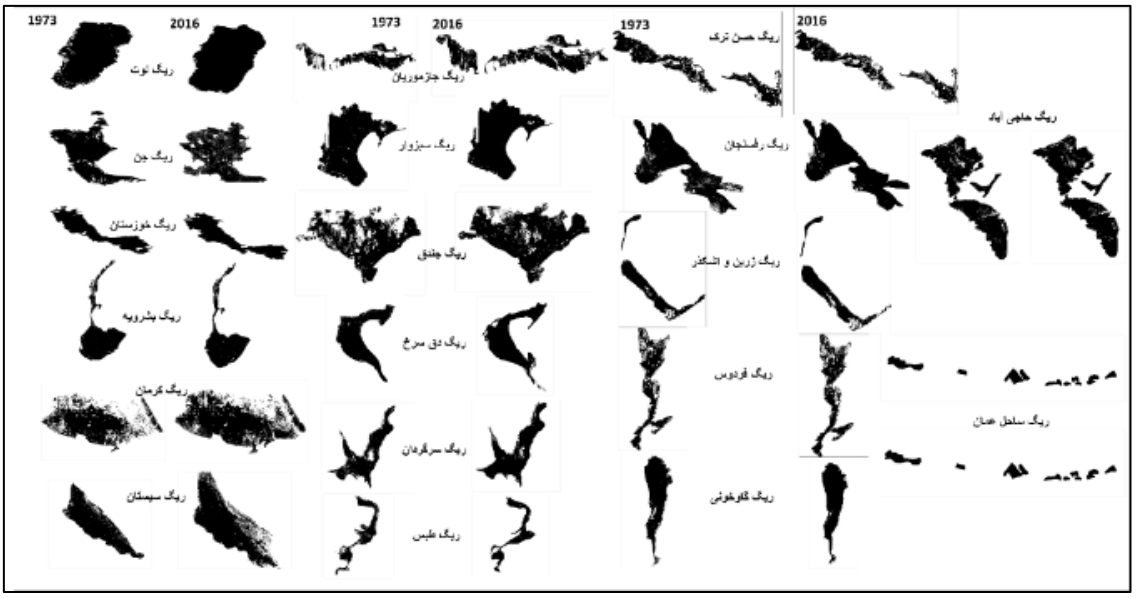
جهت انتقال ماسه و نیز علل تمرکز توده‌های ماسه آمار سرعت باد، بیشینه‌ی ماهانه مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. بر این اساس نتایج روشن ساخت که شدیدترین بادهایی که در تشکیل و تغییر و تحول در ریگ‌ها نقش تأثیرگذاری دارند، بادهای محلی هستند که این بادها اکثراً در فصل تابستان نسبت به دیگر فصول از قدرت بیش‌تری برخوردارند. یکی از شواهد این ادعا قرینه بودن ریگ‌زارها نسبت به بلندترین ارتفاعات هستند. در فصل تابستان به دلیل پیشروی پرفشار جنب حاره و نیز افزایش میزان تابش دریافتی از خورشید و گرم شدن سطح زمین موجب اختلاف درجه حرارت بین مناطق پست و چاله‌ها با ارتفاعات حاشیه‌ای می‌شود و این امر باعث وزیدن بادهای نسبتاً شدیدی می‌شود. این بادها اصولاً دارای جهات مختلف می‌باشند، ولی شدیدترین و قوی‌ترین آن‌ها در جهت بلندترین رشته‌ارتفاعات است. بر این اساس نتایج گلباد ایستگاه چوپانان روشن ساخت که شدیدترین بادها در ریگ‌زارهایی که در جنوب دشت کویر گسترش دارند (ریگ جن، ریگ جندق و مجموعه ریگ سرگردان)، بیش‌ترین فراوانی را در راستای شمال شرقی و شرقی و در مرتبه‌ی بعد غربی در تیرماه داراست. تغییر الگوی تپه‌های ماسه‌ای طولی موازی از شمال ریگ جن به تپه‌هایی با الگوی مرکب در جنوب ریگ‌زار و پیرامون چوپانان به‌خوبی می‌توانند این مطلب را تأیید نمایید. بررسی‌ها در ایستگاه‌های بم و شهداد در پیرامون ریگ لوت (ریگ یالان) روشن ساخت که فراوان‌ترین راستای وزش بادهای شدید در راستای شمال شرقی و شمالی در فصل تابستان است که این امر به دلیل ارتفاع کم و پست چاله‌ی لوت نسبت به پیرامون و وزش بادهای ۱۲۰ روزه‌ی سیستان است. این شرایط موجب می‌گردد که در مرکز دشت لوت به دلیل افزایش دما یک سلول حرارتی تابستانی تشکیل گردد که موجب وزیدن بادهایی با راستای شمال غربی – جنوب شرقی بشود و هم‌زمان با وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان که راستای شمال شرقی دارند، برهم منطبق گردند(یمانی و همکاران، ۱۳۹۰: ۲۴) که این مسئله موجب می‌شود که ریگ‌زار یالان که در کنار کلوت‌ها گسترش یافته است، دارای جهت شمال شرقی – جنوب غربی گردد. در مورد ریگ‌زار خوزستان تجزیه‌وتحلیل آمار ایستگاه‌های اهواز و بستان نشان می‌دهد که شدیدترین بادها دارای راستای غربی و شمال غربی می‌باشند که این امر موجب مکش هوای شبه‌جزیره عربستان به سمت ایران می‌شود. راستای شدیدترین بادها توجیه‌کننده‌ی منشأ ماسه‌ها و تپه‌های ماسه‌ای و نیز تمرکز آن‌ها در جلگه‌ی خوزستان است که از سمت ساحل شرقی رودخانه‌ی دجله و نیز بستر هورالعظیم باعث انتقال ماسه به جلگه‌ی خوزستان و موجب تشکیل ریگ‌زارها شده است. نتایج استخراج گلباد ایستگاه ایرانشهر در نزدیکی ریگ جازموریان که به‌عنوان دومین ریگ بزرگ کشور شناخته می‌شود، نشان داد که بادی که از سمت ارتفاعات بزمان با راستای شمالی و شمال غربی به سمت چاله‌ی جازموریان می‌وزد، دارای بیش‌ترین اثرگذاری بر روی ریگ‌هایی است که در حوضه‌ی جازموریان پراکنده هستند، به این دلیل بیش‌ترین ریگ‌ها در قسمت جنوب شرقی و جنوبی جازموریان تمرکز دارند. در مورد ریگ‌هایی که در شمال شرق و شمال مرکز کشور پراکنده هستند مانند: ریگ‌های بشرویه، طبس، دق سرخ، فردوس، سبزوار، ریگ‌های محدوده‌ی گناباد، بادهایی که دارای راستای شمالی، شمال شرقی و شرقی که از ارتفاعات حاشیه‌ای می‌وزند، دارای بیش‌ترین فراوانی می‌باشند. ریگ‌های مرکزی کشور مانند ریگ‌های کرمان، رفسنجان، گاوخونی و ریگ زرین و اشکذر بادهایی با راستای شمال غربی، جنوب غربی دارای فراوانی بیش‌تری می‌باشند. در کل در مجموعه ریگ‌های کشور بادهای محلی که از چندین جهت می‌وزند، می‌توانند عاملی برای شکل‌گیری و تحول ریگ‌ها باشند که از آثار این چندجهته بودن بادها وجود تپه‌های ماسه‌ای مرکب در تمامی ریگ‌هاست.



شکل ۴: گلباد شدیدترین باد سالیانه در محدوده‌های موردمطالعه

۴-۲- تغییرات مکانی ریگ‌زارها

همان‌گونه که در بالا گفته شد با استفاده از بازتاب طیفی ماسه و اختلاف آن با سایر پدیده‌ها و آشکارسازی تغییرات مکانی در محدوده‌های موردمطالعه حدود ریگ‌زارها به‌صورت دقیق مشخص‌شده است (شکل ۵).



شکل ۵: استخراج محدوده ریگ‌زارها در سری زمانی (۱۹۷۳-۲۰۱۶)

بر این اساس، در این پژوهش نتایج روشن ساخت که ریگ‌زارها در سری زمانی ۴۳ ساله (۱۹۷۳-۲۰۱۶) دارای وسعت و مساحت یکسانی می‌باشند (جدول ۱)؛ و این نشان می‌دهد که این ریگ‌زارها در مکان خود به‌طور نسبی تثبیت‌شده می‌باشند. تنها تفاوتی که شاید بتوان نسبت به سال ۱۹۷۳ عنوان کرد، این است که خشکی محیطی در اطراف این ریگ بیش‌تر شده و تغییرات محلی ازجمله توسعه‌ی نمکزارهایی در حدفاصل تپه‌های ماسه‌ای گسترده‌تر شده‌اند. درواقع این ریگ‌زارها به دلیل وسعت زیاد و وجود تپه‌های ماسه‌ای با ارتفاع زیاد (در ریگ لوت بیش از ۳۰۰ متر) با توجه به راستای باد به‌عنوان مانعی برای انتقال ماسه‌های بادی به مناطق دیگر عمل می‌نمایند و ماسه‌های بادی از اطراف و سطوح دشت، باد آن‌ها را فرسایش داده، حمل کرده و در ریگ‌ها به‌جای گذاشته می‌شوند و موجب افزایش ارتفاع تپه‌های ماسه در ریگ‌زارها می‌گردند. در برخی از ریگ‌ها همان‌طور که در شکل ۵ مشخص است، تفاوت مکانی بسیار کمی در طول دوره‌ی مطالعاتی نمایان می‌شود که این مسئله ناشی از افزایش دقت طیفی و رادیو متریک بین دو سنجده‌ی ماهواره‌ی لندست و بهبود کیفیت تصاویر ماهواره‌ای بین دو دوره است. درمجموع، ریگ‌زارها در موقعیتی که شکل می‌گیرند، جابه‌جایی محسوسی نداشته، ولی این نکته نیز دارای اهمیت است که هر چه ریگ دارای وسعت بیش‌تری باشد، ازنظر مورفولوژی دارای پایداری بیش‌تری است و الگوی تپه‌های ماسه‌ای در آن تقریباً تثبیت‌شده هستند.

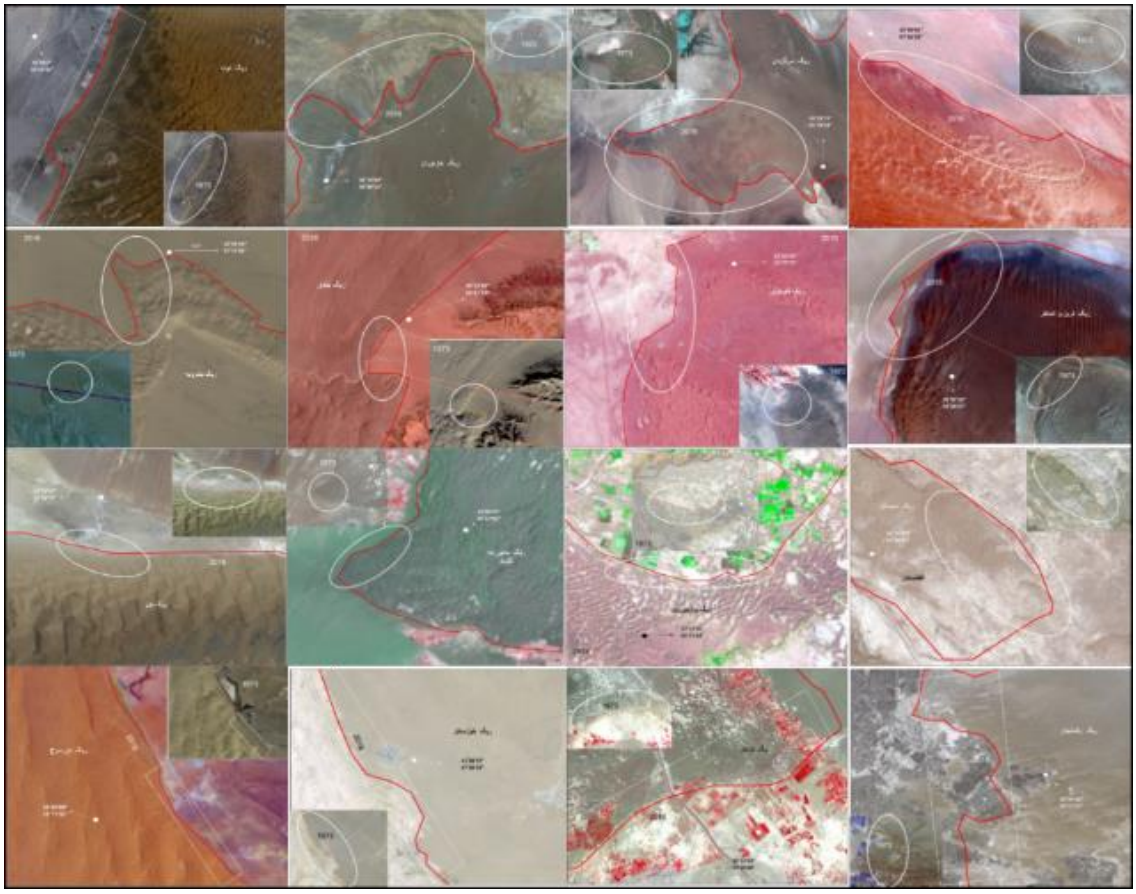
جدول ۱: میزان تغییرات عرصه‌ی فضایی ریگ‌زارهای موردمطالعه

ریگ‌زار	مساحت عرصه‌ی ریگ‌زار به کیلومترمربع			نوع تغییرات
	۱۹۷۳	۲۰۱۶	۱۹۵۵ (برگرفته از محمودی ۱۳۷۳)	
لوت	۸۹۴۳/۴	۸۹۴۳	۱۰۷۶۳/۲	ثابت
جن	۵۷۱۹	۵۷۱۹	۲۷۲۹/۳	ثابت
سرگردان	۲۰۷۳	۲۰۷۳/۵	۲۰۴۷۷	ثابت
جندق	۸۴۱	۸۴۱/۸	۵۶۲/۷	ثابت
جازموریان	۴۸۹۰	۴۸۹۰	۴۰۲۵/۹	ثابت
دق سرخ	۹۴۶	۹۴۶/۷	۱۷۶۱/۶	ثابت
حاجی آبادو محمدآباد	۲۸۰۰	۲۸۰۰	۱۷۲۱/۵	ثابت

زیدان و حسن ترک	۵۵۴	۵۵۴	۶۰۶/۳	ثابت
خارتوران	۱۷۴۸	۱۷۴۸	۱۶۵۶/۸	ثابت
خوزستان	۱۸۲۲/۴	۱۸۲۳	۱۵۶۹/۸	ثابت
رفسنجان	۹۰۱	۹۰۱/۷	۸۵۰/۲	ثابت
بشرویه	۷۰۵	۷۰۵/۹	۷۱۵/۴	ثابت
زرین و اشکذر	۵۱۵/۲	۵۱۵,۳	۴۷۱	ثابت
طبس	۵۰۷/۶	۵۰۷/۲	۴۱۵/۶	ثابت
کرمان	۴۰۸	۴۰۸/۹	۳۵۴/۹	ثابت
سیستان	۷۵۳	۷۵۳/۵	۳۲۳	ثابت
ریگ فردوس	۴۲۶	۴۲۶	۲۳۵/۳	ثابت
گاوخونی	۲۷۴	۲۷۴	۱۸۰/۹	ثابت
ریگ‌های ساحلی دریای عمان	۸۸۲	۸۸۲	۹۵۱	ثابت
مجموع	۳۵۹۰۶/۶	۳۵۷۱۳/۵	۳۵۳۳۷/۳	ثابت

۳-۴- تغییرات لبه‌های ریگ

برای بررسی دقیق‌تر جابه‌جایی ریگ‌زارها، تصاویر ماهواره‌ای به روش تصویر به تصویر زمین مرجع گردیدند. بر این اساس لبه‌ی ریگ‌ها روی‌هم‌گذاری شد. نتایج حاصل از این روش روشن ساخت که در مورفولوژی لبه‌های ریگ‌زارها تغییرات قابل‌توجهی صورت نپذیرفته است. در لبه‌هایی که متکی به ارتفاعات حاشیه ریگ‌ها هستند، به‌طور طبیعی تغییرات نمی‌تواند صورت پذیرد و ارتفاعات به‌صورت مانعی برای توسعه‌ی ریگ عمل می‌کنند، ولی در لبه، قرینه‌ی ارتفاعات نیز مورفولوژی تغییری نداشته است. این عدم تغییرات در ریگ‌ها در طول سالیان متمادی حاکی از این مطلب است که موقعیت و مورفولوژی ریگ‌ها از عوامل خاصی طبیعت می‌کند. در برخی از ریگ‌ها مانند ریگ کرمان و رفسنجان که شهرها در کنار ریگ‌ها توسعه یافته‌اند، باعث گردیده است که دست‌کاری‌های در لبه‌ی ریگ‌ها صورت پذیرد، ولی موجب تغییر شکل اولیه و کلی لبه نشده است. بر این اساس باید این موضوع در نظر گرفته شود که توسعه‌ی فیزیکی شهرها و سکونت‌گاه در جهت ریگ‌ها موجب گردیده است که سالانه خسارت ناشی از این توسعه‌ی نامتوازن را در پی داشته باشیم. به این دلیل که ریگ‌ها مجموعه‌ای متشکل از برخان‌های فعال می‌باشند که براثر تجمع در یک ریگ به‌صورت غیرفعال تبدیل‌شده‌اند؛ بنابراین با دست‌کاری در آن‌ها این تپه‌ها برای بازیابی مورفولوژی دوباره فعال می‌شوند و موجب می‌شوند که مناطق انسان‌ساخت پوشیده از ماسه گردند.



شکل ۶: مورفولوژی لبه‌ی ریگ‌زارهای موردمطالعه

البته امروزه باید این نکته را مدنظر قرار دهیم که به دلیل تغییرات اقلیمی، رطوبت کاهش و خشکی فیزیکی افزایش پیدا کرده است. درواقع، ریگ‌زارهایی که بستر آن‌ها بر روی پلایای های مرطوب توسعه یافته است و یا لبه‌ی ریگ‌زارهایی که به نمکزارهای مرطوب و آبدار ختم می‌شوند (جدول ۲). این احتمال وجود دارد که لبه‌ی ریگ‌ها تغییر و توسعه‌ی ریگ را در پی داشته باشد. بر این اساس در ۱۹ ریگ بزرگ کشور، بستر شکل‌گیری و توسعه هم‌چنین لبه‌ی ریگ‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند که نتایج نشان داد بیش از ۶۸٪ ریگ‌ها بر روی سطوح کویری و مرطوب گسترش‌یافته‌اند. هم‌چنین ۱۱٪ بر توده‌ی سخت (ریگ لوت و جن) و ۲۱٪ بر سایر نواحی مانند دشت‌ها و جلگه‌ها شکل‌گرفته‌اند. مبتنی بر این در تمام ریگ‌های کشور حداقل از یک سمت به نمکزارها ختم می‌شوند که این موضوع می‌تواند به دلیل افزایش خشکی این مناطق شرایط و مصالح لازم برای توسعه و تغییر ریگ‌ها فراهم گردد.

جدول ۲: بستر توسعه‌ی ریگ‌ها و لبه‌های ریگ‌ها

ریگ	مناطقی که ریگ‌ها به آن ختم می‌شود				زیربنا
	شمال	شرق	غرب	جنوب	
لوت	ارتفاعات	ارتفاعات	نمکزار، کلوت	نمکزار	توده‌ی سخت لوت
جن	پهنه‌ی رسی- نمکی	ارتفاعات	نمکزار	ارتفاعات	توده‌ی سخت
سرگردان	نمکزار	نمکزار	ارتفاعات	ارتفاعات	کویر
جندق	نمکزار	نمکزار	نمکزار	ارتفاعات	کویر
جازموریان	نمکزار، مناطق مسکونی و زمین‌های کشاورزی	ارتفاعات	آبراهه	ارتفاعات	کویر
دق سرخ	نمکزار	ارتفاعات	نمکزار	مناطق مسکونی	کویر
حاجی‌آباد	نمکزار	ارتفاعات، نمکزار	ارتفاعات	نمکزار	کویر
زیدان و حسن ترک	نمکزار	مناطق مسکونی و کشاورزی	نمکزار	ارتفاعات، مناطق مسکونی و زمین‌های کشاورزی	کویر
خارتوران	نمکزار	مناطق مسکونی و کشاورزی	نمکزار و ارتفاعات	ارتفاعات	کویر
خوزستان	زمین‌های کشاورزی و مناطق مسکونی	توده‌ی رسی- نمکی، جاده	رودخانه	رودخانه، زمین‌های کشاورزی	جلگه
رفسنجان	زمین کشاورزی	ارتفاعات	مناطق مسکونی، زمین کشاورزی	مناطق مسکونی، زمین کشاورزی	دشت
بشرویه	نمکزار	ارتفاعات	مناطق مسکونی، زمین کشاورزی	جاده، رودخانه‌ی فصلی	کویر
زرین و اشکذر	نمکزار	ارتفاعات	نمکزار	ارتفاعات	کویر
طبس	نمکزار	ارتفاعات	توده‌ی رسی – نمکی	ارتفاعات	کویر
کرمان	مناطق مسکونی	ارتفاعات، زمین‌های کشاورزی	جاده	مناطق مسکونی	دشت
سیستان	جاده، توده‌ی رسی- نمکی	نمکزار	رودخانه	نمکزار	کویر
فردوس	زمین کشاورزی، مناطق مسکونی	ارتفاعات، مناطق مسکونی	ارتفاعات	ارتفاعات	کویر
گاوخونی	رودخانه، زمین کشاورزی	نمکزار	جاده	پهنه‌ی رسی- نمکی	کویر
ساحل عمان	ارتفاعات، نمکزار، مناطق مسکونی	ساحل دریای عمان	ساحل دریای عمان	دریای عمان	ساحل

۵- نتیجه‌گیری

در این پژوهش نظریه‌ی عدم جابه‌جایی ریگ‌زارها مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس مطالعات صورت پذیرفته، مشخص گردید که عرصه‌ی ریگ‌زارها بر اساس سری‌های زمانی تصاویر ماهواره‌ای لندست در طول ۴۳ سال (۱۹۷۳-۲۰۱۶) و نیز تجزیه‌وتحلیل راستای وقوع بادهای شدید، بدون تغییر محسوس و به‌صورت تثبیت‌شده می‌باشند. البته باید به این نکته توجه داشت که خشکی محیطی و در برخی موارد میزان نمکزارها در بین تپه‌های ماسه‌ای افزایش یافته است که باید با روش‌های میدانی تأثیر این موضوع را بر الگوی تپه‌ها ماسه‌ای در ریگ‌زارها پایش کرد که این مطلب به دلیل زمان و هزینه از عهده این پژوهش خارج است و به‌عنوان موضوع پژوهش دیگری پیشنهاد می‌گردد.

هم‌چنین نتایج این پژوهش روشن ساخت که طرح‌هایی که مبتنی بر تثبیت ریگ‌زارهای بزرگ صورت می‌پذیرد (طرح تثبیت در ریگ سبزوار ۱۳۴۴، طرح تثبیت ریگ‌ها استان خراسان در منطقه گناباد ۱۳۵۷- ۱۳۴۷، طرح‌های تثبیت در برنامه‌های توسعه‌ی اول تا پنجم بعد از انقلاب در ریگ‌های خوزستان، خراسان، کرمان، اصفهان، سیستان) دارایی عدم کارایی لازم می‌باشند. این طرح‌ها به این دلیل که ریگ‌زارها در موقعیت مکانی خود تثبیت‌شده می‌باشند و هم‌چنین نوع الگوهای تپه‌ای ماسه‌ای که در این ریگ‌زارها مشاهده می‌شود (هرم‌های ماسه‌ای، سیف، تپه‌های موازی طولی و تپه‌های عرضی) مسیر جابه‌جایی خود را پیموده‌اند و در میدان‌های ماسه‌ای ریگ‌زارها قادر به جابه‌جایی محسوسی نمی‌باشند. در حقیقت این تپه‌ها برخان‌های فعالی بوده‌اند که پس از رسیدن به ریگ‌زارها با تغییر الگو غیرفعال شده‌اند. درواقع این طرح‌ها نتایج مطلوبی در پی نداشته‌اند و خسارات فراوان هرساله که براثر هجوم ماسه‌ها به زمین‌های کشاورزی و عرصه‌های مسکونی به بار می‌آورد شاهدی بر این موضوع است. با توجه به این مسائل برای جلوگیری از بروز این خسارت باید به مسیرهای حمل از مبدأ به مقصد که مقصد همان ریگ‌زارها است توجه شود؛ یعنی مناطقی که مسیر جابه‌جایی تپه‌های ماسه‌ای می‌باشند، چون در این مناطق برخان‌ها که تپه‌های ماسه‌ای پویا و فعال محسوب می‌شوند، اکثر خسارات را به بار می‌آورند.

۶- منابع

۱. اختصاصی، محمدرضا (۱۳۷۵). منشأیابی تپه‌های ماسه‌ای در حوزه‌ی یزد – اردکان، مؤسسه تحقیقات جنگل و مراتع کشور، چاپ اول، شماره‌ی ۱۴۵، تهران.

۲. دشتکیان، کاظم، عباسی، حمیدرضا، ابوالقاسمی، محمد (۱۳۹۴). بررسی نقش کویرها در تشکیل بیابان‌های ماسه‌ای یزد، فصلنامه‌ی علمی – پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۲۲، شماره‌ی ۲، صص ۳۵۵-۳۴۴.

۳. عباسی، حمیدرضا، روحی‌پور، حسن، خسروشاهی، محمد، کاشکی، محمدتقی، دشتکیان، کاظم، قربانیان، داریوش، رودگرمی، پژمان، (۱۳۹۲). پراکنش رسوبات بادی کشور بر اساس عکس‌های هوایی (۱۳۷۲-۱۳۸۲) (گزارشی از پیشرفت بانک اطلاعات رقومی ریگ‌زارهای کشور)، سومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گردوغبار، یزد، ایران.

۴. محمدخان، شیرین، کشفی، فهیمه سادات (۱۳۹۴). جهت انتقال ماسه‌های بادی منطقه‌ی اردستان از طریق مقایسه زمانی مورفومتری تپه‌های ماسه‌ای و ویژگی‌های باد، مجله‌ی پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال چهارم، شماره‌ی ۱، صص ۷۴-۵۹.

۵. محمودی، فرج‌الله (۱۳۷۳). پراکندگی جغرافیایی ریگ‌زارهای مهم ایران. تهران: مجله‌ی تحقیقات جغرافیایی. شماره‌ی ۳۴. صص ۳۵-۵.

۶. محمودی، فرج‌الله (۱۳۸۱). پراکندگی جغرافیایی ریگ‌زارهای مهم ایران (چاپ اول). تهران: مؤسسه‌ی تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.

۷. مقصودی، مهران (۱۳۸۵). شناخت فرایندهای مؤثر بر توسعه و تحول عوارض ماسه‌ای (مطالعه‌ی موردی: عوارض ماسه‌ای چاله‌ی سیرجان). نشریه‌ی پژوهش‌های جغرافیایی، شماره‌ی ۵۶. صص ۱۶۰-۱۴۹.

۸. مقصودی، مهران، نگهبان، سعید، سجاد، باقری (۱۳۹۱). تحلیل مخاطرات ناشی از ماسه‌های روان بر سکونت‌گاه‌های غرب دشت لوت. مجله‌ی جغرافیا و مخاطرات محیطی. شماره‌ی اول. صص ۹۶-۸۳.

۹. یمانی، مجتبی (۱۳۷۹). ارتباط قطر ذرات ماسه و فراوانی سرعت‌های آستانه‌ی باد در منطقه‌ی بند ریگ کاشان، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره‌ی ۳۸ صص ۱۳۲-۱۱۵.
۱۰. یمانی، مجتبی (۱۳۸۱). نقش سلول‌های کم‌فشار محلی در استقرار مجموعه‌های ماسه‌ای ایران (بند ریگ کاشان)، مجله‌ی علوم انسانی مدرس، دوره‌ی ۶، شماره‌ی ۴، صص ۱۵۵-۱۳۳.
۱۱. یمانی، مجتبی، ذهاب ناظوری، سمیه، گورابی، ابوالقاسم (۱۳۹۰). بررسی مورفومتری و علل استقرار ریگ کرمان از طریق تحلیل ویژگی‌های باد و دانه‌سنجی ذرات ماسه، مجله‌ی مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال اول، شماره‌ی ۴، صص ۳۳-۱۷.
12. Bagnold, R. A. (1941). The Physics of Blown Sand and Desert Dune. London: Methuen & Co. Ltd. pp172 - 218.
13. Dong Zhibao, Jianjun Qu, Xunming Wang, Guangqiang Qian, Wanyin Luo, Zhenhai Wei. (2008),Pseudo-feathery dunes in the Kumtagh Desert, Geomorphology, Volume 100, pp 328-334
14. Groeneveld, D. Barz, D. (2014). Dixie Valley, Nevada playa bathymetry constructed from Landsat TM. Journal of Hydrology 512 (2014) 435–44. Dio: 10.1016/j.jhydrol.2014.02.046
15. Li Houqiang. Ai Nanshan. (1992). Turbulent theory for wind-accumulated landform formation. Journal of Desert Research, volume12. pp 1-9.
16. Ling Yuquan. (1990). Flow field characteristics and their relationship to the intensity of drifting sand activity in the Taklimakan Desert. DIEERDE, Berlin: Volume 6, pp 113-121.
17. Liu Zhenxing. (1960). Movement of dune under the action of wind. Acta Meteorologica Sinica, volume 31, pp 84 - 91.
18. Livingstone Ian, Giles F.S. Wiggs, Corinne M. Weaver. (2007). Geomorphology of desert sand dunes: A review of recent progress. Earth-Science Reviews, Volume 80, pp 239-257.
19. Parteli, E. J., Durán, O., Bourke, M. C., Tsoar, H., Pöschel, T., & Herrmann, H. (2014). Origins of barchan dune asymmetry: insights from numerical simulations. Aeolian Research, 12, 121-133.
20. Shen, W., Li, H., Sun, M., & Jiang, J. (2012). Dynamics of aeolian sandy land in the Yarlung Zangbo River basin of Tibet, China from 1975 to 2008. Global and Planetary Change, 86, 37-44.