



۲۹ خرداد ۱۴۰۳، مرکز تحقیقات مین المللی بیابان؛ دانشگاه تهران

گسترش و جابجایی فضایی تپه‌های ماسه‌ای شرق بیابان لوت

پیمان محمودی^۱ ✉، فاطمه فیروزی، نورالله نیک پور^۳

۱- دانشیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

۲- دانش آموزخته دکترای اقلیم شناسی، استاد مدعو گروه علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران.

۳- دانش آموزخته دکترای ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

چکیده

مقدمه: سرزمین ایران در کمربند خشک و نیمه خشک نیمکره شمالی قرار گرفته است و تحت تأثیر حاکمیت پرفشار جنب حاره ای از اقلیمی نیمه خشک تا فوق العاده خشک بویژه در نیمه مرکزی و شرقی برخوردار است. تپه‌های ماسه‌ای در قلمرو فرایندهای بادی از پویاترین عارضه‌های ژئومورفیک سطح زمین در مناطق خشک به شمار می‌روند که از یک سو تحت تأثیر ویژگی‌های سرعت، جهت و فراوانی باد و از دیگر سو متأثر از ویژگی‌های سطح زمین و مواد رسوبی هستند. تپه‌های ماسه‌ای متحرک از خطرات عمده فرسایش بادی هستند که به شبکه‌های حمل و نقل، محصولات کشاورزی، منابع آب و مناطق مسکونی خسارات شدیدی وارد می‌سازند. بنابراین هدف اصلی این مطالعه گسترش و جابجایی فضایی کویر لوت در طول زمان (۲۰۱۷-۱۹۷۷) با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه از سری زمانی داده‌های ماهواره ای لندست استفاده شد. برای این مطالعه از سه تصویر ماهواره لندست ۵ و ۷ (تصاویر جولای و آگوست بین سالهای ۱۹۷۷ تا ۲۰۱۷) بهره گرفته شد. بعد از انجام تصحیحات هندسی، رادیومتریکی و اتمسفریک تصاویر و با استفاده از روش طبقه بندی نظارت شده مناطق تحت پوشش تپه‌های ماسه ای مشخص و تغییرات این پدیده بین سال‌های ۱۹۷۷ و ۲۰۱۷ با هم مقایسه شدند.

یافته‌ها: با توجه به اینکه در بیابان لوت جهت وزش باد پادساعتگرد می‌باشد، لذا باد مواد ریزدانه حاصل از فرسایش کلوت‌ها در شرق بیابان لوت را به جنوب شرق کلوت‌ها منتقل و از آنجا با جهت جنوب غربی-شمال شرقی بر روی تپه‌های ماسه ای ریگ یلان بر جای می‌گذارد. مقایسه تصاویر ماهواره ای تهیه شده برای بازه زمانی مورد مطالعه (۱۹۷۷-۲۰۱۷) نشان می‌دهد که تپه‌های ماسه ای از ۸۶۲۵ کیلومترمربع در سال ۱۹۷۷ به ۸۸۶۵ کیلومترمربع در سال ۲۰۱۷ افزایش پیدا کرده‌اند. همچنین محاسبه درصد تغییرات سطوح مربوط به تپه‌های ماسه ای نسبت به کل حوضه بیابان لوت نشان می‌دهد که در سال ۱۹۷۷ مساحت تپه‌های ماسه ای ۸/۵٪ درصد، در سال ۱۹۹۷ به ۱۲٪ درصد و در نهایت در سال ۲۰۱۷ مساحت آن به میزان ۱۲/۵٪ درصد رسیده است.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج حاصله از مطالعه داده‌های سنجش از دور ماهواره لندست، وسعت تپه‌های ماسه ای در ماه آگوست از ۸/۵ درصد در سال ۱۹۷۷ به ۱۲/۵ درصد در سال ۲۰۱۷ افزایش داشته است. بنابراین تغییرات افزایشی بودن تپه‌های ماسه ای که دلیل آن را می‌توان در فرسایش شدید بادی جستجو کرد در منطقه لوت دیده می‌شود.

کلمات کلیدی: بیابان لوت، تپه‌های ماسه ای، سنجش از دور، لندست، جابجایی

۱- نویسنده مسئول: پیمان محمودی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، آدرس محل کار: گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران رایانامه: p_mahmoudi@gep.usb.ac.ir، تلفن محل کار: ۰۹۱۸۳۸۰۳۴۶۲



Spatial expansion and displacement of sand dunes in the east of Lut desert

Peyman, Mahmoudi¹ , Fatemeh Firoozi², Noorallah, Nikpour³

1- Associate Professor, Department of Physical Geography, Faculty of geography and environmental planning, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.

2- Visiting Professor, Department of Humanities and Social Sciences, Farhangian University, Tehran,

3- Department of Physical Geography, Faculty of geography and environmental planning, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.

Abstract

Introduction: Sand hills are also one of the most important facets of wind erosion. Sometimes the speed and direction of the winds in the area can help a lot to understand the morphometric properties of sand dunes. The use of remote sensing over the past few decades as a tool to study the characteristics of sand dunes and study its changes over time has made it possible to extract former climatic diets and monitor marginal areas that are prone to desertification. Image processing is one of the techniques used in data analysis and interpretation of satellite data to study natural hazards such as sand dunes. In general, monitoring the changes and spatial-temporal progress of sand dunes as one of the most important environmental hazards in arid regions of the world is essential.

Data and method: This study uses the time series of Landsat satellite data to monitor the trend of changes in the sand dunes of Lut Plain and its effects on people's social life. To do this, Landsat 5 and 7 satellite images (August images between 1977 and 2017) were used. After obtaining the required data from the USGS site and forming a database, the steps of correction and analysis were applied to them with the help of GIS and ENVI software, and then four Landsat image tiles were mosaiced together to completely cover the study area.

Results: Due to the dryness of the area, the winds have moved small soil particles with them. For this purpose, taking into account that August is one of the most turbulent months of the year in terms of wind in the Lut region, the maps obtained from the processing of the Landsat sensor were prepared for these months between 1977 and 2017. In these pictures, the dynamics of sand dunes can be seen in different years. So that from 1977 to 2017, the area covered by sand dunes has increased.

Conclusion: According to the results obtained from the study of Landsat satellite remote sensing data, the extent of sand dunes in August has increased from 8.5% in 1977 to 12.5% in 2017. Therefore, the incremental changes for the sand dunes, the reason of which can be found in the strong wind erosion, can be seen in the Lut area.

Keywords: Lut desert, Sand hill, Remote Sensing, Landsat, displacement.

¹- **Corresponding Author: Mahmoudi, Peyman**, University of Sistan and Baluchestan, Address: Department of Physical Geography, Faculty of geography and environmental planning, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran. **E-mail:** p_mahmoudi@gep.usb.ac.ir **Office Tel:** (+98) 9183803462.



۱- مقدمه

بیابان لوت به عنوان اولین اثر طبیعی ایران در چهلمین اجلاس میراث جهانی یونسکو در سال ۱۳۹۵ به ثبت رسید. این میراث جهانی در جنوب شرقی ایران، در شرق کوه‌های مرکزی و رشته کوه‌های زاگرس، در میان سه استان خراسان جنوبی، سیستان و بلوچستان و کرمان گسترده شده است. اصطلاحات جغرافیایی متنوعی از جمله بیابان و کویر به این پدیده پهناور طبیعی نسبت داده شده است. بیابان واژه‌ای بوم‌شناسی و اقلیمی است و به مکانی با پوشش گیاهی، جانوری و میزان بارندگی کم اطلاق می‌شود اما کویر به پست‌ترین نقاط داخلی مناطق بیابانی گفته می‌شود، جایی که میزان نمک در آن بسیار زیاد است. بنابراین بیابان واژه جامع‌تری برای توصیف این پدیده به شمار می‌آید و کویر لوت مناسب نیست. مساحت عرصه بیابان لوت ۲۲۷۸۰ کیلومتر مربع و مساحت حریم بیابان لوت ۱۷۹۴۱ کیلومتر مربع است که شامل ریگ یلان (تپه‌های ماسه‌ای)، کلوت‌ها، نبکاها، رودخانه شور، هامادا (دشت ریگی)، پهنه بازالتی گندم بریان و ... است که در این میان کلوت‌ها در غرب و ریگ یلان در شرق با چشم اندازی زیبا و شگفت انگیز خودنمایی می‌کنند (اداره کل پایگاه‌های ملی و جهانی، ۱۴۰۳).

سرزمین ایران در کمربند خشک و نیمه خشک نیمکره شمالی قرار گرفته است و تحت تأثیر حاکمیت پرفشار جنب حاره از اقلیمی نیمه خشک تا فوق العاده خشک بویژه در نیمه مرکزی و شرقی برخوردار است. از طرفی همواری نسبی بخش‌های مرکزی آن، همواره در معرض فرایندهای فرسایش بادی قرار دارند. سایر متغیرها و عوامل اقلیمی از جمله کم ارتفاع بودن و همواری نسبی منطقه، دور بودن از منابع رطوبتی و دریاها و نیز محصور بودن در میان ارتفاعات حاشیه‌ای، فرسایش بادی را در نواحی مرکزی ایران تشدید نموده است (اداره کل پایگاه‌های ملی و جهانی، ۱۴۰۳).

محیط‌های بیابانی به طور فزاینده‌ای در معرض مخاطرات قریب‌الوقوع قرار دارند و درخور آسیب‌پذیری در برابر اثرات تغییر اقلیم، شهرنشینی، تخریب زمین، کمبود آب و غیره هستند (بلید، ۲۰۱۰). تپه‌های ماسه‌ای در قلمرو فرایندهای بادی از پویاترین عارضه‌های ژئومورفیک سطح زمین به شمار می‌روند که از یک سو تحت تأثیر ویژگی‌های سرعت، جهت و فراوانی باد و از دیگر سو متأثر از ویژگی‌های سطح زمین و مواد رسوبی هستند (عباس نژاد و ذهاب نوری، ۱۳۹۱). تپه‌های ماسه‌ای متحرک از خطرات عمده فرسایش بادی هستند که به شبکه‌های حمل و نقل، محصولات کشاورزی، منابع آب و مناطق مسکونی خسارات شدیدی وارد می‌سازند. تپه‌های ماسه‌ای همچنین از مهمترین رخساره‌های فرسایش بادی بحساب می‌آیند. آگاهی از سرعت و جهت بادهای حاکم بر منطقه می‌تواند به درک ویژگی‌های مورفومتری تپه‌های ماسه‌ای کمک بسیاری نماید (فیروزی و همکاران، ۱۳۹۹).

لذا کمی‌سازی مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای نه تنها برای اهداف نقشه‌برداری بلکه اطلاعات مهمی در مورد تاریخ زمین‌شناسی منطقه، تغییرات زیست محیطی، و بیابان‌زایی نیز فراهم می‌کند. همچنین دانش درباره تغییرات مرزها و جهت تپه‌های ماسه‌ای در پیش بینی الگوهای باد کمک خواهد کرد. از دیدگاه انسانی، اگر تپه‌های ماسه‌ای به سمت مناطق پرجمعیت تغییر جهت دهند، مراحل پیش‌گیرانه باید توسط مسئولان مربوطه در این راستا صورت گیرد. از این رو، ضروری است که تدوین نقشه‌های دقیق از رفتار ماسه‌ها و تپه‌های ماسه‌ای برای نظارت بر بیابان‌ها و اجرای فعالیت‌های مختلف مدیریتی مورد توجه قرار داده شود. طبقه‌بندی تپه‌ها با استفاده از ابزارهای میدانی به طور کلی دشوار است زیرا آنها داده‌های ناقص را تولید می‌کنند. روش‌های کمی با استفاده از داده‌های سنجنش از دور برای جمع‌آوری اطلاعات مربوط به تپه‌های ماسه‌ای و نظارت بر آنها، قابل اعتمادتر هستند (وارما و همکاران، ۲۰۱۴).



۲۹ خرداد ۱۴۰۳، مرکز تحقیقات مین المللی بیابان، دانشگاه تهران

زنگنه تبار و همکاران (۱۴۰۰) به منظور بررسی جهت باد و پتانسیل حمل ماسه‌های روان در سطح بیابان لوت از آمار ۲۰ ساله سرعت و جهت باد چهار ایستگاه سینوپتیک بم، شهداد، نهبندان و نصرت آباد استفاده کردند. نتایج بر این دلالت داشت که غالب بادهای ایستگاه‌های شهداد و نهبندان از جهات شمالی می‌وزند، اما در ایستگاه‌های بم و نصرت آباد به سمت لوت متمرکز می‌شوند. تطبیق نتایج گل طوفان‌ها و گل ماسه‌ها نشان می‌دهد که جهت بادهای ایستگاه‌های شهداد و بم با جهت شمال غربی جنوب شرقی با جهت کلوتک‌های واقع در غرب بیابان لوت انطباق کامل دارد و در شرق لوت جایی که ریگ وسیع یلان قرار دارد، بادهای دو ایستگاه نهبندان و نصرت آباد کاملاً مخالف هم هستند که شرایط لازم را برای تشکیل هرم‌های ماسه‌ای در مرکز این ریگ فراهم می‌کنند. در ایستگاه‌های بم و شهداد، بالاترین پتانسیل حمل ماسه (DP) مربوط به جهات شمال و شمال شرقی و در ایستگاه شهداد، جهات مابین غرب تا شمال شرقی است؛ در حالی که در ایستگاه نصرت آباد، جهت آن کاملاً نسبت به سایر ایستگاه‌ها متفاوت و بالاترین مقدار آن مربوط به جهات جنوب و جنوب غربی است. مجموع توان حمل ماسه (DPt) نیز به ترتیب به ایستگاه‌های شهداد، نهبندان، نصرت آباد و بم اختصاص دارد.

فتوحی و همکاران (۱۴۰۲) با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی اقدام به آشکارسازی سیکل فرسایش در محدوده کلوت‌ها، ریگ لوت و محدوده انتقال بین آن‌ها در بیابان لوت شده است. نتایج به دست آمده نشان داد که در محدوده کلوت‌ها (منطقه برداشت)، بیشترین میزان حفر مربوط به نیمه شمالی این منطقه بوده که از قسمت‌های شمالی یعنی محدوده گسترش یاردانگ‌ها به میزان ۲/۴ سانتی متر تا قسمت‌های مرکزی به میزان ۰/۳ سانتی متر برداشت شده است. نیمه جنوبی این منطقه نیز به غیر از دالان‌های کلوت‌ها و سطوح هموار که محل انباشته شدن رسوبات است، تا ۰/۰۲ سانتی متر مورد حفر قرار گرفته است. در بیشتر قسمت‌های شمالی محدوده مرکزی (محدوده انتقال) فرآیند حفر رسوبات به میزان به ۲/۳ سانتی متر می‌رسد. اما در قسمت‌های جنوبی این محدوده، انباشته شدن رسوبات چشم گیر هست که حداکثر آن تا میزان ۴ سانتی متر در جنوب شرق این محدوده قرار دارد. در محدوده ریگ لوت (منطقه نشست) نیز کاهش ۴ سانتی متری ارتفاع تپه‌های ماسه‌ای در بخش‌های غربی و شمال غربی و همچنین افزایش ۵ سانتی متری ارتفاع آن‌ها در قسمت‌های شرقی و بخصوص شمال شرقی چشم گیر بوده است. بنابراین افزایش ارتفاع هرم‌های ماسه‌ای روندی غربی-شرقی داشته که ارتفاع آن در قسمت‌های شرقی افزایش می‌یابد. بنابراین در منطقه مورد مطالعه، سیکل فرسایش به صورت چرخشی در جهت عکس عقربه‌های ساعت به فعالیت خود ادامه می‌دهد.

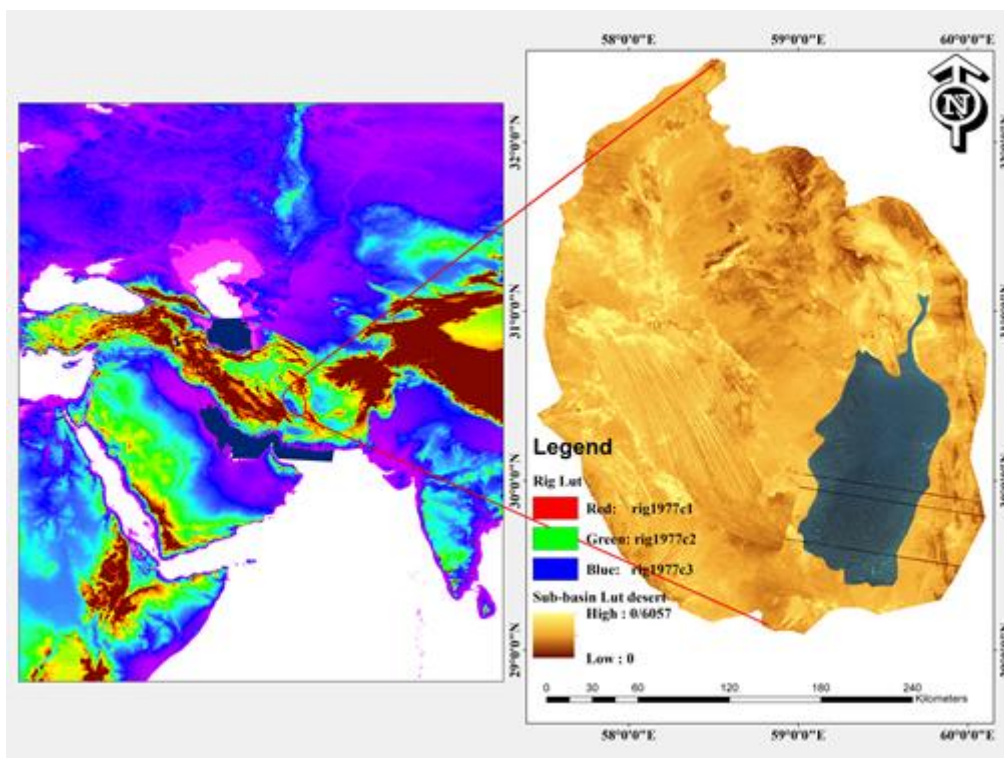
حزبای و همکاران (۱۴۰۳) در تحلیل اثرات عناصر اقلیمی بر تحرک پذیری ماسه‌های بادی غرب بیابان لوت نشان دادند که ایستگاه‌های منتهی به بیابان لوت با کاهش میزان بارندگی و افزایش دما و تبخیر و تعرق روبه‌رو هستند. بیشترین فراوانی بادهای محلی و فرامحلی به ترتیب مربوط به ایستگاه نهبندان با ۱۰۹۰ روز و ایستگاه بم با ۷۹۱ روز و کمترین آن مربوط به ایستگاه‌های بافت با ۲۳ روز است. بر اساس شاخص لنکستر، میزان فعالیت تپه‌های ماسه‌ای در ایستگاه‌های مورد مطالعه کاملاً فعال و فعال بوده و بیشترین شاخص لنکستر در ایستگاه شهداد به دست آمده است. آنها در یک جمع بندی کلی بیان داشته‌اند که بیابان لوت در معرض خطر بیابان زایی شدید و بسیار شدید قرار دارد. بر اساس آزمون تحلیل حساسیت، چنانچه در آینده درصد فراوانی بادهای بیش تر از آستانه فرسایش، به میزان ۳۰ درصد افزایش یابد، فعالیت و حرکت تپه‌های ماسه‌ای نیز ۳۰ درصد افزایش خواهد یافت. بنابراین، حساسیت تحرک پذیری ماسه‌های روان نسبت به تغییرات افزایش ناشی از بارندگی بیش تر از سرعت باد است.



با توجه به مطالعات بسیاری که بر روی ویژگی های مختلف بیابان لوت از منظر ژئومورفولوژی، اقلیمی، گیاهی، جانوری، انسانی و انجام شده است اما هنوز جنبه های بسیاری از این بیابان باقی مانده است که بایستی مورد مطالعه قرار گیرد. هدف اصلی این مطالعه گسترش فضایی کویر لوت در طول زمان (۱۹۷۷-۲۰۱۷) با استفاده از تکنیک های سنجش از دور و سیستم های اطلاعات جغرافیایی است.

۲- داده ها و روش شناسی

بیابان لوت محدوده ای است بین سه استان خراسان جنوبی، سیستان و بلوچستان و استان کرمان (شکل ۱) و بین دو گسل نهبدان در شرق و گسل نای بند در غرب واقع شده است، به همین جهت این منطقه همیشه جایگاه رخداد زمین لرزه های بزرگ بوده است. دشت لوت در حدود ۱۷۰۰۰۰ کیلومتر مربع وسعت دارد. این دشت پهناور گرم ترین نقطه کره زمین محسوب می شود. بیابان لوت شامل سه قسمت می باشد که عبارتند از لوت شمالی، لوت مرکزی که شگفت انگیزترین بخش لوت به شمار می آید و در آخر هم لوت جنوبی که غنی ترین قسمت لوت از نظر دارا بودن پوشش گیاهی است و به لوت زنگی نیز معروف می باشد. بیابان لوت تنها نقطه بیابانی است که در بخش هایی از آن حتی باکتری نیز امکان حیات ندارد و از همین رو آن را یگانه نقطه فاقد حیات در کره زمین معرفی کرده اند.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

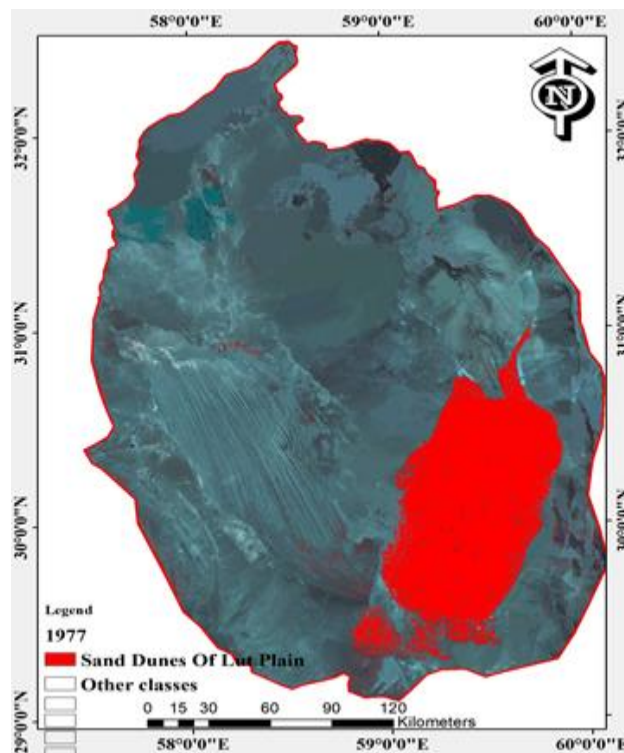
در این مطالعه به منظور بررسی گسترش و جابه جایی فضایی تپه های ماسه ای شرق بیابان لوت از سری زمانی داده های ماهواره ای لندست استفاده شد. برای این مطالعه از تصاویر ماهواره ای لندست ۵ و ۷ (تصاویر جولای و آگوست بین سالهای ۱۹۷۷ تا ۲۰۱۷) بهره گرفته شد. بعد از اخذ داده های مورد نظر از سایت سازمان زمین شناسی



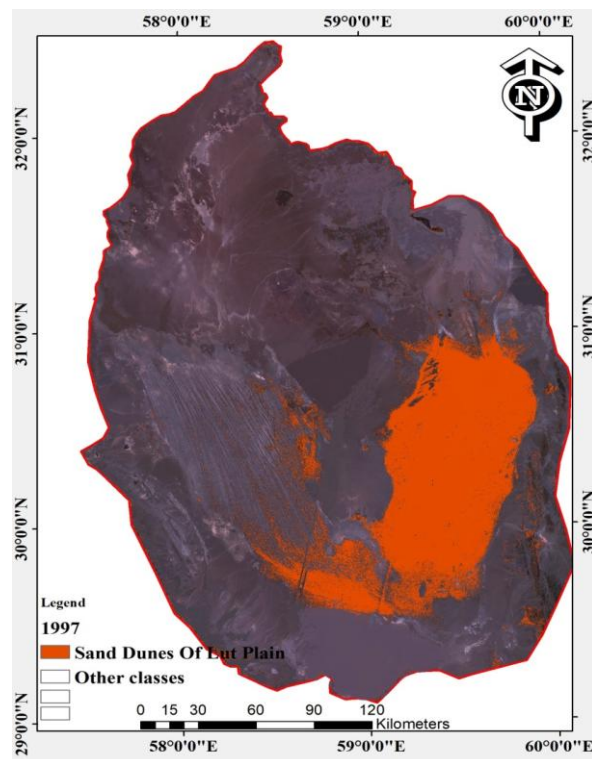
ایالات متحده (USGS) و تشکیل بانک اطلاعاتی آنها با کمک نرم افزار های GIS و ENVI مراحل تصحیحات و تجزیه و تحلیل بر روی آنها اعمال شد و سپس چهار کاشی ماهواره ای لندست برای پوشش کامل منطقه مورد مطالعه با هم موزاییک شدند. در این مطالعه برای شناسایی موقعیت تپه ها و دیگر اشکال ماسه ای از منطقه بازدید به عمل آمد و در هنگام طبقه بندی نظارت شده (maximum likelihood classification) در محیط نرم افزار Envi.5.3 مناطق تحت تأثیر تپه ها و دیگر اشکال ماسه ای مشخص و تغییرات این پدیده بین سال های ۱۹۷۷ و ۲۰۱۷ با هم مقایسه شد.

۳- بحث و یافته ها

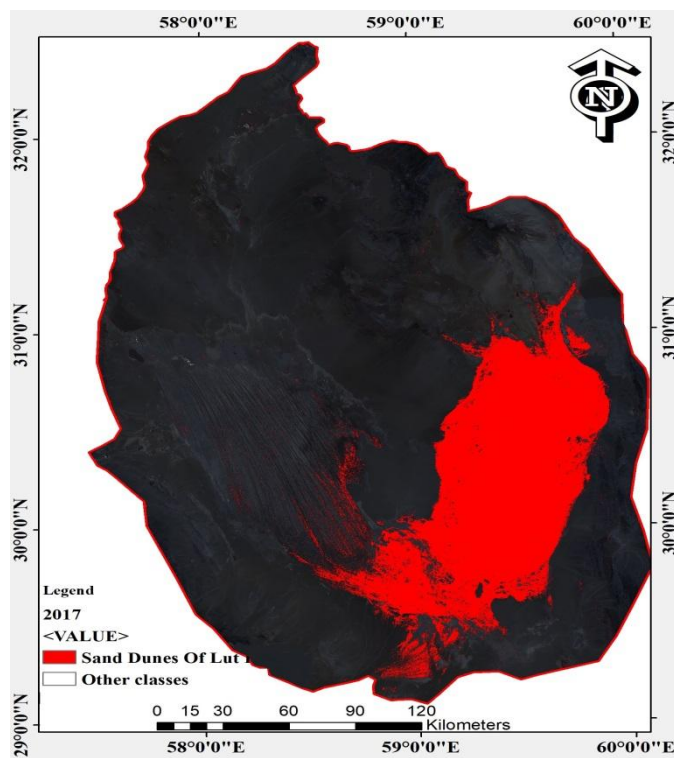
با توجه به اینکه دو ماه جولای و آگوست از پر تلاطم ترین ماه های سال از نظر وزش باد در بیابان لوت هستند، نقشه های حاصل از پردازش سنجنده لندست برای این ماه ها، در بین سال های ۱۹۷۷ تا ۲۰۱۷ تهیه شدند (اشکال ۲ تا ۴). در این تصاویر محدوده جغرافیایی تپه های شنی با رنگ قرمز مشخص شده اند. با دقت در این تصاویر به روشنی پویایی تپه های ماسه ای در سال های مختلف قابل مشاهده است. به طوریکه از سال ۱۹۷۷ تا سال ۲۰۱۷ وسعت منطقه تحت پوشش تپه های ماسه ای افزایش یافته است. با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه دارای جهت باد از شمال غرب به جنوب شرقی می باشد و با توجه به اینکه جهت وزش باد در منطقه پادساعتگرد می باشد، باد مواد ریزدانه حاصل از فرسایش کلوته ها در شرق بیابان لوت را به جنوب شرقی کلوته ها منتقل کرده و از آنجا جهت باد شمال شرقی می شود که رسوبات ماسه ای حاصل را بر روی تپه های ماسه ای (ریگ یلان) بر جای می گذارد.



شکل ۲: تصاویر تهیه شده گسترش شنی از تصاویر لندست منطقه مورد مطالعه



شکل ۳: تصاویر تهیه شده گسترش شن از تصاویر لندست منطقه مورد مطالعه



شکل ۴: تصاویر تهیه شده گسترش شن از تصاویر لندست منطقه مورد مطالعه



در جدول ۱ مساحت تپه های ماسه ای بر حسب کیلومتر مربع آورده شده است. همانگونه که در جدول ۱ قابل مشاهده است میزان گسترش تپه های ماسه ای در ماه آگوست از ۸۶۲۵ کیلومترمربع در سال ۱۹۷۷ به ۸۸۶۵ کیلومترمربع در سال ۲۰۱۷ افزایش پیدا کرده است.

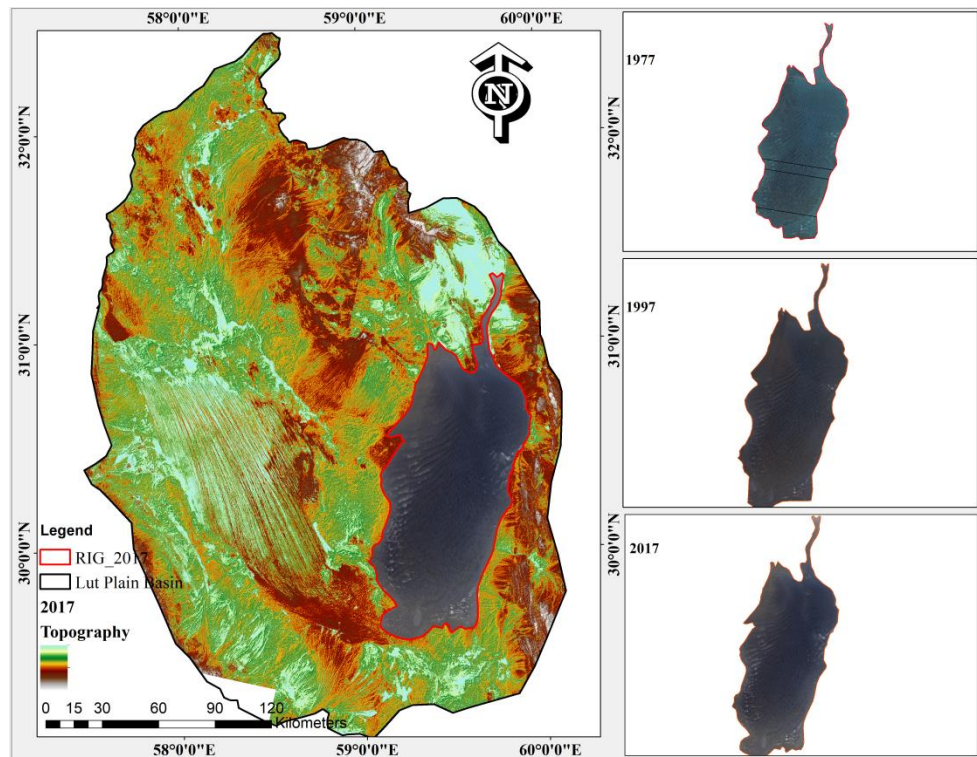
جدول ۱: شماره: تغییرات مساحت ریگ یلان در بازه های زمانی مختلف

سال	مساحت ریگ به کیلومتر مربع
۱۹۷۷	۸۶۲۵km ²
۱۹۹۷	۸۸۶۰km ²
۲۰۱۷	۸۸۶۵km ²

درصد تغییرات سطوح مربوط به تپه های ماسه ای نسبت به کل حوضه بیابان لوت نیز در جدول ۲ آورده شده است. در سال ۱۹۷۷ مساحت تپه های ماسه ای ۸/۵٪ درصد، در سال ۱۹۹۷ به ۱۲٪ درصد و در نهایت در سال ۲۰۱۷ مساحت آن به میزان ۱۲٪ درصد رسیده است. در منطقه مورد مطالعه یک روند چرخشی در جزایر باد به صورت سیکلون با جهت عکس عقربه ساعت وجود دارد که در به وجود آمدن آن، عوامل اقلیمی و توپوگرافی ارتفاعات اطراف آن نقش اساسی داشته است و به صورت کلی عاملی اساسی در سیکل فرسایشی در عرصه میراث جهانی بیابان لوت بوده است. شکل ۵ نیز در قالب یک نقشه گسترش و جابجایی فضایی تپه های ماسه ای شرق بیابان لوت آورده شده است.

جدول ۲: شماره: تغییرات در صد مساحت ریگ یلان در بازه های زمانی مختلف

سال	درصد وسعت ریگ از محدوده دشت لوت
۱۹۷۷	۸/۵٪
۱۹۹۷	۱۲٪
۲۰۱۷	۱۲/۵٪



شکل ۵: تصاویر تهیه شده گسترش شن از تصاویر لندست منطقه مورد مطالعه

۴- نتیجه گیری و پیشنهادها

بیابان لوت به دلیل شرایط آب و هوایی بسیار خشک و همچنین به دلیل وجود بادهای شدید از شمال غرب به جنوب شرق باعث برداشت ذرات ماسه از منطقه و گسترش آن در پلایا شده است. بنابراین فرسایش بادی بسیار شدیدتر از فرسایش آبی در این منطقه عمل نموده که باعث تغییرات زیادی در منطقه شده است. بر اساس نتایج حاصله از مطالعه داده های سنجش از دور ماهواره لندست، وسعت تپه های ماسه ای در ماه آگوست از ۸/۵ درصد در سال ۱۹۷۷ به ۱۲/۵ درصد در سال ۲۰۱۷ افزایش داشته است. بنابراین تغییرات افزایشی بودن تپه های ماسه ای که دلیل آن را می توان در فرسایش شدید بادی جستجو کرد در منطقه لوت دیده می شود

۶- فهرست منابع

۱. اداره کل پایگاه های ملی و جهانی (۱۴۰۳). میراث جهانی بیابان لوت. <https://wnhb.mcth.ir>.
۲. حزباوی، زینب، حنیفه پور، مهین، بیابانی، لیلا، اکبرپور بناب، بهروز. (۱۴۰۳). تحلیل اثرات عناصر اقلیمی بر تحرک پذیری ماسه های بادی غرب بیابان لوت. پژوهش های فرسایش محیطی. سال ۱۴، شماره ۱، صفحات ۷۹-۱۰۱.
۳. زنگنه تبار، ساسان، مقصودی، مهران، منبری، فاطمه، حسینی مینا. (۱۴۰۰). تحلیل فرسایش بادی و پتانسیل حمل ماسه های روان واقع در قلمرو بیابان لوت. پژوهش های فرسایش محیطی، سال ۱۱، شماره ۱، صفحات ۱۹-۱.
۴. عباس نژاد، احمد، و ذهاب نوری، سمیه. (۱۳۹۱). شناسایی اشکال فرسایش بادی دشت رفسنجان. مجله پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۲، صفحات ۱۲۷-۱۴۴.



۵. فتوحی، صمد، نگارش، حسین، دلازام، رقیه، سیستانی بدوئی، مسعود، و ذبیحی نژاد، محمد. (۱۴۰۲). آشکارسازی مناطق برداشت، انتقال و رسوب گذاری عرصه میراث جهانی بیابان لوت در بازه زمانی ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۰. *کاوش های جغرافیایی مناطق بیابانی*، سال ۱۱، شماره ۱، صفحات ۶۶-۵۱.
۶. فیروزی، فاطمه، نیک پور، نورالله، رخشانی، زینب، غفاریان المامیری، حمیدرضا، و محمودی، پیمان. (۱۳۹۹). 'پایش روند تغییرات تپه های ماسه ای با رویکرد سنجش از دور (مطالعه موردی: دشت سیستان. پژوهشهای ژئومورفولوژی کمی، سال ۳، شماره ۹، صفحات ۲۳۹-۲۵۵.
7. Belaid, M.A., (2010). Remote Sensing of Desert Cities in Developing Countries. In: Rashed, T., Jürgens, C. (eds) Remote Sensing of Urban and Suburban Areas. Remote Sensing and Digital Image Processing, vol 10. Springer, Dordrecht.
8. Varma, S., Shah, V., Banerjee, B., and Buddhiraju, K.M., (2014). Change Detection of Desert Sand Dunes: A Remote Sensing Approach. *Advances in Remote Sensing*, 3(2):10-22.