

## **Application of TGSI - Albedo feature space model in assessing of desertification status in the center of Khuzestan province**

S. Hashem Geloogardi<sup>1</sup>, A. Vali<sup>2\*</sup>, M. R. Sharifi<sup>3</sup>

1. PhD Student of Combating Desertification, Faculty of Natural Resources and Geoscience, University of Kashan, Kashan, Iran.
2. Associate Professor, Faculty of Natural Resources and Geoscience, University of Kashan, Kashan, Iran.
3. Assistant Professor, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

\* Corresponding Author: Vali@Kashanu.ac.ir

Received date: 20/07/2021

Accepted date: 31/10/2021

 [10.22034/JDMAL.2021.534364.1341](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2021.534364.1341)

### **Abstract**

Nowadays, desertification and land degradation are among the most important environmental challenges caused by various factors, including climate variation and human activities, especially in arid and semi-arid regions. Therefore, understanding of the desertification status is essential for future management and planning. In this regard, using remote sensing indicators to prepare basic desertification maps and its monitoring can be efficient. In this study, Topsoil grain size and albedo indices were used as indicators to identify desertification in the center of Khuzestan province. After constructing the above-mentioned indices using Landsat ETM+ sensor image, the values of 411 randomly selected samples on the images were used to construct the Albedo-TGSI feature space model. The correlation between the variables was 0.83. The DDI desertification degree equation is then obtained based on the slope of the fitted line. In the next step, by applying natural break classification on the DDI index, different levels of desertification and the break values were obtained for random samples. These break values are then applied to the whole study area, and finally, the 2018 desertification status map was obtained. Results indicated that about 70% of the study area fell under the severe and high desertification intensities, whereas 18.3%, 8.3% and 4.1% fell under the medium, low and none desertification grades respectively. The accuracy of the produced map with a kappa of 92.1% and an overall accuracy of 94.3% showed that the feature space model is a useful and robust tool for extracting desertification degrees in barren lands or areas with extremely low vegetation coverage.

**Keywords:** Desertification; Classification; Remote Sensing; Spectral reflectance





## کاربرد مدل فضای ویژگی $Albedo - TGSi$ در بررسی وضعیت بیابانی شدن مرکز استان خوزستان

ساره هاشم گلوگردی<sup>۱</sup>، عباسعلی ولی<sup>۲\*</sup>، محمد رضا شریفی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.

۲. دانشیار دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.

۳. استادیار دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

\* نویسنده مسئول: [Vali@Kashanu.ac.ir](mailto:Vali@Kashanu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۹

doi [10.22034/JDMAL.2021.534364.1341](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2021.534364.1341)

### چکیده

امروزه بیابان‌زایی و تخریب سرزمین یکی از مهم‌ترین مشکلات محیط زیست به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است که ناشی از تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی است. بنابراین، شناخت وضعیت بیابان‌زایی این مناطق برای مدیریت و برنامه‌ریزی آینده امری ضروری است. در این راستا بهره‌گیری از شاخص‌های سنجش از دور برای تهیه نقشه‌های پایه بیابان‌زایی و پایش آن می‌تواند کارآمد باشد. در پژوهش حاضر از شاخص‌های اندازه ذرات خاک سطحی و آلبیدو به عنوان شاخص‌های نمایان‌کننده وضعیت بیابانی شدن مرکز استان خوزستان استفاده شد. پس از محاسبه شاخص‌های ذکر شده با استفاده از تصاویر سنجنده‌ی  $ETM+$  ماهواره لندست، تعداد ۴۱۱ نمونه تصادفی روی تصاویر انتخاب شد، سپس مدل فضای ویژگی  $Albedo-TGSi$  بر پایه همبستگی بین متغیرها (ضریب تبیین ۰/۸۳) به کار برده شد و معادله طبقه‌بندی بیابان‌زایی بر اساس شیب خط برازش داده شده به دست آمد. در مرحله بعد با اعمال طبقه‌بندی شکست طبیعی بر روی شاخص بیابان‌زایی، طبقه‌های مختلف بیابان‌زایی و همچنین مقدارهای کمی آن‌ها، برای نمونه‌های تصادفی حاصل شد. سپس این مقدارهای حدی برای کل منطقه اعمال و در پایان نقشه وضعیت بیابان‌زایی سال ۱۳۹۷ به دست آمد. نتایج نشان می‌دهد که حدود ۷۰٪ منطقه دچار بیابان‌زایی شدید و زیاد و ۱۸/۳، ۸/۳ و ۴/۱ درصد منطقه به ترتیب در طبقه‌های بیابان‌زایی متوسط، کم و بدون بیابان‌زایی قرار دارند. ضریب کاپا و صحت کلی نقشه تولیدی به ترتیب ۹۲/۱٪ و ۹۴/۳ درصد برآورد شد. یافته‌ها نشان می‌دهد که مدل فضای ویژگی، ابزاری سودمند و قوی برای استخراج اطلاعات بیابان‌زایی در اراضی بدون پوشش گیاهی یا دارای پوشش گیاهی کم است.

**واژگان کلیدی:** بیابان‌زایی؛ طبقه‌بندی؛ سنجش از دور؛ انعکاس طیفی



## ■ مقدمه

بر اساس تعریف کنوانسیون مقابله با بیابان‌زایی سازمان ملل متحد (۱۹۹۴)، بیابان‌زایی، تخریب سرزمین در مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه مرطوب ناشی از سازه‌های مختلف اقلیمی و فعالیت‌های انسانی است. همچنین این پدیده نهایت تخریب اراضی است که با کاهش مداوم و از دست رفتن قابلیت باروری اقتصادی و بوم‌شناختی (اکولوژیک) اراضی بیان می‌شود (۲۷). این پدیده یکی از جدی‌ترین تهدیدها برای مناطق خشک و نیمه خشک است (۱). سالانه بیش از ۱۲ میلیون هکتار زمین، به دلیل بیابان‌زایی، تخریب سرزمین و خشکسالی از دسترس خارج می‌شود که زندگی بیش از ۳ میلیارد نفر به ویژه جوامع فقیر و روستایی در کشورهای در حال توسعه را در معرض تهدید قرار می‌دهد (۹). مناطق خشک ۴۶/۲٪ از اراضی سطح زمین را تشکیل می‌دهند که ۳۲/۸٪ از جمعیت جهان یعنی نزدیک به ۳ میلیارد نفر را در خود جای داده‌اند. همچنین ۷۰٪ از مناطق خشک هم اکنون در حال تخریب هستند. زندگی حدود یک میلیارد نفر در بیش از صد کشور جهان در خطر است و ۲۵۰ میلیون نفر تحت تاثیر مستقیم بیابان‌زایی قرار دارند و در برآوردهای اخیر، این تعداد به ۵۰۰ میلیون نفر افزایش یافته است (۶، ۲۲). فرآیندها و عوامل متعددی در پیشروی روند بیابان‌زایی و تغییرات معمولاً غیر قابل برگشت آن دخیل می‌باشند که می‌توان به طور کلی آن‌ها را به دو دسته عوامل طبیعی و عوامل انسانی طبقه‌بندی کرد (۵). پیامدهای بیابانی شدن شامل از بین رفتن اراضی بارور، افت سطح آب‌های زیرزمینی و کاهش آب‌های سطحی، شور شدن اراضی و کاهش کیفیت منابع آب خسارات جبران ناپذیری به همراه دارد (۳۷). بنابراین این پدیده یک معضل اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی است که به طور جدی امنیت غذایی، پایداری اقتصادی-اجتماعی و توسعه‌ی پایدار جوامع را با مشکلات عدیده ای مواجه می‌کند (۳). بیابان‌زایی بخشی از یک زنجیره جهانی است که علت و معلول و تأثیر آن فراتر از مرزهای کشورهای تحت تأثیر مستقیم این پدیده است. (۲۸). با توجه به آن‌چه گفته شد

ارائه‌ی روش‌هایی جهت تعیین شدت بیابان‌زایی در شرایط حال و تعیین روند آن در آینده ضرورتی غیر قابل اجتناب به نظر می‌رسد. متأسفانه گستردگی، پیچیدگی و پویایی فرایند بیابان‌زایی مانع از توسعه‌ی یک مدل بیابان‌زایی جامع شده است و ارزیابی و پایش فرایندهای بیابان‌زایی متکی بر استفاده از شاخص‌ها می‌باشد (۷). سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی به همراه سنجش از دور از ابزارهای کاربردی و سودمند در ارزیابی خطرات زیست محیطی هستند. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌توانند در ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی بیابان‌زایی و تخریب سرزمین، ارزیابی درجات مختلف وضعیت بیابان‌زایی و تعیین روند و تغییرات فصلی پوشش سطح زمین، سودمند باشند (۱، ۱۵، ۳۴). تا کنون شاخص‌های سنجش از دوری مختلفی برای آنالیز ماهواره‌ای توسعه داده شده‌اند که از آن جمله می‌توان به شاخص اندازه‌ی ذرات خاک سطحی اشاره نمود (۳۶). مطالعات مختلفی در مورد اندازه‌ی ذرات خاک و انعکاس طیفی آن‌ها صورت گرفته است و این مطالعات نشان می‌دهند که اندازه‌ی ذرات خاک سطحی، نقش معناداری در پتانسیل فرسایش و دیگر خصوصیات مکانیکی خاک دارد (۱۷، ۲۵، ۳۳). در پژوهشی در ایالت خود مختار مغولستان درونی در کشور چین، با استفاده از اندازه‌گیری‌های طیفی در محل و آنالیزهای آزمایشگاهی شاخص TGS<sup>۱</sup> توسعه داده شد (۳۵). این شاخص مرتبط با خصوصیات خاک سطحی و بر اساس میانگین یا قطر موثر ذرات خاک بوده و میزان درشتی ذرات خاک سطحی را نشان می‌دهد که رابطه‌ی مستقیم با محتوای ذرات ریز خاک دارد. از سوی دیگر پژوهش‌های پیشین نشان داده است که ارتباط معناداری بین فرایندهای بیابان‌زایی و شاخص‌های Albedo و TGS<sup>۱</sup> وجود دارد. به این صورت که میزان آلبدو تابعی از مقدار اندازه‌ی ذرات سطحی خاک است و با افزایش اندازه‌ی ذرات خاک سطحی میزان آلبدو افزایش می‌یابد. لذا ترکیب اطلاعات حاصل از این دو شاخص می‌تواند برای تشخیص مناطق تحت تاثیر بیابان‌زایی و همچنین پایش فرایند بیابان‌زایی به کار رود (۱۴، ۳۰، ۳۱)

1 Topsoil Grain Size Index

(۱۶). پژوهش دیگری در مکزیک، از شاخص‌های NDVI، SAVI<sup>۹</sup>، BSI<sup>۱۰</sup> و آلبیدو استخراج شده از تصاویر لندست بهره می‌برد و برای و مقدار تغییرها با کاربرد آنالیز CVA<sup>۱۱</sup> برای دوره زمانی ۲۰۱۱-۱۹۹۳ به منظور تعیین مقدار تخریب یا بهبود تخمین زده می‌شود. به علاوه شاخص بیابان‌زایی با استفاده از رابطه NDVI- $\alpha$  تعریف و مقدار بیابان‌زایی در منطقه محاسبه می‌شود و در پایان شاخص<sup>۱۲</sup> DDI به عنوان ابزاری قوی و سودمند برای تعیین درجه بیابان‌زایی معرفی می‌شود (۱). دو تصویر لندست ۵ و متعاقب آن ساخت مدل NDVI-Albedo جهت پایش بیابان‌زایی در مطالعه‌ای در گائوتای چین به کار گرفته می‌شود و نقشه مربوطه با مقدار صحت نقشه برابر ۸۴/۰۷۱ درصد به دست می‌آید. مطالعه نشان می‌دهد فضای ویژگی شاخص‌های Albedo-TGSi می‌تواند شرایط بیابان‌زایی سطح زمین، ترکیب آب-گرما و تغییرات آن‌ها را نشان دهند (۱۹). در پژوهش دیگری که در کشور چین انجام می‌گیرد، محققان با در نظر گرفتن توزیع اندازه ذرات خاک سطحی به عنوان شاخصی از بیابان‌زایی و با اندازه‌گیری‌های صحرایی، شاخص جدید اندازه ذرات سطحی خاک GSI<sup>۱۳</sup> را توسعه می‌دهند. سپس این شاخص برای تصاویر لندست<sup>۱۴</sup> TM و<sup>۱۵</sup> MODIS به کار گرفته می‌شود. نتایج حاصل شده سودمندی شاخص طراحی شده را نشان می‌دهد (۳۶).

بسیاری از بررسی‌های مربوط به ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی با استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی نظیر NDVI انجام گرفته است (۱۹، ۲۳). این در حالی است که مناطق خشک و بیابانی، از یک سو فاقد پوشش گیاهی و در نتیجه دارای خاک سطحی لخت بوده و از سوی دیگر تنها با وقوع یک بارندگی، امکان تشکیل پوشش گیاهی وجود دارد. به طوری که موقتی بودن پوشش مزبور، کاربرد شاخص NDVI را با خطا مواجه می‌نماید. در مقابل، شاخص TGSi، به دلیل وابستگی صرفاً به اندازه ذرات

در پژوهشی که در کشور چین انجام گرفت، با استفاده از مدل‌سازی منطقه‌ای، محدوده مورد بررسی به سه قسمت تقسیم و مدل فضای طیفی با استفاده از شاخص‌های TGSi<sup>۱</sup>، MSAVI<sup>۲</sup> و NDVI<sup>۲</sup> ساخته شد، سپس با توجه به ویژگی‌های پوشش گیاهی هر منطقه، مدل بیابان‌زایی مخصوص آن منطقه ارائه شد و در پایان برای هر کدام از مناطق، ۶ درجه بیابان‌زایی تعیین شد. در پایان صحت نقشه حاصل شده بیشتر از ۸۵٪ تخمین زده شد (۳۱). در پژوهشی دیگر، روند بیابان‌زایی در شمال اتیوپی، طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۸ با استفاده از شاخص‌های NDVI، TGSi<sup>۳</sup> و PCI<sup>۳</sup> از تصاویر لندست و داده‌های هواشناسی مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج این مطالعه، کاهش پوشش گیاهی، افزایش ذرات درشت خاک، کاهش مقدار بارندگی و افزایش تغییرپذیری فصلی آن را نشان می‌دهد (۲۰). دو مدل فضای ویژگی نقطه به نقطه و نقطه به خط در پژوهشی، با در نظر گرفتن کامل روابط غیر خطی شاخص‌های MSAVI و Albedo و اثرات زمینه خاک به کار گرفته می‌شود و کاربرد این مدل‌ها در بررسی درجات مختلف بیابان‌زایی مقایسه و تجزیه و تحلیل می‌شود نتایج نشان می‌دهد مدل نقطه به خط نتایج بهتری جهت پایش بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه واقع در کشور چین دارد (۳۲). در مطالعه‌ای دیگر در بخش مرکزی-جنوبی مراکش، تصویر ماهواره‌ی سنتینل ۲<sup>۴</sup> مورد استفاده قرار گرفته و سه شاخص<sup>۵</sup> TCG،<sup>۶</sup> TCB و<sup>۷</sup> TCW با تبدیل تسلدکپ<sup>۸</sup> استخراج می‌گردد. شاخص‌های NDVI و آلبیدو نیز از تصاویر استخراج شده و سپس رگرسیون خطی بر روی ترکیب NDVI-Albedo، TGB-TCB و TCW-TCB اجرا می‌شود. براساس آنالیزهای انجام شده، شاخص درجه‌ی بیابان‌زایی با استفاده از ترکیب TCW-TCB تعیین می‌گردد و این روش با صحت کلی ۹۳/۰۷ درصد به عنوان روشی مناسب برای ارزیابی بیابان‌زایی معرفی می‌شود

9 Soil Adjusted Vegetation Index

10 Bare Soil Index

11 Change Vector Analysis

12 Desertification Degree Index

13 Grain Size Index

14 Thematic Mapper

15 Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

1 Modified Soil Adjusted Vegetation Index

2 Normalized Difference Vegetation Index

3 Precipitation Condition Index

4 Sentinel 2

5 Tasseled Cap Greenness

6 Tasseled Cap Brightness

7 Tasseled Cap Wetness

8 Tasseled Cap Transformation

طور عمده بخش شرق و شمال شرق منطقه مطالعاتی در طبقه نیمه خشک و بخش غرب و جنوب غرب در طبقه خشک قرار می‌گیرند (۸).

غرب و جنوب غرب منطقه مطالعاتی شامل شهرستان اهواز و رودخانه کارون و اراضی کشاورزی فاریاب اطراف آن می‌باشد که از شمال شرقی به شهرستان‌های ویس و ملاثانی می‌رسد. شهرستان رامهرمز و مناطق کشت شده اطراف آن در قسمت جنوب شرق منطقه قرار گرفته و منطقه از سمت شمال شرق به شهرستان هفتگل و چین خوردگی‌های زاگرس محدود می‌شود. در بخش‌های مرکزی منطقه بخش غیزانیه و تپه‌های شنی غیزانیه قرار گرفته‌اند. علاوه بر اراضی فاریاب ذکر شده، کاربری‌های اراضی موجود در محدوده مطالعاتی، شامل اراضی دیم، مراتع نیمه متراکم و کم تراکم است و بیشه‌زار و درختچه‌زارهایی نیز بر روی برخی از تپه‌های شنی موجود در منطقه، وجود دارد و خاک سطحی لخت و عاری از پوشش گیاهی، در بخش‌های زیادی از منطقه به چشم می‌خورد (شکل ۲). تغییرات آب و هوایی در قالب خشکسالی‌های پی در پی، موجب افزایش دما و کاهش رطوبت سطح زمین شده است. این تغییرات در کنار بهره‌برداری از طرح‌های کلان آبی نظیر تونل‌های انتقال آب از سرشاخه‌های رودهای بزرگ استان، احداث سدها و شبکه‌های آبیاری که به برداشت بی‌رویه و غیر اصولی از منابع آب منجر شده باعث کاهش سطوح آبی و مرطوب و از بین رفتن پوشش گیاهی در بسیاری از مناطق شده است که منجر به بیابان‌زایی شده و در پایان؛ شکل‌گیری کانون‌های داخلی تولید ریزگرد را به دنبال داشته است (۸). از ۷ کانون داخلی تولید گرد و غبار در خوزستان، کانون شماره ۳ (شرق اهواز) و بخشی از کانون شماره ۴، (جنوب شرق اهواز) در محدوده مطالعاتی قراردارند (۴، ۸). همچنین بر اساس نقشه پراکندگی خاک‌های استان، خاک‌های منطقه بیشتر از نوع انتی‌سول‌ها و اینسپتی سول‌ها هستند و تپه‌های ماسه‌ای و بدلد نیز در منطقه به چشم می‌خورد. رخنمون سنگی نیز در بخش بسیار کوچکی در شمال شرق محدوده وجود دارد.

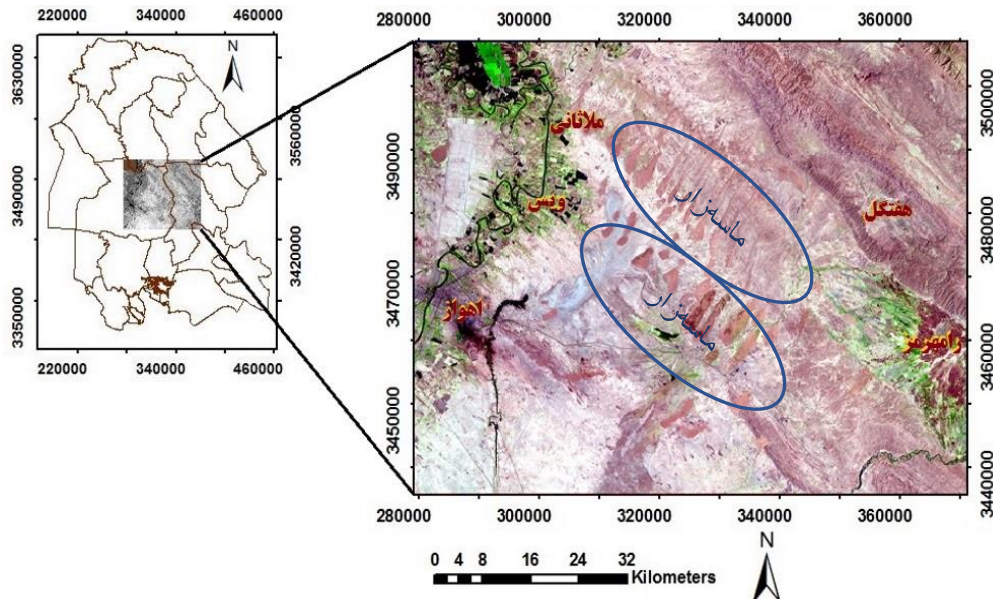
خاک، برای ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی مناطقی با ویژگی مزبور، مناسب به نظر می‌رسد (۱۴).

استان خوزستان بیش از ۱۲۷۵۵۰۰ هکتار اراضی بیابانی دارد (۲۴) و بخش بزرگی از مساحت استان، بر حسب تقسیم بندی اقلیمی دومارتن، خشک و نیمه‌خشک است. از بیش از یک دهه پیش، تشدید تغییرهای آب و هوایی و خشکسالی‌ها از یک سو و توسعه طرح‌های عمرانی و برداشت بی‌رویه از منابع آب از سوی دیگر، بسیاری از تالاب‌ها و نواحی مرطوب موجود رو به خشکی نهاد و بیابان‌های کوچکی را ایجاد کرد که این بیابان‌ها منشاء توفان‌های گرد و غبار سال‌های اخیر در استان بوده (۸) و علاوه بر تأثیر سوء بهداشتی و فشارهای روانی؛ زیان‌های اقتصادی زیادی را به این استان وارد کرده است (۲۴)، لذا شناخت وضعیت مناطق بیابانی شده، برای مدیریت و کنترل این وضعیت، امری ضروری است. با توجه به اینکه این مناطق خالی از پوشش گیاهی می‌باشند، لذا شاخص اندازه ذرات سطحی خاک به جای شاخص متداول پوشش گیاهی استفاده شد و پژوهش حاضر با هدف ارزیابی مدل فضای ویژگی شاخص‌های Albedo - TGSI در تعیین وضعیت بیابان‌زایی این مناطق، انجام شد.

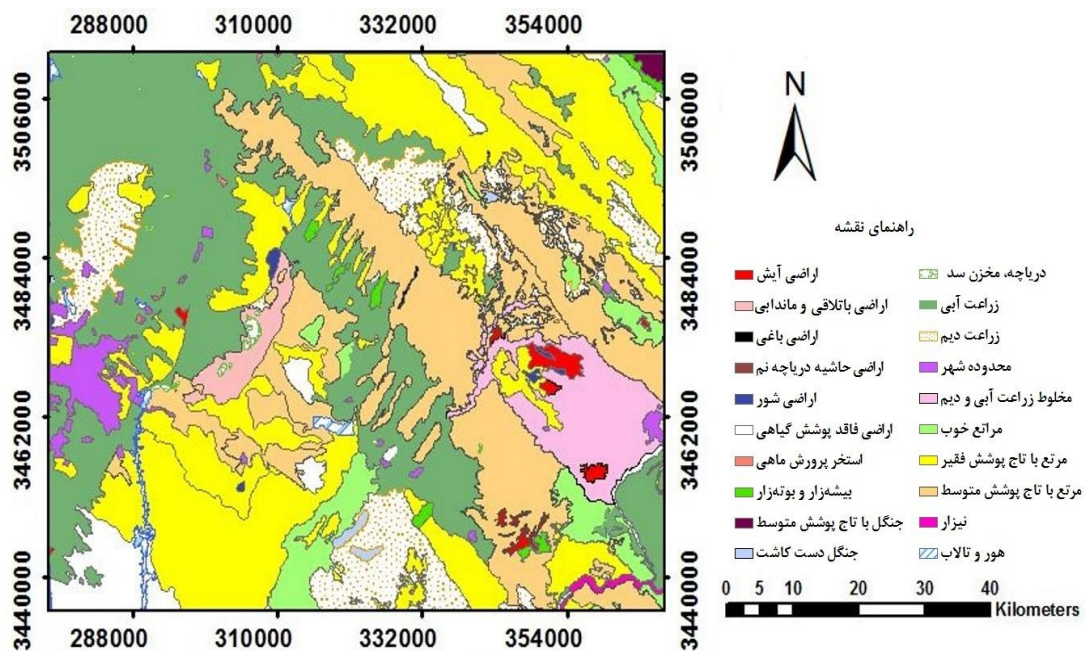
## ■ مواد و روش‌ها

### منطقه مورد بررسی

منطقه پژوهش در مرکز استان خوزستان بین عرض ۱۷ ۰ ۳۱ و ۶۹ ۴۳ ۳۱ شمالی و طول ۴۸ ۳۵ ۵۱ و ۴۹ ۳۹ ۲ و شرقی قرار گرفته است و مساحت آن  $48 \text{ km}^2$  می‌باشد (شکل ۱). استان خوزستان از دو بخش کاملاً متفاوت دشت و کوهستانی تشکیل یافته است. مناطق کوهستانی و مرتفع، دارای تابستان‌های معتدل و زمستان‌های سرد، نواحی کوهپایه‌ای دارای آب و هوای نیمه بیابانی و در نواحی پست جلگه‌ای هر چه به سمت جنوب و جنوب غربی پیش می‌رویم خصوصیات آب و هوا از نیمه بیابانی به بیابانی کناره‌ای تبدیل می‌شود. بیشتر زمستان‌های این ناحیه، کوتاه و معتدل و تابستان‌ها طولانی و گرم است (۱۰). بر پایه طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، به



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در خوزستان و تصویر ETM+ سال ۱۳۹۷



شکل ۲. کاربری اراضی موجود در محدوده مطالعاتی

### داده‌های مورد استفاده

داده مورد نیاز پژوهش حاضر شامل تصویر ماهواره لندست ۷، سنجنده<sup>۱</sup> ETM+ با مشخصات شماره گذر ۱۶۵ و ردیف ۳۸ مربوط به تاریخ ۵ مرداد سال ۱۳۹۷ بود که تصویر مربوطه با سطح تصحیحات<sup>۲۱</sup> (۱۲) از پایگاه اینترنتی سازمان زمین شناسی آمریکا بازرگیری شد (۲۶).

برای حذف تأثیر هر گونه پوشش گیاهی ناخواسته که ممکن است در فصل‌های دارای بارش، به صورت موقت استقرار یابند و برای افزایش کارایی شاخص‌های انتخاب شده، تاریخ اخذ تصویر ذکر شده ماه مرداد انتخاب شد. مشخصات باندهای مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. مشخصات باندهای مورد استفاده سنجنده ETM+

| قدرت تفکیک | طول موج     | باندهای سنجنده                                     |
|------------|-------------|--|
| ۳۰         | ۰/۴۵ - ۰/۵۲ | باند ۱ مرئی (آبی)                                  |
| ۳۰         | ۰/۵۲ - ۰/۶۰ | باند ۲ مرئی (سبز)                                  |
| ۳۰         | ۰/۶۹ - ۰/۶۳ | باند ۳ مرئی (قرمز)                                 |
| ۳۰         | ۰/۷۷ - ۰/۹۰ | باند ۴ (مادون قرمز نزدیک) NIR                      |
| ۳۰         | ۱/۵۵ - ۱/۷۵ | باند ۵ (مادون قرمز باطول موج کوتاه ۱) SWIR1        |
| ۳۰         | ۲/۰۸ - ۲/۳۵ | باند ۷ (مادون قرمز میانی با طول موج کوتاه ۲) SWIR2 |

## پیش پردازش تصویر

در آغاز خطای رادیومتری تصویر با ابزار تصحیح رادیومتری برطرف شد و انرژی رسیده به سنجنده محاسبه شد (۱۱). سپس به منظور تصحیح خطای اتمسفری از خوارزمیک (الگوریتم) QUAC<sup>۱</sup> استفاده شد. این خوارزمیک تصحیح اتمسفری را برای تصاویر چند طیفی و فرا طیفی انجام می‌دهد. این روش از رویکردی در صحنه<sup>۲</sup> بهره‌گیری می‌کند و تنها نیاز به مشخصات تقریبی مکان‌های باند سنجنده دارد (۲). این تصحیح در محیط نرم افزار رفع (۱۱) و در پایان بازتابش<sup>۳</sup> خالص مربوط به پدیده‌های مورد نظر بر روی سطح زمین به دست آمد.

## رفع خطای Stripping

در تاریخ ۳۱ می سال ۲۰۰۳ تصحیح کننده خط اسکن<sup>۴</sup> سنجنده ETM+ از کار افتاد. از آن تاریخ به بعد تصاویر این سنجنده دارای گپ‌های گوه‌ای<sup>۵</sup> شکل در دو طرف تصویر می‌باشد که منجر به از دست رفتن حدود ۲۲ درصد از داده‌ها می‌گردد (۱۳). از آنجائی که تصویر مورد استفاده مربوط به سال ۲۰۱۸ بود. نیاز داشت تا این داده‌های از دست رفته به نحوی جایگزین شده و این خطا تصحیح گردد. این کار با استفاده از افزونه SLC Landsat\_GapFill.sav انجام شد (۱۱).

نمودار مراحل مختلف انجام پژوهش حاضر به صورت شکل ۳ می‌باشد.

## محاسبه شاخص‌های محیطی TGSi و Albedo

## شاخص TGSi

مقدار این شاخص با استفاده از باندهای مرئی سنجنده ETM+ و بر اساس رابطه (۱) به دست آمد:

$$TGSi = \frac{(RED - BLUE)}{(RED + GREEN + BLUE)} \quad (1)$$

در این رابطه RED باند قرمز و BLUE باند آبی و GREEN باند سبز سنجنده ETM+ می‌باشد (۳۱).

مقادیر منفی و مثبت به ترتیب نشان دهنده زمین‌های دارای پوشش گیاهی و بدون پوشش گیاهی یا دارای پوشش گیاهی پراکنده است (۳۶).

## شاخص Albedo

مطالعات بسیاری از پژوهشگران نشان داده است که سپیدایی (آلبیدو) می‌تواند به عنوان شاخص فیزیکی مهم برای نشان دادن بیابان‌زایی باشد (۱۸). با توجه به این که این شاخص با ذرات سطحی خاک رابطه مستقیم دارد و هرچه اندازه ذرات خاک سطحی بزرگ‌تر باشند میزان آلبیدو و در نتیجه بیابان‌زایی بیشتر است (۱۴، ۳۰، ۳۱). مقدار این شاخص با استفاده از باندهای مربوطه و بر اساس رابطه (۲) محاسبه شد:

$$Albedo = 0.356BLUE + 0.13RED + 0.373NIR + 0.085SWIR1 + 0.072SWIR2 - 0.0018 \quad (2)$$

4 Scan Line Corrector  
5 Wedge-Shaped

1 QUick Atmospheric Correction  
2 In-Scene  
3 Reflectance



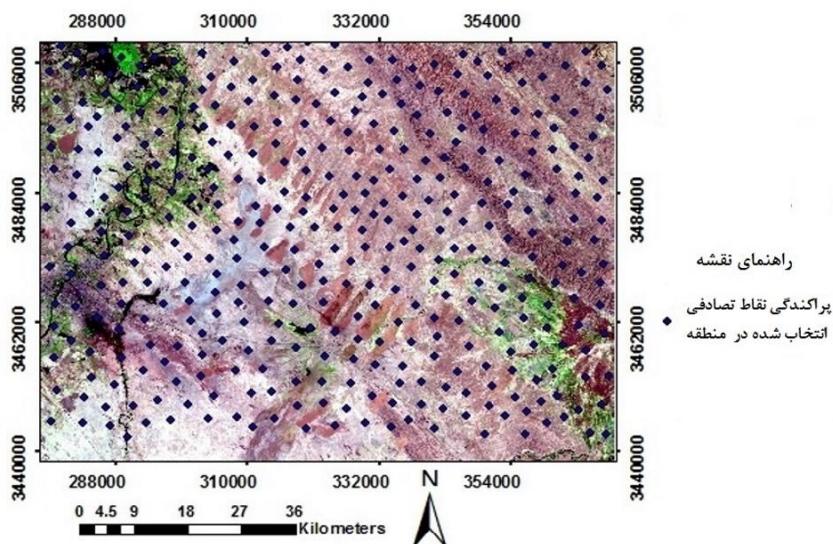
شکل ۳. روندنمای نمایش مراحل مختلف پژوهش

صورت کاملا تصادفی روی تصاویر شاخص ها انتخاب شد (شکل ۴)، سپس ارزش تک تک پیکسل های انتخابی برای هر دو شاخص TGSi و سپیدایی استخراج شد. در مرحله بعد نمودار ارزش های طیفی هر دو شاخص رسم و تجزیه رگرسیون انجام شد. مقدار همبستگی مقادیر شاخص ها در سال ۱۳۹۷ توسط رابطه (۳) محاسبه شد:

در این رابطه BLUE و RED به ترتیب باندهای آبی و قرمز طیف مرئی و SWIR باندهای مادون قرمز با طول موج کوتاه می باشند. (۳۰)

محاسبات کمی فضای ویژگی Albedo-TGSi برای بررسی رابطه بین متغیرها و ساخت مدل فضای ویژگی، ابتدا ۴۱۱ نقطه بر اساس تعداد کل پیکسل ها به





شکل ۴. پراکنش نقاط تصادفی انتخاب شده در منطقه مورد بررسی

هم‌چنین محل تغییرات عمودی توسط تابع چند جمله‌ای ساده خطی (رابطه ۴) تعیین شد (۲۱)

$$DDI = \alpha \cdot TGSi - Albedo \quad (4)$$

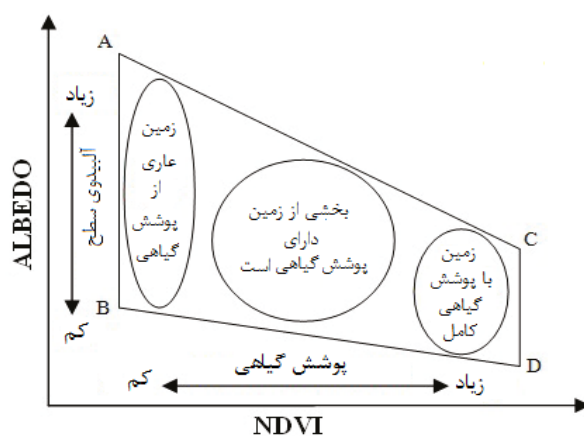
در این رابطه DDI درجات مختلف بیابان‌زایی و  $\alpha$  شیب خط عمود بر خط برازش داده شده بر فضای ویژگی می‌باشد. بر اساس پژوهش‌های متعدد انجام شده (۲۱، ۳۵، ۳۶) مقادیر DDI با کاربرد روش طبقه‌بندی شکست طبیعی جنکز<sup>۱</sup> به ۵ طبقه مختلف خیلی شدید، شدید، متوسط، کم و بدون بیابان‌زایی تقسیم‌بندی شد (شکل ۶).

$$r = \frac{n \sum(xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum(x^2) - (\sum x)^2][n \sum(y^2) - (\sum y)^2]}} \quad (3)$$

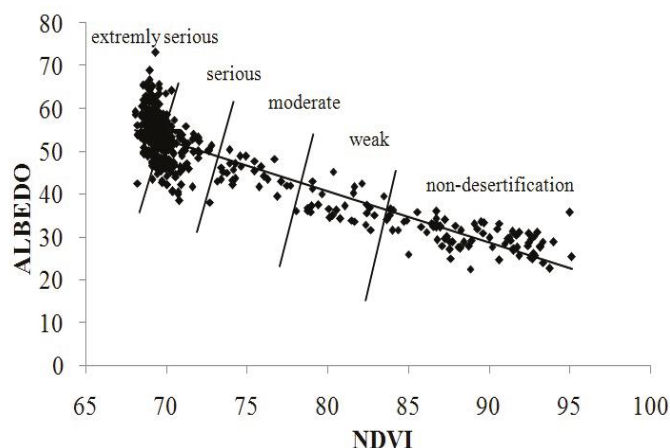
در این رابطه n تعداد متغیرها، x متغیر مستقل TGSi و y متغیر وابسته سپیدایی می‌باشد.

#### محاسبه شاخص درجات بیابان‌زایی DDI

شاخص درجه بیابان‌زایی براساس نظر پینتی و ورستریت در سال ۱۹۹۶ محاسبه شد (۲۹). طبق این نظریه، جداسازی انواع طبقه مختلف بیابان‌زایی می‌تواند به طور موثری به وسیله تقسیم‌بندی فضای ویژگی-NDVI-Albedo در جهت عمود بر روند تغییرات بیابان‌زایی انجام شود (شکل ۵).



شکل ۵. فضای ویژگی Albedo-NDVI خط AC از چهار ضلعی نشان دهنده بیشینه مقدار سپیدایی که منعکس کننده اراضی کاملا خشک و خط BD حداقل مقدار متعلق به شرایط سطح آب است (۳۰)



شکل ۶. طبقه بندی شاخص بیابان زایی DDI به ۵ درجه ی مختلف بیابان زایی در فضای ویژگی NDVI-Albedo (۱۹)

بیابان زایی که درصد بیشتری از مساحت منطقه را تشکیل داده اند تعداد نمونه های بیشتری تعلق گرفت. تعداد این نقاط برای طبقات شدید: ۶۵، زیاد: ۵۲، متوسط: ۳۵، کم: ۱۷ و بدون بیابان زایی: ۵ پیکسل تعیین شد. سپس نقاط با کمک نقشه های موضوعی تفسیر شد. به این صورت پیکسل هایی که کاملاً خاک لخت و بدون پوشش گیاهی بود به عنوان طبقه بیابان زایی شدید، پیکسل هایی که بخش وسیعی از خاک، لخت و دارای پوشش بسیار پراکنده بود، طبقه بیابان زایی زیاد، پیکسل هایی که مقدار پوشش از طبقه قبلی بیشتر و خاک کمتری در معرض بود بیابان زایی متوسط، پیکسل هایی که در آن پوشش گیاهی متراکم بود به عنوان طبقه بیابان زایی کم و رودخانه کارون و اراضی فاریاب اطراف آن به عنوان طبقه بدون بیابان زایی در نظر گرفته شد، سپس این پیکسل ها با طبقه ای که در آن قرار گرفته بودند مقایسه شد و به این ترتیب، با تشکیل ماتریس خطا، صحت طبقه بندی با استفاده از صحت کلی<sup>۱</sup> (رابطه ۵) و ضریب کاپا<sup>۲</sup> (رابطه ۶) تعیین گردید. تجزیه و تحلیل کاپا روش مورد استفاده مشهور چند متغیره برای ارزیابی صحت است. این ضریب برای هر ماتریس به کمک عناصر قطری و حاشیه ای محاسبه شده و نشان دهنده آن است که طبقه بندی چقدر با داده های واقعی توفیق دارد. میزان کلی توفیق برای هر ماتریس، بر پایه تفاوت بین توفیق عملی طبقه بندی و توفیق شانسی محاسبه می گردد. بنابراین ضریب کاپا نشان دهنده توفیق صحت کلی با حالت موجود در طبیعت است (۲۱).

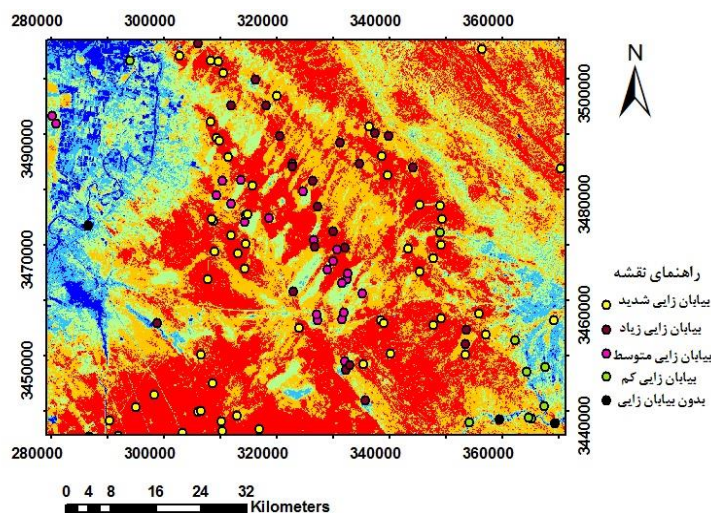
این نوع طبقه بندی بر اساس توزیع نرمال داده ها صورت گرفت و نقاط عطف داده ها مرز بین طبقات را مشخص نمود. در این روش پس از تعیین تعداد طبقه ها، نرم افزار با خوارزمیک محاسباتی، سعی در حداقل رساندن اختلاف بین داده ها در هر طبقه و به حداکثر رساندن اختلاف بین طبقه ها دارد. بدین ترتیب و بر اساس آنچه گفته شد روند فوق الذکر در مورد شاخص TGSi و آلبدو مورد استفاده واقع شد و پس از ترسیم فضای ویژگی اطلاعات بیابان زایی از آن استخراج شد و مقدارهای شکست کمینه و بیشینه تخصیص داده شده برای هر طبقه مشخص شد.

#### تهیه نقشه بیابان زایی منطقه

با مشخص شدن مقدار کمینه و بیشینه شاخص DDI برای هر طبقه بیابان زایی، طبقه بندی شکست طبیعی برای کل منطقه اعمال شد و مقادیر حدی مشخص شده برای هر طبقه به نرم افزار معرفی شد و به این ترتیب نقشه وضعیت بیابان زایی کل منطقه مطالعاتی تولید شد (شکل ۶).

#### بررسی صحت نقشه بیابان زایی

برای ارزیابی صحت طبقه بندی از ماتریس خطا استفاده شد. برای ارزیابی صحت طبقه بندی انجام شده، تعداد ۱۷۴ پیکسل به عنوان واقعیت زمینی در حد امکان به طور یکنواخت از منطقه مطالعاتی انتخاب شد (شکل ۷). فرایند انتخاب نقاط با توجه به نسبت درصد پوشش طبقات در منطقه صورت پذیرفت. به این ترتیب که به طبقاتی از



شکل ۷. پراکنش نقاط کنترل زمینی جهت ارزیابی صحت نقشه

نتایج

محاسبه تصاویر شاخص‌های TGSi و Albedo

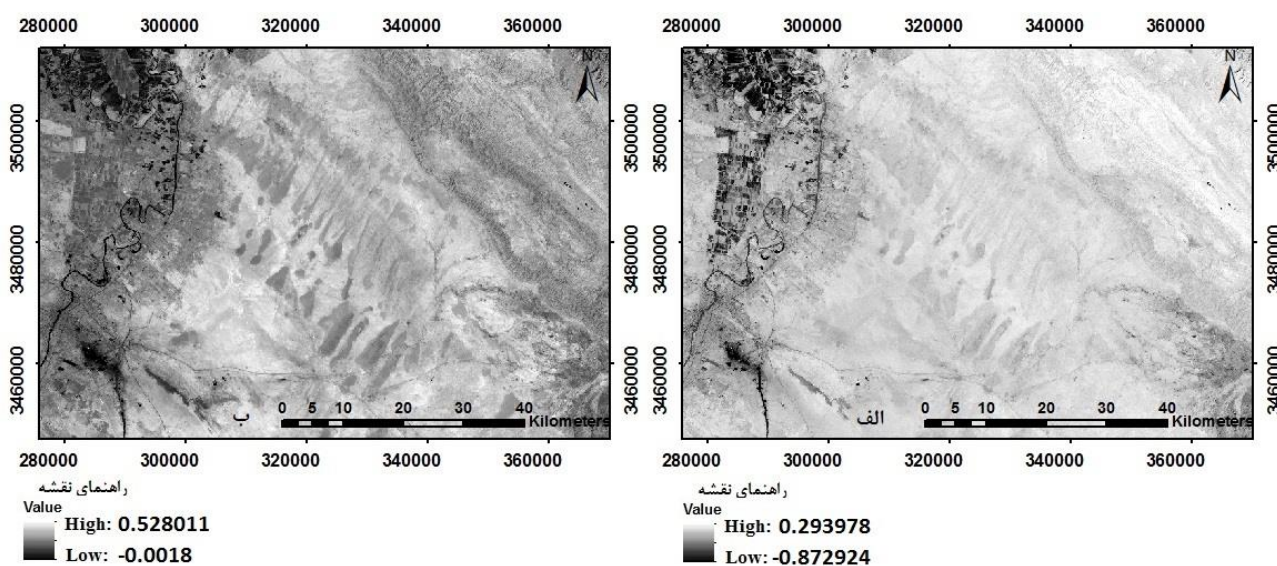
بر اساس رابطه اعمال شده بر روی پیکسل‌های تصویر، شاخص‌های مورد نظر طبق شکل ۸ محاسبه شدند. بررسی مقادیر استخراج شده نقاط تصادفی از تصویر شاخص TGSi، نشان داد تنها ۱۳ نقطه از ۴۱۱ نقطه دارای مقادیر منفی بودند که نشان دهنده پوشش فقیر در منطقه بود. آماره‌های توصیفی نقاط در جدول (۲) نشان داده شده است.

$$OA = 1/n \sum_{i=1}^m P_{ii} \quad (5)$$

در این رابطه n تعداد کل نمونه‌ها در تمام طبقات، m تعداد کل طبقات و P<sub>ii</sub> عناصر قطر اصلی می‌باشند.

$$K = \frac{N - \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}} \quad (6)$$

در این رابطه N تعداد کل پیکسل‌های واقعیت زمینی، r تعداد ردیف‌های جدول خطا، X<sub>ii</sub> تعداد مشاهدات روی قطر بزرگ، X<sub>i+</sub> مشاهدات در ردیف i و X<sub>+i</sub> کل مشاهدات در ستون i است.



شکل ۸. تصاویر مربوط به شاخص‌های محاسبه شده الف) TGSi ب) Albedo

جدول ۲. آماره های توصیفی نقاط تصادفی.

| شاخص   | حداکثر | حداقل  | میانگین | دامنه | میانه | مد    | انحراف معیار |
|--------|--------|--------|---------|-------|-------|-------|--------------|
| TGSi   | ۰/۲۱۸  | -۰/۱۰۹ | ۰/۱۲۹   | ۰/۳۲۷ | ۰/۱۴۱ | ۰/۱۵۳ | ۰/۰۴۵        |
| Albedo | ۰/۴۰۷  | ۰/۱۱۹  | ۰/۳۱۷   | ۰/۲۸۷ | ۰/۳۲۲ | ۰/۱۱۹ | ۰/۰۵۰        |

ساخت و ایجاد مدل فضای ویژگی و استخراج رابطه بیابانزایی

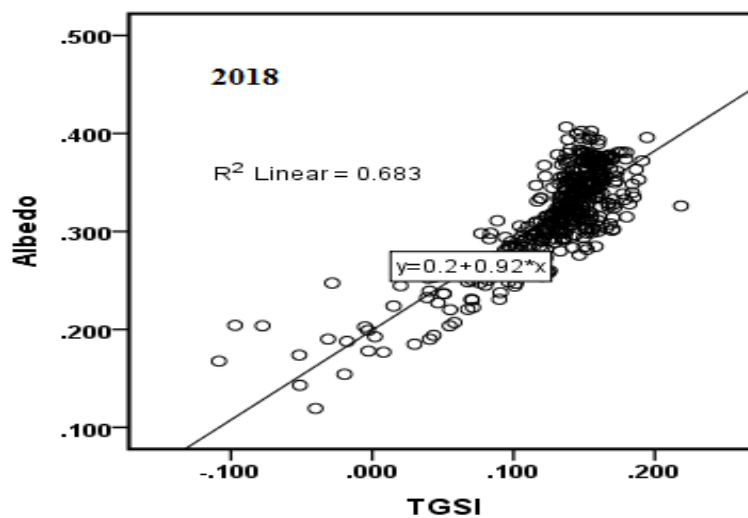
همانطور که در شکل نشان داده شده (شکل ۹) و در پژوهش‌های قبلی هم مشخص شد متغیر سپیدایی رابطه مستقیم و مثبت با متغیر TGSi دارد (۱۴، ۳۰، ۳۱). بر اساس تجزیه رگرسیون انجام شده بر روی داده‌ها، مقدار همبستگی این دو شاخص با یکدیگر که برابر ۰/۸۳ بود به دست آمد (جدول ۳). در بررسی‌های ذکر شده قبل نیز این مقدار بیشتر از ۰/۷۷ تخمین زده شده و مقدار ۰/۹۲ نیز به دست آمده است. همبستگی قوی و معنادار متغیرها نشان داد که شاخص اندازه ذرات سطحی خاک را می‌توان به عنوان شاخصی مناسب برای ارزیابی بیابانزایی به کار برد.

رابطه بین دو متغیر طبق رابطه ۷ به دست آمد:

$$Albedo = 0.199 + 0.915 TGSi \quad (7)$$

همچنین معادله رابطه بیابانزایی در سال ۱۳۹۷ بر اساس رابطه ۴ و شیب خط برازش داده شده به دست آمد (رابطه ۸). در پایان با استفاده از معادله به دست آمده، مقادیر درجه بیابانزایی برای هر پیکسل حاصل شد و تصویر شاخص درجه بیابانزایی به دست آمد (شکل ۱۰):

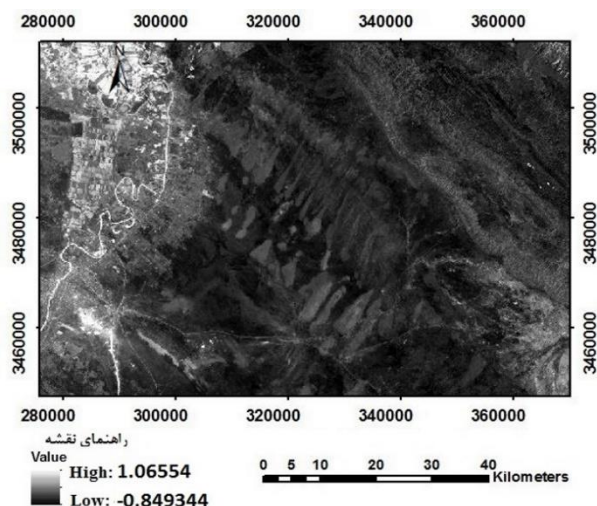
$$DDI = -1.093 TGSi - Albedo \quad (8)$$



شکل ۹. مدل فضای ویژگی Albedo- TGSi

جدول ۳. پارامترهای مربوط به مدل فضای ویژگی Albedo-TGSi

| متغیرها     | r     | شیب خط برازش شده | Sig. |
|-------------|-------|------------------|------|
| TGSi-Albedo | ۰/۸۲۶ | $\alpha = ۰/۹۱۵$ | ۰/۰۰ |



شکل ۱۰. تصویر شاخص درجات بیابان زایی DDI سال ۱۳۹۷.

**طبقه‌بندی شاخص DDI**

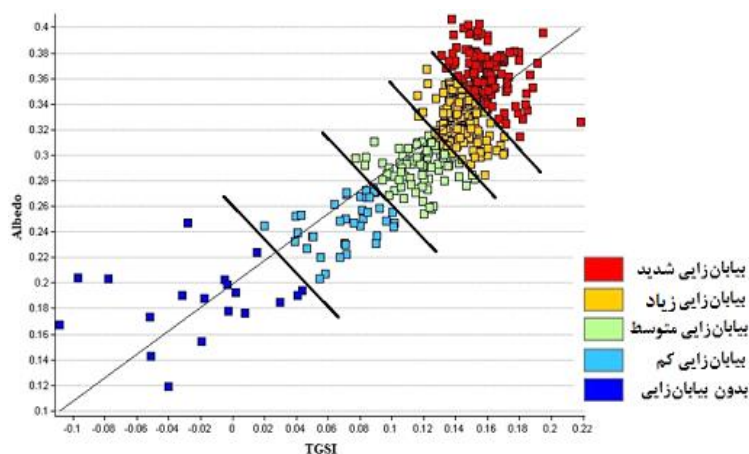
مقادیر حدی و نقاط شکست مقادیر، برای درجه‌های مختلف DDI، پس از اعمال طبقه بندی شکست طبیعی جنکز بر نقاط تصادفی در جدول ۴ آورده شده‌است. این مقادیر نشان می‌دهند که هر پیکسل، به کدامیک از طبقه‌های بیابان‌زایی تعلق گرفته است (شکل ۱۱).

**تهیه نقشه بیابان‌زایی منطقه**

پس از به‌دست آوردن مقادیرهای حدی شکست برای هر کدام از درجه‌های بیابان‌زایی، این مقادیر به عنوان مقدار حدی و شکست برای طبقه‌بندی منطقه به روش شکست طبیعی، اعمال شد و در پایان نقشه وضعیت بیابان‌زایی منطقه در سال ۱۳۹۷ به دست آمد (شکل ۱۲).

جدول ۴. حدود شاخص بیابان‌زایی DDI برای هر طبقه

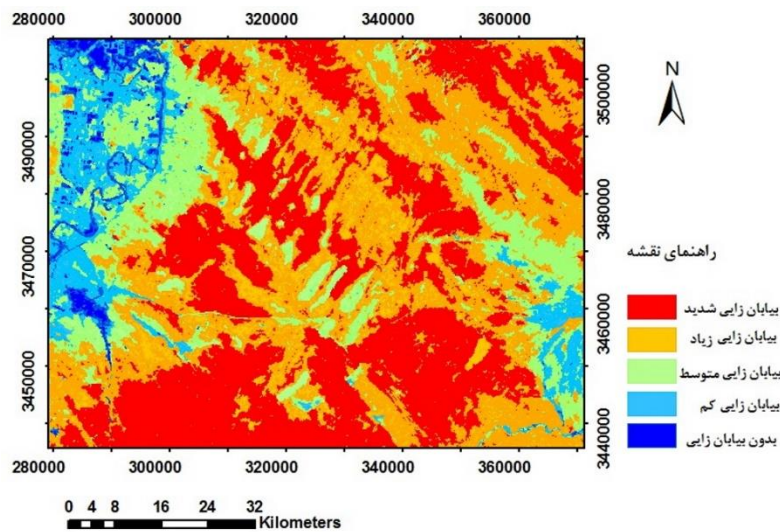
| نقاط شکست | مقادیر حدی            | درجات بیابان‌زایی DDI |
|-----------|-----------------------|-----------------------|
| -۰/۵۱۱۰۲۸ | -۰/۶۰۸۵۰۲ ~ -۰/۵۱۱۰۲۸ | بیابان‌زایی شدید      |
| -۰/۴۵۱۸۲۴ | -۰/۵۱۱۰۲۸ ~ -۰/۴۵۱۸۲۴ | بیابان‌زایی زیاد      |
| -۰/۳۷۵۲۱۴ | -۰/۴۵۱۸۲۴ ~ -۰/۳۷۵۲۱۴ | بیابان‌زایی متوسط     |
| -۰/۲۶۳۴۹۹ | -۰/۳۷۵۲۱۴ ~ -۰/۲۶۳۴۹۹ | بیابان‌زایی کم        |
| -۰/۰۴۸۹۶۴ | -۰/۲۶۳۴۹۹ ~ -۰/۰۴۸۹۶۴ | بدون بیابان‌زایی      |



شکل ۱۱. گراف نحوه طبقه‌بندی درجات مختلف بیابان‌زایی سال ۱۳۹۷

جدول ۵. دامنه مقادیر درجه بیابان‌زایی برای هر طبقه و اطلاعات استخراج شده از طبقه‌بندی

| طبقه بیابان‌زایی DDI | مساحت هر طبقه % | مساحت هر طبقه Km <sup>2</sup> | دامنه مقادیر درجه بیابان‌زایی هر طبقه |
|----------------------|-----------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| بیابان‌زایی شدید     | ۳۶/۱۵           | ۲۷۵۹/۹                        | -۰/۸۴۹۳۴۴ ~ -۰/۵۱۱۰۲۸                 |
| بیابان‌زایی زیاد     | ۳۳/۲۵           | ۲۵۳۹/۰                        | -۰/۵۱۱۰۲۸ ~ -۰/۴۵۱۸۲۴                 |
| بیابان‌زایی متوسط    | ۱۸/۲۵           | ۱۳۹۳/۲                        | -۰/۴۵۱۸۲۴ ~ -۰/۳۷۵۲۱۴                 |
| بیابان‌زایی کم       | ۸/۲۹            | ۶۳۲/۸                         | -۰/۳۷۵۲۱۴ ~ -۰/۲۶۳۴۹۹                 |
| بدون بیابان‌زایی     | ۴/۰۶            | ۳۱۰/۱                         | -۰/۲۶۳۴۹۹ ~ ۱/۰۶۵۵۴                   |
| کل                   | ۱۰۰             | ۷۶۳۵/۳                        |                                       |



شکل ۱۲. نقشه درجات وضعیت بیابان‌زایی سال ۱۳۹۷

منطقه به صورت جدول ۶ تعیین شد.

#### بررسی صحت نقشه

برای بررسی صحت نقشه به دست آمده، جدول ماتریس خطا تنظیم شد (جدول ۷). بر اساس این جدول صحت کلی نقشه و ضریب کاپا به ترتیب برابر ۰/۹۴/۲۵ و ۰/۹۲/۰۵ تعیین شد که نشان دهنده دقت بالای طبقه‌بندی بود.

طبق نقشه حاصل شده (شکل ۱۲) و (جدول ۵)، ۳۶/۱۵٪ منطقه دچار وضعیت بیابان‌زایی شدید و ۳۳/۲۵٪ منطقه دچار وضعیت بیابان‌زایی زیاد بود که در مجموع ۶۹/۴٪ مساحت منطقه را تشکیل می‌دهند و تنها ۴٪ منطقه در طبقه بدون بیابان‌زایی قرار گرفت. این ارقام نشان می‌دهند که به طور کلی منطقه از نظر بیابان‌زایی در وضعیت وخیمی به سر می‌برد. در پایان دامنه مقادیر شاخص بیابان‌زایی برای

جدول ۶. دامنه شاخص بیابان‌زایی

| طبقه بیابان‌زایی DDI | دامنه شاخص DDI برای هر طبقه |
|----------------------|-----------------------------|
| بیابان‌زایی شدید     | < -۰/۵۱                     |
| بیابان‌زایی زیاد     | -۰/۵۱ ~ -۰/۴۵               |
| بیابان‌زایی متوسط    | -۰/۴۵ ~ -۰/۳۸               |
| بیابان‌زایی کم       | -۰/۳۸ ~ -۰/۲۶               |
| بدون بیابان‌زایی     | > -۰/۲۶                     |

جهت کاربرد در مدل کمی فضای ویژگی در مقابل شاخص آلبیدو، توجه به پوشش منطقه اهمیت زیادی دارد. به طوریکه از نتایج تحقیقات محققان قبل می توان دریافت که چنانچه درصد پوشش گیاهی در منطقه زیاد باشد شاخص های مرتبط با پوشش گیاهی و چنانچه منطقه خالی از پوشش باشد شاخص های مرتبط با سطح خاک، قابلیت بالاتری در ارزیابی وضعیت تخریب و بیابان زایی سطح زمین دارند (۳۰، ۳۱). همچنین برخی پژوهش ها برای مناطقی که ترکیبی از پوشش گیاهی و خاک لخت می باشند، شاخصی مانند MSAVI را به کار برده اند. به عنوان مثال در پژوهشی که در چین انجام گرفت شاخص مزبور برای مناطق نیمه مرطوب و نیمه خشکی استفاده می شود که کاربری زمین عمدتاً به کشاورزی و چراگاه های مرتعی اختصاص دارد (۳۲). به نظر می رسد انتخاب این شاخص در ساخت مدل فضای ویژگی در این تحقیق به دلیل ماهیت شاخص مربوطه است که اثر خاک لخت سطحی بر پوشش گیاهی را خنثی می کند و نتایج حاصل شده در تحقیق نیز موید همین امر است. بنابراین چنانچه انتخاب شاخص به روش ساده، سریع، کم هزینه، قابل اعتماد و تکرار پذیر برای ارزیابی وضعیت بیابان زایی و پایش آن است.

بررسی نقشه طبقه بندی و مقایسه آن با واقعیت زمینی نشان داد مناطقی که دچار وضعیت بیابان زایی شدید و زیاد هستند، غالباً مناطقی با کاربری مرتع کم تراکم و اراضی دیم هستند که با در نظر گرفتن عوامل بیابان زایی ذکر شده در خوزستان، می توان به چرای قرار گرفتن این اراضی در طبقه بیابان زایی شدید پی برد.

مقایسه صحت نقشه حاصل شده با بررسی های قبلی انجام شده که روش طبقه بندی جنکز را در فضای ویژگی شاخص های ویژگی اعمال کرده و در پایان برای تهیه نقشه نهایی استفاده کرده اند و به ترتیب صحت کلی برابر  $0.88/0.27$  و  $0.85/0.21$  و ضریب کاپای  $0.8518$  و  $0.8235$  را به دست آورده اند (۳۵، ۳۶) نشان می دهد روش به کار رفته روشی قوی، کم هزینه و سریع برای ارزیابی وضعیت بیابان زایی بود.

### ■ بحث و نتیجه گیری

سالیان متمادی است که شاخص پوشش گیاهی NDVI، به عنوان معیاری از تخریب و بیابان زایی در نظر گرفته می شود، اما به دلیل عاری بودن سطح خاک از پوشش گیاهی و در معرض بودن سطح خاک در مناطق خشک و بیابانی، استفاده از شاخص های مرتبط با ویژگی های خاک سطحی نظیر TGSi منطقی تر به نظر می رسد. لذا پژوهش حاضر با هدف ارزیابی شاخص مزبور، با کاربرد مدل فضای ویژگی Albedo-TGSi در تعیین وضعیت بیابان زایی انجام شد. معنی داری همبستگی بین شاخص های اندازه ذرات خاک سطحی و سپیدایی سطح خاک به مقدار  $0.83$ ، در پژوهش حاضر، و تولید نقشه طبقه های بیابان زایی با ۵ طبقه بیابان زایی شدید، زیاد، متوسط، کم و بدون بیابان زایی با صحت  $0.92$  نشان داد که شاخص TGSi می تواند به عنوان معیاری برای ارزیابی بیابان زایی مناطق با پوشش گیاهی بسیار کم به کار رود. این در حالی است که پژوهش های قبلی نیز حاکی از مناسب بودن شاخص مزبور برای مناطقی با پوشش گیاهی بسیار کم، می باشد. آن چه مشخص است در انتخاب شاخص

جدول ۷. ماتریس خطا جهت بررسی صحت طبقه بندی

| بدون بیابان زایی | بیابان زایی کم | بیابان زایی متوسط | بیابان زایی زیاد | بیابان زایی شدید | کل  |
|------------------|----------------|-------------------|------------------|------------------|-----|
| ۵                | ۰              | ۰                 | ۰                | ۰                | ۵   |
| ۲                | ۱۴             | ۱                 | ۰                | ۰                | ۱۷  |
| ۰                | ۱              | ۳۳                | ۱                | ۰                | ۳۵  |
| ۰                | ۰              | ۵                 | ۴۷               | ۰                | ۵۲  |
| ۰                | ۰              | ۰                 | ۰                | ۶۵               | ۶۵  |
| ۷                | ۱۵             | ۳۹                | ۴۸               | ۶۵               | ۱۷۴ |

پوشیده از درختچه‌زار و بیشه‌زار هستند. وجود طبقه بدون بیابان‌زایی در نتایج، که دارای کمترین مقدار بازتابش در ارتباط با شاخص اندازه ذرات سطحی خاک بود، ناشی از وجود منابع رطوبتی شامل رودخانه کارون، اراضی کشاورزی فاریاب و مزارع پرورش ماهی می‌باشد. این نتایج نشان داد که شاخص مزبور به طور موفقیت‌آمیزی طبقه‌های مختلف بیابان‌زایی را جدا کند. مناطق طبقه‌بندی محدودۀ مورد مطالعه نشان داد، ۷۰٪ مساحت محدودۀ، در دو وضعیت بیابان‌زایی شدید و زیاد قرار دارد. از این رو و با نظر گرفتن مناطقی که در طبقه بدون بیابان‌زایی قرار گرفته‌اند می‌توان نتیجه گرفت منطقه از نظر وضعیت بیابان‌زایی در وضعیت نامناسبی به سر می‌برد. افزایش محسوس وقوع توفان‌های گرد و غبار در استان در خوزستان، طی سال‌های اخیر، تأیید کننده نتیجه مزبور می‌باشد.

کانون‌های گردوغبار شماره ۳ و ۴ در استان خوزستان که محل برداشت و منشا گرد و غبار سال‌های اخیر در خوزستان هستند در شرق و جنوب شرق اهواز قرار دارند. به عبارت دیگر، کانون شماره ۳، در بخش غربی محدودۀ مورد مطالعه و کانون شماره ۴ نیز در قسمت جنوب و جنوب غرب محدودۀ مورد مطالعه است. این کانون‌ها در نقشه طبقه‌بندی، در طبقه بیابان‌زایی شدید قرار گرفته‌اند. با توجه به این که در این اراضی، ذرات کوچک برداشت شده و ذرات بزرگ‌تر به جای مانده‌اند. قرار گرفتن این کانون‌ها در طبقه بیابان‌زایی شدید، نشان می‌دهد شاخص TGSi در ارزیابی بیابان‌زایی این مناطق به درستی عمل کرده است. همچنین مناطقی که در طبقه بیابان‌زایی متوسط قرار گرفتند، از جمله تپه‌های ماسه‌ای موجود در منطقه، دارای درجاتی از پوشش گیاهی بودند. برخی پهنه‌های ماسه‌ای نیز در طبقه بیابان‌زایی کم قرار گرفتند که بررسی نقشه کاربری اراضی منطقه نشان داد این پهنه‌ها

## ■ References

1. Becerril-Pina, R., Díaz-Delgado, C., Mastachi-Loza, C. A., & González-Sosa. E. (2016). Integration of remote sensing techniques for monitoring desertification in Mexico. *Human and Ecological Risk Assessment*, 22 (6), 1323-1340.
2. Bernstein, L. S., Jin. X., Gregor, B., & Adler-Golden. S. M. (2012). Quick atmospheric correction code: algorithm description and recent upgrades. *Optical Engineering*, 51 (11), 111719.
3. Ci, L., & Yang, X. (2010). Desertification and Its Control in China. Beijing: Higher Education Press, Beijing and Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
4. Dinarvand, M., Keneshloo, H., & Fayaz. M. (2018). Vegetation of dust sources in Khuzestan Province. *Iran Nature*, 3 (3), 32-42. (in Farsi)
5. Ekhtesasi, M. R., & Sepehr, A. (2011). Methods and models of desertification assessment and mapping. Yazd: University of Yazd. (in Farsi)
6. Emadodin, I., Reinsch, T., & Taube. F. (2019). Drought and Desertification in Iran. *Hydrology*, 6 (3), 66.
7. Eswaran, H., Lal, R., & Reich. P. F. (2001). Land Degradation: an Overview: Response to Land Degradation. 2nd International Conference on Land Degradation, Khon Kaen, Thailand.
8. Heidarian, P., Joudaki, M., Darvishi Khatoni, J., & Shahbazi, R. (2015). Recognized Dust Sources in Khuzestan Province: Ministry of Industry, Mine and Trade Geological Survey of Iran South West Regional Center.
9. <https://iran.un.org/en/126928-soil-solution>
10. <http://khzmet.ir/image/climakh.pdf>.
11. <https://www.harrisgeospatial.com/Software-Technology/ENVI 5.3>.



12. [https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-landsat-archives-landsat-7-enhanced-thematic-mapper-plus-etm?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-landsat-archives-landsat-7-enhanced-thematic-mapper-plus-etm?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects).
13. <https://yceo.yale.edu/how-fill-gaps-landsat-etm-images>. (Available on January 2021).
14. Lamchin, M., Lee, J. Y., Lee, W. K., Lee, E. J., kim, M., Lim, C. H., Choi, H. A. & Kim. S. R. (2016). Assessment of land cover change and desertification using remote sensing technology in a local region of Mongolia. *Advances in Space Research*, 57 (1), 64-77.
15. Lamchin, M., Lee, W. K., Jeon, S. W., Lee, J. Y., Song, C., Piao, D., Lim, C. H., Khaulenbek, A., & Navaandorj. I. (2017). Correlation between Desertification and Environmental Variables Using Remote Sensing Techniques in Hogno Khaan, Mongolia. *Sustainability*, 9 (4), 581.
16. Lamqadem, A. A., Saber, H., & Pradhan. B. (2018). Quantitative Assessment of Desertification in an Arid Oasis Using Remote Sensing Data and Spectral Index Techniques. *Remote Sensing*, 10 (12), 01-18.
17. Leu. J. (1977), Visible and near-infrared reflectance of beach sands: a study on the spectral reflectance/grain size relationship. *Remote Sensing of Environment*, 6 (3), 169-182.
18. Liang. S. (2001). Narrowband to broadband conversions of land surface albedo I Algorithms. *Remote Sensing of Environment*, 76 (2), 213-238.
19. Ma, Z., Xie, Y., Jiao, J., li, L., & Wang. X. (2011). The Construction and Application of an Albedo-NDVI Based Desertification Monitoring Model. *Procedia Environmental Sciences*, 10 (Part C), 2029-2035.
20. Manjur Gebru, K., Lee, W. K., Khamzina, A., Wang, S. W., Cha, S., Song, c., & Lamchin. M. (2021). Spatiotemporal multi-index analysis of desertification in dry Afromontane forests of northern Ethiopia. *Environment, Development and Sustainability*, 3 (21), 23-50.
21. Mazaheri, H., Nowrouzi, A. A., & Fatahi. M. M. (2008). Evaluating the accuracy of the vegetation indices method in preparing the land use map. Fourth National Conference on Watershed Management Science and Engineering of Watershed Management, Karaj, Iran. 1-8. (in Farsi)
22. Mirzabaev, A., J. Wu, J. Evans, F. García-Oliva, I.A.G. Hussein, M.H. Iqbal, J. Kimutai, T. Knowles, F. Meza, D. Nedjraoui, F. Tena, M. Türkeş, R.J. Vázquez, M. Weltz, (2019): Desertification. In: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendía, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)].
23. Pan, J., & Li. T. (2013). Extracting desertification from Landsat TM imagery based on spectral mixture analysis and Albedo-Vegetation feature space. *Natural Hazards*, 68 (2), 915-927.
24. Payandeh, Kh., Khashei, M., & Sabz Alipour. S. (2018). Investigating the causes of microtubules in Khuzestan province and its factors. The First International Conference and the Third National Conference on Sustainable Management of Soil and The Environment Resources, Kerman, Iran.
25. Salisbury, J. W., & D'Aria. D. M. (1992). Infrared (8-14 um) remote sensing of soil particle size. *Remote Sensing of Environment*, 42 (2), 157-165.
26. United State Geological Survey, <https://earthexplorer.usgs.gov/>. (Available on January 2020).
27. UNNCD. (1994). Convention to Combat Desertification. United Nations, Bonn, Germany.

28. UNCCD. (2008). Statement by Mr. Luc Gnacadja Executive Secretary United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD) On the occasion of the Opening of the International Conference on Combating Desertification, Beijing, China.
29. Verstraete, M. M., & Pinty, B. (1996). Designing Optimal Spectral Indexes for Remote Sensing Applications, *Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 34 (5), 1254-1265.
30. Wei, H., Wang, J., Cheng, K., Li, G., Ochir, A., Davaasuren, D., & Chonokhuu, S. (2018). Desertification Information Extraction Based on Feature Space Combinations on the Mongolian Plateau. *Remote Sensing*, 10 (10), 1614.
31. Wei, H., Wang, J., & Han, B. (2020). Desertification Information Extraction Along the China–Mongolia Railway Supported by Multisource Feature Space and Geographical Zoning Modeling. *Feature Space and Geographical Zoning Modeling. Selected Topic in Applied Earth Observation and Remote Sensing*, 13, 392- 402.
32. Wen, Y., Guo, B., Zang, W., Ge, D., Luo, W., & Zhao, H. (2020). Desertification detection model in Naiman Banner based on the albedo-modified soil adjusted vegetation index feature space using the Landsat 8 OLI images. *Geomatics. Natural Hazards and Risk*, 11 (1), 544-558.
33. Williams, A. T., Wiltshire, R. J., & Thomas, M. C. (1998). Sand grain analysis: image processing, textural algorithms and neural nets. *Computers and Geosciences*, 24 (2), 111–118.
34. Wu, Z., Lei, S., Bian, Z., Huang, J., & Zhang, Y. (2019). Study of the desertification index based on the albedo-MSAVI feature space for semi-arid steppe region. *Environmental Earth Sciences*, 78 (6), 232.
35. Xiao, J., Shen, Y., Tateishi, R., & Bayaer, W. (2005). Detection of land desertification and topsoil grain size using remote sensing. *Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Seoul, Korea (South). 198-201.
36. Xiao, J., Shen, Y., Tateishi, R., & Bayaer, W. (2006). Development of topsoil grain size index for monitoring desertification in arid land using remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, 27 (12), 2411-2422.
37. Zehtabian, G. R., Khosravi, H., & Masoudi, R. (2016). *Models of Desertification Assessment (Criteria and indices)*. Tehran: Tehran University. (in Farsi)