

## پهنه‌بندی عرصه‌های منابع طبیعی کشور با تمرکز بر روی مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی با استفاده از شاخص‌ها و معیارهای قابل استخراج از تصاویر ماهواره‌ای

نعمت اله کریمی<sup>۱\*</sup>

\*۱- نویسنده مسئول، استادیار، پژوهشکده مطالعات و تحقیقات منابع آب، مؤسسه تحقیقات آب، تهران، ایران، پست الکترونیک: n.karimi@wri.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۱۸

### چکیده

هدف اصلی این تحقیق، پهنه‌بندی تمامی عرصه‌های منابع طبیعی کشور با اولویت مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی با استفاده از شاخص‌ها و معیارهای قابل استخراج از اطلاعات سنجش از دوری با بهره‌گیری از تکنیک‌های نوین طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای است. بر این اساس، پهنه‌های بیابانی، نیمه‌بیابانی و اراضی کویری و نمکی کشور به همراه سایر عرصه‌های منابع طبیعی (همانند اراضی جنگلی، مرتعی، پهنه‌های آبی و اراضی کشاورزی) با استفاده از مجموعه زمانی تصاویر ماهواره MODIS و با استخراج شاخص‌ها و پارامترهای مختلفی همانند آلبدو، شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی، دمای سطح زمین در طول روز و شب به همراه اختلاف دمای روز و شب بررسی و مطالعه شد. در این روش برخلاف روش‌های کلاسیک طبقه‌بندی که تنها بر استفاده از یک تصویر ماهواره‌ای و ویژگی‌هایی مانند تراکم پوشش گیاهی و یا دمای سطح زمین استوار هستند، نحوه رفتار پوشش‌های مختلف منابع طبیعی در گذر زمان در شاخص‌ها و معیارهای قابل استخراج از تصاویر ماهواره‌ای مورد بررسی قرار خواهد گرفت. بر این اساس، رفتار زمانی هر یک از عرصه‌های منابع طبیعی یادشده در طول سال ۲۰۱۹ میلادی با استفاده از معیارهای سنجش از دوری نام برده شده مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. برای طبقه‌بندی کشور با استفاده از شاخص‌های یادشده، از روش طبقه‌بندی شی‌پایه با بهره‌گیری از تکنیک کمترین فاصله بر اساس منطق فازی استفاده شد. بر اساس نتایج بدست‌آمده می‌توان بیان کرد به ترتیب در حدود ۴۱/۲، ۱۴/۸ و ۳/۹ درصد از مساحت کشور (در مجموع در حدود ۶۰ درصد از خاک کشور) توسط اراضی بیابانی، نیمه‌بیابانی و نمک‌زارها پوشیده شده است که با لحاظ نمودن درصد مساحت اراضی کوهستانی سنگلاخی (۱۱/۳ درصد) می‌توان بیان کرد که در حدود ۷۱/۲ درصد از خاک کشور فاقد شرایط زیستی (لم‌یزرع) مناسب برای فعالیت‌های کشاورزی و یا موارد مشابه با آن هستند. طبق انتظار، اراضی بیابانی و نیمه‌بیابانی در مناطق مرکزی، شرقی، جنوب‌شرقی و جنوبی کشور متمرکز شده است و در مناطق شمالی، شمال‌غربی و غربی کشور هیچ نشانه‌ای از چنین مناطقی دیده نشد.

واژه‌های کلیدی: سنجش از دور، مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی، شاخص NDVI، آلبدو، طبقه‌بندی شی‌پایه.

### مقدمه

زمین را سرزمین‌های فراخشک، خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه‌مرطوب تشکیل می‌دهند. این سرزمین‌ها در کل جهان مساحتی را در حدود ۴۵ میلیون کیلومتر مربع شامل می‌شوند (Ekhtesasi & Mohajeri, 1995). بیابان عرصه وسیعی است که میزان پوشش گیاهی آن تأمین‌کننده نیاز

سرزمین‌های خشک و نیمه‌خشک به همراه حاشیه مناطق نیمه‌مرطوب آنها به عنوان نواحی خشک و یا سرزمین‌های خشک شناسایی و نامیده می‌شوند. به موجب طبقه‌بندی‌های اقلیمی، بیش از ۴۷ درصد از خشکی‌های

اینگونه مناطق وجود دارد، اما سنجش از دور و داده‌های ماهواره‌ای از جمله ایده‌آل‌ترین ابزارهای ممکن در این راستاست. با توجه به مزیت‌هایی که تصاویر ماهواره‌ای نسبت به روش‌های دیگر دارند (همانند قابلیت تصاویر ماهواره‌ای در پایش پهنه‌های وسیع مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی، قابلیت تصاویر ماهواره‌ای در مطالعه روند تغییرات مناطق بیابانی در نیم قرن گذشته، چند طیفی و فراطیفی بودن تصاویر ماهواره‌ای و در نهایت هزینه بسیار کمتر تصاویر ماهواره‌ای در مقایسه با روش‌های زمینی و میدانی) و همچنین با در نظر گرفتن ماهیت مناطق بیابانی و سطح قابل توجه آنها در ایران، می‌توان گفت که سنجش از دور بهترین ابزار موجود برای پایش وضعیت بیابان‌ها و مناطق اطراف آنهاست. به همین دلیل استفاده از فناوری سنجش از دور در مطالعه عرصه‌های بیابانی و نیمه‌بیابانی در طول سالیان اخیر بسیار مورد توجه محققان مختلف قرار گرفته است. برای نمونه Ge و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و با بهره‌گیری از الگوریتم‌های مختلف یادگیری ماشین (Machine learning algorithms) پوشش‌های مختلف سطح زمین (شامل هفت نوع مختلف پوشش سطح زمین) را در مناطق خشک کشور چین مورد مطالعه قرار دادند. آنان در این تحقیق توصیه کردند تا ضمن استفاده از شاخص‌های مختلف گیاهی در کنار اطلاعات توپوگرافی سطح زمین، دقت نقشه‌های استخراج شده را می‌توان تا حدود ۹۶ درصد با استفاده از الگوریتم شبکه‌های عصبی مصنوعی در مناطق خشک و بیابانی ارتقا داد. همچنین در تحقیقی دیگر، به منظور برطرف کردن برخی از نواقص تصاویر ماهواره‌ای (به‌ویژه قدرت تفکیک مکانی نسبتاً پایین بیشتر تصاویر ماهواره‌ای)، از پهپاد به منظور طبقه‌بندی مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی و به‌ویژه پوشش‌های گیاهی مرتبط با آن در منطقه حفاظت‌شده Al Abdali کشور کویت استفاده شده است. در این تحقیق اگرچه تأکید شده است که استفاده از پهپادها در مناطق بیابانی وسیع عملیاتی نیست، اما با استخراج شاخص‌های مختلف گیاهی و همچنین الگوریتم ماشین بردار پشتیبان می‌توان دقت

حیات بشری نیست. در مجموع می‌توان گفت که مناطق بیابانی معمولاً با توجه به خصوصیتی همانند کمبود همیشگی ریزش‌های جوی، فصول خشک طولانی، دمای بالا و تبخیر-تعرق بالا شناسایی می‌شوند (Khosroshahi *et al.*, 2011a). وضعیت دریافت‌های آبی کشور در مقایسه با میانگین‌های جهانی گواه روشنی است بر محدودیت‌های طبیعی ایران. زیرا متوسط سالانه بارندگی کشور ۲۵۰ میلی متر است که حدود یک سوم متوسط بارش‌های سالانه جهانی است. ضمن اینکه میزان متوسط تبخیر و تعرق واقعی کشور ما ۶/۵ درصد بیش از متوسط جهانی و حدود ۶۳/۸ درصد است (Ministry of Energy, 1987). بنا بر اعلام کمیته توسعه پایدار کشاورزی در سال ۱۳۷۸، چیزی در حدود ۱۰۰ میلیون هکتار از اراضی کشور (برابر ۶۰ درصد از خاک کشور) در شرایط ناپایدار و در حال کاهش توان تولید می‌باشد که از این سطح ۹۵ میلیون هکتار آن در معرض انواع فرسایش‌های بادی و آبی قرار دارد. در پژوهش‌های مشترک دانشگاه کلمبیا و مؤسسه علمی پژوهش مرسد لندن، در بین ۱۳۰ کشور جهان وضعیت ایران در رتبه یکصد و چهارم از لحاظ درجه شاخص‌های پایداری محیط‌زیست قرار دارد (Fayez Bakhsh Waqif and Khajvandi, 2007). زیرا پوشش‌های جنگلی در شرایط موجود با شتابی فزاینده دچار تخریب هستند. به طوری که در یک دوره ۳۰ ساله (۱۳۷۰-۱۳۴۰) حدود ۶ میلیون هکتار از سطح این جنگل‌ها کاسته شده و از رقم ۱۸ میلیون هکتار به ۱۲ میلیون هکتار رسیده است. در همان شرایط بیش از ۵۵ درصد جنگل‌های غرب و ۹۵ درصد جنگل‌های ارس خراسان نیز از بین رفته است (Papoli Yazdi, 1996).

برای مطالعه و شناسایی مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی روش‌ها و تکنیک‌های مختلفی ابداع شده است. در این راستا توسعه همزمان تکنولوژی اخذ داده‌های ماهواره‌ای به همراه تکنیک‌های مختلف تفسیر و پردازش آنها، بهترین ابزار ممکن را برای مطالعه مناطق بیابانی فراهم کرده است. در واقع اگرچه روش‌های مختلفی برای مطالعه و شناسایی

تعریف و طبقه‌بندی کرده‌اند. بر اساس این تحقیق، مساحت بیابان‌های استان تهران حدود ۳۰۹ هزار هکتار برآورد شده است که تمرکز اصلی آنها نیز در بخش‌های غربی و جنوب‌غربی این استان بوده است. همچنین در تحقیق مشابه دیگری، قلمرو مناطق بیابانی استان تهران با استفاده از شاخص‌ها و معیارهای اقلیمی بررسی شده است (Khosroshahi *et al.*, 2003). در این تحقیق از معیارهای مختلفی مانند میزان بارندگی، ضریب تغییرپذیری بارندگی، ضریب تمرکز فصلی و ماهانه بارش، شدت میانگین بارش روزانه، میانگین دمای ماهانه و سالانه دما و تبخیر و نسبت تبخیر به بارش سالانه برای تعیین محدوده‌های بیابانی و نیمه‌بیابانی استان تهران استفاده شده است. بعدها با ظهور فناوری سنجش از دور، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و عکس‌های هوایی به منظور شناسایی مناطق بیابانی نیز مورد توجه محققان داخلی قرار گرفت. به طوری که قلمرو بیابان‌های استان تهران با استفاده همزمان از عکس‌های هوایی و بازدیدهای میدانی و معیارهای گیاهی (مانند تیپ‌بندی پوشش‌های گیاهی و سایر ویژگی‌های محیطی آنها) پهنه‌بندی و در مجموع حدود ۳۰۴ هزار هکتار مناطق بیابانی در این استان شناسایی شده است (Farahani *et al.*, 2008). بنابراین همان‌طور که مشخص است، در بیشتر پژوهش‌های انجام شده در داخل کشور، از معیارها و شاخص‌های اقلیمی و ژئومورفولوژیکی برای پهنه‌بندی عرصه‌های بیابانی استفاده شده است و تاکنون تحقیق مستقلی که مبتنی بر معیارهای سنجش از دوری به‌ویژه در مقیاس کشوری باشد انجام نشده است. با عنایت به موارد یادشده و همچنین با توجه به مزایای فناوری سنجش از دور، در این تحقیق سعی شده است تا برای مطالعه عرصه‌های مختلف منابع طبیعی کشور از این علم برای پهنه‌بندی به روز شده مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی کشور استفاده گردد. بنابراین در این راستا مهمترین هدف این تحقیق را می‌توان پهنه‌بندی مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی کشور با استفاده از معیارهای قابل استخراج از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های نوین طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای بیان کرد. بدین

طبقه‌بندی در مناطق بیابانی را تا حدود ۹۳ درصد افزایش داد (Al-Ali *et al.*, 2020). در تحقیقی دیگر، ضمن استفاده از الگوریتم‌های طبقه‌بندی همانند درخت تصمیم‌گیری و طبقه‌بندی نظارت‌نشده بر روی تصاویر ماهواره Landsat، روند توسعه مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی در دو کشور تونس و الجزایر مورد بررسی قرار گرفته است و نتیجه گرفته شده است که در بین عوامل مختلف بیابان‌زایی، سهم کشاورزی و اثرهای ناشی از آن در گسترش پهنه‌های بیابانی و نیمه‌بیابانی بسیار بیشتر از عوامل مختلف محیطی و انسانی بوده است (Afrasinei *et al.*, 2017). این در حالی است که استفاده از مجموعه زمانی تصاویر ماهواره‌ای به منظور رفتارسنجی مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی از منظر شاخص‌های مختلف گیاهی و غیر گیاهی نیز بسیار مورد توجه محققان قرار گرفته است. به طوری که در بیشتر این تحقیقات رفتار زمانی میزان تراکم و سبزیگی پوشش‌های گیاهی طی یک یا دو سال مختلف در مناطق بیابانی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مختلفی همانند NOAA/AVHRR به عنوان شاخصی برای شناسایی و ارزیابی اینگونه مناطق مورد استفاده قرار گرفته است (Schmidt and Karnieli, 2000). از سوی دیگر، امروزه با توسعه روش‌های نوین طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، استفاده از این فناوری در مطالعه و طبقه‌بندی مناطق بیابانی به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است. به طوری که در تحقیقی در سال ۲۰۱۹، از روش طبقه‌بندی شی‌پایه بر روی عکس‌های هوایی به منظور طبقه‌بندی و شناسایی پوشش‌های گیاهی در مناطق بیابانی استفاده شده است و نتیجه گرفته شده است که این روش کارایی بسیار بالایی در اینگونه مناطق و حتی با استفاده از عکس‌های هوایی دارد (Silver *et al.*, 2019). در داخل کشور نیز تحقیقات ارزشمند مختلفی برای شناسایی و تفکیک مناطق بیابانی انجام شده است. در این تحقیقات مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی عمدتاً با استفاده از معیارها و شاخص‌های ژئومورفولوژیکی و اقلیمی تفکیک شده‌اند. برای نمونه Attarpour Fard و همکاران (۲۰۰۴) با استفاده از معیارهای ژئومورفولوژیکی، بیابان‌های استان تهران را

کشور ما در محدوده تعریف شده سرزمین‌های مستعد بیابان زایی قرار دارد.

#### داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق از شاخص‌ها و معیارهای مختلفی مانند شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی، دمای روزانه سطح زمین، دمای شبانه سطح زمین و آلبدو (بازتابندگی سطحی) برای تفکیک پهنه‌های بیابانی و نیمه‌بیابانی کشور از سایر عرصه‌های منابع طبیعی استفاده شد. یادآوری می‌شود برای شناسایی هرچه بهتر مناطق بیابانی کشور با استفاده از داده‌های مذکور، از تصاویر ماهواره MODIS به صورت میانگین‌های ۸ روزه و ۱۶ روزه در طول یکسال کامل میلادی استفاده و در نهایت محصولات ماهانه و فصلی از این داده‌ها استخراج شد. از این‌رو نحوه شناسایی و تفکیک عرصه‌های مختلف (مانند پهنه‌های بیابانی و نیمه‌بیابانی) بر اساس الگوی رفتاری آنها در طول سال می‌باشد، نه خصوصیات مقطعی و کوتاه‌مدت آنها. برای نمونه در این روش به جای استفاده از یک نقشه ثابت تفاضل نرمال شده گیاهی (NDVI)، روند تغییرات ۱۶ روزه و ماهانه پوشش گیاهی و نحوه رفتار پوشش‌های گیاهی آن عرصه در طول کل سال مورد تحلیل قرار گرفته است. به عبارت دیگر به جای استفاده از یک نقشه NDVI از ۲۳ نقشه متوالی NDVI از ابتدای سال ۲۰۱۹ تا انتهای آن برای شناسایی و تفکیک مناطق بیابانی کشور استفاده شده است.

شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)) از جمله معروفترین، ساده‌ترین و کاربردی‌ترین شاخص‌های گیاهی شناخته شده سنجش از دوری است (Karimi and Namdari, 2019) که در این تحقیق برای ارزیابی وضعیت پوشش‌های گیاهی مورد استفاده قرار گرفته است. به منظور رفتارشناسی پوشش‌های گیاهی سطح زمین در اراضی مختلف، از محصول MOD13A1 سنجنده MODIS استفاده شد. در این محصول میانگین NDVI در بازه‌های زمانی ۱۶ روزه و با قدرت تفکیک

منظور از مجموعه زمانی تصاویر ماهواره MODIS در سال ۲۰۱۹ به منظور رفتارسنجی عرصه‌های منابع طبیعی مختلف در گذار زمان و در نهایت طبقه‌بندی آنها استفاده شد. در این راستا ضمن بهره‌گیری از روش طبقه‌بندی شی‌پایه، از معیارهای ماهواره‌ای مختلفی همانند شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی، دمای سطح زمین در طول روز و شب و همچنین میزان آلبدوی سطح زمین به عنوان معیارهای تفکیک اراضی بیابانی و نیمه‌بیابانی از سایر عرصه‌های منابع طبیعی استفاده گردید.

#### مواد و روش‌ها

##### منطقه مورد مطالعه

بیابان، یکی از مهمترین عرصه‌های طبیعی ایران است که نه تنها سهم قابل توجهی از مساحت کشور را به خود اختصاص داده، بلکه آشکارا بر دیگر عرصه‌های منابع طبیعی کشور مانند جنگل‌ها، مراتع و تالاب‌ها نیز اثر گذاشته و آنها را متاثر کرده است. بنابراین، نباید و نمی‌توان از چنین پهنه‌های وسیعی در برنامه‌ریزی‌ها و کلان‌نگری‌های مدیریت کشور صرف‌نظر کرد. در این تحقیق، کل سطح ایران برای شناسایی پیکره‌های بیابانی و نیمه‌بیابانی مطالعه شده است. بیش از نیمی از ایران کویری و نیمه‌کویری است و حدود یک سوم ایران نیز کوهستانی است و بخش کوچکی از ایران (شامل جلگه جنوب دریای خزر و جلگه خوزستان) نیز از جلگه‌های حاصلخیز تشکیل شده است (Kahkhakohan *et al.*, 2019). کشور ایران از نظر موقعیت جغرافیایی در نیمه‌جنوبی مناطق معتدله نیمکره شمالی قرار دارد. بخش اعظم کشور ما در کمربند مناطق خشک جهان واقع شده است. با وجود این تنوع اقلیمی در ایران بسیار زیاد است. در طبقه‌بندی دومارتن گسترش یافته، ۶۵ درصد عرصه کشور زیر پوشش اقلیم‌های خشک و ۲۰ درصد آن در دسته اقلیم‌های نیمه‌خشک و ۵ درصد هم جزء مناطق مدیترانه‌ای نیمه‌خشک نیمه‌مرطوب قرار دارد (Khamchin Moghaddam & Pazhand, 2009). از این‌رو بر اساس نتایج این تحقیق می‌توان بیان کرد که ۹۰ درصد عرصه

قابل توجه‌ای بین روز و شب وجود ندارد (مانند مناطق مرطوب و یا نیمه‌مرطوب).

### روش تحقیق

در این تحقیق برای طبقه‌بندی کل کشور بر اساس معیارهای مربوط به رفتار زمانی پوشش‌های گیاهی، آلبدو و دماهای شبانه و روزانه سطح زمین، از طبقه‌بندی شی‌پایه (Object Oriented Classification) استفاده شد. این روش از دو فرایند کلی قطعه‌بندی (Segmentation) و طبقه‌بندی (Classification) تشکیل شده است که هر یک از آنها را می‌توان به اجزای کوچک‌تری تقسیم‌بندی کرد (Myint et al., 2008). در دهه ۱۹۷۰ میلادی ایده طبقه‌بندی‌کننده‌های طیفی - مکانی تحت عنوان استخراج و طبقه‌بندی پدیده‌های همگن مطرح شد (Ketting and Landgrebe, 1976). کاربرد روش مذکور به دلیل عدم وجود نرم‌افزار مناسب و اندازه تفکیک مکانی پایین تصاویر، محدود بود تا اینکه افزایش روزافزون قدرت تفکیک مکانی تصاویر دورسنجی از یکسو و توسعه نرم‌افزار تخصصی eCognition از سوی دیگر، موجب کاربرد گسترده‌تر روش طبقه‌بندی شی‌پایه از اوایل قرن ۲۱ شد. نتیجه حاصل از این روش به تفسیر چشمی انسان نزدیک‌تر بوده و در مقایسه با روش پیکسل پایه، نتایج همگن‌تر و نزدیک‌تری را به واقعیت موجود در طبیعت ارائه می‌دهد. در فرایند قطعه‌بندی، تصویر به مجموعه‌های همگنی از پیکسل‌ها تحت عنوان قطعات یا پدیده‌های تصویری تقسیم می‌شود (Dehvari and Heck, 2009). در قطعه‌بندی بر مبنای منطقه که در این طرح نیز از آن استفاده شده است، سطح پدیده‌ها بر اساس خصوصیت تشابه (Similarity property) تعیین می‌شود که در آن، هر پیکسل به پدیده تصویری خاصی تعلق پیدا می‌کند (Goudarzi et al., 2006). فرایند قطعه‌بندی با یکپارچه‌سازی پیکسل‌های مشابه در نقاط مختلف تصویر آغاز می‌شود. یکپارچه‌سازی بر مبنای معیارهای همگن بودن از نظر طیفی و همچنین شکل انجام می‌شود و تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که بین دو پدیده همسایه ناهمگنی مشخصی

مکانی ۵۰۰ متر تولید می‌گردد. این محصول با استفاده از باندهای ۱ و ۲ سنجنده MODIS محاسبه شده است (Sarabi et al., 2015). در این راستا از ۲۳ تصویر در طول سال ۲۰۱۹ به منظور ارزیابی الگوی رفتاری پوشش‌های گیاهی اراضی مختلف کشور استفاده شد. مقادیر آلبدو در زمین‌های خشک و نیمه‌خشک در مقایسه با سایر پوشش‌های سطح زمین بسیار بالاست. به بیانی دیگر نقصان و برهنه‌سازی زمین (به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک) همواره منجر به افزایش قابل توجه آلبدو می‌گردد. MCD43A4 محصولی است که از آن به منظور پایش نوسانهای میزان آلبدو در اراضی بیابانی و نیمه‌بیابانی کشور به همراه سایر اراضی موجود استفاده شد. در تهیه این محصول که با قدرت تفکیک مکانی ۵۰۰ متر ارائه شده است، به صورت همزمان از سنجنده‌های مستقر بر روی ماهواره‌های Aqua و Terra استفاده شده است. مانند محصولات پوشش‌گیاهی، تصاویر مربوط به آلبدو نیز در بازه‌های زمانی ۱۶ روزه و پس از حذف پیکسل‌های ابری و انجام تصحیحات اتمسفری ارائه می‌گردد. داده‌های دمای روزانه و شبانه سطح زمین از جمله دیگر داده‌های مورد استفاده در این تحقیق است. منظور از دمای سطح زمین، دمای جنبشی سطح خاک و سطح پوشش‌های گیاهیست. برای تحلیل دمای سطح زمین (روزانه و شبانه) از محصول MOD11A2 استفاده شد. در این محصول میانگین دمای سطح زمین در فواصل زمانی ۸ روزه به دو صورت شبانه و روزانه تولید می‌گردد. نحوه محاسبه دما نیز بر اساس استفاده از باندهای ۳۱ و ۳۲ سنجنده MODIS است. لزوم استفاده از دمای سطح زمین در روز و شب در این حقیقت نهفته است که همواره الگوی تغییرات روزانه دمای سطح زمین در مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی با سایر مناطق دیگر کاملاً متفاوت است. به طوری که در مناطق بیابانی اختلاف قابل توجهی بین دمای سطح زمین در طول شب و روز مشاهده می‌گردد. این در حالی است که در مناطق با شرایط آب و هوایی معتدل‌تر و با خصوصیات متفاوت از مناطق بیابانی، اختلاف دمای

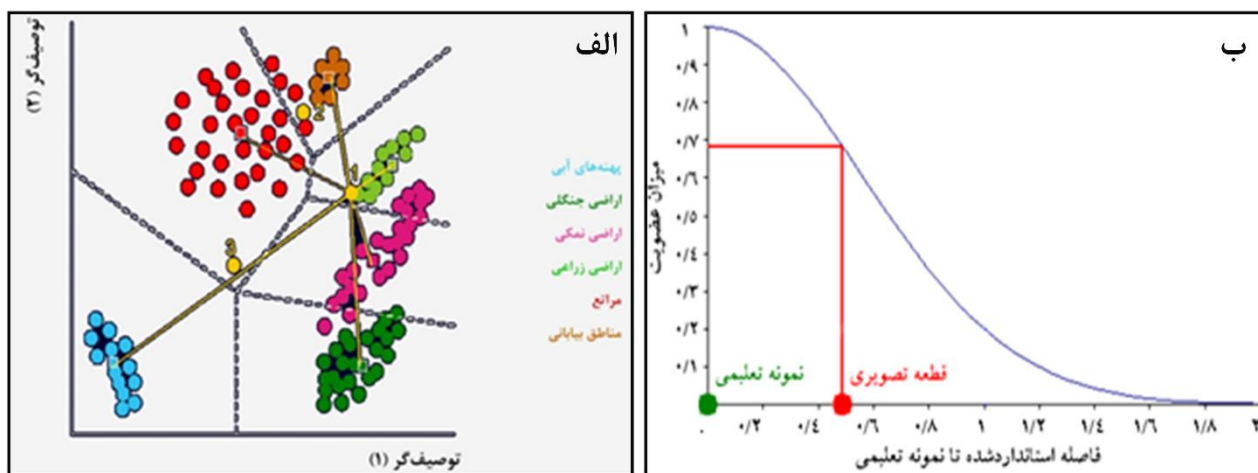
شد و تصویر انتخاب شده برای انجام عملیات قطعه‌بندی با استفاده از این ضریب قطعه‌بندی گردید. یادآوری می‌شود که انجام قطعه‌بندی در این طرح بر اساس الگوریتم قطعه‌بندی چند تفکیکی (Multi-Resolution Segmentation) انجام شد. این روش مبتنی بر قطعه‌بندی از پایین به بالا است و به عنوان یک الگوریتم مبتنی بر منطقه شناخته می‌شود. در این شیوه طبقه‌بندی، ابتدا هر پیکسل به عنوان یک شیء مجزا در نظر گرفته می‌شود و بعد هر یک از جفت اشیای مجزا شده به صورت دو به دو با یکدیگر ترکیب می‌شوند تا قطعات و اشیای بزرگ‌تر را به وجود بیاورند.

طبقه‌بندی که بر مبنای قطعه‌بندی انجام می‌شود، به معنی اختصاص دادن هر یک از قطعات تصویری به یک طبقه خاص با انتخاب تعدادی نمونه تعلیمی و یا بر اساس تعریف دامنه‌ای خاص است. طبقات بر اساس یک مجموعه توصیفگرها (Feature) تعریف می‌شوند. این توصیفگرها می‌توانند بر مبنای ارزش طیفی (میانگین، انحراف معیار، حداقل، حداکثر و ...)، شکل (مساحت، محیط، طول، عرض، تقارن، راستا، تراکم، فشردگی، نرمی، گردی و ...) و بافت هر یک از پدیده‌های تصویری در هر یک از باندهای ورودی باشند (Batz et al., 2004). در این تحقیق پس از انجام قطعه‌بندی از روش طبقه‌بندی نزدیک‌ترین همسایه که بر اساس منطق فازی بنا نهاده شده است اقدام به طبقه‌بندی قطعات ایجاد شده در تصاویر گردید. اساس الگوریتم طبقه‌بندی بر مبنای منطق فازی بر این اصل استوار است که هر قطعه تصویر در فضای دو یا چند بعدی توصیفگرهای تعیین شده قرار می‌گیرد و با نمونه‌های تعلیمی که آنها نیز از طبقات مختلف در این فضا قرار گرفته‌اند، مقایسه می‌شود. برای آشکار شدن این موضوع، نحوه انجام طبقه‌بندی بر اساس دو روش طبقه‌بندی نزدیک‌ترین همسایه و نزدیک‌ترین همسایه بر اساس منطق فازی در شکل ۱ نشان داده شده است. اگر طبقه‌بندی به روش غیرفازی انجام شود (شکل ۱-الف)، قطعه مورد نظر به طبقه‌ای اختصاص می‌یابد که نزدیک‌ترین فاصله را از یکی از نمونه‌های تعلیمی آن طبقه داشته باشد. برای نمونه در شکل ۱-الف، چند قطعه در یک فضای دو بعدی

بر مبنای شاخص‌های اعمال شده به وجود آید (Radoux and Defourny, 2008; Carleer et al., 2005). فرایند قطعه‌بندی خود به وسیله سه شاخص کنترل می‌شود: شکل (Shape)، فشردگی (Compactness) و شاخص مقیاس (Scale) (Benz et al., 2004). در این تحقیق که هدف اصلی قطعه‌بندی کل کشور و شناسایی مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی است، شاخص شکل در حدود ۰/۱ در نظر گرفته شد. زیرا با توجه به ماهیت عوارض سطح زمین و به‌ویژه مناطق بیابانی، عملاً با یک سطح ناهمگن مواجه خواهیم بود که در آن شاخص شکل توانایی چندان بالایی در تفکیک این عوارض از یکدیگر و در نتیجه ایجاد قطعه‌های همگن واقعی ندارد. بنابراین خصوصیات طیفی مهمترین پارامتر برای تشخیص عوارض مختلف از یکدیگر در طبقه‌بندی شیء پایه است. به همین دلیل ضریب این شاخص بیشتر از شاخص شکل در نظر گرفته شد. یادآوری می‌شود برای قطعه‌بندی محدوده مورد مطالعه از تصویر MODIS که در ماه آگوست سال ۲۰۱۹ گرفته شده است استفاده شد. دلیل این موضوع نیز به حداقل بودن پوشش‌های ابری، کنتراست بسیار مناسب تصویر، عدم وجود طوفان‌های گردوغباری، مه و هر نوع عارضه مزاحم دیگر در این تصویر برمی‌گردد. شاخص مقیاس نیز یک کمیت بدون واحد است که حداکثر ناهمگنی ممکن را برای هر قطعه تعیین می‌کند. در واقع حد آستانه‌ای است که توسط کاربر تعریف می‌شود و اگر میزان همگنی بین پیکسل‌ها در فرایند یکپارچه‌سازی به بیش از این مقدار برسد، این فرایند متوقف می‌شود. بنابراین با تغییر مقدار شاخص مقیاس می‌توان اندازه قطعات را تغییر داد (Laliberte et al., 2007). با توجه به ماهیت داده‌های مورد استفاده در این تحقیق معمولاً شاخص مقیاس از ۱۰۰ تا ۵۰۰ متغیر است. مقدار این شاخص جدا از اینکه به نوع تصاویر مورد استفاده وابسته است، تابع شرایط طبیعی منطقه مورد مطالعه، نوع و تعداد کلاس‌های مورد نظر و خصوصیات طیفی پدیده‌های سطح زمین نیز می‌باشد. بر اساس بررسی‌های انجام شده، مقدار ۲۰ برای شاخص مقیاس به عنوان بهترین عدد در نظر گرفته

برای تحلیل توصیف‌گرهای پوشش‌های گیاهی اراضی مختلف سطح زمین (شامل مناطق بیابانی، پهنه‌های آبی، اراضی زراعی، مناطق جنگلی و نمک‌زارها)، از هر یک از پدیده‌های مختلف مورد نظر نمونه‌هایی به عنوان نمونه‌های آموزشی انتخاب شد. سپس الگوی رفتاری هر یک از این پدیده‌ها در ماه‌های مختلف سال بررسی گردید. نمونه‌های آموزشی انتخاب شده در پهنه‌های بیابانی به عنوان مهمترین کلاس‌هایی که در این تحقیق تفکیک می‌شوند، عبارتند از: بیابان بافق، بیابان لوت، بیابان‌های یزد و طبس، کویر دق‌سرخ و خور و بیابانک. همچنین دریاچه نمک خور، دریاچه ارومیه (مناطق جنوبی آن) و دریاچه نمک به عنوان مناطق آموزشی نمکزارها انتخاب شد. همین رویه برای سایر کلاس‌های مورد نظر ادامه یافت. یادآوری می‌شود در انتخاب این نمونه‌های آموزشی سعی شده است تا استانداردهای مختلفی همانند پراکندگی مکانی آنها در کل کشور رعایت گردد.

توصیف‌گرها با شش طبقه مختلف نشان داده شده است. قطعه‌های مذکور نزدیک‌ترین فاصله آنها با نمونه‌ای از طبقات مختلف مورد مقایسه قرار می‌گیرند و در نهایت هر طبقه‌ای که کمترین فاصله را با قطعات داشته باشند به آن طبقه اختصاص می‌یابد. اما در روش فازی (شکل ۱-ب) فرایند پیچیده‌تری طی می‌شود و فاصله بقیه نمونه‌ها و فراوانی آنها نیز به گونه‌ای در تصمیم‌گیری نهایی لحاظ می‌گردد. به این ترتیب که ابتدا فاصله قطعه مورد نظر از تمامی نمونه‌های تعلیمی موجود در فضای مذکور حساب می‌شود. سپس این فاصله بر اساس انحراف معیار کلیه توصیف‌گرها استاندارد شده و بر مبنای آن، میزان عضویت چند بعدی بین صفر تا یک محاسبه می‌گردد. در نهایت منحنی‌های عضویت با شیب‌های مختلف در نموداری که محور افقی آن همان فاصله استاندارد شده و محور عمودی مربوطه که میزان عضویت است، ایجاد می‌گردد. شکل ۱-ب نشان می‌دهد که هر فاصله‌ای از نمونه‌های تعلیمی برابر چه میزان درجه عضویت خواهد بود.



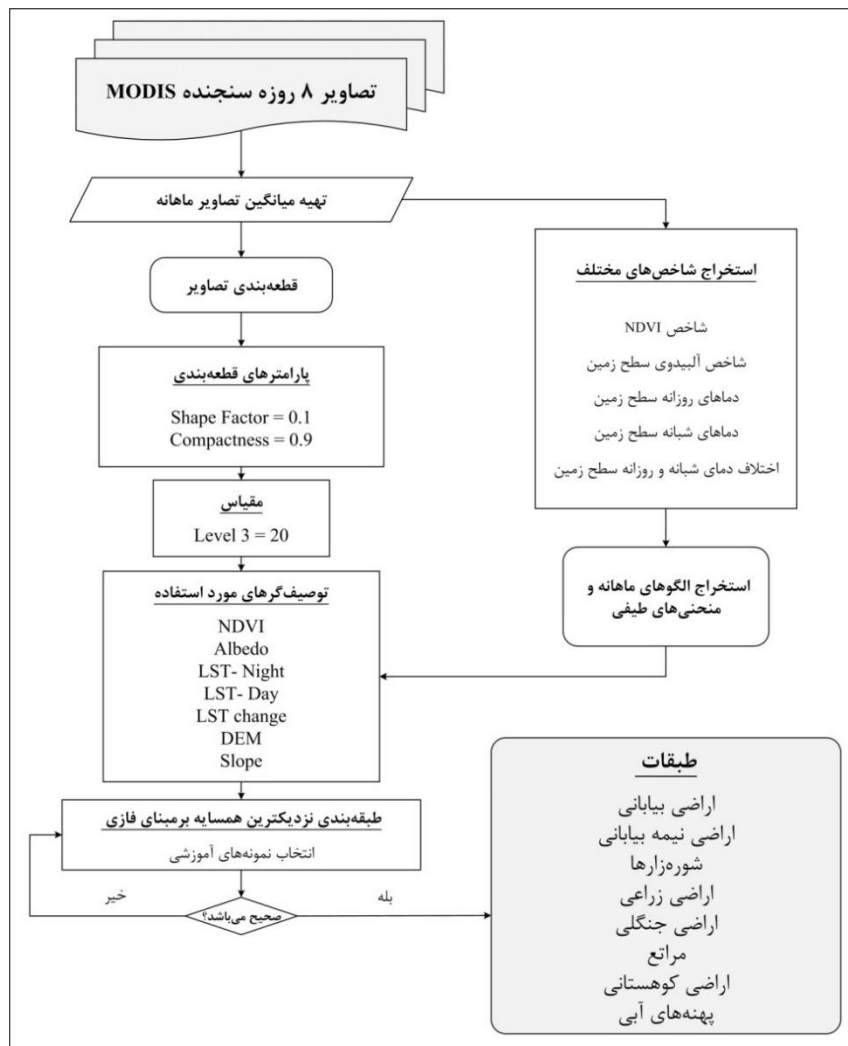
شکل ۱-الف) اساس طبقه‌بندی به روش نزدیک‌ترین همسایه (قطعات تصویری (دایره‌های زرد رنگ) در یک فضای دوبعدی از توصیف‌گرها، برای اختصاص به یکی از طبقات نشان داده شده است)، (ب) نمونه‌ای از نمودار شیب توابع عضویت که برای یک طبقه خاص محاسبه شده است. برای نمونه در فضای چندبعدی توصیف‌گرها اگر فاصله قطعه تصویری از نمونه تعلیمی برابر با  $0/5$  باشد، میزان عضویتش به آن طبقه خاص  $0/7$  خواهد بود.

های مختلف سال)، از برخی توصیف‌گرهای دیگری همانند مدل‌های رقومی ارتفاعی و نقشه شیب نیز استفاده شد تا به

همچنین در کنار شاخص‌ها و معیارهای یادشده (شاخص های آلبدو، دمای روزانه و شبانه سطح زمین و NDVI در ماه-

بهبود ببخشد. پس از انجام طبقه‌بندی، برای بررسی صحت نتایج حاصل و همچنین اصلاح مناطقی که به صورت اشتباه طبقه‌بندی شده است، به صورت چشمی تمام نتایج حاصل کنترل شد. در شکل ۲ فلوجارت کلی نحوه تفکیک مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی از سایر عرصه‌های منابع طبیعی موجود در گستره ایران زمین نشان داده شده است.

نوعی معیارهای ژئومورفولوژیکی نیز در فرایند طبقه‌بندی دخالت داده شوند. دلیل استفاده از این لایه‌های اطلاعاتی لزوم تفکیک مناطق کوهستانی بدون پوشش و سنگلاخی از مناطق بیابانی از یکسو و تفکیک مراتع از زمین‌های کشاورزی و جنگلی از سوی دیگر است. در واقع پس از بررسی‌های مختلف مشخص شد که استفاده از داده‌های ارتفاعی و توپوگرافی می‌تواند دقت نتایج حاصل از طبقه‌بندی را بسیار



شکل ۲- فرایند انجام طبقه‌بندی شیء پایه برای تفکیک مناطق بیابانی، نیمه‌بیابانی و شوره‌زار از سایر اراضی کشور

طور که در این شکل‌ها نمایان است، بیشترین مقادیر NDVI در مناطق جنگلی شمال کشور قرار دارد که نشان‌دهنده میزان تراکم بسیار بالای پوشش‌های گیاهی این منطقه در

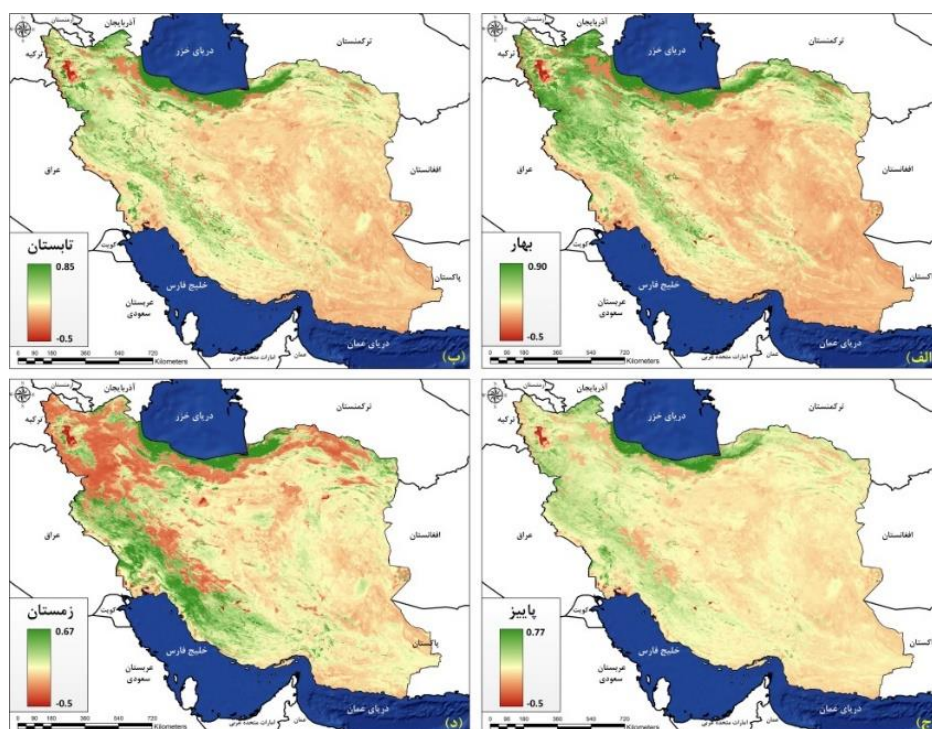
## نتایج

در شکل ۳ نقشه‌های میانگین NDVI کشور در فصل بهار، تابستان، پاییز و زمستان نشان داده شده است. همان



تغییرپذیری مکانی آنها در طول ماه‌ها و فصول مختلف سال است. در واقع اگرچه حجم و میزان تراکم پوشش‌های گیاهی تغییرات ماهانه و فصلی قابل توجهی با یکدیگر دارند، اما الگوی مکانی آنها کاملاً مشابه با یکدیگر است و از یک فصل به فصل دیگر تغییر محسوسی ندارد. اما از نظر زمانی، همانگونه که قابل انتظار است، کمترین مقادیر پوشش‌های گیاهی در فصول پاییز و زمستان مشاهده می‌شود. به طوری که در فصل زمستان، با توجه به اینکه بخش قابل توجهی از مناطق کوهستانی کشور از برف پوشیده است، مقادیر NDVI در بسیاری از مناطق نیز به زیر صفر (مقادیر منفی) رسیده است.

مقایسه با سایر بخش‌های کشور است. بعد از مناطق جنگلی شمالی، بیشترین تراکم پوشش‌های گیاهی در ارتفاعات و دامنه‌های رشته کوه‌های زاگرس مشاهده می‌شود. این در حالی است که در مناطق مرکزی، شرقی و جنوبی کشور، کمترین میزان پوشش‌های گیاهی مشاهده می‌گردد. به بیانی دیگر، میزان تراکم پوشش‌های گیاهی از غرب به شرق و از شمال به سمت جنوب کاهش می‌یابد. با مقایسه الگوهای بارندگی و الگوی پوشش‌های گیاهی می‌توان بیان کرد که نحوه پراکنش و همچنین میزان تراکم پوشش‌های گیاهی در سطح کشور کاملاً تابع مقدار و پراکنش بارندگی است. نکته قابل توجه در مورد الگوی مکانی پوشش‌های گیاهی، عدم



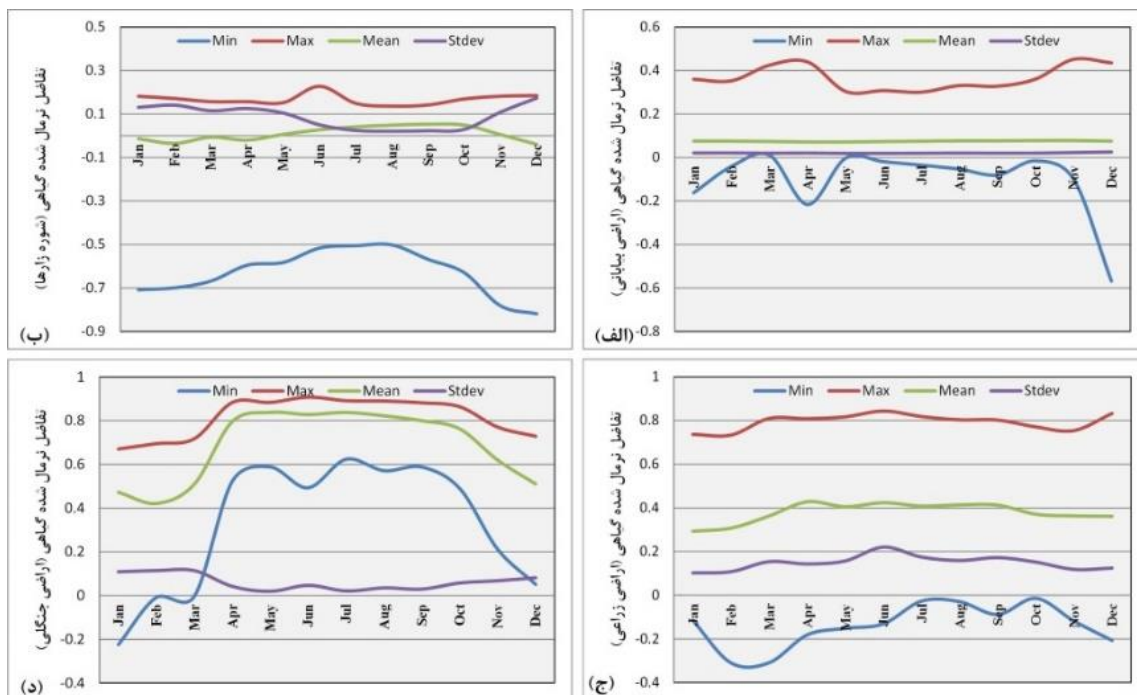
شکل ۳- نقشه میانگین NDVI کشور در فصل (الف) بهار، (ب) تابستان، (ج) پاییز و (د) زمستان

های مختلف سال است. در واقع میانگین NDVI این مناطق بسیار ناچیز و تنها در حدود ۰/۰۵ است، اما همین مقدار اندک نیز به صورت همگن در طول سایر ماه‌های سال تکرار شده است. نکته قابل توجه دیگر در این مورد پایین بودن مقادیر انحراف معیار NDVI این مناطق در طول سال است. به طوری

در شکل ۴ الگوهای ماهانه شاخص NDVI برای اراضی بیابانی، شوره‌زارها، اراضی زراعی و اراضی جنگلی در سال ۲۰۱۹ به ترتیب نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۴- الف نمایان است، مهمترین ویژگی بارز شاخص NDVI مناطق بیابانی، یکسان بودن میانگین NDVI آنها در طول ماه

است، مقدار آبدوی سطح زمین تابع مستقیمی از نوع پوشش- های سطح زمین و همچنین نوع کاربری اراضی است. به طوری که در مناطقی که سطح زمین توسط پوشش‌های گیاهی و آبی پوشیده شده است کمترین مقدار آبدو مشاهده می‌گردد. از سوی دیگر در مناطق بیابانی و صحرایی نیز به دلیل عدم وجود پوشش‌های جاذب امواج الکترومغناطیسی همانند گیاهان و پهنه‌های آبی، مقدار آبدو بسیار بالایی مشاهده می‌شود. از این رو همان‌طور که در این شکل‌ها نیز نمایان است مقدار آبدوی سطح زمین از مناطق جنگلی شمال کشور به سمت جنوب و مناطق کویری روندی افزایشی را طی می‌کنند. از سوی دیگر از غرب به شرق کشور نیز مقدار آبدو افزایش یافته است.

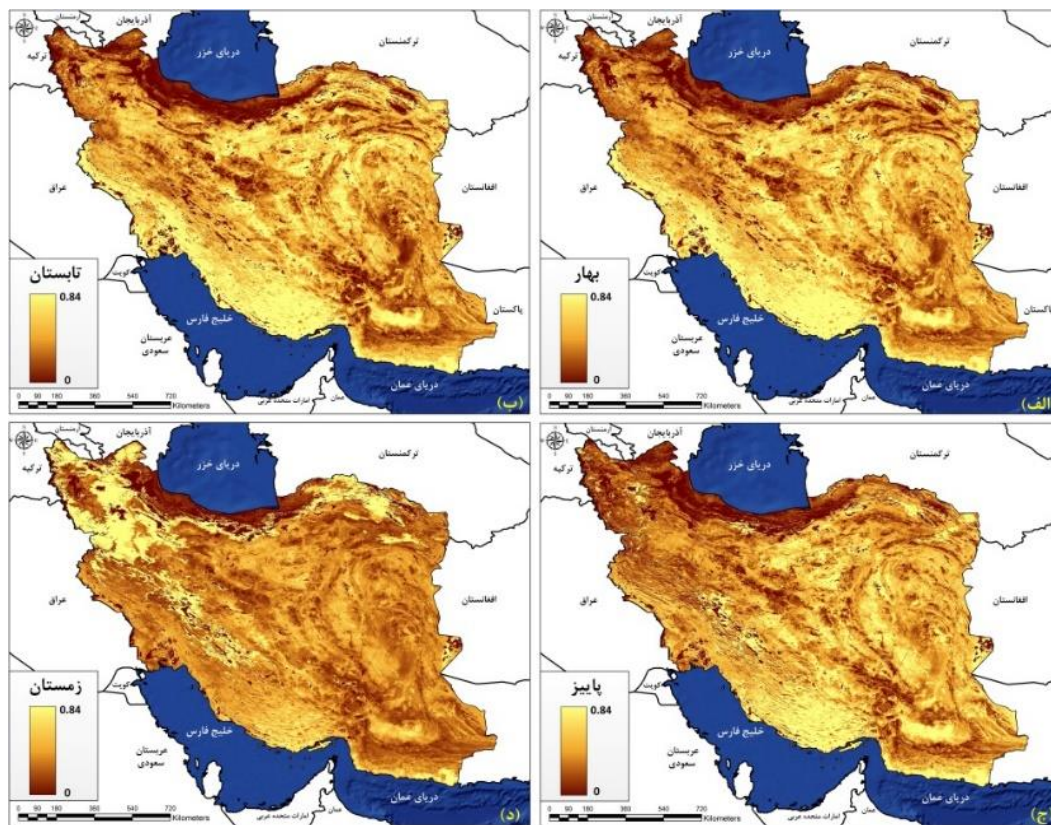
که به جز در طول ماه‌های سرد سال، مقدار NDVI این مناطق تغییرات بسیار جزئی و بطئی را از خود نشان می‌دهد. در شکل ۴-ب تغییرات ماهانه NDVI اراضی شوره‌زار نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل نمایان است، همانند مناطق بیابانی، میانگین NDVI ماهانه این مناطق نیز بسیار همگن بوده و از یک ماه به ماه دیگر تغییرات بسیار ناچیزی از خود نشان می‌دهد. مقدار میانگین ماهانه NDVI این مناطق نیز بسیار ناچیز و برابر با ۰/۰۵ است که کاملاً مشابه با مناطق بیابانی است. از این رو بر این اساس می‌توان گفت از شاخص NDVI نمی‌توان برای تفکیک این دو منطقه از یکدیگر استفاده کرد. در شکل ۵ نقشه‌های مربوط به میانگین آبدو فصول مختلف سال ۲۰۱۹ ترسیم شده است. همان‌طور که در این شکل‌ها نمایان



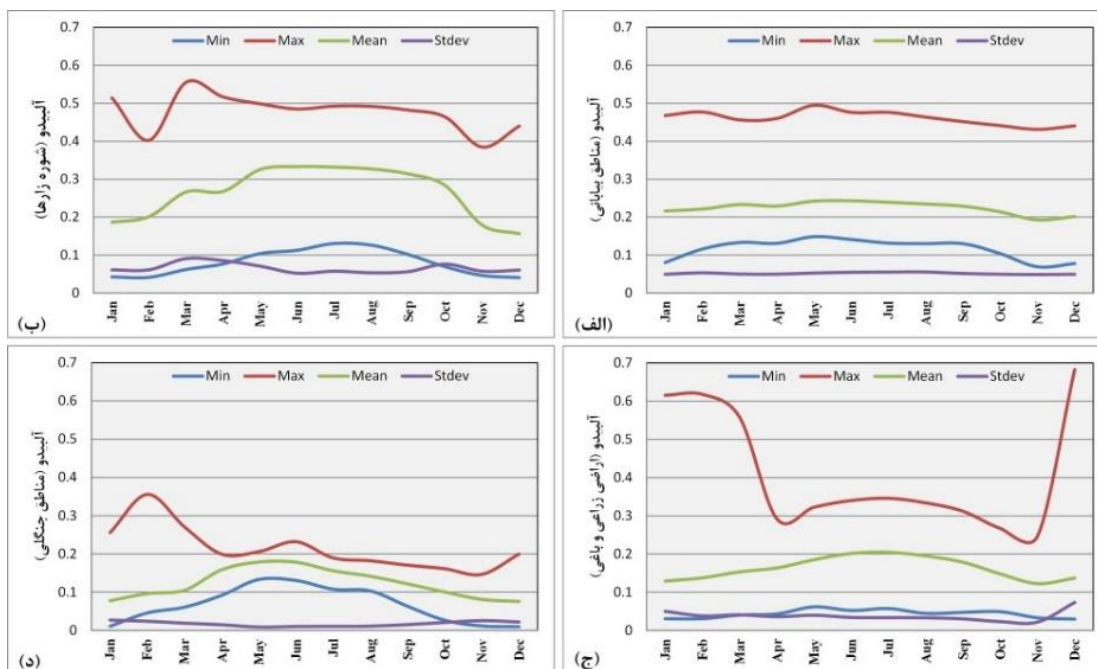
شکل ۴- الگوهای ماهانه شاخص NDVI برای اراضی (الف) بیابانی، (ب) شوره‌زارها، (ج) اراضی زراعی و (د) اراضی جنگلی

قابل توجه در این مورد، همگن بودن میانگین آبدوی مناطق بیابانی در کنار سایر معیارهای نشان‌دهنده تغییرپذیری این مناطق است. به بیانی دیگر، نه تنها الگوی تغییرات ماهانه آبدوی مناطق بیابانی همگن است، بلکه انحراف معیار آن در طول سال نیز بسیار ناچیز است (نزدیک به صفر).

در شکل ۶- الف الگوی ماهانه آبدوی سطح زمین در مناطق بیابانی ترسیم شده است. همچنین دامنه تغییرات فصلی آبدوی سطوح مختلف سطح زمین در جدول ۱ نیز نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۶ نمایان است، میانگین آبدوی این مناطق در حدود ۰/۲ می‌باشد که تقریباً در طول سال از الگوی همگنی پیروی می‌کند. نکته



شکل ۵- نقشه میانگین آبدوی کشور در فصل (الف) بهار، (ب) تابستان، (ج) پاییز و (د) زمستان



شکل ۶- الگوهای ماهانه آبدو برای اراضی (الف) بیابانی، (ب) شوره‌زارها، (ج) زراعی و (د) جنگلی

باید بیان کرد که مقادیر آلودگی این مناطق نسبت به مناطق بیابانی از تغییرپذیری ماهانه بیشتری برخوردار است. به طوری که اختلاف بین مقادیر میانگین آلودگی در این مناطق به حدود ۰/۱۸ می‌رسد. کمترین مقادیر آلودگی در این مناطق در ماه‌های سرد سال است که همزمان با مرطوب شدن سطح نمک‌زارها مشاهده می‌شود.

اما با وجود این در بین شاخص‌های مختلف، مقادیر حداکثر آلودگی در مناطق بیابانی از تغییرپذیری بیشتری نسبت به شاخص‌های میانگین و مقادیر کمینه برخوردار است. برخلاف مناطق بیابانی، میانگین آلودگی شوره‌زارها بسیار بالا و در حدود ۰/۲۵ است که به‌ویژه در طول ماه‌های گرم سال و همزمان با خشک شدن این مناطق به حداکثر مقدار خود در طول سال یعنی در حدود ۰/۳۳ می‌رسد. همچنین

جدول ۱- دامنه تغییرات فصلی آلودگی برای اراضی بیابانی، شوره‌زارها، اراضی زراعی آبی و باغی و اراضی جنگلی

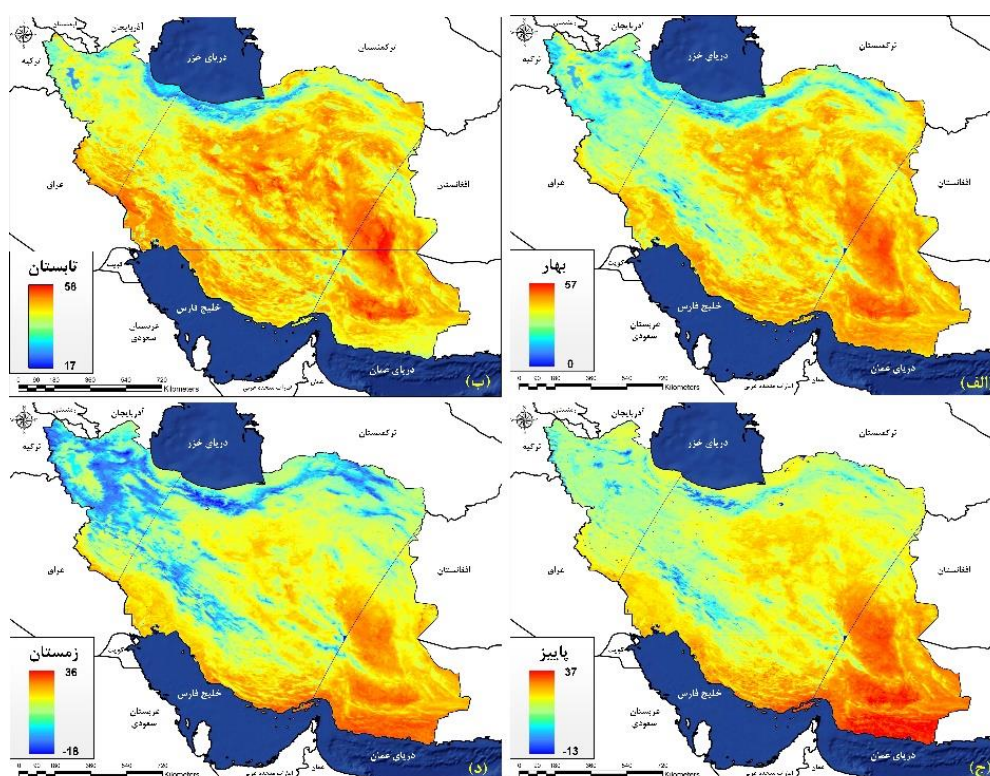
دامنه تغییرات مقدار آلودگی												
تابستان			باییز			بهار			زمستان			نوع پوشش سطح زمین
میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	میانگین	حداکثر	حداقل	
۰/۲	۰/۴۳	۰/۰۶	۰/۲۲	۰/۴۷	۰/۱۲	۰/۲۴	۰/۵	۰/۱۳	۰/۲۱	۰/۴۸	۰/۰۸	مناطق بیابانی
۰/۱۶	۰/۴۳	۰/۰۵	۰/۳۲	۰/۵	۰/۱۱	۰/۳۲	۰/۵	۰/۰۹	۰/۲۳	۰/۵۱	۰/۰۴	شوره‌زارها
۰/۱۲	۰/۶۶	۰/۰۳	۰/۲	۰/۳۵	۰/۰۴	۰/۱۸	۰/۳۱	۰/۲۲	۰/۱۳	۰/۶۱	۰/۲	اراضی زراعی آبی و باغی
۰/۰۸	۰/۲	۰/۰۲	۰/۱۱	۰/۱۸	۰/۰۷	۰/۱۲	۰/۲۳	۰/۱	۰/۱۹	۰/۳۵	۰/۰۵	مناطق جنگلی

ندارد. به عبارت دیگر اختلاف حداکثر و حداقل دماهای سطح زمین در طول فصل بهار بسیار بیشتر از فصل تابستان است که دلیل آن نیز به حضور پوشش‌های برفی در بسیاری از ارتفاعات کوهستانی کشور (همانند ارتفاعات علم‌کوه و زرد کوه) مربوط است. نکته قابل توجه در این مورد کمتر بودن دمای پهنه‌های آبی از خشکی‌های اطراف آنها در طول روز است. به عبارتی دیگر در طول روز دمای سطح زمین از دمای سطح پهنه‌های آبی بیشتر است. این در حالی است که این الگو لزوماً در طول شب تکرار نمی‌شود. در فصل پاییز اگرچه الگوی پراکنش مکانی دماها همانند فصل بهار و تابستان است (کمترین دماها در ارتفاعات و مناطق کوهستانی و بیشترین دماها در مناطق کویری و بیابانی)، اما دماهای کمینه و بیشینه به شدت کاهش یافته و به ترتیب به حدود ۱۳- و ۳۷ درجه سانتی‌گراد کاهش یافته است.

در شکل ۷ نقشه‌های میانگین دمای روزانه سطح زمین در طول فصول مختلف سال نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل نمایان است، دمای سطح زمین در طول فصل بهار از صفر درجه سانتی‌گراد در ارتفاعات و مناطق کوهستانی تا ۵۷ درجه سانتی‌گراد در مناطق بیابانی و کویری متغیر است. بر این اساس می‌توان گفت دمای سطح زمین از مناطق ساحلی شمالی به طرف جنوب افزایش می‌یابد. همچنین از غرب به شرق به دمای سطح زمین افزوده شده است. الگوی یادشده در فصل تابستان نیز تقریباً تکرار شده است. با این تفاوت که حداقل دماها در حدود ۱۷ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته و به حدود ۱۷ درجه سانتی‌گراد در ارتفاعات رسیده است. همچنین مقادیر حداکثر دمای سطح زمین نیز به حدود ۵۸ درجه سانتی‌گراد رسیده است که اختلاف چندانی با حداکثر دماهای فصل بهار

مرکزی و کویری کشور) در طول سال بسیار کمتر از دماهای حداقلی است. دلیل این مسئله نیز وابسته بودن دماهای حداقلی به فاکتورهای مختلفی همانند پوشش‌های برفی است. از این رو می‌توان گفت دمای روزانه سطح زمین در مناطق بیابانی از همگنی نسبی در طول سال برخوردار است. اما نوسانهای دمایی مناطق کوهستانی و برفی کشور در طول سال بسیار زیاد و قابل توجه است.

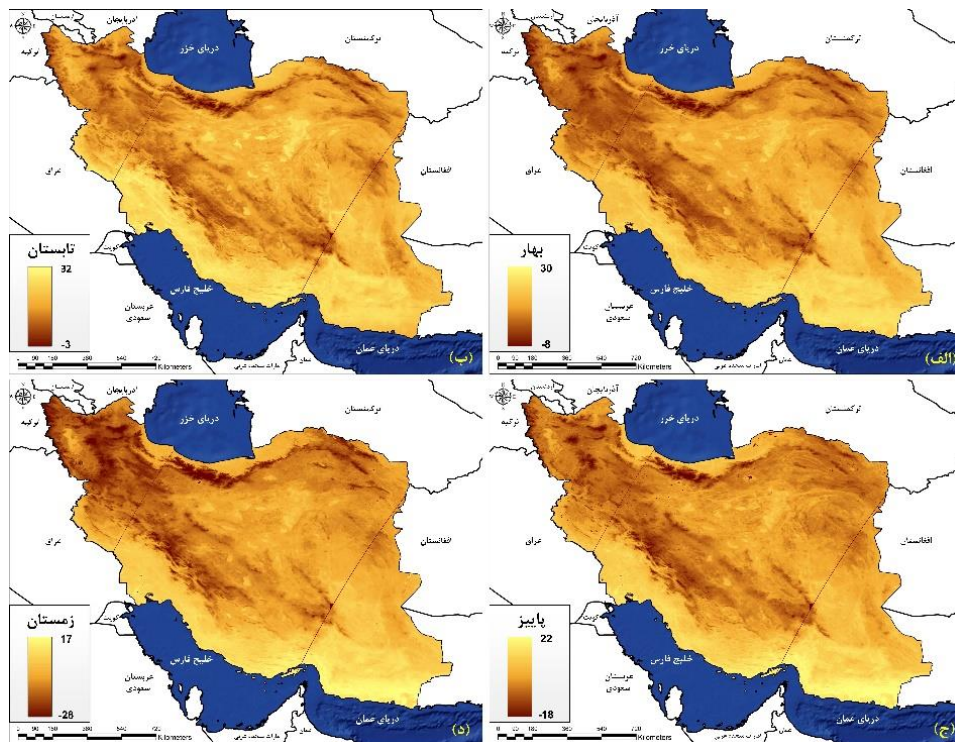
همچنین در طول فصل زمستان دماهای سطح زمین به شدت کاهش یافته است. به طوری که حداقل دمای سطح زمین در ارتفاعات زاگرس و دماوند به حدود  $-18$  درجه سانتی‌گراد کاهش یافته است. این در حالی است که حداکثر دماهای سطح زمین تفاوت چندانی با فصل پاییز پیدا نکرده است و در حدود  $37$  درجه سانتی‌گراد ثابت مانده است. در مجموع می‌توان گفت تغییرات دماهای حداکثری (دمای مناطق



شکل ۷- نقشه میانگین دمای روزانه سطح زمین در فصل (الف) بهار، (ب) تابستان، (ج) پاییز و (د) زمستان بر حسب درجه سانتی‌گراد

دماهای شبانه تقریباً کاهش قابل ملاحظه‌ای نسبت به دماهای روزانه داشته است. اگرچه کاهش نسبی دماهای شبانه در مقایسه با دماهای روزانه امری طبیعی است، اما نکته قابل توجه در این مورد بالاتر بودن دمای سطح پهنه‌های آبی در طول شب نسبت به مناطق اطراف خود است. به عبارت دیگر، اگرچه دمای سطح زمین در طول روز از دمای سطح پهنه‌های آبی بیشتر است، اما این امر در طول شب بعکس شده و دمای سطح آب در طول شب گرمتر از زمین‌های اطراف خود شده است.

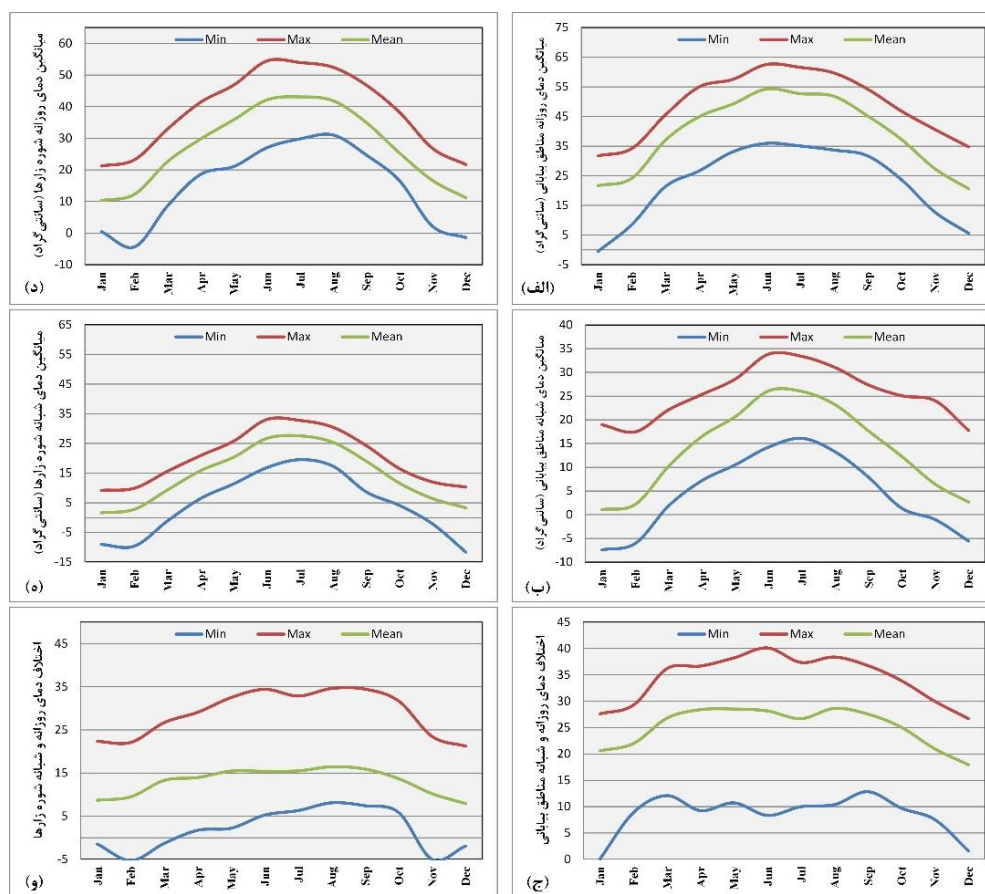
در شکل ۸ میانگین دمای شبانه سطح زمین در طول فصول مختلف سال نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل‌ها قابل مشاهده است، الگوی تغییرات مکانی دماهای سطح زمین در طول شب، تقریباً مشابه دماهای روزانه است. به بیانی دیگر، حداقل دماهای شبانه سطح زمین در ارتفاعات و مناطق کوهستانی و حداکثر دماها نیز در مناطق بیابانی و کویری مشاهده می‌شود. اما در کنار این تشابهات می‌توان به اختلافات قابل ملاحظه‌ای نیز اشاره کرد. به طوری که حداکثر و حداقل



شکل ۸- نقشه میانگین دمای شبانه سطح زمین در فصل (الف) بهار، (ب) تابستان، (ج) پاییز و (د) زمستان برحسب درجه سانتی‌گراد

شده بسیار کمتر از مقادیر ثبت شده در طول روز است. به همین ترتیب کمترین مقادیر شبانه دمای سطح زمین در مناطق بیابانی در ماه دسامبر با مقدار ۲ درجه سانتی‌گراد ثبت شده است و حداکثر مقدار آن نیز در ماه ژوئن در حدود ۲۷ درجه سانتی‌گراد است. اما در کنار موارد یادشده، باید به اختلاف دمای سطح زمین در طول شبانه‌روز در مناطق بیابانی اشاره کرد. در شکل ۹- ج اختلاف دمای روزانه و شبانه مناطق بیابانی نشان داده شده است. اگرچه اختلاف دمای شبانه‌روزی مناطق بیابانی در طول ماه‌های مختلف ثابت نیست، اما به‌طور میانگین در حدود ۲۵ درجه است که عدد بسیار بالایی محسوب می‌گردد. این موضوع با فرضیه موجود در مورد مناطق بیابانی که اختلاف دمای قابل توجهی در طول شبانه‌روز دارند کاملاً صادق است. این ویژگی می‌تواند یکی از مهمترین شاخص‌های متمایزکننده اراضی بیابانی در مقایسه با سایر مناطق دیگر باشد. در همین راستا باید بیان کرد در طول ماه‌های سرد سال اختلاف دمای روزانه و شبانه سطح زمین کمتر از ماه‌های گرم سال است.

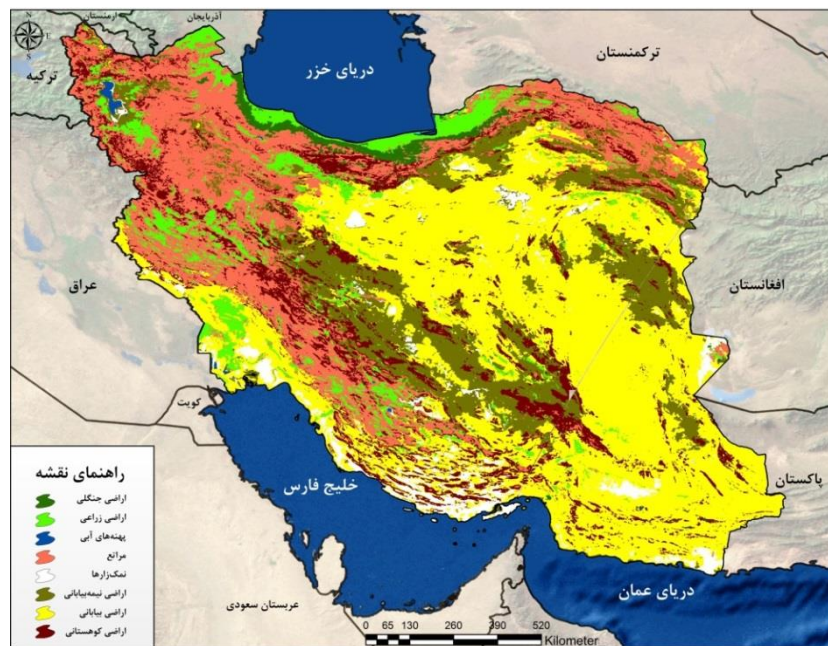
در شکل ۹ میانگین دمای ماهانه سطح زمین (شب و روز) در مناطق بیابانی (شکل‌های الف تا ج) نشان داده شده است. طبق نتایج نشان داده شده در این شکل می‌توان بیان کرد دمای روزانه مناطق بیابانی در طول سال عموماً بسیار بالا بوده و الگوی رفتاری آن کاملاً منطبق با ماه‌های گرم و سرد سال است. میانگین دمای سطح زمین در حداکثر مقدار خود در طول روز در حدود ۵۵ درجه سانتی‌گراد است که در طول ماه‌های سرد سال تا حدود ۲۲ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد. حداکثر و حداقل میانگین دمای روزانه سطح زمین به ترتیب در ماه‌های ژوئن و دسامبر مشاهده می‌گردد. نکته قابل توجه در این مورد اختلاف قابل ملاحظه بین حداکثر و حداقل دما در مناطق بیابانی است. زیرا اختلاف بین دماهای کمینه و بیشینه در این منطقه به حدود ۲۷ درجه می‌رسد که عدد نسبتاً بالایی محسوب می‌گردد. در شکل ۹- ب میانگین دمای شبانه مناطق بیابانی در طول ماه‌های مختلف سال نشان داده شده است. طبق این شکل می‌توان گفت که الگوی دمای شبانه کاملاً مطابق با الگوی دمای روزانه است، با این تفاوت که مقادیر دمایی ثبت



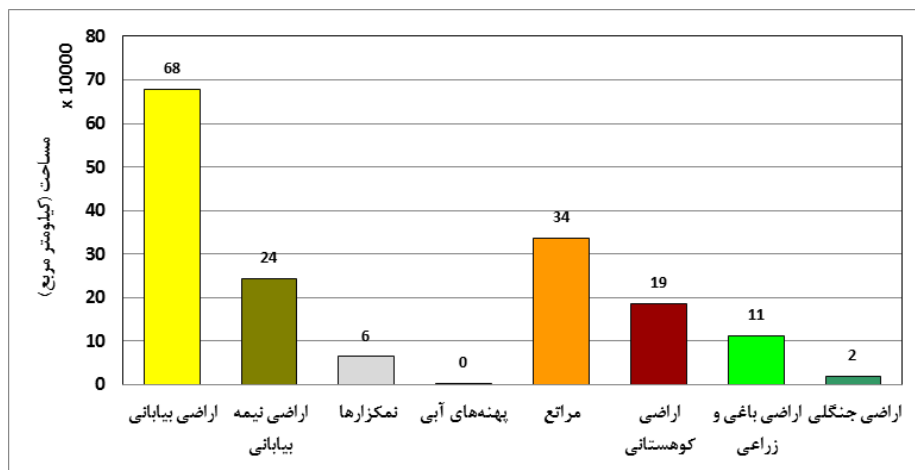
شکل ۹- الگوهای ماهانه دماهای روزانه، شبانه و اختلاف دمای روز و شب در مناطق بیابانی و شوره‌زارها بر حسب درجه سانتی‌گراد

در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ نتایج و خروجی نهایی طبقه‌بندی شی‌بایه بر اساس شاخص‌ها و معیارهای سنجش از دوری شرح داده شده است. مطابق انتظار، بیشتر اراضی بیابانی و نیمه‌بیابانی کشور در مناطق مرکزی، شرقی و جنوب‌شرقی کشور توسعه یافته است. به طوری که تقریباً در بخش‌های شمالی، شمال‌غربی و غربی کشور هیچ نشانه‌ای از چنین اراضی یافت نمی‌شود. این در حالی است که برخلاف انتظار، بخش‌های وسیعی از جنوب‌غرب کشور را اراضی بیابانی پوشانیده است که خود می‌تواند دلیلی بر وقوع طوفان‌های گردوغبار اخیر در این مناطق باشد. بر اساس نتایج بدست‌آمده، بیشترین مساحت در بین کلاس‌های تفکیک شده به اراضی بیابانی کشور تعلق دارد (در حدود ۶۸۰،۰۰۰ کیلومتر مربع) که برابر ۴۱ درصد از کل خاک کشور است. این در حالی است که سطح اراضی نیمه‌بیابانی در حدود ۲۴،۰۰۰ هزار کیلومتر مربع است و در حدود ۱۵ درصد از کل کشور را به خود اختصاص داده است.

در مجموع با در نظر گرفتن اراضی سنگلاخی و کوهستانی (در حدود ۱۱ درصد از مساحت کل کشور)، در حدود ۷۱/۲ درصد از خاک کشور به دلیل قرارگرفتن در اراضی بیابانی، نیمه‌بیابانی و نمک‌زارها به‌طور مستقیم غیر قابل استفاده است و به‌صورت اراضی بایر و یا لم‌یزرع می‌توان از آنها یاد کرد. این بدان معنی است که در حدود ۷۱/۲ درصد از خاک کشور فاقد قابلیت لازم برای کشت و زرع و موارد مشابه با آن است و در آنها تمامی فاکتورهای مربوط به اراضی بایر قابل مشاهده است. در مقایسه با اراضی بایر اشاره شده، تنها در حدود ۱/۳ درصد از کشور توسط اراضی جنگلی پوشیده شده است که همین موضوع نشان‌دهنده بحرانی بودن شرایط زیست محیطی ایران است. همچنین اراضی زراعی آبی و باغی با مساحتی در حدود ۱۱۲،۰۰۰ کیلومتر مربع در حدود ۶/۸ درصد از خاک کشور را به خود اختصاص داده است.



شکل ۱۰- نتایج طبقه‌بندی شی پایه و نقشه پهنه‌بندی اراضی بیابانی و نیمه‌بیابانی کشور



شکل ۱۱- سطح هر یک از اراضی طبقه‌بندی شده بر اساس معیارها و شاخص‌های حاصل از تصاویر ماهواره‌ای (کیلومتر مربع)

## بحث

دوری به‌منظور تفکیک عرصه‌های مختلف منابع طبیعی از یکدیگر مورد استفاده قرار گرفت. در این راستا نحوه رفتار و الگوی زمانی مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی کشور در طول سال ۲۰۱۹ میلادی به عنوان معیارهای طبقه‌بندی مورد استفاده قرار گرفت. بدین‌منظور از محصولات مختلف استخراج شده از تصاویر سنجنده MODIS در بازه‌های زمانی ۸ روزه و ۱۶ روزه (با توجه به نوع محصول مورد استفاده) تهیه و پردازش گردید. پس از انتخاب شاخص‌های

هدف از این تحقیق تفکیک و پهنه‌بندی اراضی بیابانی و نیمه‌بیابانی از سایر اراضی و پوشش‌های موجود در کشور با استفاده از شاخص‌ها و معیارهای قابل استخراج از تصاویر ماهواره‌ای است. بر این اساس از میان بسیاری از شاخص‌های ماهواره‌ای موجود، شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی (NDVI)، آلدوی سطح زمین و دماهای شبانه و روزانه سطح زمین به عنوان پارامترهای چهارگانه سنجنش از



است که خود نشان‌دهنده شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک حاکم بر کشور است که منجر به توسعه چنین مناطقی شده است. در مطالعه‌ای که توسط Khosroshahi و همکاران (۲۰۱۱b) انجام شده است، مساحت بیابان‌های اقلیمی کشور (استخراج شده از شاخص‌های اقلیمی همانند بارندگی، دما و تبخیر) در حدود ۷۰۰،۹۹۱ کیلومتر مربع برآورد شده است که تا حدودی به مساحت بیابان‌های استخراج شده در این تحقیق مشابه است (Khosroshahi et al., 2011b). مقایسه پهنه‌بندی مناطق بیابانی استخراج شده در دو نقشه یادشده نشان دهنده همپوشانی بالای این دو نقشه با یکدیگر است. به طوری که در بسیاری از مناطق و حتی در بخش‌های جنوب غربی کشور، همبستگی بالایی بین این دو نقشه که با رویکردهای کاملاً متفاوت تهیه شده‌اند مشاهده می‌گردد (Khosroshahi et al., 2011b). اگرچه نمک‌زارها و کفه‌های نمکی در حدود ۴ درصد از کل کشور را به خود اختصاص داده است، اما به نظر می‌رسد به دلیل روند بیابان زایی که در کشور در حال رخ دادن است، توسعه این مناطق روز به روز در حال گسترش است (Ildoromi and Moradi, 2017). در مطالعه‌ای که توسط Khosroshahi و همکاران (۲۰۱۱b) در سال ۱۳۹۰ انجام شده است، مساحت بیابان‌های حاصل از سازندهای شور و تبخیری که بر اساس نقشه‌های زمین‌شناسی استخراج شده است در حدود ۲۰۸،۰۰۰ کیلومتر مربع برآورد شده است (Khosroshahi et al., 2011b) که با مساحت ۶۳،۰۰۰ کیلومتر مربعی استخراج شده در این تحقیق تفاوت قابل توجهی دارد. دلیل اصلی اختلاف مساحت یادشده را می‌توان در عوامل مختلفی همانند رویکرد کاملاً متفاوت دو مطالعه در تعریف اراضی بیابانی، به روز نبودن نقشه‌های زمین‌شناسی استفاده شده و موارد مشابه با آن بیان کرد.

### سپاسگزاری

این مطالعه حاصل طرح تحقیقاتی مصوب سازمان جغرافیایی کشور است که بدین وسیله نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را از مسئولان و کارشناسان محترم این

طبقه‌بندی، از روش طبقه‌بندی شی پایه به منظور طبقه‌بندی کل کشور و شناسایی پهنه‌های بیابانی و نیمه‌بیابانی استفاده شد. نتایج تحقیقات مختلف نشان داده است که روش‌های شی‌مبنا برای طبقه‌بندی کاربری و پوشش زمین موفق‌تر بوده است. زیرا بر اساس نتایج این تحقیقات، روش‌های رایج طبقه‌بندی همانند کمترین فاصله و حداکثر احتمال در تشخیص پدیده‌هایی که دارای خصوصیات طیفی مشترک هستند با مشکل روبرو هستند. برای رفع این مشکل، الگوریتم‌های جدید از قبیل روش‌های شی‌پایه توسعه داده شدند که هدف اصلی آنها ترکیب داده‌های مستقل از ویژگی‌های طیفی آنها است که به منظور بهبود خروجی طبقه‌بندی طیفی انجام می‌شود. یادآوری می‌شود که روش شی پایه جزو روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده به‌شمار می‌آید که با استفاده از انواع مختلفی از روش‌های طبقه‌بندی می‌توان در آن اقدام به طبقه‌بندی قطعه‌های تصویر نمود. طبقه‌بندی شی پایه، با تقسیم‌بندی تصویر به شی‌های معنی‌دار شروع می‌شود. به نحوی که هر پیکسل به صورت یک شی مجزا مورد توجه قرار می‌گیرد. در روش طبقه‌بندی شی پایه، اطلاعات طیفی با اطلاعات مکانی ادغام و پیکسل‌ها بر اساس شکل، بافت و درجات خاکستری در سطح تصویر با مقیاس مشخص، قطعه‌بندی شده و طبقه‌بندی تصویر بر اساس این قطعات انجام شده است. نتایج بدست‌آمده نشان دهنده قابلیت بالای شاخص‌های ماهواره‌ای در تفکیک اراضی بیابانی و نیمه‌بیابانی از سایر اراضی طبیعی و غیر طبیعی کشور است. بر اساس این نتایج، مساحت اراضی بیابانی کشور در حدود ۶۸۰ هزار کیلومتر مربع است. به بیانی دیگر، حدود ۴۱ درصد از مساحت کشور به‌طور مستقیم توسط اراضی بیابانی پوشیده شده است که از لحاظ مکانی به غیر از بخش‌های شمالی، شمال‌غرب و غرب کشور، در سایر بخش‌های کشور پراکنده شده است. همچنین اراضی نیمه‌بیابانی در حدود ۲۴ هزار کیلومتر مربع از کشور را به خود اختصاص داده است که برابر ۱۵ درصد از مساحت کشور است. در مجموع اراضی بیابانی و نیمه‌بیابانی در حدود ۵۶ درصد از پهنه کشور را به خود اختصاص داده

- Loghmani, S., 2008. Determination of desert domain in Tehran province by use of vegetative cover. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 14(4): 490-499.
- Fayezi Bakhsh Waqif, K.H. and Khajvandi, M., 2007. Evaluation of environmental strategies for sustainable development of Iran. 6th Symposium of Iranian Society of Environmentalists. Tehran, Iran.
- Ge, G., Shi, Z., Zhu, Y., Yang, X. and Hao, Y., 2020. Land use/cover classification in an arid desert-oasis mosaic landscape of China using remote sensed imagery: Performance assessment of four machine learning algorithms. *Global Ecology and Conservation*, 22: e00971.
- Goudarzi, M., Farahpour, M. and Mosavi, A., 2006. Land cover and rangeland classification map using Landsat satellite image (TM) (Case study) Namrood watershed. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 13(3): 265-277.
- Ildoromi, A.R. and Moradi, M., 2017. Assessment of wind erosion intensity by IRIFR.E.A Model (Case Study: Qahavand, Hamedan). *Journal of Geography and Planning*, 21(60): 43-60.
- Kakhkakhohan, M.S., Forfoie, A.R., Mousavi, S.H. and Vali, A., 2019. Assessment of drought dynamics in Sistan and Baluchestan province using MODIS satellite data (2000-2015). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 26(3): 754-771.
- Karimi, N. and Namdari, S., 2019. Estimation of severity and extent of desertification in Iran using Landsat satellite images and spectral mixture analyses methods during 1984 and 2015. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 26(2): 500-515.
- Ketting, R.L. and Landgrebe, D.A., 1976. Classification of multispectral image data by extraction and classification of homogeneous objects. *IEEE Transactions on Geoscience Electronics*, 14(2): 19-26.
- Khamchin Moghaddam, M.F. and Pazhand, H., 2009. Criticising de marttone regionalization method according to linear moments for maximum daily precipitation in Iran. *Information Technology on Engineering Design*, 2(2): 93-103.
- Khosroshahi, M., Hassani, M. and Karami, S.A., 2003. Development of new method for recognition of Tehran deserts based on climatological criteria (case study: Tehran province). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 10(4): 40-56.
- Khosroshahi, M., Kali, R.A. and Marandy, H.M., 2011a. Comparison of geological and climatological deserts domain of Iran. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 18(2): 336-352.

سازمان و همه کسانی که در اجرای این تحقیق همکاری نمودند اعلام می‌نمایند. همچنین از داوران محترمی که زحمت داوری این مقاله را بر عهده داشتند سپاسگزاری می‌شود.

### منابع مورد استفاده

- Afrasinei, G. M., Melis, M.T., Buttau, C., Arras, C., Pistis, M., Zerrim, A., Guied, M., Ouessar, M., Essifi, B., Zaied, M.B., Jlali, A., Jarray, H. and Ghiglieri, G., 2017. Classification methods for detecting and evaluating changes in desertification-related features in arid and semiarid environments. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 2: 1-19.
- Al-Ali, Z.M., Abdullah, M.M., Asadalla, N.B. and Gholoum, M., 2020. A comparative study of remote sensing classification methods for monitoring and assessing desert vegetation using a UAV-based multispectral sensor. *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*, 192: 1-14.
- Attarpour Fard, H., Hasani, M. and Khosroshahi, M., 2004. Identification and separation of geomorphological deserts in Tehran. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 11(3): 275-286.
- Baatz, M., Benz, U., Deghani, S., Heynen, M., Höltje, A., Hofmann, P., Lingenfelder, I., Mimler, M., Sohlbach, M., Weber, M. and Wilihauck, G., 2004. *ECognition Professional: User guide 4*. Munich: Definiens-Imaging.
- Benz, U.C., Hofmann, P., Willhauck, G., Lingenfelder, I. and Heynen, M., 2004. Multiresolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 58: 239-258.
- Carleer, A.P., Debeir, O. and Wolff, E., 2005. Assessment of very high spatial resolution satellite image segmentations. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 71(11): 1285-1294.
- Dehvari, A. and Heck, R. J., 2009. Comparison of object-based and pixel based infrared airborne image classification methods using DEM thematic layer. *Journal of Geography and Regional Planning*, 2(4): 86-96.
- Ekhtesasi, M. R. and Mohajeri, S., 1995. Classification of the type and severity of land desertification in Iran (ICD). *Second Conference on the Issues of Desert Regions in Kerman. Iran*, 10-13 November: 56-63.
- Farahani, E., Khosroshahi, M., Hosseni, M. and

- assessment of segmentation results devoted to object-based classification. In T. Blaschke, S. Lang, & G.J. Hay (Eds.), *Object-Based Image Analysis: Spatial Concepts for Knowledge-Driven Remote Sensing Applications*. Springer, Berlin, 271p.
- Sarabi, S., Heshmatpour, A., Komaki, C.B. and Tahmasebi, A., 2015. The assessment of relationship between MODIS vegetation indices and drought on northern rangelands of Golestan province. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 22(2): 392-405.
  - Schmidt, H. and Karnieli, A., 2000. Remote sensing of the seasonal variability of vegetation in a semi-arid environment. *Journal of Arid Environments*, 45: 43-59.
  - Shamsipur, A.A., Alavipanah, K. and Mohammadi, H., 2010. Efficiency of vegetation and thermal indices of NOAA-AVHRR satellite in ecological drought analysis of Kashan region. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 17(3): 445-465.
  - Silver, M., Tiwari, A. and Karnieli, A., 2019. Identifying vegetation in arid regions using object-based image analysis with RGB-Only aerial imagery. *Journal of Remote Sensing*, 11: 22-35.
  - Khosroshahi, M., Mahmoudi, F. and Kashki, M. T., 2011b. Determination of desert areas in Iran on the bases of geological effected factors. *Journal of Geosciences*, 20(80): 15-22.
  - Laliberte, A.S., Fredrickson, E.L. and Rango, A., 2007. Combining decision trees with hierarchical object-oriented image analysis for mapping arid rangelands. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 73(2): 197-207.
  - Ministry of Energy., 1987. The comprehensive water plan of the country includes the appearance of the plains of Iran, surface and underground water resources of the country's areas.
  - Myint, S.W., Giri, C.P. and Wang, L., 2008. Identifying mangrove species and their surrounding land use and land cover classes using an object-oriented approach with a lacunarity spatial measure. *Journal of GIS cience & Remote Sensing*, 45(2): 188-208.
  - Papoli Yazdi, M.H., 1996. The significance of ecological consideration in living environment. *Journal of Geographical Researches*, 36(2): 6887-6906.
  - Radoux, J. and Defourny, P., 2008. Quality

## Zoning of natural resources of Iran using indicators and criteria that can be extracted from satellite images on desert and semi-desert areas

N. Karimi<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup>-Corresponding author, Assistant Professor, Water Resources Research Department, Water Research Institute, Tehran, Iran, Email: n.karimi@wri.ac.ir

Received:07/08/2020

Accepted: 02/28/2021

### Abstract

The main objective of the present study is to delineate all-natural resources of Iran with the priority of desert and semi-desert areas using indicators and criteria extracted from remote sensing data and new satellite image classification techniques. Accordingly, desert, semi-desert, and salinity areas of Iran in conjunction with other natural resources areas (such as forests, rangelands, water bodies, and farmlands) were studied using time-series MODIS satellite images and different indices and parameters such as Albedo, NDVI, and surface temperature during day and night along with the temperature difference between day and night. Here, unlike the classical classification methods, based on using one-single satellite image and features such as vegetation density or surface temperature, the behavior of different natural resources over time, extracted from satellite images, was analyzed. Accordingly, the temporal behavior of each of the mentioned natural resource areas during 2019 was studied and analyzed using the remote sensing criteria. The basic object classification method was used to classify the country using the mentioned indicators using the least distance technique based on fuzzy logic. Based on results, about 41.2%, 14.8%, and 3.9% of Iran (totally about 60% of Iran) are classified as desert, semi-desert, and salty areas, respectively. By considering the percentage of rocky mountainous areas (11.3%), about 71.2% of Iran has no biological conditions (unsuitable for agricultural activities). As expected, desert and semi-desert areas are concentrated in central, eastern, southeastern, and southern regions of Iran, and no signs of such areas are found in the northern, northwestern, and western of the country.

**Keywords:** Remote sensing, desert and semi desert areas, NDVI, Albedo, object oriented classification.