



سنجش از دور

GIS ایران

سنجش از دور و GIS ایران  
Iranian Remote Sensing & GIS

۴۲-۲۱

مقاله پژوهشی



## بررسی رابطه دمای سطح زمین با پوشش گیاهی و رطوبت سطحی در کاربری‌های اراضی منطقه زهک دشت سیستان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست

زهرة هاشمی<sup>۱</sup>، حمید سودایی‌زاده\*<sup>۲</sup>، محمدحسین مختاری<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد

۲. دانشیار گروه مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد

۳. استادیار گروه مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۴/۰۲

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۹/۱۰

### چکیده

دمای سطح زمین یکی از پارامترهای مؤثر و مهم در فرایندهای فیزیک سطح زمین در تمامی مقیاس‌ها، از محلی تا جهانی، محسوب می‌شود. در این مطالعه، رابطه بین دمای سطح زمین با پوشش گیاهی و رطوبت سطحی خاک، در کاربری‌های اراضی منطقه زهک دشت سیستان، بررسی شد. بدین منظور تصاویر ماهواره‌ای لندست TM (۱۹۸۷)، TM (۲۰۰۱) و OLI (۲۰۱۸) به کار رفت. پس از مراحل پیش‌پردازش و پردازش تصاویر، نقشه‌های کاربری اراضی براساس روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و از طریق الگوریتم حداکثر احتمال در دوره سی‌ساله استخراج شد. همچنین دمای سطح زمین با روش پنجره مجزا به دست آمد و ارتباط بین آن با پوشش گیاهی و رطوبت خاک، با روش آماری، ارزیابی شد. طبق نتایج، دقت طبقه‌بندی به روش حداکثر احتمال با بررسی از طریق داده‌های حقایق زمینی، تصاویر TM و OLI، برحسب ضریب آماری کاپا، به ترتیب ۰/۸۹، ۰/۹۵ و ۰/۸۴ و براساس صحت کلی ۹۱/۸، ۹۶/۴۵ و ۸۷/۸۹٪ به دست آمد. طی سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۸ میانگین شاخص‌های دمای سطح زمین ۳۸/۱۳، ۴۵/۷۳ و ۴۱/۱۴ درجه سانتی‌گراد، شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی ۰/۱۱، -۰/۱۳ و -۰/۱۶ و شاخص تفاضلی نرمال‌شده رطوبت ۰/۶۴، ۰/۶۳ و ۰/۵۸ برآورد شد. ارتباط دمای سطح زمین و شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی فاقد همبستگی بود. همبستگی بین دمای سطح زمین و شاخص تفاضلی نرمال‌شده رطوبت نیز معکوس و منفی شد. بر اثر عوامل پدیدآورنده خشکسالی هیدرولوژیکی و شرایط اقلیمی ناشی از کاهش بارندگی، افزایش دمای هوا و وزش طوفان‌های گردوغبار، زادآوری و رشد گیاهان کاهش یافته است؛ بنابراین، به دنبال فقدان پوشش گیاهی مناسب، پوشش گیاهی در کاهش دمای سطح زمین منطقه مورد مطالعه تأثیری ندارد.

**کلیدواژه‌ها:** دمای سطح زمین، کاربری اراضی، شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی، شاخص تفاضلی نرمال‌شده رطوبت، دشت سیستان.

\* نویسنده مکاتبه‌کننده: دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد. تلفن: ۰۹۱۳۴۵۰۷۴۷۶

## ۱- مقدمه

می‌کند و در بسیاری از موارد همچون تبخیر و تعرق، تغییرات اقلیمی، چرخه هیدرولوژیکی، پایش پوشش گیاهی، اقلیم شهری، مطالعات محیطی و سایر مطالعات مرتبط اهمیت اساسی دارد؛ همچنین یکی از کارآترین پارامترهای برنامه‌های بین‌المللی زیست‌سپهر و زمین‌سپهر<sup>۳</sup> شناخته شده است (Alavipannah, 2018). فناوری سنجش از دور مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای ابزار قوی برای سنجش منابع زمینی و از جمله دمای سطح زمین است که در بسیاری از زمینه‌ها کاربرد دارد. تحقیقات گسترده‌ای در مورد ویژگی‌های مکانی دمای سطح زمین و یافتن روابط منطقی بین شاخص‌های تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی<sup>۴</sup> و شاخص تفاضلی نرمال‌شده رطوبت<sup>۵</sup> با دمای سطح زمین انجام شده است. علاوه بر این مشخص شده است که رابطه‌ای منطقی بین NDVI و LST وجود دارد (Agam et al., 2007; Herb et al., 2008; Wei et al., 2015).

تغییرات دمای سطح زمین در پی عوامل گوناگون و روابط آن با پوشش گیاهی و رطوبت خاک، در منطقه دلتای رودخانه زرد چین، بررسی شد. این مطالعه در دوره‌ای سی ساله، طی سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۶، در فصل‌های متفاوت انجام شد. نتایج نشان داد میزان دمای سطح زمین در سال ۱۹۸۷، در امتداد رودخانه زرد و در مناطق مرتفع ساحلی، اندک و در سال ۲۰۱۶، به‌طور مشخص در کنار دریا و مناطق شهری و صنعتی زیاد بوده است. میزان دمای سطح زمین، در فصل‌های متفاوت، در مناطق شهری و صنعتی بیشتر بود. همبستگی‌های حاصل از روابط بین دمای سطح زمین با شاخص‌های پوشش گیاهی و رطوبت خاک، در انواع پوشش‌های زمین و در زمان‌های گوناگون، تفاوت داشته است (Chi et al., 2020).

دمای سطح زمین<sup>۱</sup> از اساسی‌ترین پارامترهای فیزیکی فرایندهای سطحی است که در برابر تغییرات اقلیمی، در مقیاس جهانی و منطقه‌ای و ویژگی‌های سطحی زمین واکنش نشان می‌دهد (Owen et al., 1998). همچنین عامل مهمی است که فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی و روابط بین زمین و جو را کنترل می‌کند و بیشترین تأثیر را در وضعیت پوشش گیاهی و آب خاک دارد (Urquet et al., 2018). عواملی که مؤثر در توزیع مکانی دمای سطح زمین شامل تشعشعات خورشیدی، شرایط جوی و ویژگی‌های سطح زمین می‌شود. تابش خورشید و شرایط جوی، در یک منطقه و در یک مقطع زمانی مشخص، همسان و همگن است اما ویژگی‌های سطح زمین از جمله ژئومورفولوژی، تیپ‌های پوشش اراضی، شرایط پوشش گیاهی و وضعیت خاک از عوامل مهم در تغییرات مکانی دمای سطح زمین محسوب می‌شود. اختلاف در تابش خورشیدی، شرایط جوی و ویژگی‌های سطح زمین، طی زمان‌های متفاوت، منجر به تغییرات زمانی دمای سطح زمین می‌شود. همچنین فعالیت‌های روزافزون انسانی در دهه‌های اخیر باعث پیچیدگی و ناهمگونی ویژگی‌های سطح زمین و نیز افزایش تغییرات مکانی دمای آن شده است؛ در نتیجه، دمای سطح خاک و چگونگی تغییرات آن با توجه به زمان و مکان یکی از مهم‌ترین عواملی است که تبادل ماده و انرژی را در خاک تحت تأثیر قرار می‌دهد. افزون‌بر آن، می‌توان گفت که میزان و جهت تمامی فرایندهای فیزیکی خاک، مستقیم یا غیرمستقیم، به دمای خاک بازمی‌گردد (Sommers et al., 1981). دمای سطح زمین تابعی از انرژی خالص در سطح زمین است که طبق مقدار انرژی رسیده به سطح زمین، گسیل مندی سطح، رطوبت و جریان هوای اتمسفر مشخص می‌شود. می‌توان این دما را با استفاده از تابش مادون قرمز که از سطح زمین ساطع می‌شود، با معادله معکوس پلانک برآورد کرد (Reutter et al., 1994).

آگاهی از دمای سطح زمین اطلاعات مفیدی درباره تغییرات زمانی و مکانی حالت موازنه سطحی<sup>۲</sup> فراهم

1. Land Surface Temperature (LST)
2. Surface Equilibrium State
3. International Geosphere and Biosphere Program (IGBP)
4. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
5. Normalized Difference Moisture Index (NDMI)

توجه به کاربری‌های اراضی، پوشش گیاهی و رطوبت سطحی خاک و همچنین، یافتن رابطه منطقی بین شاخص‌های تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی و شاخص تفاضلی نرمال شده رطوبت با دمای سطح زمین است.

## ۲- مواد و روش

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه (زهک) در بخش شمالی استان سیستان و بلوچستان و در بخش شرقی دشت سیستان واقع شده و دارای وسعتی بالغ بر ۸۸۳۴۴ هکتار است. این منطقه در موقعیت جغرافیایی ۶۱ درجه و ۳۰ دقیقه و ۶۱ درجه و ۴۹ دقیقه طول شرقی و در ۳۰ درجه، ۳۶ دقیقه و ۴۵ ثانیه و ۳۰ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. اراضی منطقه شیب بسیار جزئی، بین ۲ تا ۵٪ دارد و فاقد پستی و بلندی درخور ملاحظه‌ای است. در این محدوده، متوسط ارتفاع از سطح دریا ۴۹۶ متر و میانگین بارندگی ۵۱/۲ میلی‌متر است.

در این منطقه، تیر گرم‌ترین و بهمن سردترین ماه‌های سال‌اند. حداقل مطلق دما ۳/۸- درجه و حداکثر مطلق دما ۴۶/۴ درجه سانتی‌گراد است. مهم‌ترین باد منطقه سیستان بادهای ۱۲۰ روزه است که از اواخر اردیبهشت تا اواخر شهریور در این منطقه می‌وزد. بر مبنای طبقه‌بندی دومارتن، شاخص خشکی منطقه زهک ۱/۵۷ است و جزء مناطق فراخشک طبقه‌بندی می‌شود. ساختار سنگ‌شناسی این منطقه حاصل فعالیت و رسوب‌گذاری رودخانه‌های پریان و سیستان است که از زمان‌های متفاوت آب‌وهوایی و در

خلال دوره چهارم زمین‌شناسی، برجا مانده است. دشت سیستان جزئی از حوزه آبریز رودخانه هیرمند به‌شمار می‌رود. از مهم‌ترین منابع ذخیره آب در منطقه زهک مخازن چاه نیمه ۱، ۲، ۳ و ۴ است. این مخازن در مناطق تپه‌ماهور ساحل چپ رودخانه هیرمند واقع شده است. آب این مخازن مصرف شرب و کشاورزی دارد (شکل ۱).

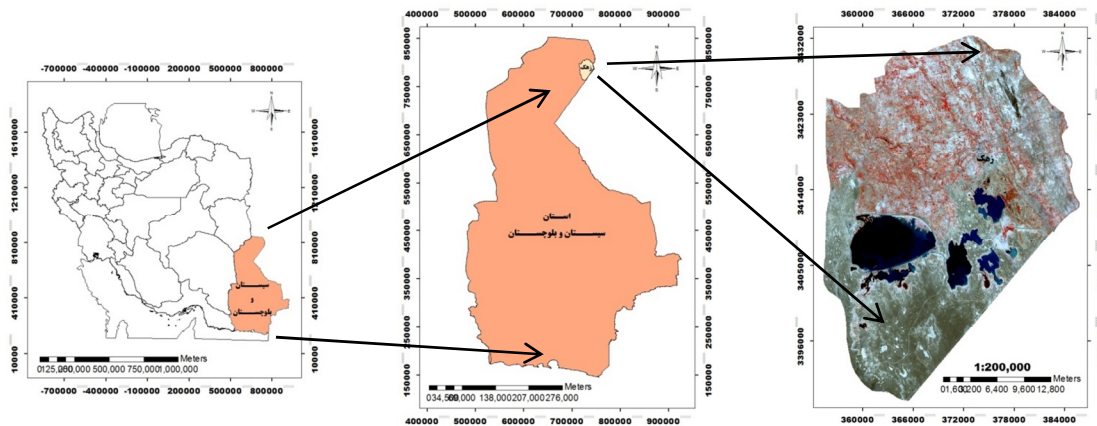
روند و تغییرات مکانی دمای سطح زمین در شبه‌جزیره اسپانیا، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای NOAA - AVHRR، طی سال‌های ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۵ بررسی شد. هدف از این مطالعه بررسی تغییرات دمای سطح زمین و ارتباط این تغییرات با دمای هوا، تابش خورشید و پوشش سطح زمین بود. نتایج میزان دمای سطح زمین بین سال‌های ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۴ افزایش شایان توجهی را به‌مقدار میانگین ۰/۷۱ درجه سانتی‌گراد، نشان داد؛ در حالی که در طول تابستان با شدت بیشتر با میانگین ۱/۵۳ درجه سانتی‌گراد تخمین زده شد. نتایج همبستگی زیاد رابطه بین LST و NDVI را نیز نشان داد؛ به‌طوری‌که افزایش LST، از نظر مکانی، با مناطقی که در آنها پوشش گیاهی بدون تغییر بود هماهنگی داشت. افزایش شدید LST، به‌ویژه در تابستان، با مشاهدات تابش خورشید نیز هم‌سو بوده است. میزان LST در مناطق کشاورزی، به‌دلیل برداشت محصولات در تابستان، در خاک فاقد پوشش افزایش یافته است. در مقابل، در عرصه‌های جنگلی، میزان افزایش LST بسیار کمتر به‌دست آمد (Khorchani et al., 2018).

تجزیه و تحلیل سری زمانی درمورد داده‌های شاخص‌های تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی و دمای سطح زمین، در دلتای رودخانه نیل، براساس کاربری اراضی در یک دوره پانزده‌ساله صورت گرفت. در این بررسی از تصاویر ماهواره‌ای مادیس<sup>۱</sup> استفاده شد. میانگین تغییرات LST در هریک از کاربری‌های اراضی در بازه زمانی پانزده‌ساله تعیین شد. نتایج نشان داد تغییرات مکانی تبدیل اراضی کشاورزی به مناطق شهری به افزایش ۱/۷ درجه سانتی‌گراد در میزان LST انجامید. تبدیل اراضی بایر به کشاورزی نیز مقدار LST را ۰/۵۲ درجه سانتی‌گراد کاهش داده است (Hereher, 2017).

محیط خشک و بیابانی با کمبود علائم تعدیل‌کننده شرایط هوایی، همچون رطوبت و پوشش گیاهی، سبب ارائه الگوهای دمایی متفاوت در سطوح پدیده‌های گوناگون می‌شود (Alavipanah, 2018)؛ بنابراین، هدف از این تحقیق بررسی تغییرات دمای سطح زمین با

1. MODIS

## زهره هاشمی و همکاران



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

### ۲-۲- داده‌های مورد استفاده

در این مطالعه، از تصاویر ماهواره‌ی لندست با ردیف ۳۹ و مسیر ۱۵۷ استفاده شد. تصاویر مربوط به ماه ژوئن در دوره‌ی سی‌ساله، طی سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۸ بررسی شد. تصاویر انتخابی از لندست ۵ و ۸ سنجنده‌های TM و OLI برداشت شده که از وبسایت سازمان نقشه‌برداری زمین‌شناسی آمریکا (USGS) تهیه شده و برای اندازه‌گیری شاخص‌های NDVI، NDMI، دمای سطح زمین و کاربری اراضی به‌کار رفته است. مشخصات تصاویر در جدول ۱ آمده است.

### ۲-۳- پردازش داده‌ها

در مرحله‌ی پیش‌پردازش، تصحیحات رادیومتری و اتمسفری انجام شد تا خطاهای ناشی از سنجنده و اتمسفر در محیط ENVI 5.3 حذف شود. سپس در مرحله‌ی پردازش داده‌ها، شاخص‌های طیفی شامل

خاک‌های منطقه مورد مطالعه شامل خاک‌های عمیق، تکامل‌نیافته و جوان است. بافت خاک شنی و رسی سیلت‌دار تا رس و شنی سیلت‌دار ساختمان مکعبی گوشه‌ای ضعیف (گاهی صفحه‌ای) است. بخش‌هایی از اراضی، به‌علت تأثیر املاح فراوان و تجمع آنها در سطح خاک، اغلب دارای سطح پف‌کرده است. خاک‌های دشت سیستان، از نظر طبقه‌بندی سری خاک‌ها، در دو رده‌ی خاک آنتی‌سول و اریدی‌سول قرار می‌گیرد. از نظر سیستم طبقه‌بندی ایرانی، بیشتر خاک‌های این منطقه به گروه خاک‌های آبرفتی (رسوبی) و آبرفتی شور و گاه نیز شور قلیایی تعلق دارد. گیاهان مشاهده‌شده در منطقه مورد مطالعه اغلب از خانواده‌های اسفناجیان، اوریا سلام و گونه‌های درختچه‌ای گز است. کاربری اراضی در این منطقه شامل کاربری‌های کشاورزی (زراعت آبی)، بایر، جنگلی (تپه‌های شنی همراه با مالچ‌پاشی و جنگل‌کاری شده) می‌شود.

جدول ۱. مشخصات تصاویر ماهواره‌ای استفاده‌شده در این بررسی

ماهواره	نوع سنجنده	مسیر	ردیف	تاریخ برداشت	باند‌های مورد استفاده
لندست	TM	۱۵۷	۰۳۹	۱۹۸۷/۰۶/۲۰	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷
لندست	TM	۱۵۷	۰۳۹	۲۰۰۱/۰۶/۲۶	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷
لندست	OLI	۱۵۷	۰۳۹	۲۰۱۸/۰۶/۰۹	۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۱۰

منبع: (Pirmazar & Zandkarimi, 2015)

است. براساس دو صحت یادشده، دو خطای حذف<sup>۱</sup> و ارتکاب<sup>۲</sup> تعریف می‌شود. این دو خطا نیز طبق اطلاعات ماتریس خطا برای هر طبقه مجزا به دست می‌آید. خطای ارتکاب که برپایه صحت کاربر محاسبه می‌شود، معادل آن درصد از پیکسل‌هایی است که به طبقه مورد نظر متعلق نیستند اما طبقه‌بندی‌کننده آنها را جزء آن طبقه خاص در نظر گرفته است. خطای حذف به آن درصد از پیکسل‌هایی بازمی‌گردد که، در واقعیت، به طبقه مورد نظر مربوط است اما جزء طبقه‌های دیگر قرار می‌گیرد. یکی دیگر از پارامترهای صحت که از ماتریس خطا استخراج می‌شود، ضریب کاپا است. این ضریب صحت طبقه‌بندی را به نسبت یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند. یکی از معروف‌ترین برآوردهای کاپا با استفاده از عناصر ماتریس خطا براساس رابطه (۱) به دست می‌آید (Das & Angadi, 2020).

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r (X_{i+} X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (X_{i+} X_{+i})} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه، N تعداد کل مشاهده (مجموع نمونه‌های تصادفی نقطه‌ای مانند پیکسل‌های واقعیت زمینی)،  $X_{ii}$  مشاهدات در سطر  $i$ ام و ستون  $i$ ام،  $X_{i+}$  مجموع عناصر سطر  $i$ ام و  $X_{+i}$  مجموع عناصر ستون  $i$ ام است.

مقدار ضریب کاپا بین ۰ و ۱ متغیر است. مقدار صفر به این معنی است که طبقه‌بندی بدون هیچ ضابطه‌ای و کاملاً تصادفی انجام شده است. اما مقدار ۱ طبقه‌بندی کاملاً صحیح براساس نمونه‌های دریافت شده را نشان می‌دهد.

#### ۲-۵- شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی

شاخص طیفی NDVI برای مطالعه پوشش گیاهی، از لحاظ میزان کلروفیل موجود در آن، طراحی شده است. هرچه مقدار کلروفیل گیاه بیشتر باشد، شاخص NDVI

شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی و شاخص تفاضلی نرمال شده رطوبت برآورد شد. به منظور استخراج نقشه کاربری اراضی، از طبقه‌بندی تصاویر به روش طبقه‌بندی شده استفاده شد. در نهایت، نقشه کاربری اراضی استخراج و صحت آن اعتبارسنجی شد.

#### ۲-۴- استخراج نقشه کاربری اراضی

به منظور شناسایی عوارض روی تصاویر ماهواره‌ای، با استفاده از روش‌های ترکیب رنگی کاذب ۵۴۳، ۳۲۱ و ۷۵۳ به همراه بسط کنتراست، آشکارسازی انجام گرفت. پس از آشکارسازی تصاویر از روش طبقه‌بندی نظارت شده با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال طبقه‌بندی صورت گرفت. در طبقه‌بندی نظارت شده، مراحل شش‌گانه به شرح ذیل انجام گردید. ۱- تعیین نمونه‌های تعلیمی و رقومی کردن محدوده‌های آنها، ۲- استخراج نشان طیفی ویژه هریک از کاربری‌ها از طیف تصویر، ۳- بررسی قابلیت جداسازی نشان‌های طیفی کاربری‌ها و پوشش زمین، ۴- انتخاب یک طبقه‌بندی‌کننده، ۵- طبقه‌بندی تصویر، ۶- بررسی گزارش صحت طبقه‌بندی کاربری‌ها و تیپ پوششی روی تصویر شناسایی و طبقه‌بندی انجام شد.

به منظور ارزیابی صحت طبقه‌بندی، از مشاهدات صحرائی (سال ۲۰۱۸) و نرم‌افزار Google Earth (مربوط به سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۱) استفاده شد و برای هریک از طبقات کاربری اراضی و پوشش زمین، نمونه‌هایی واقعی از سطح منطقه به صورت تصادفی تهیه شد. پس از اجرای نمونه‌های واقعی روی تصویر، ماتریس خطای طبقه‌بندی استخراج شد. در این ماتریس، مشخصات آماری برای هریک از طبقات کاربری اراضی به دست آمد که شامل صحت تولیدکننده، صحت کاربر، صحت کل و شاخص کاپا می‌شود.

صحت تولیدکننده معادل نسبت پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به مجموع پیکسل‌های همان ستون و صحت کاربر معادل نسبت پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به مجموع پیکسل‌های همان ردیف

1. Omission
2. Commission

در گام سوم، کسری پوشش گیاهی<sup>۶</sup> با استفاده از رابطه (۵) به دست می‌آید. در این معادله از شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی استفاده می‌شود که طبق رابطه (۲) حاصل شده است (Rouse et al., 1974).

$$FVC = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \quad \text{رابطه (۵)}$$

در گام چهارم، ضریب انتشار سطح زمین<sup>۷</sup> یا گسیل مندی سطح  $\epsilon$  با استفاده از رابطه (۶) محاسبه می‌شود (Das & Angadi, 2020).

$$\epsilon = 0.004 FVC + 0.986 \quad \text{رابطه (۶)}$$

در نهایت، دمای سطح زمین با رابطه (۷) برآورد می‌شود (Das & Angadi, 2020).

$$LST = \frac{BT}{1 + \lambda \left( \frac{BT}{P} \times \ln \epsilon \right)} \quad \text{رابطه (۷)}$$

در این رابطه، LST دمای سطح زمین برحسب درجه کلوین،  $\lambda$  طول موج رادیانس ساطع شده، P معادل ۱۴۳۸۰ و  $\epsilon$  گسیل مندی سطح است.

به منظور تبدیل درجه حرارت کلوین به درجه سلسیوس، رابطه (۸) به کار می‌رود.

$$TC = LST - 273.15 \quad \text{رابطه (۸)}$$

## ۲-۷- شاخص تفاضلی نرمال شده رطوبت

شاخص NDMI بازتاب دهنده رطوبت سطح اراضی همراه با پوشش گیاهی، خاک و آب است. مقادیر این شاخص در محدوده ۱- و ۱+ قرار دارد و مقادیر بیشتر این شاخص رطوبت بیشتر را نشان می‌دهند، مانند مناطق آبی یا پوشش گیاهی و مقادیر کمتر نیز نشان دهنده مناطق دارای رطوبت کمتر، مانند خاک لخت و ساختمان‌هاست. این شاخص طبق رابطه (۹) به دست می‌آید (Wilson & Sader, 2002).

$$NDMI = \frac{NIR - MIR}{NIR + MIR} \quad \text{رابطه (۹)}$$

نیز افزایش پیدا می‌کند. بازه مقادیر در این شاخص بین ۱- و ۱+ متغیر است.

شاخص NDVI با استفاده از رابطه (۲) به دست می‌آید (Townshend & Justice, 2007).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه، NIR مقدار مادون قرمز نزدیک برای هر پیکسل در تصویر و RED مقدار باند قرمز برای هر پیکسل در تصویر است.

## ۲-۶- برآورد دمای سطح زمین

به منظور تصحیح رادیومتریک، برای تبدیل ارزش رقومی تصویر<sup>۱</sup> به تابش طیفی ( $L\lambda$ )<sup>۲</sup> مربوط به باندهای اپتیک و میزان دمای روشنایی برای باندهای حرارتی، از رابطه (۳) استفاده شد.

$$L\lambda = Lmin + \left( \frac{Lmax - Lmin}{255} \right) \times DN \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این معادله،  $Lmin$  و  $Lmax$  ثابت‌های کالیبراسیون<sup>۳</sup> یا مقادیر حداکثر و حداقل رادیانس باند حرارتی سنجنده‌اند که این مقادیر در فایل هدر ماهواره<sup>۴</sup> موجود است.

گام بعدی تبدیل رادیانس طیفی به دمای جسم سیاه است و از معادله پلانک (رابطه (۴)) برای تبدیل مقادیر تابش طیفی به دمای جسم سیاه یا دمای روشنایی<sup>۵</sup> استفاده می‌شود (Das & Angadi, 2020).

$$TB = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$K_1$  ثابت تبدیل حرارتی اول و  $K_2$  ثابت تبدیل حرارتی دوم در باندهای حرارتی مربوط به هر سنجنده ماهواره<sup>۶</sup> لندست، طبق جدول ۲ است.

جدول ۲. مقدار ثابت باندهای حرارتی سنجنده‌های

ماهواره لندست		
سنجنده	$K_1$	$K_2$
TM	۶۰۷/۷۶	۱۲۶۰/۵۶
OLI	۷۷۴/۸۸۵۳	۱۳۲۱/۰۷۸۹

منبع: (Das & Angadi, 2020)

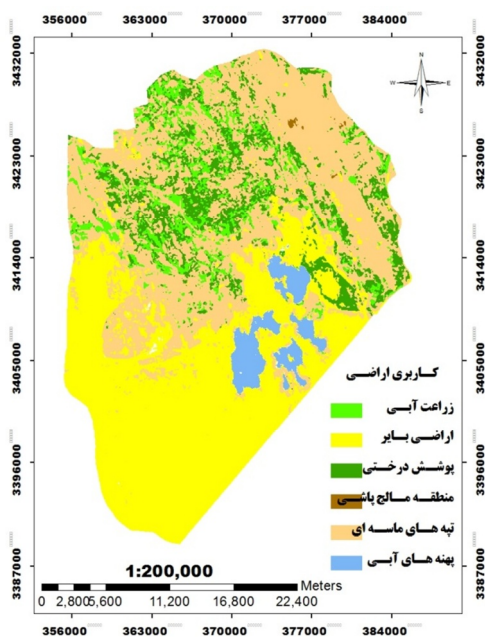
- Digital Number (DN)
- Spectral Radiances
- Calibration Constants
- Metadata
- Brightness Temperature (BT)
- Fractional Vegetation Cover (FVC)
- Land Surface Emissivity (LSE)

به روش طبقه‌بندی نظارت‌شده و حداکثر احتمال، در بازه زمانی سی ساله برای سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۸ تهیه شد؛ بنابراین، شش کلاس کاربری اراضی شامل زراعت آبی، اراضی بایر، پوشش درختی، منطقه ماسه‌ای، تپه‌های ماسه‌ای و پهنه‌های آبی استخراج شد.

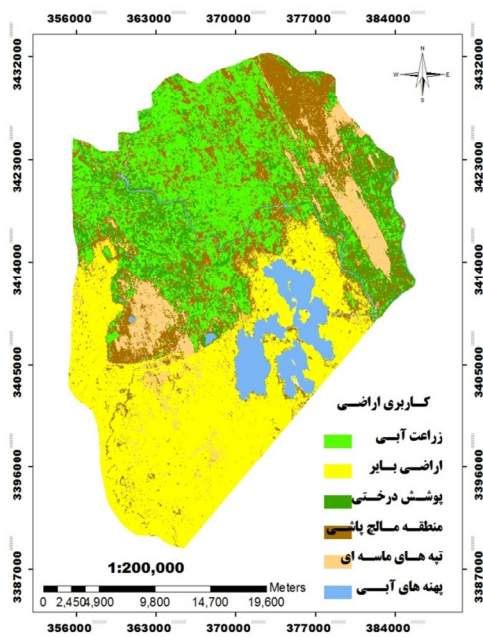
در این رابطه، NIR مقدار مادون قرمز نزدیک برای هر پیکسل در تصویر و MIR مقدار باند مادون قرمز موج کوتاه برای هر پیکسل در تصویر است.

### ۳- نتایج و بحث

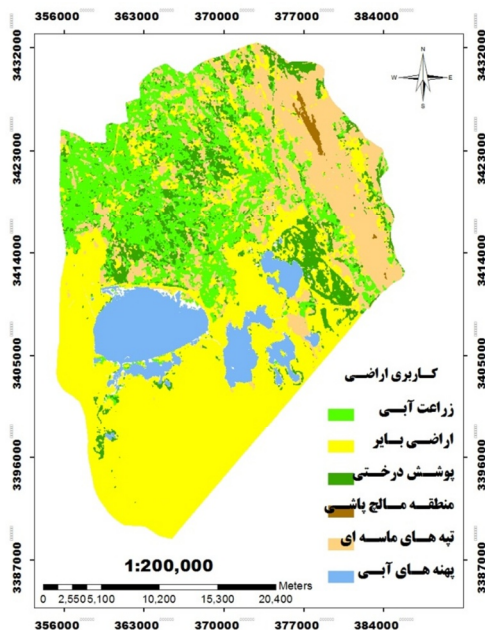
۳-۱- نقشه کاربری اراضی و ارزیابی صحت طبقه‌بندی  
براساس شکل‌های ۲، ۳ و ۴، نقشه‌های کاربری اراضی



شکل ۳. نقشه کاربری اراضی در سال ۲۰۰۱



شکل ۲. نقشه کاربری اراضی در سال ۱۹۸۷



شکل ۴. نقشه کاربری اراضی در سال ۲۰۱۸

جدول ۳ مساحت هریک از کاربری‌های اراضی در سال‌های مورد بررسی و میزان تغییرات کاربری‌ها در این سال‌ها را نشان می‌دهد. جاری‌نشدن آب در رودخانه هیرمند، وقوع خشکسالی هیدرولوژیکی و وزش بادهای فرساینده، از جمله بادهای ۱۲۰ روزه که در فصل خشک در منطقه مورد مطالعه می‌وزد، از مهم‌ترین عوامل در تخریب خاک، تضعیف پوشش گیاهی و تغییر در کاربری اراضی به‌شمار می‌رود. در بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۱، این تغییرات رخ داد: پهنه‌های آبی از ۶/۱۷٪ (۳۲۵۴/۲۲ هکتار)، به ۳/۶۸٪ (۱۹۵۸۳/۹۸ هکتار)، زراعت آبی از ۲۲/۱۷٪ (۲۹۷۶۹/۴۵ هکتار) به ۶/۸۹٪ (۹۸۳۶/۳۲ هکتار)، پوشش درختی از ۱۱/۱۴٪ (۹۱۶۲/۳ هکتار) به ۱۰/۳۷٪ (۱۷۲۳۸/۷۸ هکتار)، منطقه مالچ‌پاشی نیز از ۱۹/۵۱٪ (۲۹۷۶۹/۴۵ هکتار) به ۰/۴۵٪ (۳۹۳/۸۵ هکتار)، و اراضی بایر نیز از ۳۹/۱۷٪ (۳۶۸۹۴/۴۷ هکتار) به ۴۱/۷۶٪ (۱۶۹۲۶/۶ هکتار) تبدیل شده که تغییر چشمگیری نداشته است. در راستای انجام‌شدن عملیات اصلاح و احیای پوشش گیاهی در اراضی مستعد، در منطقه مورد مطالعه، کاربری اراضی تپه‌های ماسه‌ای از ۳۹/۸٪ (۳۶۸۹۴/۴۷ هکتار) به ۱۹/۱۶٪ (۱۶۹۲۶/۶ هکتار) رسیده است که روندی کاهشی را نشان می‌دهد.

جدول ۳ مساحت هریک از کاربری‌های اراضی در سال‌های مورد بررسی و میزان تغییرات کاربری‌ها در این سال‌ها را نشان می‌دهد. جاری‌نشدن آب در رودخانه هیرمند، وقوع خشکسالی هیدرولوژیکی و وزش بادهای فرساینده، از جمله بادهای ۱۲۰ روزه که در فصل خشک در منطقه مورد مطالعه می‌وزد، از مهم‌ترین عوامل در تخریب خاک، تضعیف پوشش گیاهی و تغییر در کاربری اراضی به‌شمار می‌رود. در بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۱، این تغییرات رخ داد: پهنه‌های آبی از ۶/۱۷٪ (۳۲۵۴/۲۲ هکتار)، به ۳/۶۸٪ (۱۹۵۸۳/۹۸ هکتار)، زراعت آبی از ۲۲/۱۷٪ (۲۹۷۶۹/۴۵ هکتار) به ۶/۸۹٪ (۹۸۳۶/۳۲ هکتار)، پوشش درختی از ۱۱/۱۴٪ (۹۱۶۲/۳ هکتار) به ۱۰/۳۷٪ (۱۷۲۳۸/۷۸ هکتار)، منطقه مالچ‌پاشی نیز از ۱۹/۵۱٪ (۲۹۷۶۹/۴۵ هکتار) به ۰/۴۵٪ (۳۹۳/۸۵ هکتار)، و اراضی بایر نیز از ۳۹/۱۷٪ (۳۶۸۹۴/۴۷ هکتار) به ۴۱/۷۶٪ (۱۶۹۲۶/۶ هکتار) تبدیل شده که تغییر چشمگیری نداشته است. در راستای انجام‌شدن عملیات اصلاح و احیای پوشش گیاهی در اراضی مستعد، در منطقه مورد مطالعه، کاربری اراضی تپه‌های ماسه‌ای از ۳۹/۸٪ (۳۶۸۹۴/۴۷ هکتار) به ۱۹/۱۶٪ (۱۶۹۲۶/۶ هکتار) رسیده است که روندی کاهشی را نشان می‌دهد.

جدول ۳. مساحت و درصد اختصاص‌یافته به هر طبقه کاربری اراضی در سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۸

کاربری اراضی	سال ۱۹۸۷		سال ۲۰۰۱		سال ۲۰۱۸	
	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)	مساحت (هکتار)	مساحت (درصد)
زراعت آبی	۱۹۵۸۳/۹۸	۲۲/۱۷	۶۰۸۴/۳	۶/۸۹	۱۶۸۷۶/۲۶	۱۹/۱
اراضی بایر	۲۹۷۶۹/۴۵	۳۳/۷	۳۴۶۰۵/۲۲	۳۹/۱۷	۳۶۸۹۴/۴۷	۴۱/۷۶
پوشش درختی	۹۸۳۶/۳۲	۱۱/۱۴	۹۱۶۲/۳	۱۰/۳۷	۸۶۲۳/۴۵	۹/۷۶
منطقه مالچ‌پاشی	۱۷۲۳۸/۷۸	۱۹/۵۱	۷۵/۶	۰/۰۹	۳۹۳/۸۵	۰/۴۵
تپه‌های ماسه‌ای	۶۴۶۲/۵۴	۷/۳۱	۳۵۱۶۲/۳۶	۳۹/۸	۱۶۹۲۶/۶	۱۹/۱۶
پهنه‌های آبی	۵۴۵۲/۹۳	۶/۱۷	۳۲۵۴/۲۲	۳/۶۸	۸۶۲۹/۳۷	۹/۷۷

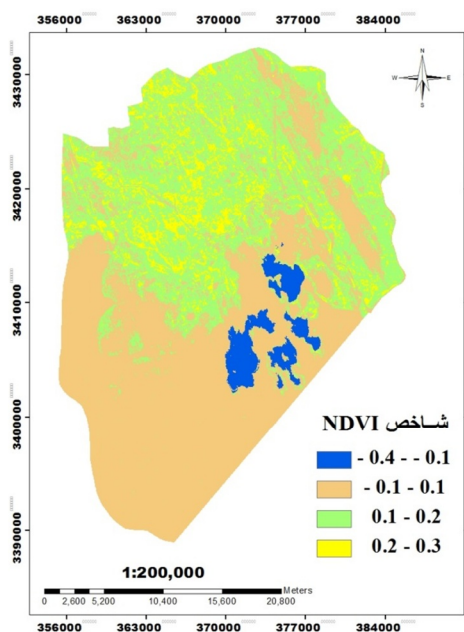
جدول ۵. صحت کل طبقه‌بندی نقشه کاربری اراضی و پوشش زمین در سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۸

کاربری اراضی	سال ۱۹۸۷		سال ۲۰۰۱		سال ۲۰۱۸	
	صحت کاربر	صحت تولیدکننده	صحت کاربر	صحت تولیدکننده	صحت کاربر	صحت تولیدکننده
زراعت آبی	۰/۹۷۷	۰/۸۹۶	۰/۹۷۳	۰/۹۷۳	۰/۹۱۹	۱
اراضی بایر	۰/۹۶۳	۰/۹۲۸	۱	۰/۸۶۲	۰/۹۸۷	۰/۷۳۱
پوشش درختی	۰/۶۶۶	۱	۱	۰/۹۰۹	۰/۷۷۲	۰/۹۷۱
منطقه مالچ‌پاشی	۰/۹۴۴	۰/۸۰۹	۱	۱	۰/۹۵۴	۱
تپه‌های ماسه‌ای	۰/۸۳۷	۰/۹۶۳	۱	۰/۸۸۲	۰/۵۸۲	۰/۹۱۹
پهنه‌های آبی	۱	۰/۹۲۷	۱	۰/۹۷۵	۱	۰/۹۴۶

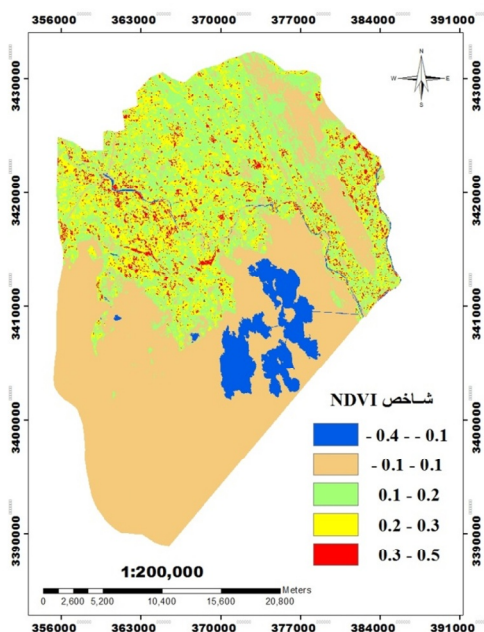


مقادیر ۰/۱ تا ۰/۲ به مناطق بایر اشاره دارد و مقادیر بین ۰/۲ تا ۰/۳ عرصه‌های دارای پوشش‌های تنک گیاهی و مقادیر ۰/۳ تا ۰/۵ مناطق دارای پوشش گیاهی متوسط را شامل می‌شود. مقادیر بیشتر از ۰/۵ نیز نشان‌دهنده پوشش گیاهی متراکم در منطقه مورد مطالعه است.

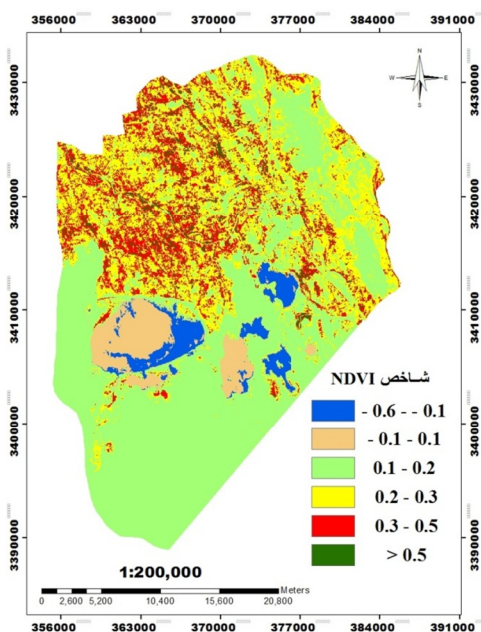
۲-۳ تغییرات شاخص پوشش گیاهی شکل‌های ۵، ۶ و ۷ نقشه‌های حاصل از محاسبه شاخص NDVI در کاربری‌های اراضی و میزان تغییرات آن را نشان می‌دهد. در این مطالعه، مقادیر بین ۰/۴- تا ۰/۱- به نواحی مرطوب و دارای آب، مقادیر ۰/۱- تا ۰/۱- به مناطق دست‌ساخت، پوشش سنگی و ماسه‌ای و



شکل ۶. نقشه شاخص پوشش گیاهی در سال ۲۰۰۱



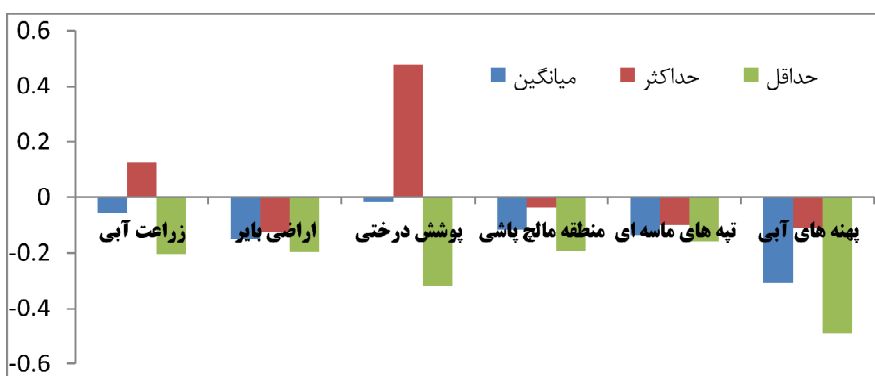
شکل ۵. نقشه شاخص پوشش گیاهی در سال ۱۹۸۷



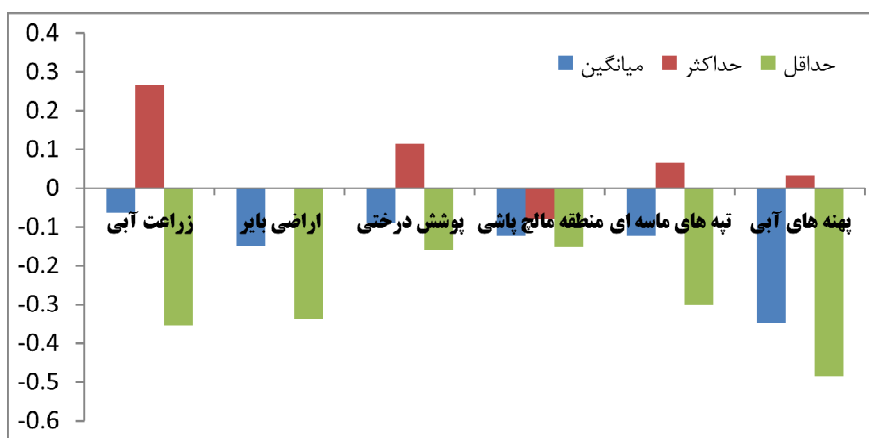
شکل ۷. نقشه شاخص پوشش گیاهی ۲۰۱۸

نیز بسیار کند بوده است زیرا میانگین شاخص پوشش گیاهی، در تمامی کاربری‌ها، اعداد منفی را نشان می‌دهد. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته، عرصه‌ها در هر کاربری تحت تأثیر محیط‌های آبی در منطقه مورد مطالعه قرار گرفته‌اند تا آثار سوء ناشی از خشکسالی هیدرولوژیکی در کاربری‌های اراضی را کاهش دهند. در فصل بهار که رودخانه سیستان پرآب است، برای حداکثر استفاده از سیلاب‌های موقتی برنامه‌ریزی می‌شود تا پوشش گیاهی احیا و عرصه‌های فرسایش پذیر تثبیت شوند. همچنین، با اعمال مدیریت صحیح به منظور بهره‌برداری بهینه و مطلوب از منابع آبی چاه‌نیمه‌ها و رودخانه سیستان در تمامی کاربری‌ها، پخش آب به صورت ثقلی و یا پمپاژ صورت می‌گیرد (Comprehensive consulting engineers of iran, 2004).

طبق شکل‌های ۸، ۹ و ۱۰، در سال ۱۹۸۷ حداقل شاخص پوشش گیاهی ۰/۴۸- به کاربری پهنه‌های آبی اختصاص داشته و حداکثر مقدار ۰/۴۷ شامل کاربری پوشش درختی می‌شده است. در سال ۲۰۰۱، حداقل شاخص پوشش گیاهی ۰/۴۸- شامل کاربری پهنه‌های آبی و حداکثر ۰/۲۶ دربرگیرنده کاربری زراعت آبی بوده است. در سال ۲۰۱۸، حداقل شاخص پوشش گیاهی ۰/۰۶- به کاربری پهنه‌های آبی مربوط می‌شود و حداکثر مقدار ۰/۵۴ کاربری زراعت آبی را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج، به دلیل خشکسالی‌های هیدرولوژیکی، پس از سال ۱۹۸۷ پوشش درختی (شامل باغات و مناطق جنگل کاری شده) سیر نزولی داشته؛ به طوری که با رفع تدریجی خشکسالی‌ها و به علت پاسخ تأخیری پوشش درختی به تغییر رژیم رطوبتی خاک، روند احیای این کاربری در سال‌های بعد

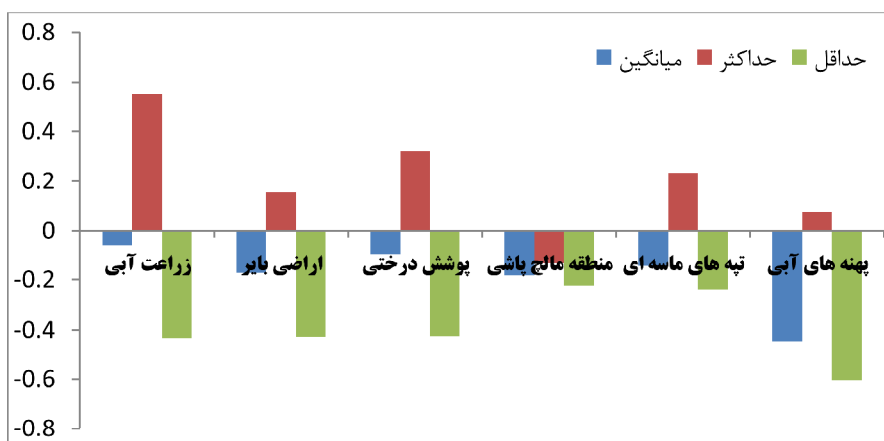


شکل ۸. آماره‌های شاخص پوشش گیاهی، سال ۱۹۸۷



شکل ۹. آماره‌های شاخص پوشش گیاهی، سال ۲۰۰۱

بررسی رابطه دمای سطح زمین با پوشش گیاهی و رطوبت سطحی در ...



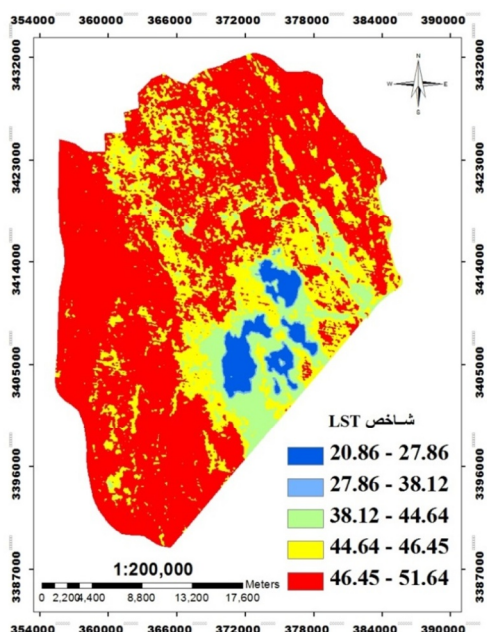
شکل ۱۰. آماره‌های شاخص پوشش گیاهی، سال ۲۰۱۸

۳-۳- تغییرات دمای سطح زمین

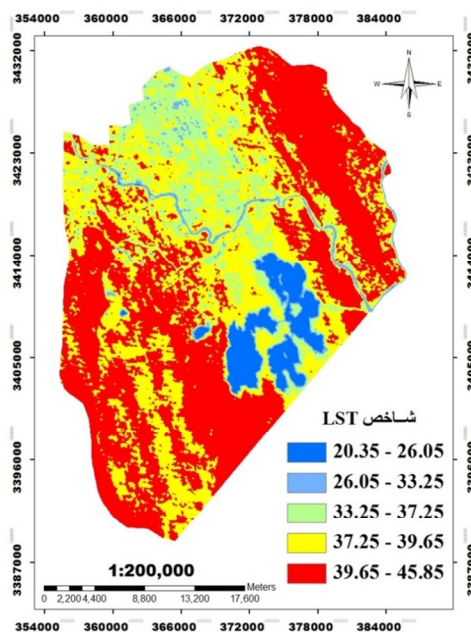
متعلق به کاربری پهنه‌های آبی و حداکثر آن نیز ۵۱/۶۴ بوده که به کاربری زراعت آبی اختصاص داشته است. شایان ذکر است، به دلیل تنگ‌بودن پوشش گیاهی در کاربری زراعت آبی، خاک سطحی دارای پوشش گیاهی مؤثر نیست و بنابراین، دمای سطح زمین در این کاربری افزایش داشته است. در سال ۲۰۱۸ حداقل دمای سطح زمین ۲۳/۰۳ بوده که شامل پهنه‌های آبی می‌شده است و حداکثر آن برابر با ۴۹/۷۴ در کاربری‌های تپه‌های شنی مشاهده شده است.

دمای سطح زمین با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا محاسبه شد. شکل‌های ۱۱، ۱۲ و ۱۳ نقشه‌های حاصل از محاسبه دمای سطح زمین، طی سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۸ را نشان می‌دهد.

طبق شکل‌های ۱۴، ۱۵ و ۱۶، در سال ۱۹۸۷ حداقل دمای سطح زمین ۲۰/۳۵ بوده که به کاربری‌های اراضی پهنه‌های آبی برمی‌گردد و حداکثر مقدار آن در مناطق مالچ‌پاشی و برابر با ۴۵/۸۵ بوده است. در سال ۲۰۰۱، حداقل دمای سطح زمین ۲۰/۸۶ و

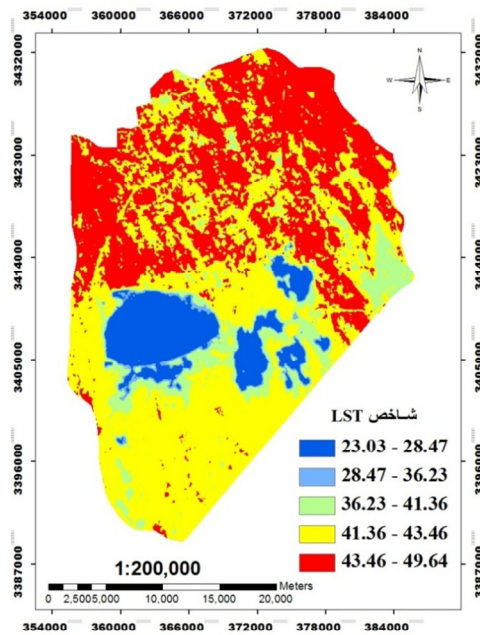


شکل ۱۲. نقشه دمای سطح زمین، سال ۲۰۰۱



شکل ۱۱. نقشه دمای سطح زمین، سال ۱۹۸۷

زهره هاشمی و همکاران



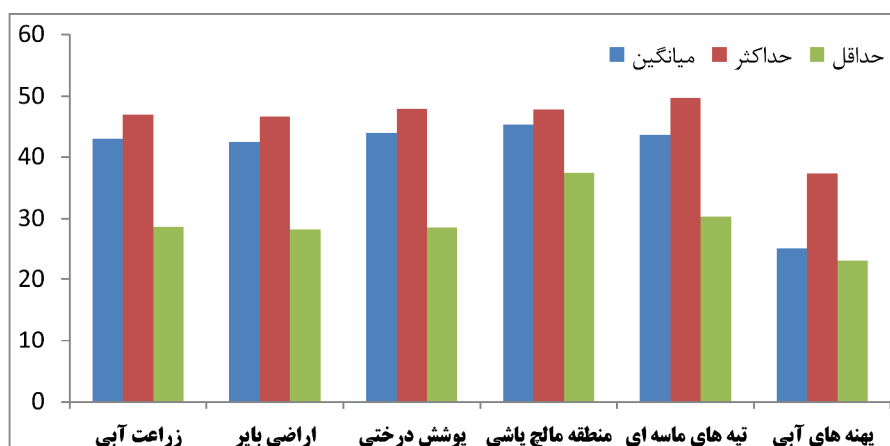
شکل ۱۳. نقشه دمای سطح زمین، سال ۲۰۱۸



شکل ۱۴. آماره های دمای سطح زمین در سال ۱۹۸۷



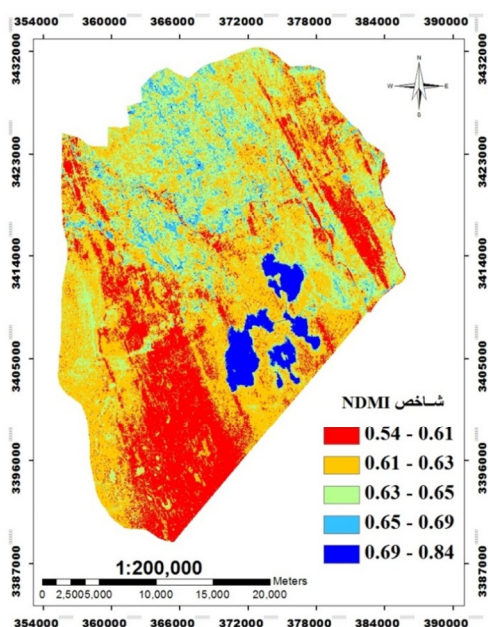
شکل ۱۵. آماره های دمای سطح زمین در سال ۲۰۰۱



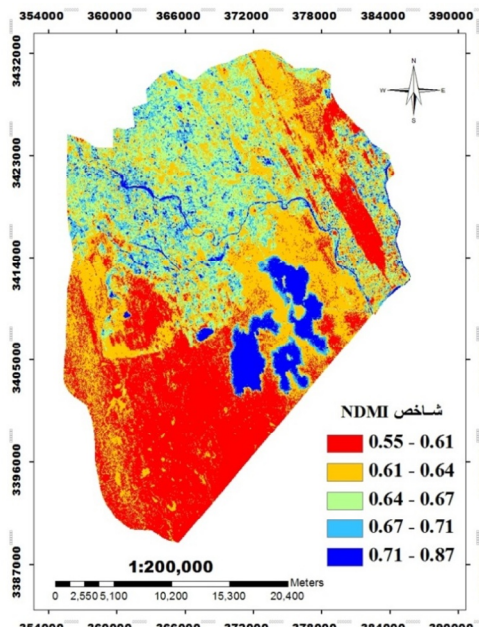
شکل ۱۶. آماره‌های دمای سطح زمین در سال ۲۰۱۸

بوده و حداکثر آن نیز ۰/۸۵، مربوط به پوشش درختی بوده است. در سال ۲۰۰۱، حداقل رطوبت ۰/۵۴ و حداکثر آن ۰/۷۸ بوده که به ترتیب شامل اراضی بایر و زراعت آبی می‌شده است. در سال ۲۰۱۸، حداقل رطوبت ۰/۴۶ و حداکثر آن برابر با ۰/۸۱ بوده که به ترتیب به تپه‌های ماسه‌ای و زراعت آبی تعلق داشته است.

۳-۴- تغییرات شاخص تفاضلی نرمال شده رطوبت شکل‌های ۱۷، ۱۸ و ۱۹ نقشه‌های حاصل از محاسبه شاخص تفاضلی نرمال شده رطوبت را نشان می‌دهد. مقادیر بیشتر از ۰/۶ مناطق مرطوب را دربر می‌گیرد. براساس شکل‌های ۲۰، ۲۱ و ۲۲ در سال ۱۹۸۷ حداقل رطوبت ۰/۵۵ و مربوط به کاربری مناطق مالچ‌پاشی

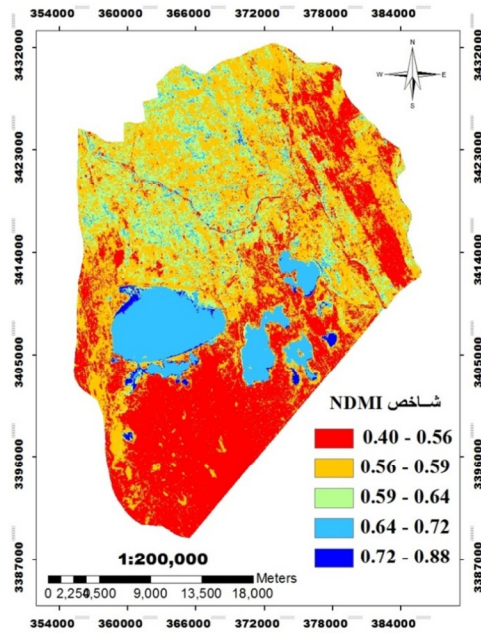


شکل ۱۸. نقشه شاخص رطوبت در سال ۲۰۰۱

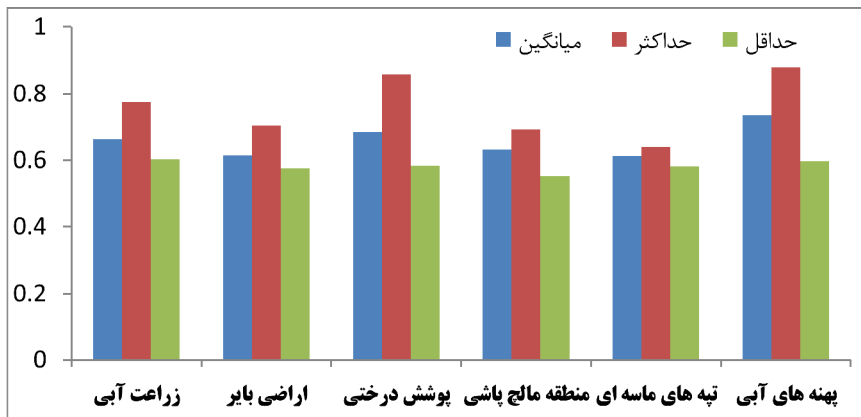


شکل ۱۷. نقشه شاخص رطوبت در سال ۱۹۸۷

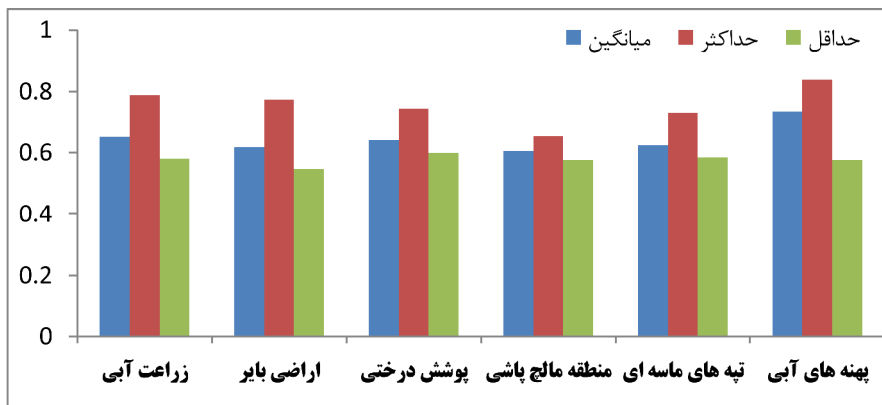
زهره هاشمی و همکاران



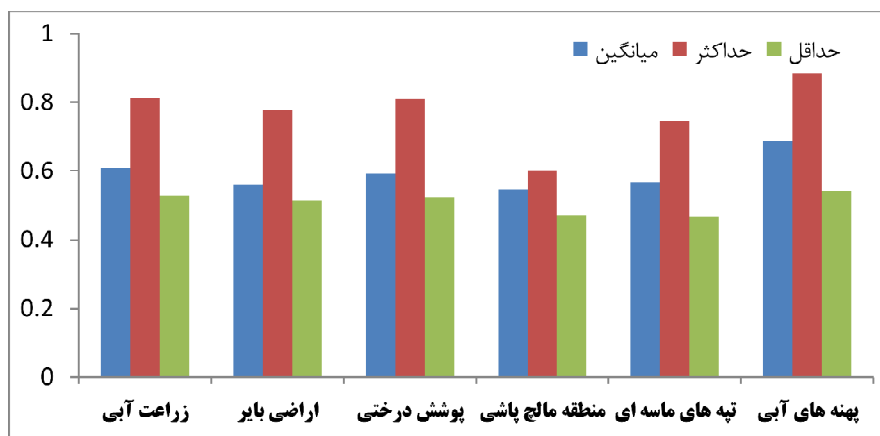
شکل ۱۹. نقشه شاخص رطوبت در سال ۲۰۱۸



شکل ۲۰. آماره‌های شاخص رطوبت در سال ۱۹۸۷



شکل ۲۱. آماره‌های شاخص رطوبت در سال ۲۰۰۱



شکل ۲۲. آماره‌های شاخص رطوبت در سال ۲۰۱۸

### ۳-۵- رابطه بین دمای سطح زمین و شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی

نتایج تحلیل رگرسیون بین LST و NDVI در مورد منطقه یادشده و طی سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۸ در شکل‌های ۲۳، ۲۴ و ۲۵ نشان داده شده است. چنانکه مشاهده می‌شود، رابطه همبستگی بین دو شاخص LST و NDVI، طبق عدد  $R^2$  و تابع به دست آمده، در سطح احتمال ( $p < 0.01$ ) معنی‌دار است؛ به طوری که بخش پایین نمودار به نقاط حاصل از پهنه‌های آبی مربوط است که همبستگی مثبت دارد.

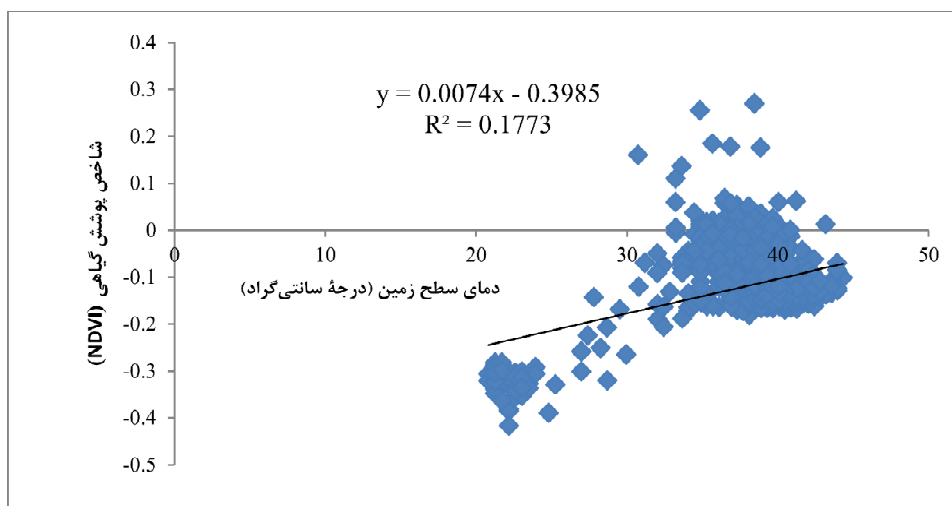
با توجه به جدول ۶، میانگین تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی طی سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۸ دارای مقادیر منفی است زیرا بستر منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر رطوبت ناشی از وقوع سیلاب‌های موقتی فصل بهار قرار گرفته (Comprehensive consulting engineers of Iran, 2004) و بدین ترتیب میانگین رطوبت سطحی خاک، طی سال‌های مورد اشاره، کاهش یافته است. میانگین دمای سطح زمین در این منطقه نیز زیاد است؛ به این دلیل که عامل حفاظتی مطلوب، از جمله پوشش گیاهی مناسب، وجود ندارد و جذب انرژی تابشی به بیشترین میزان می‌رسد.

جدول ۶. آماره‌های شاخص تفاضلی پوشش گیاهی نرمال شده، شاخص اختلاف رطوبت نرمال شده و دمای سطح زمین

سال بررسی	شاخص	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
سال ۱۹۸۷	تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI)	-۰/۴۸	۰/۴۷	-۰/۱۱	۰/۰۷۶
	شاخص تفاضلی نرمال شده رطوبت (NDMI)	۰/۵۵	۰/۸۸	۰/۶۴	۰/۰۳۷
	دمای سطح زمین (LST)	۲۰/۳۶	۴۵/۸۵	۳۸/۱۳	۴/۳۹
	تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI)	-۰/۴۸	۰/۲۶	-۰/۱۳	۰/۰۵۳
سال ۲۰۰۱	شاخص تفاضلی نرمال شده رطوبت (NDMI)	۰/۵۴	۰/۸۴	۰/۶۳	۰/۰۲۵
	دمای سطح زمین (LST)	۲۰/۸۶	۵۱/۶۴	۴۵/۷۳	۴/۶۱
	تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI)	-۰/۰۶	۰/۵۵	-۰/۱۶	۰/۱۱
	شاخص تفاضلی نرمال شده رطوبت (NDMI)	۰/۰۴	۰/۸۸	۰/۵۸	۰/۰۴۴
سال ۲۰۱۸	دمای سطح زمین (LST)	۲۳/۰۳	۴۹/۷۴	۴۱/۱۴	۵/۶

البته این موضوع برای منطقه مورد مطالعه صدق نمی‌کند. (Ghorbannia kheybari et al (2017)، در مورد کاربری مرتع، رابطه بین دمای سطح زمین و شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی را دارای همبستگی مثبت بیان کردند و فقدان تأثیرگذاری پوشش گیاهی در کاهش دمای سطح زمین را نشان دادند که با نتایج حاصل از تحقیق حاضر مطابقت دارد. همچنین Khorchani et al (2018) و (Weng et al (2004) در پژوهش‌های خود نشان دادند دمای سطح زمین با شاخص پوشش گیاهی، طی بهار و تابستان، در مقیاس یک سال رابطه‌ای مثبت دارد. طبق نتایج مطالعات (Zhang et al (2016), Yue et al (2007), Hereher (2017), Kaviani et al (2013) رابطه بین LST و NDVI منفی به دست آمده است که با نتایج مطالعه حاضر تطابق ندارد.

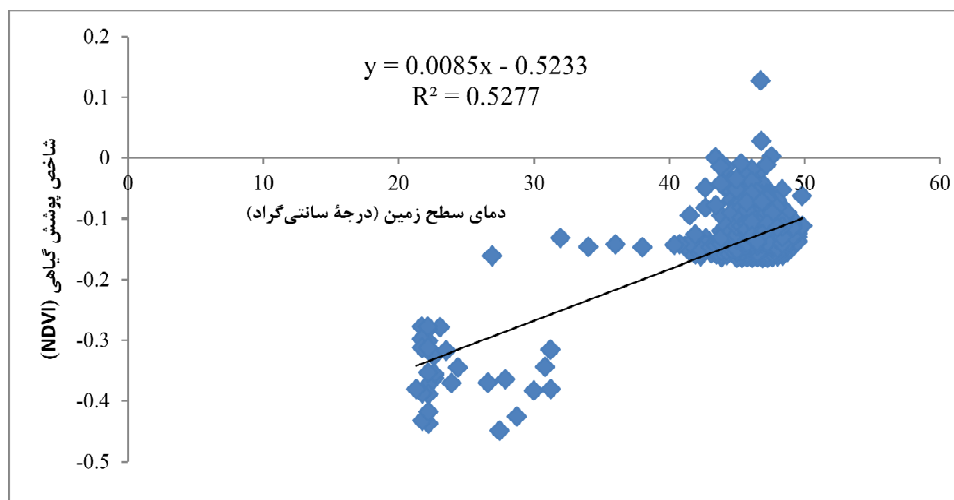
بخش میانی در نمودارها به نقاط کاربری‌های فاقد پوشش گیاهی بازمی‌گردد. بخش بالایی آن نیز که نشان‌دهنده نقاط به صورت توده‌ای است، شامل کاربری دارای پوشش گیاهی می‌شود. با حذف نقاط منفی که پهنه‌های آبی را دربر می‌گیرد، می‌توان نتیجه گرفت که بین شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی و دمای سطح زمین، همبستگی وجود ندارد. این موضوع نشان می‌دهد، در منطقه مورد مطالعه، پوشش گیاهی موجود کارایی مؤثری در کاهش دمای سطح زمین ندارد. در برخی کاربری‌ها و پوشش‌های زمین، رابطه‌ای منفی بین LST و NDVI وجود دارد؛ بدین صورت که افزایش NDVI ممکن است به افزایش میزان تبخیر و تعرق منجر شود (Yue et al., 2007). تبخیر بالا سبب می‌شود مقداری از انرژی حرارتی خاک به صورت گرمای نهان تبخیر از خاک به جو انتقال یابد و در نتیجه، دمای سطح خاک مرطوب پایین باشد (Alavipanah, 2018).



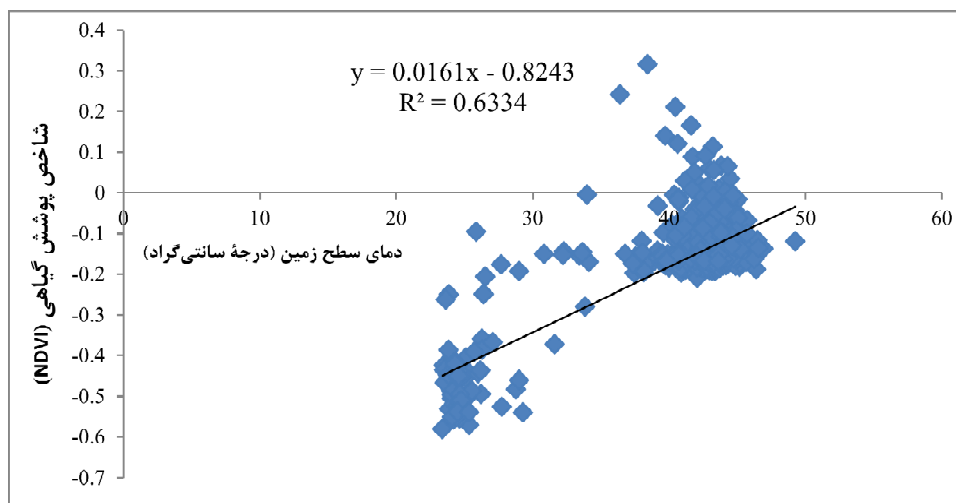
شکل ۲۳. همبستگی دمای سطح زمین و شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی، سال ۱۹۸۷



بررسی رابطه دمای سطح زمین با پوشش گیاهی و رطوبت سطحی در ...



شکل ۲۴. همبستگی دمای سطح زمین و شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی، سال ۲۰۰۱



شکل ۲۵. همبستگی دمای سطح زمین و شاخص تفاضلی نرمال‌شده پوشش گیاهی، سال ۲۰۱۸

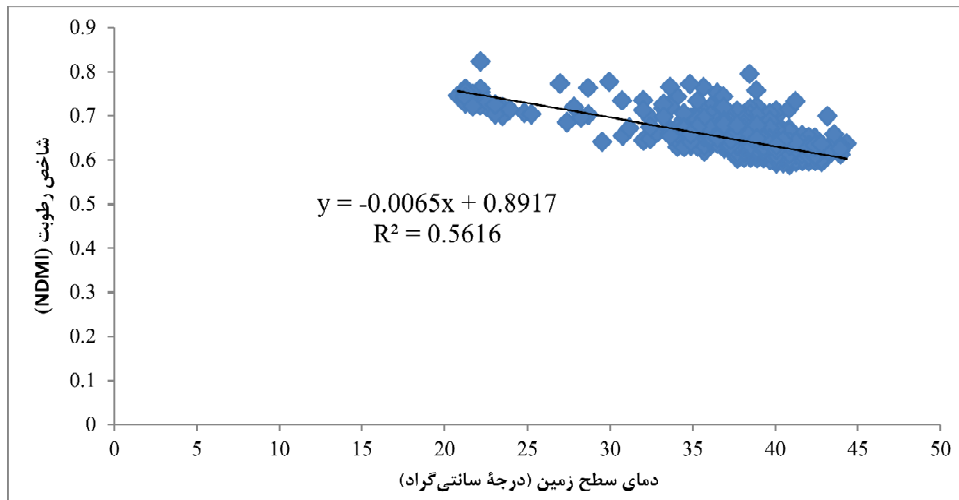
### ۳-۶- رابطه بین دمای سطح زمین و شاخص

#### نرمال‌شده تفاضل رطوبت

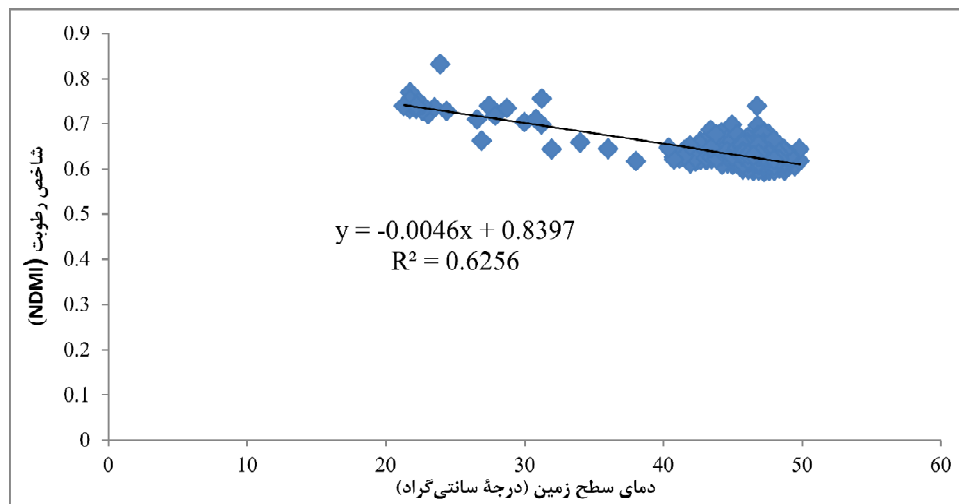
دارای رطوبت سطحی اندک، دمای سطح زمین بیشتر از مناطق دارای رطوبت سطحی زیاد است. این نتایج با موارد به‌دست‌آمده در پژوهش‌های دیگر (Vali et al., 2019; Khazaei et al., 2017; Das & Angadi, 2020) مشابهت بسیاری دارد.

تجزیه و تحلیل رگرسیونی بین دمای سطح زمین و شاخص تفاضلی نرمال‌شده رطوبت طی سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۸ در شکل‌های ۲۶، ۲۷ و ۲۸ نشان داده شده است. همبستگی بین شاخص LST و NDVI در سطح احتمال (p < 0/01) معنی‌دار و دارای همبستگی معکوس و منفی است؛ به طوری که در مناطق

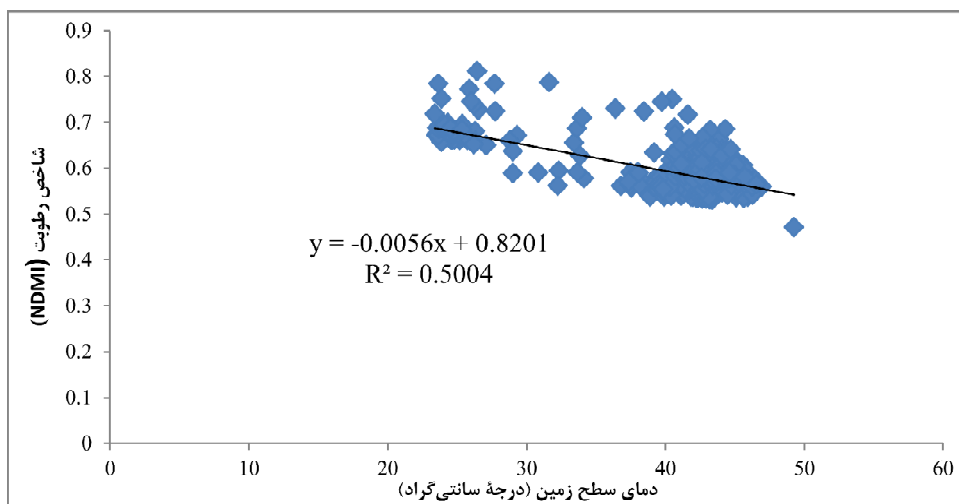
زهره هاشمی و همکاران



شکل ۲۶. همبستگی دمای سطح زمین و شاخص تفاضلی نرمال‌شده رطوبت در سال ۱۹۸۷



شکل ۲۷. همبستگی دمای سطح زمین و شاخص تفاضلی نرمال‌شده رطوبت در سال ۲۰۰۱



شکل ۲۸. همبستگی دمای سطح زمین و شاخص تفاضلی نرمال‌شده رطوبت در سال ۲۰۱۸

#### ۴- نتیجه گیری

کاربری زراعت آبی نیز مؤثر بوده است. به علت رهاسدن بخشی از اراضی در کاربری زراعت آبی، این اراضی در فصل مساعد تحت کشت قرار نمی گیرد؛ در نتیجه، پوشش گیاهی ضعیف در این منطقه، در کاهش دمای سطح زمین و آثار سوء ناشی از افزایش مقدار تعرق گیاه و تبخیر آب از سطح زمین، نقش مؤثری ندارد.

نتایج تحقیق پیش رو حاکی از آن است که در منطقه مورد مطالعه، دمای سطح زمین تحت تأثیر میزان پوشش گیاهی قرار ندارد اما با رطوبت سطحی خاک در کاربری های اراضی مرتبط است. توجه به این نکته اهمیت دارد که دمای سطح زمین با شرایط جوی بالای سطح زمین مانند دمای هوا، سرعت باد، میزان تابش، رطوبت هوا و رطوبت سطح و نیز با شاخص های سطحی مانند آلبدو، توان تشعشعی و پستی و بلندی در ارتباط است (Wan et al., 1999). در این بررسی، بین شاخص های LST و NDVI ارتباطی دیده نشد اما رابطه بین LST و NDMI منفی به دست آمد. عوامل گوناگونی در نوع و شکل این رابطه اثرگذار است که از آنها می توان به نوع کاربری اراضی و پوشش زمین، مقدار پوشش گیاهی، فصل سال و زمان روز، نوع اکوسیستم، عرض جغرافیایی و عوامل محدودکننده و محرک رشد پوشش گیاهی، همانند مقدار آب و انرژی خورشیدی، اشاره کرد (Ghorbnnia kheybari et al., 2017). تأثیر نداشتن پوشش گیاهی در کاهش دمای سطح زمین، در منطقه زهک دشت سیستان، ناشی از فقدان پوشش گیاهی کافی و مناسب آن منطقه است. با توجه به اینکه بسیاری از مطالعات رابطه منفی را بین دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی نشان می دهد؛ این رابطه منفی بیانگر نقش تبخیر سطحی پوشش گیاهی در کاهش دماست (Alavipanah, 2018) اما قرار گرفتن منطقه مورد مطالعه در اقلیم خشک و حاکمیت عوامل اقلیمی همچون افزایش دمای محیط و بادهای شدید موسمی، از جمله بادهای ۱۲۰ روزه سیستان که از اواخر اردیبهشت تا اواخر شهریور در منطقه می وزد، همچنین خشکسالی های هیدرولوژیکی ناشی از جاری نشدن آب در رودخانه هیرمند، به ویژه تأثیر هم زمان همه این عوامل، تأثیر منفی در رشد و زادآوری پوشش گیاهی داشته است. البته ایجاد محدودیت هایی در زمینه

#### ۵- منابع

- Agam, N., Kustas, W.P., Anderson, M.C., Li, F., Neale, C.M.U., 2007, **A Vegetation Index Based Technique for Spatial Sharpening of Thermal Imagery**, Remote Sensing Environment, 107: 545-558.
- Alavipanah, S. K., 2018, **Thermal Remote Sensing and its Application in the Earth Sciences**, University of Tehran Press, Tehran.
- Chi, Y., Sun, J., Sun, Y., Liu, S., Fu, Z., 2020, **Multi-Temporal Characterization of Land Surface Temperature and its Relationships with Normalized Difference Vegetation Index and Soil Moisture Content in the Yellow River Delta, China**, Global Ecology and Conservation, 23: 1-16.
- Comprehensive Consulting Engineers of Iran, 2004, Comprehensive Studies on Desertification and Coping with Wind Erosion in Sistan plain- Surface Water Resources (Hydrology)**, Forests, Rangelands and Watershed Management Organization.
- Das, S., Angadi, D., 2020, **Land use-land cover (LULC) Transformation and its Relation with Land Surface Temperature Changes: A Case Study of Barrackpore Subdivision, West Bengal, India**, Remote Sensing Applications: Society and Environment, 19: 1-28.
- Ghorbnnia Kheybari, V., Mirsanjari, M. M., Liaghati, H., Armin, M., 2017, **Land Surface Temperature Estimation of Land Use and land Cover in Dena Country Using Single Window Algorithm and Data of Landsat 8 Satellite**, Environmental Sciences, 15: 55-74.

- Herb, W.R., Janke, B., Mohseni, O., Stefan, H.G., 2008, **Ground Surface Temperature Simulation for Different Land Covers**, Journal of Hydrology, 356: 327-343.
- Hereher, M., 2017, **Effect of Land Use/Cover Change on Land Surface Temperatures – The Nile Delta, Egypt**, Journal of African Earth Sciences, 126: 75-83.
- Khazaei, S., Raeni Sarjaz, M., Valizadeh, E., Ghorbani, Kh., 2017, **Estimation of Surface Soil Moisture Using Vegetation and Thermal Indices from MODIS Images (Case study: Gonbad-e Qavus)**, Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 11: 151-162.
- Kaviani, A., Sohrabi, T., Daneshkar Araste, P., 2013, **Estimation of Land Surface Temperature Using NDVI in MODIS and Landsat ETM<sup>+</sup> Imageries**, Journal of Agricultural Meteorology, 1: 14-25.
- Khorchani, M., Vicente-Serrano, S.M., Azorin-Molina, C., Garcia, M., Martin-Hernandez, N., Pena-Gallardo, M., El Kenawy, A., Dominguez-Castro, F., 2018, **Trends in LST over the Peninsular Spain as Derived from the AVHRR Imagery Data**, Global and Planetary Change, 166: 75-93.
- Owen, T.W., Carlson, T.N., Gillies, R.R., 1998, **An Assessment of Satellite Remotely Sensed Land Cover Parameters in Quantitatively Describing the Climatic Effect of Urbanization**, International Journal of Remote. Sensing, 19:1663-1681.
- Pirnazar, M., Zandkarimi, A., 2015, **Application Guide for ENVI Software and Satellite Image Processing**, Nagous Publication, Tehran.
- Reutter, H., Olesen, F. S., Fischer, H., 1994, **Distribution of the Brightness Temperature of Land Surfaces Determined from AVHRR Data**, International Journal of Remote Sensing, 15: 95-104.
- Rouse, J., Haas, R., Schell, J., Deering, D., Harlan, J., 1974, **Monitoring the Vernal Advancements and Retrogradation (Green Wave Effect) of Natural Vegetation**, NASA/GSFC, Greenbelt, MD, USA, Final Report: 1-137.
- Sommers, L.E., Gilmour, C.M., Wildung, R.E., Beck, S.M., 1981, **The Effect of Water Potential on Decomposition Processes in Soils**, Water Potential Relations in Soil Microbiology, 9:97-117.
- Townshend, J.R.G., Justice, C.O., 2007, **Analysis of the Dynamics of African Vegetation Using the Normalized Difference Vegetation Index**. International Journal of Remote Sensing, 7: 1435-1445.
- Urqueta, H., Jodar, J., Herrera, C., Wilke, H.G., Medina, A., Urrutia, J., Custodio, E., Rodríguez, J., 2018, **Land Surface Temperature as an Indicator of the Unsaturated Zone Thickness: a Remote Sensing Approach in the Atacama Desert**, Science of Total Environment, 612:1234-1248.
- Vali, A., Ranjbar, A., Mokarram, M., Taripanah, F., 2019, **An Investigation of the Relationship between Land Surface Temperatures, Geographical and Environmental Characteristics, and Biophysical Indices from Landsat Images**, RS & GIS for Natural Resources, 10: 35-58.
- Wan, Z., Zhang, Y., Ma, X., King, M., Myers, J., Li, X., 1999, **Vicarious Calibration of the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer Airborne Simulator thermal-infrared channels**, Applied Optics, 38: 6294-6306.
- Wei, L., Jean-Daniel, M.S., Thomas, W.G., 2015, **Acomparison of the Economic Benefits of Urban Green Spaces Estimated with NDVI and with High-Resolution Land Cover Data**, Landscape Urban Planning, 133: 105-117.
- Weng, Q., Lu, D., Schubring, J., 2004, **Estimation of Land Surface Temperature-Vegetation Abundance Relationship for Urban Heat Island Studies**. Remote Sensing and Environmrnt, 89: 467-483.
- Wilson, E., Sader, S., 2002, **Detection of Forest Harvest Type Using Multiple Dates of Landsat TM Imagery**. Remote Sensing Environment, 80: 385-396.

- Yue, W., Xu, J., Tan, W., Xu, L., 2007, **The Relationship Between Land Surface Temperature and NDVI with Remote Sensing: Application to Shanghai Landsat 7 ETM+ Data**, International Journal of Remote Sensing, 28: 3205–3226.
- Zhang, F., Kung, H., Johnson, V. C., Maimaitiyiming, M., Zhou, M., Wang, J., 2016, **Dynamics of Land Surface Temperature (LST) in Response to Land Use and Land Cover (LULC) Changes in the Weigan and Kuqa River Oasis, Xinjiang, China**, Arab Journal Geosciences, 9:1-14



نسخه از دور

GIS ایران



سال چهاردهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۱  
Vol. ۱۴, No. ۱, Spring ۲۰۲۲

سنجش از دور و GIS ایران  
Iranian Remote Sensing & GIS

۲۱-۴۲

## Investigation of the Relationship between Land Surface Temperature with Vegetation and Surface Moisture in the Land Use of Zahak Area of Sistan Plain Using Landsat Satellite Images

Hashemi Z.<sup>۱</sup>, Soodaei Zadeh H.\*<sup>۲</sup>, Mokhtari M.H.<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>. Ph.D. Student in Desert Management and Control, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University

<sup>۲</sup>. Associate Prof. of Desert Management and Control, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University

<sup>۳</sup>. Assistant Prof. of Desert Management and Control, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University

### Abstract

Land surface temperature is considered a key parameter in the physic processes of land surface at all scales of local to global. In this study, the relationship between land surface temperature with vegetation and soil surface moisture in land uses of Zahak plain of Sistan area was investigated. In order to, Landsat TM (۱۹۸۷), TM (۲۰۰۱) and OLI (۲۰۱۸) satellite imagery were used. After the preprocessing and image processing steps, the extraction of land use maps was performed based on the monitored classification method and through maximum probability algorithm for a period of ۳۰ years. Also, land surface temperature was evaluated statistically by separate window method and the relationship between land surface temperature with vegetation and soil moisture. The results showed that the accuracy of classification by maximum probability method through geomorphic facts data, TM and OLI images in terms of kappa coefficient of ۰,۸۹, ۰,۹۰ and ۰,۸۴, respectively, based on the overall accuracy of ۹۱,۸, ۹۶,۴۰ and ۸۷,۸۹% was obtained. During ۱۹۸۷, ۲۰۰۱ and ۲۰۱۸, average of the land surface temperature indices were ۳۸,۱۳, ۴۵,۷۳ and ۴۱,۱۴ ° C, the normalized difference vegetation index was -۰,۱۱, -۰,۱۳ and -۰,۱۶, and the normalized difference moisture index was estimated ۰,۶۴, ۰,۶۳ and ۰,۵۸. The relationship between land surface temperature and normalized difference of vegetation index was no correlative. The correlation between land surface temperature and the normalized difference of humidity index was also inverted and negative. Plant regeneration and growth was decreased owing to factors including hydrological drought and Climatic conditions due to reduced rainfall, rising air temperature and Dust storms. Therefore, due to the lack of suitable vegetation, vegetation is not effective in reducing the surface temperature of the study area.

**Keywords:** Land surface temperature, Land use, NDVI, Normalized difference of moisture index, Sistan plain.

\* Correspondence Address: Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University. Tel: ۰۹۱۳۴۵۰۷۴۷۶  
Email: hsodaie@yazd.ac.ir