نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال دهم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲

صفحات ۱۳۱ – ۱۴۸

# برآورد دمای سطح زمین (LST) و مقایسه آن با شاخص های NDMI، NDWI و NDVI به منظور بررسی تنش آبی با تاکید بر تغییرات کاربری اراضی (LULC) در سیستم ماشین بردار پشتیبانی(SVM)

# (منطقه مورد مطالعه: تالاب انزلی)

**مهدی فیض اله پور[1]؛ استادیار ژئومرفولوژی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.**

**دریافت مقاله :۱۴۰۲/۰۳/۰۷ پذیرش نهایی:۱۴۰۲/۰۵/۰۱**

**چکیده**

**دمای سطح زمین پارامتر مهمی در مطالعات بیوسفر، یخ کره و تغییرات آب و هوایی به شمار می رود. در این تحقیق با بهره گیری از سنجه OLI و TIRS ماهواره لندست ۸، مقادیر LST، NDVI، NDMI و NDWI برای منطقه تالاب انزلی محاسبه گردید. بررسی ها نشان داد که حداقل دمای LST برای سال های ۲۰۱۳، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۳ به ترتیب معادل ۱۳/۹۴، ۲۲/۳۶ و ۱۴/۶ بوده و حداکثر مقادیر آن برای همین سال‌ها به ترتیب معادل ۳۵/۷، ۴۰/۵۸ و ۳۱/۶ درجه سانتیگراد برآورد شده است. وضعیت پوشش گیاهی، دسترسی به منابع آبی و تنش آبی برای منطقه مورد مطالعه با شاخص های NDVI، NDWI و NDMI برآورد گردید. برای برآورد این شاخص ها از باندهای ۳، ۴، ۵، ۶ و ۱۰ ماهواره لندست۸ استفاده شد. مقادیر حاصله با مقادیر LST مقایسه گردید. نمودارهای پراکنش نشان می دهند که بیشترین همبستگی منفی بین LST و NDMI به میزان ۰/۶۵- برقرار بوده و بیشترین همبستگی مثبت بین شاخص های NDWI و LST به میزان ۰/۲۳ برقرار می باشد. در کل بررسی ها نشان داده است که بین دو شاخص NDMI و NDVI با شاخص LST رابطه همبستگی منفی برقرار بوده است. برای بررسی تغییرات کاربری اراضی(LULC) نیز از روش ماشین بردار پشتیبانی(SVM) استفاده شد. نتایج نشان داد که در منطقه مورد مطالعه که از وسعتی معادل ۶۸۶/۸۱ کیلومتر مربع برخوردار است زمین های کشاورزی با گسترش قابل توجهی روبرو بوده و از ۳۲۹ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۳ به ۴۸۷/۷ کیلومتر مربع رسیده است. در این بین پهنه های جنگلی با کاهش شدیدی مواجه شده و از ۳۴/۸ کیلومتر مربع به ۱/۷۳ کیلومتر مربع کاهش یافته اند.**

**واژه های کلیدی: LST ، NDWI ، NDMI ، NDVI ، کاربری اراضی، تالاب انزلی.**

[1] . نویسنده مسئول: Email: feyzolahpour@znu.ac.ir

[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]

[ DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.8.3 ]

[ DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.131 ]

[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.8.3 ]
[ DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.131 ]

**مقدمه**

سنجش از دور (RS) و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) توانایی انسان را برای بهره گیری از حسگرها در مشاهده تغییرات دینامیکی سطح زمین افزایش داده است. این تحول، تعیین تغییرات مکانی و زمانی در یک منطقه وسیع را برای انسان ها به امری آسان مبدل کرده است. در میان کاربردهای مختلف GIS و RS در علوم زمین و مدیریت منابع طبیعی، جنبه های زیست محیطی و اقلیم شناسی به طور ویژه ای مورد بررسی قرار گرفته است (Alam et al, ۲۰۱۸., Kothyari et al, ۲۰۱۹., Sarkar et al, ۲۰۲۰., Taloor et al, ۲۰۱۹).

شاخص LST نشان دهنده دمای سطح زمین و همچنین دمایی در سطح مشترک بین سطح زمین و جو می باشد(Lejeune et al, ۲۰۱۵., Malik & Shukla, ۲۰۱۸., Singh et al, ۲۰۲۰.,). علاوه بر این، آگاهی فزاینده ای در مورد تغییرات اقلیمی به دلیل افزایش دما در طول سالهای اخیر به وجود آمده است. این امر باعث شده که متخصصان متوجه این نکته شوند که بایستی سنجش از دور در ارائه داده های مورد نیاز در ارزیابی شرایط اکوسیستم و نظارت بر تغییرات رخ داده در تمامی مقیاس های مکانی و زمانی نقش مهمی ایفا نماید(Singh et al, ۲۰۱۷).

از سال ۱۹۷۸ یک پوشش مداوم شبانه روزی داده های حرارتی با وضوح ۴ کیلومتر و پوشش های انتخابی در وضوح های بیشتر مانند ماهواره های GOES، رادیومتر با توان تفکیک بالا (AVHRR)، طیف رادیومتر تصویر برداری با وضوح متوسط در ماهواره TERRA و AQUA (MODIS) به فعالیت پرداخته اند. نقشه برداری ظرفیت حرارتی (HCMM) که به طور ویژه برای اندازه گیری اینرسی حرارتی و تمایز حرارتی سطوح مختلف طراحی شده بود از معدود مواردی است که قبل از دهه ۱۹۸۰ توسعه یافته است(Drury , ۱۹۸۷). با افزایش فناوری، داده هایی با وضوح بالا از قبیل رادیومتر گسیل گرمایی TERRA با وضوح ۹۰ متر و سنجه TIRS لندست ۸ با وضوح ۱۰۰ متر در دسترس می باشند. دمای شبکه بندی شده سطح زمین در ماهواره سنتینل ۳ که بر روی یک شبکه اندازه گیری ۱ کیلومتری ایجاد شده، از جمله داده های جدید با کاربرد گسترده برای تخمین LST به شمار می رود(Barsi et al, ۲۰۱٤., Guha et al, ۲۰۲۰). با توجه به محدودیت مشاهدات زمینی دما در سطح جهان، شاخص LST بر پایه تصاویر ماهواره ای، با تنوع فضایی نسبتا زیاد و پوشش مداوم و تکرار اندازه گیری دمایی سطح زمین، اطلاعاتی با وضوح بالا را به صورت منطقه ای و جهانی فراهم می کند( Owen et al, ۱۹۹۸., Yan et al, ۲۰۲۰).

در طول سالها، شاخص LST مبتنی بر ماهواره به پارامتر مهمی برای مطالعه فرایندهای کشاورزی، تبخیر و تعرق، تغییرات آب و هوا، چرخه هیدرولوژیکی، آتش سوزی جنگل ها، شاخص های گرمای محسوس و نهان، پایش پوشش گیاهی، اقلیم شهری، جزایر گرمایی شهری و مطالعات آتشفشانی تبدیل شده است( Mannstein, ۱۹۸۷., Sellers et al, ۱۹۸۸., Bastiaanssen et al, ۱۹۹۸., Kogan, ۲۰۰۱., Arnfield, ۲۰۰۳., Voogt & Oke, ۲۰۰۳., Weng et al, ۲۰۰٤., Kalma et al, ۲۰۰۸., Weng, ۲۰۰۹., Kour et al, ۲۰۱٦., Sekertekin &Bonafoni, ۲۰۲۰). مطالعات اخیر نشان می دهد که ادغام باندهای چند طیفی با باندهای TIR ماهواره لندست، توانایی تفکیک های RS برای استخراج LST را افزایش داده است. تکنیک های مختلفی برای تخمین LST برای اهداف مختلف مانند انتشار سطح زمین، تجزیه و تحلیل حرارت شهری، هواشناسی و اقلیم شناسی، نظارت بر پوشش زمین و رابطه بین LST با شاخص های NDWI و NDBI ایجاد شده است( Reddy & Manikiam, ۲۰۱۷., Guo et al, ۲۰۱۵., Tomlinson et al, ۲۰۱۱., Sobrino &

Raissouni, ۲۰۰۰., Joshi&Bhatt, ۲۰۱۲., Ahmed, ۲۰۱۳., Yao et al, ۲۰۱۸., Sahana et al, ۲۰۱۹., Guha et al, ۲۰۲۰., Chen et al, ۲۰۰۶., Yuan et al, ۲۰۱۷.).

سنجه TIR طیف الکترومغناطیسی علاوه بر تخمین مقادیر LST دارای پتانسیل فراوانی برای تخمین تغییرات مربوط به سطح زمین بوده و در علوم زمین دارای کاربردهای فراوانی می باشد( Wen, ۲۰۱۷., Alexander, ۲۰۲۰., Khan et al, ۲۰۲۰). این سنجه همچنین این پتانسیل را دارد که شاخص های بیشتری را ترسیم کرده و به راحتی تخمین های سریعی را ارائه دهد. شاخص NDWI برای نقشه برداری پهنه آبی از قابلیت های بالایی برخوردار است زیرا پهنه آبی دارای قابلیت جذب قوی و تابش کم در محدوده طول موج مرئی تا مادون قرمز می باشد( McFeetemrs, ۱۹۹۶., Haque et al., ۲۰۲۰). شاخص NDMI، سطح تنش آبی محصول را توصیف کرده و به عنوان نسبت بین اختلاف و مجموع تابش شکست در مادون قرمز نزدیک و SWIR محاسبه می گردد. شاخص NDVI نیز تخمینی از سلامت پوشش گیاهی را ارائه می دهد(Kriegler et al, ۱۹۶۹). تحقیقات مختلفی نیز در زمینه تخمین LST در ایران انجام شده است. فیضی زاده و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ و الگوریتم پنجره مجزا اقدام به برآورد دمای سطح زمین در حوضه آبریز مهاباد نمودند. نتایج نشان می دهد که روش الگوریتم پنجره مجزا نتایج قابل اعتماد و مطمئنی را در برآورد دمای سطح زمین ارائه می دهد که می تواند در مطالعات زیست محیطی و علوم زمین مورد استفاده قرار گیرد. علیمرادی و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی پویای پوشش گیاهی در رابطه با دما و بارش در مراتع حوضه کارون پرداختند. نتایج نشان می دهد که ۰/۶۲ از تغییرات پوشش گیاهی استان خوزستان واقع در این حوضه را می توان تنها با تغییرات دمای سطح زمین پیش بینی کرده و تغییرات دمای هوا و بارش، میزان ناچیزی از تغییرات پوشش گیاهی را تبیین می کند. جمالی و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی ارتباط دمای سطح زمین با کاربری اراضی و شاخص اختلاف گیاهی نرمال در دشت گرگان پرداختند. نتایج نشان داد که کاربری بایر به دلیل نداشتن پوشش حفاظتی دارای دمای بیشتری بوده است در حالی که کاربری زراعت آبی کمترین میانگین دمایی را در بین سایر کاربری ها داشت. حسینی و همکاران (۱۳۹۸)، به کمک شاخص های پوشش گیاهی، دمای سطح خاک و شاخص نرمال شده رطوبت به برآورد رطوبت خاک پرداختند. نتایج نشان داد که بین مقادیر رطوبت خاک سطحی و شاخص های استفاده شده همبستگی بالایی برخوردار است. نیلیه بروجنی و احمدی (۱۳۹۸) با استفاده از تصویرهای ماهواره لندست به بررسی رابطه پوشش گیاهی شهری و درجه حرارت سطح زمین در شهر اصفهان پرداختند. نتایج حاصل نشان دهنده وجود یک رابطه معکوس بین دمای سطح زمین و سنجه NDVI است. همچنین نتایج گویای سرعت یافتن افزایش دما در سال های اخیر نسبت به سال های گذشته است. عابدینی و همکاران (۱۴۰۱) اقدام به پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و TM در شهرستان مشکین شهر نمودند. نتایج نشان داد که مناطق با پوشش گیاهی بالا و مناطق آبی دارای درجه حرارت پایین بودند. همچنین کاربری کشاورزی دیم دارای بیشترین میانگین دما نسبت به مناطق مجاور بود که نشان از خشک بودن محصولات کشاورزی در سطح شهرستان مشکین شهر دارد.

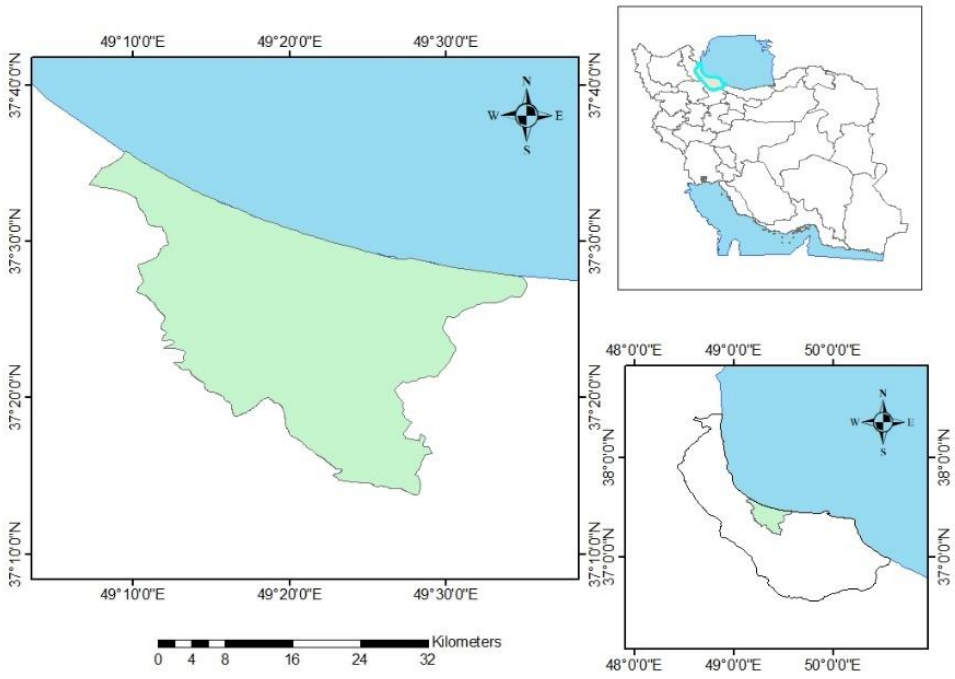
[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.8.3 ]
[ DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.131 ]

در این تحقیق با استفاده از باند ۱۰ سنجه TIRS ماهواره لندست ۸ به بررسی دمای سطح زمین (LST) در تالاب انزلی پرداخته شده است. شاخص NDVI نیز برای بررسی اثر این شاخص بر روی شاخص LST مورد محاسبه قرار گرفته است. همچنین برای تعیین اثر شاخص آب بر روی LST از شاخص NDWI استفاده شد.

## داده ها و روش کار

- **قلمرو جغرافیایی مورد مطالعه**

منطقه مورد مطالعه در محدوده تالاب انزلی از وسعتی معادل ۶۸۶/۸۱ کیلومتر مربع در مختصات جغرافیایی ۴۹ درجه و ۸ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۳۳ دقیقه طول شرقی تا ۳۷ درجه و ۱۴ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۳۶ دقیقه عرض شمالی در استان گیلان واقع شده است. بخش غربی رشته کوه البرز این ناحیه را احاطه کرده و از بخش های داخلی ایران جدا ساخته است. این فرایند مانعی بر عبور آنتی سیکلون سیبری بوده و در گذر از بخش جنوب غربی دریای خزر به توده کم فشار تبدیل شده و در منطقه انزلی باعث بارشی در حد ۱۸۰۰ میلی متر در سال می گردد. این میزان بیشتر میزان بارش میانگینی است که در کشور ثبت شده است. توده کوهستانی البرز جزو رشته کوه های جوان آلپ و هیمالیا بوده و پیدایش آن به فاز کوهزایی لارامید در دوره کرتاسه پر می گردد. از ان دوران تاکنون چندین فاز کوهزایی، این توده را متاثر ساخته و باعث فرسایش آن شده است. لیکن این توده کوهستانی در حال حاضر نیز همچنان در حال افزایش ارتفاع می باشد. تالاب انزلی در سال های اخیر با وضعیت بحرانی در منابع آبی و زیست محیطی مواجه شده است.




**شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در محدوده تالاب انزلی**

[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.8.3 ]
[ DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.131 ]

[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.8.3 ]
[ DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.131 ]

نقشه کاربری و پوشش زمین (LULC) یکی از لایه های موضوعی مهم بوده که به فهم مشخصه های طبیعی در سطح زمین کمک می کند. در این تحقیق اشکال مربوط به لایه LULC به شکل قابل تفسیری از تصاویر لندست ۸ قابل دسترس می باشند. به این منظور باندهای ۱ تا ۷ با یکدیگر تلفیق شده و در قسمت classification پیکسل های کاربری های پهنه های آبی، جنگل، زمین های بایر و زمین های کشاورزی نمونه برداری شده و آموزش داده شدند. پس از ذخیره موارد آموزش داده شده، در قسمت train support vector machine classification پردازش شده و نقشه نهایی در بخش classify raster ترسیم شده و مساحت هر کاربری برای بازه های زمانی ۲۰۱۳، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۳ محاسبه گردید. برای ترسیم نقشه کاربری و پوشش زمین از الگوریتم ماشین بردار پشتیبانی (SVM) استفاده می شود.

در پژوهش حاضر از حسگرهای OLI و TIRS در ماهواره لندست ۸ برای تعیین شاخص های مختلف استفاده شد. سنجه OLI داده ها را با وضوح ۳۰ متر در ۸ باند واقع در نواحی مرئی، مادون قرمز و کوتاه فراهم کرده و در باند ۸ تصاویر پانکروماتیک را با وضوح ۱۵ متر ایجاد می نماید. سنجه TIRS با استفاده از ۲ باند در پنجره اتمسفری ۱۰ تا ۱۲ میکرومتری تصاویری با وضوح ۱۰۰ متر ارائه می کند. باندهای لندست ۸ در جدول ۱ نمایش داده شده است. برای انجام تحقیق، تصاویر سنجش از دور چندطیفی برای تاریخ های ۲۰۱۳، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۳ از سازمان زمین شناسی آمریکا (USGS) دانلود گردید. در اینجا یک تصویر ماهواره لندست ۸، منطقه را پوشش می دهد. تمام تصویر در زون ۳۹ سیستم مختصات مرکاتور (UTM) جای گرفته است. این تصویر در گذر ۱۶۶ و ردیف ۳۴ واقع شده است. از باند ۱۰ لندست ۸ برای ایجاد تصاویر LST، باند ۴ و ۵ برای محاسبه NDVI، باند ۵ و ۶ برای برآورد NDMI و از باند ۳ و ۵ برای تخمین NDWI استفاده می شود. همچنین برای برآورد LULC نیز باندهای ۱ تا ۷ با یکدیگر ترکیب شدند.

**جدول ۱. باندهای مورد استفاده در تهیه نقشه کاربری اراضی(LULC)، دمای سطح زمین(LST)، شاخص های NDVI، NDWI و NDMI**

| عنوان باند | محدوده فعالیت | طول موج به میکرون | تفکیک به متر |
|---|---|---|---|
| باند ۱ | سواحل و گرد و غبار | ۰/۴۳۳ تا ۰/۴۵۳ | ۳۰ |
| باند ۲ | طیف آبی | ۰/۴۵۰ تا ۰/۵۱۵ | ۳۰ |
| باند ۳ | طیف سبز | ۰/۵۲۵ تا ۰/۶۰۰ | ۳۰ |
| باند ۴ | طیف قرمز | ۰/۶۳۰ تا ۰/۶۸۰ | ۳۰ |
| باند ۵ | مادون قرمز نزدیک | ۰/۸۴۵ تا ۰/۸۸۵ | ۳۰ |
| باند ۶ | مادون قرمز کوتاه | ۱/۵۶۰ تا ۱/۶۶۰ | ۳۰ |
| باند ۷ | مادون قرمز کوتاه | ۲/۱۰۰ تا ۲/۳۰۰ | ۳۰ |
| باند ۱۰ | مادون قرمز حرارتی | ۱۰/۶ تا ۱۱/۱۹ | ۱۰۰ |

محصولات داده‌های ماهواره‌ای از یک مجموعه داده‌های هندسی اصلاح شده ایجاد شده‌اند. داده‌های مورد نیاز تصاویر ماهواره‌ای در جدول ۲ ارائه شده است.

**جدول ۲. مقادیر متادیتای تصویر ماهواره ای لندست ۸**

| متغیر | توصیف متغیر | مقادیر |
|---|---|---|
| K۱ | ضریب اول حرارتی باند ۱۰ | ۷۷۴/۸۸۵۳ |
| K۲ | ضریب دوم حرارتی باند | ۱۳۲۱/۰۷۸۹ |
| Lmax | حدکثر مقادیر تابشی باند ۱۰ | ۲۲/۰۰۱۸۰ |
| Lmin | حداقل مقادیر تابشی باند ۱۰ | ۰/۱۰۰۳۳ |
| Qcal max | حداکثر مقادیر کالیبره باند ۱۰ | ۶۵۵۳۵ |
| Qcal min | حداقل مقادیر کالیبره باند ۱۰ | ۱ |
| Oi | مقدار تصحیح باند ۱۰ | ۰/۲۹ |

در اولین مرحله، با بهره گیری از معادله (۱) مقادیر اعداد دیجیتالی (DN) در باند ۱۰ به تابش طیفی تبدیل می گردد.

$$L\lambda = \frac{(L_{max}-L_{min}).Q_{cal}}{Q_{cal\ min}-Q_{cal\ max}} + L_{min} - O_i$$ معادله (۱)

در این معادله $L_{max}$ حداکثر مقادیر تابشی، $L_{min}$ حاقل مقادیر تابشی، $Q_{cal}$ مقادیر پیکسل دیجیتالی، $Q_{cal\ min}$ حداقل مقادیر دیجیتالی پیکسل، $Q_{cal\ max}$ حداکثر مقادیر دیجیتالی پیکسل و $O_i$ مقادیر تصحیح باند ۱۰ می باشد.

پس از تبدیل مقادیر DN به تابش طیفی حسگر، داده های باند TIRS با استفاده از معادله ۲ و ثابت های حرارتی ارائه شده در جدول ۲ به دمای روشنایی تبدیل می شوند.

$$BT = \frac{K_2}{ln\left[\left(\frac{K_1}{L\lambda}\right)\right]+1} - 273.15$$ معادله (۲)

در این معادله K۱ و K۲ ثابت حرارتی TIRS باند ۱۰ بوده و از فایل متادیتای وابسته به تصاویر ماهواره ای استخراج می گردد. نتایج بر حسب کلوین بوده و لازم است که از مقادیر صفر مطلق کسر گردد. مقدار فوق معادل ۲۷۳/۱۵ درجه سانتیگراد می باشد.

شاخص تفاوت نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) برای تشخیص تفاوت نوع پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه ضروری بوده و در دامنه بین ۱+ و ۱- قرار می گیرد(Kriegler et al, ۱۹۶۹). این شاخص بر اساس تفاوت نرمال شده بین باند قرمز و مادون قرمز نزدیک به دست آمده و از معادله زیر محاسبه می گردد.

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED}$$ معادله (۳)

شاخص NDVI در محاسبه نسبت پوشش گیاهی (FVC) و مقادیر انتشار (E) به کار گرفته می شود. مقادیر فوق در محاسبه LST مورد استفاده قرار می گیرد.

نسبت پوشش گیاهی (FVC) به طور کلی به عنوان نسبت مساحت پیش بینی عمودی پوشش گیاهی روی زمین به کل سطح پوشش گیاهی تعریف می شود. این شاخص یک پارامتر بیوفیزیکی مهم برای شبیه سازی تبادل بین سطح زمین

[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.8.3 ]
[ DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.131 ]

و سطح مرزی جو با استفاده از مدل انتقال جوی پوشش گیاهی گیاهی و خاک به شمار می رود(لیانگ و همکاران ۲۰۱۲). در این تحقیق از رویکرد سنجش از دور برای بازیابی مقادیر FVC استفاده شده است. مقادیر FVC از طریق معادله زیر به دست می آید.

$$FVC = \left[\frac{(NDVI - NDVI_{min})}{(NDVI_{max} - NDVI_{min})}\right]^2$$ معادله (۴)

در این معادله NDVI، نقشه تولید شده در مرحله قبل، $NDVI_{max}$ حداکثر مقدار تصویر NDVI و $NDVI_{min}$ حداقل مقدار تصویر NDVI می باشند.

برای محاسبه مقادیر LST نیاز به تخمین مقادیر LSE می باشد. شاخص LSE معرف نسبت تابش ساطع شده توسط یک جسم به تابش جسم سیاه در دمای ترمودینامیکی یکسان بوده است (نرمن و باکر ۱۹۹۵). این شاخص دارای اهمیت ویژه ای در برآورد LST، تخمین تعادل انرژی سطحی، اکتشاف مواد معدنی و محاسبه بیلان تشعشع می باشد(بیکر ۱۹۸۷، پراتا و همکاران ۱۹۹۵).

شاخص LSE از طریق معادله زیر محاسبه می گردد.

$$LSE = ES(1 - FVC) + (EV.FVC)$$ معادله (۵)

در این معادله ES معرف انتشار از زمین بایر و EV انتشار از پوشش گیاهی بوده است.

دمای پوشیده از برف و نواحی سایه ای نیز در باند ۱۰ ماهواره لندست ۸ و محدوده طیفی ۱۰/۹ میکرومتری تعیین می گردد. داده های باند ۱۱ تحت تاثیر نور مازاد در ماهواره بوده که منجر به عدم قطعیت در کالیبراسیون شده و استفاده از آن را محدود می سازد (بارسی و همکاران ۲۰۱۴). برای بازیابی دمای سطحی، تابش طیفی بر اساس معادله ۶ به تابش سطحی تبدیل می گردد.

$$LS = \frac{LSAT - LU}{ET} - \frac{1 - E}{ELD}$$ معادله (۶)

در اینجا LS تابش سطحی بعد از اصلاح اتمسفری بوده و LSAT تابش سطحی در سنجنده، LU تابش سطحی بین سطح و سنجنده، E میزان انتشار، T میزان انتقال اتمسفری و LD تابش طیفی اتمسفر می باشد.

در نهایت تابش سطح زمین با استفاده از معادله ۷ به صورت زیر محاسبه میگردد:

$$LST = \frac{K_2}{LN\left(\frac{K_1}{LS}\right) + 1}$$ معادله (۷)

در این معادله، LST دمای سطح زمین، $K_1$ و $K_2$ مقادیر ثابت استخراج شده از فایل متادیتا در جدول ۳ و LS مقادیر تابش اصلاح شده می باشد. شاخص LST دمای پوسته سطح زمین است که به صورت مستقیم از سنجه ها اندازه گیری می شود. مقادیر آن وابسته به آلبدو، پوشش گیاهی و رطوبت خاک بوده و ترکیبی از پوشش گیاهی و دمای خاک و زمین بایر می باشد. از آنجایی که هر دو پهنه به دلیل پوشش ابر و تغییرات هواویزها و تغییرات روزانه روشنایی به تغییرات تابش خورشیدی به سرعت واکنش نشان می دهند، شاخص LST تغییرات سریعی را نشان دهد. به نوبه خود، LST بر تقسیم انرژی بین زمین و پوشش گیاهی تاثیر گذاشته و دمای هوای سطحی را متاثر می سازد.

[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.8.3 ]
[ DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.131 ]

شاخص تفاوت نرمال شده رطوبت (NDMI) سطح تنش آبی محصول را نشان داده و به عنوان نسبت بین تفاضل و جمع تابش در منطقه طیفی نزدیک (NIR) محاسبه می گردد. تفسیر شاخص NDMI امکان تشخیص فوری مناطق مواجه شده با تنش آبی را میسر می سازد. تفسیر این شاخص آسان بوده و مقادیر آن بی ۱- و ۱ بوده و نسبت به وضعیت های زراعی متفاوت برای هر محصولی مقادیر متفاوتی را نشان می دهد. شاخص NDMI از طریق معادله زیر محاسبه می شود (گایو ۱۹۹۶)

$$NDMI = \frac{(NIR-SWIR1)}{(NIR+SWIR1)}$$ معادله (۸)

شاخص تفاوت نرمال شده آب (NDWI) مناسب ترین شاخص برای بررسی پهنه های آبی می باشد. پهنه های آبی قابلیت جذب قوی تشعشع کم در محدوده طول موج مرئی تا مادون قرمز را داشته اند. برای برآورد این شاخص از باند سبز و مادون قرمز نزدیک استفاده شده است. این شاخص نسبت به زمین های ساخته شده حساس بوده و اغلب موارد حجم تخمینی را بیش از حد واقعی نشان می دهد. مقادیر NDWI از طریق معادله زیر محاسبه می شود (مک فیتر ۱۹۹۶)

$$NDWI = \frac{(GREEN-NIR)}{(GREEN+NIR)}$$ معادله (۹)

در این تحقیق تمام مراحل فوق برای سال های تصویربرداری ماهواره ای لندست ۸ در سال های ۲۰۱۳، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۳ انجام گرفته و سیر تحولی فاکتورهای فوق مورد بررسی قرار گرفته است.

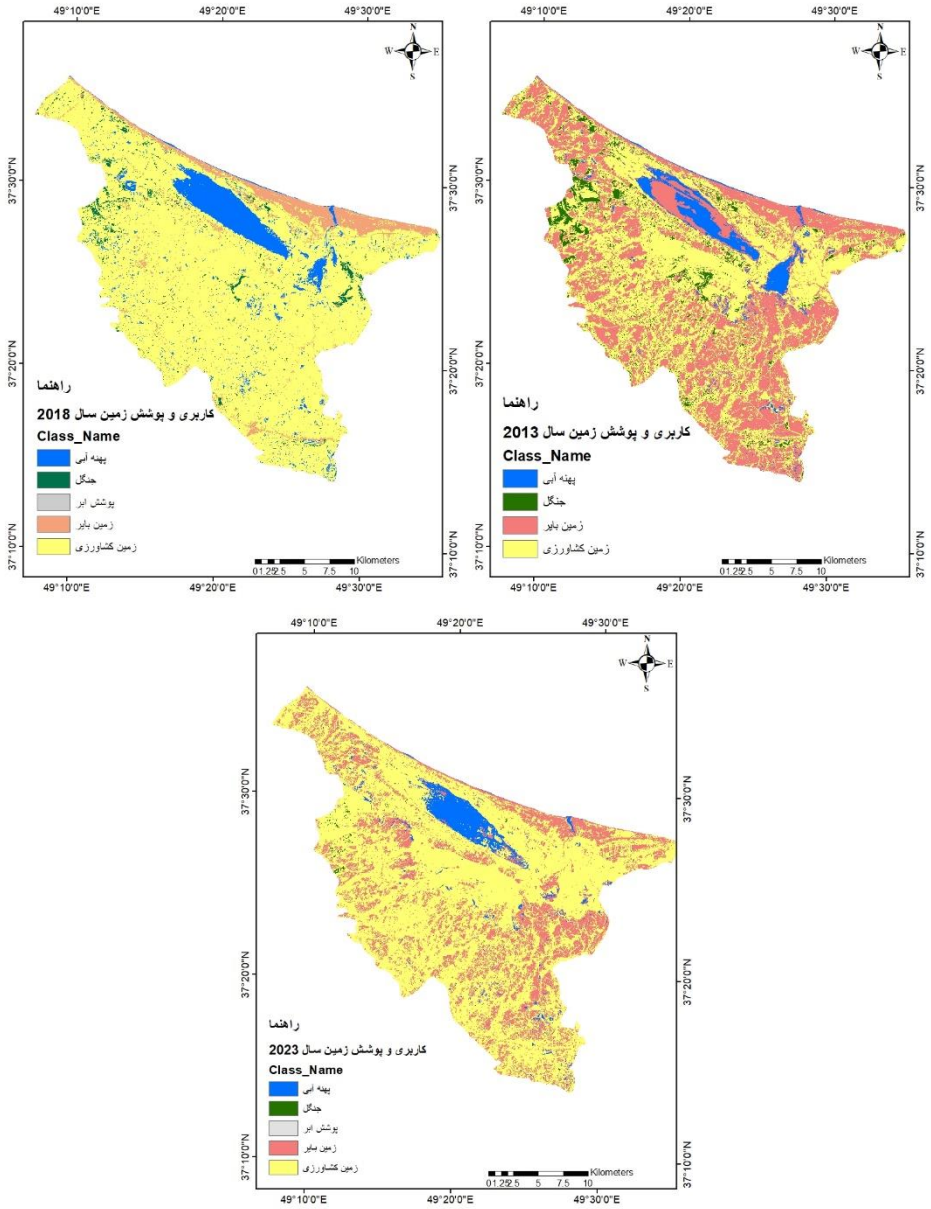
**شرح و تفسیر نتایج**

تغییرات کاربری اراضی یکی از فاکتورهای تاثیرگذار بر پوشش گیاهی، منابع آبی و در نهایت دمای سطح زمین می باشد. تالاب انزلی به واسطه دست اندازی های وسیع دچار تغییرات اراضی شدیدی گردیده است. برای محاسبه پوشش و تغییر اراضی (LULC) از روش های مختلفی استفاده می شود. در این تحقیق از ماشین بردار پشتیبانی (SVM) در محیط Arc GIS استفاده شده و پیکسل هایی انتخاب شده و تعلیم داده شده و در نهایت تعمیم داده شدند. مساحت منطقه مورد مطالعه ۶۸۶/۸۱ کیلومتر مربع بوده و در سه بازه زمانی ۲۰۱۳، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۳ مورد مطالعه قرار گرفت. منطقه مورد مطالعه به ۴ منطقه پهنه آبی، زمین بایر، جنگل و زمین کشاورزی تقسیم شده است. بیشترین پهنه در سال ۲۰۱۳ اختصاص به زمین بایر داشته است(۲۸۸/۴ کیلومتر مربع) این میزان به شدت دستخوش تغییر شده و در سال ۲۰۲۳ به ۱۶۵/۵ کیلومتر مربع کاهش یافته است. کمترین پهنه در سال ۲۰۲۳ به پهنه جنگل اختصاص داشته است. میزان پهنه جنگلی از ۳۴/۸ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۳ به ۱/۷۳ کیلومتر مربع کاهش یافته که قابل توجه می باشد. مقادیر فوق در جدول زیر نمایش داده شده است. در اشکال بعدی مشاهده می شود که تغییرات شدیدی در سال ۲۰۲۳ رخ داده که شاخص های دمای سطح زمین، تنش رطوبتی، مقادیر آب و پوشش گیاهی را متاثر ساخته است.

[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.8.3 ]
[ DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.131 ]

**جدول ۳. تغییرات کاربری اراضی در بازه های زمانی مورد مطالعه**

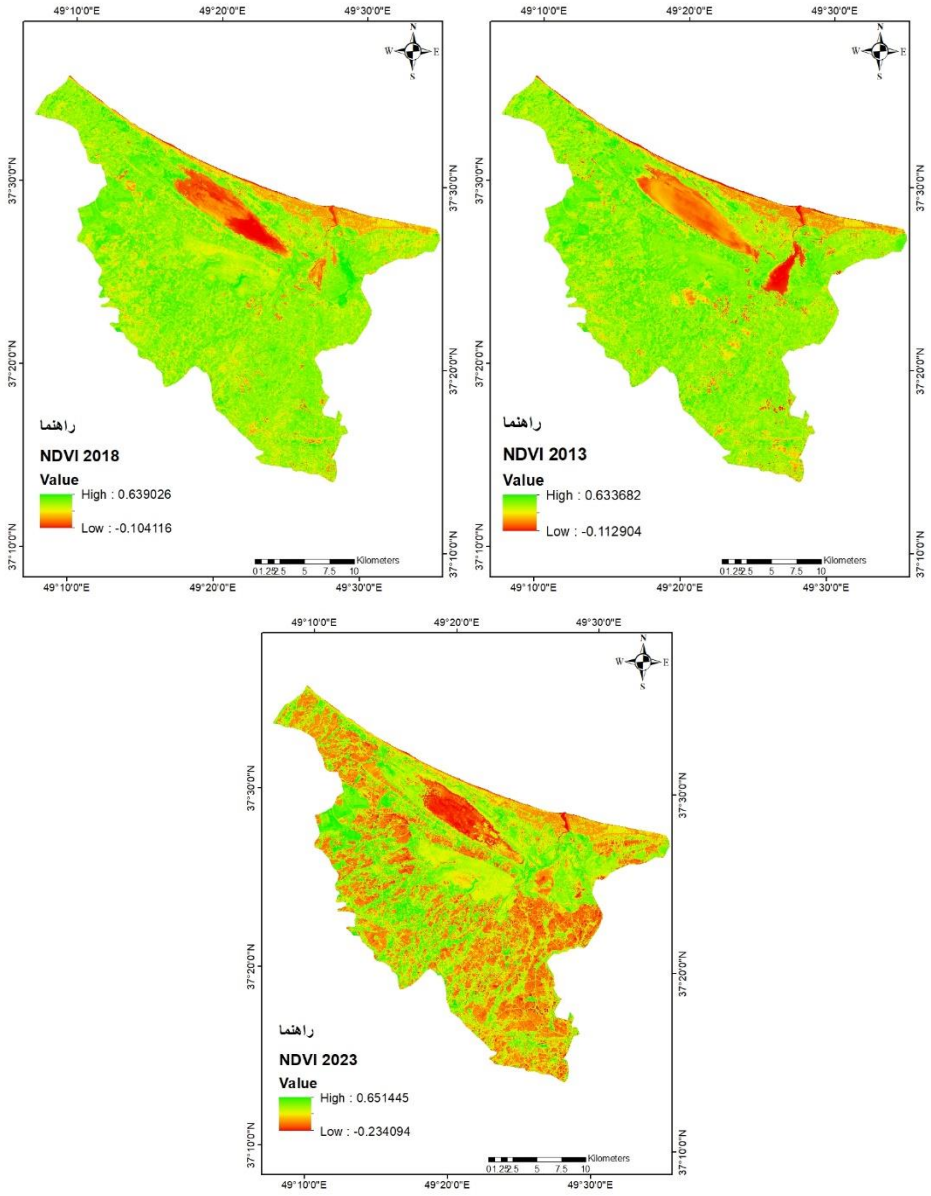
| نوع کاربری | سال ۲۰۱۳ | | سال ۲۰۱۸ | | سال ۲۰۲۳ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | تعداد پیکسل | مساحت | تعداد پیکسل | مساحت | تعداد پیکسل | مساحت |
| پهنه آبی | ۳۷۵۶۵ | ۳۳/۸ | ۶۰۴۷۷ | ۵۴/۴ | ۳۵۳۲۴ | ۳۱/۷۹ |
| زمین بایر | ۳۲۰۵۳۷ | ۲۸۸/۴ | ۴۸/۹ | ۵۶ | ۱۸۳۹۱۲ | ۱۶۵/۵ |
| جنگل | ۳۸۷۶۵ | ۳۴/۸ | ۱۹۳۹۱ | ۱۷/۴ | ۱۹۳۰ | ۱/۷۳ |
| زمین کشاورزی | ۳۶۶۲۴۳ | ۳۲۹ | ۶۲۱۱۸۶ | ۵۵۹ | ۵۴۱۸۹۰ | ۴۸۷/۷ |




**شکل ۲. کاربری اراضی در سالهای ۲۰۱۳، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۳**

[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.8.3 ]
[ DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.131 ]

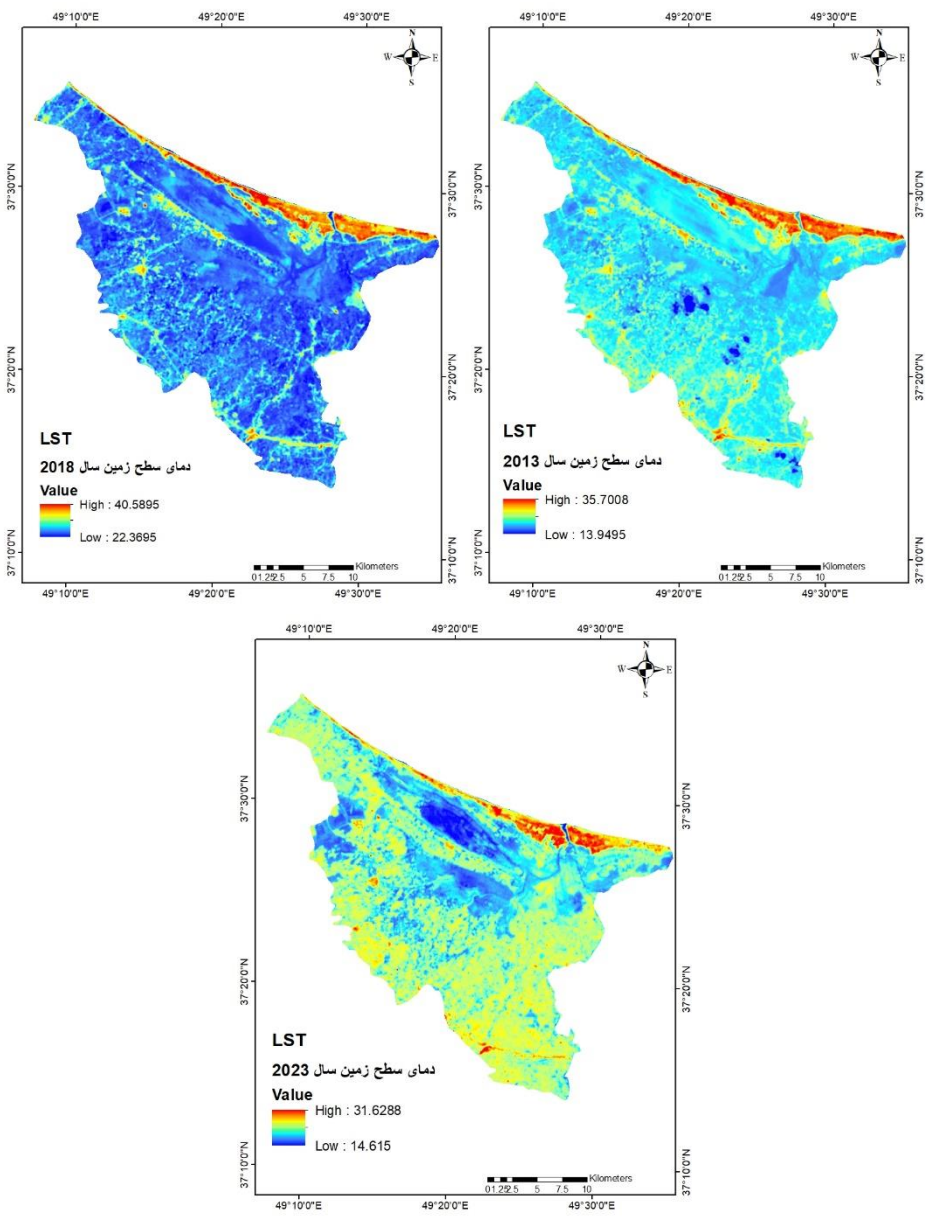
شاخص NDVI به اندازه گیری مقدار پوشش گیاهی در سطح زمین پرداخته و در ارتباط با سلامت پوشش گیاهی بوده و در آن گیاهان سالم مقدار زیادی از انرژی را در مقایسه با گیاهان بیمار بازتاب می دهد. مقدار این شاخص بین ۱+ و ۱- قرار دارد. بیشترین مقدار NDVI دلالت بر پوشش گیاهی سالم و غنی داشته در حالیکه مقادیر کم، پوشش گیاهی ضعیف را نمایش می دهد. این شاخص تاثیر مهمی بر روی دمای سطح زمین برجای می گذارد. در منطقه مورد مطالعه مقادیر حداکثر NDVI برای سال های ۲۰۱۳، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۳ به ترتیب معادل ۰/۶۳، ۰/۶۳ و ۰/۶۵ بوده است (شکل ۳). بررسی ها نشان می دهد که زمین های ساخت و ساز شده و بایر در بخش های شمالی از مقادیر NDVI کمتری برخوردار بوده و زمین های زراعی واقع در بخش جنوبی مقادیر بالای NDVI را نشان می دهد.




**شکل ۳. شاخص NDVI در سالهای ۲۰۱۳، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۳**

[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.8.3 ]
[ DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.131 ]

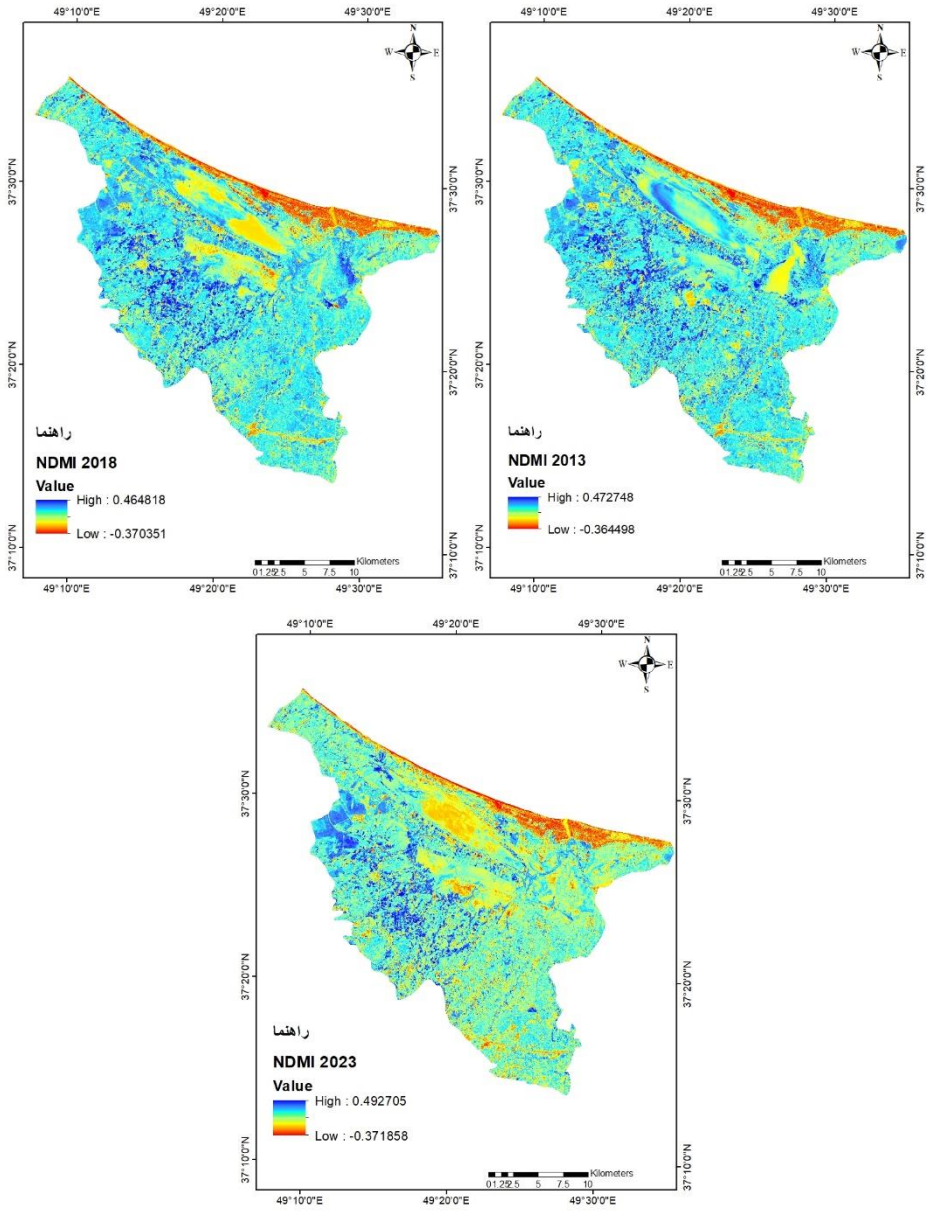
نقشه LST برای نمایش توزیع مکانی LST در منطقه مورد مطالعه تهیه می گردد. حداکثر مقادیر LST برای سال‌های مورد مطالعه و برای ماه می ۲۰۱۳، ماه ژوئن ۲۰۱۸ و ماه می ۲۰۲۳ به ترتیب معادل ۳۵/۹۷، ۴۰/۵۸ و ۳۱/۶ درجه سلسیوس به دست آمد(شکل ۴). نتایج نشان می دهد که در مناطق ساخت و ساز شده ساحلی دمای سطح زمین مقادیر بالایی را نشان می دهد و در نواحی پوشیده از پوشش گیاهی میزان دما با کاهش مواجه بوده است لیکن در سال ۲۰۲۳ مشاهده می شود که در پهنه جنگلی واقع در جنوب و جنوب غربی منطقه دمای هوا رقم بالاتری را نشان می دهد در حالیکه تاریخ تصویر ماهواره ای متعلق به ۵ ماه می بوده و قاعدتا بایستی مقادیر کمتری را نشان می داد.




**شکل ۴. دمای سطح زمین در سال های مورد مطالعه**

[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.8.3 ]
[ DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.131 ]

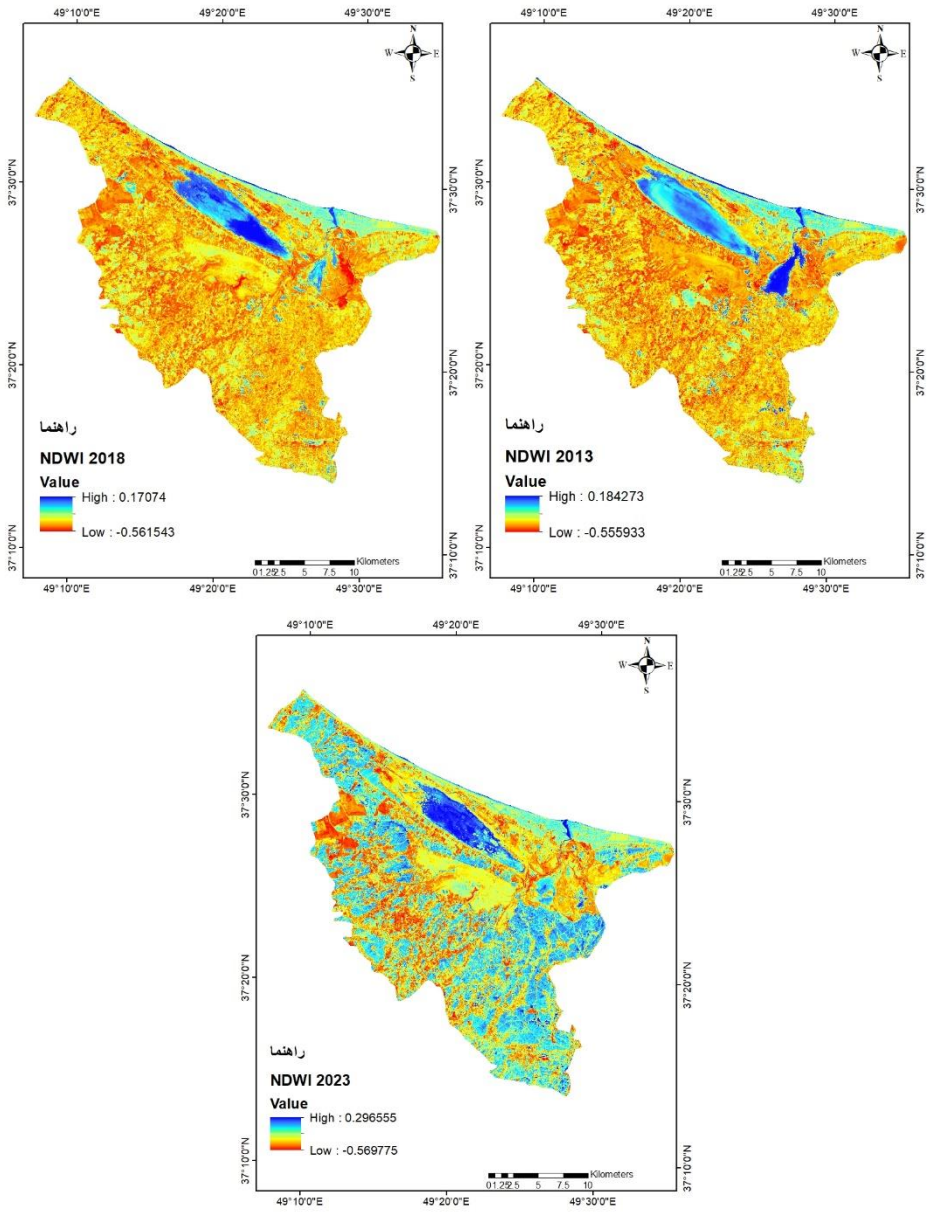
حداکثر مقادیر NDMI برای سالهای مورد مطالعه به ترتیب در محدوده بین ۰/۴۷، ۰/۴۶ و ۰/۴۹ قرار گرفت. نتایج حاصل از شکل ۵ نشان داد که پهنه های آبی در مقایسه با نواحی ساحلی دارای مقادیر رطوبت بالاتری هستند. زمین های بایری که فاقد پوشش گیاهی هستند مقادیر کمتری از رطوبت را نشان دادند. مشاهده می شود که پهنه تالاب انزلی با چالش های آبی قابل توجهی مواجه است. در سال ۲۰۲۳ پهنه تالاب انزلی با مقادیر رطوبتی پایینی نشان داده شده که این امر می تواند نشان دهنده تهدیدات شدیدی باشد که این پهنه با آن مواجه است.




**شکل ۵. مقادیر NDMI در سال های مورد مطالعه**

[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.8.3 ]
[ DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.131 ]

شاخص NDWI برای برآورد مقادیر آب استفاده شده بوده و برای منطقه مورد مطالعه مقدار حداکثر آن در سال های مورد مطالعه به ترتیب معادل ۰/۱۸، ۰/۱۷ و ۰/۲۹ به دست آمد. پهنه های آبی رودخانه ها در مقایسه با نواحی فاقد این نوع پهنه ها از مقادیر بالای NDWI برخوردار هستند.




**شکل ۶. مقادیر NDWI برای سال های ۲۰۱۳، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۳ در تالاب انزلی**

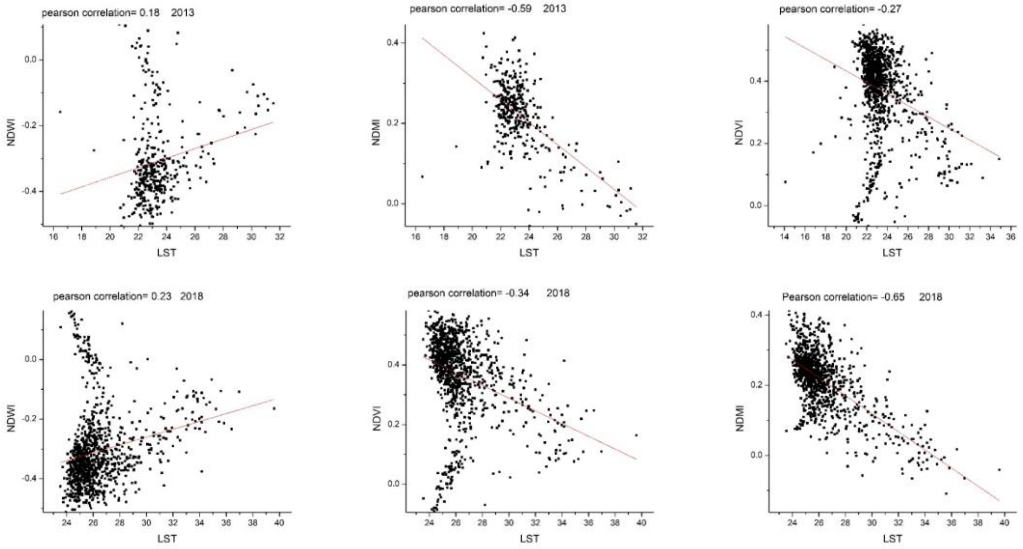
در نهایت به منظور بررسی روابط بین دمای سطح زمین با شاخص های NDVI، NDWI و NDMI رابطه رگرسیونی و ضریب همبستگی پیرسون برقرار گردید. نتایج حاصل از این روابط در نمودار های زیر نشان داده شده است. بیشترین

[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.8.3 ]
[ DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.131 ]

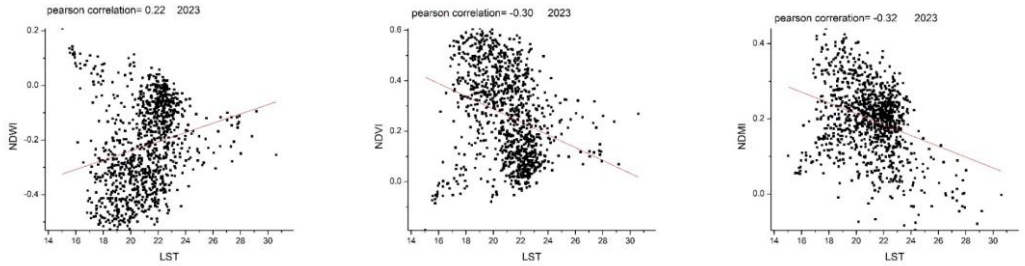
ضریب تعیین بین شاخص NDMI و LST در سال های ۲۰۱۳ و ۲۰۱۸ بوده و به ترتیب معادل ۰/۳۵ و ۰/۴۳ برآورد گردید. بین این شاخص با دمای سطح زمین همبستگی منفی برقرار است. همبستگی بین این شاخص با LST معادل ۰/۶۵- در سال ۲۰۱۸ بوده است. به عبارتی هرچه میزان شاخص رطوبتی رقم بالاتری را نشان دهد میزان دمای سطح زمین در آن نقطه کمتر خواهد بود. بین شاخص NDVI و LST نیز در تمام سال ها رابطه منفی برقرار بوده و بین LST و شاخص NDWI رابطه مثبتی برقرار است. هرچه میزان پوشش گیاهی بالاتر باشد دمای سطح زمین در آن نواحی کمتر خواهد بود.

**جدول ۴. مقادیر ضریب تعیین و همبستگی بین شاخص های ۳ گانه و LST**

| سال | مقایسه شاخص ها | ضریب تعیین | همبستگی پیرسون |
|---|---|---|---|
| ۲۰۱۳ | LST, NDMI | ۰/۳۵ | -۰/۵۹ |
| | LST, NDVI | ۰/۰۷ | -۰/۲۷ |
| | LST, NDWI | ۰/۰۳ | ۰/۱۸ |
| ۲۰۱۸ | LST, NDMI | ۰/۴۳ | -۰/۶۵ |
| | LST, NDVI | ۰/۱۲ | -۰/۳۴ |
| | LST, NDWI | ۰/۰۵ | ۰/۲۳ |
| ۲۰۲۳ | LST, NDMI | ۰/۱۰ | -۰/۳۲ |
| | LST, NDVI | ۰/۰۹ | -۰/۳۰ |
| | LST, NDWI | ۰/۰۴ | ۰/۲۲ |




[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.8.3 ]
[ DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.131 ]




**شکل ۷. نمودار پراکنش و مقادیر همبستگی پیرسون در بازه زمانی ۲۰۱۳، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۳**

## نتیجه گیری

تغییرات اقلیمی و کاربری اراضی می تواند به طور گسترده دمای سطح زمین را متاثر سازد. تصاویر ماهواره ای لندست ۸ در ۱۱ باند در سنجه های OLI و TIRS از توانایی تخمین دمای سطح زمین برخوردار هستند. تالاب انزلی در سال های اخیر با مشکلات شدیدی روبرو شده است. بررسی ها نشان داد که حداقل دمای LST برای ماه های می و ژوئن سال های ۲۰۱۳، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۳ به ترتیب معادل ۱۳/۹۴، ۲۲/۳۶ و ۱۴/۶ بوده و حداکثر مقادیر آن برای همین سال ها به ترتیب معادل ۳۵/۷، ۴۰/۵۸ و ۳۱/۶ درجه سانتیگراد برآورد شده است. وضعیت پوشش گیاهی، دسترسی به منابع آبی و تنش آبی را می توان با شاخص های NDVI، NDWI و NDMI برآورد نمود. برای برآورد این شاخص ها از باندهای ۳، ۴، ۵ و ۶ ماهواره لندست استفاده شده است. مقادیر حاصله را می توان با مقادیر LST مقایسه نمود. این امکان در نرم افزار Arc Gis میسر می باشد. نمودارهای پراکنش نشان می دهند که بیشترین همبستگی منفی بین LST و NDMI به میزان ۰/۶۵- برقرار بوده و بیشترین همبستگی مثبت بین شاخص های NDWI و LST به میزان ۰/۲۳ برقرار می باشد. در کل بررسی ها نشان داده است که بین دو شاخص NDMI و NDVI با شاخص LST رابطه همبستگی منفی برقرار بوده است. برای بررسی تغییرات کاربری اراضی نیز از روش ماشین بردار پشتیبانی استفاده شد. نتایج نشان داد که در منطقه مورد مطالعه که از وسعتی معادل ۶۸۶/۸۱ کیلومتر مربع برخوردار است زمین های کشاورزی با گسترش قابل توجهی روبرو بوده و از ۳۲۹ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۳ به ۴۸۷/۷ کیلومتر مربع در سال ۲۰۲۳رسیده است. در این بین پهنه های جنگلی با کاهش شدیدی مواجه شده و از ۳۴/۸ کیلومتر مربع به ۱/۷۳ کیلومتر مربع کاهش یافته اند. تغییرات در سال ۲۰۲۳ به شکل قابل توجهی محسوس بوده و نشان از تحولات شدیدی در تالاب انزلی داشته است. استفاده از فناوری های زمین مرجع با بهره گیری از داده های رایگان لندست از پتانسیل بالایی در نظارت بر الگوهای رشد شهری، تشخیص مناطق داغ و تغییرات زمانی تغییر اقلیم برخوردار است. استفاده موثر از این فناوری برای تعیین شاخص تفاوت نرمال شده آب، شاخص شهری، شاخص رطوبت، شاخص خشکسالی و شاخص پوشش گیاهی، توانایی انسان را برای کاوش بیشتر داده های سنجش از دور به شدت افزایش داده است.

[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.8.3 ]
[ DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.131 ]

## منابع


جمالی، زهرا؛ مجید اونق و عبدالرسول سلمان ماهینی. ۱۳۹۸. تحلیل ارتباط دمای سطح زمین با کاربری اراضی و شاخص اختلاف گیاهی نرمال شده در دشت گرگان. برنامه ریزی و آمایش فضا، **۳**: ۱۹۴- ۱۷۵.

حسینی چمنی، فرشید؛ احمد فرخیان و هادی عامری خواه. ۱۳۹۸. تابع انتقالی به منظور برآورد رطوبت خاک به کمک شاخص های پوشش گیاهی، دمای سطح خاک و شاخص نرمال شده رطوبت. نشریه پژوهش های حفاظت آب و خاک، **۲۵۴**:۴- ۲۳۹.

عابدینی، موسی؛ احسان قلعه و نازفر آقازاده. ۱۴۰۱. پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و TM مطالعه موردی شهرستان مشگین شهر. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، **۶۷**: ۳۹۳- ۳۷۵.

علیمرادی، سامان؛ اسداله خورانی و یحیی اسمعیل پور. ۱۳۹۶. پویایی پوشش گیاهی در رابطه با دما و بارش در مراتع حوضه کارون محدوده استان خوزستان. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، **۴۴**: ۱۷۷- ۱۵۵.

فیضی زاده، بختیار؛ خلیل دیده بان و خلیل غلام نیا. ۱۳۹۵. برآورد دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره لندست ۸ و الگوریتم پنجره مجزا مطالعه موردی حوضه آبریز مهاباد. فصلنامه اصلاعات جغرافیایی، **۹۸**: ۱۸۱- ۱۷۱.

نیلیه بروجنی، مرضیه و مژگان احمدی. ۱۳۹۸. بررسی رابطه پوشش گیاهی شهری و درجه حرارت سطح زمین با استفاده از تصویرهای ماهواره لندست TM و OLI و سنجه LST در شهر اصفهان. فصلنامه علوم محیطی، **۴**: ۱۷۸- ۱۶۳.

Ahmed, B.; M. Kamruzzaman, X. Zhu, M. Rahman, and K. Choi. ۲۰۱۳. Simulating land cover changes and their impacts on land surface temperature in Dhaka, Bangladesh. Rem Sens, **۵**: ٥٩٦٩–٥٩٩٨.

Alam, A.; M. Bhat, B. Kotlia, B. Ahmad, S. Ahmad, A. Taloor, and H. Ahmad. ۲۰۱۸. Hybrid tectonic character of the Kashmir basin: response to comment on "Coexistent pre-existing extensional and subsequent compressional tectonic deformation in the Kashmir basin, NW Himalaya (Alam et al., ۲۰۱۷)" by Shah (۲۰۱۷). Quat. Int, ٤٦٨: ٢٨٤–٢٨٩.

Alexander, C. ۲۰۲۰. Normalised difference spectral indices and urban land cover as indicators of land surface temperature (LST). Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf, ٨٦: ١٠٢٠١٣.

Arnfield, A.J. ۲۰۰۳. Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges f energy and water, and the urban heat island. International Journal of Climate, **۲۳**: ١–٢٦.

Barsi, J.A.; J. Schott, S. Hook, N. Raqueno, B. Markham, and R. Radocinski. ۲۰۱٤. Landsat-٨ thermal infrared sensor (TIRS) vicarious radiometric calibration. Rem. Sens, ٦: ١١٦٠٧–١١٦٢٦.

Bastiaanssen, W.G.M.; M. Menenti, R. Feddes, and A. Holtslag. ۱۹۹۸. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL). ١. Formulation. J. Hydrol, **۲۱۲**: ١٩٨–٢١٢.

Becker, F. ۱۹۸۷. The impact of spectral emissivity on the measurement of land surface temperature from a satellite. Int. J. Rem. Sens, ٨: ١٥٠٩–١٥٢٢.

Chen, X.L.; H. Zhao, P. Li, and Z. Yi. ۲۰۰٦. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. Remote Sens. Environ, **۲**: ١٣٣–١٤٦.

Drury, S.A. ۱۹۸۷. Image Interpretation in Geology. Allen and Unwin Publisher Ltd U.K.

Gao, B.C. ۱۹۹٦. Ndwi - a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. Rem. Sens. Environ, ٥٨: ٢٥٧–٢٦٦.

Guha, S.; H. Govil, and M. Besoya. ۲۰۲۰. An investigation on seasonal variability between LST and NDWI in an urban environment using Landsat satellite data. Geomatics, Nat. Hazards Risk ,١١: ١٣١٩–١٣٤٥.

Guo, G.; Z. Wu, R. Xiao, Y. Chen, X. Liu, and X. Zhang. ۲۰۱٥. Impacts of urban biophysical composition on land surface temperature in urban heat island clusters. Landsc. Urban Plann. **۱۳٥**: ١–١٠.


[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.8.3 ]
[ DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.131 ]

Haque, S.; S. Kannaujiya, A. Taloor, D. Keshri, R. Bhunia, P. Ray, and P. Chauhan. ۲۰۲۰. Identification of Groundwater Resource Zone in the Active Tectonic Region of Himalaya through Earth Observatory Techniques. Groundwater for Sustainable Development, p. ۱۰۸.

Joshi, J.P. and B. Bhatt. ۲۰۱۲. Estimating temporal land surface temperature using remote sensing: a study of Vadodara urban area, Gujarat. International Journal of Geology, Earth and Environmental Sciences, ۲: ۱۲۳–۱۳۰.

Kalma, J.D.; T. McVicar, and M. McCabe. ۲۰۰۸. Estimating land surface evaporation: a review of methods using remotely sensed surface temperature data. Surv. Geophys, ۲۹: ٤۲۱–٤٦۹.

Khan, A.; H. Govil, A. Taloor, and G. Kumar. ۲۰۲۰. Identification of Artificial Groundwater Recharge Sites in Parts of Yamuna River Basin India Based on Remote Sensing and Geographical Information System. Groundwater for Sustainable Development, p. ۱۰۰٤۱٥.

Kogan, F.N. ۲۰۰۱. Operational space technology for global vegetation assessment. Bull. Am. Meteorol. Soc, ۹: ۱۹٤۹–۱۹٦٤.

Kothyari, G.C.; N. Joshi, A. Taloor, R. Kandregula, B. Kotlia, C. Pant, and R. Singh. ۲۰۱۹. Landscape evolution and deduction of surface deformation in the Soan Dun, NW Himalaya, India. Quat. Int, ٥۰۷: ۳۰۲–۳۲۳.

Kour, R.; N. Pate, and A. Krishna. ۲۰۱٦. Influence of shadow on the thermal and optical snow indices and their interrelationship. Rem. Sens. Environ, ۱۸۷: ۱۱۹–۱۲۹.

Kriegler, F. ۱۹٦۹. Preprocessing transformations and their effects on multispectral recognition. In: Proceedings of the Sixth International Symposium on Remote Sensing of Environment, ۱٦: ۹۷–۱۳۱.

Lejeune, Q.; E. Davin, B. Guillod, and S. Seneviratne. ۲۰۱٥. Influence of Amazonian deforestation on the future evolution of regional surface fluxes, circulation, surface temperature and precipitation. Clim. Dynam, ٤٤: ۲۷٦۹–۲۷۸٦.

Liang, X.Z.; M. Xu, X. Yuan, T. Ling, H. Choi, F. Zhang, L. Chen, S. Liu, S. Su, F. Qiao, and Y. He. ۲۰۱۲. Regional climate–weather research and forecasting model. Bull. Am. Meteorol. Soc, ۹۳:۱۳٦۳–۱۳۸۷.

Malik, M.S, and J. Shukla. ۲۰۱۸. Retrieving of land surface temperature using thermal remote sensing and GIS techniques in Kandaihimmat watershed, Hoshangabad, Madhya Pradesh. J. Geol. Soc. India, ۹۲: ۲۹۸–۳۰٤.

Mannstein, H. ۱۹۸۷. Surface energy budget, surface temperature and thermal inertia. In: Remote Sensing Applications in Meteorology and Climatology, ۲٤: ۳۹۱–٤۱۰.

McFeetemrs, S.K. ۱۹۹٦. The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. Int. J. Rem. Sens, ۱۷: ۱٤۲٥–۱٤۳۲.

Owen, T.W.; T. Carlson, and R. Gillies. ۱۹۹۸. Remotely sensed surface parameters governing urban climate change. Int. J. Rem. Sens, ۱۹: ۱٦٦۳–۱٦۸۱.

Prata, A.J.; V. Caselles, C. Coll, J. Sobrino, and C. Ottle. ۱۹۹٥. Thermal remote sensing of land surface temperature from satellites: current status and future prospects. Rem. Sens. Rev, ۱۲: ۱۷٥–۲۲٤.

Reddy, S.N.; B. Manikiam. ۲۰۱۷. Land surface temperature retrieval from LANDSAT data using emissivity estimation. Int. J. Appl. Eng. Res, ۱۲: ۹٦۷۹–۹٦۸۷.

Sarkar, A.; V. Kumar, A. Jasrotia, A. Taloor, R. Kumar, R. Sharma, V. Khajuria, G. Raina, B. Kouser, and S. Roy. ۲۰۲۰. Spatial analysis and mapping of malaria risk in dehradun city India: a geospatial technology-based decision-making tool for planning and management. In: Geoecology of Landscape Dynamics, ۱۲: ۲۰۷–۲۲۱.

Sahana, M.; S. Dutta, and H. Sajjad. ۲۰۱۹. Assessing land transformation and its relation with land surface temperature in Mumbai city, India using geospatial techniques. Int. J. Unity Sci, ۲۳: ۲۰٥–۲۲٥.

Sellers, P.J.; F. Hall, G. Asrar, D. Strebel, and R. Murphy. ۱۹۸۸. The first ISLSCP field experiment (FIFE). Bull. Am. Meteorol. Soc, ٦۹: ۲۲–۲۷.

[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.8.3 ]
[ DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.131 ]

Sekertekin, A, and S. Bonafoni. ۲۰۲۰. Land surface temperature retrieval from Landsat ۵, ۷, and ۸ over rural areas: assessment of different retrieval algorithms and emissivity models and toolbox implementation. Rem. Sens, ۱۲: ۲۹٤-۳۱۲.

Singh, A.K.; A. Jasrotia, A. Taloor, B. Kotlia, V. Kumar, S. Roy, P. Ray, K. Singh, A. Singh, and A. Sharma. ۲۰۱۷. Estimation of quantitative measures of total water storage variation from GRACE and GLDAS-NOAH satellites using geospatial technology. Quat. Int, ٤٤٤: ۱۹۱–۲۰۰.

Sobrino, J.A, and N. Raissouni. ۲۰۰۰. Toward remote sensing methods for land cover dynamic monitoring: application to Morocco. Int. J. Rem. Sens, ۲۱: ۳٥۳–۳٦٦.

Taloor, A.K.; B. Kotlia, A. Jasrotia, A. Kumar, A. Alam, S. Ali, B. Kouser, P. Garg, R. Kumar, A. Singh, and B. Singh. ۲۰۱۹. Tectono-climatic influence on landscape changes in the glaciated Durung Drung basin, Zanskar Himalaya, India: a geospatial approach. Quat. Int, ٥۰۷: ۲٦۲–۲۷۳.

Tomlinson, C.J.; L. Chapman, J. Thornes, and C. Baker. ۲۰۱۱. Remote sensing land surface temperature for meteorology and climatology: a review. Meteorol. Appl, ۱۸: ۲۹٦–۳۰٦.

Voogt, J.A, and T. Oke. ۲۰۰۳. Thermal remote sensing of urban climates. Rem. Sens. Environ, ۸٦: ۳۷۰–۳۸٤.

Wen, L.J. ۲۰۱۷. An analysis of land surface temperature (LST) and its influencing factors in summer in western Sichuan Plateau: a case study of Xichang City. Remote Sensing for Land and Resources ۲۹: ۲۰۷–۲۱٤.

Weng, Q.; D. Lu, and J. Schubring. ۲۰۰٤. Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies. Rem. Sens. Environ. ۸۹:٤٦۷–٤۸۳.

Weng, Q. ۲۰۰۹. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: methods, applications, and trends. ISPRS J. Photogrammetry Remote Sens, ٦٤: ۳۳٥–۳٤٤.

Yan, Y.; K. Mao, J. Shi, S. Piao, X. Shen, J. Dozier, Y. Liu, H. Ren and Q. Bao. ۲۰۲۰. Driving forces of land surface temperature anomalous changes in North America in ۲۰۰۲– ۲۰۱۸. Sci. Rep, ۱۰: ۱–۱۳.

Yao, R.; L. Wang, X. Huang, W. Zhang, J. Li and Z. Niu. ۲۰۱۸. Interannual variations in surface urban heat island intensity and associated drivers in China. J. Environ. Manag, ۲۲۲: ۸٦–۹٤.

Yuan, X.; W. Wang, J. Cui, F. Meng, A. Kurban and P. De Maeyer. ۲۰۱۷. Vegetation changes and land surface feedbacks drive shifts in local temperatures over Central Asia. Sci. Rep. ۷: ۳۲-۸۷.

[ Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30 ]
[ DOR: 20.1001.1.24237892.1402.10.2.8.3 ]
[ DOI: 10.61186/jsaeh.10.2.131 ]