نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیستم، شماره ۵۹، زمستان ۹۹

بهره گیری از شاخص های NDVI، VTCI و WDI در تجزیه و تحلیل اثرات شدت و مدت خشکسالی بر تراکم پوشش گیاهی در حوضه آبریز سیمینه رود

دریافت مقاله: ۹۹/۳/۱۰ **پذیرش نهایی**: ۹۹/۷/۱۰

صفحات: ۳۹۲-۳۷۱

پرویز ضیائیان فیروزآبادی: دانشیار گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران[۱].

Email: p.zeaiean@gmail.com

چکیده

داده ها، تصاویر و محصولات متنوع سنجش از دور ماهواره ای از زمان تولید این نوع منابع اطلاعاتی، جایگاه خود را در مطالعات خشکی،خشکسالی و کشاورزی به اثبات رسانیده است. در این میان باندهای مرئی، مادون قرمز نزدیک و حرارتی در تولید محصولاتی چون پوشش گیاهی و دمای سطح زمین از پرکاربردترین آنها محسوب میشوند. در این تحقیق، از داده های سنجنده MODIS به منظور بررسی و یافتن ضرایب رابطه فضایی اندکس پوشش گیاهی-دمای سطح(NDVI-TS) و NDVI- ΔTS برای استخراج زمان وقوع خشکسالی کشاورزی از ژوئن تا اکتبر سال های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۰ در حوضه آبریز سیمینه رود استفاده شده است، شاخص شرایط دما-پوشش گیاهی(VTCI)و شاخص کمبود آب(WDI)که قادر به شناسایی تنش خشکی در مقیاس منطقه ای هستند از آنهااستخراج شده اند. نتیجه این تحقیق نشان داد، که در هردو شاخص، وضعیت تنش خشکی در سال های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ بیشتر بوده است. همچنین بر اساس رابطه فضای NDVI-TS در تمام سال های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۰ شیب بالایی فضای مثلثی برای لبه گرم منفی است. این بدان معناست که با افزایش NDVI میزان LST کاهش یافته است درحالیکه برای لبه سرد شیب مثبت است. همچنین شیب به دست آمده از رابطه فضای NDVI-ΔTS برای خط خشک منفی است یعنی خط خشک یا خط حداقل تعریق-تعرق(ETR)یک همبستگی منفی با NDVI را نشان می دهد. درحالیکه برای خط مرطوب بالاخص در سال ۲۰۱۰ شیب مثبت بوده و در بقیه سال ها تغییر محسوسی دیده نمی شود. پژوهش حاضر نشان داد، مقدار آستانه VTCI برای تنش خشکی در سال ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ شدید بوده است.

کلید واژگان: داده های MODIS، خشکسالی کشاورزی، NDVI، VTCI، WDI، حوضه آبریز سیمینه رود.

---

۱. **نویسنده مسئول:** تهران، مفتح جنوبی، دانشگاه خوارزمی، دانشکده علوم جغرافیایی، گروه سنجش از دور

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.21.8]

[DOI: 10.29252/jgs.20.59.371]

مقدمه

بهره گیری از داده ها سنجش از دوری و فن آوری های تجزیه و تحلیل این داده ها، بویژه جهت مطالعه پویایی عوارض و پدیده های سطح زمین، از جمله زمینه های پرکاربرد و موفقیت آمیز این فن آوری ها و منابع غنی داده ای بوده است. اگر فرض شود که در چرخه فن آوری اطلاعات، که از اجزای متعددی چون داده ها، اطلاعات، دانش و تصمیم گیری تشکل شده است، جز اول یعنی داده ها از اصلی ترین ارکان این چرخه بشمار رود، گزافه نگفته و زیاده نگارش نشده است. تولید داده های هواشناسی و اقلیمی، بدلیل گستردگی مناطق، هزینه های هنگفت و زمانبربودن برداشتهای میدانی، همیشه یکی از چالشهای پیش رو دانشمندان و محققین تمامی رشته های نظری و کاربردی بوده و هست. داده های سنجش از دوری و فن آوری های مرتبط با آنها، به دلایل زیر از اهمیت و گستردگی استفاده فراوانی برخودار شده است (Jensen, 2014):

۱. پوشش مکانی وسیع، متوسط و کم.از تصویر برداری پوشش یک نیمکره تا عرض پوشش ۱۱ کیلومتری.
۲. قدرت تفکیک مکانی مناسب برای کاربردهای متفاوت و متنوع.از ۱/۱ کیلومتر برای کاربردهای هواشناسی تا کمتر ۳۰ سانتی متری سنجنده های شناسایی نظامی.
۳. توان تکرار زمانی بینظیر از تصویربرداری ۵ دقیقه ای برای کاربردهای هواشناسی تا چند هفته ای برای پایش دگرگونی های بطئی و تدریجی.
۴. قدرت تفکیک طیفی از برداشتهای تک باندی تا هزاران باندی در پهنای طیف الکترومغناطیس.
۵. برداشت تصاویر با قابلیت دید از زوایای مختلف جهت تولید مدلهای رقومی ارتفاعی و قابلیت برنامه ریزی زمانی-مکانی در تصویر برداریها.
۶. امکان اخد داده و تصویر در تمامی شرایط آب و هوایی و در همه زمانهای روز و شب توسط سنجنده های فعالی چون رادارها و لیدارها.

در این میان، و با توجه به پدیده گرمایش زمین و تغییر دمای زمین و در نتیجه شرایط اقلیمی شکننده و تقریبا غیر قابل پیش بینی، بهرگیری از این داده های متنوع و بهنگام در مطالعات اقلیمی و شرایط اقلیم کشاورزی را اجتناب ناپذیر ساخته است. بهرحال شناخت عمیق این داده های، از لحاظ ویژگیهای منحصر بفردشان، فراهم ساز استفاده بهینه از این منابع غنی در جهت تولید اطلاعات مناسب و بالا بردن دانش و تاثیر بالای آنها در تصمیم گیریها در سطوح مختلف محلی ملی و بین المللی است. محققین علم سنجش از دور با طراحی و توسعه سنجنده های متفاوت در تولید داده و اطلاعات مورد نیاز تحقیقات مرتبط با پایش های هواشناسی و اقلیمی از منحصربفردترین فن آوریهای جند دهه اخیر بوده است. از سنجنده های چون AVHRR[1] تعبیه شده در ماهواره های سری نوآ، که در تولید نقشه های تغییرات پوشش گیاهی ، تغییرات دمای سطح زمین بطور گسترده ای در مطالعات هواشناسی و اقلیمی مورد استفاده قرار گرفته اند تا سنجنده MODIS[2] در سری ماهواره ترا و اکوآ و

1 Advanced Very High Resolution Radiometer.
2 Moderate Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.21.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.371]

سنجنده های ماهواره متئوست، سنجنده های ماهوارهای سری لندست(RBV[۱] ، MSS[۲]،TM[۳]،ETM[۴]، و OLI[۵])و ماهواره های سری (HRV[۶])SPOT 1-7 و SPOT VEGETATION ، ماهواره های هندی سری IRS (LISSI-IV,D, CARTOSAT, SEAWIFS) ماهواره GRACE، ماهواره سری سنتینل، ماهواره آیکونوس، کوئیک برد، اورب ویو، ماهواره پلادیس و هزاران ماهواره ای که با فراهم ساختن زمینه های مطالعاتی متنوع به بشریت در مدیریت بهتر منابع زمینی و پایش پدیده هایی چون خشکسالی و نیازآبی خدمات شایانی نموده و در حال عرضه هستند.

پایش وضعیت پوشش گیاهی به خاطر ارتباط نزدیک آن با شرایط رطوبتی خاک، ابزار مناسبی برای پایش خشکسالی ها فراهم می کند. استفاده از داده های ماهواره ای در پایش تغییرات پوشش گیاهی, کاربرد فن سنجش از دور را در پایش خشکسالی ها توجیه می نماید. مجموعه ویژگی ها و امتیازات فوق موجب شده در چند دهه گذشته شاخص های استخراج شده از داده های سنجش از دور به عنوان یک فاکتور تکمیلی نقش مهمی را در بررسی ها و پایش های مربوط به خشکسالی ایفا نمایند در ادامه فهرستی ازمهمترین این شاخص ها در جدول (۱) ارائه شده است:

جدول (۱). برخی از شاخص های گیاهی مشتق شده از داده های ماهواره ای (باعقیده ۱۳۸۶).

شاخص بهنجار شده اختلافی پوشش گیاهی (NDVI[۷])	شاخص انحرافNDVI از متوسط طولانی مدت آن(DEV)[۸]
شاخص شرایط گیاهی(VCI)[۹]	شاخص نسبت پوشش گیاهی(RVI)[۱۰]
شاخص شرایط دما(TCI)[۱۱]	شاخص نسبت خشکسالی(RDI)[۱۲]
شاخص پوشش گیاهی استاندارد شده(SVI)[۱۳]	شاخص مشخص کننده سریع خشکسالی (RID)[۱۴]
شاخص خشکی دما-پوشش گیاهی (TVDI)[۱۵]	شاخص دما-پوشش گیاهی (VTI)[۱۶]
شاخص سبزی نسبی (RG)[۱۷]	شاخص اختلاف پوشش گیاهی (DVI) [۱۸]
شاخص شرایط دما–پوشش گیاهی(VTCI)[۱۹]	شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال تبدیل شده(TNDVI)[۲۰]
شاخص پوشش گیاهی بارز شده(EVI)[۲۱]	شاخص عمودی پوشش گیاهی (PVI) [۲۲]

1 Return Beam Vidicon.
2 Multispectral Scanner.
3 Thematic Mapper.
4 Enhanced Thematic Mapper.
5 Operation Linear Imaging.
6 High Resolution Visible.
7 Normalized Difference Vegetation Index
8. NDVI Deviation of long-term mean
9 .Vegetation Condition Index
10 .Ratio Vegetation Index
11 Temprature Conditon Index
12 .Ratio Drought Index
13. Standardized Vegetation Index
14 .Rapid Indicator of the Drought
15 .Temperature-Vegetation Dryness Index
16 .Vegetation-Temperature Index
17 .Relative Greenness
18 .Difference Vegetation Index
19 .Vegetation Temperature Condition Index
20 .Transformed Normalized Vegetation Index
21 .Enhanced Vegetation Index
22 .Perpendicular Vegetation Index

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.21.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.371]

خشکسالی، پدیده ای طبیعی که در مقیاسهای زمانی متعدد رخ داده و منطقه ای وسیع و همه بخش های چرخه هیدرولوژیکی را متاثر مسیازد، مخاطره ای عظیم و تکرارشونده ایست که سبب خسارات زیاد به محصولا کشاورزی و جامعه میگردد(Mishra and Singh, 2010; Wu et al., 2018; Liu et al.2018).

در سال های اخیر، بسبب گرم شدن زمین، خشکسالی در فراوانی های زمانی بیشتر و در نواحی وسیعتر بویژه در مناطق نیمه خشک نیمکره شمالی زمین در حال رخ دادن است (Yao et al., 2018; Dai, 2013; Liu et al., 2015; Wagner et al., 1999). این رخداد طبیعی به خشکسالی هواشناسی، کشاورزی، هیدرولوژیکی و اقتصادی اجتماعی دسته بندی شده است(Liu et al., 2018; Wilhite and Glantz, 1985).

باعقیده (۱۳۸۶) ضمن معرفی انواع خشکسالی ها، آنها را بتفضیل تشریح کرده است.

امروزه بهره برداری تصاویر سنجش از دوری یکی از روش هایی است که برای شناسایی تغییرات پوشش گیاهی استفاده می شود. این فن‌آوری با اندازه گیری بازتاب خاص پوشش گیاهی، امکان شناخت تغییرات بازتاب ناشی از خشکسالی را درگیاهان فراهم می سازد (Bhuiyan et al., 2006).

برای برآورد خشکسالی یک منطقه روشهای متفاوتی وجود دارد که این روشها نیاز به داشتن داده های قابل اطمینان از گذشته دارند، ولی عدم دقت در برداشت داد ه ها، محاسبه خشکسالی را با مشکلاتی همچون عدم دقت در زمان و شدت وقوع آن مواجه ساخته است. لذا امروزه با فراهم شدن امکانات ماهواره ای و تصویر برداری های متعدد در بازه های زمانی متفاوت، می‌توان خشکسالی را با صرف هزینه ها و زمان کمتر و با دقت بالاتری اندازه گیری نمود(علوی پناه،۱۳۸۲، ۱۷۰). داده های ماهواره ای برای تهیه نقشه و پایش سطح زمین از طریق ترکیب کاربردی LST[1] و NDVI تفسیر مکانیکی تری ارائه می دهد و این داده ها منبع مهمی برای پایش خشکسالی هستند (Tian et al., ۲۰۱۶). در صورت وجود رطوبت در محصول، نسبت LST/NDVI در طول زمان خشکسالی افزایش می یابد، زیرا شیب منفی نسبت LST/NDVI به دلیل دمای پایین سطح است. در شرایط خشک و در زمان رطوبت کمتر خاک درجه حرارت برگهای در حال رشد می تواند به عنوان شاخص مناسبی برای تنش رطوبتی گیاه به خصوص از زمان ظهور خشکسالی شناخته شود. در طول خشکسالی و یا شرایط خشک (کمبود رطوبت خاک)، افزایش درجه حرارت برگ، نشان دهنده اختلال رطوبت گیاهان قبل از شروع خشکسالی است (Tang and Li, 2013). لازم به ذکر است که پاسخ تنش درجه حرارت تاج پوشش گیاه ممکن است حتی زمانی که گیاه سبز باشد نیز رخ دهد؛ زیرا بسته شدن روزنه ها می تواند به کاهش از دست دادن آب به وسیله تعرق و در نتیجه جریان شار حرارتی منجر شود ((Carlson et al., 1994; Cunha et al., 2015; Han et al., 2006.

محققان، شاخص‌های سلامت گیاهان و خشکسالی را براساس نسبت‌های NDVI-LST نشان داده اند؛ از جمله شاخص سلامت گیاهان VHI[2] (Kogan, ۱۹۹۵)، شیب NDVI-LST (Nemani et al.,1992)،

1 Land Surface Temperature
2 Vegetation Health Index

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.21.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.371]

شاخص ذخیره آب پوشش گیاهی[۱] (Carlson et al., 1994)، شاخص کمبود آب[۲] (Moran et al., 1994)، شاخص شرایط دمای گیاهان (Wang et al., 2001)، شاخص کمبود رطوبت خاک[۳](Keshavarz et al., 2014.). (Fashaei et al., 2015) در پژوهشی با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS، به پهنه بندی شاخص کمبود آب (WDI) در محدوده مطالعاتی زیر مجموعه دشت مشهد در سال آبی۹۱-۹۰ پرداختند سپس با استفاده از رابطه خطی این متغیر با رطوبت خاک، انطباق مناسبی را بین این دو متغییر به دست آوردند. ضریب همبستگی۹۳ ٪ بین شاخص WDI و رطوبت خاک اندازه گیری شده درعمق۵ سانتی متری از سطح خاک، تایید دیگری بر صحت نتایج به دست آمده است. (Sohrabinia et al., 2012) تغییرات دمایی را در برابر رطوبت خاک نزدیک سطح زمین، در دشت کانتربری در جنوب نیوزلند بررسی کرد. نتایج نشان داد که رابطه مناسبی میان دمای سطح زمین اندازه گیری شده و رطوبت خاک به دست آمده از سنجنده MODIS وجود ندارد و هر چقدر بازه های تصاویر سنجنده MODIS کوتاه تر باشد ضریب همبستگی بهتری با وضعیت رطوبتی خاک خواهد داشت. (Wang et al., 2001) مشخص کردند، VTCI بر اساس رابطه فضای مثلثی بین LST و NDVI برای نظارت بر خشکسالی می باشد.(Sandholt, et al., 2002) VTCI را برای ارزیابی وضعیت رطوبت خاک توسعه داد. Wan و همکاران در سال ۲۰۰۳ از LST و NDVI بعنوان محصولات MODIS ، برای تولید شاخص درجه حرارت گیاهی (VTCI) برای نظارت بر خشکسالی در جنوب دشت بزرگ، ایالات متحده آمریکا استفاده کردند. (لاله و همکاران، ۱۳۹۰) با استفاده از فناوری سنجش از دور و تصاویر سنجنده MODIS به ارزیابی خشکسالی هواشناسی حوضه آبریز سفیدرود و استخراج شاخص های NDVI، NDWI، DSI، VTCI پرداختند ، نتایج نشان داد که شاخص VTCI در تعیین شرایط خشکسالی (زمان واقعی) به علت تلفیق خصوصیات حرارتی (دمای سطح زمین) و اطلاعات حاصل از بازتاب طیفی (شاخص های پوشش گیاهی) در قالب فرمول بندی مناسب، می تواند مثمرثمرتر باشد. (مفاخری و همکاران،۱۳۹۵) به بررسی ارتباط بین خشکسالی و شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی بر روی منطقه قروه و دهگلان کردستان با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS پرداختند. نتایج نشان داد که بطور کلی مقادیر میانگین شاخص NDVI در سال های ۲۰۰۰، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۸ پایین است که بعنوان سال های نمونه خشکسالی اکولوژیکی تعیین شده بودند. سال ۲۰۰۱ کمترین مقدار NDVI را داشت و غیر از مناطق مرکزی که زیر کشت آبی بوده، بقیه مناطق تقریبا پوشش گیاهی خود را از دست داده اند. شاخص VTCI که شامل شاخص NDVI و LST می شود، برای پایش دمای سطح پوشش گیاهی مناسب است. همچنین شاخص کسری آب (WDI) نیز یک معیار بسیار مهم ماهواره ای برای پایش شرایط رطوبت خاک است، که وابسته به NDVI و اختلاف درجه حرارت TS -Ta می باشد(Parida, R.B, 2006).

ذیلا به توزیح مختصری در ارتباط با برخی از این شاخص هاو دمای سطح زمین پرداخته می شود.

۱ Vegetation Supply Water Index

۲ Water Deficit Index

۳ Soil Wetness Deficit Index

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.21.8]

[DOI: 10.29252/jgs.20.59.371]

شاخص بهنجار شده اختلافی پوشش گیاهی (NDVI)

این شاخص از معروف ترین، ساده ترین و کاربردی ترین شاخص هایی است که در زمینه مطالعات پوشش گیاهی شناخته شده است. اولین بار توسط (Rouse et al., 1974) طرح شد. فرایند محاسباتی ساده داشته و در مقایسه با دیگر شاخص ها دارای بهترین محدوده دینامیک می باشد. این شاخص بیشترین حساسیت را به تغییرات پوشش گیاهی داشته و در مقابل اثرات اتمسفری و اثرات زمینه خاک، بجز در مواردی که پوشش گیاهی کم باشد حساسیت کمتری دارد. رابطه(۱).

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$ رایطه (۱).

بطوریکه:

NIR بازتاب انرژی درباند مادون قرمز نزدیک و RED بازتاب انرژی در باند قرمز می باشد.

از نظر تئوریکی مقدار این شاخص در محدوده۱- و ۱+ می باشد ولی محدوده آن در عمل کمتر از ۱ و بیشتر از ۱ -است. مقادیر این شاخص برای پوشش گیاهی متراکم به سوی عدد یک میل می‌کند و بر عکس ابرها ، برف و آب مقادیر منفی NDVI را پدید می‌آورند و سنگها و خاکها بایر که واکنش های طیفی مشابه در دو باند مورد استفاده دارند می‌توانند مقادیر کوچک مثبت یا منفی نزدیک به صفر داشته باشند.

دمای سطح زمین(LST)

دمای سطح زمین(LST۱) که با Ts نمایش داده شده و به دمای لایه بالایی (پوستی) سطح معروف است، یکی از پارامترهای کلیدی فرآیندهای فیزیکی سطح زمین در مقیاسهای محلی و جهانیست و به ادغام نتایج تعاملات جریانات انرژی سطح زمین و اتمسفر میپردازد (Mannstein, 1987) و تابعی از انرژی خالص در سطح زمین است که به مقدار انرژی رسیده به سطح زمین، گسیلندگی۲ سطح، رطوبت و جریان هوای اتمسفری بستگی دارد(حسینقلی زاده و ضیائیان فیروزآبادی، ۱۳۹۵). و می توان این دما را با استفاده از تابش مادون قرمز که از سطح زمین ساطع می گردد بوسیله معادله معکوس پلانک برآورد نمود.این پارامتر، برای خاکهای بدون پوشش، دمای سطح خاک و برای مناطق با پوشش گیاهی متراکم بعنوان دمای سطح خیمه گیاهی و برای مناطق با پوشش گیاهی با تراکم کم، بعنوان دمای سطح خاک، دمای خیمه گیاهی و تنه و شاخ و برگ گیاهان محسوب میگردد(Qin and Karnieli, 1999).

دمای سطح Ts دمای نزدیکترین لایه هوای مجاور برگ است و دمای هوا Taهمان دمای هوای اندازگیری شده در محیط است. در مطالعات منطقه ای، دمای سطح زمین بعنوان ورودی مناسب در مدلسازی اجزای معادله تعادل انرژی و برآورد تبخیر و تعرق بکار گرفته می شود(مباشری و همکاران،۱۳۸۶) . بازیافت دمای سطح بابهره گیری از باندهای مادون قر مز داده های ماهواره ای راه حل مناسبی برای استخراج معادله تعادل انرژی و بدست آوردن میزان تبخیر و تعرق می‌باشد. علاوه بر این، دمای سطح زمین در زمینه های تخمین نیاز آبی گیاه

1 Land Surface Temperature
2 Emissivity

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.21.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.371]

(Jackson et al., 1977)، مطالعات خشکسالی‌ها و نم موجود در خاکها (Feldhake et al., 1996) کاربرد وسیعی یافته است.

این شاخص یک رویکرد نزدیک به واقع مربوط به پایش خشکسالی با استفاده از محصولات سنجنده (اسپکترورادیومتر تصویربردار با قدرت تفکیک متوسط) مادیس است، که از طریق شاخص اختلاف نرمال شده رشد گیاهی NDVI و دمای سطح زمین LST به دست می آید. به این رویکرد شاخص شرایط دمائی رشد گیاه (VTCI)گفته می شود ، که بازتابش سطح زمین را با ویژگیهای دمائی ترکیب می کند VTCI .نه فقط به تغییرات NDVI در منطقه ، بلکه به تغییرات LST پیکسل ها با یک مقدار ویژه NDVI نیز مربوط می گردد. این شاخص از طریق نسبت تغییرات LST در بین پیکسل ها با یک مقدار ویژه NDVI در یک منطقه مطالعاتی نسبتا گسترده و بزرگ محسوب می شود یعنی صورت کسر مربوط به تفاوت بین حداکثر LST پیکسل ها و LST یک پیکسل است و مخرج کسر مربوط به تفاوت بین حداکثر و حداقل LST های پیکسل هاست. این شاخص در رابطه با خشکسالی ها دارای نمره کمتر و در رابطه با ترسالی ها دارای نمره بیشتر است. مقدار آن در بازه ای بین صفر تا یک قرار دارد .هراندازه مقدار VTCI کمتر باشد ، میزان بروز خشکسالی بیشتر خواهد بود .به زبان ریاضی می توان طبق رابطه(۲) نوشت:

$$\mathbf{VTCI} = \frac{\mathbf{LSTNDVIimax} - \mathbf{LSTNDVIi}}{\mathbf{LSTNDVIimax} - \mathbf{LSTNDVImin}}$$ رابطه(۲).

بطوریکه:

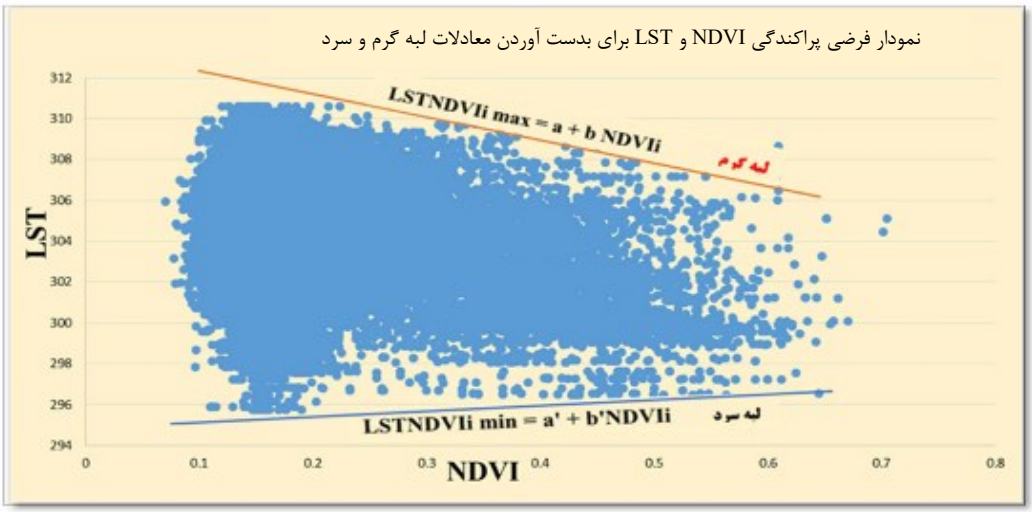
$LST_{NDVI\ Min}$ و $LST_{NDVI.Max}$ به ترتیب محدوده های حداقل و حداکثر دمای سطح زمین با مقادیر NDVI یکسان در منطقه ی مورد مطالعه می باشد. و LSTNDVIi ورودی دمای سطح در پیکسل ناشناخته i است.جاییکه:

LSTNDVIi max = a + bNDVIi LSTNDVIi min = a' + b'NDVIi

ضرایب a, b, a , 'b' می توانند از روی منطقه ای که به حد کافی بزرگ باشد تخمین زده شوند ، جائیکه رطوبت خاک در لایه سطحی باید از نقطه حداقل تا نقطه توان زمین در سطح پیکسل اندازه گیری شود. بطور کلی ، ضرائب از طریق اسکتر پلات های LST و NDVI در منطقه تخمین زده می شوند.

صورت کسر درمعادله ۲ مربوط به تفاوت بین حداکثر LST پیکسل ها و LST یک پیکسل است ، درحالیکه مخرج آن مربوط به اختلاف بین حداکثر وحداقل LST های پیکسل هاست. در شکل ۱، Max LST می تواند "لبه گرم" یعنی جائیکه کمترین رطوبت خاک وجود داشته و گیاهان تحت شرایط خشکی قرار دارند، تلقی شود، و LSTMinمی تواند بعنوان "لبه سرد" یعنی جائیکه هیچ محدودیت آبی برای گیاهان وجود نداشته باشد در نظر گرفته شود .(Gillies et al., 1997; Wang et al., 2018).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.21.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.371]



شکل (۱). پراکندگی NDVI و LST برای بدست آوردن معادلات لبه گرم و سرد(Gillies et al., 1997; Wang et al., 2018**).**

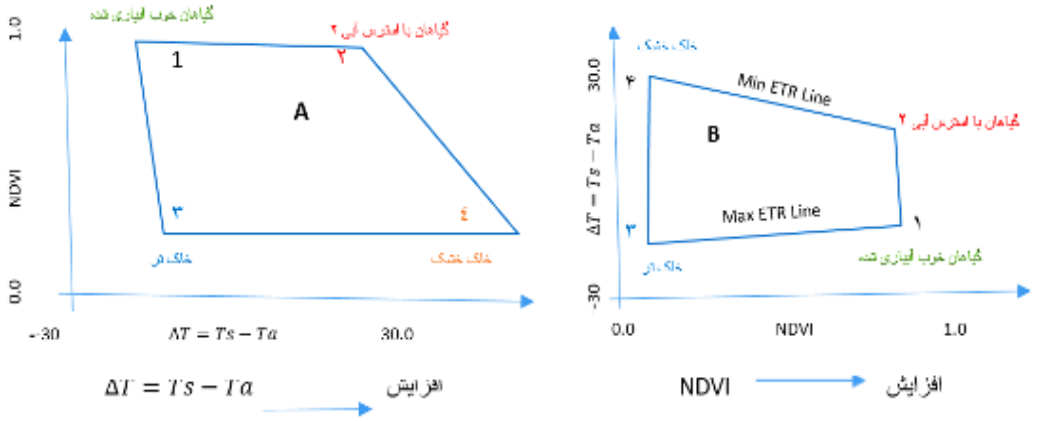
شاخص VTCI بر اساس یک فضای مثلثی NDVI-TS ساده شده استوار است که در آن "لبه سرد"(شرایط بدون استرس آبی) بعنوان یک خط در نظر می گیریم که کمترین دما را در محور NDVI (محورX) دارد و "لبه گرم" (شرایط عدم دسترسی به آب) بعنوان یک ارتباط منفی با NDVI تفسیر می کنیم. ضرایب a , b, a' , b' می توانند از روی نمودار پراکندگی برآورد گردند . در معادله ضرایب a, a 'عرض محور مختصات بوده و ضرایب b , b 'شیب لبه گرم و سرد هستند. لبه های خشک و مرطوب از طریق رگرسیون خطی بر آورد میشوند.

شاخص کمبود آب(WDI)

این شاخص از طریق تجزیه و تحلیل روابط توزیع فضای کسری دمای سطحی پوشش گیاهی تعیین می شود (Shen, T., 2004). کمیت WDI میزان نسبی شار گرمای نهان ازدست رفته سطح بوسیله تبخیر و تعرق است، جائیکه در آن سطح مخلوطی از پوشش گیاهی و خاک بایر است. در WDI برای شرایط آب آشامیدنی محصول عدد صفر در نظر گرفته می شود(مانند، یک سطح کاملا مرطوب که در آن شار گرمای نهان فقط محدود به نیاز جو است). و عددیک برای آب غیرقابل دسترس تعریف می شود (مانند یک سطح کاملا خشک که در آن گرمای نهان از دست رفته به جو وجود ندارد). این تعریف مشابه شاخص CWSI است جایی که آن به سطح پوشش گیاهی محدود می شود. اگر چه WDI مشابه CWSI است، WDI همانطور که تعریف شده کاملاً محدود به تنش آب محصول نیست، زیرابرای محاسبه تبخیر خاک لخت (فاقد پوشش گیاهی) نیز استفاده می شود(Moran et al.,1994). موران شاخص کمبودآب(WDI) را بصورت دمای سطح منهای دمای هوا و شاخص NDVI برای برآورد وضعیت نسبی آب خاک مورداستفاده قرار داد، در این تحقیق توزیع دمای سطح منهای دمای هوا در یک زمان خاص، هنگامی که در برابر درصدپوشش گیاهی قرار می گیرد به شکل یک ذوزنقه نشان داده شد. (شکل ۲) توجه داشته باشید که برای بسیاری ازمحصولات، یک رابطه خطی بین درصد پوشش و شاخص های پوشش گیاهی (مانند شاخص NDVI) وجود دارد، بنابراین شاخص WDI می تواند به جای اندازه گیری مستقیم از

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.21.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.371]

درصد پوشش استفاده کند. قسمت بالا سمت چپ ذوزنقه مربوط به آب آشامیدنی محصول در ۱۰۰درصد پوشش گیاهی و سمت راست بالا مربوط به یک محصول غیر تعرق در ۱۰۰درصد پوشش گیاهی (به ترتیب نقاط ۱و ۲) است.این دو مورد بالاترین و پایین ترین بخش ذوزنقه هستند. قسمت پایین ذوزنقه (خاک خالص) به سطح خاک مرطوب و خشک محدودمی شود.این مواردهمچنین می توانند با استفاده از مفاهیم تعادل انرژی محاسبه شوند. مفهوم WDI در شکل(A۲) نشان داده شده است. از طریق دیگر WDI را همانطور که در شکل (B۲) نشان داده شده،به ترتیب با معکوس کردن محور x و محور Yبه عنوان NDVIو تفاوت دما می توان تغییر داد. خط ETR تبخیر واقعی است و می تواند از طریق استفاده از دمای سطحی و شاخص scatter grams پوشش گیاهی منتج شود (Troofleau and Segaard,1998).



شکل ۲ توصیف ذوزنقه اندکس کمبود آب(A) و معکوس آن(B)(برگرفته از Moran et al.,1994).

این ذونقه تلفیقی از شاخص دورسنجی پوشش گیاهی و تفاضل داده های دمای سطح زمین با دمای هوا می باشد. شاخص پوشش گیاهی NDVI در لبه های چپ و راست ذوذنقه قرار می گیرد، بطوریکه اعداد ۱ و ۳ برای بیان شرایط رطوبت خاک و آب کافی در دسترس محصول می باشد و اعداد ۲ و ۴ در ذوذنقه برای بیان خشکی خاک ومیزان شدت تبخیر بالقوه آب مصرفی و تنش محصول می باشد (Luquet, et al., 2004).

دمای سطح زمین (LST) که یکی از پارامترهای کلیدی در فیزیک فرآیندهای سطح زمین در مقیاس های منطقه ای و جهانی است، ترکیبی از نتایج حاصل از تمام فعل و انفعالات سطح جو و شار انرژی بین هوا و زمین می باشد (Mannstein, 1987). گسیلندگی انرژی سطح می تواند در تفکیک پوشش گیاهی کهنه نیز استفاده شود (French et at., 2000). LST را می توان همچنین برای نظارت بر خشکسالی و سطح برآورد رطوبت خاک استفاده کرد (Feldhake et al., 1996). در مطالعه ای از دمای تاج Tc (با اندازه گیری دماسنج مادون قرمز) منهای دمای هوا Ta به عنوان شاخص وضعیت آب محصول استفاده گردید. پژوهشگران آن را تفاوت Tc-Ta در " تنش-درجه-روز" نامیدند و این پارامتر مربوط به عملکرد و نیاز آب در محصول است (Idso et al., 1981). درتحقیقی دیگر شاخص کمبود آب(WDI) برای محاسبات نرخ تبخیر و تعرق بکار برده شد(Moran et al.,1994). معادله محاسبه شاخص کمبود آب بشرح رابطه (۳) می باشد (Verstraeten et al., 2001).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.21.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.371]

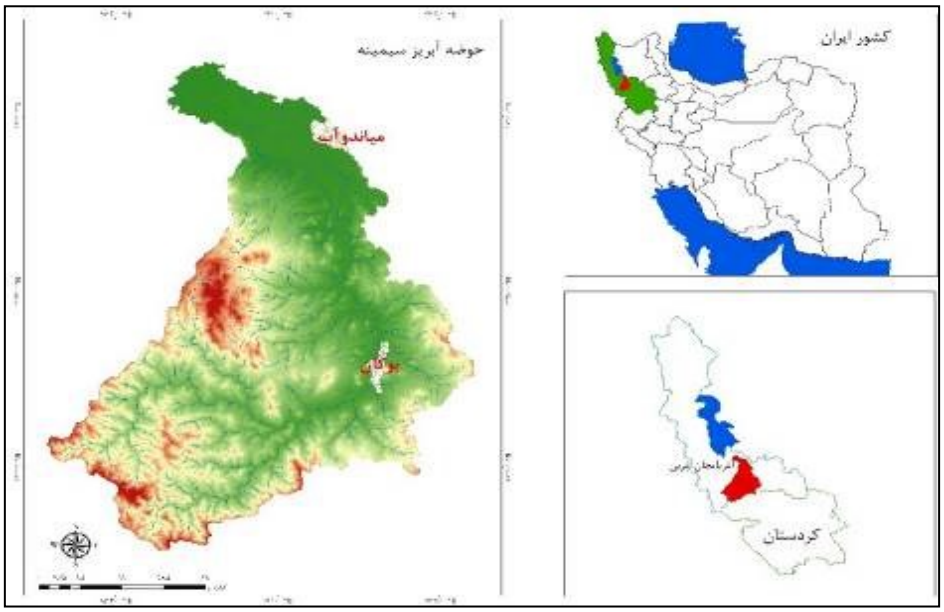
$$WDI = 1 - \frac{ET}{ETm} \approx \frac{\Delta LST\,min - \Delta LST}{\Delta LST\,min - \Delta LSTmax} \approx \frac{a\,min\,NDVI + b\,min\,\Delta LST}{(a\,min - a\,max)\,NDVI + (b\,min + b\,max)}$$ رابطه(۳)

این تحقیق در نظر دارد ضمن بررسی، رابطه بین شاخص بهنجارشده تفاوتی گیاهی و دمای سطح و اختلاف دما NDVI-Ts و NDVI- ΔT، به شناسایی تنش خشکی در مقیاس منطقه ای با استفاده از شاخص های VTCI[۱](شاخص شرایط درجه حرارت پوشش گیاهی) و WDI[۲] (شاخص کمبود آب) پرداخته و زمان وقوع خشکسالی کشاورزی را استخراج نماید.

روش تحقیق

معرفی منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز سیمینه رود از زیرحوضه های دریاچه ارومیه بوده که در موقعیت جغرافیایی ' ۳۲ ˚۴۵ تا ' ۲۴ ˚۴۶ طول شرقی و ' ۱۰ ˚۳۶ تا ' ۰۳ ˚۳۷ عرض شمالی، با وسعتی معادل ۳۹۰۰ کیلومترمربع، در غرب زیرحوضه زرینه‌رود و شرق زیرحوضه جنوب دریاچه ارومیه قرار گرفته و رودخانه اصلی آن سیمینه‌رود است. شکل (۳). این رودخانه از دامنه‌های شمالی کوه‌های دوسر، خسرو، نیستان، ابراهیم جلال و مام‌سوار سرچشمه می‌گیرد و پس از دریافت شاخه‌های متعدد در مسیر خود که در امتداد جنوب به شمال است، از غرب بوکان عبور می‌کند و در جنوب غربی میاندوآب ازطریق کانال احداث شده به چاله حیدرآباد نقده در دریاچه ارومیه می ریزد. اشکال(۴ و ۵).

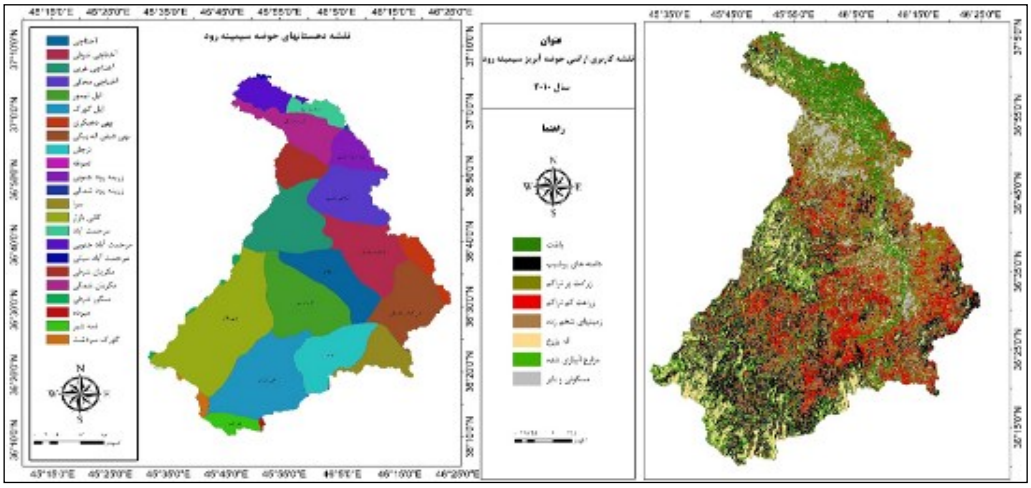


شکل (۳). حوضه آبریز سیمینه رود در استان آذربایجان غربی

۱ Vegetation temperature condition index

۲ Water deficit index

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.21.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.371]

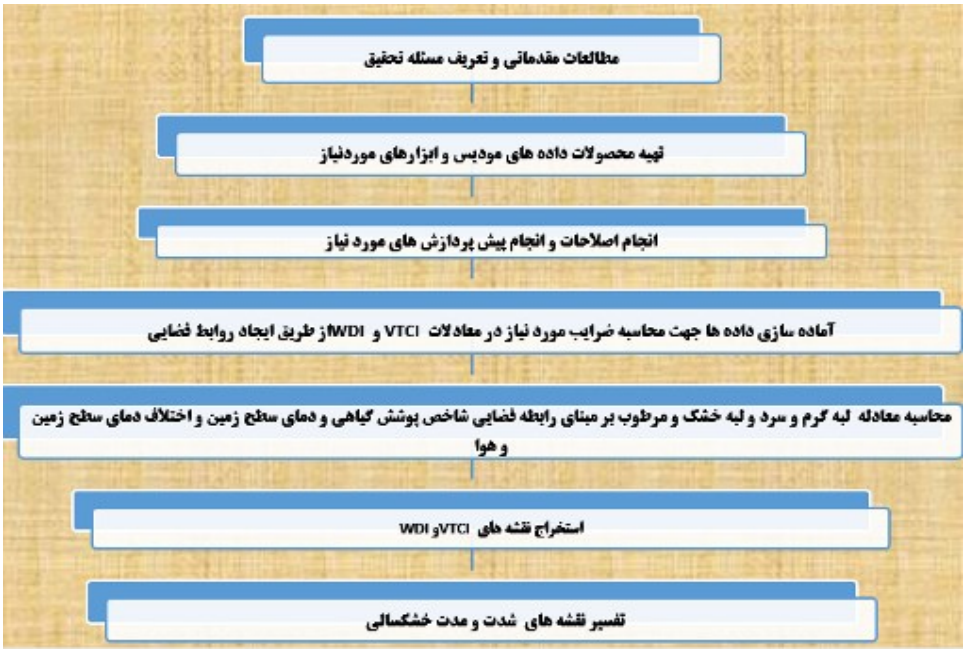


شکل (۴). نقشه کاربری اراضی شکل (۵). نقشه دهستانهای حوضه آبریز سیمینه رود

از داده ه ها و نرم افزارهای زیر جهت نیل به اهداف این تحقیق بهر گرفته شد:

۱. محصولات ترکیبی ۸ روزه دمای سطح زمین با قدرت تفکیکی یک کیلومتر و ۸ روزه بازتاب سطح با قدرت تفکیکی ۲۵۰ متر دربازه زمانی (۲۰۰۷ لغایت ۲۰۱۰) در پنج ماه متوالی ژوئن تا اکتبر از سنجنده MODIS مستقر بر روی ماهواره Terra .

۲. از نرم افزارهای ENVI۵,۱ و ARC GIS۱۰,۳ برای تجزیه وتحلیل استفاده شد. شکل (۶) نشاندهنده روند کلی این تحقیق می‌باشد.



شکل (۶). روند نمای تحقیق "اثرات شدت و مدت خشکسالی بر تراکم پوشش گیاهی در حوضه آبریز سیمینه رود"

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.21.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.371]

به استناد روندنمای شکل (۶) ابتدا دو محصول زیر از سنجنده مادیس دراین پژوهش برای استخراج تصاویر LST و NDVI دانلود گردید.

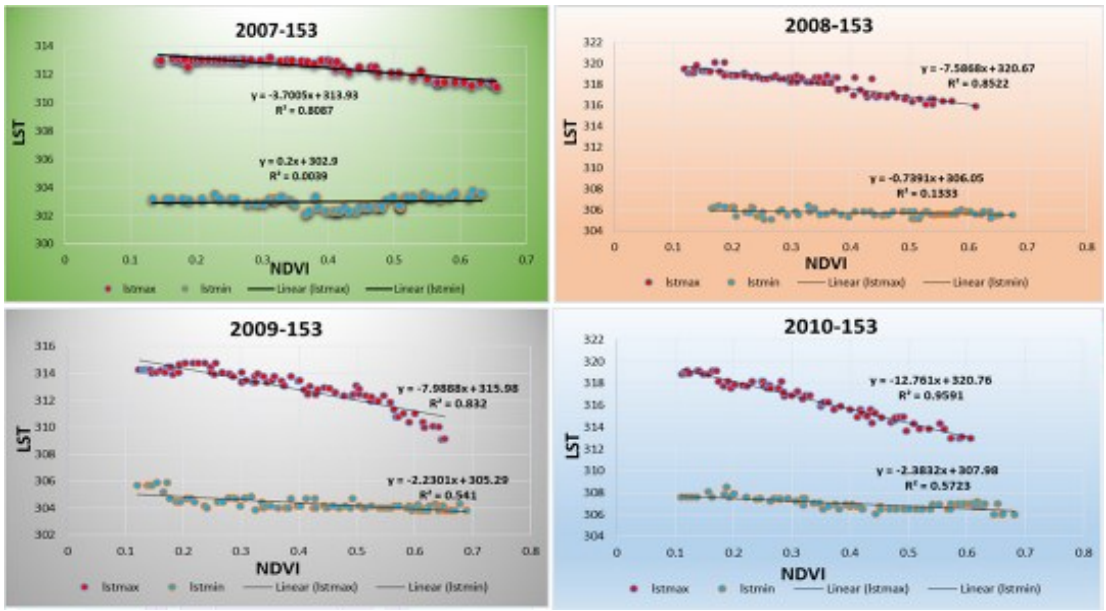
1. MODIS/Terra Land Surface Temperature (LST)
2. MODIS/Terra Surface Reflectance (NDVI)

بعد از دانلود این تصاویر، پیش پردازش هایی مانند: تبدیل تصاویر به مقیاس مربوطه، برش آنها براساس محدوده منطقه مورد مطالعه، محاسبات تغییر کد آنها و استخراج و محاسبه شاخص‌های VTCI،NDVI و WDI انجام گردید.

شاخص VTCI(رابطه ۲) به طور فیزیکی به صورت نسبت تفاوت دما بین پیکسل ها تعریف می شود. VTCI یک شاخص بی بعد است و از صفر تا یک متفاوت می باشد. روند این شاخص در نتیجه مدل سازی انرژی و انتقال ماده بین جو و سطح زمین می باشد. دامنه ی مقادیر شاخص VTCI بین صفر تا یک است که مقادیر پایین شاخص VTCI مبین احتمالات بالای خشکسالی می باشد. شاخص WDI بر اساس معادله ارائه شده در رابطه (۳) برای داده های منطقه مورد مطالعه استخراج شد.

نتایج

شاخص شرایط دمایی پوشش گیاهی (VTCI) بر اساس رابطه فضای مثلثیNDVI-TS محاسبه شده است، نمودار دو بعدی رابطه پراکندگی بین پیکسل ها را نشان می دهد. پیکسل های لبه گرم و سرد به عنوان معادله خطی رگرسیون برای محاسبه VTCI با استفاده ازنرم افزار ENVI بصورت داده های ریاضی استخراج شده اند، که در آن دمای سطح زمین (LST) و تصاویر شاخص NDVI به عنوان یک پارامتر ورودی برای معادلات VTCI استفاده شده است. شکل (۷).

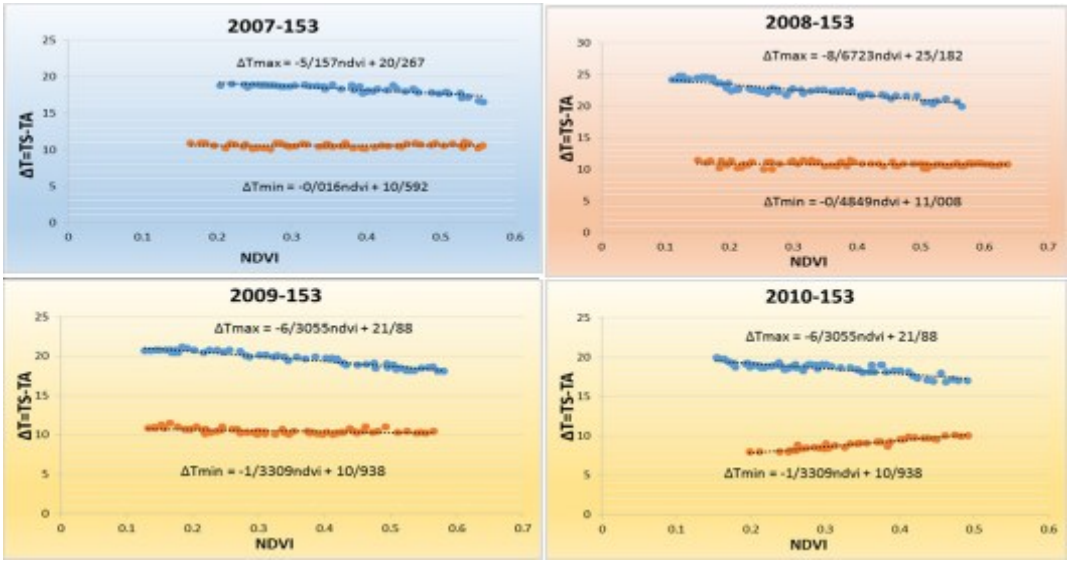


شکل (۷). لبه گرم وسرد ازرابطه فضایی NDVI-TS روز ژولیوسی ۱۵۳ درحوضه آبریز سیمینه رود(۲۰۱۰-۲۰۰۷)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.21.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.371]

در تمام این سال ها مشاهده می شود که شیب برای لبه گرم منفی است و این نشان می دهد که تراکم پوشش گیاهی نسبت به دمای سطح زمین بیشتر بوده و دمارا تعدیل کرده است درحالیکه برای لبه سرد بصورت جزئی منفی یا تغییر محسوسی ندارد. شیب لبه گرم نشان می دهد که هنگامی که مقدار NDVI برای هر فاصله زمانی افزایش می یابد، دمای حداکثر کاهش می یابد شیب در لبه سرد نشان می دهد هنگامی که مقدار NDVI افزایش می یابد، دمای حداقل در اکثر سال های مورد مطالعه اندکی کاهش می یابد به جز سال ۲۰۰۷ که شیب لبه سرد روند ثابتی داشته است. شکل(۷).

برای استخراج نتایج شاخص WDI ابتدا داده های ایستگاههای سینوپتیک منطقه (بوکان، مهاباد، میاندوآب وسقز) به روش کریجینگ درون یابی شدند، درادامه از تفاضل تصاویر TS ماهواره و Ta درون یابی شده ایستگاههای سینوپتیک منطقه، ΔT به دست آمد، درادامه نمودار های پراکندگی خط مرطوب وخط خشک درنرم افزار EXCL ترسیم شد. شکل(۸).



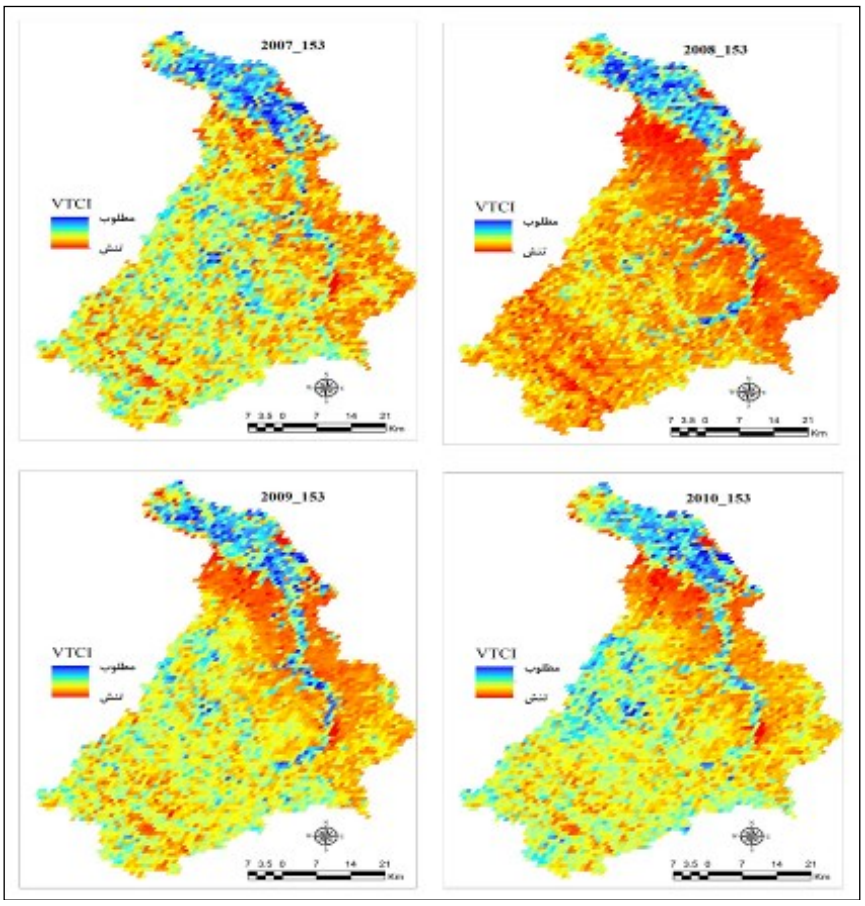
شکل(۸). لبه خشک ومرطوب ازرابطه فضایی NDVI-ΔTS روز ژولیوسی۱۵۳ درحوضه آبریز سیمینه رود(۲۰۱۰-۲۰۰۷)

شیب به دست آمده از رابطه فضایی NDVI-ΔTS برای خط خشک منفی است درحالیکه شیب به دست آمده برای خط مرطوب مثبت و در بقیه سال ها تغییر محسوسی نداشته است. شیب منفی نشان می دهد که ΔT Max با افزایش شاخص NDVI کاهش می یابد و شیب مثبت نشان می دهد که ΔT Min با افزایش شاخص NDVI افزایش می دهد.

مقدار کمتر VTCI وضعیت تنش را مشخص می کند درحالیکه مقدار بالای آن نشان دهنده شرایط مطلوب در منطقه است. بازه زمانی مورد مطالعه، نشان می دهد سال های ۲۰۰۷ تا ۲۰۰۸ در منطقه مورد مطالعه مقدار VTCI کمتری نسبت به سال های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۰ دارند، یعنی مقدار تنش بیشتری دارند. مقدار پایین VTCI تمایل به تنش دارد و مقدار بالای آن نشان دهنده شرایط مطلوب می باشد. مقدار VTCI پایین، نسبت به مقدار بالاتر آن در نقشه های به دست آمده بیشتر دیده می شود که کاملا وضعیت نسبی مساعد تنش خشکی را در

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.21.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.371]

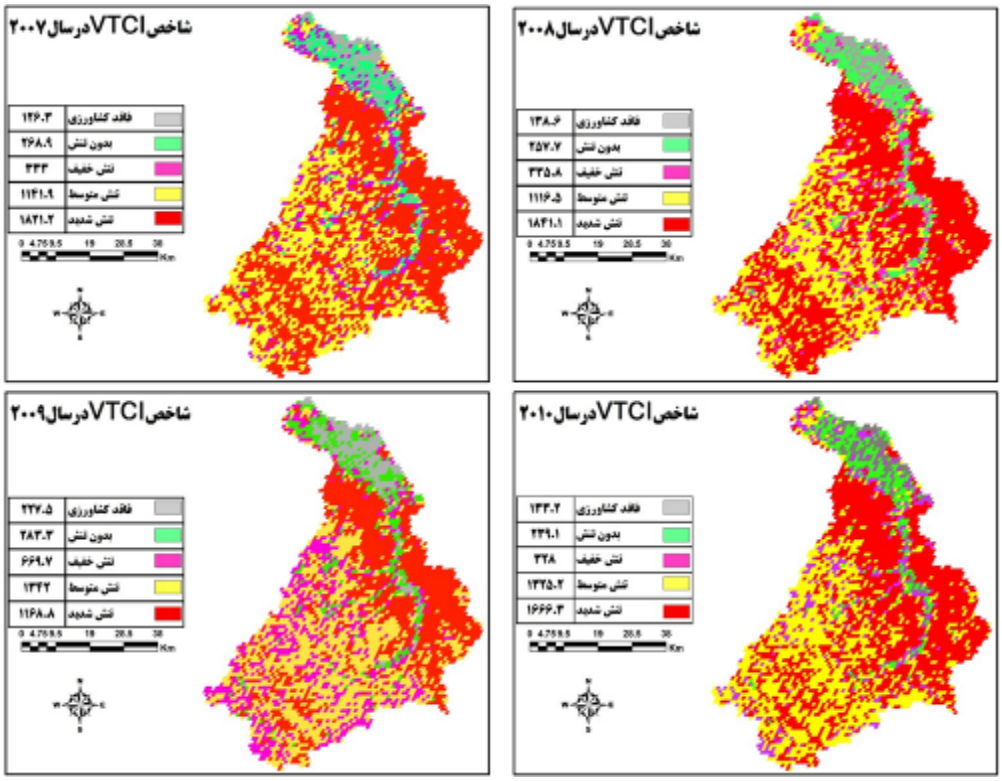
کل منطقه مورد مطالعه بیان می کند. به طور کلی سیمینه سفلی یعنی بالادست شهرستان بوکان و تا حدودی دشت حاجی آباد میاندوآب مناطقی هستند که در طول سال های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۰ شرایط تنش دمایی کمتری را نشان می دهند. این مناطق یعنی سیمینه رود سفلی (بین میاندوآب وبوکان) VTCI بیشتری نسبت به مناطق سیمینه رود وسطی (بین مهاباد و بوکان) وسیمینه رود علیا (بین بوکان وسقز) نشان می دهند. مناطق شمالی‌تر با مقدار بالای VTCI دارای تنش رطوبتی کمتر هستند و شرایط مطلوبی دارند. VTCI بالاتر این مناطق به دلیل داشتن امکانات آبیاری است که پوشش گیاهی تمایل به تنش رطوبت ندارد. علاوه بر این، قسمتهای زیادی از میاندوآب غربی پوشیده از باغات میوه و مزارعی است، که با چاه آبیاری می شوند. شکل(۹).



شکل (۹). نقشه VTCI منطقه مورد مطالعه دربازه زمانی (۲۰۱۰-۲۰۰۷)

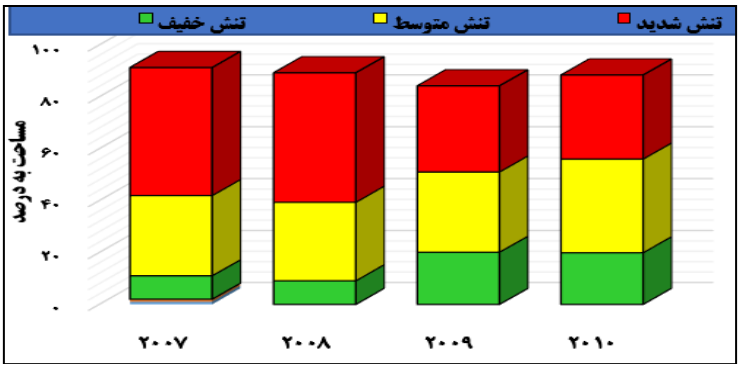
با توجه به شکل (۹) می توان نتیجه گرفت که بین تراکم پوشش گیاهی و دمای سطح استخراج شده از تصاویر ماهواره ای رابطه عکس و همبستگی منفی وجود دارد یعنی در جاهایی که پوشش گیاهی بیشتر است دمای کمتری را مشاهده می کنیم. بیشترین دما با مقدار ۴۴/۰۲ در جه سانتی گراد در سال ۲۰۰۸ و بیشترین تراکم پوشش گیاهی با مقدار۰/۸۲ در سال ۲۰۱۰ مشاهده می شود.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.21.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.371]



شکل(۱۰). پراکنش شدت خشکسالی در طول ۲۰۱۰-۲۰۰۷ بر اساس VTCI

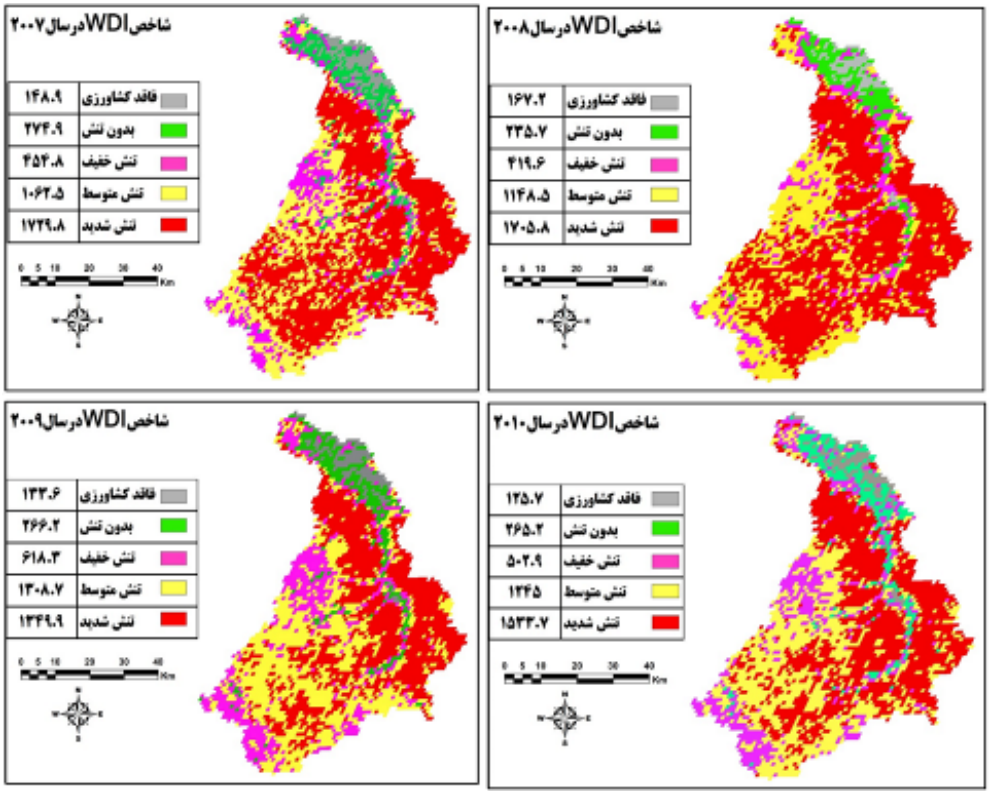
پراکنش دمای سطح درطول سال های مورد مطالعه نشان می دهد که بیشترین میزان مساحت تحت تنش شدید مربوط به سال های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ به ترتیب به میزان۱۸۲۱۰۲ و ۱۸۴۱۰۱ کیلومتر مربع می باشد. شکل(۱۰). تغییرات زمانی ماه ژوئن (روزژولیوسی ۱۵۳) تا ماه اکتبر (روزژولیوسی ۲۸۱) نشان می دهد مقدار VTCI یعنی شرایط دمای سطح پوشش گیاهی بتدریج کاهش یافته است دلیل آن کاهش تراکم پوشش گیاهی از ژوئن تا اکتبر می باشد. شکل(۱۱).



شکل (۱۱). میزان تنش خشکی کشاورزی منطقه در شرایط VTCI در روزژولیوسی ۱۵۳ برحسب درصد

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.21.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.371]

الگوی فضاییWDI نیز در حوضه آبریز سیمینه رود از حوضه اصلی دریاچه ارومیه برای روز ژولیوسی ۱۵۳ در طول سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۰ مورد بررسی قرار گرفت. شکل(۱۲) مقدار کمتر WDI نشان دهنده شرایط مطلوب است و درحالیکه مقدار بالاتر VTCI نشان دهنده شرایط مطلوب در آن منطقه بود و دامنه این شاخص درست نقطه مقابل شاخص VTCI است.

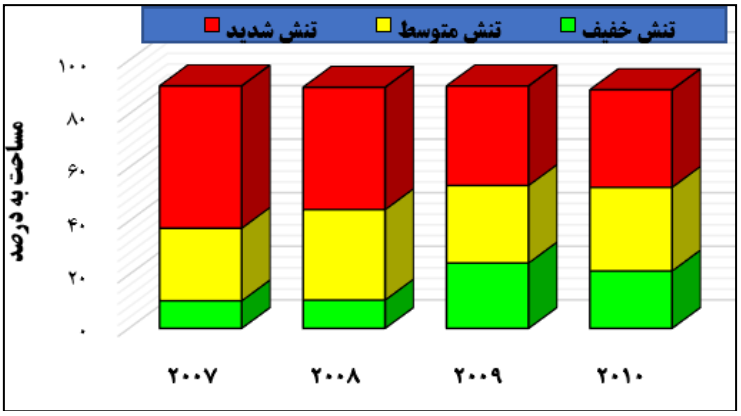


شکل (۱۲). شرایط تنش رطوبتی درسال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۰ براساس شاخص WDI درحوضه آبریز سیمینه رود

مساحت زمینهای کشاورزی در منطقه مورد مطالعه با پوشاندن ویژگیهای دیگر طبقه بندی استخراج شده است و بر اساس مقدار آستانه VTCI، طبقات مختلف خشکسالی یعنی تنش کم ، تنش متوسط و تنش شدید ، فقط برای روزهای ژولیوسی بحرانی (۱۵۳) در هر سال محاسبه شده است.

پراکنش شرایط رطوبتی سطح درطول سال های مورد مطالعه نشان می دهد که بیشترین میزان مساحت تحت تنش شدید رطوبتی مربوط به سال های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ به ترتیب به میزان۱۷۰۵,۸ و ۱۷۲۹,۸ کیلومتر مربع می باشد. شکل (۱۳).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.21.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.371]



شکل (۱۳). منطقه کشاورزی در شرایط تنش خشکی WDI در روزژولیوسی ۱۵۳ برحسب درصد

با توجه به نقشه های به دست آمده از شاخص WDI می توان مشاهده کرد که در طول ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۰ الگوی مکانی WDI، شبیه به شاخص VTCI است. با اینکه الگوهای فضایی هر دو شاخص مشابه هستند، ولی شاخص WDI طبقه متمایزی از این وضعیت را ارائه می دهد. در کل حوضه آبریز سیمینه رود شرایط تنش رطوبتی در سال ۲۰۰۷ بسیارشدید وسال ۲۰۰۸ شدید بوده ولی از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۰ بتدریج کمتر شده است. در سیمینه وسطی و نیز قسمتی ازسیمینه علیا مقدار WDI بالاست (کسری رطوبت خاک شدید است) و این نشان می دهد که تمام نواحی بین بوکان و مهاباد در معرض ابتلا به تنش رطوبتی قرار دارند. مناطق شمالی بوکان شامل منطقه سیمینه سفلی و دشت حاجی آباد میاندوآب شرایط نسبتا مطلوبی را نشان می دهند در سال ۲۰۰۷ کلیه نواحی سیمینه وسطی مانند آختاچی شرقی ، غربی و شمالی مقدار WDI بالاتری را نشان می دهد که شبیه به شرایط شاخص VTCI در ۲۰۰۸ است. برای مناطق جنوبی تر حوضه سیمینه مانند نواحی ایل گورک و کانی بازار مقدار WDI نسبت به سال های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۰ بالاتر است.

نتیجه گیری و پیشنهادات

مساحت زمینهای کشاورزی در منطقه مورد مطالعه با پوشاندن ویژگیهای دیگر طبقه بندی استخراج شده است و بر اساس مقدار آستانه VTCI، طبقات مختلف خشکسالی یعنی تنش کم ، تنش متوسط و تنش شدید ، فقط برای روزهای ژولیوسی بحرانی (۱۵۳)در هر سال محاسبه شده است.

نتایج به دست آمده نشان می دهد که به طور کلی حوضه آبریز سیمینه رود در طول سال های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ تنش خشکی (شدت خشکسالی) بیشتری داشته است. بیشترین تنش خشکی در سال های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ دیده می شود بطوریکه با احتساب تنش متوسط وشدید در بیش از ۸۰ درصد از زمینهای کشاورزی منطقه تنش خشکی روی داده است. تغییرات زمانی (مدت خشکسالی) نیز در مناطق کشاورزی در معرض تنش خشکی مشاهده شده است که بصورت نمودار میله ای رسم گردیده است.

در طول سال ۲۰۰۷ تنش خشکی از روز ژولیوسی ۱۵۳ تا ۲۸۱ جهتی افزایشی داشته است و در مقایسه با سال های دیگر بیشترین منطقه تحت تنش خشکی را در بر می گیرد. درسال ۲۰۰۸ منطقه تنش خشکی از روز

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.21.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.371]

ژولیوسی ۱۵۳ تا ۲۱۷ افزایش داشته و سپس تا روزژولیوسی ۲۸۱ کاهش یافته است. در سال ۲۰۱۰ منطقه تنش خشکی در روز ژولیوسی ۱۵۳ نسبت به بقیه روزها یعنی ۱۸۵ تا۲۸۱ کمتر است ولی در روز ۱۵۳ سال ۲۰۰۷ بالاترین تنش خشکی نسبت به بقیه سال ها مشاهده می شود. البته تنش خشکی منطقه در ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۰ از روز ژولیوسی ۱۵۳ تا ۱۸۵ کمتر بوده و روند کاهشی داشته است. به طور کلی مشاهده می شود که روز ژولیوسی بحرانی ۲۸۱ (اکتبر) بیشترین درصد از منطقه تحت تنش را در همه سال ها نشان می دهد روز ژولیوسی بحرانی ۱۵۳ (ژوئن) نتیجه بهتری از طبقات مختلف خشکسالی در منطقه را بصورت درصدی توصیف می کند و نشان می دهد که منطقه کشاورزی متأثر از خشکسالی در طول ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ کمتر بوده، درحالیکه در طول سال های ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ بیشتر تحت تنش بوده است.

تجزیه و تحلیل کلی نشان می دهد که اندازه و وسعت تنش، هم بر اساس شاخص VTCI (شرایط دمایی)و همچنین شاخص WDI (کمبود آب) از شرایط مطلوب به شرایط تنش مشابه است و نشان می دهد که بطور کلی در سال ۲۰۰۷ تنش رطوبتی بر منطقه مورد مطالعه بیشتر بوده و در سال ۲۰۰۸ شرایط تنش به اوج رسیده است ولی درسال های بعد بتدریج کمتر شده است.

توصیه های زیر برای ارتقاء روش شناسی در این مطالعه به عنوان یک ابزار موثر پایش خشکسالی به شرح زیر پیشنهاد

می‌گردد:

۱- رویکرد بهره گیری از داده های ماهواره ای، اطلاعات فضایی بالایی از تنش خشکی به ویژه در پایش خشکسالی کشاورزی ارائه می دهد. در شناسایی مقدار آستانه شاخص VTCI **و** WDI نیاز به تحقیق بیشتر دررابطه با کشاورزی دیم و زراعت آبی برای پایش خشکسالی کشاورزی می باشد. برای تحقیق بیشتر، نیاز به مطالعه دقیق در بخش کشاورزی دیم و آبی به طورجداگانه با رویکردهای اعتبار سنجی مناسب است.

۲- با توجه به نبود دستگاههای رطوبت سنج عمق خاک در مناطق دیم کشور مطالعه رطوبت لایه پایینی خاکها فعالیتهای پژوهشی را با مانع مواجه می کند، تصاویر ماهواره هم محدودیت هایی دارند لذا پژوهشهای آینده برای حصول نتیجه ای بهتر در مناطق دیم نیاز به رفع این مشکل دارند.

۳- ابرها در تصاویر ماهواره ای در شفافیت نتیجه تأثیرمنفی می گذارند، لذا قبل از هر گونه تحقیق باید دقیقا شناسایی شوند. موانع ابری در تصاویر ترکیبی ۱۶روزه LST و NDVI منجر به کاهش دقت و صحت نتایج برای پایش خشکسالی می شوند. مهم است که پژوهشگران بدانند مشاهدات ماهواره ای آذربایجانغربی درنیمه اول فصل بهار بویژه ماههای فروردین واردیبهشت نامناسب است و با موانع ابری مواجه است. لذا برای رصد مراحل رشد پوشش گیاهی دامنه ماهواره ای زیادی برای غلبه بر این مشکل لازم است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.21.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.371]

منابع

باعقیده، محمد.(۱۳۸۶). **بررسی و پایش خشکسالی استان اصفهان با استفاده از تصاویر چندزمانه ای NOAA/AVHRR و سیستم اطلاعات جغرافیایی؛** پایان نامه دکتری، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی تهران.

پرویز، لاله ,خیاط خلقی، مجید ,ولی زاده، خلیل ,عراقی نژاد، شهاب ,ایران نژاد، پرویز.(۱۳۹۰). **بررسی کارایی شاخص های منتج از فناوری سنجش از دور در ارزیابی خشکسالی هواشناسی؛ مطالعه موردی: حوضه آبریز سفیدرود**، ۱۴۷-۱۶۴.

مفاخری، امید, خالدی، شهریار, شمسی پور، علی اکبر, فلاحی خوشجی، مصطفی, کرمانی، آذر. (۱۳۹۵). **تحلیل خشکسالی با استفاده از شاخص NDVI در دشت قروه ودهگلان**. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی دانشگاه خوارزمی، ۱۶(۴۱): ۷۹-۷۷.

علوی پناه،سید کاظم،(۱۳۸۲)، **کاربرد سنجش از دور در علوم زمین** ،انتشارات دانشگاه تهران،چاپ اول، تهران.

فشایی، محمد, ثنائی نژاد، سیدحسین, داوری، کامران. (۱۳۹۴). **تخمین رطوبت خاک با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس (مطالعه موردی: محدوده دشت مشهد)**. آب و خاک, ۲۹(۶), ۱۷۳۵-۱۷۴۸.

مباشری، حمیدرضا ، حسن خاوریان، پرویز ضیاییان، غلامعلی کمالی، (۱۳۹۶). **برآورد تبخیر و تعرق با استفاده از تصاویر ماهواره Terra سنجیده MODIS در منطقه عمومی گرگان**، فصلنامه مدرس علوم انسانی، ۱:۱۱،

حسینقلی زاده، علی؛ پرویز ضیائیان فیروزآبادی و محمدتوکلی صبور. (۱۳۹۵). **مقایسه الگوریتم های مختلف برآورد دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر سنجش از دور**، دومین کنفرانس ملی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، دانشکده مهندسی نقشه برداری دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی، تهران.

Bhuiyan, C., Singh, R.P., Kogan, F.N., 2006. **Monitoring Drought Dynamics in the Aravalli Region (India) Using Different Indices Based on Ground and Remote Sensing Data**, International Journal of Applied Earth Observation and Geo information, 8: 289–302.

Byun, H. R., and Wilhite, D. A, 1999. **Objective quantification of drought severity and duration,** J. Climate., 12, 2747- 2756.

Carlson, T. N., R. R. Gillis and E. M. Perry. 1994. **A method to make use of thermal infrared temperature and NDVI measurements to infer surface soil water content and fractional vegetation cover.** Remote Sensing Reviews, 9(1-2): 161-173.

Cunha, A. P. M., R. C. Alvala, C. A. Nobre and M. A. Carvalho., 2015. **Monitoring vegetative drought dynamics in the Brazilian semiarid region.** Agricultural and Forest Meteorology, 4: 494-505.

Dai, A., 2013. **Increasing drought under global warming in observations and models**. Clim. Chang Nat. https://doi.org/10.1038/nclimate1633.

Fashaei. M, Sanaei Nejad. S. H, Davari. K., 2015. **Estimation of Soil Moisture Using Modis Sensor Imagery (Case Study: Area of Mashhad Plain).** Water and soil, 29 (6), 1735-1748.

Feldhake, C.M., Glenn, D. M. and Peterson, D. L., 1996. **Pasture soil surface temperature response to drought.** Agronomy Journal, 88(4): 652-656.

French, A.N., Schmugge, T. J. and Kustas, W. P., 2000. **Discrimination of senescent vegetation using thermal emissivity contrast.** Remote Sensing of Environment, 74(2): 249-254.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.21.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.371]

Gillies, R.R., Carlson, T. N., Cui, J., Kustas, W. P. and Humes, K. S., 1997. **A verification of the 'triangle' method for obtaining surface soil water content and energy fluxes from remote measurement of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and surface radiant temperature.** International Journal of Remote Sensing, 18, 3145-3166.

Han, L., P. Wang, H. Yang, S. Liu and J. Wang. 2006. **Study on NDVI-T s space by combining LAI and evapotranspiration.** Science in China Series D, 49(7): 747-754. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134585.

Idso, S.B., Jackson,R.D., Pinter,P.J. and Hatfield, J.L., 1981. **Normalizing the stress degree-day parameter for environmetal varibility.** Agricultural Meterology, 24: 44-indices. Remote Sensing of Environment, 90(1): 53-62.

Jackson, R.D., Reginato, R. J. and Idso, S. B., 1977. **Wheat canopy temperature: a practical tool for evaluating water requirements.** Water Resources Research, 13: 651–656.

Jensen, John R., 2014. **Remote Sensing of the Environment An Earth Resource Perspective, Second Edition, Pearson Education Limited Edinburgh,** Gate Harlow Essex CM20 2JE England and Associated Companies throughout the world.

Keshavarz, M. R., M. Vazifedoust and A. Alizadeh. 2014. **Drought monitoring using a soil wetness deficit index (SWDI) derived from MODIS satellite data.** Agricultural water management 132: 37-45

Khaledi. Sh. Mafakhri. O, Shamsipour. A. A., 2016. **Drought analysis using the NDVI index in Qorveh and Dehgolan plain.** Journal of Applied Geosciences Research, Kharazmi University No.77-79.

Kogan, F. N., 1995. **Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection.** Advances in Space Research, 15(11): 91-100.

Liu, Q. وS. Zhang, H. Zhang et al.,2011, **Monitoring drought using composite drought indices based on remote sensing,** Science of the Total Environment.

Liu, X., Pan, Y., Zhu, X., Yang, T., Bai, J., Sun, Z., 2018. **Drought evolution and its impact on the crop yield in the North China Plain.** J. Hydrol. 564, 984–996.

Liu, X., Zhu, X., Pan, Y., Zhao, A., Li, Y., 2015. **Spatiotemporal changes of cold surges in Inner Mongolia between 1960 and 2012.** J. Geogr. Sci. https://doi.org/10.1007/ s11442-015-1166-y.

Luquet, D., Vidal, A., Dauzat, J., Begue, A., Olioso, A. and Clouvel, P., 2004. **Using directional TIR measurements and 3D simulations to assess the limitations and opportunities of water stress.**

Mannstein, H., 1987. **Surface energy budget, surface temperature and thermal inertia.** In R. A. Vaughan, & D. Reidel (Eds.), **Remote Sensing Applications in Meteorology and Climatology. NATO Advanced Study Institutes Series. Series C,** Mathematical and Physical Sciences, vol 201.

A.Vaughan, & D. Reidel (Eds.), **Remote Sensing Applications in Meteorology and Climatology.NATO Advanced Study Institutes Series. Series C,** Mathematical and Physical Sciences, vol 201.

Mannstein, H., 1987. **Surface energy budget, surface temperature and thermal inertia.** In R. Mishra, A.K., Singh, V.P., 2010. **A review of drought concepts.** J. Hydrol. https://doi. org/10.1016/j.jhydrol.2010.07.012.

Moran, M. S., T. R. Clarke, Y. Inoue and A. Vidal. 1994. **Estimating crop water deficit using the relation between surface-air temperature and spectral vegetation index**. Remote Sensing of Environment, 49(3): 246-263.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.21.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.371]

Nemani. R., L. Pierce and S. Running. 1992. **Developing satellite-derived estimates of surface moisture status.** Journal of Applied Meteorology, 32: 548-557.

Parida, R.B., 2006. **Analysing the effect of severity and duration of Agricultural drought on crop performance using Terra/MODIS Satellite data and Meteorological data**. Master Thesis. 9-22.

Parviz. L, Khayyat khalghi. M, Araghinezhad. Sh & Irannezhad. P, 2011. **Performance Evaluation of the Indicators of Remote Sensing Technology in Meteorological Drought Assessment; Case study**: Basin of the Sefid river.147-164.

Qin, Z. and Karnieli, A., 1999. **Progress in the remote sensing of land surface temperature and ground emissivity using NOAA-AVHRR data.** International Journal of Remote Sensing, 20: 2367- 2393.

Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., and D. W. Deering, 1974, **Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS, Proceedings,** 3rd Earth Resource Technology Satellite (ERTS) Symposium. 1, 48–62.

Sandholt I., Rasmussen K., and Andersen J, 2002. **A Simple Interpretation of the Surface Temperature/Vegetation Index Space for Assessment of Surface Moisture Status**, Remote Sens. Environ. 79(2), 213–224.

Shen, T., 2004. **Study on Hydrological process of Land and Atmosphere system in Semiarid Agricultural region.Doctoral thesis,** Chiba University Japan, 69-89.

Sohrabinia M. 2012, **Geostatistical analysis of surface temperature and in-situ soil moisture using LST time-series from MODIS, International Archives of the Photogrammetry**, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XXXIX-B7, 2012, XXII ISPRS Congress, 25 August – 01 September 2012, Melbourne, Australia.

Tang, H. and Z. L. Li., 2013. **Quantitative Remote Sensing in Thermal Infrared: Theory and Applications.** Springer Science & Business Media.

Tian, F., Martin Brandt , Yi Y. Liu , Aleixandre Verger , Torbern Tagesson , Abdoul A. Diouf , Kjeld Rasmussen , Cheikh Mbow , Yunjia Wang , Rasmus Fensholt., 2016. **Remote sensing of vegetation dynamics in drylands: Evaluating vegetation optical depth (VOD) using AVHRR NDVI and in situ green biomass data over West African Sahel.** Remote Sensing of Environment, 177:265-276.

Troofleau, D., and Segaard,H., 1998. **Deriving surface water status in the sahel from the pathfinder AVHRR Land data set.** Physics, Chemistry, Earth.23 (4): 421-426.

Verstraeten, W.W., Veroustreaete,F. and Feyen.J, 2001. **Monitoring water limited carbon mass fluxes over Europe using NOAA-AVHRR imagery and an adapted PEM Model C-FIX.**

Wagner, W., Lemoine, G., Rott, H., 1999. **A method for estimating soil moisture from ERS Scatterometer and soil data**. Environ. Remote Sens. https://doi.org/10.1016/ S0034-4257(99)00036-X.

Wan, Z., Wang, P., and Li, X., 2004. **Using MODIS Land Surface Temperature and Normalized Difference Vegetation Index products for monitoring drought in the southern Great Plains, USA.** International Journal of Remote Sensing, 25(1): 61-72.

Wan, Z., Zhang, Y., Zhang, Q. and Li, Z., 2002. **Validation of the land -surface temperature products retrieved from Terra Moderate Resolution Imaging Spectrometer data**. Remote sensing of Environment, 83: 163-180.

Wang, P. X., X. W. Li, J. Y. Gong and C. Song. 2001. **Vegetation temperature condition index and its application for drought monitoring.** Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2001. IGARSS'01. IEEE 2001 International (1): 141-143. IEEE.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.21.8]
[DOI: 10.29252/jgs.20.59.371]

Wang, S., Xingguo, M., Zhengjia,. L., Shi, H. 2018. **Assessment of droughts and wheat yield loss on the North China Plain with an aggregate drought index (ADI) approach**. Article in Journal of Agricultural Meteorology Ecological Indicators ۱۰۷ (۲۰۱۸)– ۱۱۶۰ January 2018.

Wilhite, D.A., Glantz, M.H., 1985. **Understanding the drought phenomenon: the role of definitions**. Water Int. https://doi.org/10.1080/02508068508686328.

Wu, J., Liu, Z., Yao, H., Chen, X., Chen, X., Zheng, Y., He, Y., 2018. **Impacts of reservoir operations on multi-scale correlations between hydrological drought and meteorological drought**. J. Hydrol. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.06.053.

Yao, N., Li, Y., Li, N., Yang, D., Ayantobo, O.O., 2018. **Bias correction of precipitation data and its effects on aridity and drought assessment in China over 1961–2015. Sci.** Total Environ. 639, 1015–1027. https://doi.org/10.1016/j. scitotenv.2018.05.243.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1399.20.59.21.8]

[DOI: 10.29252/jgs.20.59.371]