

بررسی خشک‌سالی با استفاده از دو شاخص خشکی دما- گیاه $TVDI_{LAI}$ و $TVDI_{NDVI}$ مبتنی بر تصاویر سنجنده MODIS در مقیاس منطقه‌ای (مطالعه موردی: استان خراسان شمالی)

نازیلا شاملو^{۱*}، علیرضا فریدحسینی^۲، امین علیزاده^۳، جواد امیدوار^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۵/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۲۱

چکیده

خشک‌سالی از خطرات عمده مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است که اثرات زیادی در بسیاری از بخش‌های اقتصادی به ویژه منابع طبیعی می‌گذارد. در طی دو دهه اخیر ایران از چندین خشک‌سالی شدید کشاورزی رنج برده که باعث کاهش مشخص در تولیدات کشاورزی شده است. در این مقاله سعی بر این است تا با استفاده از دو شاخص خشکی دما- گیاه $TVDI_{LAI}$ و $TVDI_{NDVI}$ و همچنین با بکارگیری محصولات دمایی و پوشش گیاهی سنجنده مودیس به بررسی خشک‌سالی منطقه‌ای از دیدگاه کشاورزی در استان خراسان شمالی طی سه سال تر ۱۳۸۱-۱۳۸۲ سال خشک ۱۳۸۶-۱۳۸۷ و سال نرمال ۱۳۹۱-۱۳۹۲ پرداخته شد و کارایی دو روش مذکور مورد سنجش قرار گرفت. نتایج نشان داد که شاخص $TVDI_{LAI}$ نسبت به $TVDI_{NDVI}$ دوره‌های خشکی را بهتر پایش می‌کند. نتایج همبستگی خطی بین شاخص‌های خشک‌سالی و مقادیر بارش تجمعی طی ۱۶ روز دوره تصویر، ۱۶ روز پیش از تصویر و ۱ ماه، ۲ ماه، ۳ ماه، ۵ ماه و ۷ ماه قبل از تصویر نیز نشان داد که همبستگی شاخص‌ها به ویژه شاخص $TVDI_{LAI}$ با بارش تجمعی ۲ ماه قبل از تصویر نسبت به بارش در سایر بازه‌های زمانی بیش‌تر است که این مسئله به دلیل پاسخ تاخیری پوشش گیاهی به بارندگی است.

واژه‌های کلیدی: خشک‌سالی، خراسان شمالی، مودیس، LAI ، $NDVI$ ، $TVDI$

مقدمه

ناهنجاری‌ها و نوسانات در روند پارامترهای هواشناسی (از جمله بارندگی و دما) از ویژگی‌های طبیعی چرخه اتمسفری می‌باشد. این ناهنجاری‌ها در بسیاری از نقاط دنیا شدید است و موجب اختلال در اکوسیستم‌های طبیعی می‌گردد. خشک‌سالی پدیده‌ای طبیعی جهانی، تکرار شونده است که در نتیجه این ناهنجاری‌های اقلیمی و تغییرات اجتناب ناپذیر هواشناسی رخ می‌دهد (White., 2006). خشک‌سالی پدیده‌ای خزنده می‌باشد که بر خلاف سیل و بارندگی که زمان وقوع و خاتمه مشخصی دارند توصیف زمانی و مکانی آن دشوار است (Chandrasekar., 2010).

از طرفی تغییر پوشش گیاهی نسبت به بارندگی (عامل اصلی وقوع خشک‌سالی) دارای تاخیر زمانی است بنابراین مدت‌ها پس از شروع بارندگی هنوز ممکن است اثرات خشک‌سالی وجود داشته باشد.

این مساله ضرورت بررسی پدیده‌های خشک‌سالی را به طور هم‌زمان نشان می‌دهد. زیرا بررسی خشک‌سالی تنها از یک دیدگاه منجر به شناخت ناقص پدیده مذکور شده و اجرای تصمیمات مدیریتی را با مشکل مواجه می‌سازد. برای پایش تصمیم‌گیری و مدیریت خشک‌سالی‌ها نیاز به اطلاعات زمانمند و دقیق در باره ابعاد زمانی و مکانی خشک‌سالی می‌باشد. فهم و تعریف مناسب شاخص‌های خشک‌سالی برای هشدار به هنگام می‌تواند اثرات خشک‌سالی را کاهش دهد شاخص‌های رایج برای پایش خشک‌سالی شامل متغیرهای زیست محیطی مانند پوشش گیاهی و تبخیر - تعرق، متغیرهای هواشناسی مانند بارش، همچنین متغیرهای هیدرولوژیک مانند رطوبت خاک، جریان سطحی، سطح آب زیرزمینی و سطح مخازن و دریاچه‌ها و برف می‌باشد (Bambo., 2012). به دلیل آن‌که تغییر پوشش گیاهی نسبت به بارندگی دارای تاخیر زمانی می‌باشد ممکن است اثرات خشک‌سالی مدت‌ها پس از شروع بارندگی هنوز وجود داشته باشد (Chandrasekar., 2011). شاخص‌های اقلیمی و هیدرولوژیکی (نقطه مبنا) متعددی وجود دارد که بر مبنای داده‌های هواشناسی می‌باشد با این حال داده‌های نقطه مبنا اغلب به خوبی توزیع نشده‌اند و ناکافی و غیرقابل دسترس می‌باشند. در مقابل روش‌های سنجش از

۱- کارشناس ارشد مهندسی منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۴- کارشناس ارشد آبیاری زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(* نویسنده مسئول (Email: Nazilashamloo@yahoo.com)

نمودند مقادیر دمای سطح زمین LST و شاخص تفاضلی نرمال شده پوش گیاهی NDVI را در مقابل هم رسم نمودند و با مقایسه نتایج با مقادیر بارش نشان دادند که شاخص خشکی دمایی گیاهی TVDI به خوبی توانسته شرایط خشکی و کمبود بارش را نشان دهد (Gao et al., 2011). در تحقیقی دیگر سه شاخص خشکی گیاهی VDI، خشکی دمایی - گیاهی TVDI و شاخص خشکی - گیاهی بهبود یافته iTVDI به منظور تشخیص شرایط خشک‌سالی در منطقه نیمه-خشک همدان مورد استفاده قرار گرفت (Rahimzadeh., 2012) در مطالعه‌ی دیگر نوری (۱۳۹۲) به بررسی خشک‌سالی در استان خراسان شمالی طی دو سال خشک و نرمال با استفاده از شاخص‌های خشکی دما- گیاه TVDI و دما گیاه اصلاح شده MTVDI پرداخت. در این بررسی وی نشان داد که شاخص MTVDI نسبت به شاخص TVDI دوره‌های خشکی را بهتر پیش می‌کند. لیانگ و همکاران به بررسی روند تغییرات خشک‌سالی با استفاده از شاخص TVDI و رابطه آن با عوامل اقلیمی در چین پرداختند (Liang et al., 2014). گائو و همکاران در منطقه‌ای از چین به بررسی شاخص پوشش گیاهی نرمال شده و شار گرمای زمین پرداختند و توانایی شاخص‌های NDVI، SMMI و TVDI در تعیین خشک‌سالی منطقه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که روابط بین NDVI و شار گرمای زمین به طور قابل توجهی تحت تاثیر پوشش زمین و تراکم پوشش گیاهی می‌باشد (Gao et al., 2014).

پاتل و همکاران در مطالعه‌ی منطقه‌ای از هند برای بررسی مکانی و زمانی خشک‌سالی با استفاده از تصاویر ترکیبی ۸ روزه مودیس، شاخص سطح برگ و دمای سطحی زمین، شاخص TVDI برای سال‌های ۲۰۱۲-۲۰۰۲ محاسبه نمودند. براساس تجزیه و تحلیل مشخص شد که شاخص سطح برگ نیز می‌تواند شرایط تنش خشکی را مشخص نماید. با بررسی شاخص TVDI در مقابل شاخص رطوبت محصول (CMI)، نتایج نشان داد که روند افزایشی شاخص TVDI یک روند کاهشی برای شاخص CMI در طول سال ۲۰۰۲ داشت. ارتباط معنی‌دار و منفی TVDI و CMI نشان می‌دهد که حساسیت بیش‌تر TVDI به رطوبت خاک موجود در سایبان پوشش گیاهی در شرایط خشک‌سالی می‌باشد (Patel et al., 2011).

از آن‌جا که شاخص NDVI زود اشباع می‌شود و قادر نیست مقادیر متراکم پوشش گیاهی را به خوبی تفکیک کند از این رو در این تحقیق از شاخص سطح برگ LAI به جای NDVI استفاده شد، هدف از این تحقیق بررسی کارایی دو شاخص $TVDI_{NDVI}$ و $TVDI_{LAI}$ در منطقه نیمه‌خشک خراسان شمالی است.

دور قادر به پایش در مقیاس‌های زمانی و مکانی با هزینه و زمان کم‌تر می‌باشند. از سال ۱۹۸۰ شاخص‌های مبتنی بر سنجش از دور متعددی برای بررسی شرایط گیاهی و میزان رطوبت خاک برای پایش خشک‌سالی توسعه یافته است. شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده^۱ رایج‌ترین شاخص گیاهی منعکس کننده میزان پوشش گیاهی و کلروفیل و از اولین شاخص‌های سنجش از دور موفق برای پایش شرایط گیاهی و خشک‌سالی در مقیاس منطقه‌ای است. این شاخص دو محدودیت عمده برای پایش خشک‌سالی دارد ۱- تاخیر زمانی آشکار بین رخداد بارندگی و پاسخ NDVI و ۲- تاثیر کم رخداد بارندگی بعدی در فصل رشد بر NDVI.

این شاخص اغلب به عنوان شاخص سبزی بیان شده است که نشان‌دهنده پوشش گیاهی است و وضعیت آب در منطقه را به خوبی نشان نمی‌دهد. بنابراین نیاز به شاخص‌های حساس‌تر نسبت به NDVI برای پایش خشک‌سالی می‌باشد برای غلبه بر این مشکلات رویکرد ترکیب شاخص‌های گیاهی و دمای سطح زمین LST^2 برای تعیین وضعیت آب منطقه ارایه شده است (Patel et al., 2011).

LST یک شاخص خوب برای جزوبندی انرژی در سطح است. در مورد خشک‌سالی LST می‌تواند به عنوان یک نماینده برای برآورد تنش آبی خاک و پوشش گیاهی برای فصلی که شرایط خشکی در نتیجه کمبود رطوبت خاک هم دمای برگ (در نتیجه بسته شدن روزنه) و درجه حرارت سطح افزایش خواهد یافت، استفاده شود (Zhong et al., 2011). شاخص‌های متنوعی بر مبنای رابطه بین دمای سطح زمین و شاخص‌های پوشش گیاهی توسط محققان ارایه شده است. در اغلب این شاخص‌ها مقادیر دمای سطح زمین هر پیکسل در مقابل مقادیر شاخص پوشش گیاهی هر پیکسل رسم می‌شود که نمودار نقطه‌ای دارای شکلی مثلث‌گونه^۳ یا دوزنقه‌ای^۴ ایجاد می‌شود (Patel et al., 2011). شاخص خشکی دما- گیاه TVDI شاخصی است که می‌تواند برای پایش تغییرات کوتاه و بلند مدت رطوبت خاک و اثرات آن روی شرایط گیاهی به کار رود. این شاخص از رابطه پارامتری بین دمای سطح زمین LST و شاخص‌های گیاهی بدست می‌آید (Sandholt et al., 2002). که با استفاده از داده‌های سنجش از دوری، داده‌های جانبی منفرد محاسبه می‌شود. شاخص TVDI به دلیل آسانی و محاسبه سریع به گستردگی استفاده شده است. بسیاری از محققان برای پایش خشک‌سالی در چین از این شاخص استفاده نمودند (Wang., 2004; Li Juan., 2005; Huang., 2013)

در بررسی گائو و همکاران از تصویر ماهواره‌ای لندست استفاده

- 1- Normalized Difference Vegetation Index
- 2- Land Surface temperature
- 3- Triangular Shape
- 4- Trapezoidal Shape

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه استان خراسان شمالی با مساحتی حدود ۲۸۴۳۴ کیلومترمربع واقع در شمال شرق ایران با مختصات جغرافیایی ۵۵ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۲۸ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی می‌باشد. تنوع اقلیم‌های مختلف در استان خراسان شمالی به دلیل وجود کوهستان‌ها، جنگل‌ها، مراتع وسیع و منابع آب سرشار است. وجود تنها رودخانه دائمی و پر آب شرق ایران اترک و سرشاخه‌های متعدد آن و چشمه‌سارهای این استان در تامین منابع آب، استان اهمیت ویژه‌ای

دارد. میزان بارندگی سالانه در این استان در نواحی مختلف ۱۳۰ تا ۵۰۰ میلی‌متر متغیر است. ارتفاع متوسط منطقه ۱۳۲۶ متر است درجه حرارت سالانه استان نیز بین ۸- درجه سانتی‌گراد تا ۱۵ درجه سانتی-گراد متغیر است. متوسط بارندگی سالانه استان ۲۳۰ میلی‌متر بوده که بیش‌ترین آن با مقدار ۴۶۸ میلی‌متر در شهرستان مانه و سملقان و (ایستگاه درکش) و کم‌ترین آن به مقدار ۱۲۰ میلی‌متر در ایستگاه جاجرم گزارش شده است متوسط دمای استان ۱۳/۰۵ درجه سانتی-گراد بوده که در فصل تابستان حداکثر به ۴۰ درجه سانتی‌گراد در شهرستان مانه و سملقان می‌رسد. اقلیم استان طبق روش دومارتن نیمه‌خشک تا خشک می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

داده‌های مورد استفاده

داده‌های هواشناسی

در این مطالعه از اطلاعات ایستگاه‌های باران‌سنجی و تیکسیرسنجی خراسان شمالی از سال تاسیس تا سال آبی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ به صورت روزانه به منظور محاسبه شاخص SPI و بدست آوردن سال‌های خشک، مرطوب و نرمال استفاده شد.

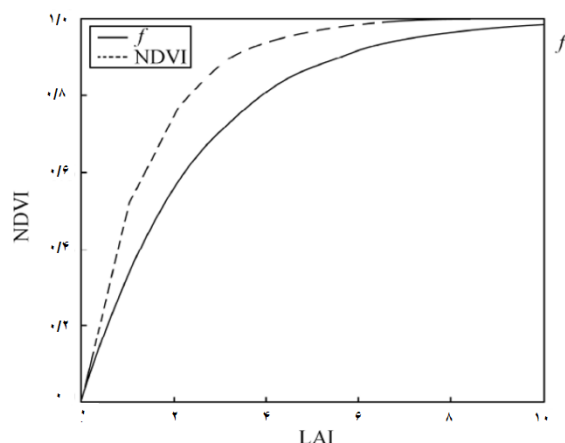
با توجه به این که استان خراسان شمالی تحت تاثیر سیستم‌های مختلف آب و هوایی می‌باشد. ابتدا شاخص SPI برای هر ایستگاه جداگانه محاسبه شد. سپس بر اساس فراوانی مقادیر SPI برای هر سال در ایستگاه‌های مختلف، طبقات شاخص SPI شامل دوره ترسالی بسیار شدید، ترسالی شدید، ترسالی متوسط، نرمال، خشک‌سالی متوسط، خشک‌سالی شدید، خشک‌سالی بسیار شدید مشخص شدند. براساس این محاسبات سال آبی ۱۳۸۶-۱۳۸۷ به عنوان سال خشک، سال آبی ۱۳۸۱-۱۳۸۲ به عنوان سال مرطوب و سال آبی ۱۳۹۲-

۱۳۹۱ سال نرمال مشخص شد.

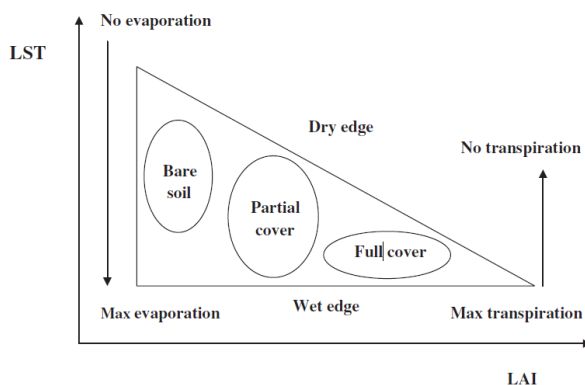
قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها برای اطمینان از کمیت و کیفیت آن‌ها و همچنین کامل بودن سری آماری آزمون‌های آماری ران تست، همگنی و آزمون داده پرت گروپزبک^۲ انجام شد زیرا که بدون ارزیابی صحیح داده‌ها انجام تحلیل‌های پیچیده آماری نتایج قابل اعتمادی بدست نخواهد آمد. به دلیل آن که پوشش گیاهی و رطوبت خاک رفتاری تجمعی در طبیعت دارند از مقادیر تجمعی بارندگی به جای مقادیر میانگین استفاده شد و مقادیر تجمعی بارندگی در ۱۶ روز طی تصویر، ۱۶، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵، ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۸۰ و ۲۱۰ روز قبل محاسبه شد.

1- Run test

2- Grubbs and Beck Test



شکل ۳- رابطه بین LAI و NDVI



شکل ۴- فضای دمای سطح زمین - شاخص سطح برگ اصلاح شده از ساند هولند و همکاران ۲۰۰۲

$L=0$ و در مناطق بدون پوشش گیاهی $L=1$ می‌باشد. به طور کلی $L=0.5$ در همه مناطق به خوبی عمل می‌کند. زمانی که $L=0$ است SAVI و NDVI با هم برابر می‌باشند. با در نظر گرفتن $L=0.5$ این شاخص برای منطقه مورد مطالعه محاسبه شد. شاخص سطح برگ LAI با استفاده از رابطه تجربی بر اساس SAVI به صورت فرمول ۸ محاسبه شد. (Bastianssen et al., 1998).

$$LAI = - \frac{\left(\ln \left(\frac{0.69 - SAVI}{0.59} \right) \right)}{0.91} \quad (8)$$

که اگر $LAI=6$ ، و اگر $LAI=0$ ، $SAVI < 0.1$ باشد. در نهایت برای بدست آوردن شاخص‌های خشکی دما گیاه بر مبنای NDVI و LAI ابتدا با بعد از اعمال ماسک ابر

برروی تصاویر و برش تصاویر بر مبنای منطقه مورد نظر برنامه‌ای در matlab برای رسم متناظر مقادیر پیکسل‌های تصاویر دمای سطح زمین و شاخص‌های گیاهی (LAI و NDVI) در مقابل هم نوشته شد

نتایج و بحث

در شکل های ۵، ۶ و ۷ نمونه‌ای از نمودارهای حاصل از رسم

بنابراین TVDI با استفاده از رابطه ۴ محاسبه می‌شود

$$TVDI = \frac{LST - LST_{min}}{LST_{max} - LST_{min}} \quad (4)$$

که LST دمای سطح مشاهده شده به کلون از پیکسل داده شده است LST_{min} حداقل دما در فاصله مثلثی $LST-LAI$ می‌باشد که به آن لبه تر گفته می‌شود، به صورت رابطه ۵ محاسبه می‌شود

$$LST_{min} = a + b \times LAI \quad (5)$$

و LST_{max} حداکثر دما در فاصله مثلثی $LST-LAI$ می‌باشد که به آن لبه خشک گفته می‌شود و به صورت رابطه ۶ محاسبه می‌شود

$$LST_{max} = c + d \times LAI \quad (6)$$

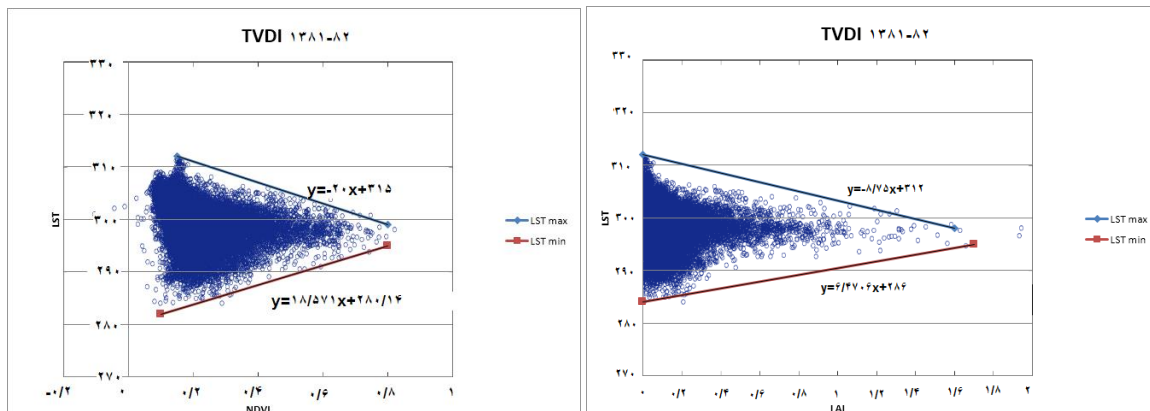
ضرایب a, b, c, d ضرایبی هستند که از برازش خطوط به لبه خشک و لبه تر نمودارهای رابطه بین $LST-LAI$ بدست می‌آیند. تصاویر LAI از محصول بازتاب سطح و با استفاده از روابط تجربی بر مبنای شاخص SAVI به صورت رابطه ۷ محاسبه می‌شود.

$$SAVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED+L)} \times (1 + L) \quad (7)$$

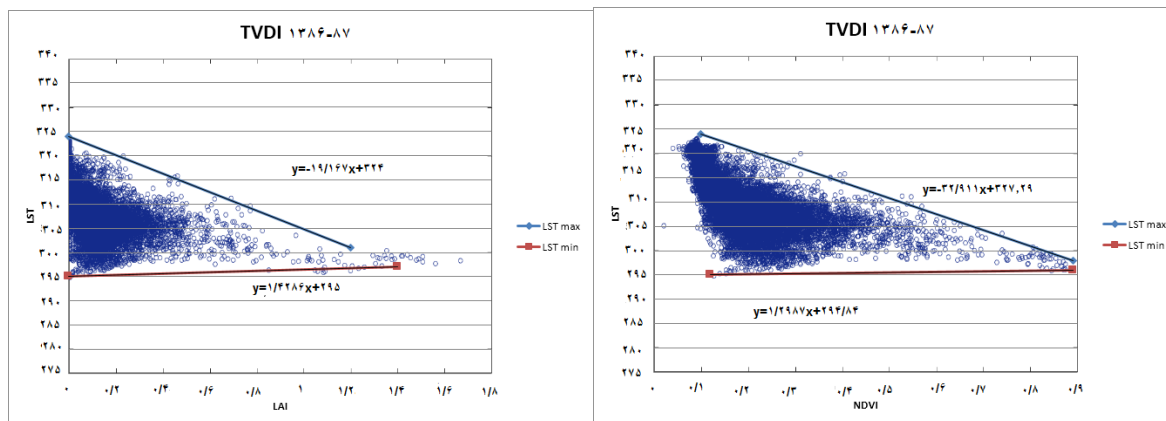
که L عامل تصحیح روشنایی خاک است. مقادیر L با میزان یا پوشش گیاهی سبز تغییر می‌کند در مناطق با پوشش گیاهی زیاد

تغییرات مکانی زمانی شاخص‌های خشکی از دو، روش طی سه سال خشک، تر و نرمال در شکل‌های ۸، ۹ و ۱۰ آورده شده است

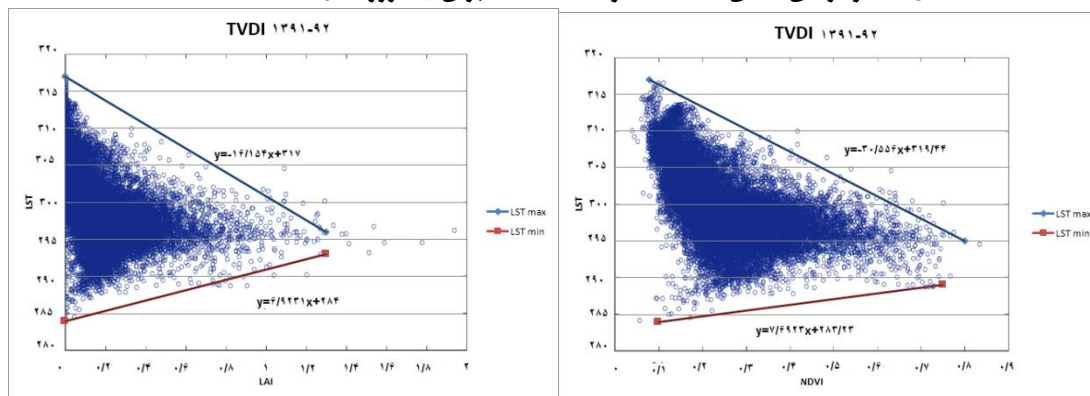
پیکسل‌های دمای سطح زمین در مقابل NDVI و LAI آورده شده است و ضرایب مربوطه برای محاسبه لبه تر و لبه خشک و سرانجام محاسبه TVDI نشان داده شده است



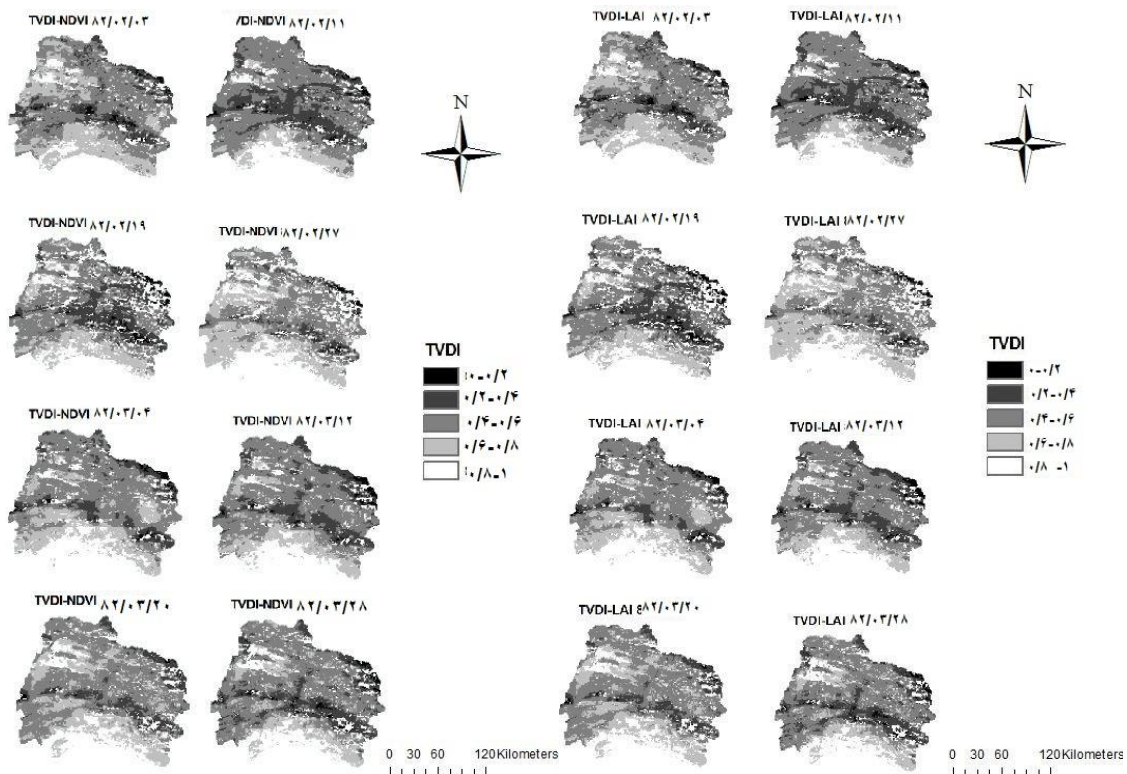
شکل ۵- نمودارهای فضای LST-NDVI و LST-LAI برای یک روز سال تر ۱۳۸۱-۸۲



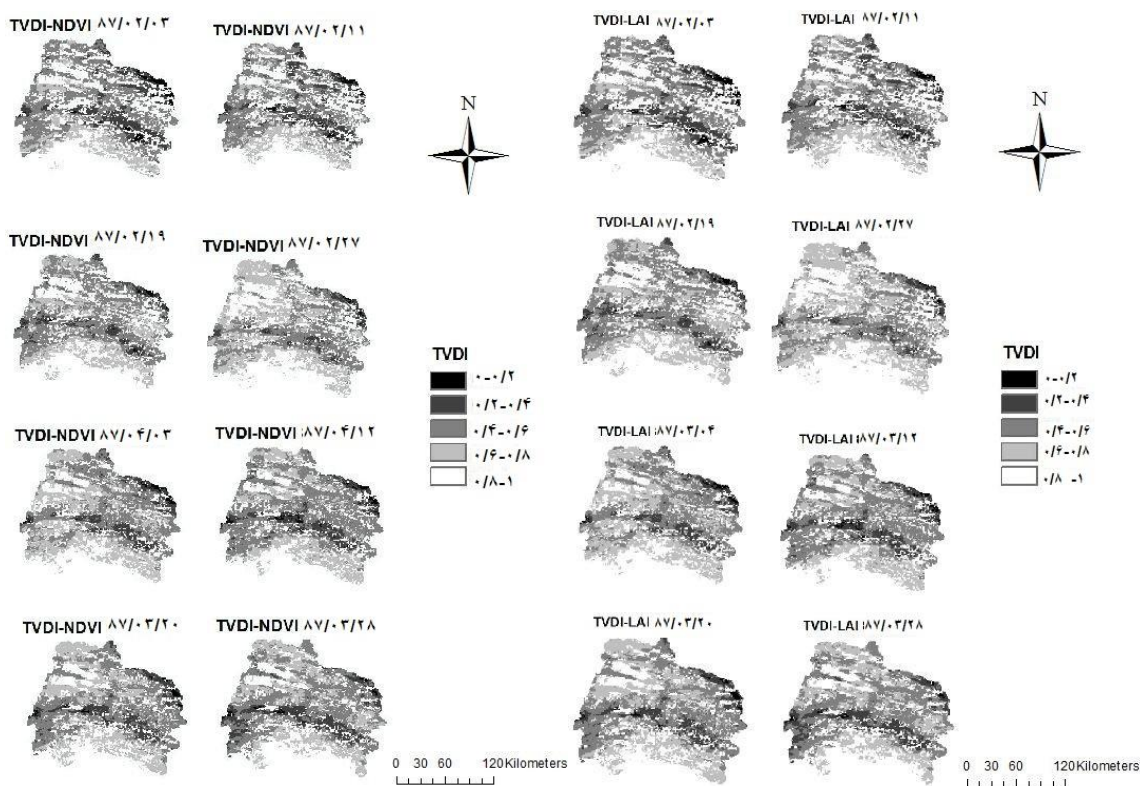
شکل ۶- نمودارهای فضای LST-NDVI و LST-LAI برای یک روز سال خشک ۱۳۸۶-۸۷



شکل ۷- نمودارهای فضای LST-NDVI و LST-LAI برای یک روز سال نرمال ۱۳۹۱-۹۲



شکل ۸- تغییرات زمانی مکانی شاخص‌های خشکی TVDI-NDVI و TVDI-LAI برای سال‌های ۱۳۸۱-۸۲

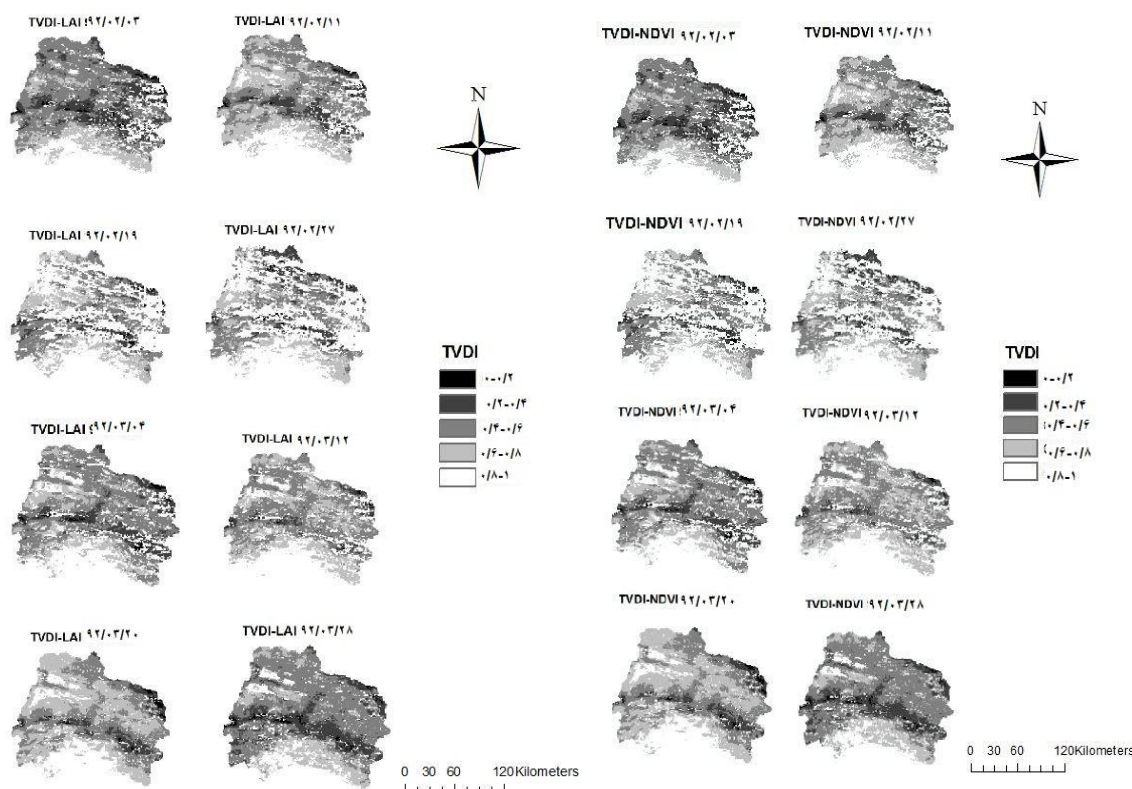


شکل ۹- تغییرات زمانی مکانی شاخص‌های خشکی TVDI-NDVI و TVDI-LAI برای سال‌های خشک ۱۳۸۶-۸۷

خشک‌سالی وجود ندارد.

تغییرات مکانی - زمانی شاخص‌های $TVDI_{LAI}$ و $TVDI_{NDVI}$ به ترتیب از چپ به راست برای اردیبهشت و خردادماه سال خشک (۱۳۸۶-۱۳۸۷) در شکل ۹ نشان داده شده است. تغییرات مکانی و زمانی $TVDI$ محاسبه شده با استفاده از دو شاخص یکسان مشاهده شد و در بیش‌تر مناطق وضعیت نرمال و قسمت‌های میانی منطقه مرطوب و در قسمت‌های جنوبی منطقه شاهد خشک‌سالی است. در برخی مناطق به دلیل ابرناکی پراکنده منطقه اطلاعاتی برای بررسی

تغییرات مکانی - زمانی شاخص‌های $TVDI_{LAI}$ و $TVDI_{NDVI}$ به ترتیب از چپ به راست برای اردیبهشت و خردادماه سال مرطوب (۱۳۸۱-۱۳۸۲) در شکل ۸ نشان داده شده است. تغییرات مکانی و زمانی $TVDI$ محاسبه شده با استفاده از دو شاخص یکسان مشاهده شد و در بیش‌تر مناطق وضعیت نرمال و قسمت‌های میانی منطقه مرطوب و در قسمت‌های جنوبی منطقه شاهد خشک‌سالی است. در برخی مناطق به دلیل ابرناکی پراکنده منطقه اطلاعاتی برای بررسی



شکل ۱۰- تغییرات مکانی زمانی شاخص‌های خشکی $TVDI_{LAI}$ و $TVDI_{NDVI}$ برای سال نرمال ۱۳۹۱-۹۲

تصویر برای بررسی همبستگی بارش‌ها با مقیاس زمانی مختلف با مقادیر شاخص‌ها، نشان داده شد. علت انتخاب این بازه‌ها برای بارش، بررسی همبستگی بارش‌ها در زمان‌های مختلف و همچنین بارش‌ها با مقیاس زمانی مختلف با مقادیر شاخص‌ها است. ضرایب همبستگی مذکور با استفاده از معادله ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شد. همچنین آماره آزمون دارای توزیع t استیودنت با درجه آزادی $n-2$ محاسبه شد. برای محاسبه ضرایب همبستگی از SPSS24 استفاده شد.

تغییرات مکانی - زمانی شاخص‌های $TVDI_{LAI}$ و $TVDI_{NDVI}$ به ترتیب از چپ به راست برای اردیبهشت و خردادماه سال نرمال (۱۳۹۱-۱۳۹۲) در شکل ۱۰ نشان داده شده است. تغییرات مکانی و زمانی $TVDI$ محاسبه شده با استفاده از دو شاخص یکسان مشاهده شد و در بیش‌تر مناطق وضعیت نرمال و قسمت‌های جنوبی خشک و نیمه‌خشک است.

در جدول ۱ ضرایب همبستگی خطی شاخص $TVDI_{NDVI}$ و $TVDI_{LAI}$ با الگوهای مختلف بارش از جمله بارش تجمعی ۱۶ روز طی تصویر، ۱۶، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵، ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۸۰ و ۲۱۰ روز قبل از

جدول ۱- نتایج همبستگی خطی الگوهای بارندگی و شاخص‌های گیاهی

TVDILAI		TVDINDVI		الگوهای بارندگی
Pvalue	Rvalue	Pvalue	Rvalue	
۰/۰۰	-۰/۲۰۴	۰/۰۰۱	-۰/۱۳۹	بارندگی طی ۱۶ روز تصویر
۰/۰۰	-۰/۲۹۳	۰/۰۰	-۰/۲۱۸	بارندگی ۱۶ روز قبل تصویر
۰/۰۰	-۰/۳۱۶	۰/۰۰	-۰/۲۴۷	بارندگی ۳۰ روز قبل تصویر
۰/۰۰	-۰/۳۰۶	۰/۰۰	-۰/۲۱۸	بارندگی ۴۵ روز قبل تصویر
۰/۰۰	-۰/۳۴۵	۰/۰۰	-۰/۲۶۱	بارندگی ۶۰ روز قبل تصویر
۰/۰۰	-۰/۳۱۳	۰/۰۰	-۰/۲۲۷	بارندگی ۷۵ روز قبل تصویر
۰/۰۰	-۰/۳۰۳	۰/۰۰	-۰/۲۲۶	بارندگی ۹۰ روز قبل تصویر
۰/۰۰	-۰/۲۶۶	۰/۰۰	-۰/۲۰۱	بارندگی ۱۲۰ روز قبل تصویر
۰/۰۰	-۰/۲۵۷	۰/۰۰	-۰/۱۸۶	بارندگی ۱۵۰ روز قبل تصویر
۰/۰۰	-۰/۲۴۹	۰/۰۰	-۰/۱۷۵	بارندگی ۱۸۰ روز قبل تصویر
۰/۰۰	-۰/۲۴۰	۰/۰۰	-۰/۱۷۰	بارندگی ۲۱۰ روز قبل تصویر

سطح معنی‌داری ضریب همبستگی $P < ۰/۰۱$ ، درجه آزادی ۵۸۲

محاسبه TVDI استفاده شده است. اما در این مطالعه هدف استفاده از شاخص‌های گیاهی دیگر مانند SAVI و LAI در روابط دمای سطح زمین، شاخص گیاهی و محاسبه شاخص TVDI بود.

در این پژوهش از محصولات دما و بازتاب سطح سنجنده مودیس به منظور بررسی خشک‌سالی با استفاده از شاخص TVDI که از ۲ روش و با استفاده از روابط بین دمای سطح زمین و شاخص‌های گیاهی (NDVI, LAI) محاسبه شد، در استان خراسان شمالی استفاده شد. مقایسه شاخص‌ها با الگوهای مختلف بارش نشان داد که همه شاخص‌ها در سطح معنی‌داری $۰/۰۱$ همبستگی معنی‌داری با مقادیر بارش داشتند که این نتیجه با نتایج به دست آمده توسط (Gao et al., 2007; Yuan et al., 2011) تطابق دارد.

با نتایج بدست آمده از همبستگی شاخص‌های گیاهی با مقادیر بارندگی مشخص شد که استفاده از شاخص گیاهی LAI در رابطه LST-VI برای محاسبه شاخص TVDI و برای ارزیابی خشک‌سالی از همبستگی قوی‌تری نسبت به شاخص‌های دیگر دارد. با توجه به مزایای شاخص LAI در پایش خشک‌سالی نسبت به NDVI، استفاده از این شاخص در رابطه مربوطه برای محاسبه TVDI از دقت بالاتری برخوردار است. از نتایج ضرایب همبستگی مشاهده شد که تمامی شاخص‌ها با مقادیر بارندگی ۲ ماه پیش از تصویر همبستگی قوی‌تری داشته‌اند که به دلیل پاسخ تاخیری پوشش گیاهی نسبت به رویداد بارش می‌باشد.

بر اساس نتایج بدست آمده شاخص خشکی TVDI شاخص مناسبی برای پایش مکانی و زمانی خشک‌سالی در منطقه خراسان- شمالی می‌باشد ولی با توجه به مزایای شاخص گیاهی LAI این شاخص در محاسبه شاخص TVDI توانسته است خشک‌سالی منطقه را بهتر برآورد نمایند.

همان‌طور که در جدول مشاهده می‌کنیم با توجه به سطح معنی‌داری $P < 0.01$ تمامی شاخص‌های محاسبه شده در سطح ۹۹ درصد همبستگی معنی‌داری با الگوهای بارندگی دارند.

شاخص $TVDI_{LAI}$ همبستگی قوی‌تر از $TVDI_{NDVI}$ نشان داد. که نشان دهنده دقیق‌تر بودن شاخص LAI نسبت به NDVI در محاسبه شاخص خشکی دما گیاه می‌باشد. از نتایج ضرایب همبستگی مشاهده شد که تمامی شاخص‌ها با مقادیر بارندگی ۲ ماه پیش از تصویر همبستگی قوی‌تری داشته‌اند که به دلیل پاسخ تاخیری پوشش گیاهی نسبت به رویداد بارش می‌باشد. همچنین ضرایب همبستگی با افزایش مدت دوره بارش برای هر دو شاخص افزایش می‌یابد به طوری که بارش تجمعی در بازه ۱ ماه قبل از تاریخ تصویر، بیش‌ترین همبستگی را با شاخص‌ها از خود نشان داد، نتایج رحیم‌زاده و همکاران، این مسئله را تایید می‌کند (Rahimzadeh et al., 2008). علت همبستگی قوی‌تر شاخص‌های بارش ۱ ماه قبل تصویر این است که در طبیعت بین وقوع بارش و واکنش پوشش گیاهی همیشه تاخیر زمانی وجود دارد (Chandrasekar., 2010). بارش‌های تجمعی ۲ ماه قبل از تصویر نیز همبستگی معنی‌داری با شاخص‌ها دارا است اما بارش‌های دراز مدت تر همبستگی معنی‌داری با شاخص‌ها از خود نشان نداند.

نتیجه‌گیری

شاخص خشکی دما گیاه TVDI شاخصی کارآمد برای درک شرایط گیاهی می‌باشد که بر مبنای دو پارامتر ضروری دمای سطح زمین و شاخص‌های گیاهی محاسبه می‌شود. به طور کلی در بسیاری از مطالعات از شاخص NDVI به‌عنوان شاخص گیاهی در رابطه

- Huang, Y., Tian, Q., Du, L., Sun, S., 2013. Analysis of spatial temporal variation of agricultural drought and its response to ENSO over the past 30 years in the Huang-Huai-Hai Region, China. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic sciences journal*. 24:745-759.
- Liang, L., Shu-he, zh, Zh., xun, Q., Chong, H., Ch. Yun-xiao, L., Xingdong, Z. 2014. Drought change Trend Using MODIS TVDI and its relationship with Climate Factor in China from 2001 to 2010. *Journal of Integrative Agriculture*. 13.7:1501-1508.
- Lijuan, H., Pengxin, W., Hua, Y., Shaomin, L., Jindi, W. 2005.
- Study on NDVI-Ts space by combining LAI and evapotranspiration, *Science China Earth Sciences*. 49.7: 747-754..
- Nemani, R.R., Running, S.W. 1989. Testing a theoretical climate-soil-leaf area hydrologic equilibrium of forests using satel-lite data and ecosystem simulation. *Agricultural and Forest Meteorology*. 44: 245—260
- Patel, N.R., Parida, B.R., Venus, V., Saha, S.K., Dadhwal, V.K. 2011. Analysis of agricultural drought using vegetation temperature condition index (VTCI) from Terra/MODIS satellite data. *Jornal of Environment Monitoring Assessment*. 184.12: 7153-63.
- Rahimzadeh Bajgiran, P., Omasa, K., Shimizu, Y. 2008. Using AVHRR-Based Vegetation Indices for Drought Monitoring in the Northwest of Iran. *Journal of Arid Environments*. 72: 1086-1096.
- 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 Sensing of Environment*. 79: 213-224.
- Wang, C., Qi, S., Niu, Z., Wang, J. 2004. Evaluating soil moisture status in China using the temperature-vegetation dryness index (TVDI). *Canadian Journal of Remote Sensing*. 30: 671-679.
- White, D. 2006. The Utility of Seasonal Indices for Monitoring and Assessing Agricultural Drought. Report to the Australia Bureau of Rural Sciences. 778
- Yuan, L., Heping, T., Hua, W. 2007. Dynamic Drought Monitoring in Guangxi Using Revised Temperature Vegetation Dryness Index, Wuhan University *Journal of Natural Sciences*. 12.4:663-668
- نقشه‌های TVDI تولید شده الگوهای مکانی در شرایط نرمال و خشک و مرطوب را برای فهم و گسترش خشک‌سالی از هفته‌ای به هفته دیگر و همچنین درک تغییرات سالانه در هر روز را به خوبی نشان دادند. این پژوهش نشان داد که شاخص‌های LAI می‌توانند به عنوان جایگزین بهتری نسبت به NDVI در محاسبه شاخص خشکی دما گیاه برای ارزیابی خشک‌سالی‌ها استفاده شوند.
- ### منابع
- نوری، س.، ثنائی‌نژاد، س.ح. ۱۳۹۱. بررسی خشک‌سالی با استفاده از شاخص‌های خشکی دما-گیاه TVDI و دما - گیاه اصلاح شده MTVD و تصاویر سنجنده مودیس، نشریه و آب و خاک. ۲۷. ۴: ۷۶۲-۷۵۳
- Bamboo, M. 2012. Using Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI) in Drought Monitoring over Mongolia, M.S. Thesis, National Central University, Mongolia, P. 67.
- Bastiaanssen, W.G.M., Menenti, M., Feddes, R.A., Holtslag, A.A.M. 1998. A remote sensing surface energy balance algorithm for land _SEBAL_: 1. Formulation. *Journal of Hydrology*. 212-213:198-212
- Carlson, T.N., Gillie, R.R., Perry, E.M. 1994. A Method to Make Use of Thermal Infrared Temperature and NDVI Measurements to Infer Surface Soil Water Content and Fractional Vegetation Cover, *International Journal of Remote sensing*. 9: 161-173.
- Chandrasekar, K., Sai, M.S., Roy, P., Jayaraman, V., Krishnamoorthy, R. 2010. Identification of agricultural drought vulnerable areas of Tamil Nadu, India using gis-based multi criteria analysis. *Asian Journal of Environmental Disaster Management*. 1.1:40-61
- Gao, Z., Gao, W and Chang, N.B. 2011. Integrating temperature vegetation dryness index (TVDI) and regional water stress index (RWSI) for drought assessment with the aid of LANDSAT TM/ETM+ images, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 13:495-503
- Gao, Z.H., Xu, N., Ning, J. 2015. Evaluating Drought Monitoring Methods Using Remote Sensing: A Dynamic Correlation Analysis Between Heat Fluxes and Land Cover Pattern. *JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN APPLIED EARTH OBSERVATIONS AND REMOTE SENSING*. 8.11:298-303

Drought Monitoring Using Temperature Vegetation Dryness Index(TVDI)from MODIS Satellite Images on a Regional Scale

N. Shamloo^{*1}, A. Faridhosseini², A. Alizadeh³, J.Omidvar⁴

Recived: Aug.14, 2017

Accepted: Dec.12, 2017

Abstract

Drought has always been one of the major hazards in semi-arid and arid regions of the world. Drought caused a series of effects on many sectors of economics , especially natural resources. During two last decades, Iran has suffered from several severe to extreme agricultural droughts which caused significant decreases in agriculture yields. In this paper, it's tried to estimate drought and evaluation performance of the NDVI based Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI_{NDVI}) and the LAI based Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI_{LAI}) using vegetation and temperature MODIS products in Northern Khorasan during three years 2003 , 2008 and 2013 (as wet, Dry and normal years respectively). The results showed that TVDI_{LAI} index has performed better than TVDI_{NDVI} index. The result of linear correlation analyzed between indices and the cumulative precipitation of the currently 16 days ,early 16 days and early 1 month, 2 month, 3 month, 5 month and 7 month showed the indices, specially TVDI_{LAI}, had a close relationship with early 2 month precipitation than the others. This is due to the delayed responses of vegetation to precipitation.

Keywords: Drought, , LAI, MODIS, NDVI, Northern Khorasan, TVDI

1- Msc. Student, Department of Water Engineering, Ferdowsi University of Mashhad
2- Professor, Department of Water Engineering, Ferdowsi University of Mashhad
3- Professor, Department of Water Engineering, Ferdowsi University of Mashhad
4- Msc. Department of Water Engineering, Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding Author Email: Nazilashamloo@yahoo.com)