

بررسی خشکسالی با استفاده از شاخص‌های خشکی دما-گیاه (TVDI) و دما-گیاه اصلاح شده (MTVDI) و تصاویر سنجنده مودیس

سمیرا نوری^{۱*} - سید حسین ثنائی نژاد^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۵/۲۰

چکیده

از آنجا که اکثر روش‌هایی که تاکنون برای ارزیابی وضعیت خشکسالی ارائه شده اند شاخص‌های خشکسالی را بر اساس داده‌های ایستگاهی در یک نقطه برآورد می‌کنند پژوهشگران به دنبال روشی بودند تا به منظور مدیریت بهتر خسارت‌های ناشی از این پدیده خزنده و تدریجی، به برآوردهای منطقه‌ای از آن دست یابند. اخیراً سنجش از دور و تکنیک‌های تولید شده مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای توانسته‌اند برآوردهای مناسبی از وضعیت خشکسالی در مقیاس منطقه‌ای ارائه نمایند. در این مقاله سعی بر این است تا با استفاده از دو شاخص خشکی دما-گیاه (TVDI) و دما-گیاه اصلاح شده (MTVDI) و همچنین با بکارگیری محصولات دمایی و پوشش گیاهی سنجنده مودیس به بررسی خشکسالی در استان خراسان شمالی طی دو سال خشک (سال آبی ۸۶-۸۷) و نرمال (سال آبی ۸۳-۸۲) پرداخته و کارایی دو روش مذکور مورد سنجش قرار گیرد. نتایج نشان داد که شاخص MTVDI نسبت به شاخص TVDI، دوره‌های خشکی را بهتر پایش می‌کند. نتایج همبستگی خطی بین شاخص‌های خشکسالی و مقادیر بارش تجمعی ۱۶ روز طی 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 MTVDI با بارش تجمعی ۱ ماه قبل از تصویر نسبت به بارش در سایر بازه‌های زمانی بیشتر است که این مسئله به دلیل پاسخ تأخیری پوشش گیاهی به بارندگی است.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، خراسان شمالی، مودیس، TVDI، MTVDI

مقدمه

تحت تأثیر خشکسالی به صورت همزمان شده است. تاکنون روش‌های متعددی برای کمی کردن خشکسالی ارائه شده است اما اکثر این روش‌ها، خشکسالی را به صورت نقطه‌ای برآورد می‌کنند و امکان پایش دقیق خشکسالی به صورت منطقه‌ای امکان‌پذیر نمی‌باشد (۳).

اخیراً سنجش از دور و تکنیک‌های تولید شده مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای توانسته‌اند برآوردهای مناسبی از خشکسالی در مقیاس منطقه‌ای ارائه نمایند. برتری روش‌های مبتنی بر سنجش از دور نسبت به روش‌های درون‌یابی مرسوم از جمله زمین‌آمار، در این است که در روش‌های مبتنی بر سنجش از دور از تصاویر ماهواره‌ای که توزیع مکانی مقادیر واقعی متغیرهای مؤثر در خشکسالی (از جمله دما و میزان پوشش گیاهی) را ارائه می‌کنند، استفاده می‌شود و لذا نتایج آن‌ها می‌تواند نسبت به روش‌های درون‌یابی از دقت بهتری برخوردار باشد. در طی دوره خشکسالی میزان رطوبت در دسترس کاهش یافته و دما افزایش می‌یابد (۱۲). از طرفی به دلیل کاهش رطوبت خاک میزان پوشش گیاهی نیز دستخوش تغییر شده و کاهش می‌یابد. از

خشکسالی وضعیتی از کمبود بارندگی و افزایش دما است که در هر وضعیت اقلیمی ممکن است رخ دهد. خشکسالی غالباً به عنوان یک پدیده خزنده توصیف می‌شود و برخلاف سیل و بارندگی که زمان وقوع و خاتمه مشخصی دارند، توصیف زمانی و مکانی آن بسیار مشکل است (۲).

از طرفی از آنجا که تغییر پوشش گیاهی نسبت به بارندگی دارای تأخیر زمانی می‌باشد (۵)، لذا ممکن است مدت‌ها پس از شروع بارندگی باز هم اثرات خشکسالی وجود داشته باشد. عدم وجود ابزار و روش‌های مناسب برای بررسی چگونگی تغییرات دما، پوشش گیاهی و بارش در سطح منطقه نیز مانع از بررسی‌های تلفیقی عوامل مؤثر و

۱-۲ به ترتیب دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی و دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(Email: noori.samira@gmail.com)
* - نویسنده مسئول:

مقادیر متراکم پوشش گیاهی را به خوبی از هم تفکیک نماید، تحت تأثیر شرایط جوی می‌باشد و خاک پس زمینه گیاه نیز اثر زیادی روی آن می‌گذارد، محققان به دنبال شاخص گیاهی مناسب دیگری هستند تا جایگزین NDVI شود و مشکلات ناشی از استفاده از آن را کاهش دهد. از این رو یوان و همکاران (۱۴) با استفاده از محصول LST و شاخص پوشش گیاهی بازسازی شده EVI^{۱۰} به جای شاخص گیاهی NDVI، مقادیر شاخص خشکی دما-گیاه اصلاح شده (MTVDI)^{۱۱} را محاسبه نمودند. نتایج به دست آمده نشان داد که شاخص MTVDI بهتر از شاخص TVDI می‌تواند خشکسالی را پیش کند. ژانگ و همکاران (۱۵) و لی و همکاران (۷) نیز از شاخص MTVDI استفاده نمودند و نتایج مشابهی به دست آوردند. از آنجا که مناطق نسبتاً وسیعی از ایران تحت کشت دیم می‌باشد و از طرفی ساکنین مناطق زیادی به پرورش دام مشغولند، لذا پیش وضعیت خشکی به وقوع پیوسته در مناطق تحت کشت دیم و مراتع از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از طرفی مناطق آبی تحت تنش نیز با استفاده از شاخص‌های خشکی مذکور قابل تشخیص هستند. لازمه استفاده از شاخص‌های خشکی ذکر شده در فوق، انتخاب منطقه بزرگی است که کلیه شرایط رطوبتی اعم از شرایط خشک تحت تنش و شرایط مرطوب فاقد تنش را در بر داشته باشد. با توجه به مطالب ذکر شده، هدف از این مطالعه بررسی کارایی دو شاخص پیش خشکی TVDI و MTVDI در منطقه نیمه خشک خراسان شمالی می‌باشد، که شاخص اول (TVDI) از شاخص پوشش گیاهی NDVI در برآورد خشکی استفاده می‌نماید و شاخص دوم (MTVDI) از شاخص پوشش گیاهی EVI به منظور برآورد خشکی استفاده می‌کند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه‌ای که در این بررسی مورد مطالعه قرار گرفته است استان خراسان شمالی واقع در شمال شرق ایران با مختصات جغرافیایی ۵۵ درجه و ۵۲ دقیقه الی ۵۸ درجه و ۲۸ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۳۶ دقیقه الی ۳۸ درجه و ۱۸ دقیقه عرض شمالی می‌باشد (شکل ۱). میزان متوسط بارندگی سالانه در این منطقه ۲۹۴ میلی‌متر و ارتفاع متوسط منطقه ۱۳۲۶ متر است. درجه حرارت سالانه استان نیز بین ۸- درجه سانتی گراد الی ۱۵ درجه سانتی گراد تغییر می‌کند. اقلیم استان نیز طبق روش دمارتن نیمه خشک تا خشک می‌باشد.

این رو رابطه نزدیکی بین دمای سطح زمین و شاخص‌های پوشش گیاهی با خشکسالی وجود دارد (۱۵). بر همین اساس شاخص‌های متنوعی برای پیش خشکسالی توسط محققان مختلف ارائه شده است. در اغلب شاخص‌های پیش خشکسالی، مقادیر دمای سطحی زمین (LST)^۱ هر پیکسل در مقابل مقادیر شاخص پوشش گیاهی هر پیکسل رسم می‌شوند. این نمودار نقطه‌ای اغلب شکلی مثلث گونه^۲ و یا دوزنقه ای^۳ پیدا می‌کند (۸).

وان و همکاران (۱۳) با استفاده از شاخص شرایط دمایی-گیاهی (VTCI)^۴ و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده مودیس شرایط خشکی در آمریکا را پیش کردند و نتایج را با داده‌های بارندگی ثبت شده در ایستگاه‌های این منطقه مورد ارزیابی قرار دادند. آنالیز همبستگی بین شاخص VTCI، مقادیر تجمعی بارش ماهانه و انحراف از بارش ماهانه نرمال نشان داد که شاخص مذکور نه تنها همبستگی نزدیکی با وقایع بارندگی اخیر دارد بلکه با مقادیر بارش در گذشته نیز همبسته است. گائو و همکاران (۶) از تصاویر ماهواره‌ای لندست TM استفاده کرده، مقادیر دمای سطح زمین (LST) و شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI)^۵ را در مقابل هم رسم کردند. نتایج مقایسه شده با مقادیر بارش نشان داد که شاخص خشکی دمایی-گیاهی (TVDI)^۶ توانسته است به خوبی شرایط خشکی و کمبود بارش را نشان دهد.

در تحقیقی دیگر با استفاده از شاخص TVDI، توزیع مکانی و زمانی خشکسالی کشاورزی در چین مورد بررسی قرار گرفت (۱۴). در مطالعه‌ای که توسط رحیم زاده باجگیران و همکاران (۱۰) صورت گرفت سه شاخص خشکی گیاهی (VDI)^۷، شاخص خشکی دمایی-گیاهی (TVDI) و شاخص TVDI بهبود یافته (iTVDI)^۸ به منظور تشخیص شرایط خشکی در منطقه نیمه خشک همدان مورد استفاده قرار گرفت و نتایج با مقادیر بارندگی ماهانه ارزیابی شد. نتایج ارزیابی نشان داد که رابطه معنی‌داری بین VDI و بارندگی یا رطوبت خاک وجود ندارد اما شاخص iTVDI که با داده‌های دمای هوا و لایه ارتفاعی رقومی (DEM)^۹ ترکیب شده و بهبود یافته بهتر از سایر شاخص‌ها می‌تواند خشکی را پیش نماید. از آنجا که شاخص NDVI زود اشباع می‌شود و قادر نیست

- 1 - Land Surface Temperature
- 2 - Triangular Shape
- 3 - Trapezoidal Shape
- 4 - Vegetation Temperature Condition Index
- 5 - Normalized Difference Vegetation Index
- 6 - Temperature Vegetation Dryness Index
- 7 - Vegetation Dryness Index
- 8 - improved Temperature Vegetation Dryness Index
- 9- Digital Elevation Model

10 - Enhanced Vegetation Index

11 - Modify Temperature Vegetation Dryness Index



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های باران سنجی استفاده شده

نام‌های MOD11A2 و MOD13A2 با قدرت تفکیک مکانی یک کیلومتر می‌باشند. تصاویر مذکور برای ۴ دوره ۱۶ روزه واقع در فصل رشد، شامل دوره‌های ۳ اردیبهشت الی ۱۸ اردیبهشت (شروع از روز ژوئیه‌ی ۱۱۳)، ۱۹ اردیبهشت الی ۳ خرداد (شروع از روز ژوئیه‌ی ۱۳۹)، ۴ خرداد الی ۱۹ خرداد (شروع از روز ژوئیه‌ی ۱۴۵) و ۲۰ خرداد الی ۴ تیر (شروع از روز ژوئیه‌ی ۱۶۱)، طی سال نرمال ۱۳۸۳ (مطابق با سال ۲۰۰۴ میلادی) و سال خشک ۱۳۸۷ (مطابق با سال ۲۰۰۸ میلادی) می‌باشند (جدول ۱). لازم به ذکر است از آنجا که باید مقیاس زمانی داده‌های مورد استفاده با هم تطابق داشته باشد، مقادیر ۸ روزه دمای سطح زمین با عملیات میانگین‌گیری به مقادیر ۱۶ روزه تبدیل و سپس با تغییر پروجکشن تصاویر از Sinsuidal به پروجکشن UTM محاسبات مربوط به شاخص‌های خشکی انجام شد.

محاسبه شاخص‌های خشکسالی

شاخص خشکی دمایی-گیاهی (TVDI)

پرایس (۹) و کارلسون و همکاران (۴) دریافتند که چنانچه پوشش گیاهی در منطقه، از خاک فاقد پوشش تا خاک دارای پوشش گیاهی کامل تغییر کند، از طرفی رطوبت خاک نیز از شرایط خشک تا کاملاً مرطوب در منطقه وجود داشته باشد، داده‌های دمای سطح زمین (LST) و شاخص پوشش گیاهی (NDVI) در نموداری نقطه‌ای که مقابل هم رسم شده‌اند شکلی مثلثی یا ذوزنقه‌ای پیدا می‌کنند (شکل ۲). ساند هولت و همکاران (۱۱) بر همین اساس شاخص TVDI را به صورت ذیل تعریف کردند.

حدود ۱۲٪ مساحت استان را اراضی کشاورزی تشکیل داده است که از این مقدار ۳۵٪ اراضی آبی، ۵۴٪ اراضی دیم و ۱۱٪ اراضی باغی می‌باشد. سهم مراتع نیز ۵۰/۲٪ مساحت استان است. این در حالی است که جنگل‌ها ۱۵/۴٪ و مناطق بیابانی ۶/۵٪ مساحت کل استان را به خود اختصاص داده اند (۱).

داده‌های مورد استفاده

داده‌های هواشناسی

داده‌های هواشناسی مورد استفاده در این مطالعه، مقادیر روزانه بارندگی مربوط به سال‌های آبی ۸۳-۸۲ (سال نرمال) و ۸۷-۸۶ (سال خشک) ۲۸ ایستگاه باران سنجی واقع در خراسان شمالی می‌باشند (شکل ۱). بارندگی به صورت مقادیر تجمعی ۱۶ روزه در ۴ دوره تصویر برای دوره‌های ۳ اردیبهشت الی ۱۸ اردیبهشت، ۱۹ اردیبهشت الی ۳ خرداد، ۴ خرداد الی ۱۹ خرداد و ۲۰ خرداد الی ۴ تیر و همین‌طور برای دوره‌های ۱۶ روزه، ۱ ماه، ۲ ماه، ۳ ماه، ۵ ماه و ۷ ماه پیش از هر دوره تصویر مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱). از آنجا که پوشش گیاهی و رطوبت خاک رفتاری تجمعی در طبیعت دارند، از مقادیر تجمعی بارندگی به جای مقادیر میانگین استفاده شد.

داده‌های سنجش از دور

در این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده مودیس^۱ مستقر بر روی ماهواره ترا^۲ استفاده شد. این تصاویر، محصولات ترکیبی ۸ روزه دمای سطح زمین و ۱۶ روزه شاخص‌های پوشش گیاهی تحت

1 - MODIS (Moderate Resolution

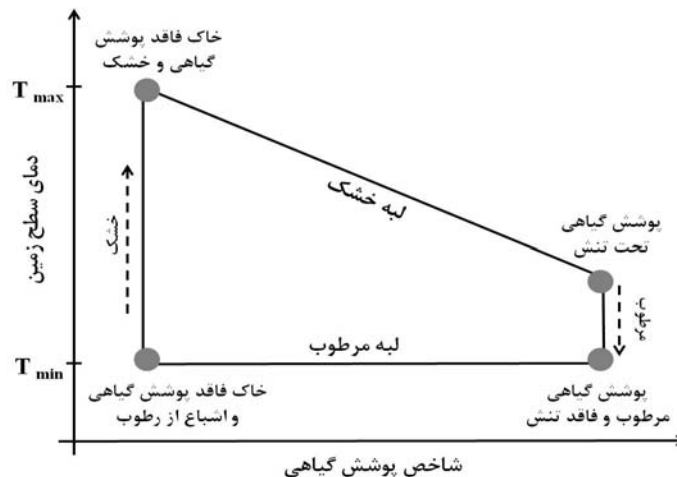
2 - Terra

جدول ۱ - داده های مورد استفاده

ردیف	نوع داده	داده مورد استفاده	دوره زمانی داده مورد استفاده
۱	داده هواشناسی	مقادیر روزانه بارندگی	سال های آبی ۸۲-۸۳ و ۸۶-۸۷
۲	تصویر ماهواره ای	*MOD11A2	۳ اردیبهشت الی ۱۸ اردیبهشت سال های ۸۲-۸۳ و ۸۶-۸۷
۳	تصویر ماهواره ای	MOD11A2	۱۹ اردیبهشت الی ۳ خرداد سال های ۸۲-۸۳ و ۸۶-۸۷
۴	تصویر ماهواره ای	MOD11A2	۴ خرداد الی ۱۹ خرداد سال های ۸۲-۸۳ و ۸۶-۸۷
۵	تصویر ماهواره ای	MOD11A2	۲۰ خرداد الی ۴ تیر سال های ۸۲-۸۳ و ۸۶-۸۷
۶	تصویر ماهواره ای	**MOD13A2	۳ اردیبهشت الی ۱۸ اردیبهشت سال های ۸۲-۸۳ و ۸۶-۸۷
۷	تصویر ماهواره ای	MOD13A2	۱۹ اردیبهشت الی ۳ خرداد سال های ۸۲-۸۳ و ۸۶-۸۷
۸	تصویر ماهواره ای	MOD13A2	۴ خرداد الی ۱۹ خرداد سال های ۸۲-۸۳ و ۸۶-۸۷
۹	تصویر ماهواره ای	MOD13A2	۲۰ خرداد الی ۴ تیر سال های ۸۲-۸۳ و ۸۶-۸۷

*- محصول دمای سطح زمین

**- محصول پوشش گیاهی



شکل ۲- نمودار شماتیک شاخص پوشش گیاهی NDVI در مقابل دمای سطح زمین (LST)

a_2 و b_2 نیز ضرایب معادلات خطی لبه های خشک و مرطوب هستند. با توجه به معادله ۱ مقادیر شاخص TVDI بین صفر و یک متغیر خواهد بود که مقدار صفر معرف شرایط مرطوب، بیشترین میزان تبخیر و تعرق و عدم محدودیت منابع آب و مقدار یک معرف شرایط خشک می باشد.

شاخص اصلاح شده خشکی دمایی-گیاهی (MTVDI)

استفاده از شاخص NDVI در مطالعات پیرامون گیاه دارای محدودیت هایی است. از جمله این محدودیت ها عبارت است از (۱) این شاخص در مناطقی که با پوشش گیاهی کمتر پوشیده شده است، تحت تأثیر خاک پس زمینه می باشد. (۲) وجود آتروسل ها در هوا روی

$$TVDI = \frac{LST(NDVI_i) - LST_{Min}(NDVI_i)}{LST_{Max}(NDVI_i) - LST_{Min}(NDVI_i)} \quad (1)$$

که مقادیر $LST_{Min}(NDVI_i)$ و $LST_{Max}(NDVI_i)$ از طریق معادلات ذیل به دست می آید:

$$LST_{Min}(NDVI_i) = a_2 + b_2 NDVI_i \quad (2)$$

$$LST_{Max}(NDVI_i) = a_1 + b_1 NDVI_i$$

که در معادلات ۱ و ۲، $LST(NDVI_i)$ دمای سطح زمین مربوط به هر پیکسل تصویر، $LST_{Min}(NDVI_i)$ و $LST_{Max}(NDVI_i)$ به ترتیب حداکثر و حداقل دمای سطح زمین مربوط به هر پیکسل می باشند که به لبه های خشک^۱ و مرطوب^۲ معروف هستند. a_1, b_1, a_2, b_2

TVDI در روز ۱۲۹ سال ۲۰۰۴ (۱۹ اردیبهشت الی ۳ خرداد سال ۱۳۸۳) با میانگین منطقه ای ۰/۵۷۴ نسبت به مقدار آن در روز ۱۱۳ با میانگین منطقه ای ۰/۵۹۳ از خود کاهش نشان داده است. کاهش مقدار شاخص در روز ۱۲۹ نسبت به روز ۱۱۳ به دلیل وقوع بارش‌های مناسب در طول ماه‌های اردیبهشت و فروردین (با مجموع بارش ۱۲۱ میلیمتر) نسبت به بارش ماه‌های فروردین و اسفند (با مجموع بارش ۹۱ میلیمتر) می‌باشد. مقادیر شاخص در روزهای ۱۴۵ و ۱۶۱ (۴ خرداد الی ۱۹ خرداد و ۲۰ خرداد الی ۴ تیر سال ۱۳۸۳) با میانگین منطقه‌ای ۰/۶۱۸ و ۰/۶۳۴ به ترتیب، نیز به دلیل کاهش بارندگی به تدریج افزایش داشته است. افزایش شاخص TVDI و خشکتر شدن نواحی جنوبی، مرکزی و شمال شرق به خوبی در شکل ۳ قابل رؤیت است.

چگونگی تغییرات شاخص TVDI در سال ۲۰۰۸ (سال خشک) در شکل ۴ نمایش داده شده است. همانطور که از شکل نیز پیداست از روز ۱۱۳ (۳ اردیبهشت الی ۱۸ اردیبهشت سال ۱۳۸۷) تا روز ۱۶۱ (۲۰ خرداد الی ۴ تیر سال ۱۳۸۷) به دلیل کمبود بارش، میزان شاخص به تدریج افزایش می‌یابد. به طوری که روز ۱۶۱ با میانگین منطقه‌ای شاخص ۰/۶۴۱، خشکترین دوره در ۴ دوره ۲ هفته‌ای مورد مطالعه و روز ۱۱۳ با میانگین منطقه‌ای شاخص ۰/۵۹۹ مرطوب‌ترین دوره بوده است. مقادیر میانگین شاخص برای روزهای ۱۲۹ و ۱۴۵ نیز به ترتیب ۰/۶۲۵ و ۰/۶۳۱ می‌باشند. با مقایسه شکل‌های ۳ و ۴ مشاهده می‌شود که اکثر مناطق استان طی سال ۲۰۰۸ (معادل سال آبی ۸۳-۸۲) دچار خشکی شده‌اند که این خشکی در نواحی مرکزی و شمالی استان قابل توجه‌تر است.

شکل‌های ۵ و ۶ روند تغییرات شاخص MTVDI را طی سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۰۸ نشان می‌دهد که روندی تقریباً مشابه شاخص TVDI را داراست. در سال ۲۰۰۴ (شکل ۵) کمترین مقدار شاخص مربوط به روز ۱۲۹ (با میانگین منطقه‌ای ۰/۵۵۶) به دلیل بارش‌های فروردین و اردیبهشت و بیشترین مقدار شاخص مربوط به روز ۱۶۱ (با میانگین منطقه‌ای ۰/۶۳۵) به دلیل کمبود بارش در خرداد ماه می‌باشد. مقادیر شاخص برای روزهای ۱۱۳ و ۱۴۵ نیز به ترتیب برابر با ۰/۵۶۹ و ۰/۵۹۴ است.

در سال ۲۰۰۸ نیز روز ۱۱۳ کمترین مقدار شاخص MTVDI (با میانگین منطقه‌ای ۰/۵۷۶) را داراست و به دلیل کاهش بارندگی هر چه به سمت روز ۱۶۱ پیش می‌رویم خشکی و در نتیجه مقدار شاخص MTVDI افزایش می‌یابد. مقادیر میانگین منطقه‌ای شاخص در روزهای ۱۲۹، ۱۴۵ و ۱۶۱ به ترتیب ۰/۵۹۲، ۰/۶۰۱ و ۰/۶۶۵ است.

رابطه بین شاخص‌های TVDI و MTVDI با مقادیر بارندگی

در جدول ۲ ضرایب همبستگی خطی شاخص‌های TVDI و

باند قرمز اثرگذار است لذا حتماً باید قبل از استفاده، تصحیح اتمسفری انجام شود. این امر زمانی که میزان آئروسول‌های هوا زیاد باشد از اهمیت بیشتری برخوردار است. (۳) شاخص NDVI سریع به حالت اشباع می‌رسد و بنابراین در مقادیر متراکم و بالای پوشش گیاهی کارایی مناسبی ندارد. با توجه به مشکلاتی که در زمینه شاخص NDVI وجود دارد محققان از شاخص دیگری تحت عنوان شاخص پوشش گیاهی بازسازی شده (EVI) استفاده می‌کنند (۷ و ۱۴). شاخص EVI طبق معادله ۳ محاسبه می‌شود که در این مقاله از محصول MOD13A2 مودیس استفاده شد.

$$EVI = \frac{2.5 (R_{NIR} - R_{Red})}{(R_{NIR} + 0.1R_{Red} - 0.2R_{Blue} + L)} \quad (3)$$

که در آن R مقدار انعکاس مربوط به هر باند است (باندهای NIR، Red و Blue). L ضریب اصلاحی خاک و مقادیر $C1$ و $C2$ ضرایب ثابتند که به ترتیب ۶ و ۷/۵ می‌باشند.

همانطور که در این معادله مشخص است علاوه بر باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک که در شاخص NDVI نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد، در شاخص EVI از باند آبی نیز استفاده می‌شود. به دلیل اختلاف پخش ایجاد شده توسط آئروسول‌ها در دو باند قرمز و آبی، اثری که وجود آئروسول‌ها در جو بر مقادیر طیفی در باند قرمز می‌گذارد حذف می‌شود. از طرفی با استفاده از ضریب اصلاح خاک در معادله، اثر خاک پس زمینه نیز کاهش می‌یابد. علاوه بر این‌ها، دیر اشباع شدن این شاخص باعث می‌شود شرایط پوشش گیاهی متراکم بهتر در نظر گرفته شود (۷).

با توجه به مطالب گفته شده، به جای استفاده از شاخص NDVI در محاسبه شاخص خشکی TVDI، در این مطالعه از شاخص گیاهی EVI استفاده شده است.

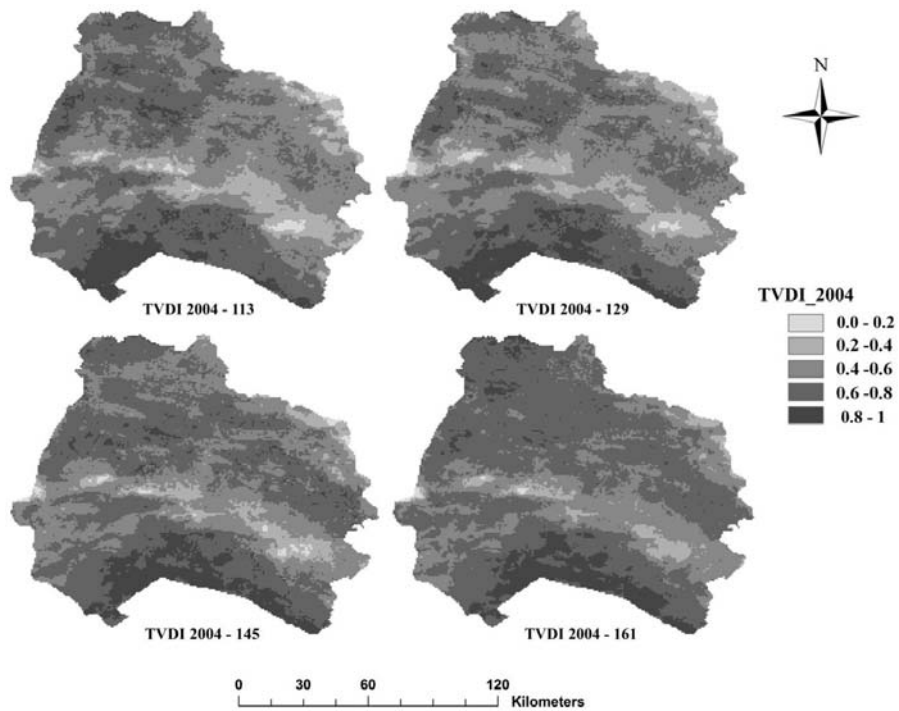
نتایج و بحث

تغییرات مکانی و زمانی شاخص‌های TVDI و MTVDI

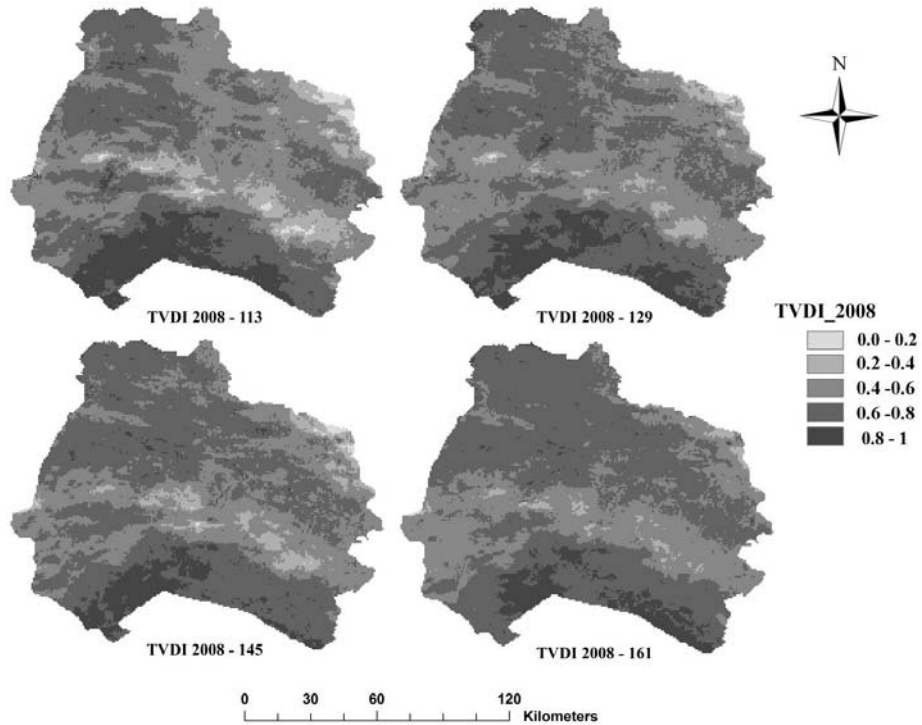
تغییرات مکانی و زمانی دو شاخص خشکی TVDI و MTVDI مربوط به دوره‌های دو هفته‌ای روزهای ۱۱۳، ۱۲۹، ۱۴۵ و ۱۶۱ ژولایوسی در شکل‌های ۳ تا ۶ نشان داده شده است. محاسبات مربوط به دو سال نرمال و خشک می‌باشد. سال آبی ۸۳-۸۲ (مطابق با سال ۲۰۰۴ میلادی) با مجموع بارش سالانه ۳۰۰ میلیمتر به عنوان سال نرمال و سال آبی ۸۷-۸۶ (مطابق با سال ۲۰۰۸ میلادی) با مجموع بارش سالانه ۲۰۴ میلیمتر به عنوان سال خشک در نظر گرفته شدند. روند تغییرات شاخص خشکی TVDI در شکل ۳ نشان می‌دهد که در روز ۱۱۳ سال ۲۰۰۴ (۳ اردیبهشت الی ۱۸ اردیبهشت سال ۱۳۸۳) نواحی جنوبی استان خشکترین مناطق بوده در حالی که نواحی مرکزی و شمال شرق از مقدار TVDI کمتری برخوردار است. مقدار

های تجمعی ۱ ماه، ۲ ماه، ۳ ماه، ۵ ماه و ۷ ماه قبل از تصویر نشان داده شده است.

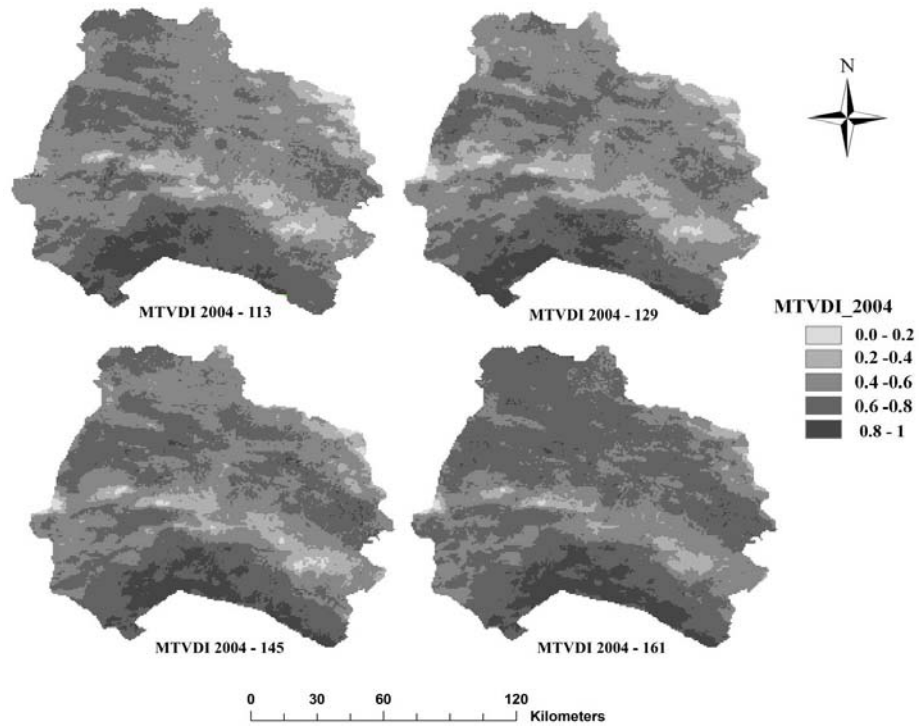
MTVDI با الگوهای مختلف بارش، شامل بارش تجمعی دوره تصویر (۱۶ روز طی تصویر)، بارش تجمعی ۱۶ روز قبل از تصویر و بارش-



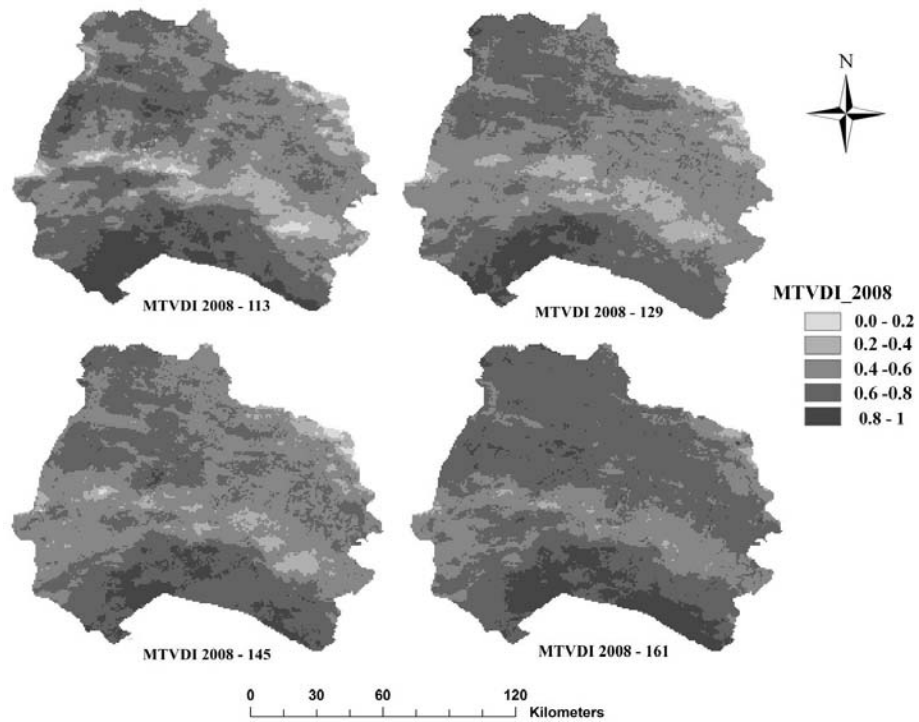
شکل ۳- تغییرات زمانی و مکانی شاخص خشکی TVDI طی سال نرمال ۸۳-۸۲ (۲۰۰۴) در منطقه خراسان شمالی



شکل ۴- تغییرات زمانی و مکانی شاخص خشکی TVDI طی سال خشک ۸۶-۸۷ (۲۰۰۸) در منطقه خراسان شمالی



شکل ۵- تغییرات زمانی و مکانی شاخص خشکی MTVDI طی سال نورمال ۸۳-۸۲ (۲۰۰۴) در منطقه خراسان شمالی



شکل ۶- تغییرات زمانی و مکانی شاخص خشکی MTVDI طی سال خشک ۸۷-۸۶ (۲۰۰۸) در منطقه خراسان شمالی

در این مقاله از محصولات دما و پوشش گیاهی سنجنده مودیس به منظور بررسی خشکی با استفاده از شاخص‌های مبتنی بر سنجش از دور TVDI و MTVDI در استان خراسان شمالی که دارای اقلیمی خشک و نیمه خشک است، استفاده شده است. بررسی مکانی و زمانی شاخص‌های مذکور نشان داد که با تغییر در میزان بارش، مقادیر شاخص‌ها نیز دستخوش تغییر شده و متناسب با کاهش یا افزایش بارش تغییر می‌کنند. به طوری که مقادیر هر دو شاخص طی سال خشک ۲۰۰۸ (سال آبی ۸۷-۸۶) نسبت به سال نرمال ۲۰۰۴ (سال آبی ۸۳-۸۲) بیشتر بوده است که نشان دهنده وجود خشکی بیشتر در سال ۲۰۰۸ می‌باشد. مقایسه شاخص‌های مذکور با الگوهای مختلف بارش نیز نشان داد که هر دو شاخص در سطح معنی داری ۰/۰۱، همبستگی معنی داری با مقادیر بارش داشته اند که این نتیجه با نتایج به دست آمده توسط گائو و همکاران (۶) و یوان و همکاران (۱۴) تطابق دارد. همچنین با توجه به نتایج به دست آمده، شاخص MTVDI نسبت به شاخص TVDI همبستگی قوی‌تری با مقادیر بارش، به خصوص بارش تجمعی ۱ ماه قبل تصویر داشته است که این مسئله به دلیل پاسخ تأخیری پوشش گیاهی نسبت به رویداد بارش می‌باشد. رحیم زاده باجگیران و همکاران (۱۰) نیز نتایج مشابهی در این زمینه به دست آورده اند. بر اساس نتایج آماری به دست آمده، شاخص‌های خشکی TVDI و MTVDI شاخص‌های مناسبی برای پایش مکانی و زمانی خشکی در منطقه خراسان شمالی هستند. اما شاخص MTVDI با توجه به اینکه از شاخص پوشش گیاهی EVI در محاسبات خشکی استفاده می‌نماید و با توجه به مزایای شاخص گیاهی EVI نسبت به شاخص گیاهی NDVI که پیشتر نیز بیان شد، توانسته است خشکی را در منطقه مورد مطالعه بهتر برآورد نماید.

علت انتخاب این بازه‌ها برای بارش، بررسی همبستگی بارش‌ها در زمان‌های مختلف و همچنین بارش‌های با مقیاس زمانی مختلف با مقادیر شاخص‌ها بوده است. ضرایب همبستگی مذکور با استفاده از معادله ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شده اند. همچنین آماره آزمون دارای توزیع t استیودنت با درجه آزادی $n-2$ محاسبه شده است. به منظور محاسبه ضرایب همبستگی از نرم افزار آماری SPSS18 استفاده شده است.

همانطور که در جدول ۲ مشخص است هر دو شاخص با بارش‌های تجمعی ۱۶ روز تا ۲ ماه قبل از تصویر همبستگی معنی داری با فاصله اطمینان ۹۹ درصد و درجه آزادی ۱۹۶ داشته اند. با توجه به مقادیر ضرایب همبستگی به دست آمده که در جدول ۲ نیز ذکر شده اند، به طور کلی شاخص MTVDI نسبت به شاخص TVDI همبستگی بیشتری با الگوهای مختلف بارش از خود نشان داده است. 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 به ویژه با شاخص MTVDI از خود نشان می‌دهد. نتایج رحیم زاده باجگیران و همکاران (۱۰) نیز این مسئله را تأیید می‌کند. علت همبستگی قوی‌تر شاخص‌ها با بارش ۱ ماه قبل تصویر این است که در طبیعت بین وقوع بارش و عکس العمل پوشش گیاهی همیشه یک زمان تأخیری وجود دارد (۵). بارش‌های تجمعی ۲ ماه قبل از تصویر نیز همبستگی معنی داری را با شاخص‌ها دارا است اما بارش‌های درازمدت‌تر همبستگی معنی داری با شاخص‌ها از خود نشان نمی‌دهند.

نتیجه گیری

جدول ۲- نتایج همبستگی خطی بین شاخص‌های TVDI و MTVDI و الگوهای مختلف بارش

شاخص MTVDI		شاخص TVDI		الگوهای بارندگی
P value	R value	P value	R value	
۰/۰۰۲	-۰/۲۲۰**	۰/۰۰۲	-۰/۲۱۹**	بارندگی طی ۱۶ روز تصویر
۰/۰۰۰	-۰/۲۹۲**	۰/۰۰۰	-۰/۲۷۱**	بارندگی ۱۶ روز قبل از تصویر
۰/۰۰۰	-۰/۳۴۲**	۰/۰۰۰	-۰/۲۸۴**	بارندگی ۱ ماه قبل از تصویر
۰/۰۰۱	-۰/۲۳۲**	۰/۰۰۰	-۰/۱۹۷**	بارندگی ۲ ماه قبل از تصویر
۰/۱۱۸	-۰/۱۱۲	۰/۰۷۷	-۰/۱۲۷	بارندگی ۳ ماه قبل از تصویر
۰/۰۹۷	-۰/۱۱۹	۰/۰۸۷	-۰/۱۲۳	بارندگی ۵ ماه قبل از تصویر
۰/۰۵۲	-۰/۱۳۹	۰/۰۳۴	-۰/۱۵۲	بارندگی ۷ ماه قبل از تصویر

سطح معنی داری ضریب همبستگی: $P < ۰/۰۵$ *، $P < ۰/۰۱$ **، درجه آزادی (df) = ۱۹۶

- ۱- سیمای کشاورزی خراسان شمالی. ۱۳۸۸. قابل دسترس در: <http://www.nkj.ir/portal/index.php?page&id=242> (بازدید شده در ۲۰ مهر ۱۳۹۱)
- ۲- علیزاده ا. ۱۳۸۶. اصول هیدرولوژی کاربردی، چاپ بیست و یکم، انتشارات دانشگاه امام رضا. مشهد، ص. ۸۰۸.
- 3- Bamboo M. 2012. Using Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI) in Drought Monitoring over Mongolia, M.S. Thesis, National Central University, Mongolia, P. 67.
- 4- Carlson. T.N., Gillie R.R., and 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, *Journal of Remote Sensing Rev*, 9: 161-173.
- 5- Chandrasekar K., Sessa Sai M.V.R., Roy P.S., and Dwevedi R.S. 2010. Land Surface Water Index (LSWI) response to rainfall and NDVI using the MODIS Vegetation Index product, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 31, No. 15, pp.3987-4005.
- 6- 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.
- 7- Li B., Tang H., and Chen D. 2009. Drought Monitoring Using the Modified Temperature/Vegetation Dryness Index, 2nd International Congress on Image and Signal Processing, , 17-19 Oct. 2009, China.
- 8- 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.
- 9- Price J.C. 1990. Using Spatial Context in Satellite Data to Infer Regional Scale Evapotranspiration, *Journal of IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 28:940-948.
- 10- Rahimzadeh-Bajgiran P., Omasa K, and Shimizu Y. 2012. Comparative evaluation of the Vegetation Dryness Index (VDI), the Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI) and the improved TVDI (iTVDI) for water stress detection in semi-arid regions of Iran, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 68: 1-12.
- 11- Sandholt I., Rasmussen K., Andersen J. 2002. A Simple Interpretation of the Surface Temperature/ Vegetation Index Space for Assessment of Surface Moisture Status, *Journal of Remote Sensing Environment*, 79(2):213-224.
- 12- Shakya N., and Yamaguchi Y. 2006. Drought Monitoring Using Vegetation and LST Indices in Nepal and Northeastern India, *Proceedings of the Conference of the Remote Sensing Society of Japan*, Japan, p. 203-204.
- 13- 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.
- 14- Yuan L., Heping T., and Hua W. 2007. Dynamic Drought Monitoring in Guangxi Using Revised Temperature Vegetation Dryness Index, *Wuhan University Journal of Natural Sciences*, 12(4):663-668.
- 15- Zhong D., Lin P., Tian-He Chi., Xin Zhang., and Wen-Ying Wu. 2011. p. 235- 238, Drought monitoring in Southwest China with HJ data, *International Conference on Electronics, Communications and Control (ICECC)*, 9-11 Sept. 2011, China.



Evaluation of Drought Using the Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI) and the Modified Temperature Vegetation Dryness Index (MTVDI) and MODIS Satellite Images

S. Noori^{1*} - S.H. Sanaei Nejad²

Received:24-12-2012

Accepted:11-08-2013

Abstract

Because most of the methods that have been proposed for estimating status drought generate point estimate, so researchers were always looking for ways to achieve regional estimates for better manage this gradually creeping phenomenon. Recently, remote sensing and techniques proposed base on it could estimate drought in regional scale well. In this paper, it's tried to estimate drought and evaluation performance of the Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI) and the Modified Temperature Vegetation Dryness Index (MTVDI) using the vegetation and temperature MODIS products in Northern Khorasan during two years 2004 and 2008 (as normal and dry years respectively). The results showed that MTVDI index has performed better than TVDI 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 MTVDI, had a close relationship with early 1 month precipitation than the others. This is due to the delayed response of vegetation to precipitation.

Keywords: Drought, MODIS, MTVDI, Northern Khorasan, TVDI

1,2- Ph.D. Student of Agrometeorology and Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Respectively
(* - Corresponding Author Email: noori.samira@gmail.com)