

تعیین شاخص های خشکسالی تنش تبخیری (ESI) و سلامت گیاه (VHI) در حوزه آبخیز تویسرکان به کمک تصاویر ماهواره ای مودیس

سمانه پورمحمدی^۱، محمدحسن رحیمیان^{۲*}

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۱۲/۱۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۲/۲۰

صفحات: ۶۳ - ۷۴

چکیده

خشکسالی می تواند در اثر کمبود بارش و اثری که بر روی کاهش آب قابل دسترس برای گیاه اثر می گذارد، شناسایی شود. تهیه نقشه پهنه بندی خشکسالی در مدیریت مناسب منابع آب در سطح ناحیه ای و ملی موثر خواهند بود. همچنین استفاده از تکنیک سنجش از دور می تواند نقشه پهنه بندی و کلاسه شده خشکسالی را به خوبی نمایش دهد. در همین راستا استفاده از شاخص های خشکسالی که به کمک سنجش از دور تعیین می شوند مفید خواهند بود. بنابراین هدف از تحقیق حاضر بررسی دو شاخص خشکسالی سنجش از دوری تنش تبخیری (ESI) و سلامت گیاهی (VHI) و تطابق با شاخص خشکسالی بارش استاندارد (SPI) در حوزه آبخیز تویسرکان همدان می باشد. به این منظور از ۳۲ تصویر ماهواره ای مودیس از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۰ استفاده شد. نتایج نشان داد که روند تغییرات شاخص خشکسالی بارش استاندارد با دو شاخص خشکسالی سنجش از دوری تنش تبخیری و سلامت گیاهی در طی این ۸ سال تطابق داشته است. در نهایت نقشه های پهنه بندی خشکسالی حوزه آبخیز تویسرکان در طی سالهای ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۰ ارائه شد. ضرایب ماتریکس همبستگی بین VHI و ESI ۷۵٪، بین ESI و SPI ۶٪، و بین VHI و SPI ۶۹٪ بوده است. نقشه های پهنه بندی شده نشان داد که شدت تغییرات کلاس خشکسالی در مرکز حوزه که دارای پوشش گیاهی بیشتری می باشد، حداکثر است.

واژگان کلیدی: شاخص تنش تبخیری؛ شاخص سلامت گیاه؛ خشکسالی؛ سنجش از دور.

^۱- دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، محقق موسسه تحقیقات آب ایران (مرکز ملی تحقیقات و مطالعات باروری ابرها) s.poormohammadi@yahoo.com

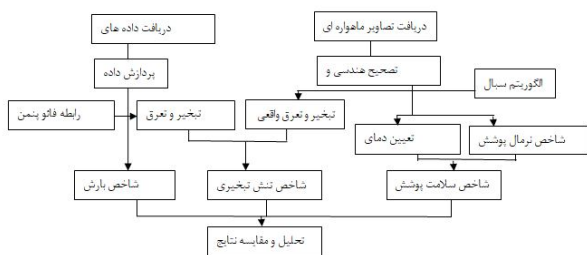
^۲- دکتری علوم و مهندسی آب، محقق سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (مرکز ملی تحقیقات شوری (نویسنده مسئول) mrahimian@gmail.com

مقدمه

خشکسالی یکی از مزمن ترین و زیان بارترین بلاهای طبیعی محسوب می شود که انسانها از دیر باز با آن آشنا بوده و اثرات قابل توجه آن را بر اقتصاد، کشاورزی، محیط زیست و جنبه های مختلف اجتماعی زندگی خود تجربه کرده اند. بطور کلی پراکندگی جغرافیائی مجموع درصد خشکسالی محاسبه شده در نواحی جنوبی کشور از گستردگی زیادتری برخوردار است و هرچه از بخشهای جنوبی و مرکزی کشور فاصله گرفته می شود از شدت و فراوانی خشکسالیها نیز کاسته می شود. دلیل این امر، تاثیر سیستمهای پرفشار جنب حاره ای است که مقادیر بارندگی بخشهای جنوبی کشور را نسبت به بخشهای شمالی و غربی بطور محسوس کاهش داده و مانع از تاثیر سیستمهای شمالی و غربی به این مناطق می شود. بطور کلی باید گفت که وقوع خشکسالی از ویژگیهایی اصلی آب و هوای ایران محسوب می شود که هم در قلمرو آب و هوای مرطوب و هم خشک قابل مشاهده است (۸). خشکسالیها به دو صورت قابل شناسایی هستند یکی از طریق استفاده از پارامترهای ثبت شده بر روی زمین مثل شاخص بارش استاندارد و راه دوم از طریق استفاده از تصاویر ماهواره ای و تکنیک سنجش از دور در تلفیق با داده های برداشت شده از سطح زمین (۹، ۱۱). خشکسالی می تواند پیامدهای جدی بر مقدار، پراکنش و شدت بارش داشته باشد و منجر به تغییرات مکانی و زمانی بارش شود (۱۲، ۱۵). همچنین خشکسالی می تواند در اثر کمبود بارش و اثری که بر روی کاهش آب قابل دسترس برای گیاه می گذارد شناسایی شود (۱۵). تهیه نقشه پهنه بندی خشکسالی و شاخص سلامت گیاه می تواند در مدیریت مناسب مزرعه در سطح ناحیه ای و ملی موثر باشد (۱۵). از طرفی دیگر تبخیر و تعرق یک پارامتر کلیدی جهت تعیین تنش آبی و تعیین رطوبت خاک و می تواند انتقال رطوبت به اتمسفر را توضیح دهد (۹). اندرسون و همکاران (۳) به بررسی رابطه تنش تبخیری و شاخص خشکسالی استاندارد بارش در کشور ایالات متحده پرداختند در این تحقیق از روش الکسی و سبس جهت تعیین تبخیر و تعرق واقعی استفاده شد نتایج نشان داد همبستگی بین شاخص خشکسالی تنش تبخیری و بارش استاندارد ۰/۷ می باشد و الگوریتم الکسی بهتر می تواند شاخص تنش تبخیری را نشان دهد. چویی و همکاران (۱۰) به ارزیابی شاخص های خشکسالی

سنجش از دوری با شاخص خشکسالی هواشناسی و تغییرات هیدرولوژیکی پرداختند نتایج نشان داد که شاخص خشکسالی تنش تبخیری و شاخص خشکسالی سلامت گیاهی با دقت ۸۰٪ و ۹۰٪ به خوبی می تواند تغییرات هیدرولوژیکی و رطوبت خاک را نشان دهد. در تحقیقی که توسط کانتو و همکاران (۶) انجام دادند به ارزیابی شاخص های خشکسالی با سنجش از دور طی بهار و تابستان ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۱ پرداختند نتایج نشان داد که شاخص تنش تبخیری و سلامت گیاهی می تواند تغییرات رطوبت خاک را به خوبی نشان دهد و با شاخص خشکسالی بارش استاندارد همبستگی خوبی دارد. کارنیلی و همکاران (۱۳) به بررسی شاخص خشکسالی سلامت گیاهی و تهیه نقشه آن در کشور آمریکا پرداختند. در این تحقیق به بررسی رابطه NDVI و شاص دمای سطح زمین (LST) پرداخته شد نتایج نشان داد که هر کجا رابطه بین دمای سطح زمین و شاخص تفاضل گیاهی مثبت باشد آب عامل محدود کننده و ایجاد خشکسالی شده است و هر کجا رابطه شاخص دمای سطح زمین و تفاضل گیاهی منفی باشد دما عامل محدود کننده و بروز خشکسالی در عرض های مختلف جغرافیایی می باشد. طی تحقیقی که پورمحمدی و همکاران (۱۷) انجام گرفت به معرفی شاخص خشکسالی جدیدی بنام IDI پرداختند. این شاخص که تلفیقی از شاخص سنجش از دوری NDVI و پارامترهای اقلیمی دما و بارش می باشد، ارتباط مناسبی با شاخص خشکسالی استاندارد دارد نتایج نشان داد که قسمت های شمالی دشت از خشکسالی حادثتری برخوردار است. اندرسون و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی رابطه عملکرد محصولات کشاورزی برزیل با شاخص تنش تبخیری پرداختند به این منظور از تصاویر مودیس از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۳ استفاده نمودند. نتایج نشان داد که شاخص تنش تبخیری در کنار دو شاخص LAI و LST می تواند مبنای یک مدل فیزیکی برای تعیین اثر خشکسالی در محصولات کشاورزی باشد. ژانگ و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی و مانیتورینگ خشکسالی و اثرات آن بر محصولات کشاورزی در حوضه ای در چین پرداختند در این تحقیق از تصاویر ماهواره ای مودیس و شاخص DSI استفاده شد. نتایج نشان داد که رابطه بین پوشش گیاهی و برآورد تبخیر و تعرق در گندم زمستانه و تابستانه متفاوت بوده و شاخص DSI برای اثبات خشکسالی در فصل سرد و گندم زمستانه موثرتر خواهد بود. هدف از تحقیق حاضر بررسی دو

سالهای ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۰ به صورت ماهیانه تعیین گردید در انتها به بررسی و مقایسه دو شاخص خشکسالی سنجش از دوری سلامت گیاه و تنش تبخیری با شاخص هواشناسی خشکسالی پرداخته شد. با توجه به استفاده دو شاخص جدید خشکسالی شامل سلامت گیاه و تنش تبخیری در زیر به معرفی این شاخص ها پرداخته می شود. در شکل ۱ روند نمای تحقیق نمایش داده شده است. در جدول (۱) ویژگیهای تصاویر استفاده شده در این تحقیق نمایش داده شده است همانطور که قبلا نیز ذکر شد در این تحقیق از ۳۲ تصویر ماهواره ای مودیس استفاده شد. سعی شد پراکنش تصاویر در طول ۴ فصل سال وجود داشته باشد اما با توجه به برفگیر بودن منطقه در فصل زمستان و بخشی از فصل پاییز و بهار محدودیت گرفتن تصاویر به ویژه در فصل زمستان وجود داشت.



شکل (۲): نمودار جریان تحقیق

جدول (۱): ویژگیهای تصاویر استفاده شده در این تحقیق

شماره تصویر	روز	تاریخ میلادی	تاریخ شمسی	شماره تصویر	روز	تاریخ میلادی	تاریخ شمسی
۱	۸۷	۲۰۰۳ مارس ۲۰	۸ فروردین ۸۲	۱۷	۲۱	۲۰۰۷ مارس ۲۱	۱ فروردین ۸۲
۲	۱۴۴	۲۰۰۳ می ۲۴	۳ خرداد ۸۲	۱۸	۱۸	۲۰۰۷ می ۱	۱۹ اردیبهشت ۸۲
۳	۲۱۰	۲۰۰۳ ژوئن ۲۹	۷ مرداد ۸۲	۱۹	۲۰	۲۰۰۷ ژوئن ۷	۹ تیر ۸۲
۴	۲۹۹	۲۰۰۳ اکتبر ۲۶	۴ آبان ۸۲	۲۰	۲۰	۲۰۰۷ نوامبر ۷	۲۹ آبان ۸۲
۵	۸۶	۲۰۰۴ مارس ۲۶	۷ فروردین ۸۳	۲۱	۲۱	۲۰۰۸ اکتبر ۲۴	۳ آبان ۸۳
۶	۱۵۸	۲۰۰۴ ژوئن ۴	۸ مرداد ۸۳	۲۲	۲۲	۲۰۰۸ مارس ۲۱	۱ فروردین ۸۴
۷	۲۱۱	۲۰۰۴ ژوئن ۲۹	۷ مرداد ۸۳	۲۳	۲۳	۲۰۰۸ می ۳۱	۸ مرداد ۸۴
۸	۲۹۸	۲۰۰۴ اکتبر ۲۴	۳ آبان ۸۳	۲۴	۲۴	۲۰۰۸ ژوئن ۳۰	۸ مرداد ۸۴
۹	۸۰	۲۰۰۵ مارس ۲۱	۱ فروردین ۸۴	۲۵	۲۵	۲۰۰۹ مارس ۲۰	۱۰ فروردین ۸۵
۱۰	۱۵۱	۲۰۰۵ می ۲۱	۸ مرداد ۸۴	۲۶	۲۶	۲۰۰۹ می ۲۴	۳ خرداد ۸۵
۱۱	۲۱۱	۲۰۰۵ ژوئن ۲۰	۸ مرداد ۸۴	۲۷	۲۷	۲۰۰۹ ژوئن ۲۹	۷ مرداد ۸۵
۱۲	۳۰۰	۲۰۰۵ اکتبر ۲۷	۴ آبان ۸۴	۲۸	۲۸	۲۰۰۹ اکتبر ۲۶	۴ آبان ۸۵
۱۳	۸۰	۲۰۰۶ مارس ۲۱	۱ فروردین ۸۵	۲۹	۲۹	۲۰۱۰ مارس ۲۸	۱۱ فروردین ۸۶
۱۴	۱۵۰	۲۰۰۶ می ۲۰	۹ خرداد ۸۵	۳۰	۳۰	۲۰۱۰ می ۲۴	۱۶ خرداد ۸۶
۱۵	۲۱۱	۲۰۰۶ ژوئن ۳۰	۸ مرداد ۸۵	۳۱	۳۱	۲۰۱۰ ژوئن ۲۹	۱۱ مرداد ۸۶
۱۶	۲۹۳	۲۰۰۶ اکتبر ۲۰	۲۸ مهر ۸۵	۳۲	۳۲	۲۰۱۰ اکتبر ۲۶	۷ آبان ۸۶

شاخص تنش تبخیری: شاخص تنش تبخیری از دو پارامتر تبخیر و تعرق واقعی و تبخیر و تعرق پتانسیل حاصل می شود که رابطه آن در زیر بیان شده است (۲)

$$ESI = ETact / ETP \quad (1)$$

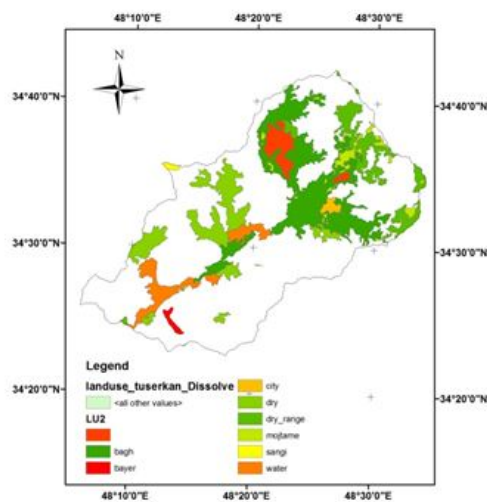
در این رابطه ESI شاخص تنش تبخیری، $ETact$ تبخیر و تعرق واقعی و ETP تبخیر و تعرق پتانسیل می باشد جهت مقایسه بهتر و نتیجه گیری مناسب رابطه فوق باید نرمال سازی شود [۳].

شاخص خشکسالی تنش تبخیری و سامت گیاهی به کمک سنجش از دور و ارتباط آن با شاخص بارش استاندارد می باشد.

اشکال، جداول و عبارات ریاضی

معرفی مورد مطالعه

این تحقیق در حوزه آبخیز تویسرکان در استان همدان در غرب کشور ایران انجام شده است. حوزه آبخیز تویسرکان به وسعت ۷۹۱/۹۰ کیلومتر مربع می باشد، ۲۰/۷ درصد از حوزه آبخیز را دشت تویسرکان با مساحت ۱۶۴/۴۶ کیلومتر مربع تشکیل می دهد. این حوزه آبخیز دارای کاربری اراضی متعدد می باشد و بخش اصلی حوزه را مناطق کشاورزی آبی و دیم تشکیل می دهد یعنی ۲۴ درصد از حوزه آبخیز دارای اراضی دیم و آبی می باشد در شکل (۱) شمای کلی حوزه آبخیز تویسرکان بر روی نقشه همدان را نشان می دهد.



شکل (۱): حوزه آبخیز تویسرکان

روش تحقیق:

به منظور انجام تحقیق حاضر دو نوع داده هواشناسی مربوط به ایستگاه سینوپتیک تویسرکان و تصاویر ماهواره ای استفاده شد. در این تحقیق ۳۲ تصویر ماهواره ای مودیس مربوط به ۴ فصل در ۸ سال از تاریخ ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۰ دریافت شد و تصحیحات هندسی و اتمسفری بر روی آنها صورت گرفت جهت تعیین شاخص های خشکسالی سلامت گیاهی و تنش خشکی پردازش های لازم انجام شد. سپس با استفاده از داده های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک تویسرکان شاخص خشکسالی SPI طی

تشعشع خالص منهای گرمای وارده به خاک منهای گرمای وارده به هوا خواهد شد [۱۶، ۱۸]. همانطوری که در شکل (۲) نشان داده شده است، معادله کلی مورد استفاده در روش توازن انرژی به صورت زیر است:

$$LE = Rn - H - G \quad (۳)$$

که در این فرمول LE شار گرمای نهان بر حسب (Wm-2) است که به راحتی قابل تبدیل به ET میباشد، Rn تابش خالص خورشیدی است (Wm-2)، H شار گرمای محسوس (Wm-2) و G شار گرمای زمین یا خاک (Wm-2) می باشد. از این فرمول این چنین استنباط میگردد که تابشی که از جو به سطح زمین میرسد به سه قسمت مجزا میشود. بخشی صرف گرم کردن زمین یا خاک شده، بخش دیگری صرف گرم کردن هوای مجاور سطح زمین میشود و بقیه مقدار انرژی باقیمانده منجر به تبخیر و تعرق میگردد. در واقع هدف نهایی سبال محاسبه شار گرمای نهان (LE) میباشد که همان ET واقعی محسوب می گردد. جزئیات بیشتر این مدل توسط باستیانسن وهمکارانش [۴] ارائه شده است.

شاخص سلامت گیاهی: این شاخص از دو بخش تشکیل شده است (۱) شاخص موقعیت گیاهی (VCI) [۱۴، ۱۳] که از شاخص تفاضل نرمال پوشش گیاهی (NDVI) حاصل می شود و از طریق باند مرئی و مادون قرمز نزدیک بدست می آید (۲) شاخص موقعیت دمایی (TCI) [۱۱] که از شاخص دمایی درخشندگی (BT) که از مادون قرمز حرارتی استفاده می شود، حاصل می شود. روابط ۳ تا ۵ معادلات مربوطه را نشان می دهد.

$$(۴)$$

$$VHI = (VCI + TCI) / 2$$

$$(۵)$$

$$VCI = 100 * (NDVI_C - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min})$$

$$(۶) TCI = 100 * (BT31_{max} - BT31) / (BT_{max} - BT_{min})$$

در نهایت نقشه تهیه شده جهت مقایسه و تصمیم گیری بهتر باید نرمال شود [۱۳].

جهت تعیین تبخیر و تعرق پتانسیل از رابطه فائو-پنمن مانیتیت استفاده شد که رابطه آن در زیر بیان شده است. امروزه این روش در سطح دنیا مقبولیت فراوانی دارد (۱). فرمول محاسبه تبخیر و تعرق مرجع و اجزای آن در زیر آورده شده است.

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma (900 / (T_{mean} + 273)) u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)}$$

ET_o: شار گرمای نهان تبخیر (میلیمتر در روز)

Rn: شار تابش خالص در سطح است (مگاژول بر مترمربع در روز)

G: شار گرمای خاک است (مگاژول بر مترمربع در روز)

T: میانگین دمای هوای روزانه در ارتفاع ۲ متری (درجه سلسیوس)

(es-ea): کمبود فشار بخار آب اشباع بر حسب کیلو پاسکال است.

Δ: شیب منحنی فشار بخار است (کیلو پاسکال بر درجه سلسیوس)

γ: ثابت سایکرومتری است (کیلو پاسکال بر درجه سلسیوس)

u₂: سرعت باد در ارتفاع ۲ متری (متر بر ثانیه)

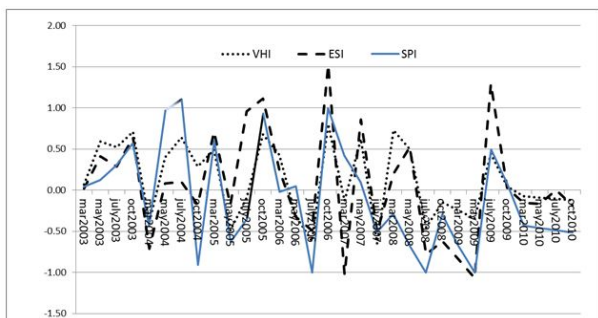
جهت محاسبه تبخیر و تعرق واقعی روش های بیلان انرژی وجود دارد که با استفاده از تکنیک سنجش از دور تعیین می شود در این تحقیق از الگوریتم سبال که یکی از روشهای تخمین تبخیر و تعرق واقعی می باشد استفاده شد در زیر به معرفی مختصر الگوریتم سبال پرداخته می شود.

الگوریتم سبال: شکل (۲) به صورت شماتیک بیلان انرژی سطح را نشان می دهد. مدل سبال از اطلاعات تصاویر رقومی اخذ شده توسط ماهواره لندست یا سایر سنجنده های سنجش از دوری که قادر به ثبت تشعشعات مادون قرمز حرارتی و همچنین تشعشعات مرئی ۳ و نزدیک مادون قرمز ۴ می باشند استفاده می نماید. مقدار ET در هر پیکسل (به عنوان مثال هر ۳۰ در ۳۰ متر مربع تصویر لندست TM+ و ETM+) برای لحظه ای خاص که همان زمان اخذ تصویر میباشد محاسبه میگردد. فرایند محاسبه بر اساس توازن کامل انرژی استوار است که در آن مقدار ET از کسر نمودن مقدار انرژی باقیمانده از معادله کلاسیک بیلان انرژی بدست می آید. لذا مقدار ET برابر با

^۳ -Visible

^۴ -Near Infra Red (NIR)

سه ماه آوریل، می و ژوئن تغییرات کلی همسو بود ولی تطابق خیلی بالا بین شاخص بارش استاندارد و پالمر با شاخص تنش تبخیری دیده نشد به طوریکه در برخی از تاریخ‌ها حتی عدم تطابق بین دو شاخص پالمر و بارش استاندارد با شاخص تنش تبخیری دیده می‌شد. با توجه به شکل ۳ روند هر سه شاخص بارش استاندارد، سلامت گیاه و تنش تبخیری با شیب زیادی منفی بوده و افزایش خشکسالی در سالهای اخیر را هر سه شاخص تأیید می‌کند.



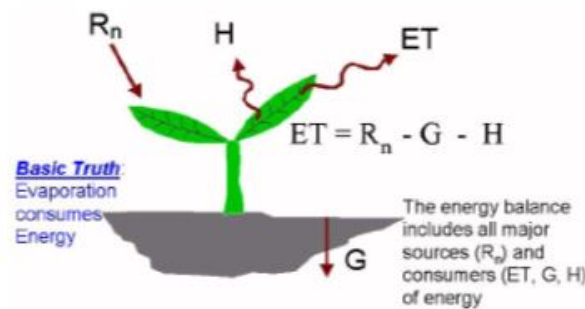
شکل (۴): تغییرات شاخص خشکسالی سلامت گیاهی، تنش

تبخیری و بارش استاندارد از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۰ در جدول ۲ ماتریکس ضرایب همبستگی بین سه شاخص خشکسالی بارش استاندارد، سلامت گیاهی و تنش تبخیری مشاهده می‌شود. همانطور که در جدول نشان داده شده است همبستگی دو شاخص خشکسالی سنجش از دوری تنش تبخیری و سلامت گیاهی ۰/۷۵، مناسب و قابل قبول بوده و همبستگی بین شاخص تنش تبخیری و بارش استاندارد ۰/۶ و همبستگی بین شاخص سلامت گیاهی و بارش استاندارد ۰/۶۹ می‌باشد که در سطح اطمینان ۹۰٪ معنی دار و قابل قبول می‌باشد. چوی و همکاران [۱۰] نیز همبستگی بالاتری بین شاخص سلامت گیاه و تنش تبخیری (۰/۸۴) نسبت به هر یک از این شاخص‌ها با شاخص پالمر (۰/۷۵) بدست آوردند. یائو و همکاران [۵] همبستگی شاخص شدت پالمر و شاخص تنش تبخیری را ۰/۷۰ برآورد نمودند، کانتو همکاران [۱۳] رابطه شاخص تبخیری را با بارش استاندارد ۰/۷۵ برآورد نمودند.

جدول (۲): ماتریکس ضرایب همبستگی بین سه شاخص

خشکسالی بارش استاندارد، سلامت گیاهی و تنش تبخیری

	ESI	VHI	SPI
ESI	۱	-	-
VHI	۰/۷۵	۱	-
SPI	۰/۶	۰/۶۹	۱

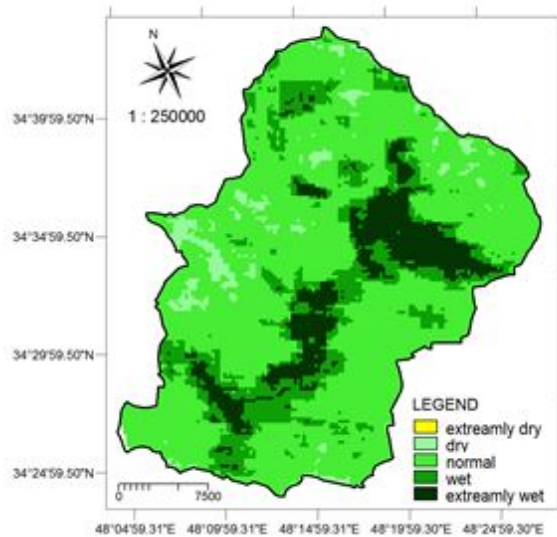


شکل (۳): نمایش ساده ای از اجزای معادله توازن انرژی، در این تصویر مقدار R_n به عنوان منبع تولید انرژی و مقادیر H و ET به عنوان مصرف کننده های آن مطرح اند (دستورانی و پورمحمدی، ۲۰۱۲).

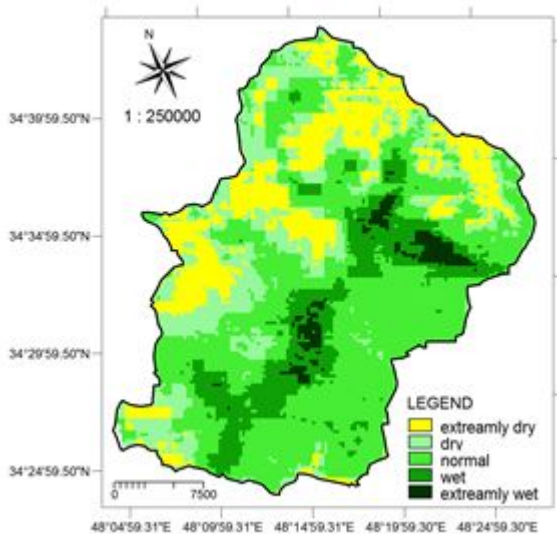
یافته‌های تحقیق

شکل ۳ تغییرات شاخص خشکسالی سلامت گیاهی، تنش تبخیری و بارش استاندارد از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۰ را نمایش می‌دهد. به طور کلی تغییرات دو شاخص خشکسالی سنجش از دوری سلامت گیاهی و تنش تبخیری با شاخص خشکسالی هواشناسی بارش استاندارد مشابه بوده و تقریباً برای هر ماه از هر سال در کلاس‌های مشابه خشکسالی قرار گرفته‌اند. تنها در ماه می و ژوئیه ۲۰۰۴ که کلاس خشکسالی بارش استاندارد خیلی مرطوب را نشان می‌دهد، شاخص تنش تبخیری و سلامت گیاهی در کلاس مرطوب قرار دارند در بقیه موارد کلاس خشکسالی مشابه‌ای در شاخص‌های سنجش از دوری و هواشناسی دیده می‌شود اگر چه نمودارها بر هم انطباق کامل ندارد ولی تغییرات و نوسانات آنها تا حدی است که کلاس خشکسالی جابجا نمی‌شود و این نشان دهنده مشابهت مناسب شاخص خشکسالی هواشناسی با شاخص‌های خشکسالی سنجش از دوری می‌باشد. چوی و همکاران [۱۰] با مقایسه روند تغییرات شاخص خشکسالی تنش تبخیر، سلامت گیاهی و شاخص پالمر نتیجه مشابهی گرفتند به این صورت که دو شاخص خشکسالی سنجش از دوری تنش تبخیری و سلامت گیاهی انطباق خوبی داشته است و تغییرات همسویی را نشان داد و نوسانات شاخص پالمر نیز تا حدودی مشابه دو شاخص ذکر شده بود ولی همسویی در تمامی سالها دیده نمی‌شد. کانتو و همکاران [۶] نیز به نتایج مشابهی دست یافتند به طوریکه با بررسی رابطه شاخص تنش تبخیری، بارش استاندارد و شاخص پالمر به این نتیجه رسیدند که هر چند در

الف) ۲۰۰۳

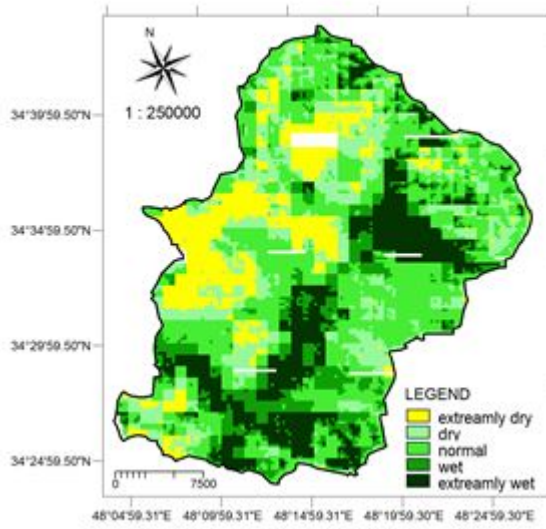


ب) ۲۰۰۴

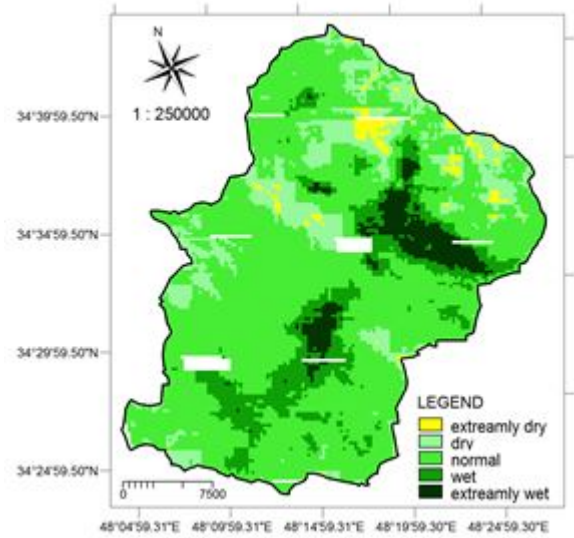


شکل (۴) نقشه پهله بندی سالانه شاخص خشکسالی تنش تبخیری را برای سالهای ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۰ را نمایش می دهد از تن رنگی تیره تر به کم رنگ کلاس خیلی مرطوب تا خیلی خشک را نمایش می دهد. تمامی تصاویر سالانه به ۵ کلاس خیلی مرطوب، مرطوب، نرمال، خشک و خیلی خشک تقسیم شده اند. نقشه ها نشان می دهد که از سال ۲۰۰۳ به سال ۲۰۱۰ تقریباً در تمامی نقشه ها مناطق مرطوب کمتر و مناطق خشک بیشتر می شود. نکته جالب توجه آنکه شاخص تنش تبخیری در مناطق حاشیه ای حوزه که دارای پوشش گیاهی تنکتری بوده است اعداد منفی یعنی خشکی را بیشتر از مرکز حوزه آبخیز که حاوی پوشش گیاهی متراکم بوده است را نشان می دهد به طوریکه در تمامی سالها منطقه مرکزی حوزه آبخیز در کلاس مرطوب قرار گرفته است هر چند که در سال ۲۰۰۳ در کلاس خیلی مرطوب بوده و در سال ۲۰۱۰ در کلاس مرطوب قرار گرفته و بخش اعظمی از مساحت خیلی مرطوب مربوط به بخش مرکزی کاسته شده است.

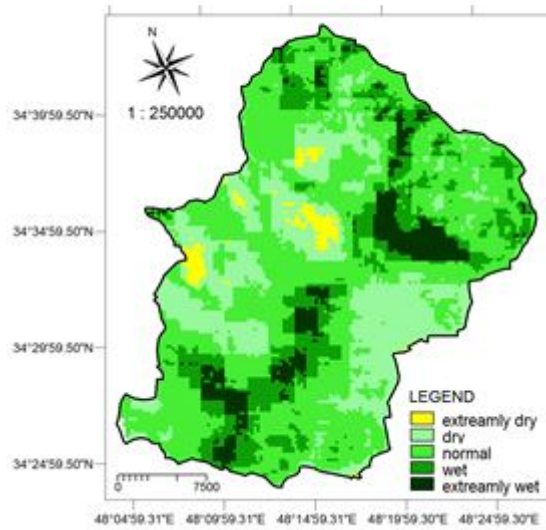
۲۰۰۷(ب)



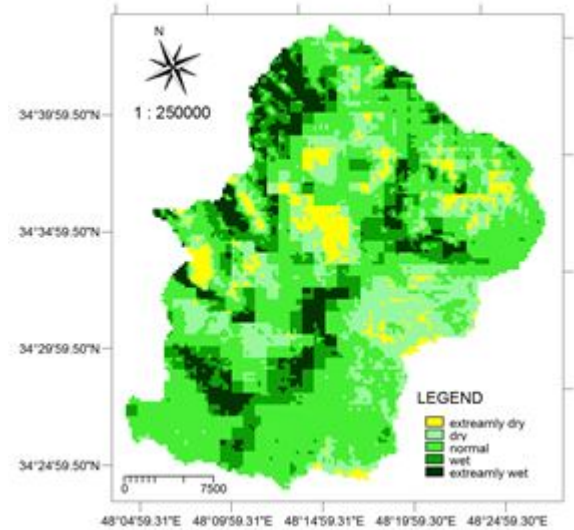
۲۰۰۵(ج)



۲۰۰۸(د)

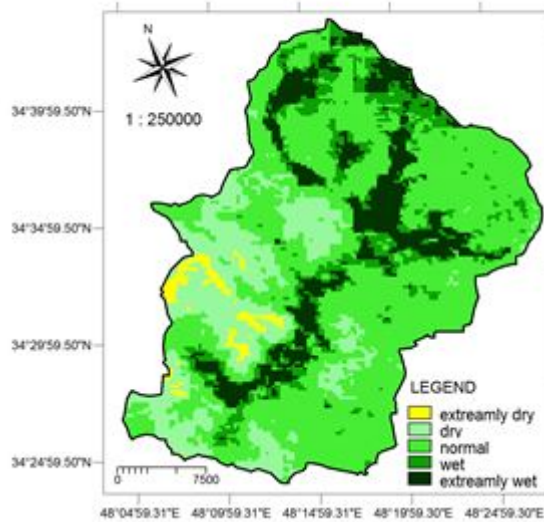


۲۰۰۶(س)

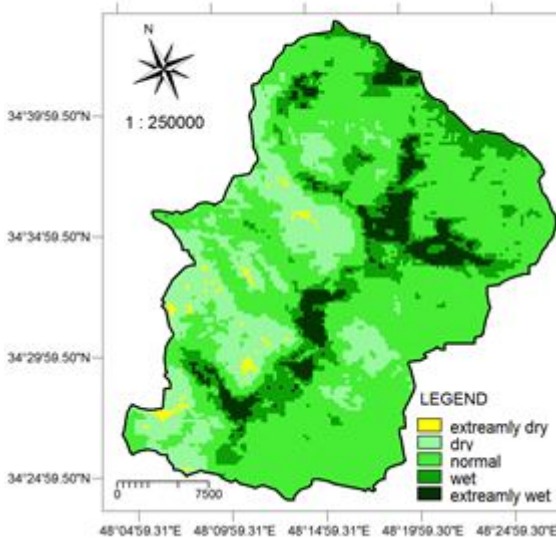


مناطق مرکزی و بخش هایی از شمال حوزه آبخیز با پوشش گیاهی متراکم صورت گرفته است به طوریکه مناطق شمالی حوزه که دارای پوشش متراکم بوده است از کلاس خیلی مرطوب در سال ۲۰۰۳ به کلاس خشک در سال ۲۰۱۰ تغییر یافته است.

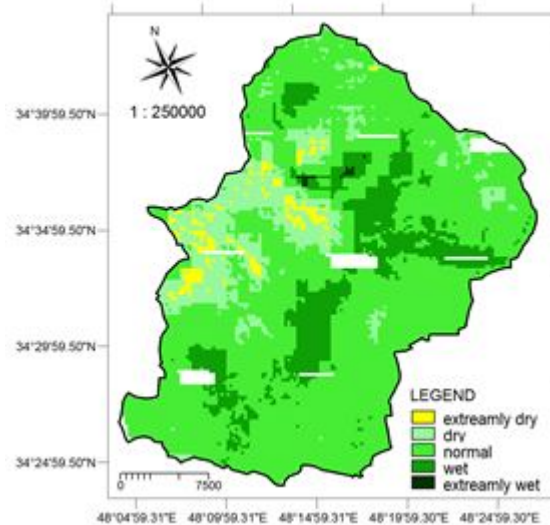
الف) ۲۰۰۳



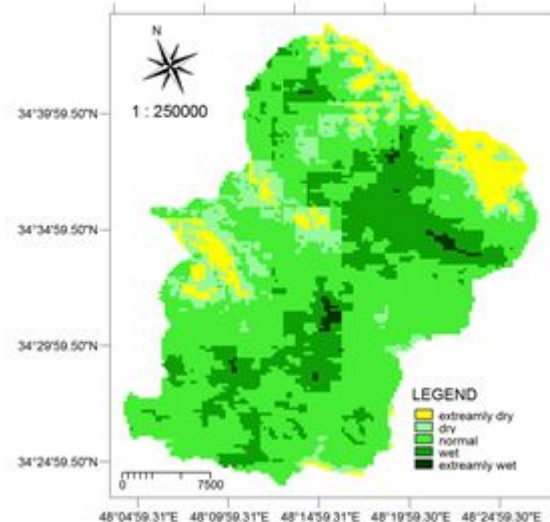
ب) ۲۰۰۴



و) ۲۰۰۹



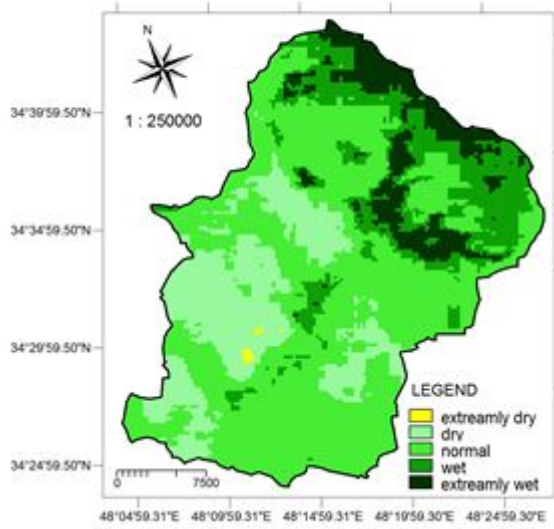
ه) ۲۰۱۰



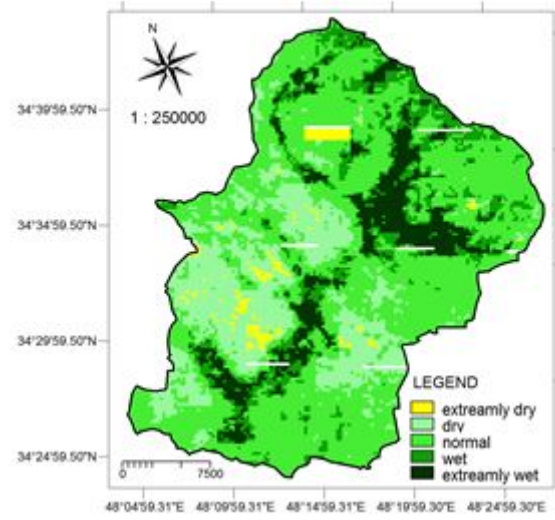
شکل (۵): نقشه پهنه بندی شاخص خشکسالی تنش تبخیری

شکل (۵) نقشه پهنه بندی شاخص خشکسالی سلامت گیاهی را طی سالهای ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۰ را نشان می دهد. با توجه به نقشه ها شدت خشکسالی از سال ۲۰۰۳ به سال ۲۰۱۰ بیشتر شده به طوریکه کلاس مرطوب و خیلی مرطوب از سال ۲۰۰۳ به سمت سال ۲۰۱۰ کمتر و به جای آن کلاس خشک و خیلی خشک قرار می گیرد. نکته جالب آنکه این شاخص مناطقی که پوشش گیاهی کمتری داشته و حالت صخره ای و کوهستانی را دارد بیشتر به صورت نرمال در تمامی سالها نشان داده و بیشترین حساسیت را بر روی مناطقی که پوشش گیاهی در آن بیشتر است نشان داده است و بیشترین نوسانات و تغییرات در

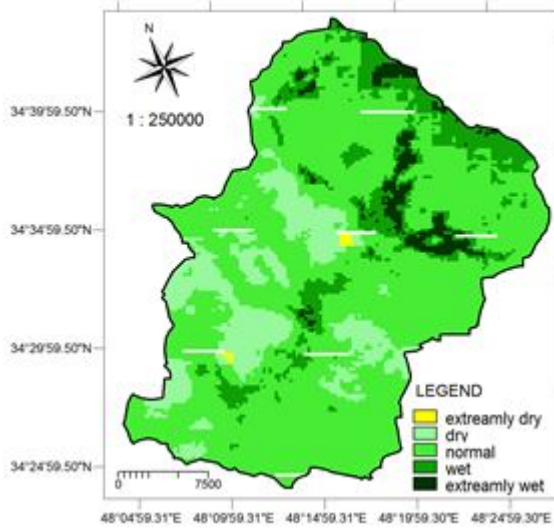
پ) ۲۰۰۷



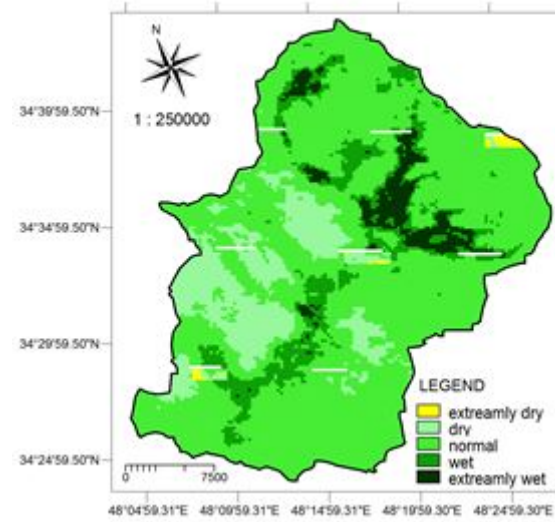
۲۰۰۵



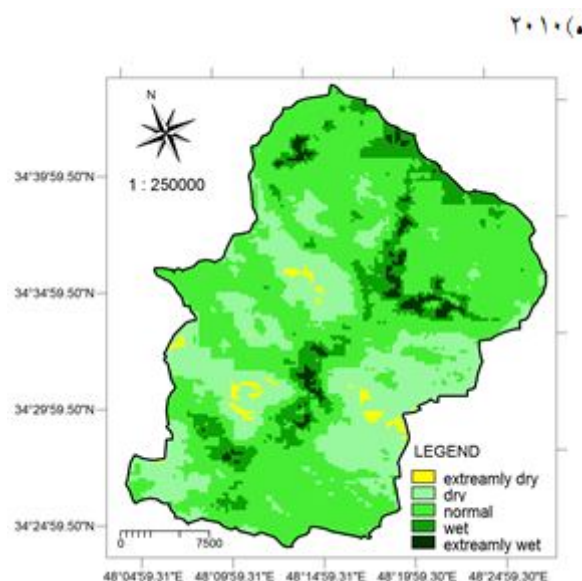
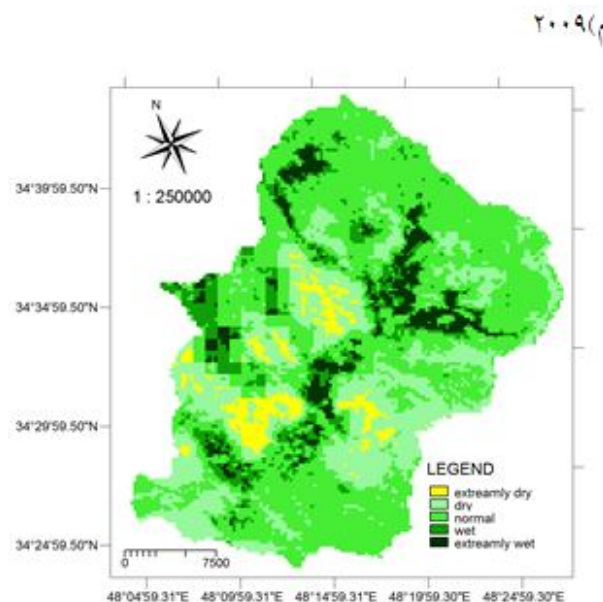
و) ۲۰۰۸



۲۰۰۶



توالی خشکسالی می باشد. نقشه پهنه بندی شده خشکسالی حاصل از این تحقیق در مدیریت بهینه منابع آب منطقه و تصمیمات مدیریتی بحران موثر و مفید خواهد بود. از نکات قابل توجه دیگر تحقیق حاضر آشکار بودن تاثیر پدیده خشکسالی بر پوشش گیاهی و منابع آب منطقه می باشد چراکه در مقایسه نقشه های تولید شده از شاخص های خشکسالی و نقشه کاربری اراضی منطقه به خوبی می تواند تفکیک کلاس خشکسالی مناطق با پوشش گیاهی از مناطق بدون پوشش را نشان دهد. در نهایت اینکه نقشه های تولید شده از دو شاخص تنش تبخیری و سلامت گیاهی افزایش شدت خشکسالی در سالهای اخیر را نشان می دهد و هر دو نقشه ها نشان دهنده بیشترین تاثیر در مرکز حوزه آبخیز می باشد.



شکل (۶): نقشه پهنه بندی شاخص خشکسالی سلامت گیاهی

نتیجه گیری

تحقیق حاضر نشان داد که شاخص های خشکسالی سنجش از دوری می تواند علاوه بر اینکه خشکسالی در سال و ماههای مختلف را به خوبی نشان دهد می تواند پهنه بندی مناسبی از منطقه مورد مطالعه ایجاد نماید. همانطور که نتایج نشان داد شاخص تنش تبخیری و سلامت گیاهی در طی ۸ سال مطابقت مناسبی با شاخص خشکسالی بارش استاندارد داشت که نشان دهنده کارایی شاخص های سنجش از دوری در نشان دادن

A.Karnieli, N. Agam, R.T Pinker, M.Anderson, M.L. Imhoff, G.Gutman, G.Panov and N. Goldberg, "Use of NDVI and landsurface temperature for drought assessment: merits and limitations", *Journal of Clim*, PP.618-633, 2010.

F.N. Kogan, , "Global drought watch from space".*Journal of Bull. Am.Meteorol.Soc*,PP.78, 1997.

M. Karnieli, "remote sensing monitoring of desertification phenology", *Journal of manage environment Qual*, PP.14-22,38, 2006.

Norman JM, Anderson MC, Kustas WP, French AN, Mecikalski JR, Torn RD, Diak GR, Schmugge TJ, Tanner BCW, "Remote sensing of surface energy fluxes at 101-m pixel resolutions", *Journal of Water Resour*, PP. 39, 2003.

S.Poormohammadi, M. H.Rahimian and S.Taghvaeian, "Applying remotely sensed energy balance methods in Iran, potentials and limitations", *Journal of Remote Sensing and Hydrology Symposium*, Jackson hole, Wyoming, USA, 2010.

S.Poormohammadi and H. Malekinejad, " Classification of homogeneous climatic regions under the impact of climate change and greenhouse gas emissions scenarios using L-moments technique in Iran", *Journal of watershed management research*, sari (in Persian), PP.12, 2014.

S. Poormohammadi, "Evaluation and assessment components of the water balance in arid basins using remote sensing and GIS (Case Study: Yazd Manshad Basin" , " *Journal of Watershed Engineering MSc Thesis*, University of Yazd, PP.110(in Persian) 2009.

S.poormohammadi, M.T. Dastorani, A.M. Bavani and H.Jafari, "Application of mountain SEBAL and MODIS imagery for estimation of catchment actual evapotranspiration (case study: TUYSERKAN catchment, Hamedan) ", *Journal of rearch of Soil and Water Conservation*, acceptance letter (in Persian)2014).

G.QUIRIN, S.M and T. N. PAPAKYRIAKOU. "An evaluation of the agricultural drought indices for the Canadian Prairies". *Journal of Agric. For. Meteorol*. PP.118: 49–622003,2014.

Andeson math, [Cornelio A. Zolin](#), [J. Pol sentalhus](#), 2016, The Evaporative Stress Index as an indicator of agricultural drought in Brazil: An assessment based on crop yield impacts, [Remote Sensing of Environment](#), [Volume 174](#), 1 March 2016, Pages 82-99

Xiang JIE, [Jianxi Huange](#)[Qiaozhen Mu](#). 2016, Assessing the remotely sensed Drought Severity Index for agricultural drought monitoring and impact analysis in North China, [Ecological Indicators Volume 63](#), April 2016, Pages 296-309

منابع

R.G. Allen, M. Tasumi, T. MorseA, and R.Trezza, "A Landsat-based Energy Balance and Evapotranspiration Model in Western US Water Rights Regulation and Planning", *Journal of Irrigation and Drainage Systems*, 19(3-4):251-268, 2005.

M.C. Anderson, J. Norman, Mecikalski. J, O.tkin, and W.Kustas "A climatological study of evapotranspiration and moisture stress across the continental US based on thermal remote sensing Surface moisture climatology",

Journal of Geophys. Research Atmospher, pp.112, 2008.

M.GonzalezDugo, C.Cammalleri, G. D'Urso, and Pimstein, A., 2011b. "Mapping daily evapotranspiration at field to continental scales using geostationary and polar orbiting satellite imagery", *Journal of Hydroly and Earth System Science*, pp.15,223–239, 2011.

W.G.M.Bastiaanssen, E.J.M. Noordman, H. Pelgrum, G. Davids, B.P. Thoreson and R.G. Allen, "SEBALmodel with remotely sensed data to improve water resources management under actual field conditions", *Journal of irrigation and drainage engineering*, pp.131 (1),85-93, 2005.

J.A.. Berni, J. Zarco-Tejada, P.J., Sepulcre-Cantó, G., Fereres, E., and F.J. Villalobos, "Mapping canopy conductance and CWSI in olive orchards using high resolution thermal remote sensing imagery", *Journal of Remote Sensing of Environment* , pp.113, 2380–2388, 2009.

C. Guadalupe, J. Sepulcre, A. Arboleda and T. Antofiea, "Assessment of the EUMETSAT LSA-SAF evapotranspiration product for drought monitoring in Europe", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* pp.30 (2014) 190–202, 2014.

M. T.Dastorani, and S. Poormohammadi, "Evaluation of Water Balance in a Moutainouse Upland Catchment Using SEBAL Approach", *ISI journal: Environmental Monitoring and Assessment*, pp.15-29, 2011.

M. T.Dastorani, A.R. Massah Bavani, S.Poormohammadi and M. H.Rahimian, "Assessment of potential climate change impacts on drought indicators (Case study: RDI and SPI in Yazd station, Iran) ".*journal of Desert*, PP.22-36, 2011.

N.Ghilain, A. Arboleda, and F.Gellens-Meulenberghs, "Evapotranspiration modeling at large scale using near-real time MSG SEVIRI derived data", *Journal of Hydrology and Earth System Sciences* , PP.15, 771–786, 2011.

C. Minha, M.Jennifer, b. Jacobs, C.Martha and C. Anderson , "Evaluation of drought indices via remotely sensed data with hydrological variables", *Journal of Hydrology* 476 (2013) 265–273, 2013.

C.Martha, C. Andersona, .F. Christopher, R. Hain, J. Otkinc, Z. Xiwu, and W. Kustas, "Four Decades of Progress in Monitoringand Modeling of Processes in the Soil-Plant Atmosphere System: Applications and Challenges", *Journal of Procedia Environmental Sciences*, PP. 47 – 56, 19 , 2013.

G.Kallis, "Droughts. *Annual Review of Environment and Resources*", PP.33: 3.1 – 3.34, 2008.

Determination Drought indices of Evaporative Stress Index (ESI) and Vegetation Health Index (VHI) in the Tuyserkan catchment using MODIS Satellite Images

-----⁵, -----^{6*}, -----⁷, -----⁸

Received: -----

Accepted: -----

Abstract

Drought can determined with impact of reduce rainfall and effective of available water shortage for plant. Drought mapping will be effective in water resources management in Regional and National level. Zoning maps of drought on water resources management, Regional and National level will be effective. Also use of remote sensing techniques can be display classified and mapping drought, as well as. In this regard, the use of drought indices that determined with remote sensing are the useful. The purpose of this study is to measure two drought indices of evaporative stress (ESI) and health vegetation (VHI) and compliance with the standardized precipitation index (SPI) in Tuyserkan catchment in Hamadan. For this purpose, 32 MODIS satellite image was used from 2003 to 2010. The results showed that the standardized precipitation index changes had complied by two drought indices of evaporative stress and vegetation health in during 8 years. Finally mapping of drought were show in Tuyserkan catchment to 2003-2010. Maps showed that the class changes of the drought were focuses in the central catchment that there were maximum vegetated.

Key words: Evaporative Stress Index; Vegetation Health Index; Drought; Remote sensing

⁵ -----
^{6*} -----
⁷ -----
⁸ -----

