

ارزیابی تغییرات پوشش گیاهی دشت سراب و تحلیل دو دوره خشکسالی و ترسالی

دکتر سعید جهانبخش اصل^۱، دکتر بهروز ساری صراف

دکتر علی محمد خورشید دوست^۲ و هاشم رستمزاده^۳

چکیده

هدف تحقیق حاضر، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مربوط به زمان خشکسالی و ترسالی در دو سال متفاوت و حتی الامکان نزدیک به هم می‌باشد تا با استفاده از شاخص‌های مربوط به خشکسالی کشاورزی بتوان وضعیت پوشش گیاهی را در برابر نوسان بارندگی مشخص کرد. بدین منظور ابتدا با بررسی داده‌های باران سنجی و سینوپتیک ایستگاه‌های موجود در دشت سراب و با استفاده از مدل شاخص SPI خشک ترین سال و نیز یک سال مرطوب به عنوان نمونه انتخاب شدند. در ادامه با استفاده از تصاویر ماهواره ای ETM+ (خشکسالی- ۱۳۸۰) و SPOT (ترسالی- ۱۳۸۳) شاخص خشکسالی کشاورزی برای منطقه محاسبه شد. در این تحقیق از شاخص سلامت پوشش گیاهی (VHI) استفاده شد. ابتدا NDVI هر کدام از تصاویر به دست آمد، سپس با محاسبه VCI و TCI اقدام به تعیین وضعیت سلامت پوشش گیاهی در دو سال متفاوت شد. با استفاده از مدل آشکارسازی تغییرات (آشکارسازی تغییرات طیفی) با استفاده از نرم افزار ERDAS نتایج حاصله در دو دوره متفاوت مقایسه شد. نتایج نشانگر بالابودن تغییرات وضعیت سلامت پوشش گیاهی به ویژه در مناطق تحت کشت دیم می‌باشند. همچنین خطر آسیب پذیری در برابر خشکسالی‌های احتمالی در منطقه غرب دشت سراب بسیار زیاد می‌باشد به طوریکه تفاوت دو دوره خشکسالی و ترسالی در قسمت‌های غربی بالای ۶۰ درصد تغییر تاج پوشش گیاهی می‌باشد.

کلید واژگان: ترسالی، خشکسالی، دشت سراب، شاخص NDVI، شاخص VHI.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
رتال جامع علوم انسانی

1. استاد گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز
2. دانشیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز
3. بورس هیات علمی و دانشجوی دکتری گروه پژوهش‌های جغرافیا - دانشگاه تبریز

مقدمه

در طول سالیان متمادی دانشمندان در جهت بررسی پدیده خشکسالی و درک بهتر آن تلاش نموده و در نهایت روش‌های مختلفی ابداع کرده‌اند. (Gibbs and Palmer, 1965, 1967؛ Maher, 1982؛ Shefer and Dezman, 1982؛ Kogan, 1990, 2002؛ Makee et al, 1993؛ Ghulam and et al, 2007؛ Keyantash and Dracup, 2004) در روش‌های گوناگون شناخت خشکسالی عمدتاً از متغیرهای مختلفی نظیر، بارندگی، رطوبت خاک، تبخیر و تعرق بالقوه، شرایط پوشش گیاهی، آب زیرزمینی و آبهای زیر قشری استفاده شده است. البته نتایج حاصل از این روش‌ها ممکن است در اقلیم‌های مختلف نتایج متفاوتی را نشان دهد (Dracup, et al, 1980).

خشکسالی معمولاً به کاهش بارش که باعث کاهش ذخیره آبی برای فعالیت گروه‌های مختلف می‌شود اطلاق می‌گردد (Wilhite, 1993). تعاریف کاملتری در مورد خشکسالی ارائه شده‌اند و خشکسالی را به عنوان یک دوره زمانی که در آن به دلیل کاهش بارندش، میزان رشد گیاهان از حد متعارف منطقه کاهش می‌یابد، معرفی می‌کنند. در این تعریف پوشش گیاهی عبارت است از پوشش طبیعی یا پوشش گیاهی کشت شده ای که می‌توان از طریق انعکاس طیفی توسط سنجنده‌ها آن را ثبت کرد (Tucker & Choudhurg, 1987). هدف تحقیق حاضر سعی در شناخت واکنش پوشش گیاهی در زمان خشکسالی و ترسالی دارد. در این راستا فرض بر این است که مناطق دارای نوسان رطوبتی بالا حساسیت زیادی در تغییر بارش دارند. تحقیقاتی مبتنی بر استفاده از داده‌های دورسنجی اقدام به مدل سازی روند تغییرات پوشش گیاهی کرده‌اند^۱ به عنوان نمونه در منطقه حوضه آبریز دریاچه اونز^۲، محققان در جهت بررسی روند تغییرات سالانه پوشش گیاهی و مقایسه آن با تغییرات بارندگی منطقه ۶۴ تصویر ماهواره ای لندست MSS استفاده کردند. در این تحقیق سعی بر استفاده از سنجنده MSS مربوط به ماهواره لندست بوده و در جهت مشخص کردن مقدار بازتاب هر کدام از باندها برای اهداف معین از روش رگرسیون خطی استفاده کردند تا معادله پیش‌بینی مقادیر بازتابی حاصل شود (Lunetta, 1999). آرچر (۲۰۰۴) رابطه بین سری زمانی مقدار NDVI ۱۴ سال را با بارندگی منطقه مورد نظر در نظر می‌گیرد. پارک، فدا و اگبرت (۲۰۰۴) داده‌های حاصل از تصویر ماهواره‌ای MODIS و داده‌های اقلیم‌شناسی را به منظور تعیین اثرات هیدرولوژیک در رطوبت خاک مورد استفاده قرار دادند. خشکسالی را بر اساس رابطه زیر محاسبه کردند:

1 - Ghulam, (2006), Gillies (1995), Gitelson (2004), Jackson, R (1983), Jackson, T (2004), JiL (2003), Justic (1985) & Schultz (1993)
2 - Owenz

میانگین NDVI ده ساله - NDVI سال مورد نظر = خشکسالی

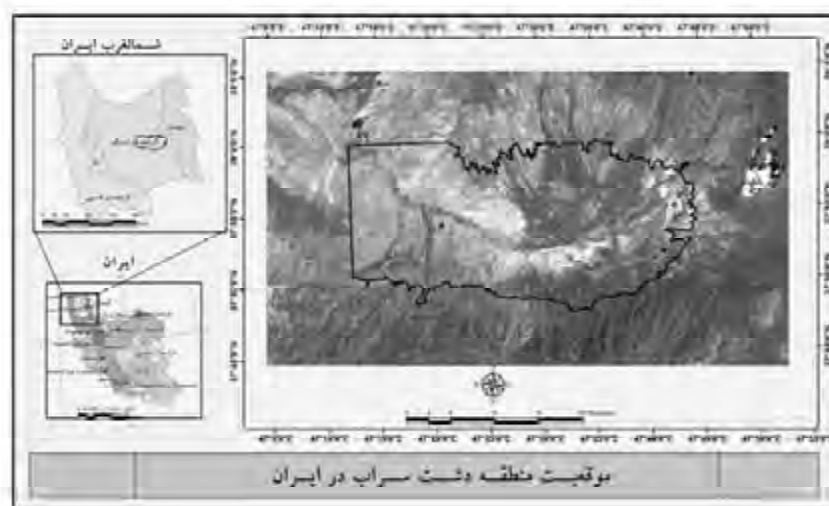
آنیامبا و تاکر^۱ (۲۰۰۵) تحلیل دینامیک پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های NDVI حاصل از NOAA-AVHRR از سال ۱۹۸۱-۲۰۰۳" داده‌های NDVI حاصل از ماهواره NOAA-AVHRR را در طول ۲۳ سال به منظور بررسی طویل‌المدت پوشش گیاهی منطقه ساحل انجام دادند. نتایج حاصله نشانگر سالهای ۱۹۸۳-۱۹۸۵ دوره خشکسالی و ۱۹۹۴-۱۹۹۹ دوره ترسالی بوده است. در این تحقیق محققان استفاده از داده‌هایی با قدرت تفکیک بالا نظیر SPOT, MODIS یا لندست را پیشنهاد می‌کند. بویان و همکاران، ۲۰۰۶ از شاخص SPI به منظور نشان دادن کاهش بارندگی‌های به وقوع پیوسته و از شاخص SWI به منظور نشان دادن روند کاهش آبهای زیر زمینی استفاده شده است. شاخص‌های خشکسالی گیاهی نظیر VCI، TCI، VHI از طریق محاسبه NDVI به دست آمد. ابدووسیت و همکاران، (۲۰۰۷) با مقایسه‌ای که مابین شاخص PDI و MPDI و ارزیابی خشکسالی در منطقه نینژیا^۲ در کشور چین صورت داده‌اند به این نتیجه رسیده‌اند که شاخص MPDI در مقایسه با سایر شاخص‌ها در زمینه استفاده از تصاویر ماهواره‌ای جهت آشکارسازی تغییرات به وقوع پیوسته از پتانسیل بالایی برخوردار است. از جمله اهداف تحقیق حاضر استفاده از داده‌های خشکسالی، ترسالی بوده و نهایتاً سعی بر آشکارسازی تغییر پوشش گیاهی بر اساس شاخص NDVI و ارزیابی خشکسالی کشاورزی دو دوره بر اساس شاخص VHI در منطقه می‌باشد.

مواد و روشها

دشت سراب در استان آذربایجان شرقی قرار دارد. (شکل ۱). کوهستان سبلان در شمال و رشته کوه بزقوش در جنوب آن واقع شده است. پست ترین نقطه دشت در حدود ۱۶۳۴ متر ارتفاع دارد. نوع آب و هوا براساس روش آمبرژه، نیمه خشک سرد می‌باشد. (کرمی و رستم زاده، ۱۳۸۵). متوسط بارش سالانه در دشت سراب ۲۶۴ میلی متر، متوسط دمای سالانه آن ۸/۲ درجه سانتی گراد، تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه ۷۸۰ میلی متر محاسبه شده است. مراکز سکونتی این دشت اکثراً متعلق به روستاها با پراکندگی نسبتاً کم می‌باشد.

1 - Anyamba & Tucker

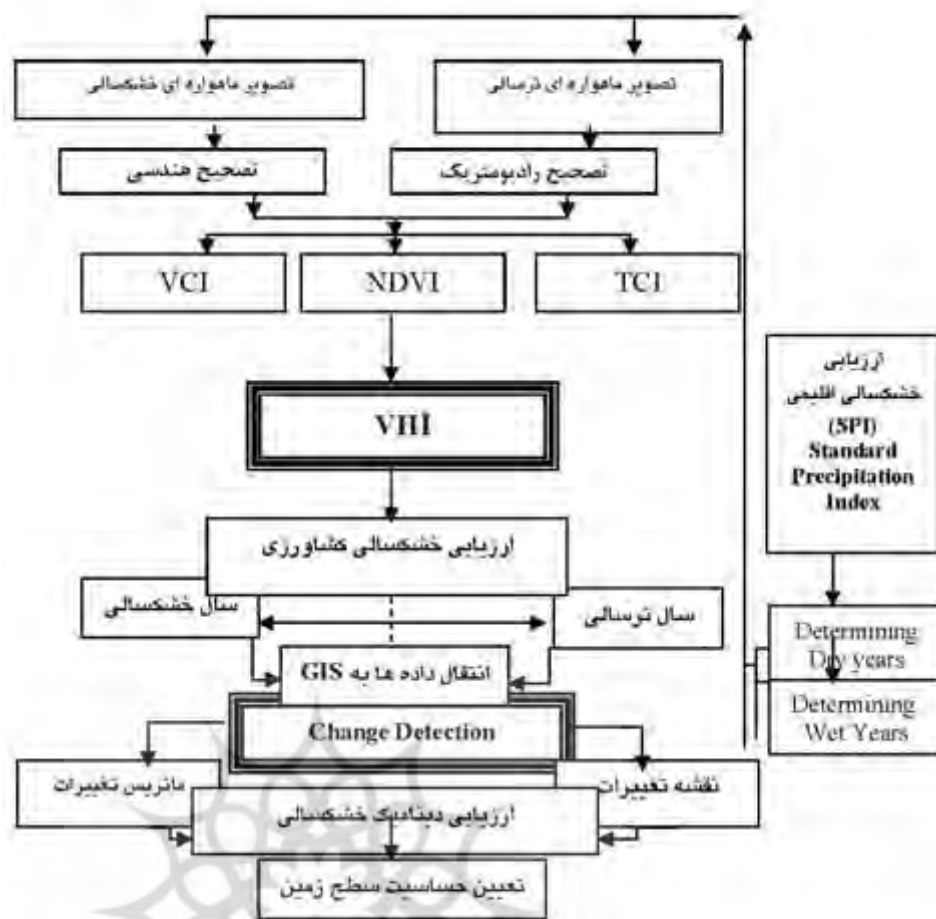
2 - Ningxia



شکل ۱: موقعیت دشت سراب در استان آذربایجان شرقی و ایران

داده‌های مورد استفاده

تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده شامل تصاویر ETM+ تهیه شده از سازمان فضایی کشور در تاریخ خرداد ماه ۱۳۸۰ و تصویر ماهواره ای SPOT، تهیه شده از اداره کل حفاظت محیط زیست استان آذربایجان شرقی برای خرداد ماه ۱۳۸۳ می‌باشد. برای استفاده از این تصاویر ضروری بود که عملیات بهبود کنتراست و تصحیح هندسی انجام گیرد. برای این کار ابتدا از روش کشیدگی خطی و رفع نویز برای افزایش وضوح و کیفیت تصاویر استفاده شد. در ادامه نسبت به تصحیح هندسی تصاویر اقدام شد. تصحیح هندسی دقیق تصاویر با قدرت تفکیک مکانی متفاوت کار نسبتاً مشکلی می‌باشد. ابتدا تصویر SPOT تصحیح هندسی شد. علت انتخاب تصویر SPOT به عنوان تصویر اول این بود که اولاً از قدرت تفکیک مکانی بالاتری برخوردار است و نیز به دلیل نزدیکی به زمان حاضر تغییرات کمتری را شاهد بوده است. با استفاده از مختصات نقاط برداشت شده با دستگاه GPS به تصحیح هندسی تصویر SPOT اقدام گردید. مقدار عمل تصحیح با روش چند جمله‌ای درجه یک و باز نویسی تصویر با روش نزدیک ترین همسایگی صورت پذیرفت. تصحیح هندسی تصویر ETM+ به صورت تصحیح تصویر به تصویر با استفاده از تصویر SPOT صورت گرفت. مقدار خطا برای هم مختصات سازی دو تصویر معادل $RMS=0.38(\text{pixel})$ محاسبه شد که دقت قابل قبولی را ارائه نموده است. در ادامه NDVI تصاویر مربوطه با استفاده از فرمول شماره ۱ و با استفاده از نرم افزار ERDA8.7 به دست آمد. در ادامه NDVI همچنین $NDVI_{\max \& \min}$ برای منطقه مورد نظر محاسبه شد. در ادامه ابتدا



شکل ۳-خوارزمیک (الگوریتم) روش تحقیق

نتایج و بحث

ارزیابی شاخص NDVI در دشت سراب

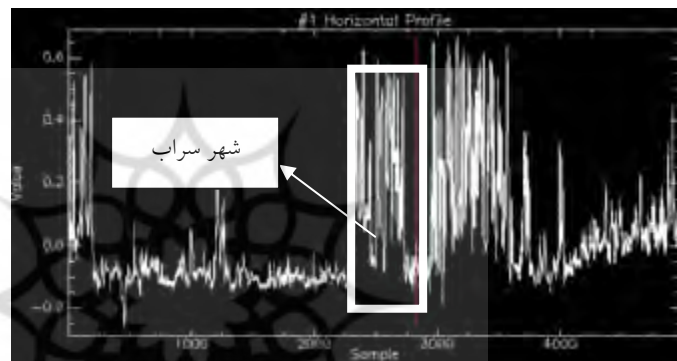
با مینا قرار دادن این نکته که نتایج حاصل از شاخص NDVI مابین -1 تا $+1$ در نوسان است اما دامنه معمول پوشش گیاهی بین $0/2$ تا $0/8$ تغییر می کند (Rouse et al, 1973). با تبدیل تصویر شاخص NDVI محاسبات آماری مربوطه به شرح زیر به دست آمد.

جدول ۲: پارامترهای مربوط به تاج پوشش گیاهی دوسال متفاوت

NDVI	میانگین	انحراف معیار	واریانس	حداقل	Q1	Q3	حداکثر	مد	N
۸۰	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۰۵	-۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۱۴	۰/۳۵	۰	۳۳۷
۸۳	۰/۰۴	۰/۱۹	۰/۰۳	-۰/۲۴	۰/۰۹		۰/۶۶	-۰/۱۱	۵۵۵

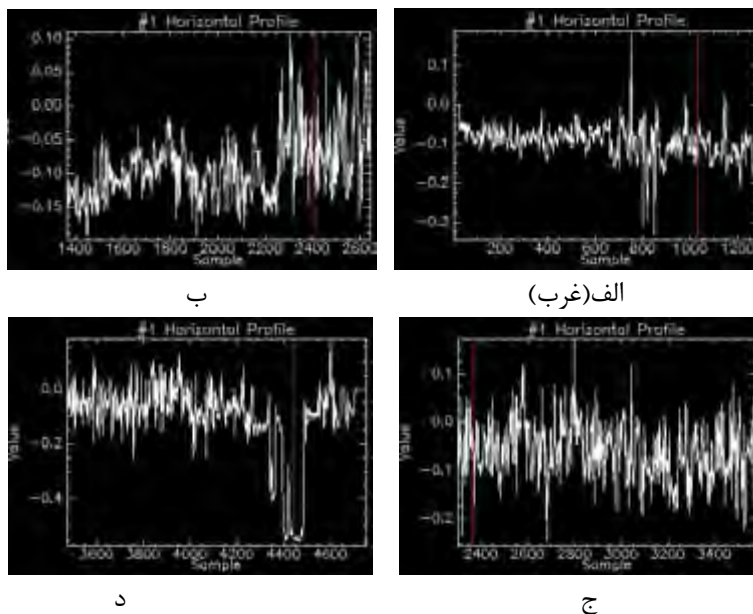
نتایج شاخص NDVI در موقع ترسالی

با ترسیم یک خط فرضی بین غرب ترین نقطه دشت سراب به طرف شرق دشت سراب در قسمت مرکزی دشت، روند پوشش گیاهی از غرب به طرف شرق پرتراکم می‌شود. (شکل ۴). در قسمت غرب مقدار شاخص NDVI بین ۰/۵- تا ۰/۰ در نوسان می‌باشد در حالیکه در قسمت شرق دشت مقدار تراکم پوشش گیاهی زیادتر می‌شود.



شکل ۴: نیمرخ افقی شاخص NDVI دشت سراب از غرب به شرق در سال ۱۳۸۳ (نرم افزار ENVI)

پوشش گیاهی دشت سراب در سال خشکسالی ۱۳۸۰ با کاهش شدید مقدار تراکم تاج پوشش گیاهی در منطقه همراه بوده و بر اساس شواهد مشخص می‌شود که مقدار تاج پوشش گیاهی در مناطق غرب دشت سراب با افت شدید همراه شده و از حدوداً ۰/۲ در موقع ترسالی به ۰/۰۱ در موقع خشکسالی تنزل پیدا کرده است. در قسمت‌های شرقی دشت سراب در اطراف شهر سراب و مناطقی که با کاربری فاریاب و کشت باغات همراه می‌باشد بزرگترین تغییرات به وقوع پیوسته و مقدار تراکم تاج پوشش نزدیک به ۳۰ درصد افت را نشان می‌دهد که این امر به دلیل عدم دسترسی و یا دسترسی کم گیاهان در این مناطق به آب کافی می‌باشد.



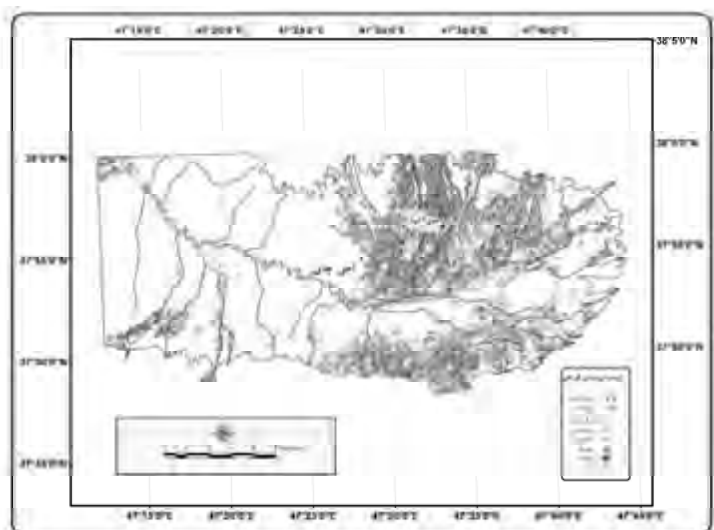
شکل ۷: روند تغییرات شاخص NDVI (تفکیک شکل ۴) دشت سراب (۱۳۸۰) از غرب به شرق (الف-ب-ج-د)

شاخص خشکسالی کشاورزی (VHI)

نتایج شاخص خشکسالی کشاورزی در موقع خشکسالی

با بررسی نتایج حاصل از شاخص VHI در دشت سراب مشخص می‌شود که در سال ۱۳۸۰ (شکل ۹) کلاً شرایط خشکسالی در پوشش گیاهی منطقه حاکم بوده و ۴۴/۹ درصد از منطقه با شرایط خشکسالی بسیار شدید همراه بوده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

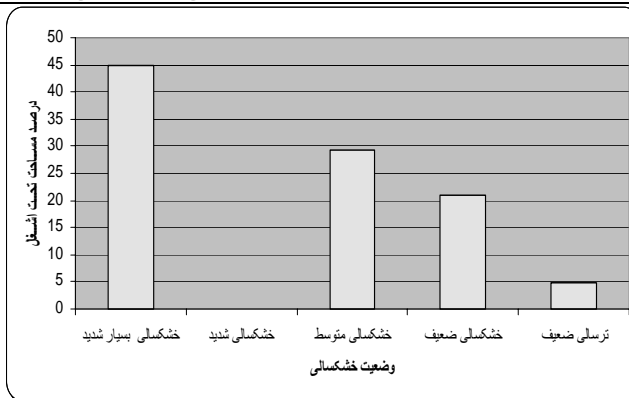


شکل ۸: وضعیت خشکسالی گیاهی VHI (شاخص سلامت پوشش گیاهی) دوره خشکسالی (۸۰-۱۳۷۹)

۵۰ درصد از کل منطقه با شرایط خشکسالی متوسط و ضعیف همراه بوده و تنها مناطق خاصی از ارتفاعات حاشیه دشت و یا مناطقی که از آب زیر زمینی کافی برخوردار بوده‌اند از خشکسالی چندان آسیب ندیده‌اند.

جدول ۳: مساحت خشکسالی دشت سراب بر اساس شاخص VHI در سالهای ۸۰-۱۳۷۹

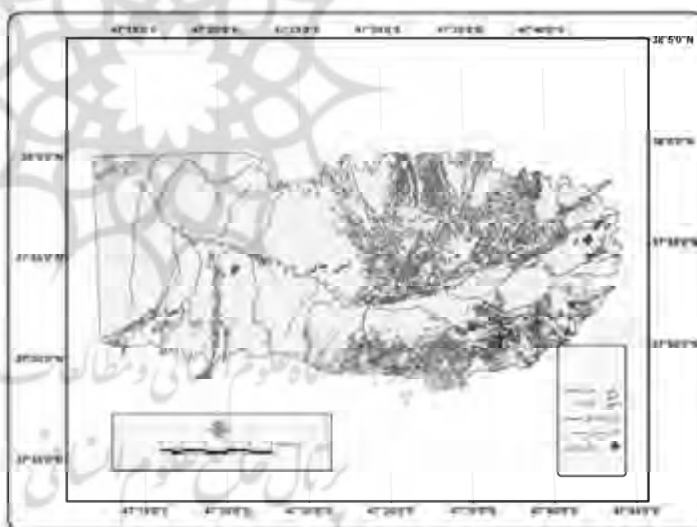
وضعیت شاخص VHI	مساحت پوشش KM^2	(درصد) مساحت پوشش
خشکسالی بسیار شدید	۳۵۰,۴۳	۴۴/۹
خشکسالی شدید	-----	-----
خشکسالی متوسط	۲۲۸,۶۲	۲۹/۳
خشکسالی ضعیف	۱۶۴,۱۰	۲۱/۰
ترسالی ضعیف	۳۸,۰۱	۴/۸
مجموع	۷۷۸,۱۳	۱۰۰



شکل ۹: نمودار وضعیت خشکسالی کشاورزی دشت سراب در سال ۱۳۸۰ (درصد)

نتایج شاخص خشکسالی کشاورزی در موقع ترسالی

در مقابل با بررسی وضعیت شاخص مورد نظر در سال ۱۳۸۳ مشخص می‌شود که ۶/۷ درصد خشکسالی بسیار ضعیف و در بقیه موارد شرایط ترسالی حاکم بوده است. حدود ۳۰ درصد ترسالی ضعیف تا متوسط و نزدیک ۶۰ درصد از شرایط ترسالی شدید برخوردار بوده‌اند. مقایسه نتایج حاصل از دو دوره نشان می‌دهد که مناطق کشت دیم در قسمت‌های غربی دشت سراب به دلیل کم بودن سطح آب‌های زیر زمینی و نیز دوری از آبهای جاری دائمی از نوسان قابل ملاحظه‌ای در تغییرات پوشش گیاهی و در نتیجه مساحت بالایی را به خود اختصاص می‌دهند.

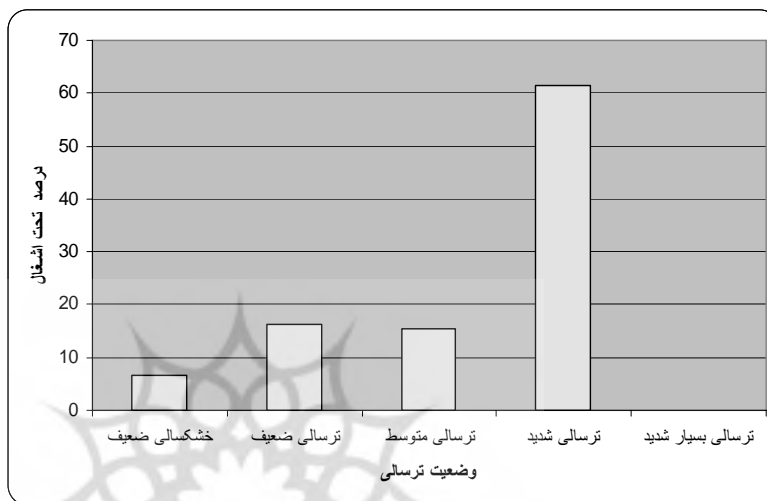


شکل ۱۰: وضعیت خشکسالی گیاهی (شاخص سلامت پوشش گیاهی)

دوره ترسالی (۸۴-۱۳۸)

جدول ۴: مساحت خشکسالی دشت سراب بر اساس شاخص VHI در سالهای ۸۴-۱۳۸۳

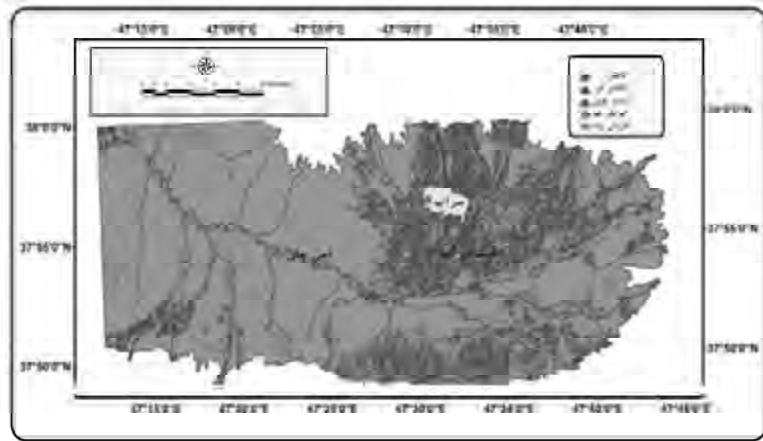
وضعیت شاخص VHI	مساحت پوشش به KM^2	(درصد) مساحت پوشش
خشکسالی ضعیف	۵۲,۱۷	۶/۷۰
ترسالی ضعیف	۱۲۶,۸	۱۶/۲۹
ترسالی متوسط	۱۲۰,۶۸	۱۵/۵۰
ترسالی شدید	۴۷۸,۴۷	۶۱/۴۹
ترسالی بسیار شدید	-----	-----
	۷۷۸,۱۳	۱۰۰



شکل ۱۱: نمودار وضعیت خشکسالی کشاورزی دشت سراب در سال ۱۳۸۳ (ترسالی)

آشکار سازی تغییرات شاخص VHI

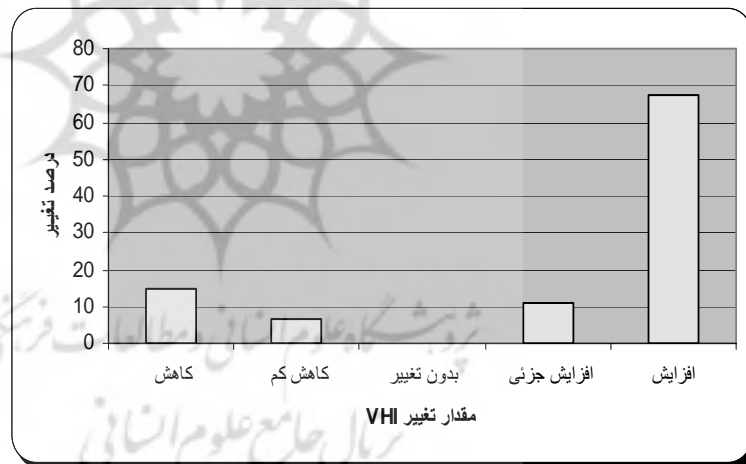
با بررسی نقشه نهایی تغییرات رخ داده در دو دوره ترسالی و خشکسالی مشخص می‌شود که ۱۴/۷ درصد از مساحت کل دشت سراب از کاهش ارزش شاخص VHI مابین دوره ترسالی و خشکسالی برخوردار بوده که این به معنی وقوع خشکسالی ضعیف در بعضی مناطق دشت سراب در دوره ترسالی می‌باشد. اما ۸۷/۸ درصد از کل مساحت دشت سراب از افزایش کم تا افزایش زیاد در دوره ترسالی برخوردار می‌باشد که نشانگر بالا بودن مقدار درصد سطح تغییر مابین دو دوره خشکسالی و ترسالی در منطقه می‌باشد. این امر نشانگر مقدار تاثیر خشکسالی در ۸۷/۸ درصد از کل منطقه می‌باشد.



شکل ۱۲: تغییرات آشکارسازی شده بر اساس شاخص VHI در دشت سراب

جدول ۵: مقدار تغییرات شاخص VHI برای دوره خشکسالی و ترسالی در دشت سراب

وضعیت تغییر	مساحت	درصد
کاهش	۱۱۴/۳۸	۱۴/۷
کاهش کم	۴۷/۸۰	۶/۸۰
بدون تغییر	۰/۱۶۵	۰/۰۲
افزایش جزئی	۸۹/۸۷	۱۱/۱۴
افزایش	۵۲۱/۳۷	۶۷/۳
مجموع	۷۷۳	۱۰۰



شکل ۱۳: نمودار وضعیت تغییرات رخ داده در خشکسالی کشاورزی دشت سراب مابین دوره خشکسالی و ترسالی

نتیجه‌گیری

از مقایسه نتایج حاصل از شاخص NDVI در دو دوره مختلف (خشکسالی و ترسالی) مشخص می‌شود که رابطه منطقی بین دو دوره مختلف وجود دارد. در حقیقت با توجه به مقدار آزمون نتیجه می‌شود که شاخص NDVI دو متغیر باهم رابطه داشته و فرمول رابطه آنها به شکل زیر قابل توصیف است.

$$X_i = -0.154 + 2.07 * X_n$$

در این رابطه X_i برابر است با ارزش عددی هر پیکسل سال ۱۳۸۰ و X_n در بردارنده ارزش عددی هر پیکسل سال ۱۳۸۳ می‌باشد. با توجه به همبسته بودن دو متغیر ضریب همبستگی پیرسون به شکل زیر محاسبه شده و ضریب همبستگی پوشش گیاهی ۸۰ و ۸۳ برابر با ۰/۷۶۹ و $P\text{-Value}=0.00$ می‌باشد. نتایج حاصل از بررسی آشکار سازی تغییرات شاخص سلامت پوشش گیاهی دشت سراب نشان می‌دهد که مقدار کاهش صورت گرفته در ارزش عددی مابین دو سال برابر است با ۱۴/۷ و کاهش کم ۶/۸ در صد می‌باشد. در مورد مقدار افزایش صورت گرفته در مورد ارزش عددی شاخص هر دو سال ۱۱/۱ درصد افزایش کم و ۶۷ درصد افزایش زیاد را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر ۶۷ درصد از کل منطقه در دوره ترسالی بهبود زیاد وضعیت شاخص را نشان می‌دهند که این امر به دلیل افزایش تراکم پوشش گیاهی در مناطق غرب دشت سراب می‌باشد. از نظر کاربردی افزایش ۸۷ درصدی از مقدار مساحت پوشش گیاهی سبز دشت سراب در موقع ترسالی به معنی حساسیت سطح زمین در برابر نوسان اقلیمی می‌باشد. به عبارت دیگر ۸۷ درصد از سطح زمین مابین دوره‌های خشکسالی و ترسالی دارای تغییرات فاحشی از نظر مقدار پوشش گیاهی می‌شوند. لازم به توضیح است که مناطق مرکز و شرق دشت سراب به دلیل استفاده از آبهای زیر زمینی در کشاورزی باغات خود نوسان خیلی زیادی در مقدار شاخص نشان نمی‌دهند، در حالیکه مناطق غرب دشت سراب به دلیل دارا بودن کشت دیم و نیز پائین بودن سطح آبهای زیر زمینی از نوسان بالایی در مقدار پوشش گیاهی و نیز تغییر روند سلامت گیاهان برخوردار می‌باشند. (شکل ۱۲).

منابع

- (۱) کرمی، فریبا و هاشم رستم زاده (۱۳۸۵)، ارزیابی شور شدن اراضی دشت سراب. مجله محیط شناسی، انتشارات دانشگاه تهران.
- 2) Anyamba, A. and Tucker, C.G., (2005), "Analysis of sahelian vegetation dynamic using NOAA-AVHRR NDVI data from 1981 - 2003", *Journal of Arid Environments*, 63: 596-614.
 - 3) Archer, R.M.E., (2004), Beyond the "Climate Versus grazing" impasse: using remote sensing to investigate the effects of grazing system choice on vegetation cover in the eastern Karoo. *Journal of Arid Environments*, 57: 381-408
 - 4) Bhuiyan, C., (2004). Various drought indices for monitoring drought condition in aravalli terrain of India. In: Proceedings of XXth ISPRS Conference. Int. Soc. Photogramm. Remote Sens., Istanbul (Available at: <http://www.isprs.org/istanbul2004.comm7/papers/243/pdf>).
 - 5) Dracup, J.A., Lee, K.S., Paulson Jr., E.G., (1980). on the definition of droughts. *Water resour. Res.* 16(2), 297-302.
 - 6) Feddema, p.J., Egbert, S., (2004), "Analysis of Sahelian Vegetation Dynamics Using NOAA-AVHRR NDVI data from 1981-2003." *Journal of Remote sensing*, 89: 53-62.
 - 7) Gillies, R.R., Carlson, T.N., (1995). "Thermal remote sensing of surface soil water content with partial vegetation cover for incorporation into climate models". *Journal of applied meteorology* 34 (4), 754-756.
 - 8) Gitelson, A.A., (2004). "Wide dynamic range vegetation index for remote quantification of biophysical characteristics of vegetation". *Journal of plant physiology*, 161 (2), 165 – 173.
 - 9) Gibbs, W.J., Maher, J.V., (1967). "Rainfall Deciles Drought Indicators". Bureau of Meteorology Bulletin No.48. Commonwealth of Australia, Melbourne.
 - 10) Ghulam, Abduwasit. Qim, qiming. & Teyip, Tashpolat. & Liang, zhoo., (2007), " Modified perpendicular drought index (MPDI): a real-time drought monitoring method", *Photogrammetry and remote sensing*, 62: 150-164.
 - 11) Gutman, G., Ignatov, A., (1988). " The derivation of green vegetation fraction from NOAA/AVHRR data for use in numerical weather prediction models." *International Journal of Remote sensing* 19(8), 1533-1543.

- 12) Jackson, T.J., Chen, D.Y., Cosh, M., Li, F., Anderson, M., Walthall, C., Doriaswamy, P., and Hunt, E.R., (2004), "Vegetation water content mapping using landsat data derived normalized difference water index for corn soybeans". *Remote sensing Environmental.*, 92(4), 475-482.
- 13) Jackson, R.D., (1983). Spectral indices in n-spaces. *Remote sensing of Environmental.*, 13 (5), 409-421.
- 14) Ji, L., Peters, A.J., (2003), "Assessing Vegetation response to drought in the northern Great Plains using vegetation and drought indices." *Remote sensing of Environmental.*, 87(1), 85-98.
- 15) Justice, C.O., Townshend, J.R.G., Holben, B.N., Tucker, C.J., (1985), "Analysis of the phenology of global vegetation using meteorological satellite data". *Int. J. remote sensing sens.*, 6: 1271-1318.
- 16) Keyantash, J., Dracup, J.A., (2004). "An aggregate drought index: assessing drought severity based on fluctuation in the hydrologic cycle and surface water storage". *Water Resour. Res.* 40, doi:10.1029/2003wr002610(w09304).
- 17) Kogan, F.N., (1990). "Remote sensing of weather impacts on Vegetation in non-homogeneous areas", *Int. J. Remote Sens.* 11(8), 1405-1419.
- 18) Kogan, F.N., (2002). "World drought in the new millennium from AVHRR-based Vegetation Health Indices." *Eos Trans. Am. Geophys. Union* 83(48), 562-563.
- 19) Lunetta, R.S., (1999), *Remote sensing Change detection*, Sleeping Bear Press, Inc. pp 201.
- 20) McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J., (1993). "The relation of drought frequency and duration to time scales. Proceeding of the Eighth Conference on Applied Climatology." *Am. Meteorol. Soc. Boston*, pp. 179-184.
- 21) McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J., (1995). "Drought monitoring with multiple time scales." In: *Proceedings of the Ninth Conference on Applied Climatology*, Am. Meteorol. Soc. Boston, PP. 233-236.
- 22) Palmer, W.C., (1965). "Meteorological drought" .Research Paper No. 45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, DC.
- 23) Palmer, W.C., (1968). "Keeping track of Crop Moisture Index." *Weatherwise* 21, 156-161.
- 24) Paulo, A.A. , L.s. Pereira and P.G. Matias., (2002). Analysis of the Regional Droughts in Southern Portugal Using the Theory of Runs and Standardised Precipitation of land desertification . *Bled , Slovenia*, April: 21-25.

- 25) Prasad, K., Chai, L., Singh, R., (2005). "Crop Yield estimation model for Iowa using remote sensing and surface parameters." *Applied Earth Observation and Geoinformation Journal*, 8, 26-33.
- 26) Rouse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell, and D.W. Deering, 1973. *Monitoring vegetation Systems in the great plains with ERTS. Third ERTS Symposium, NASA SP-3511:309-317.*
- 27) Schultz, P.A., and Halpert, M.S., (1993), "Global correlation of temperature, NDVI and precipitation." *ADV. Space Res.* 13, 277-280.
- 28) Shafer, B.A., Dezman, L.E., (1982). "Development of Surface Water Supply Index (SWSI) to assess the severity of drought condition in snowpack runoff areas. In: *Proceeding of the Western Snow Conference, Fort Collins, CO, pp.164-175.*
- 29) Tucker, C.J., and Choudhury, B.J., (1987), "Satellite remote sensing of drought conditions" *Remote Sens. Environ.*, 23:243-251.
- 30) Volkani, A., Karnieli, A., and Svoray, T., (2005), "The use of remote sensing and GIS for spatio-temporal analysis of the physiological state of a semi-arid forest with respect to drought years." *Forest ecology and Management.* www.elsevier.com/locate/foreco.
- 31) Wilhite, D.A. (1993). *Planning for drought a methodology, drought assessment, management and planning: theory and case studies.* (D.A. Wilhite, Ed.), Kluwer Academic, Boston, PP.87-109.:

