

تاریخ دریافت: 1387/11/20

تاریخ پذیرش نهایی: 1388/5/31

تحلیل فضایی خشکسالی و ترسالی به منظور شناخت حساسیت نوسان رطوبتی دشت سراب با استفاده از شاخص MFI و مدل‌های GIS

سعید جهانبخش اصل¹
بهروز ساری صراف²
علی محمد خورشید دوست³
هاشم رستم‌زاده⁴

چکیده

هدف تحقیق حاضر استفاده از شاخص MFI، تعیین حساسیت نوسان رطوبتی و مقایسه آن با کاربری اراضی موجود در محیط GIS است تا بدین روش کاربری‌های مستعد آسیب‌پذیری در مقابل خشکسالی‌های احتمالی در دشت سراب مشخص شوند. بدین منظور ابتدا داده‌های باران‌سنجی ماهانه ایستگاه‌های موجود در دشت سراب با استفاده از شاخص SPI (به عنوان یک شاخص استاندارد) در طول دوره آماری بررسی و سال 80-1379 به عنوان خشک‌ترین سال و 84-1383 به عنوان ترسالی مشخص گردید. داده‌های حاصله به محیط GIS منتقل و در نهایت نسبت به درون‌یابی متناسب داده‌ها در محیط GIS اقدام شد. در ادامه، ارزیابی حساسیت سطح زمین در مقابل نوسانات عنصر بارش با روابط ریاضی مدل‌سازی شد. با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM+ (خشکسالی) و SPOT (ترسالی) شاخص پوشش گیاهی (NDVI) منطقه در سال‌های مورد بررسی تهیه گردید. با تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه (دیم، آبی، نقاط شهری، مراتع و ...) و مقایسه آن با نقشه پهنه‌بندی شده شاخص نوسان رطوبتی دشت سراب با استفاده از تحلیل‌های فضایی در محیط GIS، نحوه اثرپذیری نوع کاربری اراضی منطقه از وقوع خشکسالی‌ها مشخص گردید. براساس نتایج حاصله محصولات زراعی دیم غرب دشت سراب در درجه اول و محصولات زراعی آبی در مرکز و محصولات باغات در مراحل بعد بیشترین تأثیر را از نوسانات رطوبتی متحمل می‌شوند.

1- استاد گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز. S_jahan@tabrizu.ac.ir

2- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز. B.sarraf@tabrizu.ac.ir

3- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز. khورشid@tabrizu.ac.ir

4- دانش‌جوی دکتری گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز.

واژگان کلیدی: شاخص نوسان رطوبتی (MFI)، ترسالی، خشکسالی، تحلیل فضایی، دشت سراب، GIS.

۱۳۸۸

بحث در مورد خشکسالی برای هر منطقه‌ای از جهان در نهایت به بررسی اثرات خشکسالی در زندگی مردم، گونه‌های گیاهی و جانوری منطقه مورد نظر منتهی خواهد شد (ولکانی و همکاران¹، 2002، 9). در واقع خشکسالی به عنوان یک پدیده اقلیمی اثرات اجتماعی-اقتصادی، کشاورزی و زیست محیطی انکارناپذیری در محیط اعمال می‌کند (بوهیانی و همکاران²، 2006، 290) به منظور بررسی و پیش‌بینی خشکسالی دانشمندان روش‌های مختلفی ابداع کرده‌اند (پالمر³، 1965: 158، 1968؛ گیبس و ماهر⁴، 1967، شفر و دزمن⁵، 1982: 165؛ کوغان⁶، 1990: 1405، 2002؛ مک‌کی و همکاران⁷، 1993، 1993، 181؛ کیانتاش و دراکاپ⁸، 2004: 165؛ غلام و همکاران⁹، 2007: 160). در روش‌های پیش‌بینی خشکسالی اغلب از متغیرهای مختلفی نظیر بارندگی، رطوبت خاک، تبخیر و تعرق بالقوه، شرایط پوشش گیاهی، آب زیرزمینی، آب‌های زیر قشری استفاده شده است (دراکوب¹⁰ و همکاران، 1980: 285). به زبان ساده، خشکسالی معمولاً به کاهش بارندگی که باعث کاهش ذخیره آبی برای فعالیت گروه‌های مختلف می‌شود اطلاق می‌گردد (ویل‌هایت¹¹، 1993: 89) یا این که خشکسالی موقعی اتفاق می‌افتد که به دلیل کاهش بارندگی، میزان رشد گیاهان از حد متعارف منطقه کاهش می‌یابد. در این تعریف پوشش گیاهی عبارت است از پوشش طبیعی یا پوشش گیاهی کشت شده‌ای که می‌توان از

- 1- Volkani et al
- 2- Bhuiyan et al
- 3- Palmer
- 4- Gibbs and Maher
- 5- Shefer and Dezman
- 6- Kogan
- 7- Makee et al.
- 8- Keyantash and Dracup
- 9- Ghulam and et al.
- 10- Dracup
- 11- Wilhite

طریق انعکاس طیفی توسط سنجنده‌ها آن را ثبت کرد (تاگر و گودهارگ، 1987: 246)¹ در تحقیق حاضر ترسالی عبارت است از موقعی که بارندگی به صورت نرمال یا بالاتر از حد نرمال بوده و به عبارت دیگر، سال‌هایی است که با خشکسالی همراه نمی‌باشند.

حساسیت نوسان رطوبتی (Moisture Fluctuation Sensibility) به معنی مقدار اختلاف بارندگی در موقع خشکسالی و ترسالی می‌باشد که در مقاله حاضر با استفاده از شاخص نوسان رطوبتی² MFI به دست آمده است. لازم به توضیح است که مقدار پراکنش بارندگی در سطح زمین به دلیل عوامل توپوگرافی، هیپسومتریک و سایر عوامل جغرافیایی یکسان نیست. آن چنان که سطح زمین در قسمت‌های مختلف از بارش یکنواختی برخوردار نیست. برعکس این قضیه نیز در موقع خشکسالی حاکم است چرا که به دلیل شرایط جغرافیایی نظیر دوری و نزدیکی به منابع رطوبتی، عامل ارتفاع، شرایط فیزیوگرافی و ... تأثیر خشکسالی در سطح یک منطقه یکسان نخواهد بود. با مطالعه مقدار بارندگی در موقع ترسالی و خشکسالی و محاسبه اختلاف این دو دوره در ایستگاه‌های مورد مطالعه و نهایتاً تعمیم آن بر روی زمین با استفاده از شاخص MFI و مدل‌های GIS، امکان شناسایی مناطقی فراهم می‌آید که در موقع ترسالی بارش زیاد یا نسبتاً زیاد و در موقع ترسالی از بارندگی خیلی کم یا بسیار کم برخوردار خواهند بود. هرچقدر این اختلاف بین دو دوره زیاد باشد اصطلاحاً آن بخش از سطح زمین از حساسیت نوسان رطوبتی بالایی برخوردار می‌باشد. این امر در مقاله حاضر با عنوان حساسیت نوسان رطوبتی سطح زمین (MFI)³ مطرح شده است. در تحقیقات مختلف این امر با عنوان دینامیک خشکسالی نیز بحث شده است (بویان⁴ و همکاران، 2006: 302).

مقاله حاضر با تحقیق‌های مختلفی از نظر مبانی فلسفی و متدولوژی همخوانی دارد. به ویژه مطالعاتی که با استفاده از داده‌های دورسنجی و شاخص‌های مورد استفاده در این علم،

1- Tucker & Choudhurg

2- Moisture Fluctuation Index

3- Moisture Fluctuation Index

4- Bhuiyan

به بررسی فرایند خشکسالی و به نوعی دینامیک آن در سطوح مختلف می‌پردازند¹. از جمله این پژوهش‌های علمی می‌توان به گاتمن² (1998: 1530)؛ پائلو³ و همکاران (2002: 22)؛ موحد دانش و همکاران (1377: 119)؛ دین‌پژوه و همکاران (1380)؛ لونت⁴ (1999: 201)؛ آرچر⁵ (2004: 385)، بویان⁶ و همکاران (2006: 299)؛ پراساد و همکاران⁷ (2005: 33)؛ تاکر⁸ (1987: 248)؛ فدما⁹ (2004: 56) اشاره کرد.

اهداف تحقیق حاضر 1- استفاده از شاخص بارندگی SPI (به عنوان یک شاخص استاندارد) مربوط به دوره خشکسالی و ترسالی 2- انتقال نتایج حاصله به محیط GIS و تعیین اختلاف بین دو دوره (با عنوان تعیین حساسیت نوسان رطوبتی سطح زمین در برابر نوسان بارندگی) 3- اعمال شاخص MFI بر روی دشت سراب 4- تعیین کاربری‌های سطح زمین (Land Use) براساس نقشه‌های موجود یا تصاویر ماهواره‌ای 5- مقایسه نتایج حاصل از همپوشانی شاخص MFI و کاربری‌های سطح زمین (با مقیاس محلی¹⁰) در دشت سراب در محیط GIS.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه دشت سراب در استان آذربایجان شرقی است (شکل 1). کوهستان سبلان در شمال شرق و رشته کوه بزقوش در جنوب آن قرار دارند. پیوستگی کوهستان سبلان و بزقوش داغی در شرق و شمال، دشت سراب را به صورت چاله بسته‌ای درآورده که

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

1- Guttman

2- Paulo

4- Lunetta

5- Archer

6- Bhuiyan

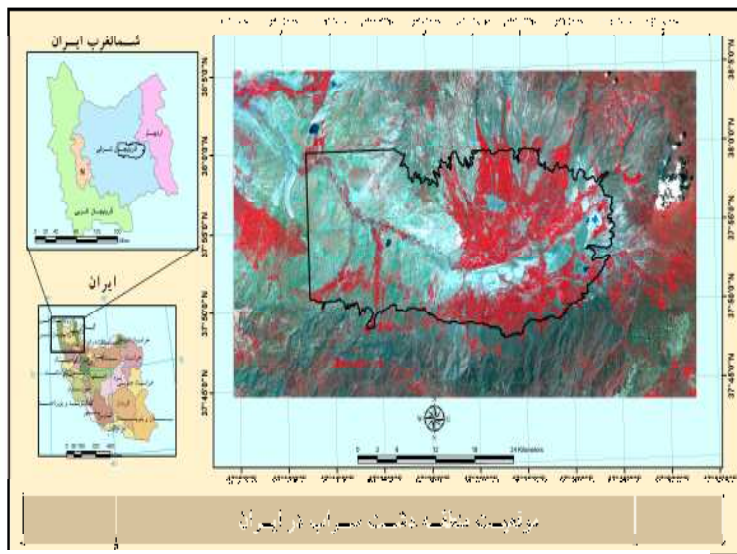
7- Prasad

8- Anyamba & Tucker

9- Feddema & Egbert

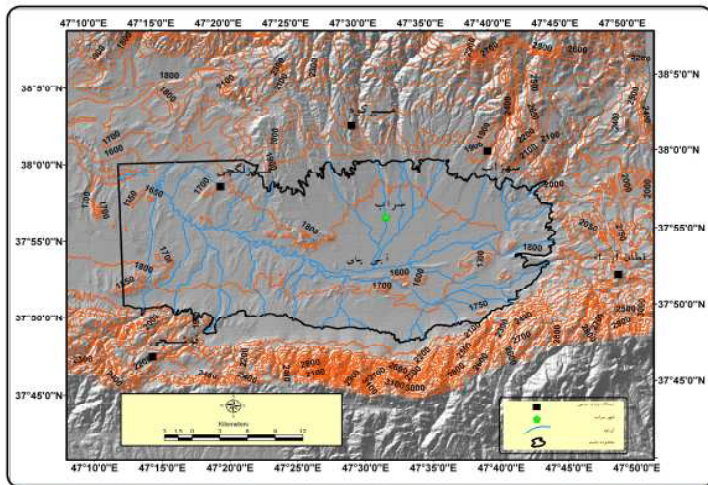
10- Local Climate

فقط از گوشه شمال غربی باز است (شکل 2). پست‌ترین نقطه دشت در حدود 1634 متر ارتفاع دارد.



شکل (1) موقعیت دشت سراب در استان آذربایجان شرقی و ایران

Arch



شکل (2) توپوگرافی دشت سراب و شبکه زهکشی

در مرکز دشت، برآمدگی‌های گنبدی شکل و چین‌های دیپاری دیده می‌شوند. این برجستگی‌ها با نام‌های محلی «دالاخ‌لار» و «دوزلخ‌لار» (شوره‌زار) عوارضی هستند که سطح هموار دشت را بر هم می‌زنند (کریمی و رستم‌زاده، 1385). نوع آب و هوای دشت سراب، براساس داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک و هواشناسی در یک دوره آماری 20 ساله (85-1355) براساس روش آمبرژه، نیمه خشک سرد مشخص شد. بر پایه داده‌های مذکور، متوسط بارش سالانه در میرکوه، 363/7 و در دشت سراب 264 میلی‌متر می‌باشد. متوسط دمای سالانه آن 8/2 درجه سانتی‌گراد برآورد شده است. حداکثر مطلق دما در مرداد ماه 37/5 و حداقل مطلق دما 30- درجه سانتی‌گراد در بهمن ماه گزارش شده است. تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه 780 میلی‌متر محاسبه شده است. مراکز سکونتی این دشت اکثراً متعلق به روستاها با پراکندگی نسبتاً کم می‌باشد. تعداد خانوار روستاها بین کمتر از ده تا بالای 500 نفر ثبت شده است (استانداری، 1385).

داده‌ها و اطلاعات تحقیق حاضر مربوط به بارندگی ماهانه ایستگاه‌های 1- قره‌بلاخ
2- قزل‌گچی 3- قوشچی 4- میرکوه 5- سهزاب 6- سلطان‌آباد در طی دوره

آماري 30 سال اخير¹ (1350-1385) است. پايگاه اطلاعات اوليه با استفاده از نرم افزار Excel تهيه شده است (جدول 1).

جدول (1) نام ايستگاه، موقعيت و تعداد سالهاي آماری

ردیف	نام ایستگاه	موقعیت جغرافیایی (UTM)		نوع داده	سالهای آماری	استفاده در تحقیق
		X	Y			
1	قره بلاخ	698130	420468 3	باران سنجی	+15	شاخص SPI و پهنه‌بندی در محیط GIS
2	قزل گچی	704967	420468 5	باران سنجی	+15	شاخص SPI و پهنه‌بندی در محیط GIS
3	قوشچی	698136	418416 0	باران سنجی	+15	شاخص SPI و پهنه‌بندی در محیط GIS
4	میرکوه	719410	421246 3	باران سنجی	+15	شاخص SPI و پهنه‌بندی در محیط GIS
5	سهزاب	734146	420917 1	باران سنجی	+15	شاخص SPI و پهنه‌بندی در محیط GIS
6	سلطان آباد	747767	419476 1	باران سنجی	+15	شاخص SPI و پهنه‌بندی در محیط GIS
7	سراب	727759	420177 6	سینوپتیک	+15	شاخص SPI و پهنه‌بندی در محیط GIS

با استفاده از نرم‌افزار Mititab تحلیل‌های آماری گرایش مرکز، برای هر کدام از ایستگاه‌ها به صورت مجزا مورد بررسی قرار گرفت. بر این اساس داده‌های مربوط به ایستگاه‌هایی که از ظرفیت بالایی¹ در انجام تحلیل‌ها برخوردار نبودند از فهرست داده‌های مورد استفاده حذف شدند. سال 2001 میلادی برابر با سال آبی 1380-1379 به عنوان سال خشکسالی نمونه و سال 2004 میلادی برابر با سال آبی 1382-1383 به عنوان ترسالی تعیین شد.

جدول (2) طبقه‌بندی شاخص SPI در ارزیابی خشکسالی هواشناسی

مقدار عددی SPI	طبقه خشکسالی	ردیف
<-2	خشکسالی بسیار شدید	1
<-1/5	خشکسالی شدید	2
<-1	خشکسالی متوسط	3
<0/0	خشکسالی ضعیف	4
>0/0	بدون خشکسالی	5

ماخذ: (McKee et al., 1993: 184)

تعیین شاخص SPI

برای هر کدام از ایستگاه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از شاخص SPI اقدام به محاسبه خشکسالی مورد نظر گردید.²

$$SPI = \frac{X_{ij} - X_{im}}{\sigma} \quad \text{رابطه (1)}$$

در رابطه فوق X_{ij} مقدار بارندگی فصلی، X_{im} میانگین بارندگی فصلی و σ انحراف معیار داده‌ها می‌باشد. با انتقال داده‌های مربوط به شاخص SPI مربوط به سال‌های خشک و تر، نقشه‌های ماهانه در محیط GIS برای منطقه مورد مطالعه ترسیم گردید.

معرفی شاخص MFI (شاخص نوسان رطوبتی)

1- این ظرفیت‌ها عبارت بودند از مقدار سال‌های ثبت شده داده‌ها، تعداد داده‌های گم شده (Missing data) و ...

2- در تحقیق حاضر تنها از ایستگاه‌های باران‌سنجی شرکت آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی استفاده شد.

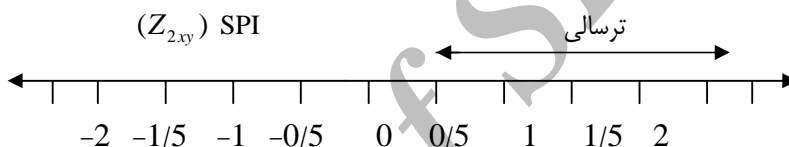
نقشه نوسان رطوبتی سطح زمین در برابر نوسانات بارش با استفاده از رابطه زیر به دست آمد.

$$Z_{2,xy} = \frac{I_{xy}}{S_{xy}}$$

در رابطه فوق Z برابر است با مقدار ارزش عددی هر پیکسل

موقعیت $Z_{2,xy}$ و مقدار هر پیکسل SPI در زمان ترسالی در نقشه‌های GIS است:

$$0 \leq Z_2 \leq 2$$

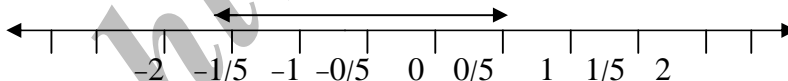


شکل (3) وضعیت احتمالی شاخص SPI در موقع ترسالی بر روی دستگاه اختلافات ریاضی

$Z_{1,xy}$ برابر است با موقعیت و ارزش عددی هر پیکسل SPI در نقشه خشکسالی:

$$-2 \leq Z_1 \leq 0$$

SPI خشکسالی ($Z_{1,xy}$)



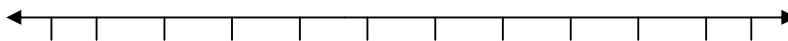
شکل (4) وضعیت احتمالی شاخص SPI در موقع خشکسالی بر روی دستگاه اختلافات ریاضی

MFI عبارت است از اختلاف عددی یک پیکسل در زمان خشکسالی و ترسالی که با عنوان

مقدار حساسیت نوسان رطوبتی سطح زمین در برابر نوسان بارش شناخته می‌شود و دامنه

نوسان آن به صورت زیر محتمل خواهد بود:

$$-2 \leq MFI \leq 2$$



$$-2 \quad -1/5 \quad -1 \quad -0/5 \quad 0 \quad 0/5 \quad 1 \quad 1/5 \quad 2$$

شکل (5) احتمال قرارگیری مقدار MFI بر روی محور اعداد

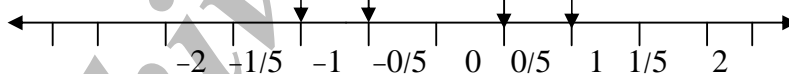
طبقه‌بندی کلاس‌های شدت حساسیت نوسان رطوبتی سطح زمین

براساس نتایج به دست آمده حداکثر و حداقل داده‌های حاصله به عنوان حد بالا (حساسیت بسیار شدید) $0/5 \leq \Delta Z \leq 0/5$ و حد پائین $1.5 \leq \Delta Z \leq 2$ و $-2 \leq \Delta Z \leq -1.5$ (حساسیت بسیار ضعیف) در نظر گرفته می‌شوند¹. با استفاده از نرم‌افزار ARC GIS 3/9 و با استفاده از برنامه جانبی Map Calculator اقدام به اعمال محاسبات مربوط به تعیین حساسیت نوسان رطوبتی سطح زمین گردید.

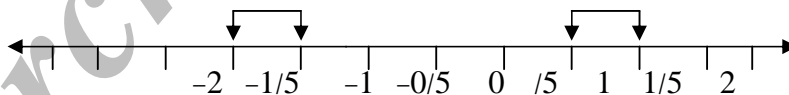
اگر $-0/5 \leq \Delta Z \leq 0/5$ حساسیت بسیار شدید



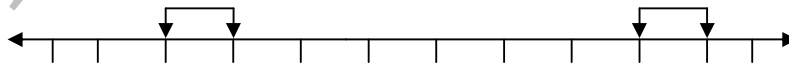
اگر $0.5 \leq \Delta Z \leq 1$ یا $-1 \leq \Delta Z \leq -0.5$ حساسیت شدید



اگر $1.5 \leq \Delta Z \leq 1$ یا $-1.5 \leq \Delta Z \leq -1$ حساسیت متوسط



اگر $1.5 \leq \Delta Z \leq 2$ یا $-2 \leq \Delta Z \leq -1.5$ حساسیت ضعیف



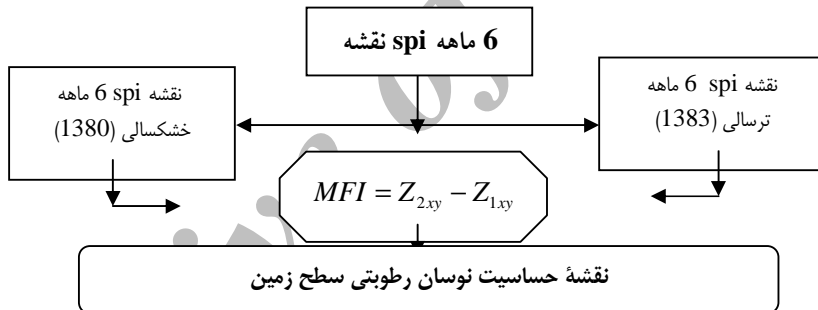
1- این نوع طبقه‌بندی علی‌رغم اینکه جزو طبقه‌بندی‌های اسمی می‌باشد ولی در این مقاله سعی در حفظ روابط اعداد حاصله شده است و هیچ نوع دخالتی در نتایج صورت نگرفته، لذا اختلاف اعداد بین نتایج حاصله در دو سری زمانی مختلف نشانگر مقدار حساسیت در سطح زمین خواهد بود.

-2 -1/5 -1 -0/5 0 0/5 1 1/5 2

شکل (6) نحوه طبقه‌بندی مقادیر شدت حساسیت نوسان رطوبتی

محدوده عضویت اعضاء	حساسیت	طبقه
$-0/5 \leq \Delta ZSPI \leq 0/5$	بسیار شدید	1
$-1 \leq \Delta ZSPI < +0.5$ & $1 > \Delta ZSPI > 0.5$	شدید	2
$-1.5 \leq \Delta ZSPI < -1$ & $1.5 > \Delta ZSPI > 1$	متوسط	3
$-2 \leq \Delta ZSPI < -1.5$ & $1.5 < \Delta ZSPI < 2$	ضعیف	4

ماخذ: نتایج حاصل از تلفیق طبقه‌بندی مک‌کی (1993) و نتایج حاصل از تحقیق حاضر



شکل (7) خوارزمیک (الگوریتم) تعیین حساسیت سطح زمین در برابر نوسانات بارش با استفاده از داده‌های هواشناسی و GIS

یافته‌های تحقیق

توزیع شدت خشکسالی و ترسالی اقلیمی با استفاده از شاخص SPI

نتایج حاصله نشانگر وقوع خشکسالی‌های شدید در بهار سال 1380 با شدت بیشتر و در تابستان نسبتاً کمتر می‌باشد. این در حالی است که در سال 1383 شرایط رطوبی مناسبی در منطقه حاکم است. یافته‌های تحقیق نشانگر وقوع ترسالی در فصل بهار (نسبتاً شدید) و متوسط به بالا در فصل تابستان می‌باشد. از بین ایستگاه‌های مورد مطالعه قزلگچی در شمال غرب منطقه از شرایط خشک‌تری در سال‌های خشکسالی و نسبتاً تر در مواقع

غیرخشکسالی برخوردار است. به عبارت دیگر نوسان اعداد بین حداکثر و حداقل داده‌ها در این ایستگاه و مناطق پائین دست ایستگاه قوشچی به نسبت سایر بخش‌ها زیادتر است.

پهنه‌بندی حساسیت نوسان رطوبتی با استفاده از GIS

داده‌های مقدار شدت خشکسالی و ترسالی در پایگاه اطلاعات GIS تشکیل شد. با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS و نرم‌افزارهای کمکی نظیر ArcView به ثبت اطلاعات و داده‌های حاصله برای هر کدام از ایستگاه‌ها اقدام گردید و از برنامه‌های جانبی نظیر Spatial Analysis در محیط GIS به منظور درون‌یابی¹ داده‌ها و پهنه‌بندی ارزش‌های عددی هر کدام از ایستگاه‌ها استفاده شد. بر این اساس پس از درون‌یابی داده‌های ماهانه²، نقشه‌های فصلی شاخص SPI برای دوره ترسالی و همچنین نقشه‌های پهنه‌بندی شده شاخص SPI برای دوره خشکسالی به دست آمد³. در این بخش تنها داده‌های مربوط به فصول بهار و تابستان (دوره نیاز آبی) مورد بررسی قرار گرفت. ارزیابی داده‌های حاصل از نقشه‌های فصل بهار نشانگر بالا بودن سطح خشکسالی‌های متوسط، شدید، خیلی شدید و در مرحله بعد متوسط به پائین در منطقه می‌باشد (جدول 5). بررسی‌های مربوط به فصل غیرخشکسالی (ترسالی) نشانگر بالا بودن مساحت تحت شرایط ترسالی‌های شدید و متوسط می‌باشد.

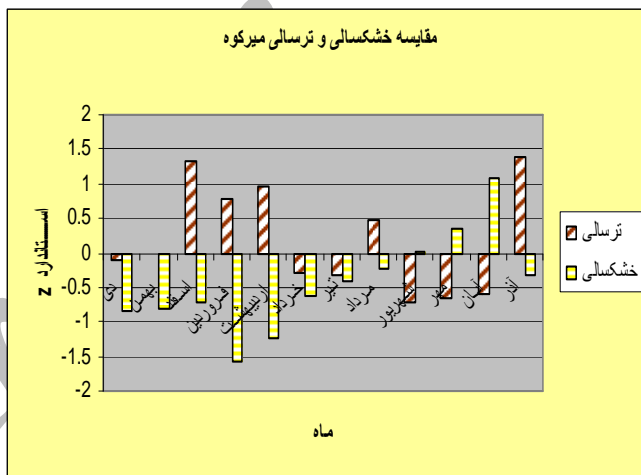
1- Interpolation

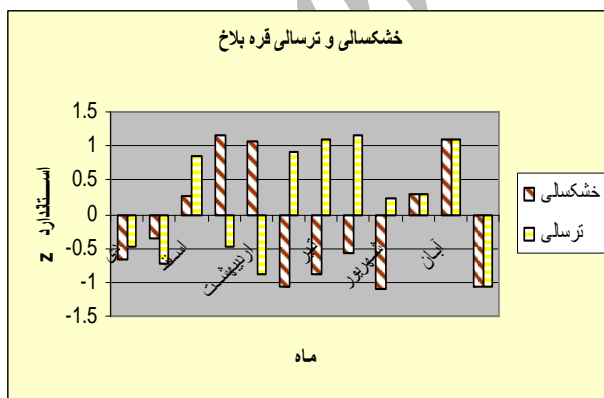
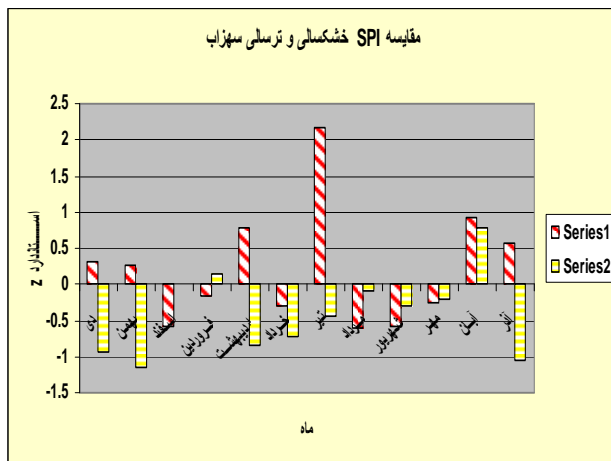
2- درون‌یابی داده‌ها در محیط GIS با این روش انجام شده است که ابتدا مقادیر SPI برای هر کدام از ایستگاه‌های مورد مطالعه مشخص و سپس در محیط GIS با استفاده از Extension تحلیل‌های فضایی (Spatial Analysis) اقدام به درون‌یابی شده است (با دو روش Spiline و سپس کریجینگ (Krijing)). در ادامه با کنترل نتایج حاصل از درون‌یابی‌های حاصله با مقادیر داده ایستگاه‌ها مقایسه و نتایج از نظر مساحت نتایج انجام شده به عنوان نقشه پهنه‌بندی شده فصلی مورد نظر در تحلیل‌ها

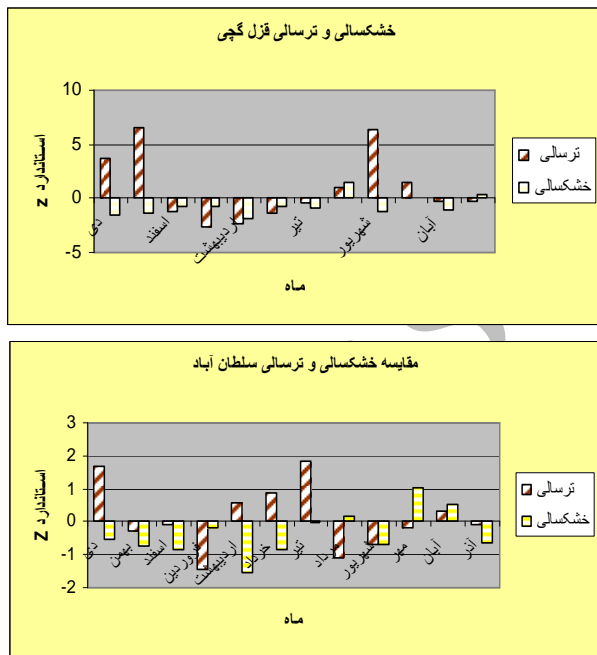
3- در هنگام درون‌یابی ایستگاه‌ها تنها از ایستگاه‌های باران‌سنجی استفاده شد و چون ایستگاه سراب سینوپتیک می‌باشد لذا به منظور حفظ تجانس داده‌ها از فهرست داده‌ها حذف گردید.

بهار و زمستان در سال 2001 (خشکسالی) و 2004 (ترسالی)

ایستگاه	سه ماه اول	سه ماه دوم	سه ماه سوم	سه ماه چهارم	سه ماه اول	سه ماه دوم	سه ماه سوم	سه ماه چهارم
1 سهزاب	-0/68	-0/47	-0/27	0/16	-0/003	0/21	-0/20	0/35
2 قره بلاخ	-0/11	-0/16	0/81	0/09	-0/11	0/360	-0/19	0/36
3 قزل گچی	-1/21	-1/12	0/22	-0/23	3/02	-0/75	0/32	-0/07
4 قوشچی	-0/23	-/45	0/65	-/067	1/93	0/158	-0/24	0/33
5 میرکوه	-0/78	-1/14	0/21	0/37	-0/04	0/32	0/15	-0/19
6 سلطان آباد	-0/77	-0/62	/08	0/011	-0/09	-0/28	-0/36	0/11
7 سراب	-0/21	-/35	0/45	-/057	1/66	0/144	-0/26	0/32







شکل (8) نمودار مقایسه شاخص SPI برای خشکسالی و ترسالی در ایستگاه های مورد مطالعه

جدول (5) مقادیر داده های خشکسالی (80-1379) و ترسالی (84-1383) فصل بهار

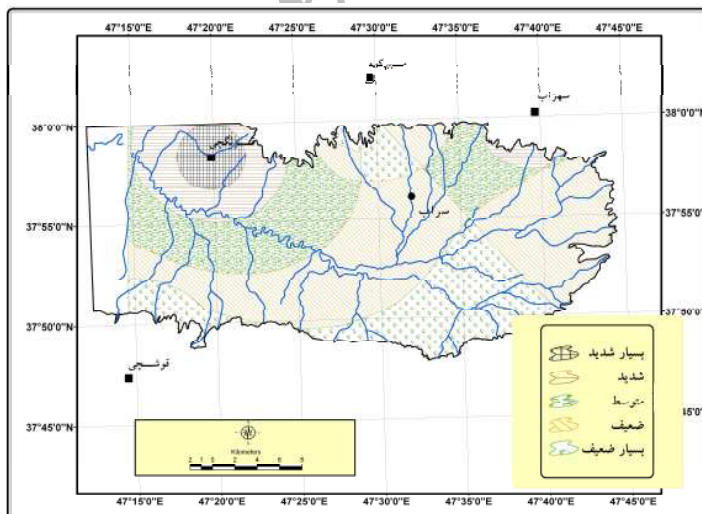
ردیف	خشکسالی	مقدار SPI	سطح خشکسالی (Km ²)	ترسالی	مقدار SPI	سطح ترسالی (Km ²)
1	خیلی شدید	<-2	54/28	خیلی شدید	<2	97/5
2	شدید	<-1/5	74/23	شدید	<1/5	134/7
3	متوسط	<-1	524/8	متوسط	<1	277/5
4	ضعیف	<0/0	55/62	ضعیف	<0/0	240/1
5	ترسالی ضعیف	>0/0	11/8	-----	-----	-----

فصل تابستان در دشت سراب به نسبت سایر فصول بارندگی کمتری را شاهد است. با این حال بررسی داده های طولانی مدت و نیز محاسبات مربوط به شاخص SPI و نیز پهنه بندی داده ها مشخص می کند که مقدار سطح خشکسالی ها در این فصل بسیار کمتر و در حد ضعیف می باشد. اما در موقع وقوع ترسالی تنوع خاصی در نتایج حاصله وجود دارد (جدول

6). از نظر اقلیمی این نوسان بین دو دوره خشکسالی و ترسالی زیانبار است. به طوری که در فصل تابستان در موقع خشکسالی کمبود آب به شدت احساس شده و این در حالی است که در موقع ترسالی شرایط به این شدت نیست. لذا ساکنان منطقه مورد نظر در موقع خشکسالی اقدام به استفاده بیش از حد از آبهای زیر زمینی نموده و بر این اساس موجب تخلیه این آب‌ها می‌شوند. این امر در نهایت موجب شور شدن قسمت‌های مختلفی از دشت شده است (کریمی و رستم‌زاده، 1385).

جدول (6) مقادیر خشکسالی (80-1379) و ترسالی (84-1383) دشت سراب در فصل تابستان

خشکسالی	مقدار SPI	سطح (Km ²)	ترسالی	مقدار SPI	سطح ترسالی (Km ²)
خیلی شدید	<-2	-----	خیلی شدید	<2	172/8
شدید	<-1/5	-----	شدید	<1/5	197/0
متوسط	<-1	-----	متوسط	<1	147/3
ضعیف	<0/0	614/8	ضعیف	<0/0	232/5
بدون خشکسالی	>0/0	135/12	-----	-----	



شکل (9) نقشه حساسیت سطح زمین در برابر نوسانات اقلیمی بهار و تابستان

یافته‌های حاصل از تحقیق نشانگر وجود مناطقی با حساسیت‌های مختلف در برابر نوسان عنصر بارش در منطقه می‌باشد (جدول 7). به دلیل حاکمیت شرایط کوهستانی در محدوده دشت، شرایط حساسیت در برابر نوسان بارش در قسمت‌های شمالی، غربی و نهایتاً شرقی یکسان نیست. با نزدیک شدن به بخش‌های غربی حساسیت در برابر نوسان بارش شدیدتر شده و مناطق تحت پوشش این شرایط مساحت زیادتری را اشغال می‌کنند.

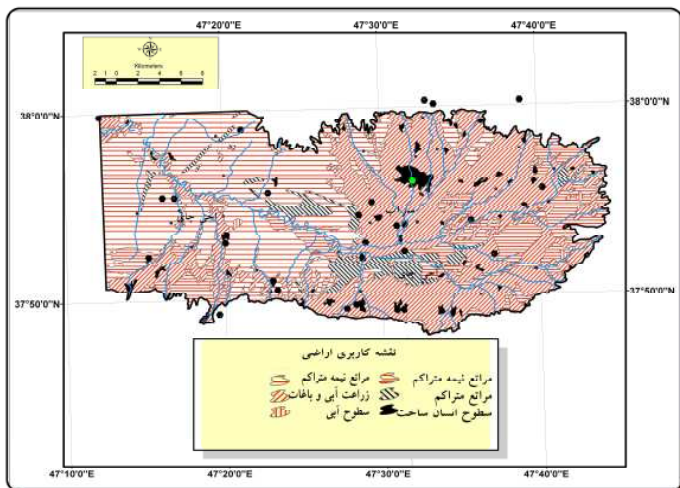
جدول (7) حساسیت سطح زمین در برابر نوسانات عنصر بارش در فصول بهار و تابستان

ردیف	طبقه حساسیت	مساحت تحت اشغال (km ²)
1	خیلی شدید	28/44
2	شدید	76/96
3	متوسط	161/59
4	ضعیف	307/2
5	خیلی ضعیف	156/31
6	مجموع	730/51

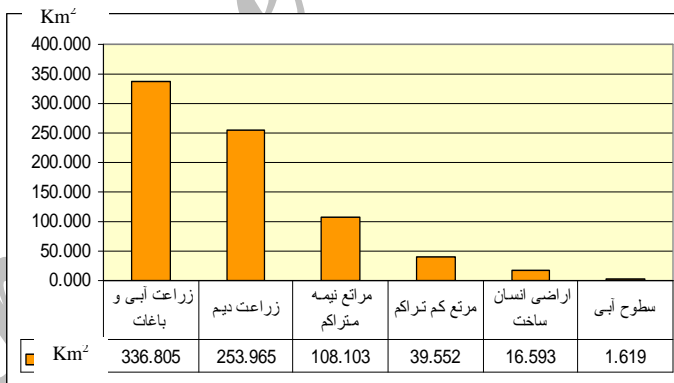
مقایسه نتایج حساسیت نوسانات اقلیمی با کاربری‌های موجود

وضعیت کاربری اراضی دشت سراب

دشت سراب به دلیل دارا بودن شرایط خاص توپوگرافی و نیز داشتن خاک‌های حاصلخیز از تنوع کاربری اراضی ویژه‌ای برخوردار است. براساس داده‌های حاصل از اداره کل جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی کاربری‌های این دشت به سه بخش اساس زراعت (آبی و دیم)، مراتع (متراکم و نیمه‌متراکم) و اراضی انسان ساخت طبقه‌بندی می‌شود (شکل 10 و 11).



شکل (10) نقشه کاربری اراضی دشت سراب در سال 2004
 ماخذ: تصویر ماهواره‌ای (IRS, liss III (2007) و داده‌های جهاد کشاورزی استان



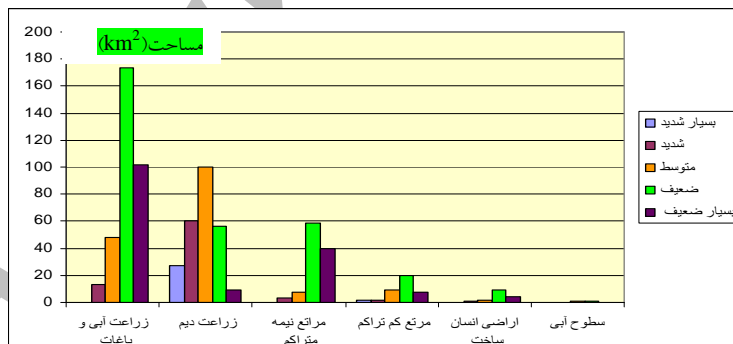
شکل (11) مساحت کاربری اراضی دشت سراب در سال 2004 (km²)
 ماخذ: تصویر ماهواره‌ای IRS داده‌های اخذ شده از سازمان جهاد کشاورزی

ماتریس حساسیت نوسان رطوبتی و کاربری اراضی

با مقایسه نتایج حساسیت سطح زمین در برابر نوسانات بارش با پراکنش پوشش گیاهی منطقه دشت سراب در مواقع خشکسالی¹ و ترسالی² (شکل 13 و 14)، مشخص شد مناطقی که دارای کشت یکساله نظیر گندم و جو هستند، موقع وقوع خشکسالی به نسبت محصولات دیگر سریعاً تحت تاثیر قرار می‌گیرند. این در حالی است که همان منطقه در موقع ترسالی دچار هیچ نوع دستخوش و تغییری نیست. کاربری‌های دیم و غیرآبی در دشت سراب و مراتع نیمه‌تراکم از جمله کاربری‌هایی هستند که بیشترین تداخل و همپوشانی را با سطوح تحت تاثیر نوسانات اقلیمی در منطقه مورد مطالعه دارند.

جدول (8) ماتریس مقایسه حساسیت نوسان رطوبتی سطح زمین و کاربری اراضی (km^2)

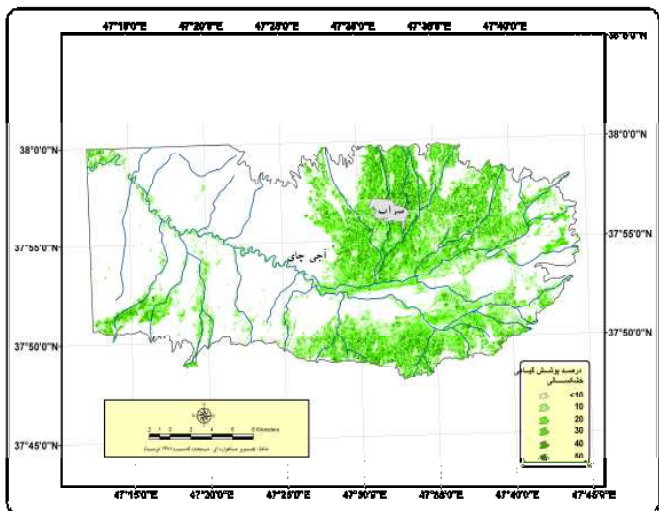
مقدار حساسیت سطح زمین	سطوح آبی	انسان ساخت	مرتع کم تراکم	مراتع نیمه‌تراکم	زراعت دیم	باغات
بسیار شدید	0/0	0/0	1/76	0/01	27/40	0/3
شدید	0/0	1/08	1/64	3/12	60/67	13/04
متوسط	0/56	1/84	9/23	7/41	100/26	48/15
ضعیف	1/56	9/36	19/55	58/27	56/40	173/79
بسیار ضعیف	0/0	4/29	7/35	39/27	9/20	101/47
جمع	1/61	16/59	39/55	108/103	253/96	336/80



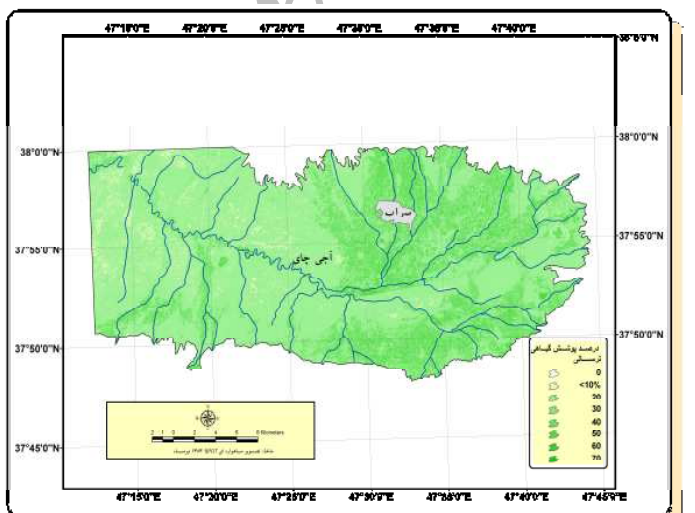
شکل (12) نمودار مقایسه حساسیت نوسان و کاربری اراضی در دشت سراب

1- NDVI حاصل از تصویر ماهواره‌ای (2001) EIM+.

2- NDVI حاصل از تصویر ماهواره‌ای (2004) SPOT.



شکل (13) درصد تاج پوشش گیاهی دشت سراب خشکسالی (شاخص NDVI) دشت سراب (ماخذ: تصویر ماهواره ای ETM+)



شکل (14) درصد تاج پوشش گیاهی دوره ترسالی 2004 (NDVI) دشت سراب (ماخذ: تصویر ماهواره‌های SPOT)

یافته‌های تحقیق حاضر نشانگر بالا بودن مقدار مساحت زراعت آبی و باغات در منطقه می‌باشد (شکل 12، 13 و 14). با اینکه زراعت دیم در مرحله دوم از نظر مقدار سطح تحت اشغال در منطقه می‌باشد، ولی بالا ترین همپوشانی را با نوسانات سطح بارش در طبقات حساسیت بسیار شدید 27/40 کیلومتر مربع، را به خود اختصاص داده است. در مرحله بعدی مراتع متراکم بالاترین سطح را از نظر حساسیت سطح زمین دارا می‌باشند. در حساسیت شدید، اراضی دیم 60 کیلومتر مربع همپوشانی دارد و در رتبه دوم کاربری باغات (13/6 کیلومتر مربع) قرار دارد (جدول شماره 8). با ارزیابی حساسیت‌های ضعیف و بسیار ضعیف مشخص می‌شود که کمترین نوسان بارش در سطح کاربری‌های موجود کاربری باغ در قسمت‌های غرب دشت سراب (101 کیلومتر مربع) بوده و در مرحله بعدی مراتع نیمه-متراکم (39/2) کیلومتر مربع در مرکز بخش شمالی و جنوبی رودخانه آجی‌چای قرار دارند. با مقایسه نتایج حاصل از یافته‌های تحقیق با جدول شماره 9 مشخص می‌شود که محصولات نظیر جو، دیم، غلات و عدس که به عنوان زراعت دیم در منطقه شهرت دارند، بیشترین خسارت را از نظر مقدار سطح و قیمت به خود اختصاص داده‌اند (جدول 9).

جدول (9) مقایسه خسارات خشکسالی بر محصولات زراعی در شهرستان سراب و استان آذربایجان شرقی¹ (1387)

محصول	شهرستان	سراب	جمع کل استان
گندم آبی	سطح خسارت دیده	7980	64195
	درصد خسارت	65	
	تولید خسارت دیده	15561	120291
گندم دیم	مبلغ خسارت	43570	329050
	سطح خسارت دیده	17540	254043
	درصد خسارت	70	
جو آبی	تولید خسارت دیده	12278	224262
	مبلغ خسارت	28853	527015
	سطح خسارت دیده	10440	
جو دیم	درصد خسارت		12717
	تولید خسارت دیده		27326
	مبلغ خسارت		37618
جو دیم	سطح خسارت دیده	1540	1255
	درصد خسارت	70	
	تولید خسارت دیده	862	23249
	مبلغ خسارت	1810	49820

1 - سطح (هکتار) مبلغ (میلیون ریال) تولید (تن).

ادامه جدول (9)

1750		سطح خسارت دیده	برنج
60		درصد خسارت	
2325		تولید خسارت دیده	
34875		مبلغ خسارت	
15		سطح خسارت دیده	سایر غلات
		درصد خسارت	
12		تولید خسارت دیده	
26		مبلغ خسارت	
35069	340	سطح خسارت دیده	نخود
	60	درصد خسارت	
17132	98	تولید خسارت دیده	
122337	735	مبلغ خسارت	
2377	122	سطح خسارت دیده	لوبیا
120	30	درصد خسارت	
1498	80	تولید خسارت دیده	
13247	640	مبلغ خسارت	
30287	182	سطح خسارت دیده	عدس
965	60	درصد خسارت	
110765	54	تولید خسارت دیده	
74446	432	مبلغ خسارت	

ماخذ: اداره کل جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی

نتیجه گیری

سال 80-1379 به عنوان خشکسالی شدید و سال 84-1383 به عنوان یک سال تر مشخص گردید. از میان ایستگاه‌های مورد مطالعاتی در دشت سراب ایستگاه سه‌زاب در شمال غرب منطقه براساس شاخص MFI از نوسان رطوبتی بالاتری برخوردار است. به طوری که این منطقه در موقع ترسالی جزو مناطق با رطوبت متوسط بالا و در موقع خشکسالی از شرایط رطوبتی ضعیفی برخوردار می‌باشد. این تضاد در شمالغرب دشت سراب فضائی ایجاد می‌کند که مستعد آسیب‌پذیری در مقابل وقوع خشکسالی‌ها می‌باشد. از نظر کاربری اراضی دشت سراب دارای سه نوع کاربری اصلی می‌باشد که عبارتند از زراعت (آبی و دیم) مراتع (متراکم، نیمه‌متراکم و کم‌تراکم) و در نهایت اراضی انسان ساخت (سکونت-گاه‌های شهری و روستائی).

مقایسه نتایج حاصل از شاخص نوسان رطوبتی با کاربری اراضی دشت سراب نشان می‌دهد که سه کاربری دیم (گندم و جو)، باغات و مراتع نیمه‌متراکم با نتایج حاصل از پهنه‌بندی شاخص MFI بالاترین سطح تماس را دارند (جدول 8).

بررسی‌های مکانی در محیط GIS نشان داد هر چه از شرق به غرب پیش می‌رویم، مقدار تأثیرپذیری از نوسانات بارش بیشتر به چشم می‌خورد. این در حالی است که این منطقه با سطح کشت کاربری‌های دیم همپوشانی بیشتری دارد. در سال‌های غیرخشکسالی این منطقه به کشت محصولاتی نظیر گندم و جو اختصاص می‌یابد، اما در موقع خشکسالی وسعت بسیار زیادی از کشت منطقه کاسته می‌شود (شکل 10). نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشانگر بالابودن مقدار آسیب‌پذیری کشت در بخش‌های غربی سطح دشت سراب (به ویژه در ایستگاه قزلگچی می‌باشد. در بخش‌هایی از مرکز دشت سراب که با حساسیت بالا و گاه شدید همپوشانی دارد نیز با نوع دیگری از آسیب‌های محیطی گریبانگیر است. در این بخش از آب‌های زمینی استفاده می‌شود. به تجربه مشخص شده که این امر در موقع خشکسالی باعث بالا آمدن املاح توسط آب چاه‌ها در منطقه شده و به مرور زمان با تکرار دوره‌های خشکسالی و ترسالی کیفیت خاک در منطقه از بین می‌رود. این پدیده به نام شور شدن اراضی در منطقه منجر شده است. باید توجه داشت که استان آذربایجان شرقی بخش اعظمی از بارندگی خود را از سیستم‌های باران زایخارج از کشور تأمین می‌کند. بنابراین از نظر وقوع خشکسالی از ریسک بالائی برخوردار می‌باشد.

پیشنهاد می‌شود که با دخالت دادن شاخص MFI و تلفیق نتایج حاصله با کاربری اراضی فعلی امکان برآورد خطرات و صدمات احتمالی خشکسالی آینده مشخص گردد.

سیاسگزاری

با تشکر از راهنمایی‌های آقای دکتر مهرداد طرفدارحق (دانشیار دانشکده برق دانشگاه تبریز و آقای دکتر قمی معاونت اداره کل حفاظت محیط زیست استان آذربایجان شرقی).

منابع

- 1- دین‌پژوه، یعقوب و دیگران (1380): «بررسی روند بارش ایران با تکیه بر مشخصه‌های خشکسالی متنور رولوژیکی»، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی راهکارهای مقابله با بحران آب، جلد دوم، 18 و 19 اسفند ماه، دانشگاه زابل.
- 2- سازمان جهاد کشاورزی (1380)، «گزارش آمار خسارات خشکسالی»، اداره کل جهاد کشاورزی، آذربایجان شرقی.
- 3- سالنامه آماری، (1385)، انتشارات استانداری آذربایجان شرقی، تبریز.
- 4- کرمی، فریبا و هاشم رستم‌زاده (1385)، «ارزیابی شور شدن اراضی دشت سراب»، مجله محیط‌شناسی، انتشارات دانشگاه تهران.
- 5- موحدان‌نش، علی‌اصغر (1377)، «بررسی دوره‌های خشک و مرطوب در شمالغرب ایران»، مجله دانش کشاورزی، جلد 8، شماره 1 و 2، ص 117-139، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.
- 6- 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.
- 7- 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.
- 8- Bhuiyan, C., Singh, R.P., Kogan, F.N., (2006), "Monitoring Drought Dynamic in the Aravalli Region (India) Using Different Indices Based on Ground and Remote Sensing Data", *Applied Earth Observation and Earth Observation*, Vol. 8: 289-302.
- 9- Dracup, J.A., Lee, K.S., and Paulson, E.G.J., (1980), "On the Definition of Drought", *Water Resources Research*, 16(2): 279-302.

- 10- 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.
- 11- 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.
- 12- 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.
- 13- Gibbs, W.J., Maher, J.V., (1967), "Rainfall Deciles Drought Indicators", *Bureau of Meteorology Bulletin*, No. 48. Commonwealth of Australia, Melbourne.
- 14- Ghulam, Abduwasit., Qim, qiming., & Teyip, Tashpolat., & Liong, Zhoo., (2007), "Modified Perpendicular Drought Index (MPDI): A Real-time Drought Monitoring Method", *Photogrammetry and Remote Sensing*, 62:150-164.
- 15- 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.
- 16- 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 Environment*, 92(4), 475-482.
- 17- Jackson, R.D., (1983), "Spectral Indices in N-spaces", *Remote Sensing of Environment*, 13 (5), 409-421.
- 18- Ji, L., Peters, A.J., (2003), "Assessing Vegetation Response to Drought in the Northern Great Plains Using Vegetation and Drought Indices," *Remote Sensing of Environment*, 87(1), 85-98.

- 19- Justice, C.O., Townshend, J. R. G., Holben, B. N., Tucker, C.J., (1985), "Analysis of the Phonology of Global Vegetation Using Meteorological Satellite Data", *International Journal of Remote Sensing Sens.*, 6: 1271-1318.
- 20- Kogan, F.N., (1990). "Remote Sensing of Weather Impacts on Vegetation in Non-homogeneous Areas", *International Journal of Remote Sensing Sens.*, 11(8), 1405-1419.
- 21- Kogan, F.N., (2002), "World Drought in the New Millennium from AVHRR-based Vegetation Health Indices," *Eos. Trans. Am., Geoph. Union*, 83(48), 562-563.
- 22- 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).
- 23- Lunetta, R.S., (1999), *Remote Sensing Change Detection*, Sleeping Bear Press, Inc. p201.
- 24- 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.
- 25- 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.
- 26- 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 Standardized Precipitation of land Desertification", *Bled, Slovenia*, April: 21-25.
- 27- Prasad, K., Chai, L., Singh, R., (2005), "Crop Yield Estimation Model for Iowa Using Remote Sensing and Surface Parameters," *Applied Earth Observation and Geo-information Journal*, 8, 26-33.

- 28- Palmer, W.C., (1965), "**Meteorological Drought**", Research Paper No. 45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, D.C.
- 29- Palmer, W.C., (1968), "Keeping Track of Crop Moisture Index", **Weatherwise**, 21,156-161.
- 30- Schultz, P.A., and Halpert, M.S., (1993),"Global Correlation of Temperature, NDVI and Precipitation", **ADV., Space Res.**, 13, 277-280.
- 31- 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.
- 32- Tucker, C.J., and Choudhurg, B.J., (1987),"Satellite Remote Sensing of Drought Conditions" **Remote Sens, Environ**, 23: 243-251.
- 33- Volkani, A., Karnieli, A., and Svorav, 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.
- 34- Wilhite, D.A., and Glantz, M.H. (1985), "**Understanding the Drought Phenomenon: The role of Definitions, In Planning for Drought**", (D.A. Wilhite and W.E. Easterling, Eds.), Westview Press, Boulder, Co.
- 35- 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.