

## تعیین مناطق آسیب پذیر در برابر خشکسالی های احتمالی با استفاده از شاخص MFI و نقش آن در پراکنش مراکز جمعیتی دشت سراب

دکتر بهروز ساری صراف\*

دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز

معصومه خلخالی

کارشناس ارشد رشته جغرافیای طبیعی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز.

### چکیده

اهداف تحقیق حاضر استفاده از داده های مربوط به نقشه های دوره خشکسالی و ترسالی و مقایسه روند تغییرات داده ها به منظور تعیین نوسانات رطوبتی می باشد. بدین منظور ابتدا داده های باران سنجی ماهانه ایستگاه های موجود در دشت سراب با استفاده از شاخص SPI (به عنوان یک شاخص استاندارد) بررسی شد. داده های حاصله به محیط GIS منتقل گردید و با استفاده از برنامه های جانبی نسبت به درون یابی متناسب داده ها در محیط GIS اقدام شد. در ادامه ارزیابی حساسیت سطح زمین در مقابل نوسانات عنصر بارش با روابط ریاضی مدل سازی شد. نتایج نشانگر بالا بودن مقدار حساسیت پیکسل هایی است که از نوسانات رطوبتی بالاتری برخوردار هستند. مقایسه پراکنش نقاط روستایی با نتایج حاصل از شاخص MFI، نشانگر همبستگی بالایی بین تعداد خانوار و نیز تعداد نقاط سکونتگاه روستایی با شاخص نوسان رطوبتی می باشد.

**واژگان کلیدی:** ترسالی، خشکسالی، GIS، MFI، پراکنش جمعیتی.

### مقدمه

بحث در مورد خشکسالی برای هر منطقه ای از جهان در نهایت به بررسی اثرات خشکسالی در زندگی مردم، گونه های گیاهی و جانوری منطقه مورد نظر منتهی خواهد شد. (۱، ص ۱) در واقع خشکسالی به عنوان یک پدیده اقلیمی اثرات اجتماعی-اقتصادی، کشاورزی و زیست محیطی انکار ناپذیری در محیط اعمال می کند (۲، ص ۲). به منظور بررسی و پیش بینی خشکسالی دانشمندان روش های مختلفی ابداع کرده اند (۳، ص ۴ و ۴، ص ۲) و (۵، ص ۲) و (۶، ص ۱) و (۷، ص ۴) و (۸، ص ۳) و (۹، ص ۲) و (۱۰، ص ۳) و (۱۱، ص ۳). در روش های پیش بینی خشکسالی اغلب از متغیرهای مختلفی نظیر بارندگی، رطوبت خاک، تبخیر و تعرق بالقوه، شرایط پوشش گیاهی، آب زیرزمینی، آبهای زیر قشری استفاده شده است (۱۲، ص ۵). به زبان ساده، خشکسالی معمولا به کاهش بارندگی که باعث کاهش ذخیره آبی برای فعالیت گروههای مختلف می شود اطلاق می گردد (۱۳، ص ۲). یا اینکه خشکسالی موقعی اتفاق می افتد که به دلیل کاهش بارندگی، میزان

تعیین مناطق آسیب پذیر در برابر خشکسالی های احتمالی با استفاده از شاخص.../ ساری صراف و همکار

رشد گیاهان از حد متعارف منطقه کاهش می یابد. در این تعریف پوشش گیاهی عبارت است از پوشش طبیعی یا پوشش گیاهی کشت شده ای که می توان از طریق انعکاس طیفی توسط سنجنده ها آن را ثبت کرد (۱۴، ص ۳). 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 نمی باشند.

حساسیت نوسان رطوبتی به معنی مقدار اختلاف بارش در موقع خشکسالی و ترسالی می باشد که در مقاله حاضر با عنوان  $\Delta Z$  معرفی شده و با استفاده از شاخص (MFI<sup>1</sup>) قابل محاسبه است. لازم به توضیح است که مقدار پراکنش بارندگی در سطح زمین به دلیل عوامل توپوگرافیکی، هیسومتریکی و سایر عوامل جغرافیایی یکسان نیست. آنچنانکه سطح زمین در قسمت های 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 ... تاثیر خشکسالی در سطح یک منطقه یکسان نخواهد بود. با مطالعه مقدار بارندگی در موقع ترسالی و خشکسالی و محاسبه اختلاف این دو دوره در ایستگاه های مورد مطالعه و نهایتاً تعمیم آن بر روی زمین با استفاده از مدل های GIS، امکان شناسایی مناطقی را فراهم می آورد 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 بالایی برخوردار می باشد. این امر در مقاله حاضر با عنوان حساسیت سطح زمین در برابر نوسان رطوبتی مطرح شده است. در تحقیقات مختلف این امر با عنوان دینامیک خشکسالی نیز بحث شده است (۱۵، ص ۱).

تحقیقاتی که با استفاده از داده های اقلیم شناسی، سنجش از دور و شاخص های مورد استفاده در این علم، به بررسی فرایند خشکسالی و به نوعی دینامیک آن در سطوح مختلف می پردازند. از جمله این پژوهش های علمی می توان به (۱۶، ص ۴)، (۱۷، ص ۲)، (۱۸، ص ۳)، (۱۹، ص ۲)، (۲۰، ص ۵)، (۲۱، ص ۷)، (۱۵، ص ۵)، (۲۲، ص ۳)، (۲۳، ص ۵)، (۲۴، ص ۳) اشاره کرد.

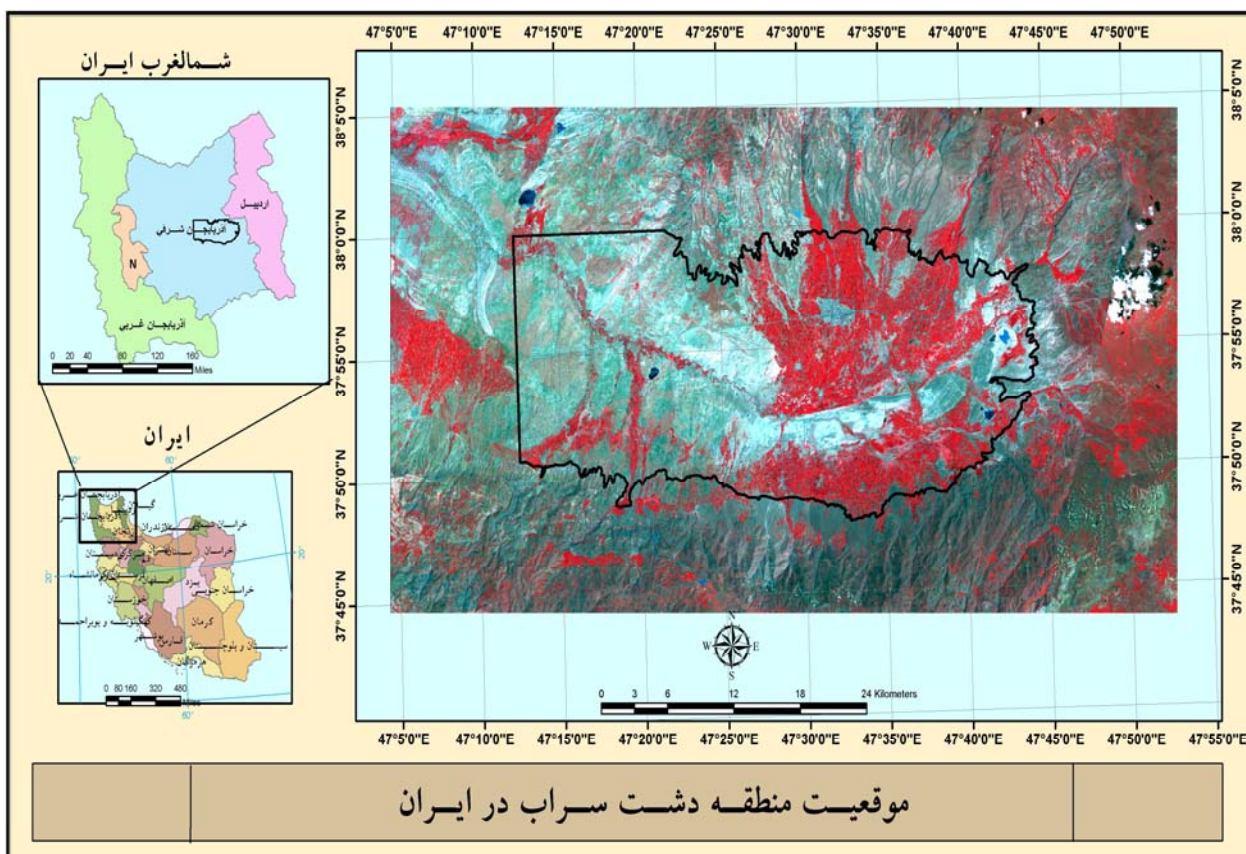
اهداف تحقیق حاضر ۱- استفاده از شاخص بارندگی SPI (به عنوان یک شاخص استاندارد) به منظور تعیین خشکترین سال و مرطوب ترین سال ۲- تعیین نوسان رطوبتی سطح زمین و ریسک خطر پذیری در برابر خشکسالی های احتمالی با استفاده از شاخص MFI می باشد.

## مواد و روش ها

### محدوده مورد مطالعه

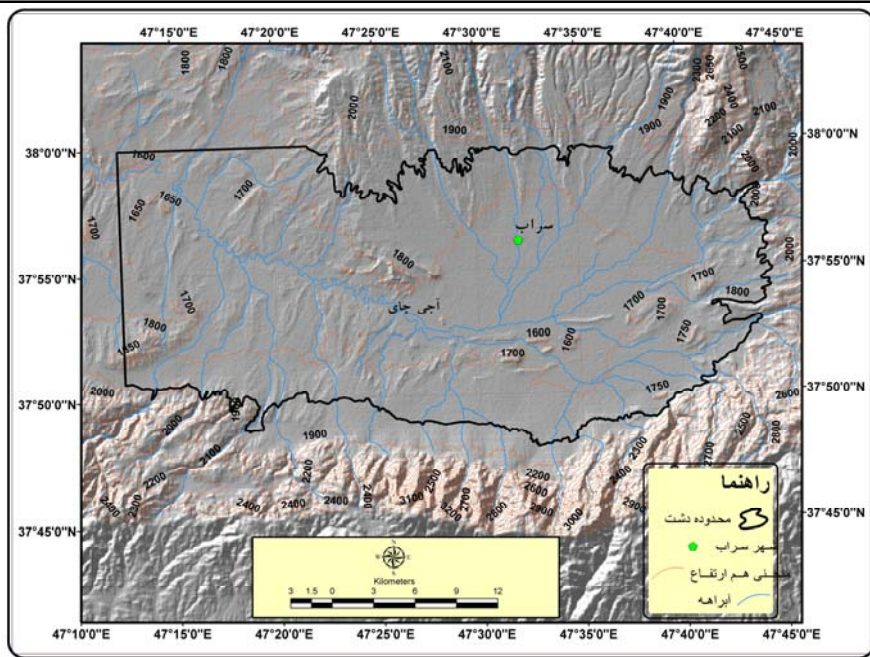
محدوده مورد مطالعه دشت سراب در استان آذربایجان شرقی است (شکل ۱). کوهستان سبلان در شمال شرق و رشته کوه بزقوش در جنوب آن قرار دارند. پیوستگی کوهستان سبلان و بزقوش داغی در شرق و شمال، دشت سراب را به صورت چاله ی بسته ای درآورده که فقط از گوشه شمال غربی باز است (شکل ۲). پست ترین نقطه دشت در حدود ۱۶۳۴ متر ارتفاع دارد.

<sup>1</sup> -Moisture fluctuation Index



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

در مرکز دشت، برآمدگی های گنبدی شکل و چین های دیپری دیده می شوند. این برجستگی ها با نام های محلی "دالاخ لار" و "دوزلخ لار" (شوره زار) عوارضی هستند که سطح هموار دشت را برهم می زنند (ص ۲۵، ۸). نوع آب و هوای دشت سراب، براساس داده های ایستگاه های سینوپتیک و هواشناسی در یک دوره آماری ۲۰ ساله (۸۵-۱۳۵۵) براساس روش آمبرژه، نیمه خشک سرد مشخص شد. برپایه داده های مذکور، متوسط بارش سالانه در میرکوه، ۳۶۳/۷ و در دشت سراب ۲۶۴ میلی متر می باشد. متوسط دمای سالانه آن ۸/۲ درجه سانتی گراد برآورد شده است. حداکثر مطلق دما در مرداد ماه ۳۷/۵ و حداقل مطلق دما ۳۰- درجه سانتی گراد در بهمن ماه گزارش شده است. تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه ۷۸۰ میلی متر محاسبه شده است. مراکز سکونتی این دشت اکثرا متعلق به روستاها با پراکندگی نسبتا کم می باشد. تعداد خانوار روستاها بین کمتر از ده تا بالای ۵۰۰ ثبت شده است [۲۶].



شکل ۲- توپوگرافی دشت سراب و شبکه زهکشی

### داده های مورد استفاده

داده ها و اطلاعات تحقیق حاضر مربوط به بارندگی ماهانه ایستگاه های ۱- قره بلاخ ۲- قزل گچی ۳- قوشچی ۴- میرکوه ۵- سهزاب ۶- سلطان آباد در طی دوره آماری ۳۰ سال اخیر (۱۳۸۵-۱۳۵۰) است. پایگاه اطلاعات اولیه با استفاده از نرم افزار Excel تهیه شده است (جدول شماره ۱ ی).

جدول ۱- نام ایستگاه، موقعیت و تعداد سالهای آماری

| سالهای آماری | نوع داده   | موقعیت جغرافیایی (UTM) |         | نام ایستگاه | ردیف |
|--------------|------------|------------------------|---------|-------------|------|
|              |            | X                      | Y       |             |      |
| +۱۵          | باران سنجی | ۶۹۸۱۳۰                 | ۴۲۰۴۶۸۳ | قره بلاخ    | ۱    |
| +۱۵          | باران سنجی | ۷۰۴۹۶۷                 | ۴۲۰۴۶۸۵ | قزل گچی     | ۲    |
| +۱۵          | باران سنجی | ۶۹۸۱۳۶                 | ۴۱۸۴۱۶۰ | قوشچی       | ۳    |
| +۱۵          | باران سنجی | ۷۱۹۴۱۰                 | ۴۲۱۲۴۶۳ | میرکوه      | ۴    |
| +۱۵          | باران سنجی | ۷۳۴۱۴۶                 | ۴۲۰۹۱۷۱ | سهزاب       | ۵    |
| +۱۵          | باران سنجی | ۷۴۷۷۶۷                 | ۴۱۹۴۷۶۱ | سلطان آباد  | ۶    |
| +۱۵          | سینوپتیک   | ۷۲۷۷۵۹                 | ۴۲۰۱۷۷۶ | سراب        | ۷    |

با استفاده از نرم افزار Minitab تحلیل های آماری گرایش مرکز، برای هر کدام از ایستگاه ها به صورت مجزا مورد بررسی قرار گرفت. بر این اساس داده های مربوط به ایستگاه هایی که از ظرفیت بالایی در انجام تحلیل ها برخوردار نبودند از فهرست داده های مورد استفاده حذف شدند. سال ۲۰۰۱ میلادی برابر با سال آبی ۱۳۸۰-۱۳۷۹ به عنوان سال خشکسالی نمونه و سال ۲۰۰۴ میلادی برابر با سال آبی ۱۳۸۲-۱۳۸۳ به عنوان ترسالی تعیین شد.

جدول ۲- طبقه بندی شاخص SPI در ارزیابی خشکسالی هواشناسی

| مقدار عددی SPI | طبقه خشکسالی       | ردیف |
|----------------|--------------------|------|
| $< -2$         | خشکسالی بسیار شدید | ۱    |
| $< -1/5$       | خشکسالی شدید       | ۲    |
| $< -1$         | خشکسالی متوسط      | ۳    |
| $< 0/0$        | خشکسالی ضعیف       | ۴    |
| $> 0/0$        | بدون خشکسالی       | ۵    |

ماخذ: [۹، ص ۶]

به منظور محاسبه شاخص SPI برای هر کدام از ایستگاه ها مقدار بارندگی فصول مربوط به این سالها، شدت خشکسالی و ترسالی رخ داده و پارامترهای مورد نیاز برای هر کدام از ایستگاه ها مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از شاخص SPI اقدام به محاسبه خشکسالی مورد نظر گردید.

$$SPI = \frac{X_{ij} - X_{im}}{\sigma} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه فوق  $X_{ij}$  مقدار بارندگی فصلی،  $X_{im}$  میانگین بارندگی فصلی و  $\sigma$  انحراف معیار داده ها می باشد. با انتقال داده های مربوط به شاخص SPI مربوط به سال های خشک و تر، نقشه های ماهانه در محیط GIS برای منطقه مورد مطالعه ترسیم گردید.

### مدلسازی نوسان رطوبتی سطح زمین (شاخص MFI)

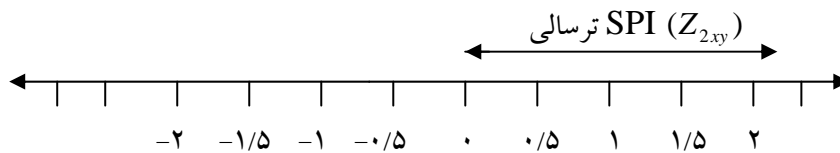
نقشه حساسیت سطح زمین در برابر نوسانات بارش با استفاده از رابطه زیر به دست آمد.

$$MFI = Z_{2,xy} - Z_{1,xy} \quad \text{رابطه (۲)}$$

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

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

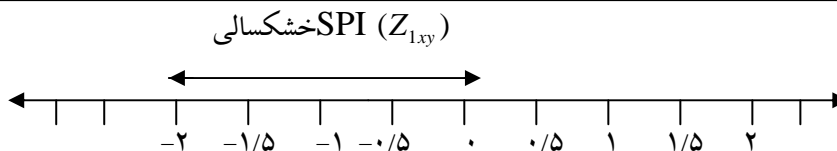
$$0 \leq Z_2 \leq 2$$



شکل ۳- 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:

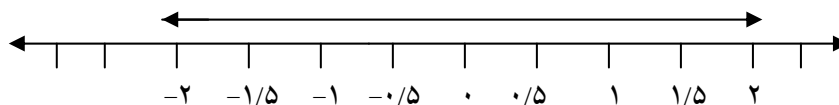
$$-2 \leq Z_1 \leq 0$$



شکل ۴- وضعیت احتمالی شاخص SPI در موقع خشکسالی بر روی محور اعداد

عبارت  $|\Delta Z|$  است از اختلاف عددی یک پیکسل در زمان خشکسالی و ترسالی که با عنوان مقدار حساسیت سطح زمین در برابر نوسان رطوبتی شناخته می شود و دامنه نوسان آن به صورت زیر محتمل خواهد بود:

$$-2 \leq |\Delta Z| \leq 2$$

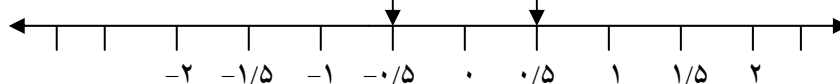


شکل ۵- احتمال قرارگیری مقدار  $\Delta Z$  بر روی محور اعداد

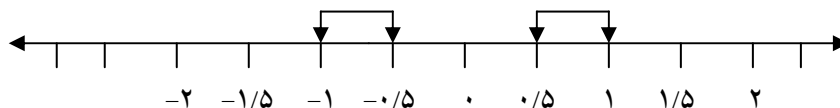
### طبقه بندی کلاس های شدت حساسیت نوسان رطوبتی سطح زمین

بر اساس نتایج به دست آمده حداکثر و حداقل داده های 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 می شوند<sup>۱</sup>. با استفاده از نرم افزار ARC GIS 9.3 و با استفاده از برنامه جانیی Map Calculator اقدام به اعمال محاسبات مربوط به تعیین حساسیت سطح زمین گردید.

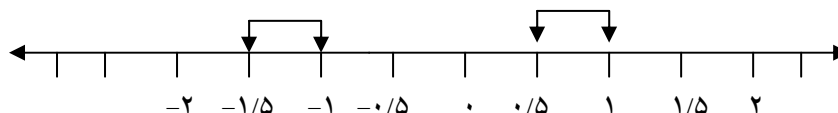
اگر  $-0/5 \leq \Delta Z \leq 0/5$  حساسیت بسیار شدید



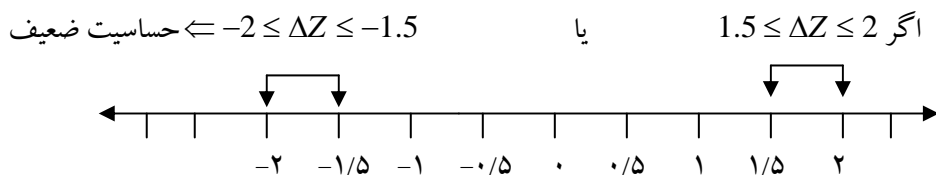
اگر  $0.5 \leq \Delta Z \leq 1$  یا  $-1 \leq \Delta Z \leq -0.5$  حساسیت شدید



اگر  $0.5 \leq \Delta Z \leq 1$  یا  $-1.5 \leq \Delta Z \leq -1$  حساسیت متوسط



<sup>۱</sup> - این نوع طبقه بندی علی رغم اینکه جزء طبقه بندی های اسمی می باشد ولی در این پژوهش سعی در حفظ روابط اعداد حاصله شده است و هیچ نوع دخالتی در نتایج صورت نگرفته لذا اختلاف اعداد مابین نتایج حاصله در دو سری زمانی مختلف نشانگر مقدار حساسیت در سطح زمین خواهد بود.

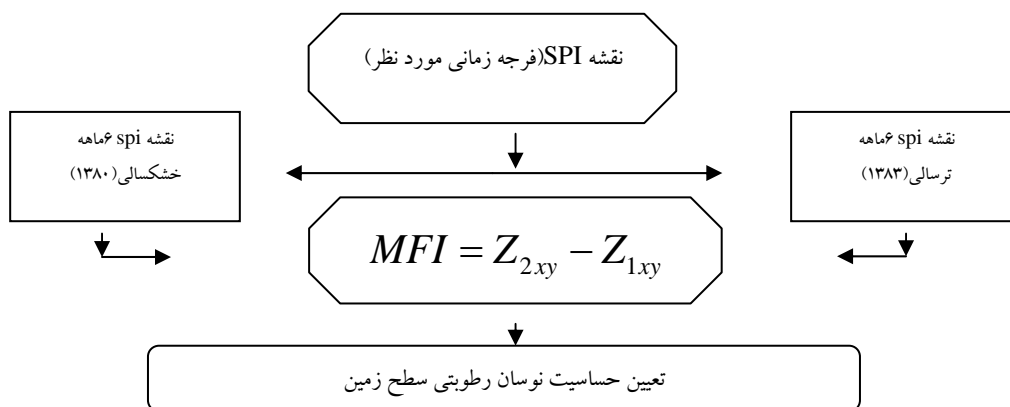


شکل ۶- نحوه طبقه بندی نوسان رطوبتی بر اساس محور مختصات

جدول ۳- طبقه بندی حساسیت سطح زمین در برابر نوسانات عنصر بارش

| محدوده عضویت اعضا                                      | حساسیت     | طبقه |
|--|------------|------|
| $-0/5 \leq \Delta ZSPI \leq 0/5$                       | بسیار شدید | ۱    |
| $-1 \leq \Delta ZSPI < +0.5$ & $1 > \Delta ZSPI > 0.5$ | شدید       | ۲    |
| $-1.5 \leq \Delta ZSPI < -1$ & $1.5 > \Delta ZSPI > 1$ | متوسط      | ۳    |
| $-2 \leq \Delta ZSPI < -1.5$ & $1.5 < \Delta ZSPI < 2$ | ضعیف       | ۴    |

ماخذ: [۲۶]



شکل ۷- خوارزمیک (الگوریتم) تعیین حساسیت سطح زمین در برابر نوسانات بارش با استفاده از داده های هواشناسی و GIS

### یافته های تحقیق

#### توزیع شدت خشکسالی و ترسالی اقلیمی با استفاده از شاخص SPI

نتایج حاصله نشانگر وقوع خشکسالی های شدید در بهار سال ۱۳۸۰ با شدت بیشتر و در تابستان نسبتا کمتری باشد. این در حالی است که در سال ۱۳۸۳ شرایط رطوبی مناسبی در منطقه حاکم است. یافته های تحقیق نشانگر وقوع ترسالی در فصل بهار (نسبتا شدید) و متوسط به بالا در فصل تابستان می باشد. از بین ایستگاه های مورد مطالعه سهزاب در شمال غرب منطقه از شرایط خشک تری در سالهای خشکسالی و نسبتا تر در مواقع غیر خشکسالی برخوردار است. به عبارت دیگر نوسان اعداد بین حداکثر و حداقل داده ها در این ایستگاه و ایستگاه های همجوار (در غرب منطقه) به نسبت سایر بخش ها زیادتر است.

#### پهنه بندی حساسیت سطح دشت سراب در برابر نوسانات اقلیمی با استفاده از GIS

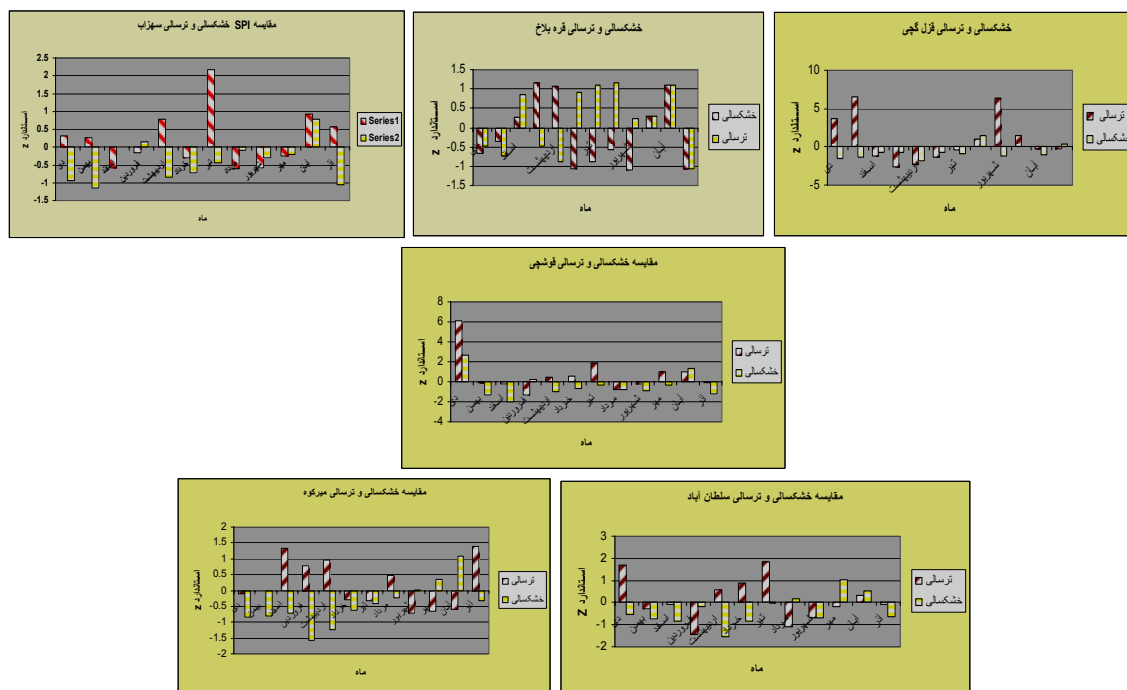
داده های مقدار شدت خشکسالی و ترسالی در پایگاه اطلاعات GIS تشکیل شد. با استفاده از نرم افزار ARC GIS و نرم افزار های کمکی نظیر ARC VIEW به ثبت اطلاعات و داده های حاصله برای هر کدام از ایستگاه ها اقدام

تعیین مناطق آسیب پذیر در برابر خشکسالی های احتمالی با استفاده از شاخص.../ ساری صراف و همکار

گردید و از برنامه های جانبی نظیر Spatial Analysis در محیط GIS به منظور درون یابی<sup>۱</sup> داده ها و پهنه بندی ارزش های عددی هر کدام از ایستگاه ها استفاده شد. بر این اساس پس از درون یابی داده های ماهانه، نقشه های فصلی شاخص SPI برای دوره ترسالی و همچنین نقشه های پهنه بندی شده شاخص SPI برای دوره خشکسالی به دست آمد. در این بخش تنها داده های مربوط به فصول بهار و تابستان (به عنوان دوره نیاز آبی) مورد بررسی قرار گرفت. ارزیابی داده های حاصل از نقشه های فصل بهار نشانگر بالا بودن سطح خشکسالی های متوسط، شدید، خیلی شدید و در مرحله بعد متوسط به پائین در منطقه می باشد (جدول ۵). بررسی های مربوط به فصل غیر خشکسالی ( ترسالی) نشانگر بالا بودن مساحت تحت شرایط ترسالی های شدید و متوسط می باشد.

جدول ۴- میانگین متحرک SPI ماهانه و فصلی ایستگاه های باران سنجی دشت سراب برای فصول بهار و زمستان در سال ۲۰۰۱ (خشکسالی) و ۲۰۰۴ (ترسالی)

| ردیف | ایستگاه    | ۲۰۰۱-SpI<br>سه ماه<br>اول | ۲۰۰۱-SpI<br>سه ماه<br>دوم | ۲۰۰۱-SpI<br>سه ماه<br>سوم | ۲۰۰۱-SpI<br>سه ماه<br>چهارم | ۲۰۰۴-SpI<br>سه ماه<br>اول | ۲۰۰۴-SpI<br>سه ماه<br>دوم | ۲۰۰۴-SpI<br>سه ماه<br>سوم | ۲۰۰۴-SpI<br>سه ماه<br>چهارم |
|------|------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| ۱    | سهباب      | -۰/۶۸                     | -۰/۴۷                     | -۰/۲۷                     | ۰/۱۶                        | -۰/۰۰۳                    | ۰/۲۱                      | -۰/۲۰                     | ۰/۳۵                        |
| ۲    | قره بلاخ   | -۰/۱۱                     | -۰/۱۶                     | ۰/۸۱                      | ۰/۰۹                        | -۰/۱۱                     | ۰/۳۶۰                     | -۰/۱۹                     | ۰/۳۶                        |
| ۳    | فزل گچی    | -۱/۲۱                     | -۱/۱۲                     | ۰/۲۲                      | -۰/۲۳                       | ۳/۰۲                      | -۰/۷۵                     | ۰/۳۲                      | -۰/۰۷                       |
| ۴    | قوشچی      | -۰/۲۳                     | -/۴۵                      | ۰/۶۵                      | -/۰۶۷                       | ۱/۹۳                      | ۰/۱۵۸                     | -۰/۲۴                     | ۰/۳۳                        |
| ۵    | میرکوه     | -۰/۷۸                     | -۱/۱۴                     | ۰/۲۱                      | ۰/۳۷                        | -۰/۰۴                     | ۰/۳۲                      | ۰/۱۵                      | -۰/۱۹                       |
| ۶    | سلطان آباد | -۰/۷۷                     | -۰/۶۲                     | /۰۸                       | ۰/۰۱۱                       | -۰/۰۹                     | -۰/۲۸                     | -۰/۳۶                     | ۰/۱۱                        |
| ۷    | سراب       | -۰/۲۱                     | -۳۵                       | ۰/۴۵                      | -/۰۵۷                       | ۱/۶۶                      | ۰/۱۴۴                     | -۰/۲۶                     | ۰/۳۲                        |



شکل ۸- نمودار مقایسه شاخص SPI برای خشکسالی و ترسالی در ایستگاه های مورد مطالعه

<sup>1</sup> Interpolation



جدول ۵- مقادیر داده های خشکسالی (۸۰-۱۳۷۹) و ترسالی (۸۴-۱۳۸۳) فصل بهار

| ردیف | خشکسالی     | مقدار SPI | سطح (Km <sup>2</sup> ) | ترسالی    | مقدار SPI | سطح (Km <sup>2</sup> ) |
|------|-------------|-----------|------------------------|-----------|-----------|------------------------|
| ۱    | خیلی شدید   | <-۲       | ۵۴/۲۸                  | خیلی شدید | <۲        | ۹۷/۵                   |
| ۲    | شدید        | <-۱/۵     | ۷۴/۲۳                  | شدید      | <۱/۵      | ۱۳۴/۷                  |
| ۳    | متوسط       | <-۱       | ۵۲۴/۸                  | متوسط     | <۱        | ۲۷۷/۵                  |
| ۴    | ضعیف        | <۰/۰      | ۵۵/۶۲                  | ضعیف      | <۰/۰      | ۲۴۰/۱                  |
| ۵    | ترسالی ضعیف | >۰/۰      | ۱۱/۸                   | -----     | -----     | -----                  |

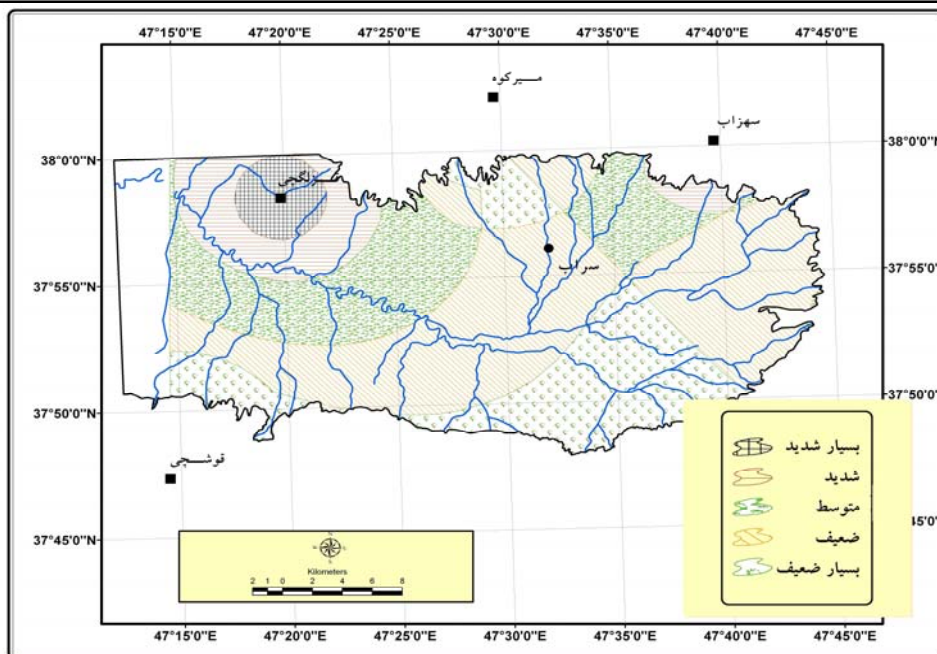
فصل تابستان در دشت سراب به نسبت سایر فصول بارندگی کمتری را شاهد است. با این حال بررسی داده های طولانی مدت و نیز محاسبات مربوط به شاخص SPI و نیز پهنه بندی داده ها مشخص می کند که مقدار سطح خشکسالی ها در این فصل بسیار کمتر و در حد ضعیف می باشد. اما در موقع وقوع ترسالی تنوع خاصی در نتایج حاصله وجود دارد (جدول ۶). از نظر اقلیمی این نوسان بین دو دوره خشکسالی و ترسالی صورت می گیرد که بسیار زیانبار است (جدول ۳). به طوریکه 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 می شوند. این امر در نهایت موجب شور شدن قسمت های مختلفی از دشت شده است [۲۵، ص ۱۱].

جدول ۶- مقادیر خشکسالی (۸۰-۱۳۷۹) و ترسالی (۸۴-۱۳۸۳) دشت سراب در فصل تابستان

| خشکسالی      | مقدار SPI | سطح (Km <sup>2</sup> ) | ترسالی    | مقدار SPI | سطح (Km <sup>2</sup> ) |
|--------------|-----------|------------------------|-----------|-----------|------------------------|
| خیلی شدید    | <-۲       | -----                  | خیلی شدید | <۲        | ۱۷۲/۸                  |
| شدید         | <-۱/۵     | -----                  | شدید      | <۱/۵      | ۱۹۷/۰                  |
| متوسط        | <-۱       | -----                  | متوسط     | <۱        | ۱۴۷/۳                  |
| ضعیف         | <۰/۰      | ۶۱۴/۸                  | ضعیف      | <۰/۰      | ۲۳۲/۵                  |
| بدون خشکسالی | >۰/۰      | ۱۳۵/۱۲                 | -----     | -----     | -----                  |

### تعیین حساسیت سطح زمین در برابر نوسانات رطوبتی

یافته های حاصل از تحقیق نشانگر وجود مناطقی با حساسیت های مختلف در برابر نوسان عنصر بارش در منطقه می باشد (جدول ۷). 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 بخش های شرقی حساسیت در برابر نوسان بارش شدیدتر شده و مناطق تحت پوشش این شرایط مساحت زیادتری را اشغال می کنند.



شکل ۹- نقشه حساسیت سطح زمین در برابر نوسانات اقلیمی بهار و تابستان

جدول ۷- حساسیت سطح زمین در برابر نوسانات عنصر بارش در فصول بهار و تابستان

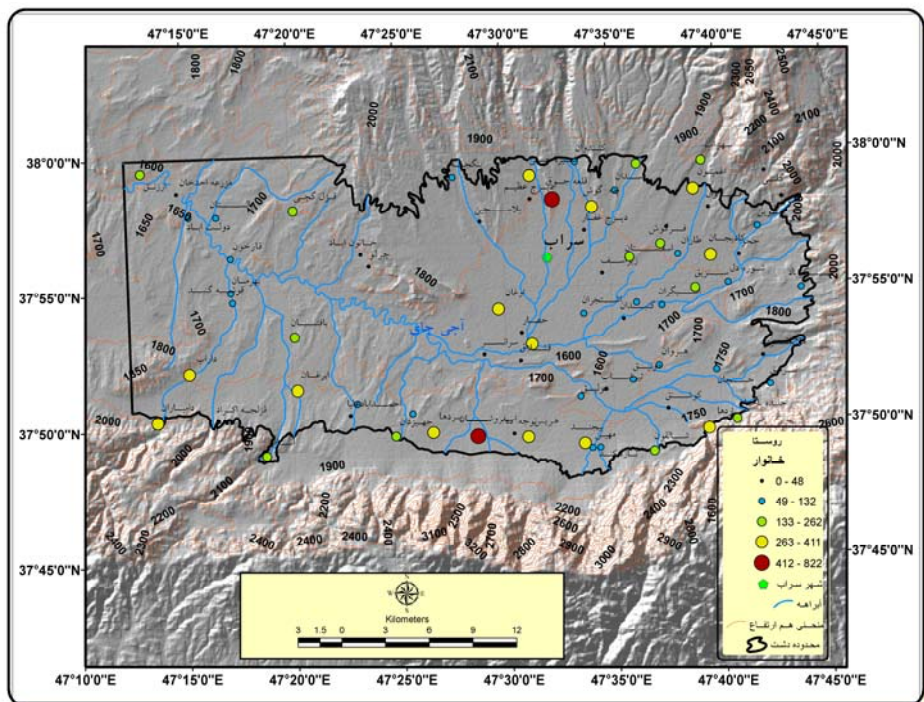
| ردیف | طبقه حساسیت | مساحت (km <sup>2</sup> ) |
|------|-------------|--------------------------|
| ۱    | خیلی شدید   | ۲۸/۴۴                    |
| ۲    | شدید        | ۷۶/۹۶                    |
| ۳    | متوسط       | ۱۶۱/۵۹                   |
| ۴    | ضعیف        | ۳۰۷/۲                    |
| ۵    | خیلی ضعیف   | ۱۵۶/۳۱                   |
| ---  | مجموع       | ۷۳۰/۵۱                   |

### بررسی نقاط روستایی و آبادی های دشت سراب

بر اساس بررسی های به عمل آمده در دشت سراب تعداد ۷۲ روستا وجود دارد که مجموعاً ۱۰۷۷۱ خانوار در این مناطق زندگی می کنند. حداکثر تعداد خانوار ساکن در این روستا ها ۸۲۲ خانوار و حداقل مربوط به روستا های خالی از سکنه می باشد. میانگین تعداد خانوار در دشت سراب ۱۴۷/۵۴ خانوار برای هر روستا و انحراف معیار برابر است با ۱۵۰ خانوار در کل منطقه مورد مطالعه می باشد (جدول ۸).

جدول ۸- مشخصات آماری تعداد خانوار روستا های واقع در دشت سراب

| ردیف | تعداد روستا | حداکثر خانوار | مجموع خانوار | میانگین خانوار | SD     |
|------|-------------|---------------|--------------|----------------|--------|
| ۱    | ۷۳          | ۸۲۲           | ۱۰۷۷۱        | ۱۴۷/۵۴         | ۱۵۰/۱۳ |



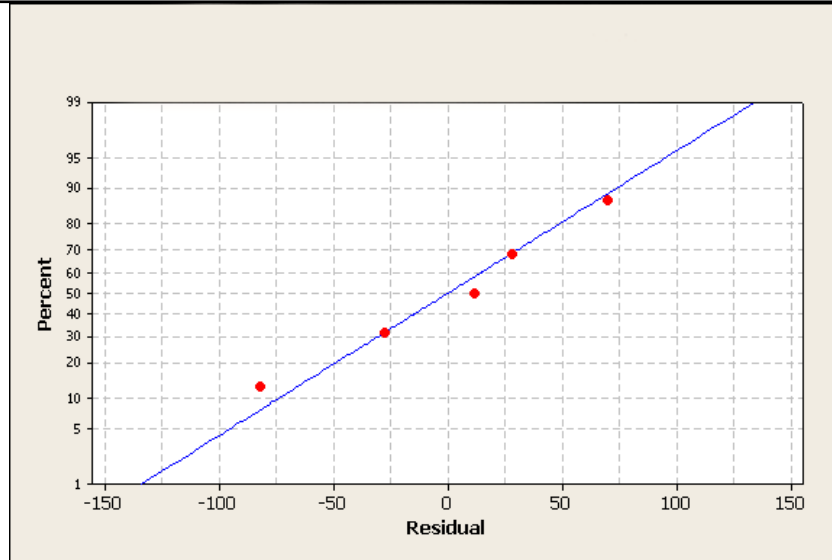
شکل ۱۰- مناطق مسکونی دشت سراب بر اساس تعداد خانوار

جدول ۹- تحلیل نتایج حاصل از مقایسه مناطق آسیب پذیر در برابر نوسان رطوبتی با نقاط سکونتگاهی

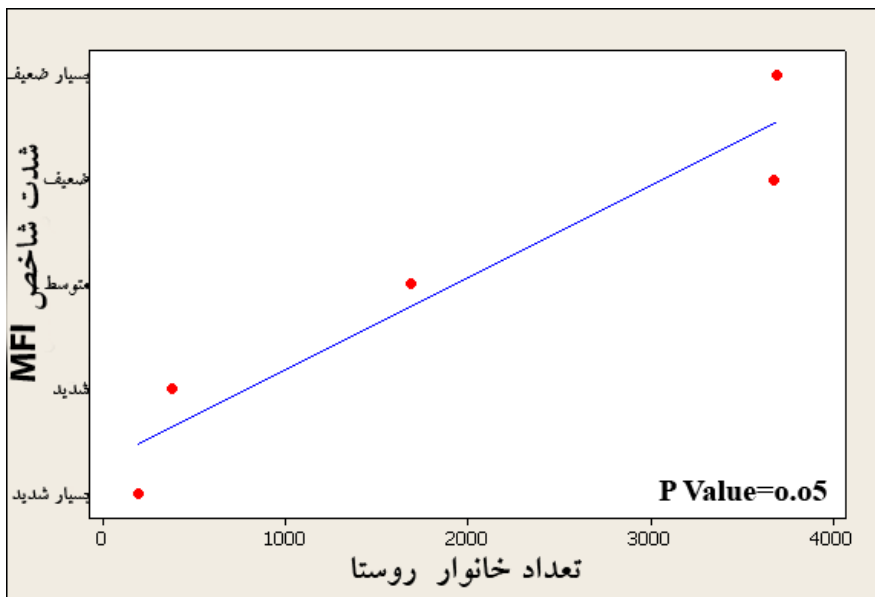
| شاخص نوسان رطوبتی (MFI) | تعداد روستا | تعداد روستای حذف شده | تعداد خانوار | تعداد روستای خالی از سکنه | تعداد روستای کمتر از ۱۰۰ خانوار | تعداد روستای بالای ۱۰۰ خانوار | حداکثر خانوار روستا |
|-------------------------|-------------|----------------------|--------------|---------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------|
| بسیار شدید              | ۱           | -                    | ۱۹۷          | ۱                         | ۰                               | ۱                             | ۱۹۷                 |
| شدید                    | ۵           | ۱                    | ۳۸۳          | ۱                         | ۴                               | ۰                             | ۱۳۲                 |
| متوسط                   | ۱۰          | ۲                    | ۱۶۹۱         | ۱                         | ۳                               | ۸                             | ۳۵۵                 |
| ضعیف                    | ۲۵          | ۳                    | ۳۶۷۴         | ۱                         | ۱۴                              | ۱۱                            | ۵۶۳                 |
| بسیار ضعیف              | ۱۸          | ۳                    | ۳۶۹۴         | ۱                         | ۹                               | ۱۰                            | ۸۲۲                 |
| مجموع                   | ۵۹          | ۹                    | ۹۶۳۹         | ۵                         | ۳۰                              | ۲۹                            | -----               |

### مقایسه انطباق نتایج حاصل از شاخص MFI با مراکز جمعیتی دشت سراب

بر اساس بررسی های به عمل آمده در مورد روستاهای واقع شده در دشت سراب مشخص شد که نوعی همبستگی بین نقشه پراکنش روستاهایی با خانوار بالا و داده های حاصل از نقشه مناطق آسیب پذیر در برابر نوسانات اقلیمی وجود دارد. بر اساس یافته های تحقیق حاضر مناطق آسیب پذیر در برابر نوسانات اقلیمی (که در غرب دشت سراب واقع شده است) بیشتر با نقاط سکونتگاهی با تعداد خانوار کمتر از ۱۰۰ همبستگی دارند. احتمال داده می شود که این امر به دلیل عدم دسترسی به منابع آبی مناسب و نیز بالا بودن مقدار شاخص MFI در این مناطق می باشد (جدول ۹).



شکل ۱۱- رابطه رگرسیونی بین تعداد خانوار روستا ها و مساحت شاخص MFI در دشت سراب



شکل ۱۲- همبستگی بین تعداد خانوار روستا ها و شدت شاخص MFI در دشت سراب.

### نتیجه گیری

سال آبی ۸۰-۱۳۷۹ به عنوان خشکسالی شدید و سال ۸۴-۱۳۸۳ به عنوان یک سال تر مشخص گردید. از میان ایستگاه های مورد مطالعاتی در دشت سراب ایستگاه سهزاب در شمال غرب منطقه بر اساس شاخص MFI از نوسان رطوبتی بالایی برخوردار است. بطوریکه این منطقه در موقع ترسالی جزء مناطق با رطوبت متوسط بالا و در موقع خشکسالی از شرایط رطوبتی ضعیفی برخوردار می باشد. این تضاد در شمال غرب دشت سراب فضائی ایجاد می کند که مستعد آسیب پذیری در مقابل وقوع خشکسالی ها می باشد.

بررسی نقشه های حاصل از پراکنش شاخص شاخص SPI دشت سراب در موقع خشکسالی نشان می دهد که مقدار خشکسالی متوسط نزدیک به ۷۰ درصد از منطقه را تحت اشغال می گیرد و این در حالی است که در دوره ترسالی نیز ترسالی شدید و متوسط اکثریت منطقه را در بر می گیرد. در فصل تابستان در موقع خشکسالی، اکثر منطقه تحت اشغال خشکسالی ضعیف بوده و در موقع ترسالی بخش های مختلف مساحت قابل ملاحظه ای را به خود اختصاص می دهند که ترسالی ضعیف با ۲۳۲ کیلومتر مربع بالاترین مساحت را دارا می باشد.

نتایج حاصل از اعمال شاخص MFI در دشت سراب نشان می دهد که روستای قزل گچی در غرب دشت سراب در منطقه با نوسان رطوبتی بالا قرار گرفته است. بیشترین مساحت تحت اشغال این دشت بر اساس شاخص MFI ۳۰۷ کیلومتر مربع متعلق به حساسیت نوسان رطوبتی ضعیف می باشد که عمدتاً متعلق به قسمت های مرکزی و شرق دشت سراب می باشند. نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان می دهد که به علت واقع شدن دشت سراب در محدوده کوه های بزقوش و سبلان نوسان رطوبتی بسیار کم می باشد و این در حالی است که قسمت غرب دشت سراب به علت دور شدن از مناطق کوهستانی پر آب و عدم دسترسی مناسب به منابع رطوبتی از نوسان رطوبتی بالائی برخوردار می باشد. نتایج حاصل از بررسی نقشه مناطق آسیب پذیر در برابر نوسانات اقلیمی با پراکنش نقاط روستائی و تعداد خانوار روستا ها نشان می دهد که رابطه مستقیمی بین مقدار شدت شاخص نوسان رطوبتی و تعداد خانوار و نیز تعداد روستا ها وجود دارد. بر این اساس هرچه مقدار شاخص نوسان رطوبتی (MFI) بالا باشد تعداد روستا ها و نیز تعداد خانوار ساکن در آن مناطق کمتر خواهد بود. پیشنهاد می شود که با دخالت دادن شاخص MFI در مناطق زراعی و به دست آوردن حساسیت نوسان رطوبتی و تلفیق نتایج حاصله با کاربری اراضی، امکان برآورد خطرات و صدمات احتمالی خشکسالی آینده مشخص گردد.

## منابع

- 1- 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](http://www.elsevier.com/locate/foreco).
- 2- 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.
- 3- Palmer, W.C., (1968): "Keeping track of Crop Moisture Index." *Weatherwise* 21, 156-161.
- 4- Schultz, P.A., and Halpert, M.S., (1993): "Global correlation of temperature, NDVI and precipitation." *ADV. Space Res.* 13, 277-280.
- 5- Palmer, W.C., (1965): "Meteorological drought". *Research Paper No. 45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, DC*.
- 6- Gibbs, W.J., Maher, J.V., (1967): "Rainfall Deciles Drought Indicators". *Bureau of Meteorology Bulletin No. 48. Commonwealth of Australia, Melbourne*.
- 7- 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.
- 8- 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.
- 9- Kogan, F.N., (1990): "Remote sensing of weather impacts on Vegetation in non-homogeneous areas", *Int. J. Remote Sens.* 11(8), 1405-1419.

- 10- 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.
- 11- 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).
- 12- 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.
- 13- Dracup, J.A., Lee, K.S., and Paulson, E.G.J., (1980): "On the definition of drought". Water Resources Research 16(2): 279-302.
- 14- 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.
- 15- Tucker, C.J., and Choudhury, B.J., (1987): "Satellite remote sensing of drought conditions" Remote Sens. Environ., 23: 243-251.
- 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 Environmental., 92(4), 475-482.
- 17- 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.
- 18- 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.
- ۱۹- دین پژوه، یعقوب و دیگران (۱۳۸۰): بررسی روند بارش ایران با تکیه بر مشخصه های خشکسالی متور رولوژیکی، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی راهکارهای مقابله با بحران آب، جلد دوم، ۱۸ و ۱۹ اسفند ماه، دانشگاه زابل.
- ۲۰- فرج زاده اصل، منوچهر (۱۳۷۴): تحلیل و پیش بینی خشکسالی در ایران، رساله دکتری با گرایش اقلیم شناسی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.
- 21- Lunetta, R.S., (1999): Remote sensing Change detection, Sleeping Bear Press, Inc. pp201.
- 22- 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
- 23- 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.
- 24- 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.
- ۲۵- کرمی، فریبا و هاشم رستم زاده (۱۳۸۵): ارزیابی شور شدن اراضی دشت سراب. مجله محیط شناسی، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲۶- استناداری (۱۳۸۵): سالنامه آماری، انتشارات استناداری آذربایجان شرقی، تبریز.
- ۲۷- رستم زاده (۱۳۸۸): کاربرد داده های دورسنجی در تعیین و ارزیابی خشکسالی، مطالعه موردی دشت سراب. رساله دکتری، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.