

بررسی کیفیت منابع آب متاثر از خشکسالی

حسین شریفان^۱

نفیسه حسنعلیزاده^۲

۱. عضو هیات علمی گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

چکیده

عناصر و ترکیب های مختلفی در آب وجود دارند که روی کیفیت شیمیایی و فیزیکی آب مؤثر می باشند بطوریکه این عناصر در اثر شرایط خاصی چون افزایش و کاهش دبی دچار تغییراتی می شوند. یکی از این شرایط، بروز خشکسالی می باشد که کاهش دبی و تغییرات کیفی آب را به همراه دارد. در این تحقیق جهت تحلیل خشکسالی های استان گلستان از شاخص میانگین متحرک ۳ساله و ۵ ساله بهره گرفته شده است بر اساس این شاخص، استان گلستان در طول دوره آماری (۱۳۸۷-۱۳۶۸)، خشکسالی هایی با شدت های مختلف تجربه کرده است. سپس بر اساس همین شاخص سال های تر و خشک مشخص و در نهایت سال های ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۰ به عنوان نماینده سال های خشک انتخاب گردید. در مطالعه کیفی جریان های سطحی، از نتایج آزمایش ۳ ایستگاه هیدرومتری رودخانه های گرگانرود، قره سو، قره چای طی یک دوره ۱۹ ساله (۱۳۸۷-۱۳۶۸) استفاده شده است. بیشترین تغییرات در غلظت کاتیون ها و آنیون ها در ایستگاه آق قلا مشاهده گردید که در دوره شاخص خشکسالی دارای تغییراتی بوده است. مقدار EC نیز در دوره شاخص خشکسالی دارای تغییراتی بوده است. به طوریکه در سال های شاخص خشکسالی نسبت به میانگین درازمدت در ایستگاه ارازکوسه ۵ درصد افزایش یافته است. در واقع کاهش دبی پایه رودخانه و افزایش دما در اثر خشکسالی باعث افزایش مقدار EC شده است.

کلمات کلیدی: استان گلستان - خشکسالی - نسبت جذب سدیم - کیفیت منابع آب

مقدمه

خشکسالی یکی از مخاطرات اصلی مرتبط با منابع آب است. این مخاطره طبیعی تمام جوانب زندگی ما را تحت تأثیر قرار می دهد. در سطح بین المللی تعریف واحدی از خشکسالی که مورد قبول همه باشد، وجود ندارد. بطور کلی خشکسالی زمانی روی می دهد که کاهش چشمگیر آب، هم در مکان و هم در زمان ویژه ای روی دهد. به نظر پالمر (۱۹۶۵) خشکسالی عبارت از کمبود رطوبت مستمر و غیرطبیعی است. در تعریف وی واژه مستمر بیانگر زمان آغاز تا پایان خشکسالی یا زمان تداوم آن بوده و واژه غیرطبیعی

به انحراف یا نوسان منفی شاخص مورد نظر نسبت به شرایط میانگین طبیعی اطلاق می شود. در واقع، عموم محققانی که در این زمینه فعالیت می کنند در تعریف مذکور هم عقیده هستند. ولی با توجه به نیاز و زمینه های کاری خود تعریف های خاصی را ارائه داده اند و بدین لحاظ، انواع عمده خشکسالی تحت عناوین خشکسالی آب و هوایی یا هواشناسی، خشکسالی کشاورزی، خشکسالی هیدرولوژیکی و خشکسالی اجتماعی-اقتصادی بیان گردیده است. در زمینه خشکسالی ها و عوارض آن مطالعات مختلفی انجام شده است که از آن جمله می توان به مواردی چون توالی خشکسالی های بلندمدت دره هادسون نیویورک (کوک، ۱۹۸۲)، مطالعه خشکسالی در شمال نیجریه (اولادیپو، ۱۹۹۳)، بررسی خشکسالی جنوب صحرا (لمب، ۲۰۰۰)، تغییر پذیری فصلی و سالانه بارندگی در هند (کریشنا مورتی و شولکا، ۲۰۰۰)، تغییر ویژگی های بارندگی در شمال نیجریه (تاهول و مینگ، ۲۰۰۰) اشاره کرد که به روشهای مختلف به بررسی و تفسیر پدیده خشکسالی پرداختند. امروزه به علت پیشرفت های علمی و گسترش ارتباطات و حمل و نقل، بروز آثار خشکسالی به شکل قحطی و مرگ دسته جمعی کمتر بروز می کند، اما آثار و تبعات دیگر ناشی از آن، همچنان پابرجاست؛ به طوریکه بروز این پدیده می تواند موجبات کاهش رطوبت خاک، جریان آب های سطحی و افت آب های زیرزمینی را به همراه داشته باشد (منیری، ۱۳۸۳) بر اساس پارامترهای مورد مطالعه، خشکسالی به انواع مختلف اقلیمی، هیدرولوژی و کشاورزی تقسیم می شود. انواع خشکسالی ها با یکدیگر ارتباط زمانی و مکانی دارند، به طوری که خشکسالی های هواشناسی پیش از انواع دیگر خشکسالی ها رخ داده و خشکسالی های کشاورزی و هیدرولوژیکی پس از آن به وقوع می پیوندند. خشکسالی های هواشناسی با تاخیر زمانی در یک مکان به خشکسالی های کشاورزی و سپس به خشکسالی های هیدرولوژیکی منجر می شود. در ارتباط با خشکسالی های ایران فرج زاده (۱۳۷۴) شاخص های مختلف خشکسالی را بررسی و شاخص درصدی از بارش میانگین دراز مدت را به دلیل سادگی، انعطاف پذیری و جامعیت آن برای بررسی خشکسالی های ایران انتخاب و پهنه های هم ارزش را با استفاده از این شاخص مشخص نموده است. خوش اخلاق، ۱۳۷۷ با استفاده از تحلیل های سینوپتیکی، خشکسالی های فراگیر ایران را مورد بررسی قرار داده است. غیور، ۱۳۷۵ شدت، فراوانی و وسعت خشکسالی های ایران را مورد توجه قرار داده و عزیزی، ۱۳۷۸ نیز خشکسالی های ایران و ارتباط آنها را با ال نینو/نوسان جنوبی را مورد مطالعه قرار داده است.

در واقع هدف کلی این تحقیقات شناخت عوامل جوی خشکسالی ها و تعیین شاخص های سینوپتیکی آن بوده است. بنابراین تحقیقات صورت گرفته اغلب بنیادی بوده و تنها جنبه های اقلیمی به وجود آورنده خشکسالی ها را مورد بررسی قرار داده اند، در حالی که تاثیر خشکسالی ها بر روی کیفیت منابع آب چه آب های سطحی و چه آب های زیرزمینی حائز اهمیت است. به خصوص تاثیراتی که این تغییرات می توانند بر روی کیفیت منابع آب شرب، آب مورد استفاده در کشاورزی و صنعت بگذارند. باکنکاش و بررسی که در منابع موجود صورت گرفته است مشاهده گردید که کارهای انجام شده در این زمینه بسیار کم و در حد چند مقاله و پایان نامه بوده است که می توان به کارهای حسینی زارع و سعادت (۱۳۷۹) و کلاکی زاهدی (۱۳۸۳) اشاره نمود. بنابراین هدف از انجام این مطالعه، بررسی وضعیت خشکسالی های رخ داده در استان گلستان و تاثیراتی که این خشکسالی ها بر روی کیفیت منابع آبی داشته است بوده است. خشکسالی تاثیرات چشمگیری بر روی غلظت کاتیون ها و آنیون ها و EC می تواند داشته باشد. در واقع کاهش دبی پایه رودخانه و افزایش دما در اثر خشکسالی باعث افزایش مقدار EC می شود..

روش تحقیق

از آنجا که رخداد خشکسالی جزء یکی از پدیده های نادر طبیعی به شمار می آید بنابراین همانند مطالعات دیگر آب و هوایی جهت تحلیل مستلزم وجود آمار دراز مدت است و هر قدر آمارهای مورد استفاده، سال های بیشتری را در بر بگیرد، تحلیل های صورت گرفته بیشتر با واقعیت منطبق خواهند بود.

در این تحقیق از آمار ۵ ایستگاه سینوپتیک استان گلستان جهت تجزیه و تحلیل خشکسالی‌ها و تاثیر آنها بر روی کیفیت منابع آب سطحی استفاده گردیده است. داده‌های دبی ماهیانه طی سال‌های آبی ۱۳۶۹-۱۳۶۸ تا ۱۳۸۷-۱۳۸۶ به عنوان داده‌های دوره آماری در نظر گرفته شدند. به این منظور مقادیر میانگین متحرک و متوسط شاخص خشکسالی نیز تعیین شدند. داده‌های خام مورد استفاده در این تحقیق برای یک دوره ۱۹ ساله (۱۳۶۸-۱۳۸۷) بوده است. در جدول ۱ ایستگاه‌های مورد مطالعه برای یکی از سال‌های مشترک آورده شده است.

جدول ۱: مشخصات ایستگاهها

سال	ایستگاه	رودخانه	میانگین دبی سالانه (m ³ /s)
۱۳۷۱-۱۳۷۲	تمر	گرگانرود	۱/۸۳۶
	گنبد	گرگانرود	۱۰/۵۱۵
	ارازکوسه	قره سو	۷/۳۵۶
	رامیان	قره چای	۲/۳۵۶
	آق قلا	گرگانرود	۱۹/۴۵۳

الف) تجزیه و تحلیل خشکسالی‌ها

در این تحقیق جهت تحلیل خشکسالی‌های استان گلستان از میانگین متحرک بهره گرفته شده است. بر اساس این شاخص استان گلستان در طول دوره آماری مورد مطالعه، به تناوب خشکسالی‌ها و ترسالی‌های گوناگونی را با شدت‌های مختلف تجربه کرده است.

ب) تجزیه و تحلیل کیفیت آب‌های جاری

عناصر و ترکیب‌های مختلفی در آب وجود دارند که روی کیفیت شیمیائی و فیزیکی آب مؤثر می‌باشند که در اثر شرایط خاصی چون افزایش و کاهش دبی دچار تغییراتی می‌شوند. یکی از این شرایط خشکسالی می‌باشد که کاهش دبی و تغییرات کیفی آب را به همراه دارد (زاهدی کلاکی، ۱۳۸۳).

در زیر روابط موجود بین آنیون‌ها و کاتیون‌ها و دیگر عوامل کیفی آب در سال مورد بررسی قرار می‌گیرد در سال‌های شاخص خشکسالی (۱۳۷۵-۱۳۸۰) مورد بررسی قرار می‌گیرد.

ج) بررسی کیفیت آب از نظر کشاورزی

در امور زراعی، علاوه بر کمیت آب، کیفیت آب نیز نقش مهمی داشته و کیفیت نامناسب می‌تواند یکی از عوامل محدود کننده در این بخش باشد که علاوه بر مشکلات زراعی، مشکلاتی برای خاک نیز به وجود می‌آورد. یکی از قدیمی‌ترین سیستم‌های طبقه بندی کیفیت آب برای استفاده از آن در بخش کشاورزی، طبقه بندی ویل کوکس (Wilcox) می‌باشد. در این طبقه بندی دو عامل هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم (SAR) در نظر گرفته می‌شود و هر یک از آنها به چهار قسمت تقسیم شده که در مجموع باعث پدید آمدن شانزده گروه کیفیت آب می‌گردد. (مهدوی، ۱۳۸۱) میزان هدایت الکتریکی نشان دهنده شوری می‌باشد و خطر سدیم بر حسب نسبت جذب سدیم (SAR) که به صورت زیر تعریف می‌شود بیان می‌شود:

$$(۱) SAR = \sqrt{\frac{Na}{(Ca+Mg)/2}}$$

که همه غلظت‌ها بر حسب میلی‌اکی والان در لیتر می‌باشند.

• هدایت الکتریکی

با توجه به نقش درجه حرارت در میزان هدایت الکتریکی آب، به ازای افزایش یک درجه سانتی گراد، تقریباً ۲ درصد EC افزایش می یابد. بنابراین در طی سال هایی که خشکسالی رخ می دهد و دمای هوا نیز افزایش می یابد، می توان انتظار داشت که EC افزایش پیدا کند. در واقع تغییرات دبی رودخانه ها در افزایش یا کاهش EC نقش بسزایی را دارا می باشند (زاهدی کلاکی، ۱۳۸۳)

• نسبت جذب سدیم SAR

این شاخص یکی از مهمترین عوامل در تعیین کیفیت آب زراعی می باشد که افزایش آن کیفیت بد آب را جهت کشاورزی به همراه دارد.

در این تحقیق تغییرات EC و SAR نسبت به متوسط شاخص خشکسالی در ایستگاههای مورد مطالعه بررسی شد.

د) بررسی کیفیت آب رودخانه ها از نظر شرب

آب آشامیدنی باید فاقد رنگ، بو و طعم بوده و به لحاظ عناصر و مواد شیمیائی موجود در آن در محدوده مجاز که توسط سازمان های بهداشتی تعیین شده است باشد. از نظر اسیدیته pH در آب شرب نباید از ۶/۵ یا از ۹/۲ بیشتر باشد. محدوده ۷ تا ۸/۵ برای آب شرب مطلوب است. (علیزاده، ۱۳۷۹).

• سختی کل (T.H)

یکی از شاخص های دیگر کیفیت آب آشامیدنی، سختی آن می باشد که بر مبنای کربنات کلسیم مورد سنجش قرار می گیرد. بیشتر سختی آب مربوط به یون های کلسیم و منیزیم بوده و سختی کل بر حسب میلی گرم بر لیتر از رابطه زیر به دست می آید:

$$(۲) T.H = (Ca + Mg) \times 50$$

که در آن غلظت یون های Ca و Mg بر حسب میلی اکی والانت بر لیتر بوده و سختی کل بر حسب میلی گرم بر لیتر می باشد. سختی آب در صنعت نیز نقش مهمی دارد و به ویژه در صنایع تهویه، کاغذ، مواد غذایی و نساجی افزایش آن باعث ایجاد مشکل و کاهش کیفیت مواد تولیدی می گردد (مهدوی، ۱۳۸۱).

• آنیون ها و کاتیون ها

از مهمترین آنیون های موجود در آب می توان از بی کربنات، سولفات، کلر، نیترات و سیلیکات و از مهمترین کاتیونها می توان از کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم نام برد که طی دوره های خشکسالی ممکن است تغییراتی در غلظت آنها در آب ایجاد شود. متوسط مقدار آنیون ها و کاتیون ها در طی ۶ سال خشکسالی با میانگین دراز مدت مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج و بحث

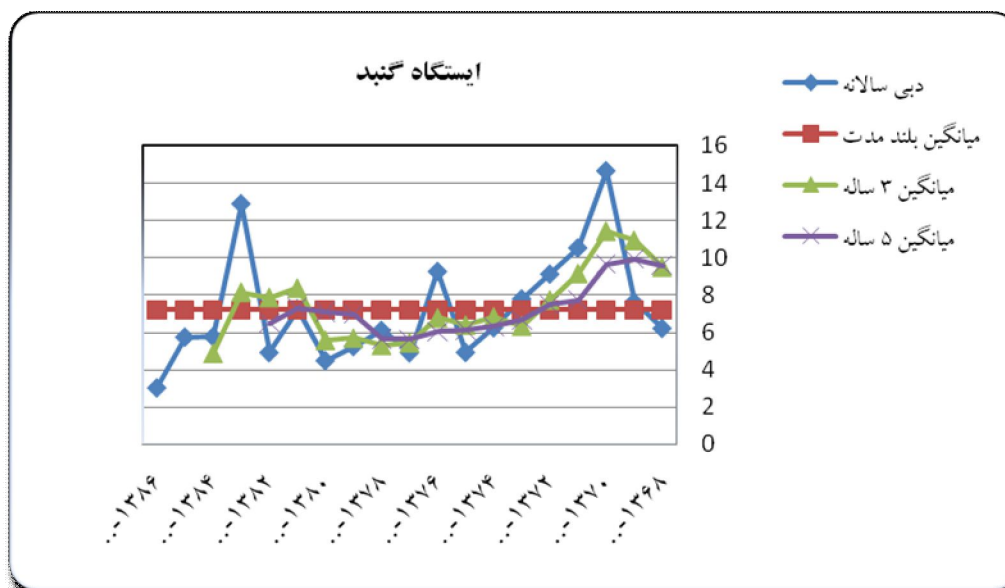
عناصر و ترکیب های مختلفی در آب وجود دارند که روی کیفیت شیمیائی و فیزیکی آب مؤثر می باشند که در اثر شرایط خاصی چون افزایش و کاهش دبی دچار تغییراتی می شوند. یکی از این شرایط خشکسالی می باشد که کاهش دبی و تغییرات کیفی آب را به همراه دارد (زاهدی کلاکی، ۱۳۸۳). در این تحقیق جهت تحلیل خشکسالی های استان گلستان از میانگین متحرک بهره گرفته شده است.

جهت تجزیه و تحلیل خشکسالی ها بر اساس میانگین متحرک ۳ ساله و ۵ ساله سال های تر و خشک مشخص و در نهایت سال های ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۰ به عنوان نماینده سال های خشک انتخاب گردید. در جدول ۲ میانگین متحرک ۳ ساله و ۵ ساله ایستگاه تهر آورده شده است.

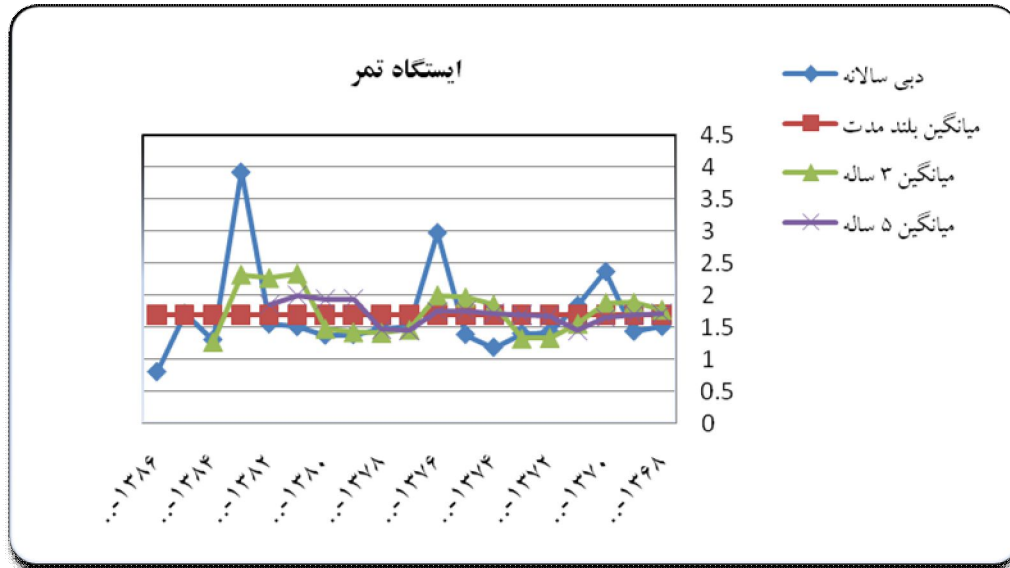
جدول ۲: میانگین متحرک ایستگاه تمر

ایستگاه	سال	میانگین دبی	میانگین متحرک	میانگین متحرک
تمر	-۱۳۶۹	۱/۸۰۸	۱/۸	۱/۷۱۳
	-۱۳۷۰	۱/۴۳۳	۱/۹	۱/۶۹۱
	-۱۳۷۱	۲/۳۶۸	۱/۹	۱/۶۴۱
	-۱۳۷۲	۱/۸۳۶	۱/۶	۱/۴۴۴
	-۱۳۷۳	۱/۴۲۲	۱/۳	۱/۶۷۲
	-۱۳۷۴	۱/۳۹۸	۱/۳	۱/۶۹۱
	-۱۳۷۵	۱/۱۸۱	۱/۸	۱/۷۰۳
	-۱۳۷۶	۱/۳۸۴	۲	۱/۷۴۸
	-۱۳۷۷	۲/۹۷۶	۲	۱/۷۴۸
	-۱۳۷۸	۱/۵۱۶	۱/۵	۱/۴۵۱
	-۱۳۷۹	۱/۴۸۲	۱/۴	۱/۴۵۷
	-۱۳۸۰	۱/۳۸۱	۱/۴	۱/۹۴۶
	-۱۳۸۱	۱/۳۷۱	۱/۵	۱/۹۳۰
	-۱۳۸۲	۱/۵۰۶	۲/۳	۱/۹۹۸
	-۱۳۸۳	۱/۵۴۷	۲/۳	۱/۸۵۶
	-۱۳۸۴	۱/۹۲۴	۲/۳	
	-۱۳۸۵	۱/۳۰۲	۱/۳	
-۱۳۸۶	۱/۷۱۰			
-۱۳۸۷	۰/۷۹۷			

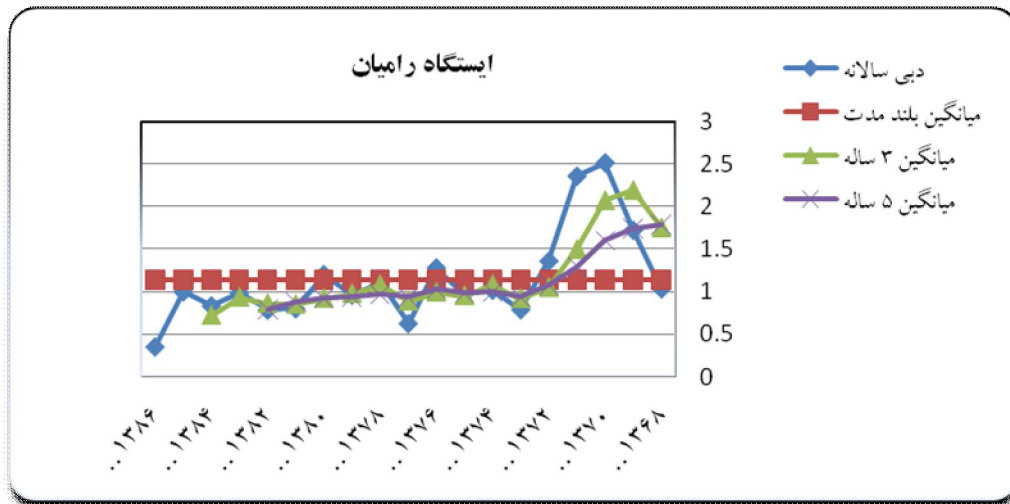
در شکل‌های ۱ تا ۵، میانگین ۳ ساله و ۵ ساله ایستگاه‌های مورد مطالعه به تفکیک ایستگاه نشان داده شده است.



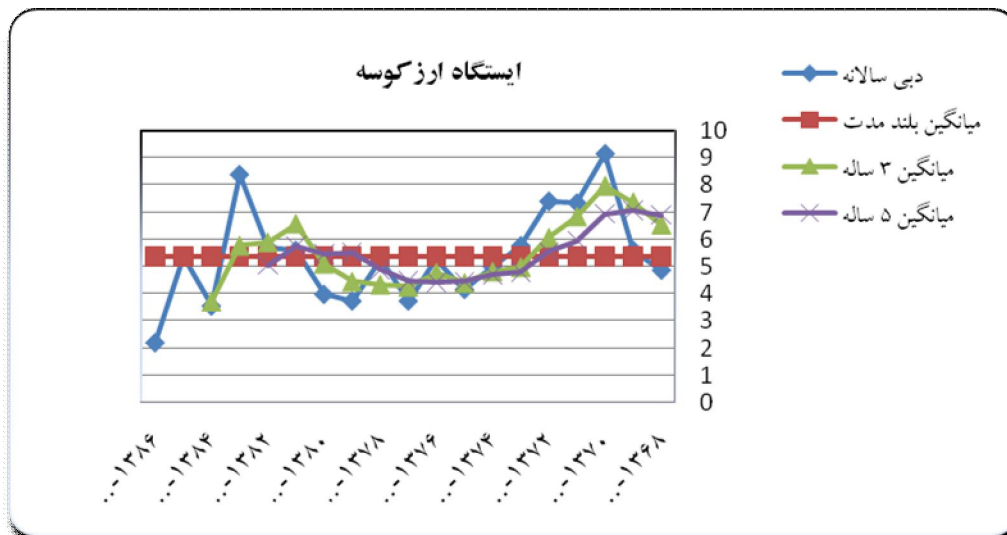
شکل ۱: میانگین متحرک ایستگاه گنبد



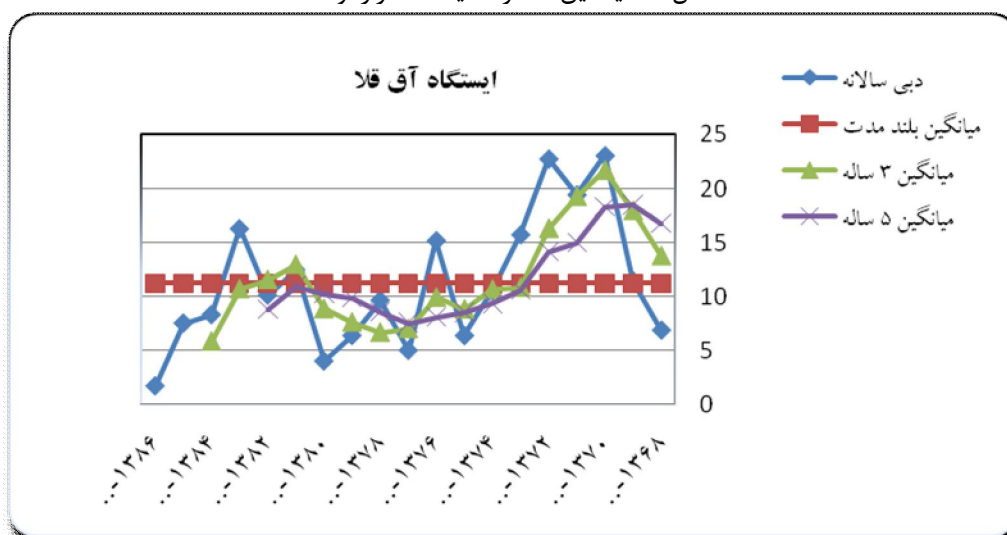
شکل ۲: میانگین متحرک ایستگاه تمر



شکل ۳: میانگین متحرک ایستگاه رامیان



شکل ۴: میانگین متحرک ایستگاه ارز کوسه



شکل ۵: میانگین متحرک ایستگاه آق قلا

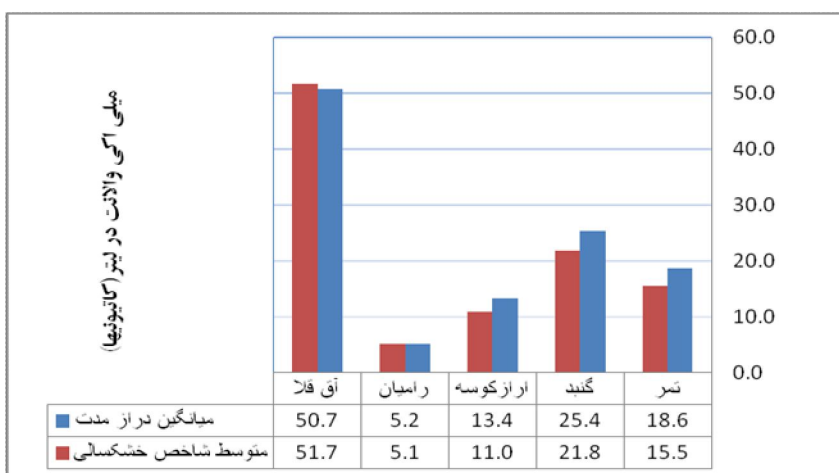
در مطالعه کیفی جریان‌های سطحی، از نتایج آزمایش ۳ ایستگاه هیدرومتری رودخانه‌های گرگانرود، قره‌سو، قره‌چای طی یک دوره ۱۹ ساله (۱۳۶۸-۱۳۸۷) استفاده گردید. در جدول ۳ برخی از داده‌های کیفی اندازه‌گیری شده آورده شده است.

جدول ۳: داده‌های کیفی اندازه‌گیری شده

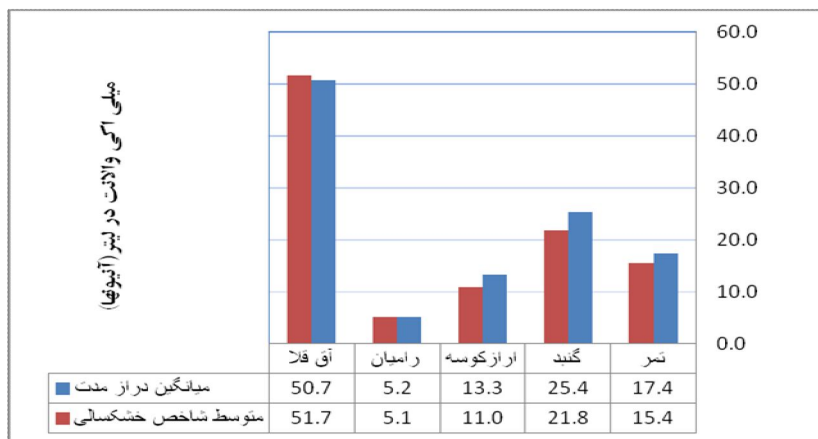
ایستگاه	سال	آنیونها	کاتیونها	Ec
تمر	۱۳۶۹-	۳۳/۸۹	۵۴/۳۷	۳۱۹۶
	۱۳۶۹-۱۳۷۰	۱۳/۸۷	۱۳/۹۶	۱۲۹۱
	۱۳۷۱-	۱۱/۷۸	۱۱/۸۲	۱۰۸۸
	۱۳۷۲-	۱۲/۲۲	۱۲/۲۰	۷۵۸
	۱۳۷۳-	۱۳/۳۷	۱۶/۲۰	۱۲۳۸
	۱۳۷۴-	۱۰/۶۴	۱۰/۷۰	۹۸۱
	۱۳۷۵-	۱۲/۲۰	۱۳/۵	۱۱۲۳
	۱۳۷۵-۱۳۷۶	۱۱/۶۹	۱۰/۵۰	۱۰۷۳
	۱۳۷۶-۱۳۷۷	۲۰/۳	۲۰/۳۲	۱۸۶۹
	۱۳۷۸-	۱۴/۳۰	۱۴/۳۲	۱۳۳۸

۱۴۸۹	۱۶/۰۷	۱۶/۰۶	-۱۳۷۹
۱۶۸۲	۱۸/۱۰	۱۸/۱۱	-۱۳۸۰
۱۴۲۲	۱۵/۱۵	۱۵/۱۵	-۱۳۸۱
۱۸۱۹	۱۹/۱۳	۱۹/۱۲	-۱۳۸۲
۱۵۸۱	۱۵/۸۲	۱۵/۸۲	-۱۳۸۳
۱۴۰۴	۱۵/۰۸	۱۵/۰۵	-۱۳۸۴
۲۶۱۴	۲۶/۲۱	۲۶/۱۹	-۱۳۸۵
۱۴۸۵	۱۵/۲۹	۱۵/۲۶	۱۳۸۵-۱۳۸۶
۳۵۲۴	۳۴/۹۶	۳۴/۸۹	۱۳۸۶-۱۳۸۷

همانگونه که مشاهده می‌شود متوسط مقدار آنیون ها و کاتیون ها در طی ۶ سال خشکسالی با میانگین دراز مدت مورد مقایسه قرار گرفته که نتایج آن در شکل ۶ نشان داده شده است. (با توجه به میزان آنیون و کاتیون در درازمدت و در سال‌های خشک مقایسه ای بین آنها صورت گرفته است.) در ایستگاه آق قلا اختلاف مجموع آنیون های سال های شاخص خشکسالی نسبت به میانگین دراز مدت برابر با ۰/۱ میلی اکوی والانت می باشد که در واقع در طی سال های خشکسالی تا حدودی افزایش نشان می‌دهد. همچنین مقدار کاتیون ها نیز در طی سال های خشکسالی حدود ۱/۹ درصد افزایش داشته است. شکل ۶ مقدار آنیون ها و شکل ۷ مقدار کاتیون های سال های شاخص خشکسالی را نسبت به میانگین دراز مدت نشان می دهد.

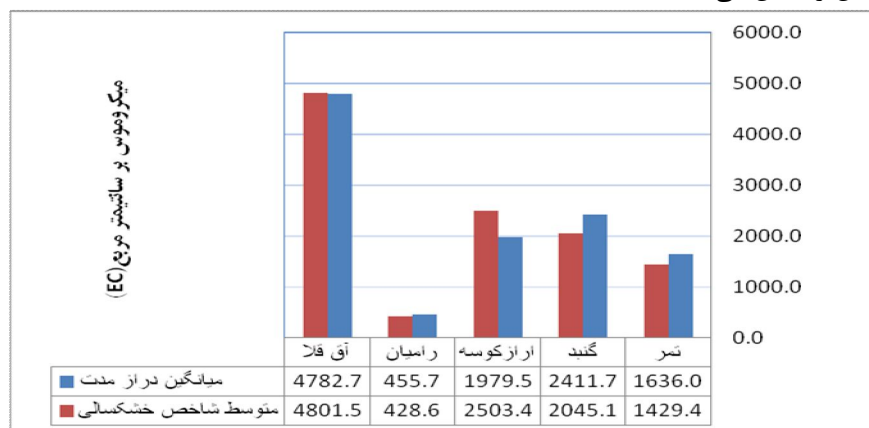


شکل ۶: مقدار کاتیون های شاخص خشکسالی



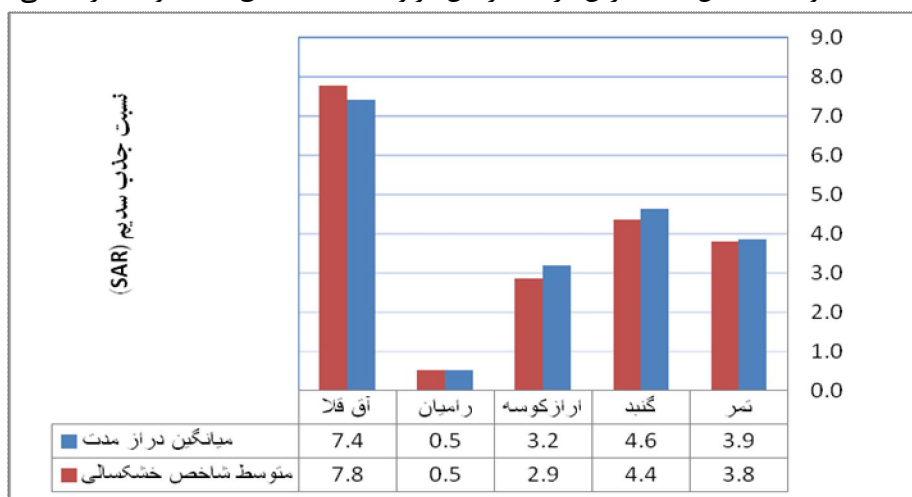
شکل ۷: مقدار آنیون های شاخص خشکسالی

در منطقه مورد مطالعه نیز با توجه به شکل ۸ در سال های وقوع خشکسالی EC در ایستگاه های آق قلا و ارازکوسه به ترتیب ۰/۳۹ و ۲۱ درصد افزایش را نشان می دهد.



شکل ۸: مقدار EC شاخص خشکسالی

نسبت جذب سدیم مانند عوامل دیگر کیفیت آب، طی سال های شاخص خشکسالی دچار تغییراتی در ایستگاه های هیدرومتری مورد مطالعه گشته است. با توجه به شکل ۹ بیشترین درصد افزایش مربوط به ایستگاه آق قلا حدود ۵ درصد می باشد.



شکل ۹: نسبت جذب سدیم شاخص خشکسالی

از نمودارها می توان فهمید که خشکسالی در منطقه گلستان تأثیرات چشمگیری بر روی غلظت کاتیون ها و آنیون ها نداشته است. اما مقدار EC به میزان ۲۱ درصد در ایستگاه ارازکوسه افزایش داشته است. در واقع کاهش دبی پایه رودخانه و افزایش دما در اثر خشکسالی باعث افزایش مقدار EC شده است. با توجه به تأثیرات خشکسالی، بایستی رودخانه های استان بر اساس تغییراتی که در دوره خشک بر روی ترکیبات آن حاصل می شود طبقه بندی و برای هر کدام تمهیدات لازم ارائه گردد.

فهرست منابع

۱. حسینی زارع، نادر و نغمه سعادتی (۱۳۸۰)؛ اثرات خشکسالی بر کیفیت منابع آب رو دخانه ای کارون و دز در استان خوزستان؛ مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، جلد سوم، دانشگاه زابل.

۲. خوش اخلاق، فرامرز (۱۳۷۷)؛ تحقیق در خشکسالی های فراگیر ایران با استفاده تحلیل های سینوپتیکی، رساله دکترای اقلیم شناسی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.
۳. زاهدی کلاکی، ابراهیم (۱۳۸۳)؛ بررسی اثرات خشکسالی بر کمیت و کیفیت منابع آب شهرستان بهشهر، پایان نامه کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.
۴. عزیزی، قاسم (۱۳۷۸)؛ ال نینو و دوره های خشکسالی - ترسالی در ایران؛ پژوهش های جغرافیایی، شماره ۳۸، مؤسسه جغرافیای دانشگاه تهران.
۵. غیور، حسنعلی (۱۳۷۵)؛ شدت، مساحت و فراوانی خشکسالی در ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴۵، مشهد.
۶. فرج زاده، منوچهر (۱۳۷۴)، تحلیل و پیش بینی خشکسالی در ایران، رساله دکترای اقلیم شناسی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.
۷. محمودی، پیمان و قباد منصوری (۱۳۸۷)؛ خشکسالی و تاثیر آن بر کیفیت منابع آب سطحی در استان سیستان و بلوچستان
۸. منیری، جلال (۱۳۸۳)؛ مطالعه ویژگی های آب و هوایی حوضه آبریز دریاچه ارومیه جهت تحلیل دوره های خشکسالی، پایان نامه کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.
۹. مهدوی، محمد (۱۳۸۱)؛ هیدرولوژی کاربردی؛ جلد اول و دوم، انتشارات دانشگاه تهران.
10. Cook, E.R. 1982. Long term drought sequence for Hudson valley New York, Climate from tree rings, Cambridge Eng.
11. Lamb, P.J. 2000. Persistence of sub Saharan drought, Nature, London. 299:46-48.
12. Krishnamurthy, V., and shulka. L. 2000. Intrapersonal and internal variability of rainfall over India, Journal of Climate. 13.24:4366-4377.
13. Oladipo, E.O. 1993. Drought in northern Nigeria, Weather and Climate, Wellington, Newxealand. 134:34-39
14. Palmer, W.C. 1965. Meteorological drought, Research Paper No.45.
15. Tahule, A., and Ming, K. 2000. Change in rainfall characteristics in Northern Nigeria, Int. Journal of Climatology. 18:1261-1271.