فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای
سال اول، شماره ۱، بهار ۱۳۹۰
صص ۶۸-۵۵

ارزیابی پدیده خشکسالی کشاورزی شهر شیراز به روش تورنت ویت

عباسعلی ابونوری[۱]

چکیده

پیش‌بینی زمان وقوع و برآورد شدت و نوسانات وقوع خشکسالی در جلوگیری از اصابت ها و تخریب‌های اقتصادی و اجتماعی از اهمیت زیادی برخوردار است. این تحقیق تلاش می‌کند تا با استفاده از روش بودجه آبی تورنت ویت، وضعیت تعادل آبی ایستگاه سینوپتیک شیراز را برای مدت ۵۸ سال (۲۰۰۹-۱۹۵۱ میلادی و یا ۱۳۸۷-۱۳۳۰ شمسی) متوالی را بررسی نموده و با برآورد تعداد دفعات وقوع پدیده خشکسالی، شدت آنها را نیز اندازه‌گیری کند. روش بودجه آبی تورنت- ویت با استفاده از پارامترهای متعدد عوامل طبیعی مانند درجه حرارت، سرعت باد، درخشش و تابش خورشید، بافت و ساختار و یا چگالی خاک در ذخیره سازی آب، رطوبت خاک، تبخیر و تعرق، دوره رشد گیاهان و عمق ریشه آنها و سابقه و پیشینه بارندگی منطقه به منظور برآورد پدیده خشکسالی بکار گرفته شده است. با بکارگیری این روش نشان داده شده است که در هر دوره میزان کمبود و یا مازاد آب درچه ماههائی از سال وجود داشته و با تعیین شاخص خشکی و انحراف معیار آن از میانگین متوسط، مشخص شده است که ایستگاه شیراز در هر ده سال حداقل ۳ بار مواجه با پدیده خشکسالی گردیده و از سال ۲۰۰۰ میلادی به بعد بر تعداد دفعات وقوع آن افزوده شده است، به گونه‌ای که این منطقه از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۹ میلادی ۳۵ بار تحت تأثیر این پدیده قرار گرفته است که تعداد ۵ بار مورد اصابت خشکسالی حاد و حادترین آن مربوط به سال ۲۰۰۱ بوده و سال ۲۰۰۸ نیز این پدیده با شدت کمتر مجدداً تکرار شده است.

واژه های کلیدی: برنامه خشکسالی، تبخیر و تعرق بالقوه و بالفعل سازگار و ناسازگار، موازنه آبی، شاخص رطوبت، روش تورنت ویت، Q_{57}, Q_{54}, Q_{51}

۱- دانشیار دانشکده اقتصاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی، ایران.

Archive of SID
www.SID.ir

بیان مسأله:

خشکسالی پدیده‌ای طبیعی و مستمر اقلیمی است که بطور معمول در تمامی مناطق دنیا رخ می‌دهد ولی ویژگی‌ها، نوع و شدت آنها از یک منطقه با منطقه دیگر متفاوت است. پدیده خشکی مربوط به مناطق کم باران و کویری است ولی پدیده خشکسالی در مناطق مربوط و نیمه مرطوب و یا نیمه خشک رخ می‌دهد که در این صورت یک بلای طبیعی تلقی می‌شود که در نتیجه آن میزان بارندگی کاهش یافته ولی درجه حرارت و شدت تبخیر و تعرق در رطوبت خاک و هوا افزایش می‌یابد.(Abounoori)

از نظر هواشناسی خشکسالی عبارت از کاهش شدید میزان بارندگی و یا نزولات آسمانی در یک دوره زمانی نسبتاً زیاد است. این پدیده از نظر موقعیت جغرافیائی و شرایط جوی از منطقه‌ای به منطقه دیگر و از یک فصل به فصل دیگر متفاوت است. سازمان هواشناسی بریتانیا (۱۹۳۶) معتقد است که خشکسالی مطلق عبارت است از یک دوره زمانی مستمر ۱۵ روزه که میزان بارندگی آن در هیچ یک از این روزها بیشتر از یکصدم اینچ نشود. «هولمز»[1] معتقد است از نظر کشاورزان پدیده خشکسالی باعث کاهش رطوبت خاک و هوا گردیده و باعث می‌شود که میزان تولیدات و عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی کاهش یابد. اصولاً بخش کشاورزی بدلیل وابستگی شدید به ذخیره رطوبت خاک اولین بخشی خواهد بود که متأثر از پدیده خشکسالی می‌گردد. با استمرار پدیده خشکی طی دوره‌های متوالی؛ چنانچه کمبود بارش ادامه یابد، رطوبت خاک به سرعت تخلیه شده و اتکاء مردم به سایر منابع آبی نظیر مخازن و دریاچه ها، چشمه‌سارها و مخازن آبهای زیرزمینی به شدت افزایش یافته تا این کمبود آب را جبران نمایند. با توجه به اینکه پدیده خشکسالی یک پدیده اقتصادی و اجتماعی نیز می‌باشد، وقوع این پدیده باعث قحطی، گرسنگی، سوء تغذیه انسانها و جانوران، افزایش آفت‌ها و بیماریها، افزایش مهاجرت‌ها، (انسانها، جانوران)، کاهش رفاه، سطح بهداشت عمومی، افزایش آسیب های اجتماعی، تخریب سکوتنگاهها و مخازن آبهای زیرزمینی و صنایعی که به آب نیروگاههای آبی وابسته می‌باشند، می‌گردد.

«شانتز»[2] در یک نظر کلی معتقد است که پدیده خشکسالی به میزان رطوبت موجود در خاک و هوای منطقه بستگی دارد. این پدیده زمانی آغاز می‌گردد که رطوبت خاک تا آن اندازه کاهش یابد که گیاهان و نباتاتی که در مرحله رشد بیشتر از حد نرمال و طبیعی آب مورد نیاز خود را از دست می‌دهند، نتوانند مجدداً از طریق هوا و میزان بارندگی جذب نمایند. به همین دلیل پدیده خشکسالی فقط به شرایطی اطلاق نمی‌شود که میزان بارندگی متوقف شود، بلکه به شرایطی اطلاق می‌شود که ریشه گیاهان دیگر قادر نباشند آب مورد نیاز خود را از طریق رطوبت خاک جذب نمایند. «تنهیل»[3] چنین نتیجه می‌گیرد که خشکسالی و ترسالی یا طغیان آب دوروی یک سکه می‌باشند که در دو حد نهائی شرایط آب و هوائی قرار می‌گیرند. همچنان-که پدیده خشکسالی یک شرایط حدی بحرانی نوسانات کم آبی را بوجود می‌آورد، در مقابل ترسالی و یا طغیان آب نیز حد دیگر بحران پر آبی را در منطقه ایجاد می‌کند. در همین زمینه «سوبرمنییم»[4] معتقد است که پدیده خشکسالی یک تهدید واقعی بر تولیدات محصولات کشاورزی و غذائی انسانها محسوب می‌شود. وی معتقد است که خشکسالی یک پدیده پیچیده می‌باشد که شدت آن به میزان نزولات آسمانی، زمان و توزیع مکانی آن، شدت تبخیر رطوبت نزولات در هوا و خاک و سایر عوامل آبی و هیدرولوژیکی بستگی دارد. در عین حال «تورنت ویت»[5] می‌گوید: که قطع متناوب میزان بارندگی و یا قطع کامل آن در یک دوره خاص نشان دهنده خشکسالی نیست. وی اظهار می‌دارد که پدیده خشکسالی به دوره‌ای از خشکی و یا نیازمندی به بارندگی و کمبود آب اطلاق می‌شود، بخصوص اینکه اینگونه خشکی از نظر آب و هوائی آنقدر شدید باشد که مانع رشد نباتات و گیاهان زراعی بر روی خاک گردد. به بیان دیگر پدیده خشکسالی به شرایطی اطلاق می‌شود که میزان آب مورد

1 . Holmes
2 . Shantz
3 . Tannehill
4 . Subrahmanyam
5 . Thornthwaite

Archive of SID

www.SID.ir

نیاز برای نفوذ در خاک و یا تبخیر مستقیم توسط خاک از مقدار آب موجود در آن بیشتر باشد. پدیده خشکسالی زمانی بر اوضاع مسلط می‌شود که میزان نزولات آسمانی آن قدر کافی نباشد تا از نظر بیولوژیکی و فیزیولوژیکی بر شرایط عادی زندگی انسانها و سایر جانداران و جانوران آسیب برساند.

«هوشکی»[1] نشان داده است که پدیده خشکسالی یک وضعیت غیر نرمال آب و هوائی را بوجود می‌آورد، دوره‌ای در آن حد طولانی که کمبود آب در این مدت بطور جدی توازن طبیعی آبی در منطقه را برهم زده و باعث نابودی محصولات کشاورزی و کاهش ذخایر منابع آبی و غیره گردد. بالاخره «هویت»[2] نیز می‌گوید: زمانیکه مقدار تقاضای آب شیرین در قلمرو یک منطقه در حال توسعه بیشتر از مقدار نرمال موجود گردد، پدیده خشکسالی آغاز می‌گردد. با استناد به این نظریه در دو منطقه که از نظر شرایط اقلیمی و آب و هوائی کاملاً مشابه یکدیگراند، اگر با کمبود آب مواجه شوند، ممکن است یک منطقه به علت عدم وجود امکانات پیشرفته آبیاری و آبرسانی قادر نباشد با پدیده کم آبی مقابله نموده و مواجه با خسارتهای جبران ناپذیر گردد، ولی منطقه‌ای دیگر از امکانات پیشرفته اقتصادی و آبیاری برخوردار باشد قادر خواهد بود که از هر قطره آب موجود در منطقه استفاده بهینه نموده و از خسارتهای حاصل از این کم آبی و یا خشکسالی مقابله نماید. بنابراین، از نظر کلی مقابله با پدیده خشکسالی علاوه بر اینکه به شرایط اقتصادی هر منطقه بلکه به امکانات موجود در بهینه‌یابی بکارگیری منابع آبی نیز بستگی دارد.

این تحقیق تلاش می‌کند به کمک روش «تورنت ویت» با محاسبه موازنه و یا بودجه آبی منطقه شیراز بر اساس شرایط عرضه و تقاضای آب تعداد دفعات و شدت پدیده خشکسالی را مورد بررسی قرارا دهد.

هدف این تحقیق نحوه بکارگیری روش بودجه آبی تورنت ویت به منظور تجزیه و تحلیل عرضه و تقاضای طبیعی و واقعی آبی هرمنطقه و اندازه گیری شدت و نوسانات پدیده خشکسالی در ایستگاه سینوپتیک شیراز است. بطور مسلم تعادل آبی هر منطقه بر رطوبت خاک و هوای منطقه تأثیر گذارده و بر تولیدات و عملکرد محصولات کشاورزی، گیاهان و سایر جانوران منطقه نیز تأثیر می‌گذارد. البته هدف این تحقیق تنها معرفی روش بکارگیری «موازنه آبی تورنت ویت» می‌باشد که می‌توان برای سایر ایستگاههای سینویتیک هر منطقه بکار برد.

در نهایت این تحقیق تلاش می‌کند علاوه بر تشریح نحوه بکارگیری روش بودجه آبی به سئوالی مبنی بر اینکه آیا با پارامترهای موجودمی توان وقوع پدیده خشکسالی در هر منطقه را برآورد نمود، پاسخ داده و شدت و حدت آنرا اندازه‌گیری کرد؟ فرضیه این تحقیق نیز در پی آن است که توضیح دهد: «شدت وحدت وقوع پدیده خشکسالی در منطقه شیراز در حال افزایش است».

روش تحقیق:

در این تحقیق تلاش گردیده است با استفاده از پارامترهای مراحل محاسباتی بودجه آبی شدت و نوسانات وقوع پدیده خشکسالی در ایستگاه منتخب شیراز بررسی شود. یکی از مهمترین پارامترهای حاصل از بکارگیری این روش، شاخص خشکی (I_a) می باشد که توسط تورنت ویت معرفی شده و بعدها توسط «سوبرمنییم و سوبرا منیین»[3] اصلاح شده که در این تحقیق نیز از این روش اصلاح شده استفاده شده است. آمارهای مورد نیاز از منابع اولیه و ثانویه موجود در بولتن‌های دولتی سازمان هواشناسی کل کشور استخراج شده است. در این بولتن ها تنها پارامترهای متوسط بارندگی ماهیانه و درجه حرارت برای سالهای ۲۰۰۹-۱۹۵۱ میلادی انتخاب شده و سایر محاسبات عددی توسط محقق انجام شده است.

به منظور دستیابی اهداف تحقیق لازم است روشهای متعدد موجود مورد آزمون قرار گرفته تا منطقی ترین و مطمئن ترین روش انتخاب گردد. شاید تا کنون روشی منظم و سیستماتیک برای شناسائی و تشخیص پدیده خشکسالی در کشور بکار گرفته

1 . Huschke
2 . Hoyt
3 . Subrahmanyam and Subramanian

Archive of SID

www.SID.ir

نشده باشد؛ ولی تا کنون مهمترین روشهای شناخته شده روش تورنت ویت (Thornthwaite)، پن من (Penman)، پالمر (Palmer) و دیگران (Naganna) باشد.

روش آماری:

در این روش از اطلاعات و آمارهای موجود میزان بارندگی در یک دوره خاص (ماه، فصل و یا سال) استفاده می‌شود. زیرا مهمترین منبع تأمین آب در تحلیل پدیده خشکسالی میزان نزولات آسمانی در دوره مورد نظر می‌باشد. اصولاً در این روش انحراف از معیار از میانگین میزان بارندگی با توجه به ده دوره متوالی کمترین میزان بارندگی مورد استفاده قرار می‌گیرد تا معیار کمی وقوع این پدیده اندازه‌گیری شود.

روش غیرآماری:

در این روش علاوه بر پارامتر میزان بارندگی، درجه حرارت، میزان رطوبت در منطقه نیز به کار گرفته می‌شود. البته به کمک تکنیکهای غیر آماری نیز می‌توان به روش کمی پدیده خشکسالی را اندازه‌گیری نمود. در ارتباط با کارگیری این تکنیک، «بگنوس و گاسن»[1] معتقدند که یک ماه خشک زمانی است که متوسط میزان بارندگی (P) کمتر از دو برابر متوسط درجه حرارت در آن ماه می باشد؛ یعنی، خشکسالی زمانی رخ می‌دهد که $P<2T$ باشد؛ جائیکه P برحسب میلی متر و T برحسب سانتی گراد است.

روش موازنه (بودجه) آبی:

در این روش علاوه بر پارامترهای روش آماری و غیر آماری؛ از پارامترهای مقدار آب موجود در خاک و هوا نیز استفاده می‌شود، که توسط «تورنت ویت و دیگران» بکار گرفته شده است. این روش نسبت به دو روش دیگر از پارامترهائی استفاده شده است که در تحلیل پدیده خشکسالی کشاورزی از کاربرد بیشتری برخوردار است. طبق نظریه موازنه آبی، پدیده خشکسالی زمانی رخ می‌دهد که میزان آب مورد نیازی که از بارندگی و رطوبت خاک حاصل می گردد، بیشتر از مقدار آبی باشد که از طریق نزولات آسمانی و شدت تبخیر آن را تأمین می‌کند. بنابراین در تحلیل موازنه آبی شاخص رطوبت خاک نسبت به پارامترهای دیگر از اهمیت بیشتری برخوردار است. «تورنت ویت» معتقد است: رطوبت خاک در منطقه در حیات گیاهان و نباتات از اهمیت زیادی برخوردار است. زیرا تنها توقف کامل بارندگی در یک منطقه نمی‌تواند مستقیماً نشانه وقوع پدیده خشکسالی در هر منطقه باشد. به بیان دیگر تولیدات کشاورزی در هر منطقه کاملاً به پوشش موازنه آبی که به عرضه آب (نزولات آسمانی) و تقاضای آب (تبخیر و رطوبت) بستگی دارد. اساس بکارگیری روش موازنه آبی وابسته به زمان و یا مناطقی می‌شود که میزان بارندگی بیشتر از شدت تبخیر بالقوه باشد و مازاد رطوبتی که توسط خاک جذب می‌شود بیشتر از ظرفیت خاک بوده و مابقی به صورت آب جاری جریان می‌یابد، و زمانیکه مقدار بارندگی کمتر از شدت تبخیر بالقوه باشد، خاک قسمتی از رطوبت خود را که قبلاً جذب نموده است را از دست می‌دهد. معمولاً خاکهای رسی و رسوبی برای مدتی طولانی تر رطوبت خود را نگه می دارند ولی خاکهای شنی قدرت کمتری در نگه‌داری آب و رطوبت دارند. بنابراین، گیاهانی که در خاکهای رسی کاشته می شوند، در مواجه با پدیده خشکسالی مقاوم تر بوده ولی گیاهانی که در خاکهای شنی کاشته می‌شوند، نیاز بیشتری به آبیاری و یا بارندگی دارند.

«پالمر»[2] نیز در تحلیل پدیده خشکسالی به روش بودجه آبی هر منطقه از تغییرات رطوبت خاک و تبخیر و تعرق استفاده نموده است. در هر حال وی در سال ۱۹۶۸ م. نیز شاخصی را طراحی نموده است که یک روش کمی در تعیین شدت خشکسالی کشاورزی بوده است.این شاخص ترکیبی از میزان بارندگی و سایر پارامترهای اقلیمی بوده است.

مهمترین متغیرها و پارامترهای بکارگرفته شده در این تحقیق به منظور استفاده از روش بودجه آبی عبارتست از: میزان نزولات آسمانی، تبخیر و تعرق بالقوه و بالفعل سازگار و ناسازگار، رطوبت خاک، ذخیره مخازن خاک و یا حداکثر میزان آب قابل ذخیره شدن در خاک منطقه شیراز از نظر فیزیولوژیکی و یا ساختار خاک و غیره می‌باشد. با توجه به روشهایی که تاکنون

1 . Bagnouls and Gaussen
2 . Palmer

Archive of SID

www.SID.ir

در ارتباط با نحوه پدیده خشکسالی در اختیار می‌باشد، روش «کوپن»[1] و روش تورنت ویت از نظر کاربردی از عمومیت بیشتری برخوردار است، که در این تحقیق از روش اصلاح شده تورنت ویت استفاده شده است.

تورنت ویت در آخرین روش[2] (۱۹۵۷) با تأکید بر عامل میزان رطوبت در هر منطقه و با تقاضای آب مورد نیاز که آن را فعل و انفعالات تبخیر و تعرق (PE) نامیده است و کاربرد آن در توسعه شاخص رطوبت به منظور طبقه‌بندی شرایط آب و هوائی مورد استفاده قرار داده است. وی با مقایسه آب و هوای مورد نیاز به منظور تأمین تقاضای آب و آب و هوائی که آب مورد نیاز را عرضه می کند (میزان نزولات آسمانی، P) در هر ماه و یا هر روزایجاد توازن آبی شرایط آب و هوائی جهت تجزیه تحلیل اینکه شرایط آب و هوائی باعث ایجاد هوای مرطوب و یا هوای خشک می شود اقدام نموده است. تورنت ویت ارتباط نزدیکی را بین میانگین ماهیانه دمای هوا (T)[3] و فعل و انفعالات یا عمل و عکس العمل تبخیر و تعرق بالقوه (PE)[4] برقرار نموده است. در عین حال که نمی‌توان دقیقاً و بطور کامل مقدار PE را در هر منطقه برآورد نمود، با این در بسیاری از مناطق برای برآورد PE از روش تورنت ویت (۱۹۴۷) استفاده می‌کنند. فرمول عمومی برای تعیین فعل و انفعالات تبخیر و تعرق بالقوه (PE) عبارتست از:

$$PE^{*}\left(Cm/month\right)=1/6\left(\frac{10T}{I}\right)^{a}$$

PE^{*} = فعل و انفعالات تبخیرو تعرق بالقوه ماهیانه ناسازگار به سانتی متر بر پایه ۱۲ ساعت روزانه و ۳۰ روز ماه می باشد که به منظور اصلاح این شاخص، با توجه به طول واقعی روز در ساعت (h) و تعداد روز در ماه (N) به شکل زیر سازگار (PE) می شود، یعنی:

$$PE=PE^{*}\left(\frac{h}{12}\right)\left(\frac{N}{30}\right)$$

T= میانگین ماهیانه دمای هوا برحسب سانتی گراد، C°؛

I= شاخص حرارت سالیانه برای هر ایستگاه هواشناسی می باشد که با جمع ارزش ۱۲ ماه در سال تعیین می‌شود، یعنی:

$$i=\left(\frac{T}{5}\right)^{1/514}\quad,\quad I=\sum_{n=1}^{12}I_n$$

a= یک متغیر اختیاری ثابت است که از یک منطقه به منطقه دیگر متفاوت است و یک رابطه غیر خطی از شاخص حرارت می باشد که بطور تقریبی می توان آنرا به شکل زیر تعیین نمود:

$$a=675\times10^{-9}I^{3}-771\times10^{-7}I^{2}+1792\times10^{-5}I+49239\times10^{-5}$$

بنابراین، معادله تورنت ویت یک رابطه Log-Log بین PE^{*} درمقابل T می باشد که خط مستقیمی است در دامنه زیر ترسیم می شود.

$$\left(PE^{*}=13/5,T=26/5\right)\quad,\quad\left(PE^{*}=1/6,T\frac{I}{10}\right)$$

این معادله کاملاً از یک ظرافت روابط ریاضی مبرا است. این رابطه کاملاً پیچیده و کاربرد آن بدون جدول و منوگرام غیر ممکن است. تورنت ویت به منظور طبقه بندی شرایط آب و هوائی، این روش را اصلاح نموده و روش موازنه آبی را بر اساس انرژی و رطوبت، بکار برده است. در این سیستم انرژی بر اساس معیار PE و رطوبت نیز بر اساس شاخص رطوبت اندازه‌گیری

1 . Koppen
2 - Thornthwaite , Ibid
3 - Temperature
4 - Potential Evapotranspiration=PE

Archive of SID

www.SID.ir

می‌شود در سال ۱۹۵۵ «تورنت ویت و مادر»[1] روش ۱۹۴۸ تورنت ویت را اصلاح نموده‌اند. تورنت ویت در بکارگیری ابزار موازنه آبی شاخص دیگری را بکار می‌برد تا بتواند منطقی‌تر و مؤثرتر، شرایط آب و هوائی هر منطقه را طبقه بندی نماید، به شرح زیر:

Ia= شاخص خشکی[2]، عبارتست از درصد نسبت میزان کل کمبود سالیانه آب (WD)[3] به مقدار کل آب موردنیاز سالیانه (WN)[4] از فعل و انفعالات تبخیر بالقوه (PE)، یعنی:

$$I_a = \frac{WD}{WN} \times 100 = \frac{WD}{PE} \times 100$$

Ih= شاخص ترین[5] عبارتست از درصد نسبت میزان کل ذخیره سالیانه آب (WS)[6] به مقدار کل آب مورد نیاز سالیانه (WN) از فعل و انفعالات تبخیر بالقوه (PE)، یعنی:

$$I_h = \frac{WS}{WN} \times 100 = \frac{WS}{PE} \times 100$$

Im= شاخص رطوبت (خالص)[7]، عبارتست از تفاوت بین I_h و I_a به شکل زیر می باشد؛

$$I_m = I_h - 0/6 I_a$$

شاخص رطوبت تجدید نظر شده یا اصلاح شده تورنت ویت و مادر به شکل زیر می باشد:

$$I_m = 100\left(\frac{WS - WD}{PE}\right)$$

که در آن:

$$WS = P - AE \quad , \quad WD = PE - AE$$

$$I_m = 100\left(\frac{P - AE - PE + AE}{PE}\right) = 100\left(\frac{P}{PE} - 1\right)$$

$$I_m = 100\left(\frac{P}{PE} - 1\right)$$

و یا :

با توجه به این رابطه اگر در هر منطقه P دقیقاً برابر با PE باشد در تمامی مراحل، و شرایط آب و هوائی آب مورد نیاز با آب موجود برابر می‌باشد که در این صورت نه کمبود و نه مازاد آب وجود داشته و شرایط آب و هوائی نه مرطوب است و نه خشک. در عین حال اگر کمبود آب نسبت به PE بیشتر گردد، شرایط آب و هوائی خشک‌تر شده و اگر مازاد آب بیشتر گردد، شرایط آب و هوائی مرطوبتر می گردد. با توجه به اینکه مازاد آب و کمبود آب در فصول متفاوت در بسیاری از مناطق رخ می‌دهد، لازم است هر دوی آنها در تعیین شاخص رطوبت بکار گرفته می‌شود که یکی از آنها بر شاخص اثر مثبت و دیگری اثر منفی می‌گذارد.

نظریه تعادل و یا توازن آبی در یک دوره بلند مدت مترادف سیکل هیدرولوژیکی است و پروژه موازنه آبی شرایط مقدار آب موجود را در یک منطقه مورد نظر را در یک دوره معین بر پایه آنالیز ترکیبی توازن نهاده (درآمد یا عرضه)، ستاده (خروجی یانیاز) و ذخیره (اندوخته) عناصر اقتصاد آب در سیستم فضا- هوا- خاک را مورد بررسی قرار می دهد. در این پروژه پارامترها و ابزارهائی نظیر نزولات آسمانی (P)، فعل و انفعالات تبخیر و تعرق (E) به صورت بالقوه (PE) و بالفعل (AE) مازاد آب (WS)،

1 . Thornthwaite and Mather
2 - Aridity Index
3 - Water Deficit=WD
4 - Water Need= WN
5 - Humidity Index
6 - Water Surplus = WS
7 - Moisture Index

Archive of SID

www.SID.ir

کمبود آب (WD) درنتیجه تغییر ذخیره آب و آبهای جاری تغییر می کند. به منظور تعیین پروسه موازنه طبیعی آبی لازم است متوسط ماهیانه عرضه آب (P) یا نزولات آسمانی و تقاضای طبیعی آب (PE) و یا تبخیر و تعرق بالقوه و میانگین متوسط درجه حرارت رای ایستگاه مورد نظر شیراز گردآوری و محاسبه شده است.[۱]

یافته‌های پژوهش:

جدول شماره ۱، مراحل مختلف محاسبه توازن آبی را برای ایستگاه سینوپتیک شیراز برای سال منتخب ۱۹۹۳ م. را نشان می‌دهد[۲]. شیراز در طول و عرض جغرافیائی $52^{\circ},36^{1}$ و $29^{\circ},32^{1}$ واقع گردیده و ظرفیت ذخیره سازی آب در این منطقه معادل ۲۰۰ میلی متر در نظر گرفته شده است (Subrahmanyam).[۳]

اصولاً عمق خاک ممکن است بین چند میلی متر در سطح خاکهای شنی تا ۴۰۰ میلی متر در خاکهای عمیق رسوبی و رسی تغییر کرده و درخاکهای شنی ممکن است ریشه گیاهان عمیق تر از خاکهای رسوبی و یا رسی باشد که در این صورت نفوذ آب جبران می‌شود. تورنت ویت و مادر با افزایش ظرفیت رطوبتی که در خاک نگهداری می شود را از ۱۰۰ میلی متر تا ۴۰۰ میلی متر را به شکل یک رابطه توانی کاهشی رطوبت خاک طی دوران خشک آب و هوائی به شکل زیر تعریف می‌کنند:

$$S = F.e^{\frac{A}{F}} \Rightarrow \ln S = F + \frac{A}{F} \Rightarrow \frac{\Delta S}{S} = \frac{\Delta A}{F}$$

که در آن:

S= میزان ظرفیت ذخیره سازی آب F= ظرفیت موجود خاک

A= تمامی آبی که بطور بالقوه که خاک از دست خواهد داد که برابر با PE-P و یا [(P-PE)-] طی دوره های متوالی است.

ΔS = مقدار رطوبت باقیمانده موجود درخاک پس از تبخیر وتعرق ΔA = تغییر در ارزش PE-P برای دوره مورد نظر

جدول ۱، موازنه آبی ایستگاه شیراز برای سال ۱۹۹۳

اقلام	ژانویه J	فوریه F	مارس M	آوریل A	می M	ژوئن J	جولای J	آگوست A	سپتامبر S	اکتبر O	نوامبر N	دسامبر D	سالیانه An
TC°	۵/۶	۸/۲	۱۰/۴	۱۶/۳	۲۲/۱	۲۶/۸	۲۹/۴	۲۸/۷	۲۵/۲	۱۹/۴	۱۴/۳	۱۰/۴	۱۸/۱
i	۱/۱۹	۲/۱۲	۳/۰۳	۵/۹۸	۹/۴۹	۱۲/۷۰	۱۴/۶۲	۱۴/۰۹	۱۱/۵۷	۷/۷۹	۴/۹۱	۳/۰۳	۹۰/۵۲
UPE	۶/۲	۱۳/۲	۲۱/۱	۵۱/۴	۹۴	۱۳۷/۸	۱۶۵/۵	۱۵۷/۸	۱۲۱/۹	۷۲/۶	۳۹/۶	۲۱/۱	
APE	۵/۶	۱۱/۵	۲۱/۷	۵۵	۱۱۰	۱۶۰	۱۹۷	۱۷۸/۳	۱۲۵/۶	۷۱/۱	۳۵/۶	۱۸/۸	۹۹۰/۲
P	۱۲۵/۹	۹۸/۵	۸۸/۷	۱۷/۷	۰/۵	۰	۰	۰/۲	۰	۱/۷	۸	۰/۱	۳۴۱/۳
P-PE	۱۲۰/۳	۸۷	۶۷	-۳۷/۳	-۱۰۹/۵	-۱۶۰	-۱۹۷	-۱۷۸/۱	-۱۲۵/۶	-۶۹/۴	-۲۷/۶	-۱۸/۷	-۶۴۸/۹
APWL				-۳۷/۳	-۱۴۶/۸	-۳۰۶/۸	-۵۰۳/۸	-۶۸۱/۹	-۸۰۷/۵	-۸۷۶/۹	-۹۰۴/۵	-۹۲۳/۲	
St.	۱۲۲/۳	۲۰۰	۲۰۰	۱۶۶	۹۵	۴۲	۱۶	۶	۴	۳	۲	۲	
Δ St.	۱۲۰/۳	۷۷/۷	۰	-۳۴	-۷۱	-۵۳	-۲۶	-۱۰	-۲	-۱	-۱	۰	
AE	۵/۶	۱۱/۵	۲۱/۷	۵۱/۷	۷۱/۵	۵۳	۲۶	۱۰/۲	۲	۲/۷	۹	۰/۱	۲۶۵
WD	۰	۰	۰	۳/۳	۳۸/۵	۱۰۷	۱۷۱	۱۶۸/۱	۱۲۳/۶	۶۸/۴	۲۶/۶	۱۸/۷	۷۲۵/۲
WS	۰	۹/۸	۶۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۷۶/۸

مأخذ: یافته های تحقیق[۴]

جدول ۱، مراحل مختلف محاسبه توازن آبی را برای ایستگاه سینوپتیک شیراز برای سال منتخب ۱۹۹۳ را نشان می‌دهد.[۱] (تمامی ارزش‌ها بر حسب میلی متر و درجه حرارت بر حسب سانتی گراد می‌باشد).

---

۱ - تنها اطلاعات میزان بارندگی ودرجه حرارت از سازمان هواشناسی کل کشور ایران گرفته شده است.

۲ - مراحل محاسبه توازن آبی برای ۵۸ سال متوالی یعنی ۲۰۰۹-۱۹۵۱ میلادی برای هر سال بطور مجزا محاسبه شده تا شاخص خشکی I_a بر آن سال تعیین گردد.

۳ - نحوه برآورد و تعیین معیار ظرفیت ذخیره آب درخاک به منبع سوبر منییم Subrahmanyam که در منبع آورده شده است مراجعه شود.

۴ - در این جدول تنها آمارهای T,P از سازمان هواشناسی کشور ایران استخراج شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

در جدول شماره ۱:

T= درجه حرارت بر حسب سانتی گراد، i= شاخص گرمایی، UPE= تبخیر و تعرق ناسازگار، PE=APE= تبخیر و تعرق سازگار، P= نزولات آسمانی، APWL= تراکم بالقوه آب از دست رفته توسط خاک، St= ظرفیت ذخیره سازی آب توسط خاک، Δ St = تغییر در ظرفیت ذخیره سازی آب توسط خاک، AE= تبخیر و تعرق واقعی محیطی هوا و خاک، WD= کمبود آب (یاکمبود رطوبت) و WS= مازاد آب (یا مازاد رطوبت).

در این جدول تبخیر و تعرق بالقوه و بالفعل ایستگاه شیراز برای سال ۱۹۹۳ میلادی بر اساس روش اصلاح شده تورنت ویت محاسبه شده است که به کمک آن می‌توان WS,WD و همچنین سایر شاخص‌های مورد نظر در توازن آبی را تعیین نمود. در ایستگاه منتخب شیراز؛ در سال ۱۹۹۳، مثلاً در ماه آوریل، تبخیر و تعرق بالقوه (میلی متر ۵۵= PE) ۳۷/۳ میلی متر بیشتر از میزان نزولات آسمانی (میلی متر۱۷/۷=P) می‌باشد، در حالیکه میزان آب بالقوه از دست رفته توسط خاک به شکل رطوبت در واقع معادل ۳۴ میلی متر است. در شرایط عادی میزان تبخیر و تعرق نمی‌تواند بیشتر حد از نرخ بالقوه رطوبت موجود در خاک باشد تا در حد مطلوب تبخیر و تعرق گردد. در شرایطی که میزان نزولات آسمانی بیشتر از تبخیر و تعرق بالقوه باشد، در این صورت رطوبت موجود در خاک کافی بوده و تبخیر و تعرق بالقوه معادل مقدار واقعی و یا طبیعی آن خواهد بود. به گونه‌ای که تبخیر و تعرق بطور نامرئی انجام می‌گیرد. زمانی که میزان نزولات آسمانی کمتر از تبخیر و تعرق بالقوه باشد، در این صورت تبخیر و تعرق واقعی و طبیعی برابر است با میزان نزولات آسمانی بعلاوه هر میزان رطوبت ذخیره شده در خاک که تبخیر یا تعرق یافته است (و یا تغییر در طوبت خاک $AE = P + \Delta St$).

کمبود و یا مازاد میزان رطوبت و یا آب را می‌توان به راحتی از مراحل مختلف محاسباتی موازنه آبی محاسبه نمود. کمبود آب (WD) از تفاوت تبخیر و تعرق بالقوه و بالفعل (WD=AE-PE) و مازاد آب (WS) زمانی رخ می‌دهد که میزان نزولات آسمانی افزایش یافته که در این صورت ظرفیت یا مخازن رطوبت موجود در خاک پر از آب شده و تشنگی خاک کاملاً برطرف می‌شود. در شیراز متوسط ماهیانه درجه حرارت از ۵/۶ درجه سانتی‌گراد در ماه ژانویه، تا بیشترین ۲۹/۴ درجه سانتی‌گراد در ماه جولای تغییر می‌کند. مقدار PE کاملاً به درجه حرارت وابسته می‌باشد که معمولاً در طی یک سال تغییر کرده و در این جدول از کمترین میزان ۵/۶ میلی‌متر در ماه ژانویه به بالاترین میزان خود معادل ۱۹۷ میلی متر در ماه جولای و بعد از آن به میزان ۱۷۸/۳ میلی متر در ماههای آگوست می‌رسد. مقدار PE بطور ناگهانی در فصل بهار از میزان ۲۱/۷ میلی متر در ماه مارس تا میزان ۱۶۰ میلی متر در ماه ژوئن رسیده و سپس در فصل پائیز از ۱۲۵/۶ میلی متر در ماه سپتامبر کاهش می‌یابد و تا میزان ۱۸/۸ میلی متر در ماه دسامبر می‌رسد. میزان کل آب مورد نیاز در شرایط طبیعی در این دوره معادل ۹۹۰/۲ میلی متر در سال می‌باشد.

میزان نزولات آسمانی یا عرضه آب در طول ماههای سال ۱۹۹۳ از نوسانات زیادی برخوردار است. متوسط میزان نزولات کل در این دوره معادل ۳۴۱/۳ میلی متر می‌باشد که در تمامی ماههای سال بطور پراکنده توزیع شده است و بطور متوسط در هر ماه معادل ۲۸ میلی متر بوده است. کمترین میزان بارندگی مربوط به فصل بهار تا اواخر پائیز می‌باشد که در حقیقت بیشترین میزان بارندگی در فصل زمستان و یا در ماههای ژانویه تا آوریل رخ دهد که معادل ۱۲۵/۹ میلی متردر ماه ژانویه و۱۷/۷ میلی متر در ماه آوریل می‌باشد. بنابراین مرطوبترین زمان از نظر PE (از نقطه نظر میزان بارندگی) کمترین تقاضا برای آب را نیز فراهم می‌سازد که مربوط به فصل تابستان است. مقایسه ماهیانه PE,P نشان می‌دهد که این دو معیار هیچگاه معادل یکدیگر نخواهند شد. تنها در ماههای فوریه و مارس میزان نزولات آسمانی به ترتیب ۹۸/۵ و ۸۸/۷ میلی متر بوده است که بالاتر از مقدار مورد نیاز (۱۱/۵ و ۲۱/۷ میلی متر) جهت تبخیر و تعرق می‌باشد که در خاک ذخیره می‌شود که بیشتر از ظرفیتی است که خاک در این شرایط به آن نیاز دارد. مقدار مازاد آب درماههای فوریه و مارس معادل ۷۶/۸ میلی متر می‌باشد که تنها ماههای سال ۱۹۹۳ می‌باشد که با مازاد آب مواجه شده است. ماه آوریل، اولین ماهی است که نیاز طبیعی آب در منطقه بطور

---

۱ - مراحل محاسبه توازن آبی برای ۵۸ سال متوالی یعنی ۲۰۰۹-۱۹۵۱ میلادی برای هر سال بطور مجزا محاسبه شده تا شاخص خشکی I_a بر آن سال تعیین گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

ناگهانی افزایش می‌یابد و این نیازمندی در نهایت بیشتر از میزان عرضه آب توسط نزولات آسمانی می‌گردد، بگونه‌ای که این میزان نزولات و عرضه آب دیگر قادر نخواهد بود که میزان نیاز آب در این منطقه را تأمین نموده و مقدار ۳۷/۳- میلی متر درماه آوریل (میلی متر ۳۷/۳-= P-PE) می‌رسد. مقداری از این نیاز طبیعی به آب، مقدار آب ذخیره شده در سطح خاک (میلی متر ۳۴-=Δ St = تغییر در مخازن خاک) می‌باشد، که در نهایت میزان ۳/۳ میلی متر (۳/۳=۳۴-۳۷/۳) آن توسط عرضه نزولات آسمانی تأمین نشده و یا در خاک ذخیره نمی‌گردد. این مقدار آب مورد نیاز کمبود آب در این ماه را نشان می دهد. این میزان کمبود آب روندی افزایش داشته و در ماه جولای به حداکثر خود می‌رسد که معادل ۱۷۱ میلی متر آب مورد نیاز است که توسط بارش آسمانی تأمین نخواهد شد. از آنجائیکه مقدار آب موجود در خاک کاسته شده و خاک خشک تر و تشنه تر می‌شود، مقدار آب به میزان ۲۶ میلی متر کمتر از آب مورد نیاز در خاک می باشد که این میزان آب از سطح بالائی و روی خاک کاسته شده تا عرضه آب موردنیاز را تأمین نماید.

مقدار AE یا میزان واقعی و طبیعی آب از دست رفته، زمانیکه میزان بارندگی بیشتر از PE باشد معادل AE خواهد بود. در حقیقت AE میزان تمامی آبی است که بطور طبیعی خاک و گیاهان در منطقه مورد نظر به آن نیاز دارند، که از دست رفته باشد به بیان دیگر AE مقدار آب سطحی از دست رفته می‌باشد. که به عوامل طبیعی، سرعت باد، رطوبت، نوع خاک، نوع گیاه و عمق ریشه گیاهان، نوع فعالیت کشاورزی و زراعت و یا شرایط گیاهی در هر منطقه بستگی دارد.

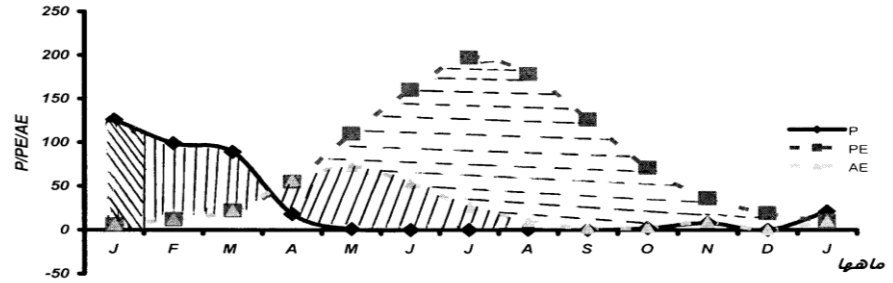
در حالیکه PE به کل عامل گرمائی در نتیجه تابش خورشید در منطقه بستگی خواهد داشت. در هر حال زمانیکه میزان نزولات آسمانی کمتر از PE باشد، AE یا میزان واقعی و طبیعی آب از دست رفته معادل میزان نزولات آسمانی و مقدار آبی که از خاک خارج می‌شود (تغییر در آب ذخیره شده در خاک بدون توجه به علامت منفی یا مثبت آن) می‌گردد. در حالیکه متوسط PE در شیراز معادل ۹۹۰/۲ میلی متر در سال می‌باشد، مقدار طبیعی آب از دست رفته و یا تبخیر و تعرق فقط معادل ۲۶۵ میلی متر در سال می‌باشد که در نتیجه مقدار کمبود آب معادل ۷۲۵/۲ میلی متر می‌باشد. از آنجائیکه متوسط نزولات سالیانه معادل ۳۴۱/۳ میلی متر می باشد. در واقع فقط مقدار ۲۶۵میلی متر آن را از طریق تبخیر و تعرق از دست می‌دهد و مازاد سالیانه آب فقط معادل ۷۶/۸ میلی متر باشد. همچنین می‌توان نشان داد که در سال ۱۹۹۳ در شیراز ، ۷/۸= I_h، شاخص خشکی ۷۳/۲= I_a و ۳۶/۱۲-= I_m درصد می‌باشد که به منظور تشخیص نوع خشکسالی بکار می‌رود، از نوع شدید خواهد بود.

با محاسبه و مقایسه بودجه آبی سالهای مختلف در شیراز، می‌توان به نتایج جالبی نیز دست یافت. در تمامی سال‌های ۱۹۵۱ الی ۲۰۰۹ در هر سال این منطقه در بعضی ماهها مواجه با کمبود آب و در بعضی ماههای دیگر مواجه با مازاد آب می-شود. بیشترین میزان مازاد آب مربوط به سال ۱۹۵۶ می‌باشد که معادل ۴۱۱/۱ میلی متر می‌باشد، در حالیکه بیشترین نزولات آسمانی مربوط به سال ۱۹۵۴ و کمترین میزان بارندگی نیز مربوط به سال ۱۹۶۶ میلادی با ۹۶/۳ میلی متر می‌باشد. همچنین بیشترین میزان کمبود آب مربوط به سال ۲۰۰۱ معادل ۸۷۳/۱ میلی متر و کمترین میزان کمبود آب موجود در خاک مربوط به سال ۱۹۵۷ با ۴۹۷/۸ میلی متر می‌باشد. چنانکه مشاهده می‌گردد از سال ۲۰۰۰ به بعد میزان کمبود آب در حال افزایش بوده و یا در سطح بالای حدود ۸۰۰ میلی‌متر باقی مانده است. بطور مسلم در دورانی که WS بالا باشد، سطح آبهای زیر زمینی و یا آبهای جاری نیز افزایش می یابد و در سالهائی که WD زیاد است، سطح آبهای زیرزمینی نیز کاهش خواهد یافت.

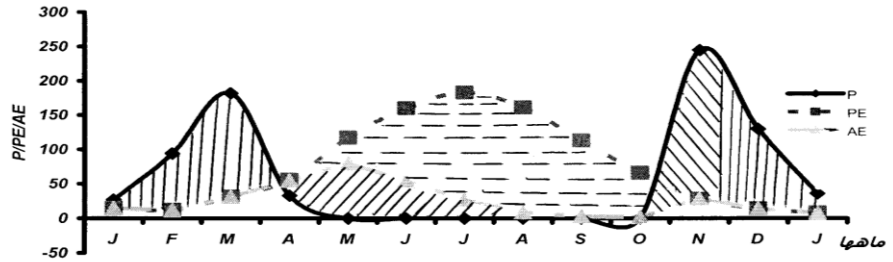
نمودارهای زیر توازن آبی را برای سالهای نرمال (۱۹۹۳)، خشک ترین سال (۱۹۶۶) و مرطوبترین سال (۱۹۵۴) را بر اساس پارامترهای AE،PE وP نشان می‌دهد.

Archive of SID

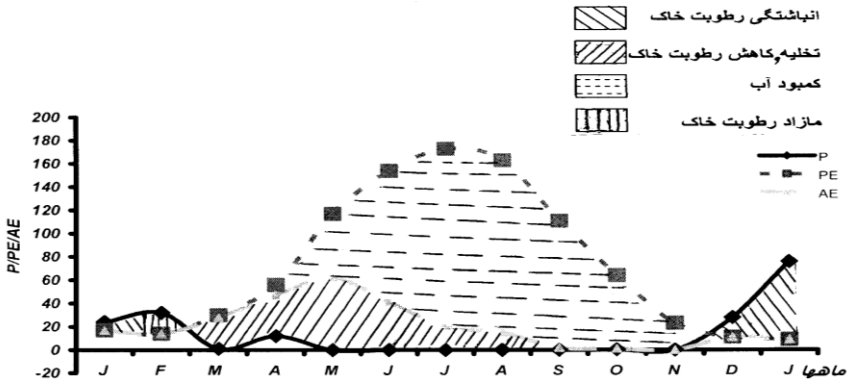
www.SID.ir



نمودار 1- تغییرات بودجه آبی شیراز سال نرمال 1993



نمودار 2- تغییرات بودجه آبی شیراز سال مرطوب 1954



نمودار 3- تغییرات بودجه آبی شیراز سال خشک 1966

منبع: یافته های تحقیق

نمودارهای فوق بودجه آبی را در ماههای مختلف منطقه شیراز را از نظر کمبود و یا مازاد آب نشان می‌دهد. در سال ۱۹۹۳ شیراز از توزیع نامناسب بارندگی برخوردار بوده و بعلت بالا بودن PE تنها در ماههای فوریه و مارس مواجه با ۷۶/۸ میلی متر مازاد طبیعی آب برخوردار بوده است. در ماههای آوریل تا اواخر ماه دسامبر معادل ۷۲۵/۲ میلی متر مواجه با کمبود آب گردیده و در همین دوره معادل ۳۱۹/۸ میلی متر رطوبت خاک را از دست داده است. در سال ۱۹۶۶ که بعنوان کم باران ترین و یا خشک‌ترین سال در نظر گرفته شده است، شیراز فقط در ماه فوریه معادل ۱۷/۵ میلی متر مواجه با مازاد طبیعی آب می‌شود که حاصل ۳۱/۵ میلی متر بارندگی در همین دوره می‌باشد. بطور مسلم قسمتی از این بارندگی بدلیل کمبود آب و کاهش رطوبت خاک در ماههای قبلی توسط خاک و هوا جذب می‌شود. در ماههای دیگر در همین سال میزان کمبود آب معادل ۶۷۵/۴ میلی متر ثبت شده است که با مقایسه میزان بارندگی در همین دوره معادل ۲۵۸/۱ میلی متر کاهش رطوبت خاک را باعث شده است. این میزان کمبود آب باعث می‌شود که در سال ۱۹۶۶ شاخص رطوبت معادل ۴۱/۵۴- درصد و شاخص خشکی در این سال معادل ۱/۹ I_h و بالأخره شاخص خشکی ۷۲/۴ I_a درصد بوده است که خشکسالی بسیار

www.SID.ir

شدیدی را در این سال ایجاد نموده است. بالأخره در سال مرطوب ۱۹۵۴ با وجود متوسط بارندگی معادل ۷۱۱/۱ میلی متـر در سال، ولی به خاطر بالا بودن گرما و نوسانات بالای PE شاخص رطوبت هنوز منفی بوده ۱/۳-= I_m و وجود مازاد آب، نتوانسـته است تمامی نیازمندی آب منطقه را تأمین نماید. به بیان دیگر در مرطوبترین سال، منطقه شیراز با متوسط کمبـود آب ۶۲۵/۳ میلی متر و شاخص خشکی معادل ۶۵/۵= I_a درصد مواجه گردیده است.

در نهایت مقایسه این سه نمودار نشان می‌دهد که برای هر سه سال ماه جولای با بالاترین مقدار PE مواجه بوده و بیشترین تقاضای آب در این ماه را نشان می‌دهد، و البته دلیل عمده پدیده خشکسالی بالا بودن PE می‌باشـد و نـه پـائین بـودن میـزان بارندگی.

بررسی نوسانات و شدت خشکسالی شهر شیراز:

به کمک پروسه بودجه آبی می‌توان اطلاعات لازم جهت تعیین شاخص خشکی در هر منطقه را تعیین نمود، کـه در نتیجـه آن می‌توان شدت و یا نوسانات خشکسالی و مراحل وقوع آن را برآورد نموده تا برنامه‌ریزان اقتصاد کشاورزی و هیـدرولوژیکی را در برنامه‌ریزی ها یاری دهند.

به منظور تحلیل واقعی‌تر نوسانات و شدت وقوع پدیده خشکسالی در ایستگاه منتخب شیراز بـا اسـتفاده از نتـایج حاصـل از پارامترهای موازنه آبی دامنه جدول زیر برای تعیین شدت وقوع و نوسانات پدیده خشکسالی بر اساس شاخص خشـکی (Ia) در نظر گرفته شده است. (Subrahmanyam).

جدول ۲، دامنه طبقه‌بندی شدت خشکسالی

انحراف I_a ازمیانگین	شدت خشکسالی
کمتر از $\frac{1}{2}\sigma$	ملایم
$\sigma-\frac{1}{2}\sigma$	سخت
$2\sigma-\sigma$	شدید
بیشتر از 2σ	حاد

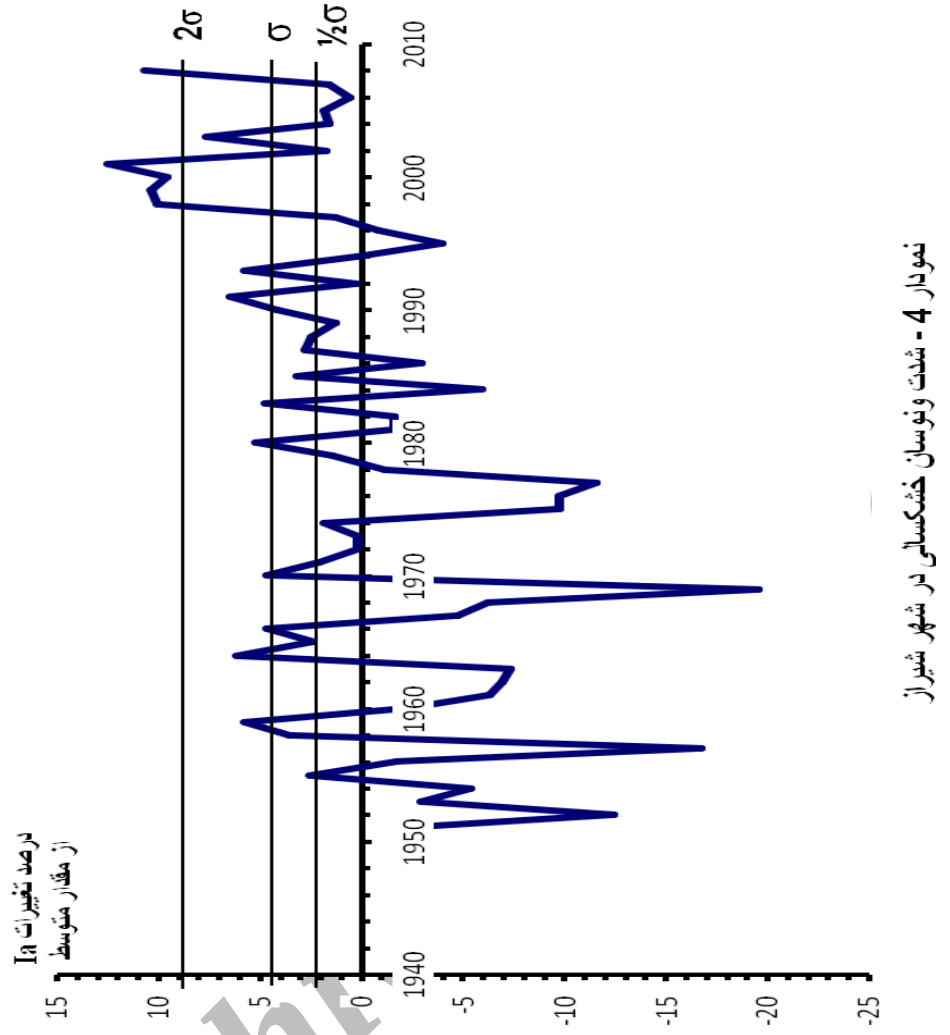
منبع:یافته های تحقیق

در جدول ۲، Ia شاخص خشکی می‌باشد که بر روش اصلاح شده تورنت ویت و پارامترهای موازنه آبی تعیین مـی‌گـردد. ایـن شاخص عبارت است از نسبت کمبود سالیانه رطوبت به آب مورد نیـاز سـالیانه مـی باشـد. σ نیـز عبارتسـت از انحـراف معیـار شاخص خشکی طی دوره موردمطالعه می باشد.

در مطالعه حاضر با استفاده از معیار انحراف معیار سالیانه شاخص خشکی در مقایسه با میـانگین متوسـط آن چهـره واقعـی وقوع پدیده خشکسالی در منطقه را در اندازه و شدتهای متفاوت بین سالهای ۲۰۰۹-۱۹۵۱م. برای ایسـتگاه شـیراز نشـان داده شده است. نتیجه مطالعه به کمک نمودار ۴ نشان داده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir



منبع: یافته‌های تحقیق

نمودار ۴ نشان می‌دهد که در ایستگاه شیراز با متوسط شاخص خشکی ۶۹/۱۸= I_a درصد و انحراف معیار ۴/۵= σ روبرو بوده است و طی دوره مورد مطالعه ۳۵ بار مورد اصابت پدیده خشکسالی قرار گرفته که ۱۱ مورد آن ملایم، ۸ مورد آن سخت و ۸ مورد شدید و ۵ مورد آن حاد بوده است، که تراکم وقوع خشکسالی شدید و حاد از سال‌های ۲۰۰۰ به بعد در این منطقه افزایش یافته است. البته خشک ترین سال طی دوره مورد مطالعه یعنی ۱۹۶۶ با خشکسالی شدید روبرو گردیده است. ولی در اکثر سالهای ۲۰۰۰ به بعد که از میزان بارندگی نسبتاً بالاتری روبرو می‌باشند ولی به علت بالا بودن PE و یا افزایش درجه حرارت منطقه شیراز را با خشکسالی حاد روبرو کرده است. حادترین خشکسالی مربوط به سال ۲۰۰۱ می‌باشد که شاخص خشکی آن ۷۷/۸= I_a درصد و کمترین شاخص خشکی مربوط به سال ۱۹۶۹ می‌باشد که معادل ۵۵/۷= I_a درصد است.

جدول شماره ۳ فراوانی و نوع وقوع پدیده خشکسالی را نشان می دهد. در مدت ۵۸ سال دوره مطالعه این منطقه ۵ بار مواجه با پدیده خشکسالی حاد شده است که عمدتاً مربوط به سال ۲۰۰۰ به بعد می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳، فراوانی و شدت وقوع خشکسالی در هر دوره (ده ساله) شیراز

خشکسالی / دوره	ملایم	سخت	شدید	حاد
۱۹۵۱ -۶۰	———	۲ (۱۹۵۵-۵۸)	۱ (۱۹۵۹)	———
۱۹۶۱ -۷۰	———	۱ (۱۹۶۵)	۳ (۱۹۶۴,۶۶,۷۰)	———
۱۹۷۱-۸۰	۵ (۱۹۷۱,۷۲,۷۳,۷۴,۷۹)	۱ (۱۹۸۰)	———	———
۱۹۸۱ -۹۰	۱ (۱۹۸۹)	۴ (۱۹۸۵,۸۷,۸۸,۹)	۱ (۱۹۸۳)	———
۱۹۹۱-۲۰۰۰	۳ (۹۷و ۹۴و ۱۹۹۲)	———	۲ (۱۹۹۱,۹۳)	۳ (۱۹۹۸,۹۹,۲۰۰۰)
۲۰۰۱-۲۰۰۸	۵ (۲۰۰۲,۲۰۰۴,۲۰۰۵,۲۰۰۶,۲۰۰۷)	———	۱ (۲۰۰۳)	۲ (۲۰۰۱,۲۰۰۸)

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری:

طول دوره و ادامه وقوع پدیده خشکسالی از نظر شدت و یا نوسانات آن بطور سالیانه و تواماً طی سالهای متعدد بطور تراکمی کمبود آب را تشدید کرده و شرایط اقتصادی و اجتماعی هر منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. طی دوره ۵۸ ساله در شهر شیراز، در هر دهه حداقل ۳ بار مواجه با پدیده خشکسالی سخت و شدید شده است که علت وقوع آن توزیع نامناسب بارندگی و بالا بودن PE در این منطقه می‌باشد. نمودارهای توازن آبی مربوط به سالهای نرمال، خشک و مرطوب نشان داد که به کمک آنها می‌توان کمبود آب در هر ماه را مشخص نمود. طی سالهای ۲۰۰۰ به بعد بر تعداد دفعات وقوع پدیده خشکسالی از نوع شدید و حاد در این منطقه افزایش یافته است که ناشی از کاهش بارندگی و افزایش درجه حرارت و یا PE در این منطقه می‌باشد. بنابراین لازم است امکانات افزایش ذخایر سفره‌های زیرزمینی افزایش یافته و یا به منظور مقابله با پدیده خشکسالی لازم است مخازن آبهای زیرزمینی افزایش یابد زیرا این پدیده بیشتر به تغییرات PE وابسته می باشد تا به P یا نزولات آسمانی.

منابع:

1. Abounoori, A, A., (1988): "Agricultural Development in Drought-Prone Areas of Iran,Ph.D.Thesis,Sub.S.V.Univ. In India."
2. Bates, C.G. (1935): Possibilities of shelter-belt planting in the plains region, 201pp, US, Forest service.
3. Bagnouls, F. and Gaussen, H., (1957): 'Les Climate biologique et leur classiticatrion', Ann.Geograph.Vol.66.No.355, PP.193-220
4. Blumenstock, Jr.G, (1942): Drought in the United States analyzed by means of the theory of probability. Tech.m Bull., No 819, U.S. Dept of Agri. Washington. D.C., P.5
5. Hoyt, J.C.(1936): Droughts of 1930-34, U.S.Geol.Survey Water Supply Paper, 680, 106-PP.
6. Holms, R.M. and Robertson, G.W. (1954): Amodulated Soil moisture budget, Mon. Weather Rev.87, PP.1-7
7. Hershfield, D.M. Braken Siek, D.L., and Comer, G.H (1972): "Some Measure of Agricultural Drought", in "Floods and Droughts" ,Proc of the 2nd Inter. Symp. In

Archive of SID

www.SID.ir

"Hydrology" (eds.) E.F. Schltz , V.A. Koelzer, and K.Mahmood, Fortcollins, Colorado, U.S.A, PP. 491-502
8. Huschke, R.E., (1959): Glossary of American Meteorology, Amer.Met Soc., Boston, Mass.
9. Koppen, W. (1936): "Das geographische system der klimate in Handbuch der klimatologie, Vol.1, PartC, ed., W.Koppen and Geiger, Berlin, Gebruder Borntrager."
10. Kulik, M.S., (1962): "Agroclomatic, indices of Droughts", in Agrlmeteorological Problems (eds). Davitaya, F.F., 1958 and Kulik, M.S., Met. Transl., No. 7, Dept. of Transport. Toronto, PP. 71-74.
11. Mather, J.R. (1974): Climatology, Fundamentals and application, MC Grew- Hill, p. 167.
12. Met. off., London, British Rainfall, (1935): Air Ministry,1936,London.
13. Naganna, C. (1979): "Delimiting Drought-Prone Areas in Karnataka and the Mitigation Strategy", in Hydrological Aspects of, Droughts, Intern. Symp. Vol.1,IIT, New Delhi, India, PP.486-490.
14. Office for coordination of Humanitarian Affairs (OCHA), (2000): United Nations Technical Misson on the Drought Situation in the Islamic Republic of Iran.
15. Palmer, W.C. (1956): Drought in Western Kansas, Weekly Weather and Crop Bull, U.S., W.B. Vol.63,No.74,PP.7-80.
16. Palmer, W.C. (1965): Meteorological droughts, Weather Bureau Research Paper No.45, U.S.Dept. Of Commerce, Washington.D.C.Bur. P. 58.
17. Penman, H.L. (1963): 'Vegetation and Hydrology', Commonwealth Bur. Soil. Sci, (Gt. Brit) Torch. Commune, 53, P.124.
18. Subrahmanyam, V.P., and Subramanian, A.R., (1964): Application of Water-Balance Concepts for a climatic Study of Drought in South India, Ind. J.Met. And Geophs. Vol.25, No, 3, PP.393-402.
19. Subrahmanyam, V.P., (1982): Water Balance and its Applications, Andhra Univ. India.
20. Subrahmanyam, V.P., and Sastri. C.V.S. (1972): "Studies in Drought climatology," in proc. Symp. On "Drought", Univ., Agril, Sciences, Hebbal, Bangalore, India, P. 26.
21. Shantz, H.L. (1927): "Drought resistance and soil moisture", Ecol., Vol.8, PP. 145-157.
22. Tannehill, I.R., (1947): Drought- Its Causes and Effects, Princeton Univ., press, N.J.
23. Thornthwaite, C.W., (1947): "Climate and moisture Conservation", Annals of Assn. Amer- Geogr., Vol.37, No.2, PP.87-100.
24. Thrnthwaite, C.W., and Mather J.R.(1948): "An Approach towards a Rational classification of climate", Geographical Review, Vol.38, PP.55-94.
25. Thornthwaite, C.W., and Mather J.R. (1955,1957): The Water Balance, Publications in climatology, Vol. 8, No. 1, (1955): Drexel Institute of Technology, Laboratory of climatology, Center ton, N.J., 104, PP, and Vol.10, No.3, 1957, 244.PP.
26. Wilhite, D.A. (2005): Drought Water crises, Taylor and Francis Group, CRC, Press.PP.431.

Archive of SID

www.SID.ir