Archive of SID

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
مجله علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی

سال نهم، شماره‌ی ۲۸
زمستان ۱۳۸۸، صفحات ۱-۳۹

عباسعلی ابونوری[۱]

# تجزیه و تحلیل پدیده خشکسالی کشاورزی شهرستان رامسر به روش تورنث وایت

تاریخ دریافت مقاله: ۸۸/۰۳/۰۳ تاریخ پذیرش مقاله:۸۸/۰۵/۱۹

## چکیده

خشکسالی[۲] به عنوان یک پدیده نامطمئن و غیرقابل پیش‌بینی، پدیده‌ای متناوب و منطقه‌ای است که با ایجاد کمبود آب در هوا وخاک بر عملکرد و تولیدات محصولات کشاورزی وتولید برق نیروگاه‌های برق آبی تاثیر گذاشته و با ایجاد قحطی، گرسنگی بر شرایط اقتصاد معیشتی آسیب‌های جبران‌ناپذیری را وارد می‌کند. برآورد و پیش‌بینی شدت و نوسانات وقوع این پدیده در جلوگیری از تخریب‌های اقتصادی و اجتماعی از اهمیت زیادی برخوردار است. خشکسالی ملایم ولی طولانی ممکن است بیشتر از یک خشکسالی کوتاه مدت و شدید بر اقتصاد یک کشور و یا یک منطقه تاثیر بگذارد. در این مقاله تلاش می شود تا با استفاده از اقتصاد آب و یا موازنه طبیعی‌آبی، وضعیت

---

۱- عضو هیات علمی دانشکده اقتصاد و حسابداری دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی.
E.mail.aabounoori@yahoo.com.
2- Drought

www.SID.ir

Archive of SID



تعادل آبی ایستگاه سینوپتیک رامسر را برای مدت ۵۳ سال (۲۰۰۹-۱۹۵٦ میلادی و یا ۱۳۸۷-۱۳۳۵ شمسی) بررسی و با برآورد تعداد دفعات وقوع خشکسالی شدت آنها نیز اندازه‌گیری شود. علت انتخاب روش موازنه آبی نسبت به روش‌های دیگر این‌است که در این روش از پارامترهای متعدد عوامل طبیعی مانند درجه حرارت، سرعت باد، درخشش و تابش خورشید، بافت و ساختار و یاچگالی خاک در ذخیره‌سازی آب، رطوبت خاک، تبخیر و تعریق، دوره رشد گیاهان و عمق ریشه آنها و سابقه و پیشینه بارندگی منطقه؛ منطقی‌ترین و معقول ترین روش به منظور برآورد پدیده خشکسالی به کار گرفته شده است. با به کارگیری این روش نشان داده شده که در هر دوره، میزان کمبود و یا مازاد آب در چه ماه‌هایی از سال وجود داشته و با تعیین شاخص خشکی و انحراف معیار آن از میانگین متوسط؛ مشخص شده که ایستگاه رامسر هر ده سال حداقل سه الی ٤ بار متوالی با پدیده خشکسالی شدید مواجه گردیده و احتمال وقوع این پدیده در این منطقه در یک دوره ده ساله ۰/٤ می‌باشد.

در سال ۲۰۰۱ میلادی و یا ۱۳۸۰ شمسی با وجود آنکه از متوسط بیشترین بارندگی سالیانه برخوردار است، ولی با پدیده خشکسالی شدید مواجه گردیده و در سال ۲۰۰۲ که از بارندگی کمتری برخوردار است، شدت خشکسالی آن بسیار شدید و یا حاد بوده است.

طبقه بندی JEL: $Q_{57}, Q_{54}, Q_{51}$

**کلید واژه‌ها**: خشکسالی، نزولات آسمانی، تبخیر و تعریق بالقوه و بالفعل، کمبود و مازاد آب، رامسر، موازنه آبی، رطوبت خاک، شاخص گرمایی، روش تورنث وایت.

**مقدمه**

پدیده خشکسالی در ایران و مناطقی که مستعد وقوع این پدیده می‌باشند (مناطق مرطوب و نیمه خشک)، فعالیت کشاورزی را بیشتر مواجه با پدیده ریسک و عدم

www.SID.ir

Archive of SID



اطمینان نموده و امکان دستیابی مستمر به خودکفایی در تولیدات کشاورزی را غیرممکن می‌سازد و عملکرد وکیفیت و کمیت این محصولات را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد.

تاکنون یک تعریف عمومی، کامل و یا منسجم از پدیده خشکسالی بیان نشده است. از نظر دانشمندان علم هواشناسی، خشکسالی عبارتست‌از کاهش شدید میزان بارندگی و یا نزولات آسمانی در یک فاصله زمانی نسبتا زیاد می‌باشد (Abounoori,1988). البته این پدیده از نظر موقعیت جغرافیایی از یک منطقه به منطقه دیگر و یا از یک فصل به فصل دیگر متفاوت است. در ارتباط با این مساله سازمان هواشناسی بریتانیا[1]. معتقد است که خشکسالی مطلق عبارتست از یک دوره زمانی مستمر ۱۵ روزه که میزان بارندگی آن در هیچ یک از این روزها به بیشتر از یکصدم اینچ نرسد. از نظر متخصصان آب‌شناسی، پدیده‌خشکسالی زمانی رخ می‌دهد که سطح آب های سطحی، و زیرزمینی و میزان آب های جاری کاهش یافته و سطوح آب چاه‌ها و قنوات و سفره آب های زیرزمینی و حجم آب های پشت سدها نیز کاهش یابد (Abounoori, Ibid , p.25).

زارعان و کشاورزان معتقدند که پدیده خشکسالی باعث کمبود رطوبت در خاک و هوا و کاهش تولیدات، عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی می‌گردد. از نظر اقتصاددانان این پدیده باعث قحطی، گرسنگی و سوء تغذیه، افزایش مهاجرت، کاهش رفاه، بهداشت عمومی و افزایش آسیب‌های اجتماعی و تخریب سکونتگاه‌ها و مخازن سفره‌های آب‌های زیرزمینی و آسیب دیدن صنایعی که به آب و نیروگاه‌های آبی‌دارند می‌گردد. البته کاهش جریان دبی آب‌های سطحی باعث آلودگی مخازن آب‌ها به خاطر کاهش جریان دبی آبی خواهد شد. (Abounoori, Ibid)

1- Met. off London, British Rainfall, 1935, Air Ministry, 1936, London

www.SID.ir

Archive of SID



**پیشینه‌ی تحقیق**

هویت (Hoyt,1936). می‌گوید در شرایط آب و هوایی مرطوب و نیمه خشک، پدیده خشکسالی زمانی رخ می‌دهد که میزان بارندگی و نزولات آسمانی سالیانه کمتر از ۸۵ درصد میزان میانگین سالیانه آن باشد. البته تاثیر این پدیده به شرایط اقلیمی منطقه و نوع فعالیت منطقه‌ای نیز بستگی دارد.

فولی (Foley,1957) توضیح می‌دهد که خشکسالی به دوره‌ای اطلاق می‌گردد که میزان بارندگی طی ماه‌ها و یا سال‌ها تا آن اندازه کاهش یابد که محصولات کشاورزی، مراتع و یا چراگاه‌ها به طور جدی صدمه دیده و آسیب رسیده، مخازن آب و عرضه آب به شدت کاهش یافته و تعداد قابل ملاحظه‌ای ازگله رمه‌ها و دام‌ها ازگرسنگی و تشنگی تلف شوند. لنسلی(Linsley, etal, 1957) به طور مشابه خشکسالی را به عنوان «یک دوره مستمر از زمان بدون بارندگی موثر» می داند. او خاطر نشان می‌کند که نیازهای متعدد برای آب باعث می‌شود که نتوان تعریف جامعی از خشکسالی را مطرح نمود. حتی یک دوره یک یا چند هفته‌ای بدون بارندگی نیز می‌توان از نظر کشاورزی خشکسالی جدی تلقی کرد، بخصوص اینکه اگر هوا بسیار گرم و درجه حرارت خاک و هوا بسیار پایین باشد. همچنین یک پروژه آبیاری و حتی نیروگاه‌هایی که نیازمند ذخیره‌سازی آب می‌باشند، با چند ماه کمبود بارندگی بویژه در طول تابستان مواجه با پدیده خشکسالی می‌شوند.

تورنث وایت (Thornthwaite,1947) می‌گوید که قطع متناوب میزان بارندگی و یا قطع کامل آن در یک دوره خاص نشان‌دهنده خشکسالی نیست. بنابر اظهارات وی پدیده خشکسالی به دوره‌ای از خشکی و یا نیازمندی به بارندگی و یا عرضه آب اطلاق می‌شود که مانع رشد نباتات و گیاهان کشاورزی در نتیجه کاهش رطوبت خاک شود. به عقیده او پدیده خشکسالی در شرایطی به یک منطقه آسیب می‌رساند که میزان آب مورد نیاز (تقاضای آب) برای تبخیر و تعریق به وسیله خاک و هوا، کمتر از مقدار آب موجود (عرضه آب) باشد؛ به بیان دیگر، پدیده خشکسالی زمانی

www.SID.ir

Archive of SID



بـر اوضـاع خودنمـایی مـی‌کنـد کـه میـزان نـزولات آسـمانی کـافی نباشـد و از نظـر بیولـوژیکی و سـاختاری، شـرایط زنـدگی انسان‌هـا و سـایر جانـداران را تحـت تـاثیر قـرار دهـد. بـه عقیـده شـانتز (Shantz,1927) پدیـده خشکـسالی بـه میـزان رطوبـت موجـود در خـاک بـستگی دارد و زمـانی آغـاز مـی‌گـردد کـه رطوبـت موجـود در خـاک تـا آن انـدازه کاهش یابد که رشـد و نمـو گیاهـان دیگـر امکـان پـذیر نباشـد و آب مـورد نیـاز خـود را از دست می‌دهنـد کـه بـه سـرعت را مجـددا از خـاک و یـا از طریـق بارنـدگی تـامین نماینـد. بنابراین، پدیده خشکسالی به شـرایطی اطـلاق نمـی‌شـود کـه میـزان بارنـدگی متوقـف‌گـردد، بلکه به شـرایطی اطـلاق مـی‌گـردد کـه ریـشه گیاهـان دیگـر قـادر نخواهنـد بـود آب مـورد نیاز خود را از رطوبت خاک جذب کنند.

پـالمر (Palmer,1956) بـین خـشکی مـوقتی و یـا غیـردایم و خشکـسالی واقعـی، تفـاوت قایل است؛ اولی شامل چنـد هفتـه کـاهش بارنـدگی و یـا قطع‌کامـل آن اسـت ولـی دومـی مربوط به شرایطی می‌شـود کـه میـزان بارنـدگی و یـا نـزولات آسـمانی در یـک دوره نـسبی ولی به طور مستمر کاهش یافتـه و نـه اینکـه کـاملا قطـع شـود. بـه بیـان دیگـر، او خـشکی مـوقتی را خشکـسالی نمـی‌نامـد، مگـر اینکـه ایـن پدیـده در حـدی باشـد کـه بـا کـاهش رطوبـت، بـه طـور جـدی بـر تاسیـسات اقتـصادی صـدمه وارد کنـد. بنـابراین، بـه عقیـده پالمر، خشکـسالی عمومـا بـه دوره‌ای از زمـان، اصـولا مـاه‌هـا و یـا سـال‌هـای مـستمر و یـا طولانی اطلاق می‌شود کـه در آن دوره عرضـه و یـا ذخیـره رطوبـت موجـود مـورد نظـر بـه طور قابـل ملاحظـه‌ای نـسبت بـه شـرایط جـوی و اقلیمـی از حـد مناسـب و طبیعـی کمتـر باشد.

لندسـبرگ (Landsberg,1958) اظهـار مـی‌کنـد کـه خشکـسالی یـک پدیـده فیزیکـی نیـست، بلکه یک پدیده بیولوژیکی اسـت، بنـابراین لازم اسـت‌ایـن پدیـده را بـرای هـر نـوع فعالیـت زراعـی و گیاهـان خـاص و براسـاس موقعیـت خـاک منطقـه‌ای، بـه طـور مجـزا تعریـف نمـود. در ارتبـاط بـا ایـن موضـوع، سـوبرمنیوم و سـوبرامنیین (Subrahmanyam, and Subramanian,1964) خشکـسالی را یـک پدیـده فیزیکـی مـی‌داننـد کـه آسـیب جـدی بـر

www.SID.ir

Archive of SID



شرایط بیولوژیکی گیاهان و زراعت در آن منطقه ایجاد نماید، در عین حال شدت آسیب آن براساس عدم توازن میزان رطوبت بین زراعت و شرایط محیطی آن در ارتباط پیچیده‌ای را ایجاد می‌کند. یک منطقه کویری حالت شدیدی از خشکی است که در نتیجه استمرار وقوع پدیده خشکسالی در منطقه ایجاد شده است.

در این تحقیق از نظریه توازن آبی تورنث وایت و روش اصلاح شده آن توسط سوبرمنیوم استفاده شده است.

## طبقه‌بندی خشکسالی

**روش اول:**

تورنث وایت (Thornthwaite,1947, p. 87). وقوع پدیده خشکسالی را در چهار نوع به شرح زیر طبقه‌بندی نموده‌است:

۱- خشکسالی دایم، که مشخصه آن شرایط آب و هوایی خشک مانند صحرا و کویر است. رشد و نمو گیاهان پراکنده و با این نوع پدیده کم آبی وخشکی عادت می‌کنند و در این مناطق فعالیت کشاورزی بدون استفاده از سیستم آبیاری مصنوعی در تمامی فصول کشاورزی غیر ممکن به نظر می‌رسد.

۲- خشکسالی فصلی، این نوع پدیده خشکسالی در شرایط آب و هوایی بارانی و مرطوب ولی در فصل خشک رخ می‌دهد. در این مناطق زمان کشت و زرع محصولات آنگونه با شرایط محیطی تطبیق داده شده که فصل داشت و رشد محصولات کشاورزی در فصل پرباران انجام گرفته و یا کشت محصولات کشاورزی ر فصل خشک در فصل خشک سال از طریق آبیاری مصنوعی انجام می‌گیرد.

۳- خشکسالی تصادفی که در نتیجه بارندگی نامنظم، نامطمئن و تصادفی در هر منطقه‌ای رخ می‌دهد. علت اصلی وقوع این نوع خشکسالی، نامنظم و یا تصادفی بودن میزان بارندگی از نظر زمانی در فصل بارندگی است. احتمال وقوع این نوع خشکسالی تقریبا در همه مناطق وجوددارد، حتی در مناطقی که با خشکسالی فصلی

www.SID.ir

Archive of SID



مواجه می‌شوند. البته وقوع این پدیده در مناطق دارای شرایط آب و هوایی نیمه مرطوب و یا مرطوب رخ می‌دهد. وقوع این پدیده بسیار مخفیانه، نامنظم و غیرقابل پیش‌بینی است و به ندرت می‌توان زمان وقوع آن را پیش‌بینی نمود.

٤- خشکسالی ضمنی یا نامشهود، این نوع پدیده خشکسالی ممکن است در هر جا رخ دهد، که البته بیشتر به شرایط آب و هوایی مرطوب تعلق دارد. خشکسالی نامشهود حتی در زمانی که ظاهرا در همه مناطق در حال بارش است، به وقوع می‌پیوندد. زمانی که میزان بارندگی‌قادر نیست رطوبت از دست رفته و یا آب تبخیر شده موجود در خاک و یا تشنگی خاک را تامین نماید، این میزان بارندگی در آن حد بحرانی قرارمی‌گیرد که رشد گیاهان را متوقف ساخته و باعث کاهش تولید و عملکرد این محصولات گردد.

خشکسالی نامشهود را نمی‌توان به آسانی تشخیص داد، زیرا ظاهرا بارش باران کافی به نظر می‌رسد و گیاهان نیز به طور طبیعی در حال رشد می‌باشند، ولی به علت کاهش رطوبت خاک این میزان بارندگی‌ها قادر نیستند به اندازه کافی رطوبت از دست رفته خاک را جبران نموده و تشنگی‌خاک را تامین نموده و حد مورد نیاز طبیعی را جذب نمایند (Thornthwaite, 1949).

**روش دوم: طبقه‌بندی توسط متخصصان سایر علوم**

خشکسالی در علم هواشناسی[1]

به عقیده کتز و گلتز[2] از نظر هواشناسی، خشکسالی به دوره‌ای از زمان اطلاق می‌گردد که برای مدتی طولانی درصد مقدار مورد نیاز نزولات آسمانی کمتر از مقدار متوسط آن در همان دوره باشد. از نظر هواشناسی این پدیده از یک منطقه به منطقه دیگر از یک کشور به کشور دیگر متفاوت است. (Katz and Glantz, 1977)

1- Meteorological Drought
2- R.W.Katz and M.H.Glantz

www.SID.ir

Archive of SID



هنری[1] می‌گوید که پدیده خشکسالی زمانی به وقوع می‌پیوندد که در آن دوره زمانی و در فصل بارندگی ۲۱ روز به طور متوالی باران نبارد و یا درصد میزان بارندگی در این دوره کمتر از ۳۰ درصد میانگین متوسط میزان بارندگی در همین دوره و برای همین منطقه باشد. در عین حال پدیده خشکسالی زمانی بسیار وخیم و مفرط خواهد بود که برای مدت ۲۱ روز متوالی یا بیشتر میزان بارندگی کمتر از ده درصد مقادیر نرمال آن در این منطقه باشد (Henry, 1906).

سازمان هواشناسی انگلستان[2] معتقد است که:

الف- «خشکسالی مطلق» دوره‌ای است که حداقل در ۱۵ روز متوالی در هر دوره کمتر از ۰/۰۱ اینچ باران ببارد.

ب- «خشکسالی بخشی» در دوره‌ای رخ می‌دهد که حداقل ۲۹ روز (و یا بیشتر از ۲۸ روز) متوالی میانگین بارندگی روزانه بیشتر از ۰/۰۱ اینچ نشود.

ج- «خشکسالی قطعی» به دوره‌ای گفته می‌شود که پانزده روز متوالی، روزی بیشتر از ۰/۰٤ اینچ باران نباریده باشد.

سازمان هواشناسی استرالیا تشخیص داده که پدیده خشکسالی زمانی رخ می‌دهد که میزان بارندگی در یک دوره مشخص کمتر از حداقل آب مورد نیاز در آن منطقه باشد.

از نظر استاک[3] در کشور امریکا پدیده خشکسالی به گونه‌ای تعریف می‌شود که برای مدت ٤۸ ساعت متوالی میزان بارندگی در آن منطقه کمتر از ۰/۱ اینچ باشد. او با روشی کمی جزئیات احتمال وقوع خشکسالی را در یک منطقه با استفاده از اطلاعات میزان بارندگی محاسبه نموده است (Blumenstock, 1942).

1- A.J.Henry
2- Met. Off, London, 1936.
3- Jr.G. Blumenstock

www.SID.ir

Archive of SID



**۲- خشکسالی از نظر آب‌شناسی (هیدرولوژیکی)**[1]

در صورتی که خشکسالی هواشناسی استمرار یابد به خشکسالی آبی و یا هیدرولوژیکی تبدیل می‌شود که مشخصه اصلی این پدیده خشک شدن آب‌های سطحی است که نتیجه آن باعث خشک شدن مخازن و ذخایر آب‌های پشت سدها، دریاچه‌ها، جویبارها و رودخانه‌ها و توقف جریان‌چشمه‌سارها و بالاخره باعث کاهش و افت شدید سفره آب‌های زیر زمینی می‌گردد. خشکسالی هیدرولوژیکی ممکن است به خاطر کاهش جریان ذوب شدن بارش ضعیف برف، در فصول گذشته باشد. این پدیده باعث قطع برق نیروگاه‌ها به خاطر کاهش جریان آب پشت سدها و کاهش فعالیت صنعتی که به آب نیاز دارد و بر فعالیت کشاورزی نیز تاثیر قابل ملاحظه‌ای خواهد گذاشت. رودیر و برن[2] تشخیص داده‌اند که خشکسالی هیدرولوژیکی باعث وخامت جریان نرمال آب‌های جاری و یا باعث تهی سازی و افت سطح شدید سفره‌های عرضه ذخایر آبی می‌گردد. با توجه به معیار و مقیاس زمانی پدیده خشکسالی را می‌توان به شش نوع مختلف طبقه‌بندی نمودکه عبارتند از:

الف- کاهش جریان آب طی دوره‌ای بین سه هفته تا سه ماه که بستگی به دوره جوانه زدن و رشد گیاهان دارد (کشاورزی آبی بدون وجود ذخایرآبی).

ب- تخلیه بیش از حد نرمال و یا برداشت بیش از حد مجاز و یا طبیعی، بیشتر از حداقل سطح جریان آبی و یا بیشتر از حداقل نزولات آسمانی در یک دوره که نزولات نیز حداقل باشد (عرضه آب شهری و روستایی).

ج- کاهش اساسی حداقل برداشت طبیعی و مجاز سالیانه از مخازن (تولید برق آبی یا آبیاری به کمک سدهای بزرگ)،

د- کاهش شدید سطح نرمال و طبیعی آب تعداد زیادی از رودخانه‌ها، در هر سال (آبیاری توسط کانال‌ها بدون پمپاژ)،

1- Hydrological Drought
2- J.A.Rodier and M.A.Beran

www.SID.ir

Archive of SID



ه- استمرار پدیده خشکسالی طی سال‌های متمادی (منطقه سکاس در کشور برزیل، و یا قسمتی از مناطق کشور استرالیا و غیره)

و- تهی شدن تعداد قابل ملاحظه‌ای از منابع آبی که به سختی بتوان تعداد آن را برآورد نمود، زیرا در زمان خشکسالی سطح آب چاه‌ها بیش ازاندازه استحصال و بهره‌برداری می‌شوند (Rodier and Beran, 1979).

به نظر پالمر[1] خشکسالی هیدرولوژیکی عبارتست از کاهش جریان آب های جاری، دریاچه‌ها و سطوح مخازن آب سدها، تهی‌شدن ذخایر رطوبت خاک، افت سطح و سفره‌های آب های زیرزمینی، کاهش مستمر و متوالی جریان آب های سطحی و زیرزمینی، درنتیجه این‌تغییرات غیرطبیعی میزان‌نزولات آسمانی،کل سیستم هیدرولوژیکی یک منطقه دچار نقصان و خسارت می‌شود (Palmer, 1956).

همچنان که خشکسالی هیدرولوژیکی از نظر طول یک دوره زمانی، وسعت مکانی، شدت و احتمال بازگشت به شرایط اولیه بستگی دارد، ولی‌علت اساسی وقوع این نوع خشکسالی، به خاطر کافی نبودن نزولات آسمانی در یک دوره طولانی می‌باشد. در صورتی که می‌توان مناطق‌مختلف را از نظر خشکسالی به مناطق مستعد خشکسالی طبیعی و مناطق دیگر را به مناطق خشکسالی وخیم طبقه‌بندی نمود. ولی اساسا خشکسالی هیدرولوژیکی تنها در مناطقی رخ می‌دهد که به طور طبیعی از نظر آب و هوایی به مناطق مرطوب و نیمه مرطوب تعلق داشته باشند.

بنابراین به منظور تشخیص پدیده خشکسالی هیدرولوژیکی لازم است تراز و موازنه آبی هر منطقه را با توجه به جریان اضافی و یا کمبود بارندگی و مازاد بر تراوشات در به کارگیری موثر میزان بارندگی را در بیلان آبی آن منطقه اندازه‌گیری نمود.

1- Palmer, 1965

www.SID.ir

Archive of SID



### خشکسالی کشاورزی[1]

خشکسالی کشاورزی زمانی رخ می‌دهد که میزان بارندگی و رطوبت موجود در خاک تا آن اندازه کافی نباشد که در فصل رشد گیاهان، سلامتی رشد گیاهان را در مرحله بلوغ تهدید نماید، به گونه‌ای این میزان کاهش شدید رطوبت در خاک، محصولات کشاورزی به شدت صدمه دیده و یا با پژمردگی رشد کنند[2].

در کشورهایی که تولید محصولات کشاورزی آنها به تغییرات آب و هوایی و میزان بارندگی فصلی آنها بستگی دارد، پدیده خشکسالی نه تنها متناوب، سیکلی و یا دوره‌ای می‌باشد، بلکه تولیدات کشاورزی نیز به همین ترتیب بی‌ثبات، متناوب و دچار پدیده ریسک و عدم اطمینان می‌گردند. بسیاری از متخصصان علم کشاورزی، شاخص پالمر(Palmer, Ibid.) را به عنوان شاخص تعیین شدت تاثیرگذاری پدیده خشکسالی به کار می‌برند، زیرا این شاخص تابعی از میزان بارندگی و متغیرهای هیدرولوژیکی دیگر نیز می‌باشد. تاکنون تلاش‌های زیادی‌گردیده تا پدیده خشکسالی را بتوان به کمک شاخص‌ها و یا متغیرهای هیدرولوژیکی تعریف نموده و یا دوره‌ای از کاهش ذخایر آبی و یامیزان نزولات آسمانی در نظر بگیرند که این پدیده رخ می‌دهد. تاثیر نهایی وقوع پدیده خشکسالی کشاورزی باعث کاهش تولیدات و عملکرد محصولات کشاورزی و یا کاهش کیفیت محصولات نیز گردد که در نتیجه آن باعث کاهش درآمد کشاورزان و زمینه مهاجرت روستاییان به مناطق دیگر می‌گردد. بر طبق نظریه پالمر، خشکسالی کشاورزی عبارت از کاهش یک دوره طولانی مدت و غیرطبیعی رطوبت موجود درخاک می‌باشد. وقوع این پدیده باعث کاهش عرضه رطوبت خاک و یا رطوبت موجود در خاک درنتیجه کاهش نزولات آسمانی می‌گردد که باعث خواهد شد رطوبت مورد نیاز غذایی گیاهان و نباتات

1- Agricultural Drought
2- Govt. of India, *op.cit* 1976

www.SID.ir

Archive of SID



تامین نشده و باعث کاهش تولید محصولات و یا ضعیف شدن کیفیت محصولات و کاهش عملکرد آنها گردد.

هرشفیلد و دیگران (Hershfield, et al, 1972) اذعان می‌دارند که اصولا اثرات عمده پدیده خشکسالی‌کشاورزی در تلف شدن محصولات کشاورزی است، بدون آنکه به جریان آبی منطقه آسیب برساند. در حقیقت اثرات این نوع خشکسالی ممکن است در کوتاه مدت آنقدر سخت و طاقت فرسا باشد که به محصولات کشاورزی و چراگاه‌ها آسیب برساند، ولو آنکه باعث افت شدید و قابل ملاحظه‌ای در سفره آب‌های زیرزمینی و یا جریان آب‌های جاری و رودخانه‌ها و به طورکلی، انباشتگی و تراکم متمادی و پی در پی کاهش نزولات آسمانی و باعث کاهش شدید جریان آب‌های جاری و یا دبی آبی و رودخانه می‌شود.

بر طبق نظریه تورنث وایت (Thornthwaite, Ibid). هر نوع کاهش بارندگی را نمی‌توان خشکسالی کشاورزی نامید. زیرا این نوع پدیده خشکسالی زمانی رخ می‌دهد که بارندگی متوقف شده و ریشه گیاهان و نباتات قادر نمی‌باشند که رطوبت مورد نیاز خود را از خاک جذب نموده و همچنین خاک کشاورزی قادر نباشد که رطوبت از دست رفته را مجددا جذب نماید و نرخ جذب رطوبت خاک کمتر از نرخ از دست دادن آن باشد.

هتکوت (Heathcote,1974) به طور مشابه تشخیص داده که خشکسالی کشاورزی به کاهش میزان آبی اطلاق می‌گردد که به فعالیت کشاورزی صدمه بزند. این پدیده زمانی رخ می‌دهد که عمل و عکس‌العمل متقابل بین عرضه کننده و تقاضاکننده آب موجود می‌باشد. تفاوت بین فعالیت کشاورزی (به عنوان تقاضاکننده آب) و پیامدهای پدیده‌های طبیعی (به عنوان عرضه‌کننده آب) باعث کمبود حجم و کیفیت آب مورد نیاز، رشد گیاهان و حیات جانداران می‌شود. همچنین رطوبت موجود در خاک برای محصولات کشاورزی به میزان آب موجود در منافذ داخل خاک و به نوع خاک

www.SID.ir

Archive of SID



(رسی، رسوبی و یا شنی) نیز بستگی دارد. بنابراین، عوامل ایجاد کننده خشکسالی کشاورزی نیز سه نوع می‌باشد:

الف- کافی نبودن میزان بارندگی، ب - نرخ بالای تبخیر بالفعل و واقعی نزولات آسمانی، ج- کاهش شدید ظرفیت نفوذ آب در خاک.

کولیک (Kulik,1962) خاطر نشان می‌کند که مشخصه منطقی وخامت تاثیر خشکسالی در فعالیت کشاورزی در یک کشور، مقایسه شدت کاهش عملکرد محصولات کشاورزی با عملکرد میانگین متوسط آن در یک دوره معین و طولانی مدت می‌باشد. با توجه به مطالبی که تاکنون ارایه گردید، کریشنان (Krishnan,1979) عقیده دارد که لازم است در اظهار نظر در مورد خشکسالی کشاورزی به دو نکته توجه نمود؛ یکی میزان کاهش در عملکرد محصولات کشاورزی و دیگری توجه به معیار فیزیولوژیکی و محیطی اثرات خشکسالی کشاورزی.

در این تحقیق به شدت و نوسانات وقوع پدیده خشکسالی در یک ایستگاه سینوپنیک (شهرستان رامسر) پرداخته می شود که از نوع خشکسالی کشاورزی بوده و مشابه این روش را می‌توان برای سایر نقاط ایران نیز مورد استفاده قرارداد[1].

**اهداف تحقیق**

هدف این تحقیق بررسی بیلان آبی، کمبود و یا مازاد طبیعی آبی، شدت و نوسانات وقوع پدیده خشکسالی در یک منطقه انتخابی ایستگاه سینوپتیک رامسر می‌باشد که از روش تعادل آبی استفاده شده است که مشابه این روش را می‌توان برای سایر شهرستان‌های کشور ایران به کاربرد. اثرات وقوع پدیده خشکسالی بر تولید و عملکرد محصولات عمده زراعی کشور ایران در مقالات بعدی ارایه خواهد شد[2]. بنابراین، هدف اساسی این تحقیق معرفی و کاربرد روش موازنه آبی در بررسی پدیده خشکسالی در هر منطقه می‌باشد.

1- A.A.Abounoori, Ibid,1988
2- A.A.Abounoori, Ibid

www.SID.ir

Archive of SID



**مواد و روش‌ها**

به منظور دستیابی اهداف تحقیق ابتدا لازم است شرایط فیزیولوژیکی، آب و هوایی و نوع خاک در تحلیل پدیده خشکسالی منطقه را مورد بررسی قرار داد. گروهی از نظریه پردازان با مطالعه این پدیده برای مدتی طولانی معتقد بودند که پدیده خشکسالی یکی از وخامت بارترین فاجعه‌ها و بلیه طبیعی علیه بشریت و موجودات زنده می‌باشد. ولی با توجه به اینکه پدیده خشکسالی یک پدیده نامنظم و نامطمئن می‌باشد، تاکنون روشی منظم و سیستماتیک برای شناسایی و تخمین این پدیده به وجود نیامده است. علی‌رغم واقعیت‌های موجود (که لازم است در ابعاد وسیع‌تر بررسی شود) توسط اقلیم شناسان، هواشناسان، آب شناسان و سایر علوم مرتبط بر شناسایی این پدیده تلاش‌های زیادی انجام گرفته تا دامنه مشخص و معینی از مناطقی که مستعد خشکسالی می‌باشند، تعریف کنند. در اقدام به این عمل، پارامترهایی مانند میزان متوسط بارندگی، تغییرات میزان بارندگی، دوره وجودی آب، شدت تبخیر نزولات آسمانی، رطوبت موجود در خاک و غیره به طور انفرادی و جمعی به کار گرفته شده است[1].

تکنیک‌های به کار گرفته شده را می‌توان به سه دسته عمده طبقه‌بندی نمود: (Naganna, 1979)

روش‌های آماری

در به کارگیری تکنیک های آماری، از اطلاعات و آمار بارندگی و نزولات آسمانی منطقه استفاده می‌شود (Abounoori,1988. P. 28). در این روش مهم‌ترین عامل وقوع پدیده خشکسالی به کمبود میزان بارندگی اطلاق می‌شود.

در شمال آفریقا، ون روی (Van Rooy, 1965) با گسترش شاخص نامتعارف اقدام به برآورد خشکسالی نموده است. این شاخص عبارتست از انحراف معیار از میانگین

1- C. Naganna, 1979.

www.SID.ir

Archive of SID



میـزان بارنـدگی بـا توجـه بـه ده دوره متـوالی کمتـرین میـزان بارنـدگی مـی‌باشـد. مقیـاس ایـن شـاخص بـه شـکل (I=-۳(P-P/m-P تعریـف شـده کـه در آن I شـاخص نامتعـارف، P مقدار واقعـی نـزولات آسـمانی و P مقـدار نرمـال میـزان نـزولات آسـمانی و m میـانگین ده دوره متوالی کمترین میزان بارندگی ثبـت شـده مـی‌باشـد، علامـت منفـی نیـز در ایـن رابطـه توجیـه کننـده منفـی بـودن ایـن شـاخص نامتعـارف اسـت. عامـل m بـه عنـوان یـک معیـار ارزشی حدی میزان نزولات واقعی توجیه‌کننده شرایط خشکسالی است.

تکنیک‌های غیر آماری

در این روش از پارامترهـای درجـه حـرارت؛ میـزان رطوبـت و مقـدار نـزولات آسـمانی هـر منطقه استفاده مـی‌شـود. تکنیـک‌هـای غیرآمـاری نیـز یـک روش کمـی بـه منظـور تعیـین و تخمـین پدیـده خشکـسالی محـسوب مـی‌شـود. گاسـن (Gaussen,1955) خـاطر نـشان می‌کند که خشکـسالی را مـی‌تـوان بـر اسـاس شـاخص رطوبـت در آن دوره بررسـی نمـوده و این شاخص بر اسـاس مقایـسه خـالص میـزان بارنـدگی ماهیانـه (برحـسب میلـی متـر) را با دو برابر میـزان متوسـط درجـه حـرارت ماهیانـه (برحـسب سـانتی‌گـراد) مقایـسه نمـود و ایـن پدیـده زمـانی رخ مـی‌دهـد کـه 2T >P و یـا میـزان بارنـدگی کمتـر از دو برابـر درجـه حرارت گردد.

روش موازنه (بیلان) آبی

در این روش از مقدار موجـودی آب، رطوبـت خـاک اسـتفاده مـی‌شـود کـه توسـط تورنـث وایـت و دیگـران (Thornthwaite, et al, 1947, 48) مـورد اسـتفاده قـرار گرفتـه اسـت. ایـن تکنیـک بـه عنـوان یـک روش عمـومی در تجزیـه و تحلیـل پدیـده خشکـسالی در ایـن تحقیق به کار گرفته شده است.

بـا وجـود آنکـه تکنیـک آمـاری دارای ماهیـت کمـی اسـت ولـی از یـک ضـعف محیطـی و فیزیولـوژیکی برخـوردار اسـت و نمـی‌تـوان آن را بـرای همـه منـاطق (کـه دارای آب و

www.SID.ir

Archive of SID



هوایی متفاوتی است) به طور یکسان به کار برد؛ در حالی که تکنیک غیر آماری کاملا دارای ماهیت کمی و قابل قبول بوده و در هر شرایطی می‌توان آن را مورد استفاده قرار داد. اساس این دو روش بر پایه برقراری و تحلیل ارتباط بین درجه حرارت و میزان نزولات آسمانی می‌باشد. از طرف دیگر، بر طبق نظریه موازنه آبی، پدیده خشکسالی زمانی رخ می‌دهد که میزان آب مورد نیاز که از طریق بارندگی و رطوبت خاک حاصل می‌گردد بیشتر از مقدار آبی باشد که از طریق نزولات آسمانی و شدت تبخیر آن تامین می‌شود. بنابراین در تحلیل موازنه آبی، شاخص کاهش رطوبت، خشکی و تشنگی خاک و هوا از اهمیت زیادی برخوردار است[1]. تورنث وایت[2] معتقد است که در تجزیه و تحلیل پدیده خشکسالی تنها با به کارگیری میزان بارندگی نمی‌توان به نتیجه واقعی رسید، بدون آنکه به موازنه آبی منطقه و اهمیت نقش آن در ایجاد رطوبت خاک و حیات گیاهان و نباتات که به آن وابسته می‌باشند توجه نمود. حتی توقف کامل بارندگی در یک منطقه نمی‌تواند نشانه وقوع پدیده خشکسالی در آن منطقه باشد. تولیدات کشاورزی در هر منطقه کاملا به پوشش موازنه آبی که به عرضه آب (نزولات آسمانی) و تقاضای آب (تبخیرات و رطوبت) بستگی دارد، مورد بررسی قرار می‌گیرد. اگر سایر شرایط نرمال، طبیعی و ثابت بمانند، تولیدات کشاورزی در شرایطی به حداکثر می‌رسد که مقدار آب موجود و یا توازن آبی در آن منطقه در یک دوره معین به راحتی باعث رشد و توسعه تولیدات کشاورزی می‌شود[3]. بنابراین در بررسی تاثیر خشکسالی بر کشاورزی نه تنها باید به میزان بارندگی در منطقه توجه نمود، بلکه لازم است به شدت تبخیر و ظرفیت جذب رطوبت در خاک نیز توجه شود. در تجزیه و تحلیل روشی که این سه عامل را در تحلیل استعداد مناطقی که مستعد خشکسالی‌کشاورزی می‌باشند را روش توازن هیدرولوژیکی و یا توازن آبی می‌نامند. اصل به کارگیری روش موازنه آبی وابسته به

1- C.Naganna, *op.cit* , 1979
2- C.W.Thornthwaite *op.cit* , 1949.
3- H.S. Ram Mohan, P. Vaisala, and B.V. Appa Rao

www.SID.ir

Archive of SID



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 یابد، و زمانی که میزان بارندگی کمتر از شدت تبخیر بالقوه باشد، خاک قسمتی از رطوبت خود را که قبلا جذب نموده، از دست می‌دهد. بنابراین خاک به عنوان انبار و مخزن رطوبت در هر منطقه محسوب می‌شود[1]. اصولا از نظر فیزیولوژیکی، غلظت و تراکم خاک قدرت جذب متفاوتی را در انواع خاک‌ها ایجاد می‌کند (Jaiswal and Kolte, 1981).

معمولا خاک‌های رسی و رسوبی برای مدت طولانی‌تر رطوبت را در خود نگه می دارند ولی خاک‌های شنی قدرت کمتری در نگهداری آب و رطوبت دارا می‌باشند. بنابراین گیاهانی که در خاک‌های رسی کاشته می‌شوند به دفعات کمتری از آبیاری و بارندگی نیاز دارند، در حالی که در خاک های‌شنی اینگونه نخواهد بود. تحلیل پدیده خشکسالی در این دو منطقه نیز با یکدیگر متفاوت می‌باشند. به همین دلیل در تحلیل پدیده خشکسالی باید علاوه بر میزان بارندگی به نوع خاک و گیاهان آن منطقه نیز توجه گردد.

پالمر[2] نیز شاخصی را برای شناسایی پدیده خشکسالی طراحی نموده که آن را روش عمومی حسابداری و دریافت وپرداخت تحلیل کمبود آب و یا موازنه آبی نامیده است (Palmer, 1956).

در هر حال تکنیک موازنه یا بیلان آبی برای مدتی طولانی شناخته شده و به طور سیستمی پایه تحلیل و بررسی توسط تورنث وایت[3] مورد استفاده قرار گرفته است. در این تحلیل او خشکسالی را شرایطی می نامد که مقدار آب مورد نیاز و یا تقاضای آب برای کاهش رطوبت و یا تبخیر مستقیم بیشتر از مقدار آب موجود (عرضه آب)

1- N.K. Jaiswal and N.V.Kolte
2- W.C. Palmer, 1956
3- C.W. Thornthwaite , 1948

www.SID.ir

Archive of SID



در خاک باشد. غالبا روش موازنه آبی تورنث وایت به منظور تشخیص خشکسالی نسبی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در این تحقیق تلاش شده که با استفاده از شاخص‌های حاصل از مراحل محاسباتی بیلان آبی، شدت و نوسانات وقوع پدیده خشکسالی در ایستگاه منتخب رامسر تعیین گردد. در این مراحل مهم‌ترین شاخص، شاخص خشکی (**Ia**) حاصل از بیلان آبی منطقه می‌باشد که توسط تورنث وایت معرفی شده و بعدها توسط سوبرمینیوم و سوبرامنیین[1] اصلاح شده است.

منابع آماری و محدودیت‌ها

در این تحقیق آمارهای مورد نیاز از منابع اولیه و ثانویه موجود در بولتن‌های دولتی سازمان هواشناسی کشور ایران[2] استفاده شده است. با توجه به ایستگاه منتخب (رامسر) متوسط بارندگی ماهیانه و درجه حرارت برای سال‌های ۲۰۰۸-۱۹۵٦ میلادی انتخاب شده است. سایر محاسبات عددی توسط محقق انجام شده است (IMO, 2009).

متغیرهای تحقیق

در این تحقیق متغیرهایی مانند، نزولات آسمانی، تبخیر و تعریق بالقوه و بالفعل سازگار و ناسازگار، کمبود آب، مازاد آب، رطوبت خاک، ذخیره مخازن خاک و یا حداکثر میزان آب ذخیره شده در خاک که بر اساس نوع و ساختمان خاک منطقه در نظر گرفته می‌شود، استفاده شده است.

1- V.P.Subrahmanyam and A.R.Subramanian,*op.cit*, 1985.
2 - Iran Meteorolgical Organization = IMO, 2009

www.SID.ir

Archive of SID



روش تحقیق

با توجه به روش‌های متعددی که ارایه گردید، لازم است روشی به کار گرفته شود که بتوان با اطمینان بیشتری در منطقه مورد نظر نتایج مطمئن‌تری را نیز به دست آورد. به منظور بررسی و مقایسه روش‌های متفاوت می توان به منبع زیر مراجعه نمود (Abounoori, 1988. P. 54). در بین این روش‌ها دو روش که از اطمینان بیشتری برخوردارند به عنوان سیستم استاندارد در نظر گرفته شده و در مناطق بسیار زیادی از دنیا نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند یعنی روش کوپن و روش تورنث وایت[1].

در این مقاله از روش تورنث وایت اصلاح شده استفاده می‌شود[2]. تورنث وایت در آخرین روش(Thornthwaite, 1955, 57)با تاکید بر عامل میزان رطوبت در یک شرایط آب و هوایی اقدام به معرفی شرایط آب و هوایی‌مورد نیاز در هر منطقه یا تامین تقاضای آب مورد نیاز (که آن را فعل و انفعالات تبخیر بالقوه، PE می‌نامد) و کاربرد آن در توسعه شاخص رطوبت به منظور طبقه‌بندی شرایط آب و هوایی مورد نظر استفاده می‌کند. او با مقایسه آب و هوای مورد نیاز به منظور تامین تقاضای آب و آب و هوایی که آب مورد نیاز را عرضه می‌کند (میزان نزولات آسمانی) در هر ماه و یا هر روز در ایجاد توازن آبی شرایط آب و هوایی جهت تجزیه و تحلیل اینکه شرایط آب و هوایی باعث ایجاد هوای مرطوب و یا هوای خشک می‌شود اقدام نمود. تورنث وایت ارتباط نزدیکی را بین میانگین ماهیانه دمای هوا (T)[3] و فعل و انفعالات یا عمل و عکس‌العمل تبخیر بالقوه (PE)[4] برقرار نموده و در نتیجه آن می توان اطلاعات گسترده و وسیعی را در سطح جهان در ارتباط با شرایط آب و هوایی که آب مورد نیاز را تامین می‌نماید، در هر منطقه به دست آورد.

1- Koppen and Thornthwaite, op.cit , 1955.
2- C.W.Thornthwaite, Ibid.
3- Tempreture
4- Potential Evapotranspiration=PE

www.SID.ir

Archive of SID



از آنجا که نمی‌توان به طور کامل مقدار PE را برآورد نمود، بنابراین هنوز نیز لازم است از روش اولیه تورنث وایت استفاده نمود. فرمول عمومی برای تعیین فعل و انفعالات تبخیر و تعریق بالقوه (PE) عبارتست از:

PE = فعل و انفعالات تبخیر و تعریق بالقوه ماهیانه ناسازگار به سانتی‌متر بر پایه ۱۲ ساعت روزانه و ۳۰ روز ماه می‌باشد که به منظور تصحیح این شاخص، با توجه به طول واقعی روز در ساعت (h) و تعداد روز در ماه (N) به شکل زیر سازگار (PE) می‌شود. یعنی:

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

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

**T** = میانگین ماهیانه دمای هوا برحسب سانتی‌گراد، C°.

**I** = شاخص حرارت سالیانه برای هر ایستگاه هواشناسی می‌باشد که با جمع ارزش ۱۲ ماه در سال تعیین می‌شود. یعنی:

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

**a** = یک متغیر اختیاری ثابت که از یک منطقه به منطقه دیگر متفاوت است و یک رابطه غیر خطی از شاخص حرارت می‌باشد که به طور تقریبی می‌توان آن را به شکل زیر تعیین نمود.

$$a = 675*10^{-9}I^{3} - 771*10^{-7}I^{2} + 1792*10^{-5}I + 49239*10^{-5}$$

که یک خط مستقیمی T در مقابل PE بین *Log-Log بنابراین؛ معادله تورنث وایت رابطه است که در دامنه ترسیم می‌شود.

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

www.SID.ir

Archive of SID



همچنان که تورنث وایت خاطر نشان می‌کند این معادله کاملا از ظرافت روابط ریاضی مبرا است. این رابطه کاملا پیچیده و بدون جدول و نوموگرام به منظور محاسبات جزء به جزء آن می‌باشد. جداول نحوه محاسبه PE و همچنین جزئیات محاسبه موازنه آبی شرایط آب و هوایی را می‌توان در این مطالعه در جاهای دیگری یافت.

تورنث وایت به منظور طبقه‌بندی شرایط آب و هوایی این روش را اصلاح نموده و روش موازنه آبی را براساس انرژی و رطوبت به کار می‌برد. در این سیستم انرژی بر اساس معیار PE و رطوبت نیز براساس شاخص رطوبت اندازه‌گیری می‌شود.

در سال ۱۹۵۵ تورنث وایت و متر[1] روش ۱۹٤۸ تورنث وایت را اصلاح نموده‌اند. تورنث وایت در به کارگیری ابزار روش موازنه آبی شاخص دیگری را به کار می‌برد تا بتوان منطقی‌تر و موثرتر طبقه‌بندی آب و هوایی را انجام داد، به شرح زیر:

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

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

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

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

1- C.W.Thornthwaite and J.R.Mather, 1955, 1957
2- Aridity Index
3-Water Deficit = WD
4- Water Need = WN
5- Humidity Index
6- Water Surplus=WS

www.SID.ir

Archive of SID



$\mathbf{I_m}$ = شاخص رطوبت (خالص) Moisture Index، عبارتست از تفاوت بین $\mathbf{I_h}$ و **Ia** به شکل زیر می‌باشد،

$$I_m = I_n - 0.6I_a$$

شاخص رطوبت تجدیدنظر شده یا اصلاح شده تورنث وایت و مادر به شکل زیر می‌باشد:

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

WS = P - AE , WD = PE - AE

و یا:

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

و یا :

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

شاخص رطوبتی به مقایسه آب مورد نیاز در یک منطقه با رطوبت و یا آب موجود و یا کمبود آن یک بخش اساسی این طبقه‌بندی مربوط می شود، به گونه‌ای که اگر **P** دقیقا برابر با PE باشد، در تمامی مراحل آب مورد نیاز با آب موجود برابر می‌باشد. در این صورت نه کمبود آب و نه مازاد آب وجود داشته و شرایط آب و هوایی نه مرطوب است و نه خشک.

همچنان که کمبود آب نسبت به PE بیشتر می گردد، شرایط آب و هوایی خشک‌تر شده و اگر مازاد آب بیشتر گردد، شرایط آب و هوایی مرطوب‌تر می شود. در شرایطی که مازاد آب وجود داشته یا کمبود آب وجود نداشته باشد، ارتباط بین مازاد آب و آب مورد نیاز شاخص رطوبت را مشخص می‌کند. به طور مشابه در شرایطی که کمبود آب وجود داشته و یا مازاد آب وجود نداشته باشد، نسبت کمبود آب و آب

www.SID.ir

Archive of SID



مورد نیاز شاخص خشکی را مشخص می‌کند. 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 به کار گرفته شود که یکی از آنها بر شاخص اثر مثبت می‌گذارد و دیگری اثر منفی خواهد گذاشت.

## ۹- نتایج تحقیق

نظریه تعادل و یا توازن آبی در یک دوره بلندمدت مترادف سیکل هیدرولوژیکی است. پروژه موازنه آبی شرایط مقدار آب موجود در یک منطقه مورد نظر را در یک دوره موردنظر بر پایه آنالیز ترکیبی توازن نهاده (درآمد یا عرضه)، ستاده (خروجی یا نیاز) و ذخیره (اندوخته) عناصر اقتصاد آب در سیستم فضا- خاک- هوا را مورد بررسی قرار می‌دهد. در این پروژه پارامترها و ابزارهایی مانند نزولات آسمانی (P)، فعل و انفعالات تبخیر و تعریق (E) به صورت بالقوه (PE) و بالفعل (AE) مازاد آب (WS)، کمبود آب (WD) در نتیجه تغییر ذخیره آب و آب‌های جاری تغییر می‌کند. به منظور تعیین پروسه موازنه طبیعی آبی لازم است متوسط ماهیانه عرضه آب P)، نزولات آسمانی) و تقاضای طبیعی آب PE)، تبخیر و تعریق بالقوه) برای ایستگاه مورد نظر یعنی رامسر از سازمان هواشناسی کل کشور گردآوری شده است.

جدول ۱، مراحل مختلف محاسبه مراحل توازن آبی را برای ایستگاه سینوپتیک رامسر برای سال منتخب، ۲۰۰۱ را نشان می‌دهد[1]. رامسر در طول و عرض جغرافیایی '۵۰/۴ْ و '۳۶/۵۴ْ واقع گردیده، ظرفیت ذخیره‌سازی آب در این منطقه معادل ۲۵۰ میلی متر در نظر گرفته شده است (Subrahmanyam, 1982)[2].

۱- مراحل محاسبه توازن آبی برای ۵۳ سال متوالی یعنی دوره ۲۰۰۹-۱۹۵۶ برای هر سال به طور مجزا محاسبه شده تا شاخص‌خشکی $I_a$ برای آن سال تعیین گردد.

2- V.P.Surahmanyam.1982

www.SID.ir

Archive of SID



مقادیر جدول ۱ برحسب میلی متر و درجه حرارت برحسب سانتی‌گراد می‌باشد.

جدول ۱- موازنه آبی ایستگاه رامسر برای سال ۲۰۰۱

| سالیانه | دسامبر | نوامبر | اکتبر | سپتامبر | آگوست | جولای | ژوئن | می | آوریل | مارس | فوریه | ژانویه | اقلام |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| D | O N | S | A | J | J | M | A | M | F | J | | | |
| ۱۷/۰ | ۱۱/٦ | ۱۸/۳ | ۱۸/٤ | ۲۳/۷ | ۲٦/۹ | ۲۵/٤ | ۲۲/۷ | ۱۸/۹ | ۱٤/۷ | ۱۱/۲ | ۹/٤ | ۷/۲ | oTC |
| ۸۳/۱۹ | ۳/۵۸ | ۷/۱۳ | ۷/۱۹ | ۱۰/۵۸ | ۱۲/۷۸ | ۱۱/۷۱ | ۹/۸۸ | ۷/٤۹ | ۵/۱۲ | ۳/۳۹ | ۲/٦۰ | ۱/۷٤ | i |
| | ۲۹/٤ | ٦۸/۲ | ٦۸/٦ | ۱۰۹/٦ | ۱۳۸/٤ | ۱۲٤/۵ | ۱۰۱/۳ | ۷۲/۳ | ٤۵/٦ | ۲۷/٦ | ۲۰ | ۱۲/۳ | UPE |
| ۸۹۵/۱ | ۲٤/۷ | ۵۸/۷ | ٦٦/۵ | ۱۱۲/۹ | ۱٦۰/۵ | ۱۵٤/٤ | ۱۲۳/٦ | ۸۷/۵ | ۵۰/۲ | ۲۸/٤ | ۱۷ | ۱۰/۷ | APE |
| ۱۷۹٤/٤ | ۸٤/۸ | ۱٦۳/٤ | ۸۰۹/۷ | ۲۷۳/٤ | ۵٤/۲ | ۲۰/۱ | ۳۱/۰ | ٦۸/۷ | ۹/۸ | ۱۰۸/۸ | ۲۰/٦ | ۱٤۹/۹ | P |
| ۸۹۹/۳ | ٦۰/۱ | ۱۰٤/۷ | ۷٤۳/۲ | ۱٦۰/۵ | -۱۰٦/۳ | -۱۳٤/٤ | -۹۲/٦ | -۱۸/۸ | -٤۰/٤ | ۸۰/٤ | ۳/٦ | ۱۳۹/۲ | P-PE |
| | | | | | -۳۹۲/٤ | -۲۸٦/۱ | -۱۵۱/۸ | -۵۹/۲ | -٤۰/٤ | | | | APWL |
| | ۲۵۰ | ۲۵۰ | ۲۵۰ | ۲۱۱/۵ | ۵۱ | ۷۹ | ۱۳۵ | ۱۹٦ | ۲۱۳ | ۲۵۰ | ۲۵۰ | ۲۵۰ | St |
| | ۰ | ۰ | ۳۸/۵ | ۱٦۰/۵ | -۲۸ | -۵٦ | -٦۱ | -۱۷ | -۳۷ | ۰ | ۰ | ۰ | ΔSt |
| ۷۰۱/۷ | ۲٤/۷ | ۵۸/۷ | ٦٦/۵ | ۱۱۲/۹ | ۸۲/۲ | ۷٦/۱ | ۹۲ | ۸۵/۷ | ٤٦/۸ | ۲۸/٤ | ۱۷ | ۱۰/۷ | AE |
| ۱۹۳/٤ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۷۸/۳ | ۷۸/۳ | ۳۱/٦ | ۱/۸ | ۳/٤ | ۰ | ۰ | ۰ | WD |
| ۱۰۹۲/۷ | ٦۰/۱ | ۱۰٤/۷ | ۷۰٤/٤ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۰ | ۸۰/٤ | ۳/٦ | ۱۳۹/۲ | WS |

منبع: یافته‌های محقق، $P$ و $T$ از $IMO$[1] می باشد..

در جدول ۱:

**T**= درجه حرارت بر حسب سانتی‌گراد، **i**= شاخص گرمایی، UPE= تبخیر و تعریق ناسازگار

PE=APE = تبخیر و تعریق سازگار، P= نزولات آسمانی، APWL = تراکم بالقوه آب از دست رفته توسط خاک، **St**= ظرفیت ذخیره‌سازی آب توسط خاک،**Δst** = تغییر در ظرفیت ذخیره‌سازی آب توسط خاک، AE= تبخیر و تعریق طبیعی یا واقعی محیط هوا و خاک.

WD= کمبود آب (یا کمبود رطوبت)، WS= مازاد آب (یا مازاد رطوبت)

1- Iran Meteorolgical Organization= IMO, 2009

www.SID.ir

Archive of SID



در این جدول، تبخیر و تعریق بالقوه و بالفعل ایستگاه رامسر محاسبه می‌گردد. تفاضل P و PE ممکن است مثبت و یا منفی باشند که نشان دهنده افزایش و یا کاهش بالقوه رطوبت موجود در خاک می‌باشد. اگر مقدار این تفاوت منفی باشد، نشان می‌دهد که آب بالقوه خاک از دست رفته بیشتر از مقدار طبیعی رطوبت ذخیره شده در خاک می‌باشد که لازم است از طریق آبیاری مصنوعی به آن افزوده شود.

در منطقه رامسر (در سال ۲۰۰۱) در ماه ژوئن تبخیر و تعریق بالقوه (PE =۱۲۳/٦ میلی متر) ۹۲/٦ میلی متر بیشتر از میزان نزولات آسمانی (P =۳۱ میلی متر) می‌باشد؛ در حالی که میزان آب بالقوه از دست رفته توسط خاک به شکل رطوبت در واقع معادل ٦۱ میلی متر می‌باشد. در شرایط عادی تبخیر و تعریق نمی‌تواند بیشتر از حد نرخ بالقوه رطوبت موجود در خاک باشد تا در حد مطلوب تبخیر و تعریق گردد. در شرایطی که میزان نزولات آسمانی بیشتر از تبخیر و تعریق بالقوه باشد، در این صورت رطوبت موجود در خاک کافی بوده و تبخیر و تعریق بالقوه معادل مقدار واقعی و یا طبیعی آن خواهد بود، به گونه‌ای که تبخیر و تعریق به طور نامرئی انجام می‌گیرد. زمانی که میزان نزولات آسمانی کمتر از تبخیر و تعریق بالقوه باشد، در این صورت تبخیر و تعریق واقعی و طبیعی برابر است با میزان نزولات آسمانی به علاوه هر میزان رطوبت ذخیره شده در خاک که تبخیر یا تعریق شده است (و یاتغییر در رطوبت خاک، (AE=P+Δ St).

کمبود و یا مازاد میزان رطوبت یا آب را می‌توان به راحتی از مراحل محاسباتی موازنه آبی محاسبه نمود. کمبود آب (WD) از تفاوت تبخیر و تعریق بالقوه و بالفعل (WD=AE-PE) و مازاد آب (WS) زمانی رخ می‌دهد که میزان نزولات آسمانی افزایش یابد که در این صورت ظرفیت یا مخازن رطوبت موجود در خاک پر از آب می‌شود و تشنگی خاک کاملا برطرف خواهد شد. در رامسر، متوسط ماهیانه درجه حرارت از ۷/۲ درجه سانتی‌گراد در ماه ژانویه، تا بیشترین درجه ۲٦/۹ درجه سانتی‌گراد در ماه آگوست تغییر می‌کند. مقدار PE کاملا به درجه حرارت وابسته

www.SID.ir

Archive of SID



می‌باشد که معمولا در طی یک سال تغییر کرده و در این جدول از کمترین میزان ۱۰/۷ میلی متر در ماه ژانویه به بالاترین حد خود به میزان ۱٦۰/۵میلی متر در ماه آگوست و بعد از آن به میزان ۱۱۲/۹ میلی متر در ماه‌های آگوست و سپتامبر می‌رسد. مقدار PE به طور ناگهانی در فصل بهار از میزان ۲۸/٤ میلی متر در ماه مارس تا میزان ۱۲۳/٦ میلی متر در ماه ژوئن رسیده و سپس در فاصله پاییز از ۱۱۲/۹ میلی متر در ماه سپتامبر کاهش می‌یابد و تا میزان ۲٤/۷ میلی متر در ماه دسامبر می‌رسد. میزان کل آب مورد نیاز در شرایط طبیعی در این دوره معادل ۸۹۵/۱ میلی متر در سال می‌باشد.

میزان نزولات آسمانی، یا عرضه آب، در طول ماه‌های سال ۲۰۰۱ از نوسان اندکی برخوردار است. متوسط میزان نزولات کل در این دوره معادل ۱۷۹٤/٤ میلی متر می‌باشد که در تمامی ماه‌های سال به طور پراکنده توزیع شده و به طور متوسط در هر ماه معادل ۱۵۰ میلی متر بوده است. کمترین میزان بارندگی مربوط به فصل تابستان و بهار به میزان ۹/۸ میلی متر در ماه آوریل و معادل ۲۰/۱ میلی متر در ماه جولای می‌باشد و بیشترین بارندگی مربوط به فصل پاییز و زمستان می‌باشد که معادل ۸۰۹/۷ میلی متر در ماه اکتبر و معادل ۱٤۹/۹ میلی متر مربوط به ماه ژانویه می‌باشد. بنابراین مرطوب ترین زمان از نظر PE (از نقطه نظر میزان بارندگی) بیشترین تقاضا برای آب را نیز فراهم می‌سازد. مقایسه ماهیانه P و PE نشان می‌دهد که این دو هیچگاه معادل یکدیگر نخواهند بود. میزان نزولات آسمانی در فصول پاییز، زمستان و بهار بسیار زیاد ولی در فصل تابستان بسیار کم می‌باشد. در ماه دسامبر میزان نزولات معادل ۸٤/۸ میلی متر می‌باشد که بیشتر و بالاتر از مقدار مورد نیاز (۲٤/۷ میلی متر) جهت تبخیر و تعریق است که در خاک ذخیره می‌شود و بیشتر از ظرفیتی است که خاک در این شرایط به آن نیاز دارد (یعنی مقدار آبی که از نظر ساختار و فشار و جاذبه زمین به طور طبیعی در خاک نفوذ می‌کند). بعد از آنکه خاک به ظرفیت کامل خود رسیده باشد، هر میزان بارندگی دیگر نیاز به تبخیر و تعریق نداشته و به عنوان مازاد در نهایت به صورت آب‌های جاری جریان می‌یابد. میزان مازاد آب

www.SID.ir

Archive of SID



در ماه‌های ژانویه تا مارس معادل ۲۲۳/۲ میلی متر بوده که در ماه‌های اکتبر تا دسامبر به میزان ۸٦۹/۵ میلی متر افزایش می‌یابد و یا اینکه مازاد آب در سال۲۰۰۱ از ماه اکتبر آغاز گردیده تا ماه مارس ادامه می‌یابد.

در ماه‌های ژانویه تا مارس و سپس در ماه‌های سپتامبر تا دسامبر و یا به طورکلی از ماه‌های سپتامبر تا مارس، میزان میانگین نزولات بیشتر از نیاز بالقوه طبیعی به آب است. در این دوره خاک منطقه رامسر از نظر ذخیره آب به ظرفیت کامل (۲۵۰ میلی متر) رسیده و مقداری از این نزولات در این ماه ها به صورت مازاد و یا آب جاری تبدیل می‌شوند. ماه آوریل، اولین ماهی است که نیاز طبیعی آب در منطقه به طور ناگهانی افزایش می‌یابد و این نیازمندی در نهایت بیشتر از میزان عرضه آب توسط نزولات آسمانی می‌گردد، به گونه‌ای که این میزان نزولات و عرضه آب دیگر قادر نخواهد بود که میزان نیاز آب را تامین نموده و به میزان ٤۰/٤- میلی متر در ماه آوریل (میلی متر ٤۰/٤- =P-PE) می‌رسد. مقداری از این نیاز طبیعی به آب، مقدار آب ذخیره شده در سطح خاک (میلی متر ۳۷- = تغییر در مخازن خاک) می‌باشد که در نهایت میزان ۳/٤ میلی متر (٤۰/٤-۳۷=۳/٤) آن توسط عرضه نزولات آسمانی تامین نشده و یا در خاک ذخیره نمی‌گردد. این مقدار آب مورد نیاز کمبود آب در این ماه را نشان می‌دهد. در ماه ژوئن نیز ۹۲/٦ میلی متر از آب مورد نیاز توسط مقدار بارش آسمانی تامین نخواهد شد.

از آنجا که مقدار آب موجود در خاک کاسته شده و خاک خشک‌تر و تشنه‌تر می‌شود، مقدار آب به میزان ٦۱ میلی متر کمتر از آب مورد نیاز درخاک می‌باشد که این میزان آب از سطح بالائی و روی خاک کاسته شده تا عرضه آب مورد نیاز را تامین نماید. میزان کمبود آب در این ماه معادل ۳۱/٦ میلی متر خواهد بود. به طور طبیعی ظرفیت مخازن و روزنه‌های خاک در جذب و ذخیره آب معادل ۲۵۰ میلی متر فرض می‌شود در تمامی ماه‌های فصل زمستان که میزان ذخیره آب در خاک در حد ظرفیت مخازن خاک (یعنی۲۵۰ میلی متر) می‌باشد، در طول فصل بهار به خاطر آنکه بتوانند حداقل

www.SID.ir

Archive of SID



قسمتی از کمبود عرضه آب مورد نیاز را تامین نمایند، کاهش می‌یابند. کمترین مقدار ذخیره آب مربوط به ماه آگوست (۵۱ میلی متر تقریبا معادل ٤۹ درصد ظرفیت خاک) می‌باشد. ذخیره آب در ماه‌های اکتبر و نوامبر یعنی زمانی که میزان نزولات بیشتر از میزان نیاز آبی که در سطح لایه بیرونی خاک می‌ماند به سرعت به میزان ذخیره طبیعی خود باز می‌گردد.

مقدار AE یا میزان واقعی و طبیعی آب از دست رفته، زمانی که میزان بارندگی بیشتر از PE باشد، معادل AE خواهد بود. در حقیقت AE میزان تمامی آبی است که به طور طبیعی خاک و گیاهان 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 حالی که PE به کل عامل گرمایی در نتیجه تابش خورشید در منطقه بستگی خواهد داشت. در هر حال زمانی که 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 حالی که متوسط PE در رامسر معادل ۸۹۵/۱ میلی متر در سال می‌باشد، مقدار طبیعی آب از دست رفته یا تبخیر و تعریق فقط معادل ۷۰۱/۷ میلی متر در سال می‌باشد که در نتیجه مقدار کمبود آب معادل ۱۹۳/٤ میلی متر می‌باشد. از آنجا که متوسط نزولات سالیانه معادل ۱۷۹٤/٤ میلی متر می‌باشد، در واقع فقط مقدار ۷۰۱/۷ میلی متر آن از طریق تبخیر و تعریق را از دست می‌دهد و مازاد سالیانه آب باید معادل ۱۰۹۲/۷ میلی متر باشد.

همچنین می‌توان نشان داد که در سال ۲۰۰۱ در رامسر $I_h$=۱۲۲/۱، $I_a$=۲۱/٦ و $I_m$=۱۰۹/۱٤ درصد می‌باشد که به منظور تشخیص نوع خشکسالی به کار می‌رود که از نوع شدید خواهد بود.

www.SID.ir

Archive of SID



با محاسبه مقایسه بیلان آبی سال‌های مختلف در رامسر می‌توان به نتایج جالبی نیز دست یافت. در تمامی سال‌های ۱۹۵٦ الی ۲۰۰۹، هر سال منطقه در بعضی ماه ها مواجه با کمبود آب و در بعضی ماه های دیگر مواجه با مازاد آب می‌شود. بیشترین میزان مازاد آب مربوط به سال ۱۹۹۵می‌باشد که معادل ۱٤۰/٦ میلی متر می‌باشد، در حالی که بیشترین نزولات آسمانی مربوط به سال ۲۰۰۱ و کمترین میزان بارندگی مربوط به سال ۱۹۷۱ میلادی خواهد بود. همچنین بیشترین میزان کمبود آب مربوط به سال ۲۰۰۲ معادل ۳۳۵/۲ میلی متر و کمترین میزان کمبود آب موجود در خاک نیز در دوره‌های متفاوت نیز متفاوت خواهد بود.

بنابراین شاید بهتر باشد در سالی که بالاترین میزان WS وجود دارد بتوان اقدام به ذخیره‌سازی آب نمود تا در فصلی که مواجه با WD و یا کمبود آب می‌شوند اقدام به آبیاری منطقه نمود و از این آب ذخیره شده استفاده نمود. البته در دورانی که WS بالا باشد، سطح آب‌های زیرزمینی و یا آب‌های جاری نیز افزایش می‌یابد و در سال‌هایی که WD زیاد است، سطح آب‌های زیرزمینی نیز کاهش می‌یابد.

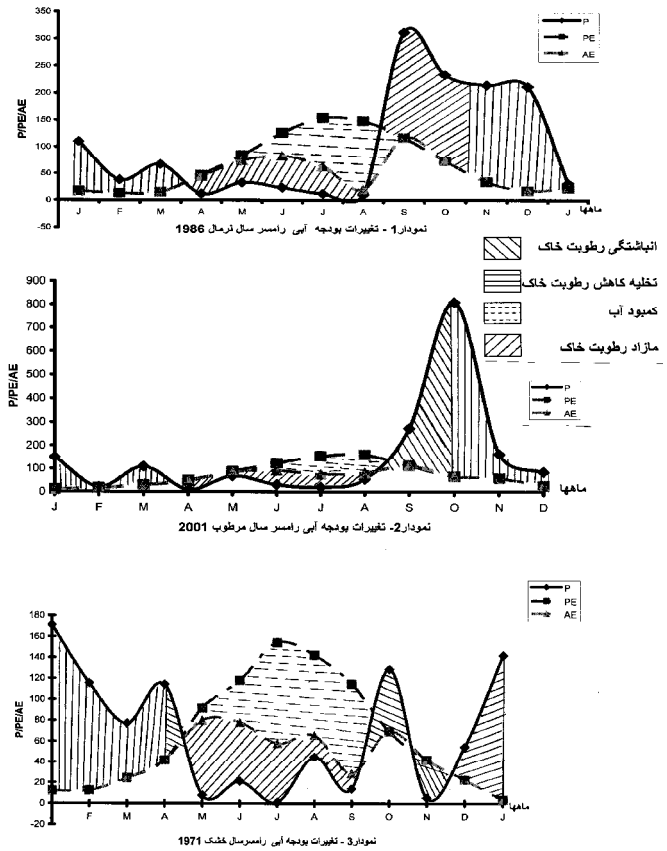
بنابراین در پروژه توازن آبی و یا اقتصاد آب، شرایط منطقی یا قطعی محیطی را به کمک پارامترهای حساس یعنی تبخیر و تعریق بالقوه (PE یا آب مورد نیاز به عنوان مخارج)، نزولات آسمانی (P یا عرضه آب یا درآمد)، ساختار رطوبت خاک، تبخیر و تعریق طبیعی یا واقعی (AE یا آب مورد نیاز واقعی جهت تبخیر)، کمبود آب (WD یا آبیاری مورد نیاز) و مازاد آب (WS، آب موجود برای آبیاری بالقوه)، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نمودارهای زیر توازن آبی را برای سال‌های نرمال (۱۹۸٦)، خشک‌ترین سال (۱۹۷۱) و مرطوب‌ترین سال (۲۰۰۱) را براساس **پارامترهای** P ،PE و AE نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID






چنانکه مشاهده می گردد PE و یا درجه حرارت عامل خشکی در این منطقه می باشد.

نمودار شماره ۱: بیلان آبی در ماه‌های مختلف منطقه مورد نظر از نظر کمبود و یا مازاد آب

نمودار فوق بیلان آبی را در ماه‌های مختلف منطقه مورد نظر را از نظر کمبود و یا مازاد آب نشان می‌دهد که مثلا در سال ۲۰۰۱ رامسر از توزیع مناسب بارندگی برخوردار بوده و در ماه‌های اکتبر تا مارس معادل ۱۰۹۲/۷ میلی متر از مازاد طبیعی آب برخوردار بوده است. در ماه‌های آوریل تا اواخر ماه آگوست معادل ۱۹۳/٤

www.SID.ir

Archive of SID



میلی متر مواجه با کمبود آب گردیده و در همین دوره معادل ۱۹۹ میلی متر رطوبت خاک را از دست داده است، ولو آنکه در فاصله سپتامبر تا اواخر اکتبر به دلیل افزایش نزولات آسمانی مجددا این رطوبت است دست رفته ماه‌های قبل را دوباره به دست آورده و تراکم رطوبت ایجاد گردیده است.

در سال ۱۹۷۱ که به عنوان کم‌باران‌ترین و یا خشک‌ترین سال در نظر گرفته شده است، رامسر فقط در ماه‌های ژانویه تا اواخر ماه آوریل معادل ۳۸٤ میلی متر مواجه با مازاد طبیعی آب می‌شود که حاصل ٤۷۷/۹ میلی متر بارندگی در همین دوره می‌باشد که به طور مسلم قسمتی از این بارندگی به دلیل کمبود آب و کاهش رطوبت خاک در ماه‌های قبلی توسط خاک و هوا جذب می‌شود. میزان کمبود آب که در ماه‌های می تا اواخر ماه سپتامبر ایجاد می‌شود معادل ۳۰۹/۹ میلی متر می‌باشد که با مقایسه میزان بارندگی در همین دوره معادل ۲۲۱ میلی متر کاهش رطوبت خاک را باعث خواهد شد. این میزان کمبود آب باعث می‌شود که در سال ۱۹۷۱ شاخص رطوبت معادل $I_m$=۲۳/٤٤ درصد گردد و شاخص خشکی در این سال معادل $I_h$=۳٦/٦ درصد می‌گردد که خشکسالی بسیار حادی را ایجاد می‌کند.

سال‌های مرطوب (۲۰۰۱) و خشک (۱۹۷۱) با سال نرمال (۱۹۸٦) مقایسه گردیده است. در سال ۱۹۸٦ با وجود آنکه متوسط بارندگی معادل ۱۲۷۳/۷ میلی متر بوده، به خاطر بالا بودن گرما و نوسانات بالای **PE** باعث شده این شهرستان با کمبود آب ۲۷۵/۵ میلی متری روبرو گردیده و در نتیجه بالا بودن شاخص خشکی $I_a$=۳۲/٦ درصد با یک خشکسالی حاد روبرو شود، در حالی که شاخص رطوبت در همین سال معادل $I_m$=٦۳/۸٤ درصد بوده است. مقایسه فوق نشان می‌دهد که تنها عامل بارندگی نمی‌توان شاخص مطلق به منظور بررسی خشکسالی در هر منطقه باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



**بررسی نوسانات و شدت خشکسالی در رامسر**

به کمک فرایند بیلان آبی می‌توان به اطلاعات لازم جهت تعیین شاخص خشکی در هر منطقه دست یافت. داشتن اطلاعات لازم در مورد شدت و یا نوسانات خشکسالی و مدت وقوع و یا میزان صدمه‌ای که ایجاد می‌کند، در برنامه‌ریزی‌های اقتصاد کشاورزی و هیدرولوژیکی از اهمیت زیادی برخوردار است. به بیان دیگر مشخص نمودن مقدار آب موجود و شدت خشکسالی و میزان خشکی، دوره وقوع این پدیده و شدت تاثیر آن بر شرایط اقتصادی و اجتماعی هر منطقه دارای اهمیت بسیار زیادی می‌باشد.

سوبرمنییم[1] معتقد است که نوسانات و یا شدت وقوع خشکسالی نه تنها به میزان کل نزولات آسمانی و فعل و انفعالات تبخیر و تعریق هر منطقه بستگی دارد، بلکه دامنه توزیع فصلی پارامتر اولی یعنی،P از اینکه چه میزان قادر است دومی یعنی پارامتر PE را تامین نماید نیز، از اهمیت زیادی برخوردار است. موضوع مهم اینکه کاربرد پارامترهای بیلان آبی از به کارگیری تنها کمبود نزولات آسمانی در بیان واقعیت‌های پدیده خشکسالی منطقی‌تر به نظر می‌رسد.

پس از ارائه نظریه موازنه آبی که توسط تورنث وایت (۱۹۵۵) ارائه گردیده، موضوع تحلیل شدت و نوسانات خشکی و خشکسالی به واقعیت نزدیکتر شده و طرح و طبقه‌بندی شرایط آب و هوایی نیز به واقعیت نزدیکتر شده است[2]. به منظور تحلیل واقعی‌تر نوسانات و شدت وقوع پدیده خشکسالی در ایستگاه منتخب رامسر با استفاده از نتایج حاصل از پارامترهای موازنه آبی دامنه جدول زیر برای تعیین شدت وقوع و نوسانات پدیده خشکسالی براساس شاخص خشکسالی ($I_a$) درنظر گرفته شده است.

---

1- V.P.Subrahmanyam. op.cit., 1982.

۲- نتیجه این طبقه‌بندی در پایان نامهA.A.Abounoori آورده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



جدول ۲- طبقه‌بندی شدت خشکسالی[1] (Subrahmanyam, 1982)

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

در این جدول $I_a$ شاخص خشکی که به روش تورنث وایت و پارامترهای موازنه آبی تعیین می‌گردد. این شاخص عبارت از نسبت کمبود سالیانه رطوبت به آب مورد نیاز سالیانه می‌باشد. $\sigma$ نیز عبارتست از انحراف معیار شاخص خشکی طی دوره مورد مطالعه.

در مطالعه حاضر با استفاده از معیار انحراف معیار سالیانه شاخص خشکی در مقایسه با میانگین متوسط آن چهره واقعی وقوع پدیده خشکسالی در منطقه را در اندازه و شدت‌های متفاوت بین سال‌های ۲۰۰۹-۱۹۵۶ برای ایستگاه رامسر نشان داده شده است.

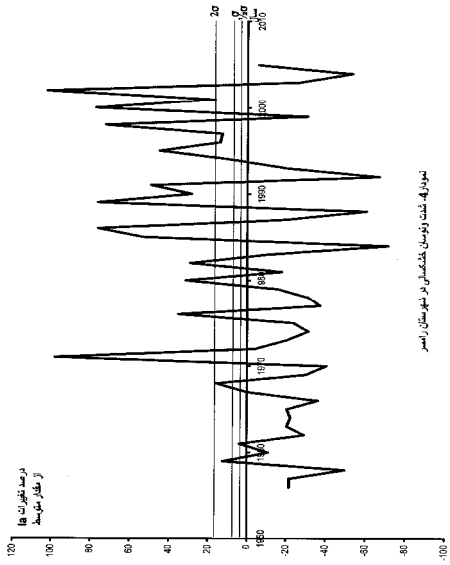
1- V.P.Subrahmanyam,1982

www.SID.ir

Archive of SID



نتیجه مطالعه در نمودار زیر نشان داده شده است.




نمودار فوق نشان می‌دهد در ایستگاه رامسر با متوسط شاخص خشکسالی $I_a$=۱۸/۸۸ درصد و انحراف معیار σ=۷/۷ روبرو می‌باشد و طی دوره مورد مطالعه مورد وقوع ۲۲ خشکسالی قرار گرفته که ٦ مورد آن خشکسالی شدید و ١٦ مورد خشکسالی حاد بوده است.

سال ۲۰۰۱ که پرباران‌ترین سال طی دوره مورد مطالعه (۲۰۰۹-۱۹٥٦ میلادی و یا ۱۳۸۷-۱۳۳٥شمسی) می‌باشد، به خاطر تقاضای شدید به آب در این دوره با خشکسالی شدید روبرو می‌گردد، در عین حال که سال قبل و سال بعد از ۲۰۰۱ که میزان بارندگی کمتر بوده، این منطقه با خشکسالی حاد روبرو شده است. حادترین خشکسالی مربوط به سال ۲۰۰۲ می‌باشد که شاخص خشکی آن $I_a$=۹۸/۰۹ درصد و

www.SID.ir

Archive of SID



کمترین شاخص خشکی مربوط به سال ۱۹۸٤ می‌باشد که معادل ۷۱/۹۳- =$I_a$ درصد می‌باشد.

جدول ۳ نیز تعداد دفعات خشکسالی و شدت آن را در هر دهه طی ۵۳ سال تحقیق در دوره ۲۰۰۹-۱۹۵٦ میلادی نشان می‌دهد.

چنان که مشاهده می‌گردد، رامسر در هر ده سال چهار بار دچار خشکسالی می شود و یا احتمال وقوع این پدیده در این منطقه ۰/٤ برای هر ده سال خواهد بود. مشاهدات نشان می‌دهد که در سال ۲۰۰۹ (۱۳۸۸ شمسی) احتمال وقوع خشکسالی شدید و یا حاد برای رامسر وجود خواهد داشت.

جدول ۳ فراوانی و نوع وقوع خشکسالی را نشان می‌دهد.

جدول۳: فراوانی و شدت وقوع خشکسالی در هر دوره (ده ساله)، رامسر

| نوع دوره / خشکسالی | ملایم | سخت | شدید | حاد |
|---|---|---|---|---|
| ۱۹۵٦-٦۵ | ۱ (۱۹٦۱) | | ۱ (۱۹۵۹) | - |
| ۱۹٦٦-۷۵ | - | - | ۱ (۱۹٦۸) | ۱ (۱۹۷۱) |
| ۱۹۷٦-۸۵ | - | - | - | - |
| ۱۹۸٦-۹۵ | - | - | (۱۹۹٤)۱ | ۵ (۱۹۸٦،۸۹،۹۰،۹۱،۹۵) |
| ۱۹۹٦-۲۰۰٦ | - | - | - | ۳ (۲۰۰٦،۲۰۰۷،۲۰۰۸) |

منبع: یافته‌های محقق

## نتیجه‌گیری و پیشنهاد

طول دوره و ادامه پدیده خشکسالی از نظر شدت و یا نوسانات آن به طور انفرادی و تواما در نهایت تاثیر کمبود آب را بر شرایط اقتصادی و اجتماعی هر منطقه را نشان

www.SID.ir

Archive of SID



می‌دهد. طی دوره ۵۳ ساله در شهرستان رامسر، در هر دهه مواجه با پدیده خشکسالی شدید می‌گردد و علت وقوع این پدیده توزیع نامناسب بارندگی و بالا بودن نسبی PE در این منطقه می‌باشد. البته به کمک نمودار ۱ که توازن آبی مربوط به سال نرمال را نشان‌می‌دهد، این منطقه در فاصله ماه‌های می تا سپتامبر و یا در فاصله ماه‌های اردیبهشت تا شهریور مواجه با کمبود آب می‌گردد که این فاصله زمانی را می‌توان با فعالیت کشاورزی دیم مطابقت یا هماهنگ نمود. به کمک روش موازنه آبی می‌توان روش منطقی‌تری برای تعین دوره وقوع و شدت خشکسالی در منطقه رامسر را بررسی نمود. خشکسالی ملایم ولی طولانی مدت بیشترین تاثیر خزنده را بر اقتصاد منطقه خواهد گذاشت تا یک خشکسالی شدید و یا حاد کوتاه مدت. درعین حال در دوره‌ای که با مازاد آب روبرو می‌باشیم، می‌توان آب کافی را برای دوره کمبود آب ذخیره نمود. در همه مناطق ایران به منظور مقابله با پدیده خشکسالی، افزایش ذخیره سفره‌های آب‌های زیرزمینی از ذخیره سازی آب در پشت سدها و یا سدسازی از اهمیت بیشتری برخوردار است و سرمایه گذاری در سدسازی هزینه بیهوده‌ای است.

جدول ۳ نشان می دهد که با بالا رفتن PE به علت افزایش درجه حرارت در سال‌های اخیر در منطقه رامسر، شدت خشکسالی نیز از سال ۲۰۰۰ به بعد حادتر شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



منابع

1. Abounoori, A.A. (1988) "Agricultural development in drought-prone areas of Iran", Ph.D. Thesis Sub.S.V.Univ. in India.
2- Blumenstock, Jr.G. (1942) "Drought in the United States analysed by means of the theory of probability", ***Tech . Bull***. No. 819, U.S. Dept. of Agri.Washington.D.C.,P.5.
3- Foley, J.C. (1957), "Droughts in Australia, review of records from the earliest years of settlement to 1955", ***Commonwealth Bureau of Meteorology Bull***, No., 43, Melbourne. p.4.
4. Gaussen, H. (1955), «Theoric et classification des climates et des micro climats », VIII, Congr. Int. bot. Paris, Section 7et 8, 1954, pp.125-30.
5. Gaussen, H. (1955), « Les climates analogues al'echelle du monde, compt ». ***Rand. Acad. Agri.***, France, Vol.41.
6 . Habilbolah, Salami, N. Shahnooshi, K. J. Thomson, (2009), "The economic impacts of drought on the economy of Iran", ***Ecological Economics***, pp. 1032-1039.
7. Hoyt, J.C. (1936), "Droughts of 1930-34", U.S. Geol. Survey Water Supply Paper, 680, 106-pp.
8. Holms, R.M. and Robertson, G.W. (1959), "Amodulated Soil moisture budget", ***Mon. Weaher Rev***. 87, pp.1-7.
9. Heathcote, R.L. (1974), ***"Drought in south Australia in natural hazards local, national global***", by GilbertF. White (ed.) Oxford, Univ. Press, New York, pp. 128-136.
10. Henry, A.J. (1906), "Drought, in climatology of the United States", U.S.A. ***Weather, Bur. Bull***. Q (WB No.361), pp. 51-58.
11. Hershfield, D.M., Braken Siek, D.L., and Comer, G.H. (1972),
"Some measures of agricultural drought", in "Floods and droughts", Proc. of the 2nd Inter. Symp. In "Hydrology" (eds.). E.F. Schltz, V.A. Koelzer, and K. Mahmood, Fort Collins, Colorado, U.S.A., pp. 491-502.
12. Jaiswal, N.K. and Kolte, N.V. (1981), "***Development of drought-prone area***s", Published by National Institute of Rural Development , Rajendranagar, Hyderabad, India, pp. 37-60.
13. Katz, R.W. and Glantz, M.H. (1977), "***Rainfall statistics, drought and desertification in Sahel***", in Desertification in Sahel, (M.H.Glantz, ed.) , pp. 18-102, Westview Press, Boulder, Col.
14. Kulik, M.S. (1962), "***Agroclimatic indices of droughts***", in Agrometeorological problems (eds.) Davitaya, F.F. 1958 and Kulik, M.S., Met. Transl., No. 7, Dept. of Transport. Toronto, pp. 71-74.
15. Krishnan, A. (1979), "Key paper on definition of droughts and factors relevant to specification of agricultural and hydrologic droughts" in Proc. Inter. Symp. on hydrological aspects of droughts, IIT. New Delhi, India, pp 67-102.

www.SID.ir

Archive of SID



16. Landsberg, H.E. (1958), "***Physical Climatology***", Gray Publishing Co., 2nd ed. , p. 247.
17. Linsley, Jr. R.K. , Kohler, M.A. and Paulhus J.L.H. (1959), "***Applied Hydrology***", McGraw-Hill, New York, p.581.
18. Mather, J.R. (1974), "***Climatology, fundamentals and application***", Mc Graw-Hill, 6, , p. 167.
19- Michael McKernan, (2003), "***Drought conference paper***", New South Wales. Sydney, pp. 292.
20. 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.
21. Office for Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA), (2000), "United Nations technical missin on the drought situation in the Islamic Republic of Iran", (http://www.reliefweb.int/ochaunep/edr/Iran drought.pdp).
22. Palmer, W.C. (1956), "Drought in Western Kansas", Weekly Weather and Crop Bull. U.S., W.B. Vol. 63, No.74, pp. 7-80.
23. Palmer, W.C. (1965), "Meteorological droughts", Weather Bureau Research Paper No. 45, U.S. Dept. of Commerce, Washington, D. C. Bur. p. 58.
24. Ram Mohan, H.S., Vaisala, P. and Appa Rao, B.V, (1983), "Drought spells over north-central India during the 1979 South West Monsoon", in ***Mausam*** , Vol. 34, No. 3, pp. 299-302.
25. Rodier, J.A. and Beran, M.A. (1979), "Some information on the UNESCO-WMO report on hydrological aspects of drought", in ***Hydrological Aspects of Drought***," IIT, New, Delhi, India, pp.461-482.
26. Richard, D.S. (1957), "A comparison between measured and calculated soil moisture deficit, "***New Zealand, J. Sci.,Tech.***, A58. pp. 1081-1090.
27. 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.
28. Subrahmanyam, V.P. (1982), "***Water balance and its applications***", Andhra Univ. Inida.
29. Shantz, H.L. (1927), "Drought resistance and soil moisture", ***Ecol.***, Vol. 8, pp. 145-157.
30. Tannehill, I.R., (1947), "***Drought- its causes and effects***", Princeton Univ., press, N.J.
31. Thornthwaite, C.W. (1947), "Climate and moisture conservation", ***Annals of the Assn. Amer-Geogr***., Vol.37, No.2, pp. 87-100.
32. Thornthwaite, C.W. And Mather (1948), "An approach towards a rational classification of climate", ***Geographical Review***, Vol. 38, pp. 55-94.
33. Thornthwaite, C.W. And Mather (1955, 1957), "***The water balance***", Publications in Climatology, Vol. 8, No.1, 1955, Drexel Institute of Technology,

www.SID.ir

Archive of SID



Laboratory of Climatology, Centerton, N.J. 104. pp, and Vol. 10, No.3,1957, 244. pp.
34. Van Rooy, M.P. (1965), "A rainfall anomally index independent of time and space", Notos, ***Weather Bureau, South Africa***, Vol. 14. p.43-48.
35. Wilhite, D.A. (2005), "***Drought water crises***", Tayler and Francis Group, CRC Press, pp. 431.

www.SID.ir