تجزیه و تحلیل پدیده خشکسالی کشاورزی شهرستان فیروزکوه به روش موازنه آبی (اقتصادآب)

دکتر عباسعلی ابونوری *

چکیده

خشکسالی[1] بعنوان یکی از پدیده‌های طبیعی متناوب منطقه‌ای، نامطمئن و غیرقابل پیش‌بینی، با ایجاد کمبود آب در هوا وخاک بر فعالیتهای اقتصادی و اجتماعی منطقه، درنتیجه کاهش تولیدات کشاورزی و غذائی، با ایجاد قحطی؛ بر نیروگاههای برآبی هر منطقه آسیب‌های جبران‌ناپذیری را وارد می‌کند.

این مقاله تلاش می‌کند تا با استفاده از اقتصاد آب و توازن آبی، ایستگاه سینوپتیک فیروزکوه طی دوره ۱۵ ساله با برآورد تعداد دفعات وقوع خشکسالی، شدت آنها را نیزاندازه‌گیری کند. با بکارگیری روش بودجه آبی در منطقه مشخص شده است که فیروزکوه بطورمتوسط در هر ۵ سال مواجه با یک پدیده خشکسالی حاد گردیده و یا احتمال وقوع این پدیده در این منطقه ۰/۲ می‌باشد و لازم‌است کشاورزان و یا زارعین منطقه باتوجه به وقوع این پدیده بگونه‌ای برنامه‌ریزی کنند که از آسیب‌پذیری بیشتر محصولشان‌جلوگیری شود. این منطقه در سال ۸۸-۱۳۸۷ مواجه با خشکسالی حاد گردیده ولو آنکه پیش‌بینی‌می‌شود که در اواخر سال ۱۳۸۸ از شدت وقوع این پدیده کاسته شده و با یک خشکسالی ملایم روبرو شود.

طبقه بندی **JEL**: **Q57 ; Q54 ; Q51**

واژه‌های کلیدی: **خشکسالی؛ نزولات آسمانی؛ موازنه آبی؛ شاخص رطوبت؛ روش تورنت ویت.**

---

* استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی [نویسنده مسئول]

Email:aabounoori@yahoo.com

[1] Drought

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

شرایط نامطمئن، نامتجانس و نامتوازن محیطی و جوی نزولات آسمانی، از نظر زمانی و مکانی باعث می‌شود که هیچگاه مسئولین درمنطقه فیروزکوه نتوانند به یک شیوه مشخص، منطقی و مطمئن به منظور دستیابی توسعه اقتصادی و کشاورزی مناسب دست یابند. با وجودآنکه پدیده خشکسالی در ایران و مناطقی که مستعد وقوع این پدیده می‌باشند؛ از جمله منطقه فیروزکوه که به یک منطقه نیمه خشک تبدیل‌گردیده است؛ باعث می‌شود که عملکرد و تولیدات کشاورزی و یا هرگونه فعالیت زراعی و کشاورزی و یا صنعتی مواجه با پدیده ریسک و عدم‌اطمینان گردیده و امکان دستیابی مستمر به خودکفائی در تولیدات کشاورزی نیز غیرممکن به نظر برسد.

ماهیت پدیده خشکسالی باعث شده است که تاکنون یک تعریف کامل، جامع، عمومی و منطقی برای این پدیده بیان نشود، با وجود این، ازنظر هواشناسی خشکسالی عبارتست از کاهش شدید میزان بارندگی و یا نزولات آسمانی در یک دوره زمانی نسبتاً زیاد؛ ولی از نظر متخصصین‌آب‌شناسی، خشکسالی زمانی رخ می‌دهد که سطح آبهای سطحی و زیرزمینی و میزان آبهای جاری از نظر دبی آبی کاهش یافته و سطوح آب‌چاهها و سفره آبهای زیرزمینی و حجم آب پشت سدها بطور محسوسی کاهش یابد. اندیشمندان علم کشاورزی معتقدند که پدیده خشکسالی‌باعث کاهش رطوبت در خاک و هوا، تشنگی محیطی و کاهش تولید و عملکرد محصولات کشاورزی می‌گردد. بالاخره، از نظر اقتصاددانان این‌پدیده باعث قحطی، گرسنگی، سؤتغذیه، افزایش مهاجرت، تحرکات شدید جمعیتی و اجتماعی، کاهش رفاه و افزایش آسیب‌های اجتماعی،جنگهای منطقه‌ای، تخریب سکونتگاهها و سفره‌آبهای زیرزمینی می‌گردد. بطور مسلم کاهش جریان دبی آبهای سطحی باعث آلودگی بیشترمخازن آبها و کاهش کیفیت آبها نیز می‌گردد. (ابونوری،۱۹۸۸،۱۱). ساختار مقاله به این شرح است: پس از مقدمه، مبانی نظری مرور شده، در بخش روشناس ارائه شد و سپس نتایج تجربی آورده شده است. نتیجه گیری و پیشنهادات بخش پایانی مقاله را شکل می دهد.

۲- مبانی نظری

پدیده خشکسالی را می توان از دو روش یا دو دیدگاه به شرح زیر طبقه‌بندی نمود:

روش اول؛خشکسالی از نظر شدت: تورنت ویت[1](۱۹۴۷،۱۰۰-۸۷) وقوع پدیده خشکسالی را در چهار نوع به شرح زیر طبقه‌بندی می‌کند.

[۲] Thornthwaite

www.SID.ir

Archive of SID

- خشکسالی دائم، که ویژگی آن شرایط آب و هوای خشک مانند صحرا ویا کویر است. رشد و نمو گیاهان پراکنده بوده و با این نوع پدیده کم‌آبی و خشکی عادت می‌کنند. همچنین فعالیت کشاورزی نیز بدون استفاده از سیستم‌آبیاری مصنوعی در تمامی فصول کشاورزی غیرممکن به نظر می‌رسد.

- خشکسالی فصلی، این نوع پدیده خشکسالی در شرایط آب و هوائی مرطوب ولی در فصل خشک رخ می‌دهد. در این مناطق زمان کشت وزرع محصولات بگونه‌ای با شرایط محیطی تطبیق داده شده است که مراحل رشد محصولات کشاورزی در فصل پرباران انجام گرفته و یا کشت‌محصولات کشاورزی در فصل خشک از طریق آبیاری مصنوعی انجام می‌گیرد.

- خشکسالی تصادفی، در مناطقی رخ می‌دهد که در آن مناطق میزان بارندگی نامنظم، نامطمئن و تصادفی باشند. علت اصلی وقوع این‌پدیده، نامنظم و یا تصادفی بودن میزان بارندگی از نظر زمانی در فصل بارندگی می‌باشد. احتمال وقوع این نوع خشکسالی تقریباً در همه مناطق‌وجود دارد، حتی در مناطقی که با خشکسالی فصلی مواجه می‌شوند. البته مشخصه ویژه وقوع این پدیده مربوط به مناطقی میشود که دارای شرایط آب و هوائی‌نیمه مرطوب و یا مرطوب باشند. وقوع این پدیده بسیار مخفیانه، نامنظم و غیرقابل پیش‌بینی است و به ندرت می‌توان زمان‌وقوع آن را پیش‌بینی نمود.

- خشکسالی ضمنی یا نامشهود، این نوع پدیده خشکسالی تقریباً درهمه جا رخ می‌دهد، که البته بیشتر به شرایط آب و هوائی‌مرطوب مربوط می‌شود. خشکسالی نامشهود حتی در زمانی که در همه مناطقی که بطور دائم باران می‌بارد نیز به وقوع می‌پیوندد. زمانیکه میزان‌بارندگی قادر نیست رطوبت از دست رفته و یا آب تبخیر شده موجود در خاک یعنی تشنگی خاک را تأمین نماید،این میزان بارندگی در آن حد بحرانی قرار می‌گیرد که رشد گیاهان را متوقف ساخته و باعث کاهش تولید و عملکرد و افت کیفیت این نوع محصولات گردد. خشکسالی نامشهود را نمی‌توان به سادگی تشخیص داد، زیرا ظاهراً بارش باران کافی به نظر می‌رسد و گیاهان نیز بطور طبیعی در حال رشدمی‌باشند، ولی به علت کاهش رطوبت خاک این میزان بارندگی‌ها قادر نیستند به اندازه کافی رطوبت از دست رفته خاک را جبران نموده وتشنگی خاک را تأمین نموده و حد موردنیاز طبیعی خود را نیز جذب نمایند.

روش دوم: طبقه‌بندی خشکسالی از نظر نوع

خشکسالی از نظر علم هواشناسی[1]

از نظر علم هواشناسی، خشکسالی در مناطق مختلف متفاوت است.در ارتباط با این موضوع

[1] Meterological Drought

www.SID.ir

Archive of SID

بتس[1](۱۹۳۵) می‌گوید پدیده خشکسالی زمانی رخ می‌دهد که میزان بارندگی سالیانه کمتر از ۷۵ درصد مقدار نرمال آن در سال باشد. سازمان‌هواشناسی انگلستان[2] از نظر هواشناسی پدیده خشکسالی را به شرح زیر طبقه بندی نموده است:

الف – خشکسالی مطلق به دوره‌ای اطلاِ می‌شود که حداقل ۱۵ روز متوالی هر روز 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 اینچ‌نشود، و

ج – خشکسالی مقطعی به دوره‌ای گفته می‌شود که پانزده روز متوالی، روزی بیشتر از ۰/۰٤ اینچ باران نباریده باشد.

دراسترالیا توسط سازمان هواشناسی این کشور روشی هدفمند در شناخت پدیده خشکسالی انجام گرفته است. این سازمان اعلام می‌دارد که‌این پدیده را براساس می‌نیمم آب موردنیاز در منطقه می‌توان شناخت و خشکسالی زمانی رخ می‌دهد که میزان بارندگی در یک دوره مشخص‌کمتر از می‌نیمم آب موردنیاز در آن منطقه باشد.

خشکسالی از نظر هیدرولوژیکی[3]

در صورتیکه خشکسالی هواشناسی استمرار یابد به خشکسالی آبی‌و یا هیدرولوژیکی تبدیل می‌شود. ویژگی این پدیده، خشک شدن آبهای سطحی و در نتیجه خشک شدن مخازن و ذخایر آبهای پشت سدها، دریاچه‌ها، جویبارها و رودخانه‌ها و توقف جریان چشمه‌سارها وبالاخره باعث کاهش وافت شدید سفره آبهای زیر زمینی می‌گردد.

پالمر(۱۹٦۵)[4] معتقد است که خشکسالی هیدرولوژیکی، عبارتست از کاهش جریان آبهای جاری و دریاچه‌ها، سطح مخازن آب سدها، تهی شدن‌ذخایر رطوبت خاک، افت سطح سفره‌های آبهای زیرزمینی، و کاهش مستمر و متوالی جریان آبهای زیرزمینی. درنتیجه تغییرات غیرطبیعی‌میزان نزولات آسمانی، کل سیستم هیدرولوژیکی یک منطقه به شدت آسیب می‌پذیرد. در عین حال در مناطقی که از سیستم کاریز جهت‌آبیاری استفاده می‌شود، درنتیجه کاهش جریان آب این کاریزها؛ از نظر زمین‌شناسی کاهش فشار و دبی آبی کاریزها، باعث تخریب کانال‌های‌آبرسانی این کاریزها گردیده و امکان احیاء مجدد آنها بسیار پرهزینه خواهد بود.

---

٤ Bates

2 Met. Off, London, 1936

3 Hydrological Drought

٧ Palmer

www.SID.ir

Archive of SID

به منظور تشخیص خشکسالی هیدرولوژیکی لازم است تراز و موازنه آبی (بودجه آبی) هر منطقه را با توجه به جریان اضافی و یا کمبود بارندگی ومازاد برتراوشات در بکارگیری مؤثر میزان بارندگی را در بودجه آبی آن منطقه اندازه‌گیری نمود.

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 رشدگیاهان را در مرحله بلوغ و خوشه دهی تهدید نموده، بگونه‌ای که این میزان کاهش شدید رطوبت در خاک، محصولات کشاورزی به شدت صدمه دیده و یا درحالت پژمردگی رشد کنند (اندیا،۱۹۷٦)[2]

در کشورهائی که تولید محصولات کشاورزی آنها به تغییرات آب و هوائی و میزان بارندگی فصلی آنها بستگی دارد، پدیده خشکسالی نه تنهامتناوب و سیکلی و یا دوره‌ای می‌باشد، بلکه تولیدات کشاورزی نیز به همین ترتیب بی‌ثبات، متناوب و دچار پدیده ریسک و عدم اطمینان‌می‌گردند (هابیل بولها وهمکاران،۲۰۰۹)[3]

هرشفیلد و دیگران(۱۹۷۲)[4] **معتقدند که اصولاً اثرات عمده پدیده خشکسالی کشاورزی در اتلاف محصولات کشاورزی است بدون آنکه به جریان‌آبی منطقه آسیب جدی وارد کند. درحقیقت اثرات این نوع خشکسالی ممکن است در کوتاه مدت آنقدر سخت و طاقت‌فرسا باشد که محصولات‌کشاورزی و مراتع را آسیب برساند ولو آنکه باعث افت شدید و قابل ملاحظه‌ای در سفره آبهای زیرزمینی و یا جریان آبهای جاری و رودخانه‌ها و بطورکلی، انباشتگی و تراکم متمادی و پی در پی کاهش نزولات آسمانی و باعث کاهش شدید جریان آبهای جاری و یا دبی آبی رودخانه‌هامی‌شود.**

در هر حال هر نوع مطالعه در ارتباط با پدیده خشکسالی کشاورزی به نوع محصولات کشاورزی، عمیق بودن ریشه محصول، مشخصه ونوع‌خاک و عوامل طبیعی که بر عرضه و تقاضای رطوبت موجود در خاک و هوای آن منطقه تأثیر می‌گذارد، بستگی دارد. معمولاً وقوع پدیده‌خشکسالی کشاورزی زمانی واقعیت می‌یابد که نیاز محصولات کشاورزی به آب شدت یافته و مقدار این نیاز غیرقابل پیش‌بینی بوده و اگرسیستم آبیاری مجهز در منطقه وجود نداشته باشد، تولید محصولات کشاورزی در این منطقه به شدت صدمه می‌بینند.

در این تحقیق عمدتاً به خشکسالی کشاورزی توجه شده است که به روش بودجه آبی در منطقه موردنظر بررسی شده است.

---

[1] Agricultural Drought

[۹] Govt. of India

[۱۰] Habilbolha ,& other

[۱۱] Hershfield & others

www.SID.ir

Archive of SID

۳- روش شناسی

ابتدا لازم است شرایط فیزیولوژیکی، آب و هوائی و نوع خاک درتحلیل پدیده خشکسالی منطقه را مورد بررسی قرار داد. با توجه به اینکه پدیده خشکسالی یک پدیده نامنظم و نامطمئن جوی است، تاکنون روشی منظم و سیستماتیک برای شناسائی وتخمین این پدیده وجود ندارد. در عین حال در ارتباط با بررسی این پدیده اصولاً از پارامترهائی نظیر میزان متوسط بارندگی، تغییرات میزان‌بارندگی، دوره وجودی آب، شدت تبخیر نزولات آسمانی، رطوبت موجود در خاک و غیره، استفاده می‌شود که مهمترین این روش‌ها، نتایج تورنت ویت(۱۹۵۷)[1]، پن من(۱۹٦۳)[2] **و** پالمر(۱۹٦۵)[3] **و دیگران می‌باشد** (ناگانا،۱۹۷۹)[4]. **بطور خلاصه، تکنیکها و یا روش‌های موجود در تحلیل پدیده خشکسالی به شرح زیرمی‌باشد:**

۳-۱- روش آماری

در این روش با به کار گیری اطلاعات و آمار و ارقام موجود میزان بارندگی و یا نزولات آسمانی در هر منطقه استفاده می‌شودکه مهمترین عامل وقوع‌پدیده خشکسالی ، کمبود میزان بارندگی تشخیص داده می‌شود.

۳-۲- روش غیرآماری

در این روش از پارامترهای درجه حرارت، میزان رطوبت و مقدار نزولات آسمانی در هر منطقه استفاده می‌شود. تکنیکهای غیرآماری نیز یک‌روش کمی برای تعیین و یا تخمین پدیده خشکسالی محسوب می‌شود.

گاسن(۱۹۵۵)[5] **معتقد است که براساس شاخص رطوبت می‌توان پدیده خشکسالی را بررسی نمود، این شاخص، خالص میزان‌بارندگی ماهیانه (برحسب میلی‌متر) را با دو برابر میزان متوسط درجه حرارت ماهیانه (برحسب سانتی‌گراد) مقایسه نموده و می‌گوید که این‌پدیده زمانی رخ می‌دهد که $P<2T$ و یا میزان بارندگی کمتر از دو برابر درجه حرارت گردد.**

۳-۳- روش موازنه (بودجه) آبی

---

[۱۲] Thornthwaite

[۱۳] Penman

[۱٤] Palmer

[۱۵] Naganna

[۱٦] Gaussen

www.SID.ir

Archive of SID

در این روش از مقدار موجودی آب، رطوبت خاک استفاده می‌شود که توسط تورنت ویت و دیگران(۱۹٤۷)[1] **معرفی شده است. با وجود آنکه تکنیک آماری دارای ماهیت کمی است ولی از یک ضعف محیطی و فیزیولوژیکی برخوردار است و نمی‌توان آنرا برای تمامی مناطقی که دارای آب و هوای متفاوتی برخوردارند، بطور یکسان بکار برد؛ در حالیکه تکنیک غیرآماری کاملاً دارای ماهیت کمی و قابل قبول بوده و در هرشرایطی خاص می‌توان آنرا مورداستفاده قرار داد، اساس این دو روش برپایه برقراری و تحلیل ارتباط بین درجه حرارت و میزان نزولات آسمانی می‌باشد. از طرف دیگر، برطبق‌نظریه موازنهٔ آبی، پدیده خشکسالی زمانی رخ می‌دهد که میزان آب مورد نیاز که از طریق بارندگی و رطوبت خاک حاصل می‌گردد، بیشتر از مقدارآبی باشد که از طریق نزولات آسمانی و شدت تبخیر آن تأمین می‌شود. بنابراین درتحلیل موازنه آبی شاخص کاهش رطوبت، خشکی و تشنگی‌خاک و هوا از اهمیت زیادی برخوردار است** (ناگانا،۱۹۷۹)[2]. تورنت ویت(۱۹۷٤)[3] **معتقد است که در تجزیه وتحلیل پدیده خشکسالی تنها با بکارگیری میزان‌بارندگی نمی‌توان به نتیجه واقعی رسید، بدون آنکه به موازنه آبی یا بودجه آبی منطقه و اهمیت نقش آن در ایجاد رطوبت خاک و حیات گیاهان ونباتات 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 کاملاً به پوشش موازنه آبی که به عرضه آب (نزولات آسمانی) و تقاضای آب (تبخیر و رطوبت) بستگی‌دارد، مورد بررسی قرار گیرد.**

در هر حال در این مقاله تلاش شده با استفاده از شاخص‌های حاصل از مراحل محاسباتی بودجه آبی شدت و نوسانات وقوع پدیده‌خشکسالی در ایستگاه منتخب فیروزکوه تعیین گردد. مهمترین شاخص، شاخص خشکی (I_a) تورنت ویت **می‌باشد که توسط** سوبرمنیوم و سوبرامنیین(۱۹٦٤)[4] **اصلاح شده است.**

تورنت ویت **ارتباط نزدیکی را بین میانگین ماهیانه دمای هوا** (T)[5] **و فعل و انعفالات یا عمل وعکس‌العمل تبخیر بالقوه** (PE)[6] **برقرار نموده است.**

با توجه به اینکه بطور کامل مقدار PE **را نمی‌توان برآورد نمود، با وجود این، فرمول عمومی روش اولیه** تورنت ویت **برای تعیین فعل و انفعالات تبخیر و تعریق بالقوه** (PE) **عبارتست از:**

(۱)

---

[۱۷] Thornthwaite & others

[۱۸] Naganna

[۱۹] Thornthwaite

[۲۰] Subrahmanyam & Subramanian

[۲۱] Temperture (T)

[۲۲] Potential Evapotranspriation

www.SID.ir

Archive of SID

$$PE^{*}(Cm/month) = ۱/۶\left(\frac{۱۰T}{I}\right)^{a}$$

جائیکه؛

PE^{*} = فعل و انفعالات تبخیر و تعریق بالقوه ماهیانه ناسازگار به سانتی‌متر برپایه 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:

$$PE = PE^{*}\left(\frac{h}{12}\right)\left(\frac{N}{30}\right) \qquad (۲)$$

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:

$$i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1/514}, I = \sum_{n=1}^{12} i_n \qquad (۳)$$

a = یک متغیر اختیاری ثابت است که از یک منطقه به منطقه دیگر متفاوت است و یک رابطه غیرخطی از شاخص حرارت می‌باشد که بطورتقریبی می‌توان آنرا به شکل زیر تعیین نمود.

$$a = 675\times10^{-9}I^{3} - 771\times10^{-7}I^{2} + 1792\times10^{-5}I + 49239\times10^{-5} \qquad (٤)$$

می‌باشد که یک خط T در مقابل PE بین Log-Log بنابراین؛ معادله تورنت ویت **یک رابطه مستقیمی است که در دامنه**

$$(PE^{*} = 13/5, T = 26/5), (PE^{*} = 1/6, T = \frac{I}{10}) \qquad (٥)$$

ترسیم می‌شود.

همچنانکه تورنت ویت **خاطر نشان می‌کند که این معادله کاملاً از ظرافت روابط ریاضی مبرا است. در سال ۱۹۵۵** تورنت ویت و مادر **روش ۱۹٤۸** تورنت ویت **را اصلاح‌نموده‌اند.** تورنت ویت **در بکارگیری ابزار روش موازنه آبی شاخص دیگری را بکار می‌برد که بتوان منطقی‌تر و مؤثرتر در بکارگیری طبقه‌بندی‌شرایط آب و هوائی استفاده نمود، به شرح زیر:**

www.SID.ir

Archive of SID

$$I_a = \frac{WD}{WN} \times 100 = \frac{WD}{PE} \times 100 \qquad (٦)$$

Ia = شاخص خشکی[1]، عبارتست از درصد نسبت میزان کل کمبود سالیانه آب (WD)[2] به مقدار کل آب موردنیاز سالیانه (WN)[3] از فعل و انفعالات تبخیر بالقوه (PE)، یعنی :

I_h = شاخص تری[4] عبارتست از درصد نسبت میزان کل ذخیره سالیانه آب (WS)[5] به به مقدار کل آب مورد نیاز سالیانه (WN) از فعل و انفعالات تبخیر بالقوه (PE)، یعنی:

$$I_h = \frac{WS}{WN} \times 100 = \frac{WS}{PE} \times 100 \qquad (٧)$$

I_m = شاخص رطوبت (خالص)[6]، عبارتست از تفاوت بین I_h و I_a به شکل زیر می‌باشد،

$$I_m = I_n - 0.6 I_a \qquad (٨)$$

شاخص رطوبت تجدیدنظر شده یا اصلاح شده تورنت ویت و مادر **به شکل زیر می‌باشد:**

$$I_m = 100\left(\frac{WS - WD}{PE}\right) \qquad (٩)$$

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

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 که با مقایسه آب مورد نیاز در یک منطقه با رطوبت و یا آب موجود و یا کمبود آن بخش اساسی در این طبقه‌بندی می‌باشد.بگونه‌ای که اگر P

---

[1] Aridity Index
[2] Water Deficit (WD)
[3] Water Need (WN)
[4] Humidity Index
[5] Water Surplus (WS)
[6] Moisture Index

www.SID.ir

Archive of SID

دقیقاً برابر با PE باشد در تمامی مراحل آب موردنیاز با آب موجود برابر می‌باشد که در این صورت نه کمبود آب و نه مازاد آب وجود داشته و شرایط آب و هوائی نه مرطوب است و نه خشک.

در این تحقیق آمارهای موردنیاز از منابع اولیه و ثانویه موجود در بولتن‌های دولتی سازمان هواشناسی کشور ایران[1](۲۰۰۹) استفاده شده است. باتوجه به ایستگاه موردنظر (فیروزکوه) متوسط بارندگی ماهیانه و درجه حرارت برای سالهای ۱۳۸۸-۱۳۸۳ برای مدت ۱۵ سال متوالی‌انتخاب شده است و سایر محاسبات عددی و نموداری توسط محقق انجام شده است.

٤- نتایج

نظریه تعادل و یا توازن آبی در یک دوره بلندمدت مترادف سیکل هیدرولوژیکی است. پروژه موازنه آبی شرایط مقدار آب موجود در یک منطقه‌موردنظر را در یک دوره موردنظر برپایه 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 ابزارهائی مانند نزولات آسمانی (P)، فعل و انفعالات تبخیر وتعریق (E) به صورت بالقوه (PE) و بالفعل (AE) مازاد آب (WS)، کمبود آب (WD) درنتیجه تغییر ذخیره آب و آبهای جاری تغییر می‌کند. به‌منظور تعیین پروسه موازنه طبیعی آبی متوسط ماهیانه عرضه آب P)، نزولات آسمانی) و تقاضای طبیعی آب PE)، تبخیر و تعریق‌بالقوه) برای ایستگاه مورد نظر یعنی رامسر از سازمان هواشناسی کل کشور محاسبه شده است.

جدول ۱، مراحل مختلف محاسبه توازن آبی را برای ایستگاه سینوپتیک فیروزکوه برای سال منتخب، ۲۰۰۰ میلادی و یا ۱۳۷۹ شمسی‌را نشان می‌دهد.[2] فیروزکوه در طول جغرافیایی ۵۲٫۵۰' و عرض جغرافیایی ۳۵٫۵۵' مستقر بوده و ظرفیت ذخیره‌سازی آب در این منطقه‌معادل ۲۰۰ میلی‌متر در نظر گرفته شده است. (سوبرمینیم،۱۹۸۲،۵۸)[3]. تمامی ارزش‌های جدول ۱ برحسب میلی‌متر و درجه حرارت برحسب سانتی‌گراد آورده شده‌است.

در آن T درجه حرارت برحسب سانتی‌گراد، i شاخص گرمائی، UPE تبخیر و تعریق ناسازگار PE و APE تبخیر و تعریق سازگار، P نزولات آسمانی، APWL تراکم بالقوه آب

[1] Iran Metorological Organization ,I.M.O

[2] مراحل محاسبه توازن آبی برای ۱۵ سال متوالی یعنی دوره ۲۰۰۹-۱۹۹٤ برای هر سال بطور مجزا محاسبه شده تا شاخص خشکی Ia تعیین گردد. سال ۲۰۰۰ براساس متوسط نزولات آسمانی بعنوان سال نرمال در نظر گرفته شده است.

[3] Subrahmanyam

www.SID.ir

Archive of SID

از دست رفته توسط خاک، St. ظرفیت ذخیره‌سازی آب توسط خاک، ΔSt تغییر درظرفیت 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) می باشند.

جدول ۱ : موازنه آبی ایستگاه فیروزکوه برای سال ۲۰۰۰

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	سالانه An
TC'	-۳/۲	-۸/۱	۱/۸	۱۱/۲	۱۵/۲	۱۷/۲	۱۹/۸	۱۹/۹	۱۶/۹	۸/۹	۱/۸	-۰/۸	۸/٤
i	-	-	۰/۲	۳/٤	۵/٤	٦/۵	۸	۸/۱	٦/۳	۲/٤	۰/۲	-	٤۰/۵
UPE	-	-	٦/٤	۵۰/۸	۷۱/۹	۸۲/۸	۹۷/۱	۹۷/۷	۸۱/۱	۳۹/۱	٦/٤	-	
PE	-	-	٦/٦	۵۵/٤	۸۷	۱۰۰/۲	۱۱۹/٤	۱۱۳/۳	۸۳/۵	۳۷/۹	۵/۵	-	٦۰۸/۸
P	۸۰	۵۹/۲	۲۵/۵	٦/۵	۰	۷	۱۰/۷	۵	٦/۸	۲۵/٤	۱۱/۸	۵۰/۳	۲۸۸/۲
P-PE	۸۰	۵۹/۲	۱۸/۹	-٤۸/۹	-۸۷	-۹۳/۲	-۱۰۸/۷	-۱۰۸/۳	-۷٦/۷	-۱۲/۵	٦/۳	۵۰/۳	-۳۲۰/٦
APWL				-٤۸/۹	-۱۳۵/۹	-۲۲۹/۱	-۳۳۷/۸	-٤٤٦/۱	-۵۲۲/۸	-۵۳۵/۳			
St	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۱۵٦	۱۰۰	٦۳	۳٦	۲۱	۱٤	۱۳	۱۹/۳	۲۰۰	
ΔSt	۰	۰	۰	-٤٤	-۵٦	-۳۷	-۲۷	-۱۵	-۷	-۱	٦/۳	۱۸۰/۷	
AE	-	-	٦/٦	۵۰/۵	۵٦	٤٤	۳۷/۷	۲۰	۱۳/۸	۲٦/٤	۵/۵	۰	۲٦۰/۵
WD	-	-	۰	٤/۹	۳۱	۵٦/۲	۸۱/۷	۹۳/۳	٦۹/۷	۱۱/۵	۰	۰	۳٤۸/۳
WS	-	-	۱۸/۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱۸/۹

منبع: یافته‌های محقق (P و T از سازمان هواشناسی کشور ایران)

در منطقه فیروزکوه (در سال ۲۰۰۰میلادی) در ماه جولای تبخیر و تعریق بالقوه (میلی‌متر PE=۱۱۹/٤) ۱۰۸/۷ میلی‌متر بیشتر از میزان‌نزولات آسمانی (میلی‌متر P=۱۰/۷) می‌باشد؛ در حالیکه میزان آب بالقوه از دست رفته توسط خاک به شکل رطوبت در واقع معادل ۲۷ میلی‌مترمی‌باشد. 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. درشرایطی که میزان نزولات آسمانی بیشتر از میزان تبخیر و تعریق بالقوه باشد، در این صورت رطوبت موجود در خاک کافی بوده و تبخیر و تعریق‌بالقوه معادل مقدار واقعی و طبیعی آن خواهد بود، بگونه‌ای که تبخیر و تعریق بطور نامرئی انجام می‌گیرد. زمانیکه میزان نزولات آسمانی کمتر ازتبخیر و تعریق بالقوه باشد، در این صورت تبخیر و تعریق واقعی و طبیعی برابر است با میزان نزولات آسمانی بعلاوه هر میزان رطوبت ذخیره‌شده در خاک که تبخیر یا تعریق شده است.

کمبود و یا مازاد میزان رطوبت و یا آب را می‌توان به راحتی از مراحل محاسباتی بودجه آبی محاسبه نمود. کمبود آب (WD) از تفاوت تبخیر وتعریق بالقوه و مازاد آب (WS) زمانی

www.SID.ir

Archive of SID

رخ می‌دهد که میزان نزولات آسمانی افزایش یافته که در این صورت ظرفیت یا مخازن رطوبت موجود درخاک پر از آب می‌شود و کاملاً تشنگی خاک و هوا بر طرف خواهد شد.

در فیروزکوه در سال نرمال ۲۰۰۰، متوسط ماهیانه درجه حرارت از ۳/۲- درجه سانتی‌گراد در ماه ژانویه تا بیشترین درجه ۱۹/۹ درجه‌سانتی‌گراد در ماه آگوست تغییر می‌کند. مقدار PE که کاملاً به درجه حرارت وابسته است از کمترین میزان ۵/۵ [1] میلی‌متر در ماه نوامبر به‌بالاترین میزان خود ۱۱۹/٤ میلی‌متر در ماه جولای می‌رسد. مقدار PE بطور ناگهانی در فصل بهار از میزان ٦/٦ میلی‌متر در ماه مارس تا میزان۱۱۹/٤ میلی‌متر در ماه ژوئن رسیده و سپس در فصل پائیز از ۸۳/۵ میلی‌متر در ماه سپتامبر کاهش می‌یابد تا ماه نوامبر (و احتمالاً دسامبر) به۵/۵ میلی‌متر می‌رسد.

میزان کل آب مورد نیاز در شرایط طبیعی در این دوره معادل ٦۰۸/۸ میلی‌متر در سال می‌باشد. میزان نزولات آسمانی، یا عرضه آب، در طول‌ماههای سال ۲۰۰۰ از نوسانات زیادی برخوردار بوده است. متوسط میزان نزولات کل در این دوره معادل ۲۸۸/۲ میلی‌متر بوده است که درتمامی ماههای سال بطور پراکنده توزیع شده است که بطور متوسط در هر ماه معادل ۲٤ میلی‌متر بوده است. کمترین میزان بارندگی مربوط به‌فصل تابستان و پائیز به میزان صفر میلی‌متر در ماه می‌تا ۵ میلی‌متر در ماه اگوست در نوسان می‌باشد. بیشترین بارندگی مربوط به فصل‌زمستان می‌باشد که معادل ۸۰ میلی‌متر در ماه ژانویه می‌باشد. مقایسه ماهیانه P و PE نشان می‌دهد که این دو هیچگاه معادل یکدیگرنخواهند بود. میزان نزولات آسمانی در فصل پائیز و زمستان نسبتاً زیاد ولی در فصل تابستان بسیار کم بوده است فقط در ماه مارس میزان‌نزولات ۲۵/۵ میلی‌متر می‌باشد که بیشتر وبالاتر از مقدار موردنیاز (میلیمتر PE=٦/٦) جهت تبخیر و تعریق می‌باشد که در خاک ذخیره می‌شودکه 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 بطور طبیعی درخاک‌نفوذ می‌کند). بعد از آنکه خاک به ظرفیت کامل خود رسیده باشد، هر میزان بارندگی دیگر نیاز به تبخیر و تعریق نداشته و بعنوان مازاد در نهایت‌به صورت آبهای جاری جریان می‌یابد. میزان مازاد آب فقط در ماه مارس معادل ۱۸/۹ میلیمتر می‌باشد که کل مازاد آب در سال ۲۰۰۰ برای‌این ایستگاه سینوپتیک می‌باشد. بطورکلی ۲۸۸/۲ میلی‌متر از ٦۰۸/۸ میلی‌متر آب موردنیاز در این سال توسط نزولات آسمانی تأمین می‌شود.در ماههای ژانویه تا مارس و سپس در ماه دسامبر، میزان میانگین نزولات بیشتر از نیاز بالقوه طبیعی به آب است. در این دوره خاک منطقه‌فیروزکوه از نظر ذخیره آب به ظرفیت کامل (۲۰۰ میلی‌متر) می‌رسد. ماه آوریل، اولین ماهی است که نیاز طبیعی آب در منطقه بطور ناگهانی‌افزایش می‌یابد و این

[1] درماههای ژانویه و فوریه درجه حرارت منفی بوده و منفی بودن PE مفهوم خاصی را از نظر خشکسالی توجیه نمیکند.

www.SID.ir

Archive of SID

نیازمندی در نهایت بیشتر از میزان عرضه آب توسط نزولات آسمانی می‌گردد، بگونه‌ای که این میزان نزولات و عرضهٔ آب‌دیگر قادر نخواهد بود که میزان نیاز آب را تأمین نموده و به میزان ٤٨/٩- میلی‌متر در ماه آوریل (میلی‌متر P-PE=-٤٨/٩) می‌رسد. مقداری ازاین نیاز طبیعی به آب، مقدار آب ذخیره شده در سطح خاک (میلی‌متر ΔSt=٤٤ تغییر در ذخیره خاک) می‌باشد که در نهایت میزان ٤/٩میلی‌متر (٤/٩=٤٤-٤٨/٩) آن توسط عرضه نزولات آسمانی تأمین نشده و یا در خاک ذخیره نمی‌گردد. این مقدار آب موردنیاز کمبود آب در این‌ماه را نشان می‌دهد. در ماه ژوئن نیز ١٠٨/٧ میلی‌متر از آب موردنیاز توسط مقدار بارش آسمانی تأمین نخواهد شد. از آنجائیکه مقدار آب موجوددر خاک کاسته شده و خاک خشک‌تر و تشنه‌تر می‌شود، مقدار آب به میزان ٢٧ میلی‌متر کمتر از آب موردنیاز در خاک می‌باشد که این میزان آب‌از سطح بالائی و روی خاک کاسته شده تا عرضه آب مورد نیاز را تأمین نمایدأ میزان کمبود آب در این ماه معادل ٨١/٧ میلیمتر خواهد بود.

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 میزان‌تمامی آبی است که بطور طبیعی خاک و گیاهان منطقه به آن نیاز دارند، که از دست رفته باشد. در حالیکه متوسط PE در فیروزکوه معادل٦٠٨/٨ میلی‌متر در سال می‌باشد، مقدار طبیعی آب از دست رفته یاتبخیر و تعریق فقط معادل ٢٦٠/٥ میلی‌متر در سال می‌باشد. که درنتیجه‌مقدار کمبود آب معادل ٣٤٨/٣ میلی‌متر می‌باشد. در واقع فقط مقدار ٣٤٨/٣ میلی‌متر آن از طریق تبخیر و تعریق را از دست می‌دهد ومازادسالیانه آب باید معادل ١٨/٩ میلی‌متر باشد.

همچنین می‌توان نشان داد که در سال ٢٠٠٠ در فیروزکوه $I_{h=}$٣/٢ وI_a=٥٧/٢ و٢ /٣١- = I_mدرصد می‌باشد که به منظور تشخیص نوع خشکسالی بکار می‌رود که از نوع حاد خواهد بود. به همین ترتیب با محاسبه و مقایسه بودجه آبی سالهای مختلف در فیروزکوه این نتیجه‌حاصل می‌شود که طی سالهای ١٩٩٤ تا ٢٠٠٨ بیشترین مازاد آب مربوط به سال ١٩٩٩ می‌باشد که معادل ١٢٧/٧ میلی‌متر در سال و کمترین‌میزان مازاد آب مربوط به سال ٢٠٠٨ می‌باشد که معادل صفر میلیمتر بوده است. در حالیکه بیشترین نزولات آسمانی مربوط به سال ١٩٩٦ با٣٩٨/٢ میلی‌متر و کمترین میزان بارندگی مربوط به سال ٢٠٠٨ معادل ١٦٦/٦ میلی‌متر خواهد بود. همچنین بیشترین میزان کمبود آب مربوط‌به سال ٢٠٠٨ معادل ٣٧/٨ میلی‌متر و کمترین میزان کمبود آب مربوط به سال ١٩٩٦ میلادی معادل ٢٠٠/٧ میلی‌متر بوده است.

نمودارهای ١ الی٣ بودجه آبی را به ترتیب برای سالهای نرمال (٢٠٠٠)، مرطوبترین سال (١٩٩٦) و خشک‌ترین سال (٢٠٠٨) را براساس سه‌پارامتر P، PE و AE نشان می‌دهد. این نمودارها بودجه آبی در ماههای مختلف برای فیروزکوه که با کمبود و یا مازاد آب روبرو

www.SID.ir

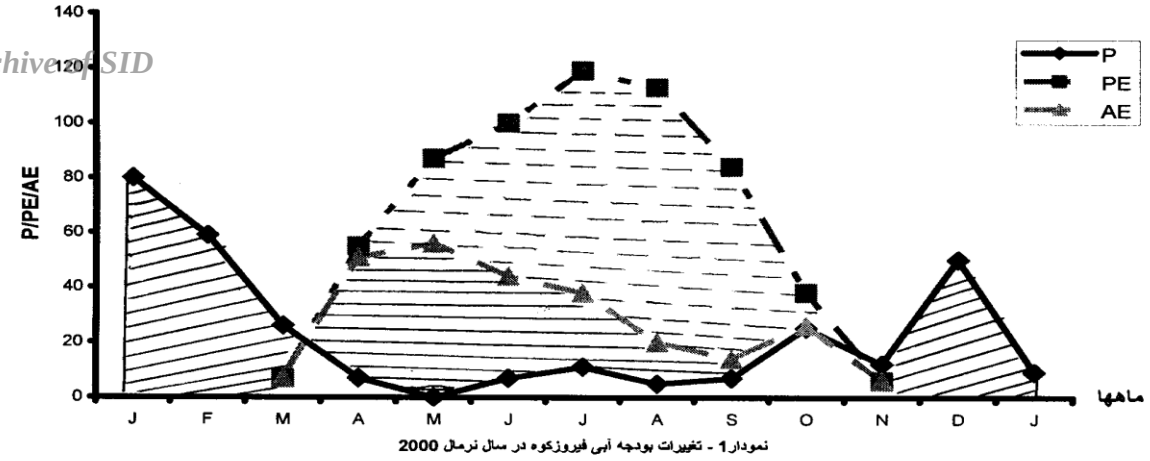
Archive of SID

می‌شود را نشان‌میدهد. چنانکه مشاهده می‌گردد، مثلاً در سال ۲۰۰۰ در فاصله ماههای مارس تا نوامبر بعلت پائین بودن نزولات آسمانی و بالا بودن PE وAE کمبود آب معادل ۳۴۸/۳ میلی‌متر را در این منطقه و برای این سال ایجاد می‌کدن و در این دوره تخلیه رطوبت خاک در ماه می‌به اوج خودمی‌رسد. سال ۲۰۰۸ که بعنوان کم باران‌ترین و یا خشک‌ترین سال در نظر گرفته شده است، هیچگونه مازاد آب ایجاد نشده در مرطوب‌ترین(۱۹۹۶) در فاصله ماههای ژانویه تا می‌معادل ۶۱/۲ میلی‌متر مازاد آب ایجاد گردد و از ماه می به بعد به شدت از نزولات آسمانی کاسته شده ودر ماه سپتامبر به حداقل (۰/۶ میلی‌متر) خود می‌رسد ولوآنکه در ماه نوامبر این میزان بارندگی به صفر نیز خواهد رسید. در عین حال در همین‌سال (۱۹۹۶) در فاصله زمانی می‌تا سپتامبر خاک منطقه تشنه‌تر و تخلیه رطوبت خاک انجام گرفته و منطقه به میزان ۲۰۰/۷ میلی‌متر مواجه با کمبود آب می‌گردد که مربوط به ماههای ژوئن تا اکتبر می‌باشد.

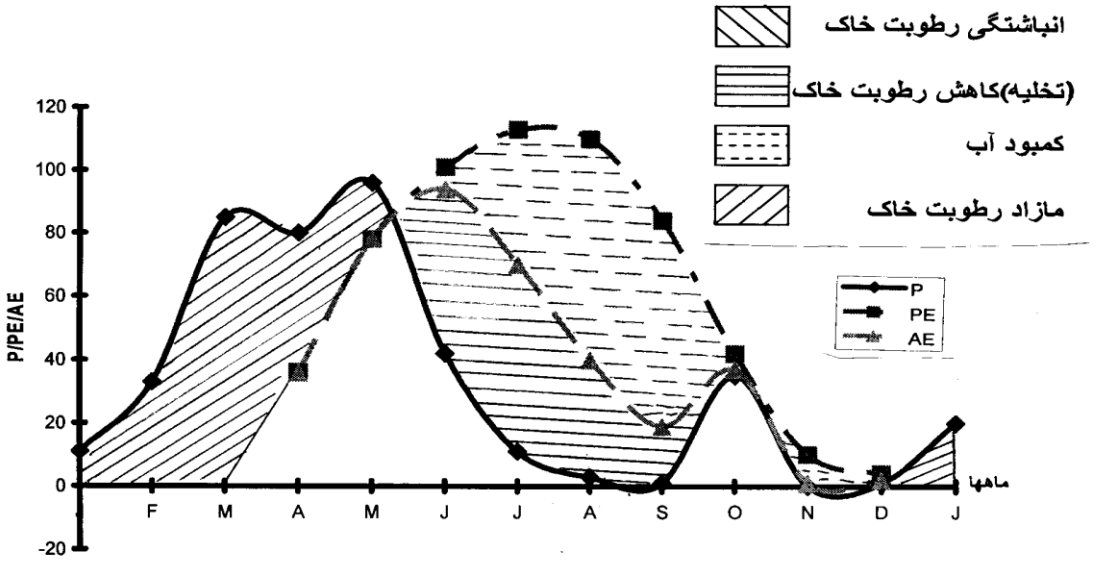
توجه به این نمودارها کشاورزان را قادر می‌سازد تا اطلاعات لازم در مورد میزان کمبود آب در ماههای مختلف هر سال را دراختیار داشته تا دوره کاشت و داشت و برداشت محصولات کشاورزی را با این دوره‌ها هماهنگ ساخته و از وقوع پدیده ریسک و عدم اطمینان جلوگیری بعمل آید.

www.SID.ir

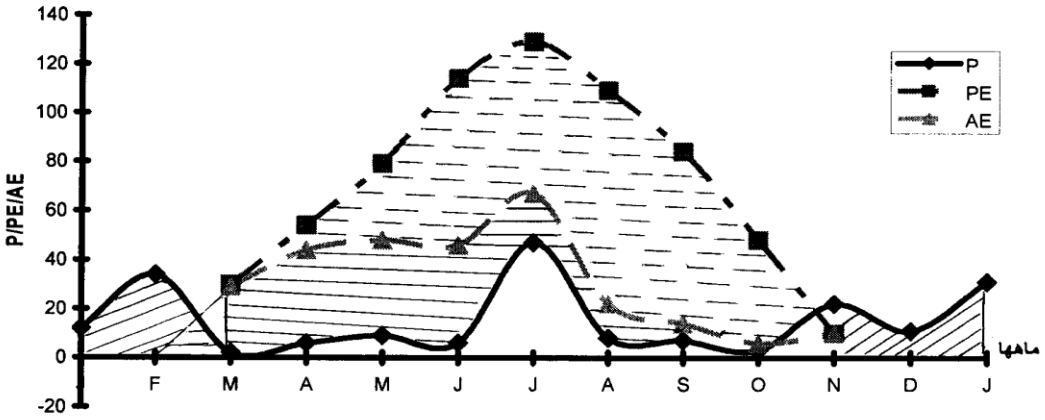
Archive of SID



نمودار1 - تغییرات بودجه آبی فیروزکوه در سال نرمال 2000



نمودار 2- تغییرات بودجه آبی فیروزکوه در سال مرطوب 1996



نمودار 3- تغییرات بودجه آ بی فیروزکوه در سال خشک 2008

به کمک مراحل بودجه آبی می‌توان اطلاعات لازم را جهت تعیین شاخص خشکی در هر منطقه دست یافت. داشتن اطلاعات لازم در موردشدت و یا نوسانات خشکسالی و مدت

www.SID.ir

Archive of SID

وقوع و یا میزان صدمه‌ای که ایجاد می‌کند، دربرنامه‌ریزی‌های اقتصاد کشاورزی و هیدرولوژیکی ازاهمیت زیادی برخوردار است.

سوبرمنییم(۱۹۸۲) **معتقد است که نوسانات و یا شدت وقوع خشکسالی نه تنها به میزان کل نزولات آسمانی و فعل و انفعالات تبخیر و تعریق هرمنطقه بستگی دارد، بلکه دامنه توزیع فصلی پارامتر اولی یعنی،** P **از اینکه چه میزان قادر است دومی یعنی پارامتر** PE **را تأمین نماید نیز ازاهمیت زیادی برخوردار است. به منظور تحلیل واقعی‌تر نوسانات وشدت وقوع پدیده خشکسالی در ایستگاه فیروزکوه با استفاده از نتایج حاصل‌از پارامترهای توازن بودجه آبی دامنه جدول ۲، تعیین شدت وقوع و نوسانات پدیده خشکسالی براساس شاخص خشکسالی** I_a **درنظر گرفته‌شده است.**

جدول ۲ : طبقه‌بندی شدت خشکسالی

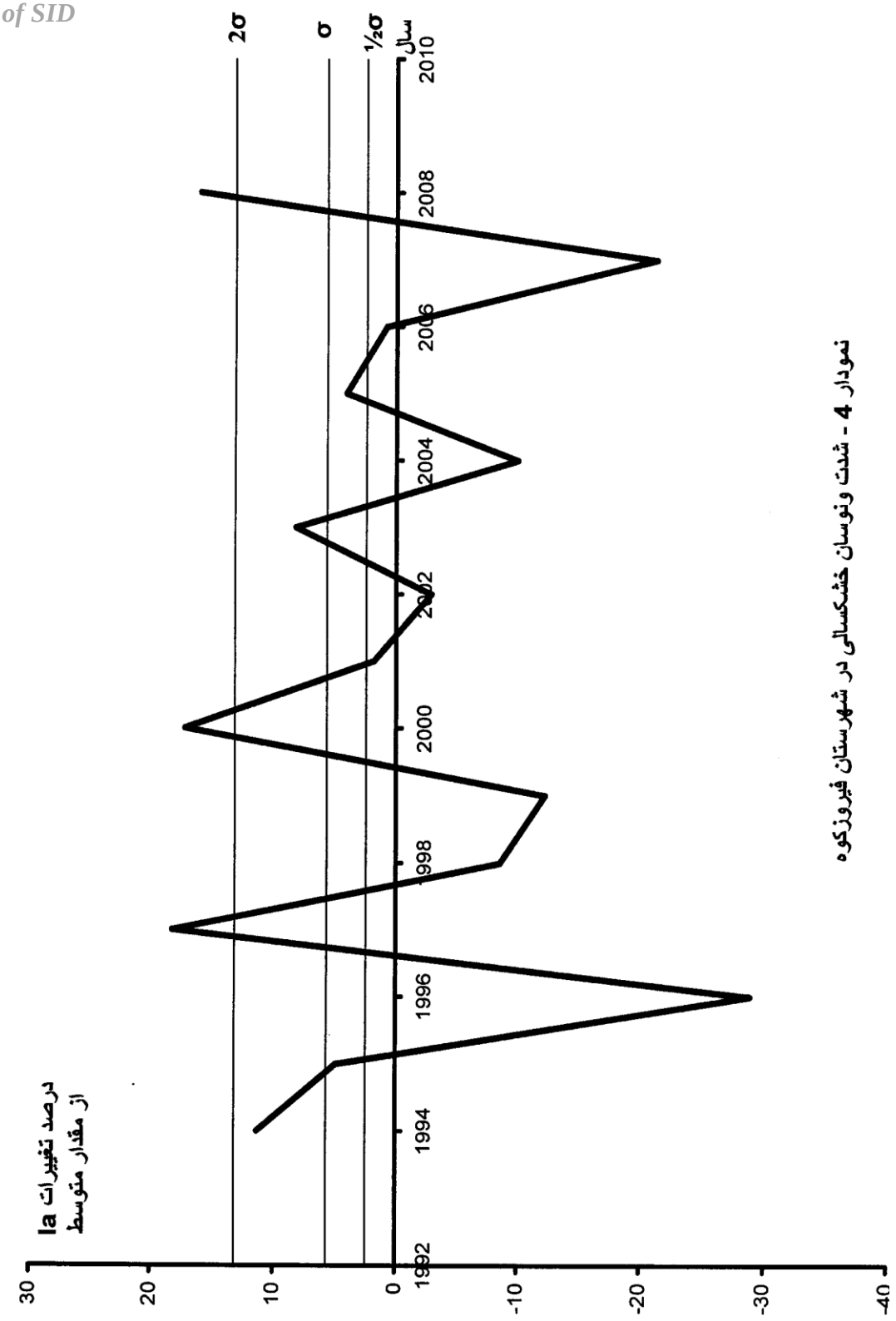
انحراف I_a از میانگین	شدت خشکسالی
کمتر از ½ σ	ملایم
½ σ – σ	سخت
σ – ۲σ	شدید
بیشتر از ۲σ	حاد

در این جدول I_a **شاخص خشکی که به روش** تورنت ویت **و پارامترهای موازنه آبی تعیین می‌گردد. این شاخص عبارتست از نسبت کمبودسالیانه رطوبت به آب مورد نیاز سالیانه می‌باشد،** σ **نیز عبارتست از انحراف معیار شاخص خشکی طی دوره مورد مطالعه خواهد بود. در این مقاله 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 ۲۰۰۹-۱۹۹٤ میلادی را برای منطقه فیروزکوه نشان می‌دهد.**

نتیجه مطالعه به کمک نمودار ٤ نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار 4 - شدت ونوسان خشکسالی در شهرستان فیروزکوه

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳ : فراوانی و شدت وقوع خشکسالی در هر دوره (۵ ساله)، فیروزکوه

نوع خشکسالی / دوره	ملایم	سخت	شدید	حاد
۱۹۹٤-۹۸	—	۱ (۱۹۹۵)	۱ (۱۹۹٤)	۱ (۱۹۹۷)
۱۹۹۹-۲۰۰۲	۱ (۲۰۰۱)	—	۱ (۲۰۰۳)	۱ (۲۰۰۰)
۲۰۰٤-۲۰۰۸	۱ (۲۰۰٦)	۱ (۲۰۰۵)	—	۱ (۲۰۰۸)

منبع: یافته محقق

نمودار ٤ نشان می‌دهد در ایستگاه فیروزکوه با متوسط شاخص خشکسالی I_a=٤٨/٨ درصد و انحراف معیار σ=٦/٦ روبرو می‌باشد و طی دوره مورد مطالعه (۱۵ ساله) با ۹ خشکسالی متفاوت روبرو شده است که از نظر شدت دو مورد ملایم، دو مورد سخت، دو مورد شدید و سه مورد حادبوده است. تراکم این نوع پدیده خشکسالی این منطقه را تبدیل به منطقه نیمه خشک تبدیل نموده است. سال ۱۹۹٦ که پرباران‌ترین سال طی‌دوره مطالعه می‌باشد، به خاطر تقاضای شدید آب با خشکسالی ملایم روبرو گردیده و این میزان بارندگی تمامی تقاضای آب در این‌منطقه را تأمین ننموده وباعث شده است که سال بعد یعنی سال ۱۹۹۷ این منطقه با خشکسالی حاد روبرو گردد.حادترین نوع خشکسالی نیز مربوط به سال ۱۹۹۷ می‌باشد که شاخص خشکی آن I_a=۱۸/۲ درصد بوده و کمترین شاخص خشکی مربوط به سال ۱۹۹٦ می‌باشد که معادلI_a = -۲۸/۹ درصد بوده است.

در جدول ۳ تعداد دفعات خشکسالی و شدت آن در دوره های ۵ساله طی ۱۵ سال متوالی نشان می‌دهد. چنانکه مشاهده می‌گردد، فیروزکوه در هر۵ سال یک بار مورد اصابت خشکسالی حاد قرار گرفته است ویا احتمال وقوع این پدیده در این منطقه ۰/۲ برای هر ۵ سال با شدت‌های مختلف‌خواهد بود. با توجه به وقوع خشکسالی حاد در سال ۲۰۰۸ می‌توان پیش‌بینی نمود که این منطقه در سال ۲۰۰۹ میلادی (۱۳۸۸ شمسی) احتمالا" مواجه با وقوع خشکسالی با شدت ملایم خواهد بود.

۵- نتیجه‌گیری

طول دوره و ادامه پدیده خشکسالی از نظر شدت و یا نوسانات آن بطور انفرادی و تواماً در نهایت تأثیر کمبود آب را بر شرایط اقتصادی و اجتماعی هر منطقه را نشان می‌دهد. طی دوره

www.SID.ir

Archive of SID

۱۵ساله (۲۰۰۸-۱۹۹٤) منطقه‌فیروزکوه، درهر۵ سال مواجه با پدیده خشکسالی حاد می‌گردد و علت وقوع این‌پدیده‌توزیع نامناسب نزولات آسمانی و بالابودن نسبی PE در این منطقه می‌باشد. نمودارهای تغییرات بودجه آبی نشان می‌دهد که این منطقه در دامنه ماههای می تا اکتبر و یا در فاصله ماههای اردیبهشت تا شهریور مواجه با کمبود آب می‌گردد که این فاصله زمانی را می‌توان به فعالیت کشاورزی دیم مطابقت داد و یا در دوره‌ای که میزان نزولات وجود دارد اقدام به ذخیره آب نمود تا در دوره کم‌آبی از آبهای ذخیره شده استفاده نمود.

بنابراین به کمک مراحل بودجه آبی هر منطقه می‌توان نوع فعالیت کشاورزی با دوره کم‌آبی هم‌آهنگ نمود تا میزان تولید و عملکرد محصولات‌کشاورزی دچار آسیب‌های جدی نشود. در عین حال با وجود آنکه منطقه فیروزکوه یک منطقه نیمه خشک طبقه‌بندی می‌شود (با توجه به‌شاخص‌های موجود در پروسه بودجه آبی تورنت ویت) ولی امکان تخمین پدیده خشکسالی از نظر شدت و دوره قابل پیش‌بینی خواهد بود.

منابع و مآخذ

- *Abounoori, A.A.1988"Agricultural Development in Drought-Prone Areas of Iran, Ph.D. ThesisSub.S.V.Univ. in India.*

- *Bates, C.G. 1935,Possibilities of Shelter-belt planting in the Plains region, pp.201,U.S. Forest Service.*

- *Gaussen, H. 1955,Theorie et classification des climates. et de microclimates VIII, Congr. Int. Bot.Paris, Section 7et 8. pp.125-30.*

www.SID.ir

Archive of SID

- Government of India, 1976,Report of the National Commission on Agriculture,Vol. V, p. 35.

- Habilbolha, Salami, Naser Shahnooshi, Kenneth J. Thomson, 2009, The economic impacts ofdrought on the economy of Iran: Ecological Economics, pp. 1032-1039.

- Hersh field, D.M., Braken Siek, D.L., 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 Colling, Colorado, U.S.A.,pp.491-502.

- Iran Meteorological Organization , 2009.

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

- Michael Mc Kernan, 2003, Drought, Conference paper view.

- 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.

- Office for coordination of Humanitarian Affairs (OCHA), 2000, United Nations TechnicalMisson on the Drought Situation in the Islamic Republic of Iran.(http://www.reliefweb.int/ochaunep/edr/Iran drought.pdp).

- Palmer, W.C. 1956,Drought in Western Kansas,Weekly Weather and Crop Bull, U.S., W.B. Vol.63, No. 4, pp. 7-80.

- Palmer, W.C. 1965,Meteorological droughts,Weather Bureau

Research Paper No. 45, U.S. Dept.of Commerce, Washington. D.C.Bur. p. 58.

- Penman,H.L.1963,Vegetationand

Hydrolog,Commonwealth,Bur,Soil.Sci,(Gt.Brit)Tech.,53.P.124

- Subrahmanyam, V.P. 1982,Water Balance and its

Applications,Andhra Univ. Inida.

- Subrahmanyam, V.P., and Subramanien, A.R., 1964,Applicatrion of Water-Balance Concepts fora climatic study of Drought in South India",Ind. J. Met. and Geophs. vol. 15, No.3, pp. 393-402.

www.SID.ir

Archive of SID

- *Thornthwaite, C.W. 1948,"An Approach Towards a Rational Classification of Climate",Geographical Review, Vol. 38, pp. 55-94.*

- *Thornthwaite, C.W. and Mather 1955, 1957,The Water Balance , Publications in Climatology,Vol. 8, No. 1, 1955, Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology , Centerton, N.J. 104.pp, and Vol. 10, No.3.*

- *Wilhite, D.A. 2005, Drought Water Crises, Tayler and Francis Group, CRC Press, pp. 431.*