تخمین حجم تبخیر و تعرق پتانسیل در استان چهارمحال و بختیاری بر اساس سال‌های ترسالی و خشکسالی

Estimated of Potential Evapotranspiration Volume Base on Wet and Dry Years in Chahrmahal-va-Bakhtiyari Province

سید حسن طباطبائی[۱]، سودابه گلستانی[۲] و پیام نجفی[۳]

۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد،

پست الکترونیک: stabaei@hotmail.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۳- استادیار گروه خاکشناسی, دانشکده کشاورزی, دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان

Archive of SID

چکیده

به منظور تعیین حداکثر و حداقل حجم تبخیر و تعرق پتانسیل (ET0) در استان چهارمحال و بختیاری بر اساس دوره‌های ترسالی و خشکسالی این تحقیق صورت پذیرفته است. در این تحقیق از آمار ٤ ایستگاه سینوپتیک و ٤ ایستگاه کلیماتولوژی واقع در استان چهار محال و بختیاری در یک دوره ۱۲ ساله (۲۰۰۰-۱۹۸۸) استفاده گردید. بر اساس تحلیل آمار بارش سالیانه, سال ۱۹۹۳ به عنوان سال تر و سال ۲۰۰۰ به عنوان سال خشک بدست آمد. سپس در هر دو سال تر و خشک و بر مبنای داده‌های مورد نیاز, مقدار ET0 با استفاده از نرم افزار REF-ET بر اساس سه روش متداول (بلانی-کریدل-فائو, پنمن-مانتیث-فائو و هارگریوز-سامانی) تعیین گردید. همچنین روش استاندارد شده ASCE به عنوان یک روش جدید نیز بررسی شد. مقادیر ET0 بدست آمده از این چهار روش بر اساس نمایه‌های آماری مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد که میزان حجم تبخیر و تعرق محاسبه شده از طریق روش بلانی–کریدل-فائو در سال‌های تر تا ٤۲ درصد کمتر از سال‌های خشک در ایستگاه‌های مختلف برآورد شده است. همچنین روش بلانی-کریدل-فائو درسال‌های خشک در ایستگاه‌های مختلف مقدار آب مصرفی را در حدود ۹ درصد بیشتر از مقدار بدست آمده از روش هارگریوز- سامانی که اعتبار آن بر اساس داده‌های لایسیمتری در استان تائید شده، تعیین می‌کند. همچنین مقادیر حجم آب بدست آمده از طریق سایر روش‌ها و مقایسه آن با

www.SID.ir

روش هارگریوز-سامانی نشان داد که روش بلانی-کریدل-فائو بیشترین حجم آب مصرفی و روش ASCE کمترین حجم آب مصرفی را در منطقه بر آورد می‌کند. این امر نشان می‌دهد که با توجه به گسترش روش ASCE به عنوان یک روش جهانی، این روش در استان چهار محال و بختیاری نیاز به کالیبراسیون دارد.

کلمات کلیدی: تبخیر و تعرق پتانسیل، خشکسالی، ترسالی و استان چهارمحال و بختیاری.

مقدمه

ایران سرزمینی است خشک با نزولات جوی بسیار کم، به طوری که بارندگی در ایران کمتر از یک سوم متوسط بارندگی در سطح دنیا است. علاوه بر این زمان ریزش نزولات جوی و محل ریزش آنها نیز با نیاز بخش کشاورزی،که مصرف کننده اصلی آب درکشور است مطابقت ندارد. بنابراین باید پذیرفت که خشکی در ایران یک واقعیت اقلیمی است و این ما هستیم که باید خود را با آن سازگاری دهیم (علیزاده، ۱۳۸۱). یکی از راه‌های سازگاری با کم آبی استفاده بهینه از منابع آب و افزایش بهره‌وری آب است.

خشکسالی از ویژگی‌های طبیعی هر اقلیمی است و می‌تواند در هر نوع آب و هوائی اتفاق بیفتد. بر خلاف خشکی که از ویژگی‌های دائمی اقلیم یک منطقه است، خشکسالی می تواند در دوره های زمانی مختلف تکرار شود. تکرار بیش از حد خشکسالی در یک منطقه می‌تواند فاجعه آمیز باشد. پایش و پیش بینی خشکسالی به کمک شاخص های مناسب می‌تواند از ایجاد این خسارت ها جلوگیری کند. خشکسالی را می‌توان معلول یک دوره شرایط خشک غیرعادی دانست که به اندازه کافی دوام داشته باشد تا عدم تعادل در وضعیت هیدرولوژی یک ناحیه ایجاد شود (Hayes, 2005). خشکسالی یکی از پدیده‌هائی است که تخمین دقیق نیاز آبی برای گیاهان یک حوضه یا استان و برنامه‌ریزی آن باعث می‌شود که دوره های خشکسالی را که با حداقل تامین نیاز آبی مواجه است، با بحران کمتری طی شود. با توجه به اینکه اولین قدم در برنامه‌ریزی منابع آب در هر استان داشتن اطلاعات کافی از میزان حداقل و حداکثر مصرف می‌باشد و با توجه به اینکه به طور منطقی حداکثر مصرف آب کشاورزی در دوره خشک و حداقل مصرف در دوره تر اتفاق می‌افتد، لذا تعیین این دو حد، قدم اولیه در هر برنامه‌ریزی منابع آب هر استان می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

شاخص‌های مختلفی برای خشکسالی طی چهل سال اخیر ارائه شده است. برخی از این شاخص‌ها عبارتند از شاخص درصدی از نرمال (Percent of Normal)، شاخص شدت خشکسالی پالمر (Palmer Drought Severity Index)، شاخص رطوبت محصول (Crop Moisture Index)، شاخص ذخیره آب سطحی (Surface Water Supply Index)، شاخص خشکسالی احیایی (Reclamation Drought Index)، شاخص دهک‌ها (Deciles) و شاخص بارش (Standardized Precipitation Index; SPI). در میان این روش‌ها روش SPI به واسطه تعداد داده ورودی کمتر، امکان گسترش آن به همه دامنه‌های زمانی و ارائه عددی مختص برای خشکسالی از مزیت بالاتری برخوردار است (Yazdanpanah *et al.*, 2005).

برای تعیین میزان تبخیر و تعرق پتانسیل روش‌های متعددی در شرایط آب و هوایی متفاوت توسعه داده شده است. با انتخاب روش مناسب برای منطقه می‌توان میزان آب مورد نیاز برای کشاورزی را تخمین زد. برخی از این روش‌ها مانند بلینی-کریدل و پنمن همواره در حال تکامل و توسعه بوده‌اند و شناخت درست نسخه خاصی از این معادله که مورد استفاده قرار گرفته و بررسی دقیق هر گونه فرضیات مورد نیاز، حایز اهمیت است. روش جنسن-هیز کمی پس از ارائه آن اصلاح شد و تا کنون بدون تغییر باقی مانده است. روش هارگریوز- سامانی از جمله روش‌هایی است که به دو پارامتر درجه حرارت و تشعشع وابسته است و با توجه به اینکه تعیین سایر پارامترهای اقلیمی مشکل می‌باشد استفاده از این روش مناسب تر است و درصد خطای کمتری را دارد (هاشمی نیا،۱۳۷۸).

هارگریوز و سامانی (Hargreaves and Samani., 1982) و سامانی و پسارکلی (Samani and Pessarakli., 1986) در تحقیقاتی جداگانه برای منطقه آریزونا نتیجه گرفته‌اندکه روش هارگریوز-سامانی نسبت به روش پنمن، جنسن-هیز اصلاح شده و بلانی-کریدل-فائو نتایج بهتری را عاید می‌سازد و با توجه به اینکه احتمال خطا در آن کمتر است لذا استفاده از آن برای مناطق آریزونا توصیه شده است. آماتیا و همکاران (Amatya *et al.*, 1995) روش هارگریوز- سامانی را با مرجع قرار دادن روش پنمن – مانتیث اصلاح کرده‌اند. سامانی (Samani, 2000) پس از یک سری بررسی در نقاط مختلف بیان می‌کند که با توجه به آنکه دسترسی به اطلاعات دقیق هواشناسی حاصل از ایستگاه‌های سینوپتیک در بسیاری از نقاط جهان دشوار است و رابطه پنمن-مانتیث به اطلاعات گوناگون هواشناسی متکی است بر این اساس

Archive of SID

www.SID.ir

مطالعه بیشتر برروی روش هارگریوز–سامانی در نقاط مختلف انجام شده است. آلن و همکاران (Allen *et al.*, 2001) با توجه به متعدد بودن مدلهای تخمین تبخیر و تعرق و برای جلوگیری از پراکندگی کار، روش پنمن– مانتیث– فائو را اصلاح نموده و با عنوان روش استاندارد شده ASCE آن را توسعه دادند و این مدل را برای ۸۰ ایستگاه در اقلیم‌های مختلف ایالات متحده امریکا تائید نمودند.

نجفی (۱۳۸۳) با داده‌های هواشناسی برای ۵ استان کشور میزان تبخیر و تعرق پتانسیل را برای روش‌های مختلف تخمین تبخیر و تعرق محاسبه نموده و سپس آنها را با داده‌های لایسیمتری موجود در آن استان مقایسه کرد. نتایج وی نشان داده که در شهرستان شهرکرد روش هارگریوز–سامانی با کمتر از ۷ درصد خطا به عنوان مناسبرین روش برای تخمین تبخیر و تعرق می‌باشد.

استفاده بهینه از منابع آب مستلزم داشتن اطلاعات کافی در مورد حجم کل آب مصرفی می‌باشد و با برآورد دقیق این مقدار، بهره‌وری از منابع آب را گسترش داد. برآورد حجم آب مورد نیاز در یک استان، مستلزم داشتن اطلاعات وضعیت کشت و مقدار تبخیر و تعرق واقعی (ETc) است که بدست آوردن ETc خود مستلزم بدست آوردن تبخیر و تعرق پتانسیل (ET0) می‌باشد. بنابراین اولین مرحله تخمین حجم آب مصرفی در یک استان تخمین تبخیر و تعرق پتانسیل می‌باشد.

هدف از این تحقیق تعیین حداکثر و حداقل حجم تبخیر و تعرق پتانسیل (ET0) در استان چهارمحال و بختیاری بر اساس دوره های ترسالی و خشکسالی می‌باشد.

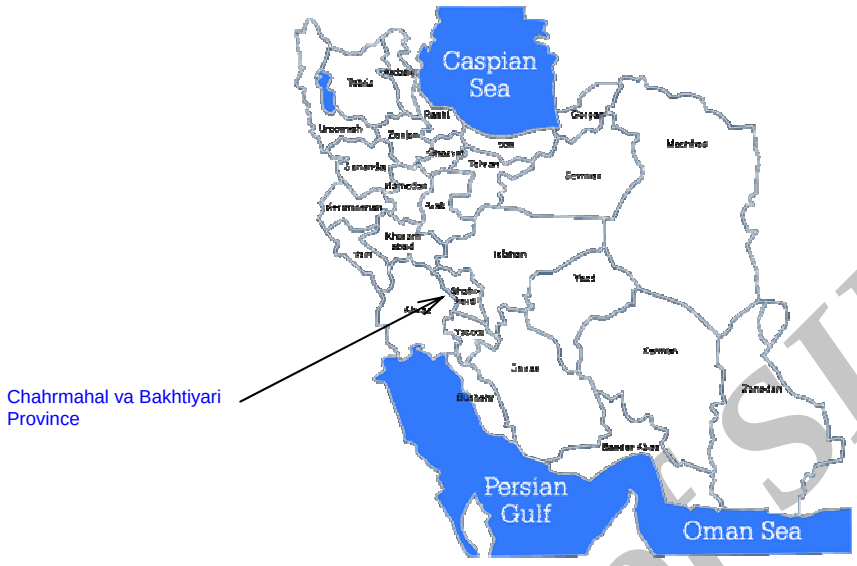
مواد و روش‌ها

استان چهار محال و بختیاری با یک درصد مساحت ایران (۱۶۵۳۲ کیلومتر مربع) بین ۳۱ درجه و ۹ دقیقه تا ۳۲ درجه و ٤٨ دقیقه عرض شمالی و نیز٤٩ درجه و ۲۸ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی قرار دارد و با وجود مساحت کم، در حدود ۱۰ درصد منابع آب کشور را در اختیار دارد. به علت کوهستانی و مرتفع بودن و قرار گرفتن در مسیر بادهای مرطوب مدیترانه‌ای و به تبع ان تخلیه بار این سامانه‌ها، این استان دارای بارش نسبتا مناسب می‌باشد. وجود ارتفاعات

Archive of SID

www.SID.ir

پوشیده از برف از ویژگیهای این استان است. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور ایران را نشان می دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور ایران

Fig.1. Position of the Study Area in Iran

در استان چهارمحال و بختیاری، پنج ایستگاه سینوپتیک، شش ایستگاه کلیماتولوژی، ۴۳ ایستگاه باران سنجی و برف سنجی و یک ایستگاه هواشناسی کشاورزی فعال می‌باشد. با توجه به وضعیت و کیفیت آمار موجود در استان، چهار ایستگاه سینوپتیک و چهار ایستگاه کلیماتولوژی با دوره آماری ۱۲ ساله (۱۹۸۸-۲۰۰۰) انتخاب گردیده و میزان بارش سالانه مورد بررسی قرار گرفت. جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده و شکل ۲ موقعیت و پراکندگی آنها در سطح استان را نشان می‌دهد. بر اساس آنالیز بارندگی با شاخص بارش استاندارد در ۸ ایستگاه مذکور، سال ۲۰۰۰ به عنوان سال خشک و سال ۱۹۹۳ به عنوان سال تر انتخاب گردید.

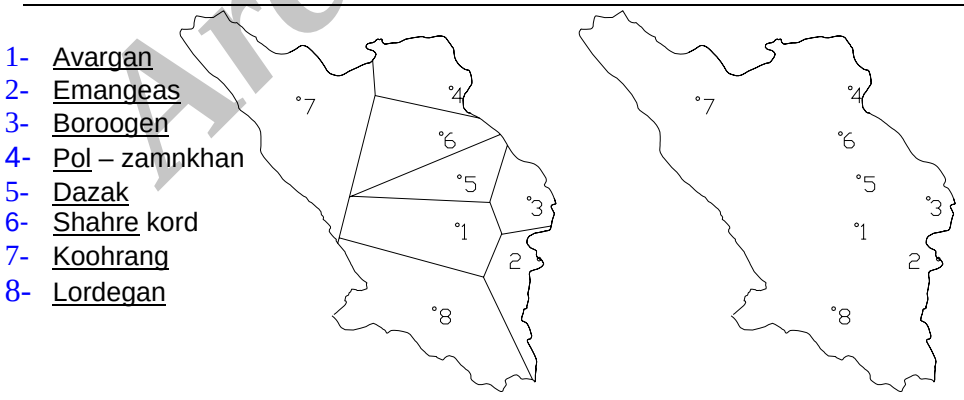
Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- مشخصات ایستگاههای مورد استفاده

Table 1. The Meteorological Station Detail

نام ایستگاه Station	نوع ایستگاه Type	طول جغرافیائی Longilude	عرض جغرافیائی Latitude	ارتفاع ایستگاه (متر) Elevation (m)	مساحت تحت پوشش (میلیون مترمربع) area (Mm^2)
آورگان Avargan	کلیماتولوژی Climatology	۵۰-۵۶	۳۱-۵۳	2400	2157
امام قیس Emangeas	کلیماتولوژی Climatology	۵۱-۲۱	۳۱-۴۴	2073	1005
بروجن Boroogen	سینوپتیک Synoptic	۵۱-۱۸	۳۲-۰۰	2197	900
پل زمان‌خان Pol - zamnkhan	کلیماتولوژی Climatology	۵۰-۵۴	۳۲-۲۹	2280	1419
دزک Dazak	کلیماتولوژی Climatology	۵۱-۰۳	۳۲-۴۶	1930	1204
شهرکرد Shahre kord	سینوپتیک Synoptic	۵۰-۵۱	۳۲-۱۷	2048	1789
کوهرنگ Koohrang	سینوپتیک Synoptic	۵۰-۰۷	۳۲-۲۶	2285	4583
لردگان Lordegan	سینوپتیک Synoptic	۵۰-۴۹	۳۱-۳۱	1564	3477
کل مساحت Total area					16532



شکل ۲- موقعیت ایستگاههای هواشناسی مورد مطالعه و منحنی تیسن مربوطه

Fig. 2. Position of the Meteorological Stations in the Province and the Tissen Map

Archive of SID

www.SID.ir

لازم به ذکر است که آمار مربوط به سال ۱۹۹۳ در ایستگاه لردگان در دسترس نبود و آنالیز داده‌ها در این ایستگاه فقط برای سال خشک (۲۰۰۰) انجام گرفته است.

داده‌های مختلف هواشناسی برای سالهای ۱۹۹۳ و ۲۰۰۰ از طریق سایت سازمان هواشناسی کشور جمع‌آوری گردید. این اطلاعات عبارتند از: دمای حداقل، دمای حداکثر، دمای نقطه شبنم، رطوبت نسبی، سرعت باد، ساعت آفتابی. با استفاده از نرم افزارREF-ET میزان تبخیر و تعرق پتانسیل با چهار روش مختلف تخمین تبخیر و تعرق محاسبه گردید. این چهار روش عباتند از : بلانی- کریدل- فائو (BCF)، پنمن- مانتیث- فائو، هارگریوز- سامانی (Hs) و روش استاندارد شده ASCE (PMF – ASCE).

از آنجائیکه داده‌های لایسیمتری برای سال‌های مورد نظر (۱۹۹۳ و ۲۰۰۰) وجود ندارد لذا با استناد به تحقیق نجفی (۱۳۸۳)، روش هارگریوز- سامانی به عنوان مرجع برای تخمین تبخیر و تعرق پتانسیل پذیرفته شد و نتایج بدست آمده از سه روش بلانی- کریدل- فائو، پنمن-مانتیث- فائو و روش استاندارد شده ASCE با روش هارگریوز- سامانی مقایسه شدند.

برای محاسبه مساحت تحت پوشش هر ایستگاه، موقعیت ایستگاه‌ها بر حسب طول جغرافیائی و عرض جغرافیائی در نرم افزار MAPINFO وارد شد (شکل ۲). با استفاده از نرم افزار Autocad منحنی تیسن و مساحت تحت پوشش هر ایستگاه تعیین گردید. شکل ۲ منحنی تیسن بدست آمده را نشان می‌دهد. مساحت تحت پوشش هر ایستگاه نیز در جدول ۲ ارائه شده است. با استفاده از مساحت تحت پوشش هر ایستگاه و با ضرب کردن در ارتفاع تبخیر و تعرق پتانسیل سالیانه، حجم تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه با چهار روش و در دو سال تر و خشک بدست آمد. نهایتا اختلاف بین حجم آب بدست آمده در سال‌های تر سالی و خشک سالی در کل استان در هر روش با مقدار مرجع مقایسه گردید. بدیهی است مقدار بدست آمده تخمین کلی از مقادیر حجم تبخیر و تعرق پتانسیل می‌باشد و بدست آوردن دقیق‌تر این حجم مستلزم بدست آوردن رابطه بین تبخیر و تعرق با ارتفاع و تفکیک مساحت تحت پوشش هر ایستگاه به مساحت‌های جزئی با استفاده از GIS است که در مراحل بعدی تحقیق مد نظر خواهد بود.

Archive of SID

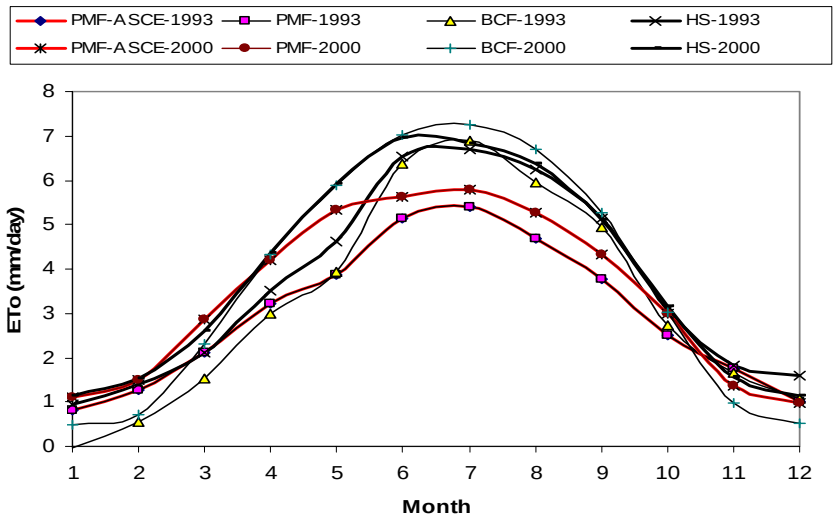
www.SID.ir

نتایج و بحث

تبخیر و تعرق پتانسیل

شکل ۳ میزان تبخیر و تعرق پتانسیل روزانه در ایستگاه شهرکرد با چهار روش مورد نظر را در سال‌های ۱۹۹۳ (تر سالی) و ۲۰۰۰ (خشکسالی) نشان می‌دهد. روند تغییرات در سایر ایستگاه‌ها نیز مشابه بوده و لذا به منظور جلوگیری از طولانی شدن مطلب، شکلهای دیگر ارائه شده است. نتایج نشان داد که مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل تخمین زده شده توسط روش استاندارد شده ASCE در ماه‌های گرم سال (اردیبهشت تا مهر) در دوره‌های خشک حدود ۱۳/۵ و در دوره تر در حدود ۱۹/٤ درصد کمتر از مقدار مرجع می باشد که این اختلاف در ماه‌های گرم سال بیشتر از ماه‌های سرد و در سال‌های تر بیشتر از سال‌های خشک بدست آمده است.

مقادیر تخمین‌زده شده توسط روش بلینی- کریدل- فائو نسبت به روش مرجع در ماههای گرم سال (اردیبهشت تا مهر) در دوره خشک حداکثر ۲/۳ درصد تبخیر و تعرق پتانسیل را بیشتر تخمین زده است که در دوره تر این میزان ٦/٤ درصد کمتر تخمین زده شده است. به عبارت دیگر به داده‌های مرجع بسیار نزدیک‌تر از دو روش دیگر می‌باشد. علت این مسئله را می‌توان در عامل درجه حرارت در مدل بلانی-کریدل-فائو جستجو کرد. در این مدل نیز مشابه مدل هارگریوز- سامانی، عامل درجه حرارت به عنوان عامل اصلی تعیین کننده تبخیر می‌باشد و در سال‌های خشک این عامل به شدت ظاهر می‌گردد.



شکل ۳- تبخیر و تعرق پتانسیل در ایستگاه شهرکرد در سال‌های ۱۹۹۳ و ۲۰۰۰

Fig. 3. Evapotranspiration in Shahrekord Meteorology Station in 1993 and 2000

Archive of SID

www.SID.ir

در سایر ایستگاه‌ها وضعیت به شکل مختلفی بوده است. جداول ۲ و ۳ نتایج کل ارتفاع تبخیر وتعرق پتانسیل را به چهار روش مورد بررسی نشان می‌دهد.

جدول ۲ – ارتفاع سالیانه تبخیر و تعرق پتانسیل بر حسب میلی‌متر در هر ایستگاه در سال ۱۹۹۳

Table 2. Total value of Evapotranspiration in 1993 (mm)

روش استاندارد شده PMF- ASCE	روش پنمن–مانتیث–فائو PMF	روش بلینی–کریدل–فائو BCF	روش هارگریوز–سامانی HS	نام ایستگاه Station
1164.09	1104.08	1159.7	1159.7	Avargan
1212.11	1197.26	1210.76	1210.76	Emangeas
1249.36	985.39	1119.91	1119.91	Boroogen
1393.47	1406.25	1324.29	1324.29	Pol - zamnkhan
1157.4	1105.63	1150.28	1150.28	Dazak
1333.82	1177.18	1084.99	1084.99	Shahre kord
1079.48	620.81	801.59	801.59	Koohrang
		Not Available	آمار موجود نیست	Lordegan

جدول ۳– ارتفاع سالیانه تبخیر و تعرق پتانسیل بر حسب میلی‌متر در هر ایستگاه در سال ۲۰۰۰

Table 3. Total value of Evapotranspiration in 2000 (mm)

روش استاندارد شده PMF- ASCE	روش پنمن–مانتیث–فائو PMF	روش بلینی–کریدل–فائو BCF	روش هارگریوز–سامانی HS	نام ایستگاه Station
1232.68	1232.85	1245.32	1245.32	Avargan
1302.49	1306.71	1287.67	1287.67	Emangeas
1332	1458.9	1450.52	1450.52	Boroogen
1486.71	1530.84	1417.74	1417.74	Pol - zamnkhan
1226.95	1236.24	1236.83	1236.83	Dazak
1425.42	1359.78	1261.5	1261.5	Shahre kord
1185.45	1107.7	1087.3	1087.3	Koohrang
1594.52	1569.07	1239.17	1239.17	Lordegan

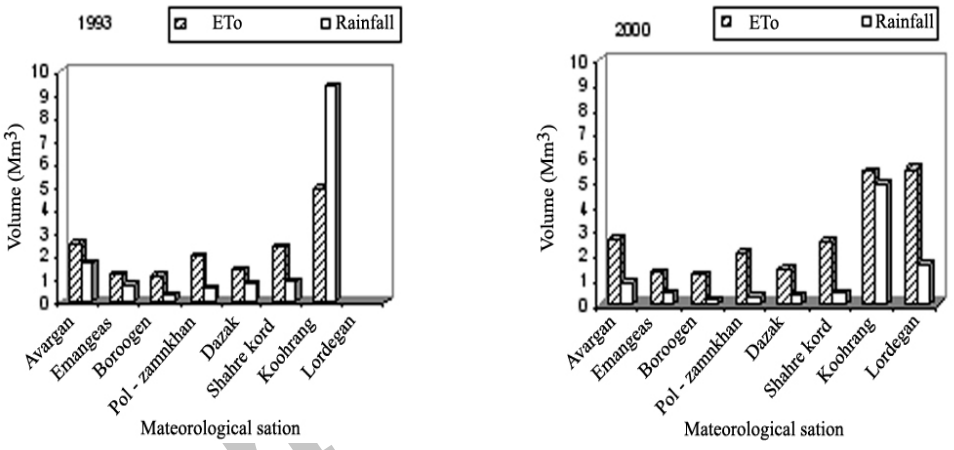
حجم پتانسیل آب تبخیر و تعرق شده در استان

Archive of SID

www.SID.ir

با توجه به مساحت تحت پوشش هر ایستگاه (جدول ۱) و کل ارتفاع تبخیر سالیانه هر ایستگاه (جداول ۲ و ۳) مقادیر تبخیر وتعرق پتانسیل برای روش مرجع (هارگریوز–سامانی) برای سال ۱۹۹۳ و سال ۲۰۰۰ محاسبه گردید (شکل ٤). بیشترین میزان حجم تبخیر و تعرق پتانسیل در شهرستان‌های لردگان و کوهرنگ می‌باشد. همان‌طور که از جداول ۲ و ۳ مشاهده می‌شود ارتفاع تبخیر سالیانه در این دو ایستگاه، نسبت به سایر ایستگاه‌ها کمتر می‌باشد لیکن به علت بالاتر بودن مساحت تحت پوشش این دو ایستگاه (جدول ۱)، کل حجم محاسبه شده بیشتر است.

در شکل ٤ مقادیر بارندگی سالانه نیز ارائه شده ست. نتایج نشان می‌دهد که در سال ۲۰۰۰ (سال خشک) نسبت تبخیر سالانه در استان به بارندگی ۱/٤٤ محاسبه شده است.



شکل ٤- حجم تبخیر و تعرق پتانسیل به روش هارگریوز–سامانی و بارندگی تحت پوشش هر ایستگاه در سال‌های ۱۹۹۳ و ۲۰۰۰

Fig. 4. Total volume of Rainfall and Evapotranspiration base on Hargerives - Samani Method in 1993 and 2000

همچنین کل حجم تبخیر و تعرق پتانسیل سالیانه استان با چهار روش محاسبه گردید که در جدول ٤ آمده است.

جدول ٤ – حجم تبخیر وتعرق پتانسیل در کل استان با چهار روش مورد بررسی (میلیارد مترمکعب)

www.SID.ir

Table 4. Total Volume of Evapotranspiration with the 4 Estimation Methods (Mm^3)

سال مورد نظر year	وضعیت	هارگریوز–سامانی HS	بلینی –کریدل–فائو BCF	پنمن–مانتیث–فائو PMF	PMF-ASCE
1993	تر wet	15.6	12.7	13.6	13.6
2000	خشک dry	20.0	21.9	20.3	20.3

بر اساس نتایج فوق حداقل حجم تبخیر و تعرق پتانسیل استان در سال تر در حدود ۱۵/٦ و در سال خشک حداکثر ۲۰ میلیارد متر مکعب بدست آمده است. جدول ٤ نشان می‌دهد که سایر روش‌ها مقادیر متفاوتی را ارائه نموده‌اند، ولی آنچه مسلم است اختلاف در مقادیر حجم در روش‌ها بسیار قابل توجه بوده و لذا اهمیت انتخاب روش مورد استفاده جهت تخمین تبخیر و تعرق را نشان می‌دهد. بدیهی است که انتخاب روش مناسب مستلزم نصب لایسیمتر و آمار برداری از آنها برای یک دوره طولانی است.

انجام محاسبات بالا و تخمین نیاز آبی منطقه با روش‌های فوق الذکر و مقایسه نتایج حاصله نشان می‌دهد که با توجه به اقلیم منطقه لازم است روش مناسب جهت تخمین نیاز آبی و تعیین کل حجم آب مصرفی در استان به کار برده شود و با توجه به جهانی بودن روش‌هایی از قبیل ASCE و استفاده رو به گسترش از این روش، لازم است تا ضرایب این روش جهت استفاده در مناطق متفاوت از جمله استان چهار محال و بختیاری کالیبره شود تا نتایج قابل قبولی از آن استخراج گردد.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از همکاری و راهنمائی دکتر نبی ا... یارعلی در زمینه GIS کمال تقدیر و تشکر را می‌نمایند.

منابع

علیزاده، ا. ۱۳۸۱. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ چهاردهم.

Archive of SID

www.SID.ir

هاشمی‌نیا، م. ۱۳۷۸. تبخیر، تبخیر–تعرق و داده های اقلیمی. نشر آموزش کشاورزی کرج.

نجفی، پ. ۱۳۸۳. مدل کامپیوتری تبخیر و تعرق گیاه مرجع با استفاده از روش اصلاح شده هارگریوز–سامانی در نقاط مختلف ایران. طرح پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان.

ALLEN, R.G., L.S. PEREIRA, D. RAES, and M. SMITH. 1998. Crop evapotranspiration; Guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper 56, pp. 27-65

ALLEN, R.G., WALTER, I.A., ELLIOTT, R., MECHAM, B., JENSEN, M.E., ITENFISU, D., HOWELL, T.A., SNYDER, R., BROWN, P., ECHING, S., SPOFFORD, T., HSTTENDORF, M., CUENCA, R.H., WRIGHT, J.L., and MARTIN, D. 2000. Issues, requirements and challenges in selecting and specifying a standardized ET equation. American Sociaty Civil Engieering.

AMATYA, D.M., R.W. SHAGGS, and J.D. GREGORY. 1995. Comparison of methods for estimating REF-ET. J. Irrig & Drain. Eng., ASCE, Vol 121, No. 6, 427-435.

HARGREAVES, G.H., and SAMANI, Z.A. 1982. Estimating potential evapotranspiration. Tech. Note, J. Irrig. and Drain. Eng., ASCE, 108(3):225-230.

HAYES, M.J. 2005. What is Drought? Drought Indices, Climate Impacts Specialist. National Drought Mitigation Center. (Available on www. drought.unl.edu/whatis/indices.htm).

SAMANI, Z. 2000. Estimating solar radiation and evapotranspiration using minimum climatological data. J. Irrig. And Drain. Eng. ASCE, Vol. 126, No. 4, 265-267.

SAMANI, Z.A. and M. PESSARAKLI. 1986. Estimating potential crop evapotranspiration with minimum data in Arizona. Trans. of the ASAE, 29, (2): 522-524.

WALTER, I.A., ALLEN, R.G., ELLIOT, R., JENSEN, M.E., ITENFISU, D., MECHAM, B., HOWELL, T.A., SNYDER, R., BROWN, P., ECHING, S., SPOFFORD, T., HATTENDORF, M., CUENCA, R.H., WRIGHT, J.L., and MARTIN, D. 2000. ASCE's Standardized Reference Evapotranspiration Equation. American Sociaty of Civil Engieering.

YAZDANPANAH, H., TABATABAAEI, S. H. and SOLEIMANITABAR, M. 2005. Assessment of Meteorological Drought using SPI Model and GIS in Azerbaijan. Proceeding of the First Iran-Korea Joint Workshop on Climate Modeling, Nov. 16-17 2005, Mashhad, I. R. of IRAN, 324-332.

Archive of SID

www.SID.ir