Archive of SID

ارزیابی روش‌های مختلف تشعشعی و رطوبتی جهت برآورد تبخیر ـ تعرق مرجع و اثرات خشکی هوا بر آن در استان گلستان

حسین شریفان، بیژن قهرمان، امین علیزاده و سیدمجید میر لطیفی[۱*]

چکیده

بـر اسـاس استاندارد فائو به میزان آب مصرف شده توسط مزرعهٔ پوشیده از گیاه مرجع (چمن) در یک دوره زمانی مشخص و بدون تنش آبی تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ETo) گویند. این پارامتر به دو روش مستقیم (لایسیمتری) و غیر مسـتقیم (معـادلات تجربی) برآورد می‌شود. به‌دلیل عدم وجود داده‌های دقیق لایسیمتری در استان گلستان و معرفی روش فائو-پنمن-مانتیث (F-P-M) به عنوان روش استاندارد مرجع از سوی بسیاری از محققین و مؤسسات تحقیقاتی جهانـی، روش مزبور به عنوان معیار ارزیابی روش‌های مختلف تشعشعی و رطوبتی در ایستگاه‌های سینوپتیک گرگان، گنبد و مـراوه تـپه (واقـع در اسـتان گلستان) مورد استفاده قرار گرفت. در این ارزیابی داده‌های هواشناسی در سه وضـعیت اصلاح نشده و اصلاح شده در شرایط محلی و جهانی (اصلاح داده‌ها با استفاده از ضرایب به دست آمده به ترتیـب بـرای منطقه مورد نظر و تمسگن) بکار گرفته شدند. نتایج نشان دادکه روش‌های تشعشعی ماکینک، تورک، جنسـن-هـیز و تابشـی (دورنـباس- پـروت) به ترتیب مقدار ETo مناسب‌تری را در منطقه برآورد می‌نمایند. اصلاح داده‌ها در ایستگاه‌های گرگان و گنبد تأثیر قابل توجهی بر نتایج ندارد. لیکن در مراوه تپه می‌تواند آن‌ها را تا حدود ۱۵٪ بهـبود بخشـد. بـا قرار دادن مقادیر ETo روزانه به دست آمده (از همه این روش‌ها در ایستگاه‌های گرگان و گنبد و روش جنسن-هیز در مراوه تپه) در معادله همبستگی بین روش های مورد نظر و روش استاندارد، مقدار ETo قـابل قبولی نسبت به روشF-P-M تخمین زده شد، به طوریکه اختلاف آنها در ایستگاههای گرگان و گنبد حدود ۲ تـا ۳٪ و در مـراوه تـپه حدود ۹٪ بود. روش‌های رطوبتی (پاپاداکیس و ایوانف) در استان گلستان از کارایی مناسبی بـرخوردار نـبوده، لیکـن اگر مقادیرETo به دست آمده از این روش‌ها توسط معادله همبستگی مناسبی (بین مقادیر روش اسـتاندارد و مقادیـر روش های مورد نظر) در ایستگاه های گرگان و گنبد تصحیح شوند، می‌توان از این روش هـا اسـتفاده نمـود، بـه طوریکـه شیب معادله ناشی از مقادیر تصحیح شده از این روش با مقادیر ETo استاندارد به حـدود ۰/۹۹ و ۱/۰۲۵ رسـید. از نتایج این تحقیق می‌توان برای نقاطی از استان که دارای اقلیمی مشابه هر یک از این ایستگاهها می‌باشند استفاده نمود.

واژه های کلیدی: تبخیر-تعرق گیاه مرجع، خشکی هوا، استان گلستان.

مقدمه

کم بودن ریزش‌های جوی در ایران از یک سو و پراکندگی توزیع زمانی و مکانی آن‌ها از سوی دیگر موجب شده است تا این کشور جزء مناطق خشک و نیمه خشک دنیا محسوب شود. رشد سریع جمعیت و محدود بودن منابع آب با کیفیت مناسب، از عوامل تهدید کننده توسعه اجتماعی و اقتصادی کشور در دهه‌های آتی خـواهد بـود. جـهت رفـع ایـن مشـکل بایـد بـه توسعه کشـاورزی و افـزایش محصولات کشاورزی توجه خاص شـود. تعییـن و تأمیـن دقیق مقدار آبی که صرف تبخیر ـ تعرق گیاهی می‌شود یکی از عوامل مهم برنامه‌ریزی برای رسـیدن به اهداف فوق است. از طرف دیگر برای طراحی و تعییـن ظرفیـت شـبکه‌هـای آبـیاری و زهکشی، مقادیر تبخیـر ـ تعـرق نقـش اصـلی را بر عهده دارند. بر اساس اسـتاندارد فائو، تبخیر ـ تعرق گیاه مرجـع (ETo) عبارت

۱- به ترتیب دانشجوی دوره دکتری رشته آبیاری، دانشگاه تربیت مدرس، عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و عضو هیئت علمی دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

*- نویسنده مسئول

وصول: ۸٤/۱/۱٦ و تصویب: ۸٤/٦/۷

www.SID.ir

Archive of SID

است از میزان آبی که یک مزرعه پوشیده از گیاه مرجع (نظیر چمن) در یک دوره زمانی مشخص مصرف نماید، به طوری که گیاهان این مزرعه در طول دوره رشد با کمبود آب مواجه نشوند. این پارامتر به دو روش مستقیم و غیر مستقیم برآورد می‌شود. در روش اول مقادیر تبخیر- تعرق مرجع به طور مستقیم از لایسیمترها اندازه‌گیری می‌شود. در روش دوم برای به‌دست آوردن مقادیرETo، یک سری داده‌های هواشناسی بکار گرفته شده و با استفاده از معادلات تجربی یا معادلاتی که دارای پایه نظری بوده، میزان آن تخمین زده می‌شود.

برای تعیین دقت مقادیر بدست آمده از روش‌های تخمینی، مقایسه آنها با مقادیر اندازه‌گیری شده توسط لایسیمتر وزنی است. لیکن از آنجا که احداث این نوع لایسیمترها هزینه زیادی را به‌همراه دارد و از سوی دیگر معمولاً آمار دقیق این روش در اختیار نمی‌باشد، لذا عموماً از معادله‌ایی بر ی برآورد تبخیر- تعرق بالقوه سطوح گیاهی مرجع برای مقایسه نتایج با آن استفاده می‌شود (سپاسخواه، ۱۳۷۷ و Allen و همکاران ۱۹۹٤).

با توجه به پارامترهای مورد استفاده در معادله های تخمین، می‌توان آنها را به چند دسته طبقه‌بندی نمود. این گروه‌ها شامل روش‌های دمایی، تشعشعی، رطوبتی و ترکیبی می‌باشد. روابط گروه ترکیبی (روش‌های پنمن، پنمن-فائو و پنمن-مانتیث-فائو و ...) از دو جزء اصلی آئرودینامیک و توازن انرژی تشکیل شده‌اند. در گروه دمایی، دمای هوا به عنوان پارامتر اصلی این روابط شناخته می‌شود. روش‌های بلانی-کریدل و نوع اصلاح شده آن و روش هارگریوز-سامانی در این گروه قرار می‌گیرند. در گروه تشعشعی، انرژی خورشیدی نقش اساسی در تبخیر ـ تعرق گیاهی را بر عهده دارد. روش‌های ماکینگ، تورک، جنسن-هیز و تابشی (دورنباس- پروت) جزء این گروه هستند. در گروه رطوبتی علاوه بر دمای هوا از رطوبت نسبی نیز در معادلات استفاده می‌شود. روابط پاپاداکیس و ایوانف در این گروه هستند. تحقیقات انجام گرفته در نقاط مختلف جهان مبین این نکته است که دقت مقادیر تبخیر ـ تعرق برآورد شده با معادله فائو-پنمن-مانتیث (F-P-M) در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری شده لایسیمتری از دیگر معادله‌های تخمین بهتر می‌باشد (Allen و همکاران ۱۹۹۸؛ و ۱۹۹٤). این معادلـه غالباً به‌عنوان تنها روش استاندارد برای محاسبه تبخیر ـ تعرق گیاه مرجع و نیز برای ارزیابی دیگر روش‌ها پیشنهاد گردید (Hargreaves، ۱۹۹٤).

از معادلـه F-P-M باید در شرایط مرجع استفاده نمود تا نتایج قابل قبولی بدست آید. در شرایط غیر مرجع باید ابتدا داده‌های دما و رطوبت اصلاح گردیده و به شرایط مرجع نزدیکتر شوند (اطراف ایستگاه پوشیده از گیاه و خوب آبیاری شده باشد). سپس از آن‌ها در محاسبات استفاده نمود (Allen و همکاران ۱۹۹٤). محمدیان (۱۳۸۲) در تحقیقی با مطالعه شرایط خشکی هوا در ایستگاه‌های سینوپتیک کشور، ضرایبی را برای تبدیل مقادیر ETo ایستگاه‌های غیر مرجع به مرجع بدست آورد. یکی از روش‌های ساده برای برآورد اثرات خشکی در یک ایستگاه هواشناسی که در آن دما و رطوبت اندازه‌گیری می‌شود، مقایسه دمای حداقل روزانه (Tmin) و دمای نقطه شبنم (Tdew) می‌باشد. در ایستگاه‌های مرطوب بخصوص اگر سرعت باد در اوائل صبح کم باشد، Tminمعمولاً برابر Tdew است. این امر حتی در مناطق خشک و نیمه‌خشکی که محیط اطراف ایستگاه تحت آبیاری نیز باشد صدق می‌کند (Allen و همکاران ۱۹۸۹). روش پیشنهادی وی برای اصلاح داده‌های Tdew، Tmin، Tmaxبه صورت زیر می‌باشد.

$$Tmax\ (Cor) = Tmax(Obs)\ - Kar^{*}\ \Delta T \qquad (۱)$$

$$Tmin_{(Cor)} = Tmin_{(Obs)} - K_{ar}{}^{*}\ \Delta T \qquad (۲)$$

$$Tdew_{(Cor)} = Tdew_{(Obs)} + (1-K_{ar})^{*}\ \Delta T \qquad (۳)$$

که در آن Tdew، Tmin، Tmax به‌ترتیب دمای روزانه هوا در نقطه شبنم، حداقل و حداکثر (بر حسب درجه سانتیگراد)، اندیس های Obs و Cor به ترتیب خصوصیت مشاهده شده و اصلاح شده، K_{ar} ضریب خشکی (برابر ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود. (Allen و همکاران ۱۹۸۹) و ΔT از رابطه ٤ به‌دست می‌آید نشان دهنده محدوده‌ای از MDD (اختلاف دمای حداقل و شبنم روزانه مشاهداتی بر حسب سانتی گراد، و بزرگتر از ۲) است و در مقادیر کمتر از آن نباید تصحیح صورت پذیرد. $T_{climate}$ برای مناطق خشک و نیمه خشک ۲ تا ۳ درجه سانتیگراد و برای مناطق مرطوب صفر در نظر گرفته شده است. MDD از رابطه ۵ به‌دست می‌آید (Allen و همکاران ۱۹۸۹).

$$\Delta T = (MDD - T_{climate_A}) \quad و \quad \Delta T > 0 \qquad (٤)$$

$$MDD = Tmin \quad T\ dew \qquad (۵)$$

به شرطی که MDD>2 °C، Temesgen و همکاران (۱۹۹۹)، ضرایب اصلاحی برای پارامترهای دما در ایستگاه‌های غیر مرجع را به شرح زیر تعیین کردند.

$$Tmax_{(Cor)} = Tmax_{(Obs)} - K_x\ (MDD\ \ 2) \qquad (٦)$$

$$Tmin_{(Cor)} = Tmin_{(Obs)} - K_n\ (MDD\ \ 2) \qquad (۷)$$

$$Tdew_{(Cor)} = Tdew_{(Obs)} \qquad (۸)$$

که در آنها $K_x=K_n=0.4$ و $K_d=0.6$ برای مناطق خشک و $K_x=K_n=K_d=0.5$برای مناطق مرطوب است. ضمناً پارامتر رطوبت نسبی با اصلاح داده های فوق به طور غیر مستقیم اصلاح می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

میرشاهی (۱۳۷۸) روش پیشنهادی Temesgen و همکاران (۱۹۹۹) را برای اصلاح داده‌های روزانه Tmin ،Tdew و max در ۱٦ ایستگاه سینوپتیک خراسان به کار برد و تبخیر- تعرق برآورد شده از روش‌های هارگریوز-سامانی (H-S) و تشت تبخیر در حالت بدون اصلاح داده‌ها و در حالت اصلاح داده‌ها (H-S-MOD) را با معادله استاندارد F-P-M مقایسه نمود. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که اصلاح دما موجب می شود تا ETo به دست آمده از روش (H-S-MOD) به مقادیر ETo روش F-P-M پس از اصلاح داده ها نزدیکتر شود.

در تحقیقی برای ایستگاه‌های سینوپتیک کشور با استفاده از داده‌های هواشناسی برداشت شده از آنها، ضرایب روابط ٦ تا ۸ جهت اصلاح دماهای حداکثر، حداقل و شبنم توسط محمدیان (۱۳۸۲) برآورد گردید. در جدول۱ این ضرائب برای ایستگاه‌های سینوپتیک استان‌گلستان نشان داده شده است.

استان گلستان در شمال کشور واقع شده است و دارای شرایط اقلیمی متنوعی می‌باشد. به طوری که از مرطوب جنگلی تا خشک و نیمه‌خشک متغیر است. ایستگاه‌های سینوپتیک این استان که دارای آمار مناسبی جهت این تحقیق می‌باشند عبارتند از: گرگان-هاشم‌آباد (از سال ۱۹۸۳)، گنبد (از سال ۱۹۹۵) و مراوه تپه از سال ۱۹۹٤ تا سال ۲۰۰۲ میلادی.

هدف از این تحقیق، مقایسه مقادیرETo روزانه محاسبه شده از معادله‌های تخمینETo در گروه‌های تشعشعی و رطوبتی با مقادیرETo روزانه به‌دست آمده از روش استاندارد (در شرایط مرجع) در استان گلستان می‌باشد (ارزیابی گروه‌های ترکیبی و دمایی در حال بررسی و تهیه است). این مقایسه‌ها در سه وضعیت داده‌های اصلاح نشده و داده‌های اصلاح شده در شرایط محلی و جهانی به ترتیب از روش‌های محمدیان (۱۳۸۲) و Temesgen و همکاران (۱۹۹۹) صورت پذیرفته است. هم‌چنین معادلات همبستگی بین مقادیر فوق ارائه و ارزیابی می‌گردد.

مواد و روش‌ها

در ایستگاه‌های سینوپتیک معمولاً داده‌های هواشناسی هر سه ساعت یک‌بار ثبت می‌گردد. با متوسط گیری از ۸ قرائت انجام گرفته در طول شبانه روز، مقادیر روزانه داده‌ها محاسبه می‌شود. با استفاده از داده‌های روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک گرگان، گنبد و مراوه تپه و توسط برنامه کامپیوتری تهیه شده به زبان Q-Basic ، مقادیر ETo روزانه برای هر یک از روش‌های تشعشعی و رطوبتی محاسبه شد. سپس مقادیر ETo به دست آمده از این روش‌ها با روش استاندارد مرجع (F-P-M) مقایسه گردید.

روش‌های محاسبهETo

گروه تشعشعی: در این گروه، انرژی خورشیدی به عنوان عامل اصلی در تبخیر ـ تعرق در نظر گرفته می‌شود. روش‌های ماکینگ، تورک، جنسن-هیز و تابشی در این گروه قرار دارند. معادله ماکینک در سال ۱۹۵۷ در کشور هلند و با استفاده از ارقام تبخیر- تعرق لایسیمتری پوشیده از علف‌های کوتاه بدون تنش آبی ارائه گردید. ماکینک معتقد بود که هر چه دمای هوا بیشتر باشد، مقادیر بیشتری از انرژی خورشیدی در تبخیر ـ تعرق مصرف می‌شود (مالک و عالمی، ۱۳٦۵). تورک در سال ۱۹٦۱ بر اساس شرایط معمول اقلیمی حاکم بر غرب اروپا، معادله‌ای را برای برآورد مقادیر ETo بر حسب میلیمتر در روز ارائه کرد (مالک و عالمی، ۱۳٦۵). جنسن-هیز در سال ۱۹٦۳ آمار بیش از ۳۰۰۰ داده تبخیر ـ تعرق را که به‌وسیله روش‌های نمونه برداری از خاک در یک دوره ۳۵ ساله تعیین شده بود ارزیابی کرد. ایشان بر اساس پارامترهای تابش خورشیدی، دما و ارتفاع از سطح دریا رابطه‌ای خطی جهت برآورد ETo ارائه نمودند (Doorenbos و Pruitt ۱۹۷۷). مقادیر ETo به دست آمده از این روش برای گیاه مرجع یونجه می‌باشد. بنابر این برای ارزیابی آن با روش استاندارد باید با استفاده از ضریبی، مقادیر بدست آمده را به گیاه مرجع (چمن) تبدیل نمود. در اینجا این ضریب با توجه به منابع (Allen و همکاران ۱۹۸۹)، برای ایستگاه‌های گنبد و مراوه تپه برابر ۱/۱۵و در ایستگاه گرگان برابر ۱/۰۵ در نظر گرفته شد (مقادیر ETo گیاه مرجع یونجه بر این ضریب تقسیم شد و مقادیر ETo، بر اساس گیاه مرجع چمن به دست آمد). دورنباس و پروت (Doorenbos و Pruitt ۱۹۷۷) معادله‌ای را بر اساس روش ماکینک برای برآورد تبخیر ـ تعرق ارائه نمودند. آنها در معادله خود پارامترهای تابش خورشیدی، رطوبت نسبی و وزش باد را در نظر گرفتند.

گروه رطوبتی: در این گروه که از دو پارامتر هواشناسی دما و رطوبت نسبی استفاده می‌شود، می‌توان روش‌های پاپاداکیس و ایوانف را نام برد. معادله ایوانف در سال ۱۹۵٤ و معادله پاپاداکیس در سال ۱۹٦٦ میلادی ارائه گردید (مالک و عالمی ۱۳٦۵).

روش استاندارد: روش فائو-پنمن-مانتیث (F-P-M) جزء گروه ترکیبی بوده و از دو جزء آئرودینامیک و توازن انرژی تشکیل شده است. این روش از سوی بسیاری از محققین صاحب نظر و مجامع علمی-تحقیقاتی دنیا در شرایطی که داده‌های لایسیمتری در دسترس نباشد، به

www.SID.ir

Archive of SID

عنوان روشی استاندارد برای ارزیابی سایر معادله‌های تخمین مورد استفاده قرار می‌گیرد (Hargreaves و ۱۹۹٤). در این تحقیق به علت عدم وجود لایسیمتر در ایستگاههای مورد نظر و داده‌های دقیق در منطقه از روش فائو-پنمن-مانتیث (F-P-M) به عنوان روش استاندارد استفاده شد.

تصحیح شرایط غیر مرجع به مرجع

از آنجا که نتایج تبخیر ـ تعرق در شرایط مزرعه به کار می‌رود لذا مقادیر ETo به دست آمده از روش استاندارد باید به شرایط مرجع تبدیل شوند. با توجه به ضرایب بدست آمده در تحقیق محمدیان (۱۳۸۲) داده‌های دما و رطوبت نسبی تعدیل گردید و در محاسبه مقادیرETo از روش F-P-M به شرایط مرجع به کار گرفته شد. این ضرایب در جدول (۲) به صورت ماهانه نشان داده شده است.

با توجه به جدول ۳ و دانستن این نکته که ایستگاه سینوپتیک گرگان در منطقه کشاورزی و در اقلیم مرطوب تا نیمه مرطوب واقع شده است، بنابراین می‌توان آن را به‌عنوان یک ایستگاه مرجع در تحقیقات به کار برد. ایستگاه گنبد فقط در یک ماه غیر مرجع می‌باشد که با توجه به ضریب مورد نظر می‌توان به ایستگاه مرجع تبدیل کرد. اما ایستگاه مراوه تپه در منطقه‌ای خشک و تقریباً غیر کشاورزی واقع شده است. لذا با استفاده از ضرایب جدول ۲ به ایستگاه مرجع تبدیل می‌شود. بنابراین در این تحقیق مقادیرETo به دست آمده از روش استاندارد به شرایط مرجع تبدیل و سپس به‌عنوان معیار ارزیابی روش‌های دیگر مورد استفده قرار گرفت.

مقایسه روش‌های مورد مطالعه با روش استاندارد

در این تحقیق پس از تهیه آمار و اطلاعات هواشناسی و ضرایب تبدیل غیر مرجع به مرجع، مقادیر Etoاز روش‌های مختلف تشعشعی و رطوبتی و استاندارد محاسبه گردید. سپس برای هرروز ژولینوسی (در هر ایستگاه به تعداد سال‌های دوره آماری برای هر روز ژولینوسی، ETo وجود دارد) مقادیر متوسط ETo روزانه برآورد شد. در نمودارهایی این مقادیر به همراه مقادیر متناظرETo روزانه روش استاندارد، در مقابل روزهای کل سال به نمایش در آمد. با رگرسیون‌گیری بین مقادیرETo روزانه به دست آمده از هر روش(Y) و مقادیرEto روزانه برآورد شده (Yi) از روش F-P-M، معادله همبستگی، ضرایب رگرسیونی مورد بررسی قرار گرفت. در این مقایسه هم‌چنین پارامترهای مربوط به تجزیه و تحلیل‌های آماری نظیرR2 (ضریب تبیین)، SEE و MBE بررسی گردید (رضایی، ۱۳۷۹) و (N تعداد نمونه می‌باشد).

$$SEE = \{[\Sigma(Y-Yi)2] / [(N-1)]\}0.5 \quad (۹)$$

$$MBE = [\Sigma(Y-Yi)] / (N-1) \quad (۱۰)$$

اعتبار سنجی

برای ارزیابی معادله همبستگی به دست آمده از مقادیرETo، کل دوره آماری داده‌ها به طور تصادفی به دو دسته مساوی تقسیم شد. با رگرسیون‌گیری ۵۰٪ اولیه مقادیر ETo روزانه، معادله همبستگی بین مقادیر روش‌های مورد نظر (به‌عنوان متغیر مستقل) و مقادیر روش استاندارد (به عنوان متغیر وابسته) به دست آمد. در اینجا به نام معادله همبستگی ۵۰٪ تصادفی اولیه شناخته می‌شود. سپس برای هریک از روش‌های مورد نظر در تحقیق، ۵۰٪ تصادفی مابقی مقادیرETo روزانه در یک رگرسیون‌گیری بررسی شد و معادله‌ای موسوم به معادلـه ۵۰٪ تصادفی دوم قبل از به‌کارگیری معادله اولی به‌دست آمد. سپس مقادیر۵۰٪ تصادفی دوم را در معادله ۵۰٪ تصادفی اول قرار داده وحاصل آن‌ها با مقادیر ETo روزانه به‌دست آمده از روش F-P-M مقایسه گردید. در این مقایسه معادله‌ای به نام ۵۰٪ تصادفی دوم بعد از به‌کارگیری معادله اول بدست آمد.

نتایج و بحث

شکل۱ نحوه تغییرات مقادیر متوسط ETo روزانه برآورد شده از روش‌های تجربی را به همراه مقادیر متوسط ETo به‌دست آمده از روش استاندارد در طول سال (وضعیت بدون اصلاح داده ها) نشان می‌دهد. بر اساس این شکل استنباط می‌شود که روش جنسن-هیز در نیمه اول سال مقدار متوسط ETo روزانه را کمتر از روش استاندارد و در نیمه دوم سال مقادیری تقریباً برابر روش استاندارد برآورد می‌نماید. در حالی که در روش تورک در نیمه اول سال، متوسط روزانه ETo تقریباً برابر با مقادیر روش استاندارد و در مابقی سال فراتر از روش استاندارد تخمین زده می‌شود. مقادیر روش ماکینک در اواسط سال کمتر از روش استاندارد بوده در حالی که روش تابشی (دورنباس - پروت) تبخیر ـ تعرق گیاه مرجع را به طور متوسط همواره بیشتر از روش F-P-M برآورد می‌کند. در گروه رطوبتی، روش ایوانف به طور متوسط همواره بیشتر و روش پاپاداکیس در نیمه اول سال تقریباً برابر و در نیمه دوم سال مقدار ETo بیشتری را از روش استاندارد تخمین می‌زند.

با توجه به بررسی‌های بعمل آمده برای هر سه ایستگاه سینوپتیک گرگان، گنبد و مراوه تپه در طول سال می‌توان نتایج فوق را مشاهده نمود (به علت کمبود جا، فقط برای ایستگاه گرگان نشان داده شد). تفاوت آن‌ها تنها در میزان اختلاف با مقادیر بدست آمده از روش استاندارد می باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- ضرایب اصلاح داده‌ها برای استان گلستان (۵)

	K_x	K_n	K_d
گرگان	۰/۶	۰/۵۵	۰/۴۵
گنبد	۰/۶۷	۰/۵۶	۰/۴۴
مراوه تپه	۰/۷۰	۰/۵۶	۰/۴۴

جدول ۲- ضرایب اصلاحی مقادیر ETo ایستگاه‌های غیر مرجع به مرجع (محمدیان ۱۳۸۲)

	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
گرگان	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
گنبد	۱	۱	۱	۱	۱	۰/۹۸	۱	۱	۱	۱	۱	۱
مراوه تپه	۰/۹۶	۰/۹۶	۱	۰/۹۶	۰/۹۵	۰/۹۲	۰/۹۴	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۹۵	۰/۹۴

جدول ۳ــ مقادیر ضرایب همبستگی (عرض از مبدأ =B، ضریب زاویه=A و ضریب همبستگی=R) ناشی از رگرسیون‌گیری بین مقادیرETo روزانه روش جنسن - هیز و مقادیر ETo روزانه روش استاندارد (برحسب میلی متر در روز)

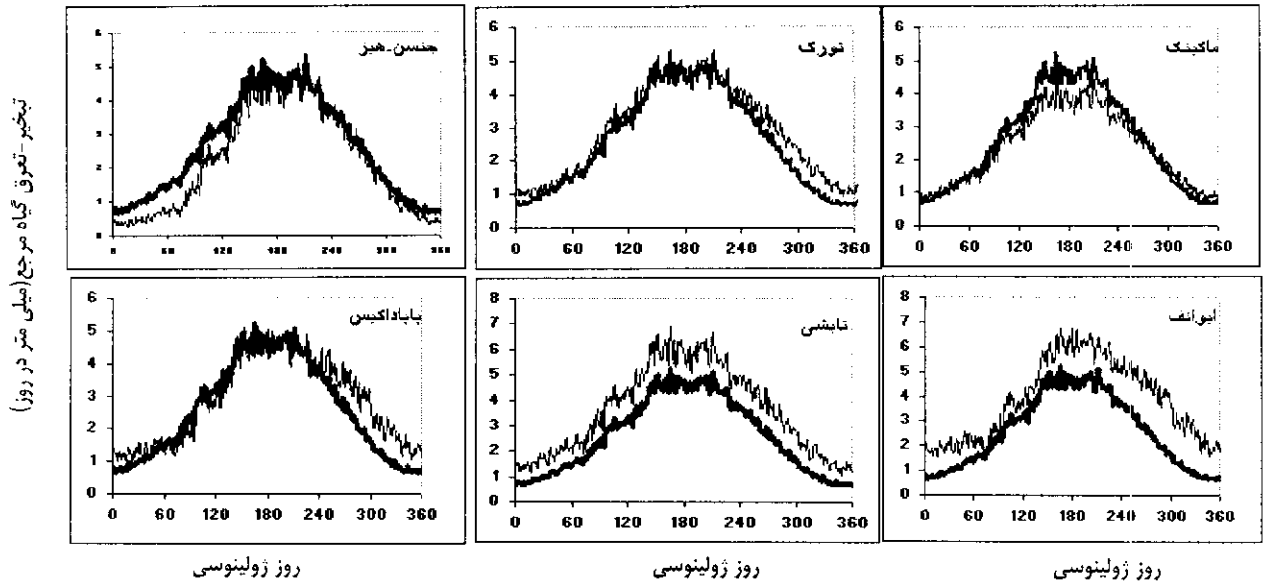
	ضرایب	گرگان			گنبد			مراوه تپه		
		وضعیت۱	وضعیت۲	وضعیت۳	وضعیت۱	وضعیت۲	وضعیت۳	وضعیت۱	وضعیت۲	وضعیت۳
کل مقادیر	A	۰/۷۶۸	۰/۷۷۳	۰/۸۷۲	۰/۷۴۳	۰/۷۶۸	۰/۷۶۴	۰/۷۰۷	۰/۸۲۹	۰/۸۰۲
	B	۰/۸۷۵	۰/۸۶۵	۰/۸۶۴	۰/۹۷۸	۰/۹۰۴	۰/۹۳۸	۱/۳۴۸	۱/۱۷۵	۱/۸۸۸
	R^2	۰/۸۶۵	۰/۸۷۱	۰/۸۷۲	۰/۸۵۰	۰/۸۶۹	۰/۸۶۸	۰/۸۴۹	۰/۹۱۴	۰/۹۱۵
۵۰٪ تصادفی اول	A	۰/۷۵۹	۰/۷۶۴	۰/۷۶۳	۰/۷۳۹	۰/۷۷۲	۰/۷۶۱	۰/۶۸۶	۰/۸۱۳	۰/۷۸۷
	B	۰/۸۷۰	۰/۸۶۱	۰/۸۶۰	۰/۹۴۹	۰/۹۳۳	۰/۹۱۰	۱/۴۰۷	۱/۲۲۵	۱/۲۳۳
	R^2	۰/۸۷۵	۰/۸۷۹	۰/۸۸۰	۰/۸۵۱	۰/۸۶۶	۰/۸۷۱	۰/۸۷۰	۰/۹۲۴	۰/۹۲۶
۵۰٪ تصادفی دوم قبل از بکارگیری	A	۰/۷۷۹	۰/۷۸۳	۰/۷۸۲	۰/۷۳۵	۰/۷۶۵	۰/۷۵۸	۰/۷۸۳	۰/۸۹۲	۰/۸۹۵
	B	۰/۸۷۹	۰/۸۶۸	۰/۸۶۷	۰/۹۲۱	۰/۸۷۶	۰/۸۹۲	۱/۱۷۲	۱/۰۴۰	۱/۰۶۱
	R^2	۰/۸۵۵	۰/۸۶۵	۰/۸۶۵	۰/۸۵۲	۰/۸۷۳	۰/۸۷۰	۰/۷۹۷	۰/۸۷۸	۰/۸۸۰
۵۰٪ تصادفی دوم بعد از به کارگیری	A	۱/۰۲۶	۱/۰۲۵	۱/۰۲۵	۰/۹۹۰	۰/۹۹۱	۰/۹۹۱	۱/۱۴۰	۱/۰۹۸	۱/۰۹۱
	B	-۰/۰۱۵	-۰/۰۱۵	-۰/۰۱۵	-۰/۰۴۶	-۰/۰۴۸	-۰/۰۴۹	-۰/۴۳۴	-۰/۳۰۶	-۰/۲۸۵
	R^2	۰/۸۵۵	۰/۸۶۵	۰/۸۷۲	۰/۸۵۳	۰/۸۷۳	۰/۸۷۴	۰/۷۹۷	۰/۸۷۹	۰/۸۸۰

جدول۴ ــ مقادیر پارامترهای آماری ناشی از مقایسه مقادیر ETo روزانه روش جنسن-هیز با مقادیر ETo روزانه روش استاندارد (میلی متر در روز)

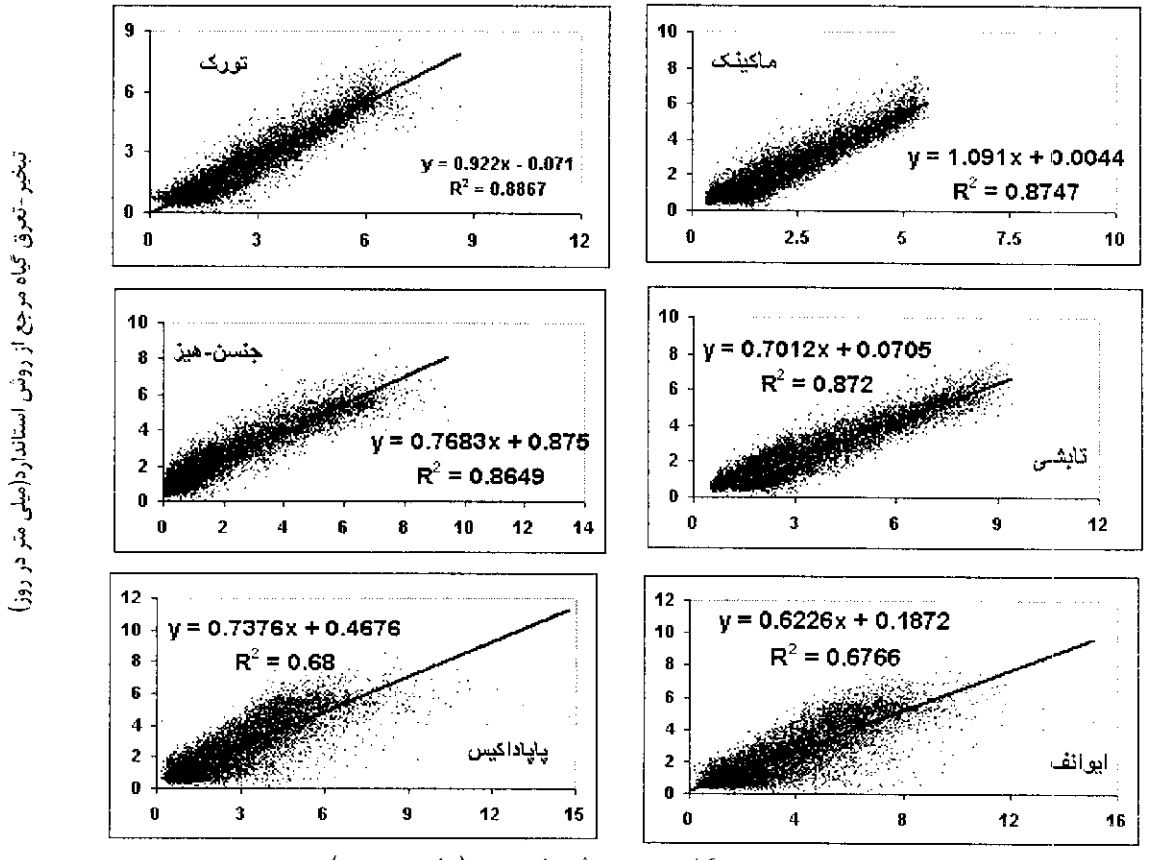
	ضرایب	گرگان			گنبد			مراوه تپه		
		وضعیت ۱	وضعیت ۲	وضعیت ۳	وضعیت ۱	وضعیت ۲	وضعیت ۳	وضعیت ۱	وضعیت ۲	وضعیت ۳
کل مقادیر	SEE	۰/۸۴۳	۰/۸۱۹	۰/۸۱۸	۰/۹۴۷	۰/۸۶۸	۰/۸۷۶	۱/۴۷۳	۱/۱۴۲	۱/۱۵
	MBE	۰/۳۶۳	۰/۳۷۲	۰/۳۶۸	۰/۲۹۷	۰/۳۴۷	۰/۳۲۶	۰/۴۰۱	۰/۷۰۸	۰/۶۰۴
۵۰٪ تصادفی اول	SEE	۰/۸۳۰	۰/۸۰۹	۰/۸۰۹	۰/۹۴۶	۰/۸۷۵	۰/۸۸۱	۱/۶۴۵	۱/۲۰۸	۱/۲۳۵
	MBE	۰/۳۳۱	۰/۳۴۲	۰/۳۳۸	۰/۳۳۳	۰/۳۸۲	۰/۳۶	۰/۲۳۶	۰/۶۳	۰/۵۰۶
۵۰٪ تصادفی دوم قبل از بکارگیری	SEE	۰/۸۵۶	۰/۸۲۸	۰/۸۲۸	۰/۹۴۹	۰/۸۶۱	۰/۸۷۲	۱/۲۲۸	۱/۰۵۵	۱/۰۳۵
	MBE	۰/۳۹۶	۰/۴۰۲	۰/۳۹۹	۰/۲۶۳	۰/۳۱۲	۰/۲۹۲	۰/۶۰۷	۰/۸۰۶	۰/۷۲۸
۵۰ ٪تصادفی‌دوم‌بعداز بکار گیری	SEE	۰/۶۲۸	۰/۵۹۶	۰/۵۹۷	۰/۶۹۴	۰/۶۲۹	۰/۶۳۲	۰/۹۶۲	۰/۰۶۶۷	
	MBE	۰/۰۵۱	۰/۰۴۸	۰/۰۴۸	-۰/۷۶/۰	۰/۰۷۴	-۰/۰۷۳	۰/۰۱۵	-۰/۰۱۱	-۰/۰۰۳

www.SID.ir

Archive of SID



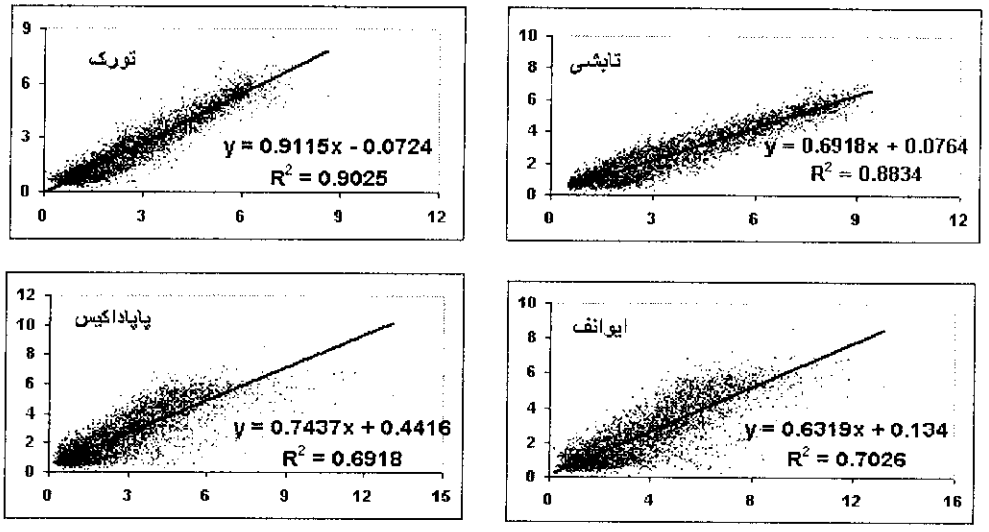
شکل ۱ـ نمودار بررسی نحوه تغییرات مقادیر متوسط ETo روزانه هر روز ژولینوسی معادله های تخمینی (خط باریکتر) با مقادیر متوسط ETo روزانه متناظر روش F-P-M (خط ضخیم تر) برای کل سالهای آماری (۲۰۰۲-۱۹۸۳) ایستگاه گرگان



شکل ۲ـ نمودار همبستگی بین مقادیر ETo روزانه روش‌های تجربی با مقادیر ETo روزانه روش F-P-M برای کل سالهای آماری (۲۰۰۲-۱۹۸۳) ایستگاه گرگان

www.SID.ir

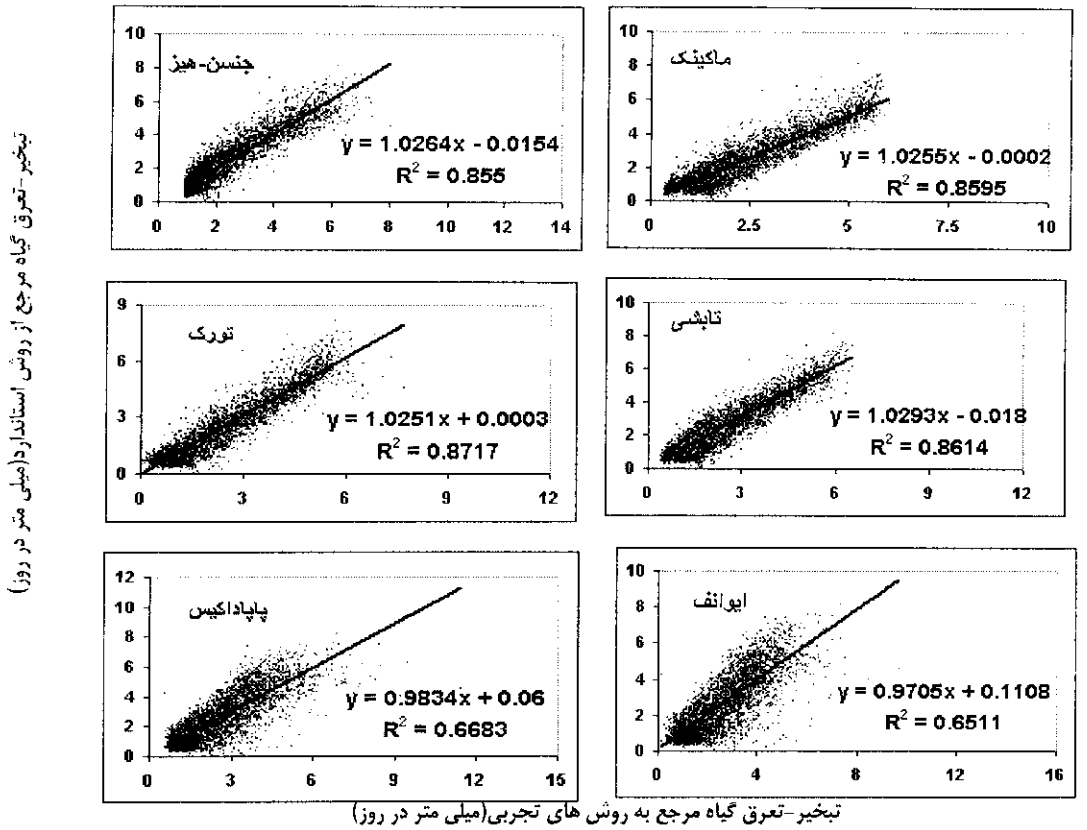
Archive of SID



تبخیر-تعرق گیاه مرجع به روش های تجربی(میلی متر در روز)

شکل ۳ـ نمودار همبستگی بین مقادیر ETo روزانه روش‌های تجربی با مقادیر ETo روزانه روش F-P-M برای ۵۰٪ تصادفی

اول ایستگاه گرگان



تبخیر-تعرق گیاه مرجع به روش های تجربی(میلی متر در روز)

شکل ۴ـ نمودار همبستگی بین مقادیر ETo روزانه روش‌های تجربی با مقادیر ETo روزانه روش F-P-M برای ۵۰٪ تصادفی دوم پس از به کارگیری معادله همبستگی اول ایستگاه گرگان

www.SID.ir

Archive of SID

اکنون با استفاده از بررسی های رگرسیونی و آماری روی مقادیر ETo روزانه به‌دست آمده از معادله‌های تخمین با مقادیر ETo روزانه از روش استاندارد، می‌توان هر یک از آنها را مورد ارزیابی قرار داد. این ارزیابی از یک سو برای ایستگاه‌های سینوپتیک مورد نظر و از سوی دیگر در سه وضعیت از داده‌های هواشناسی (شامل داده‌های اصلاح نشده و داده‌های اصلاح شده در شرایط محلی و جهانی) انجام گرفته است. لازم به ذکر است که برای انتخاب ۵۰٪ سالها، سه روش مختلف مورد بررسی قرار گرفت که عبارتند از نصف اول سال‌های آماری، به صورت سال در میان و همچنین به صورت تصادفی. میزان R2 (بین مقادیر ETo معادله های تخمینی و مقادیر ETo روش استاندارد) در سه روش انتخابی فوق اختلاف چندانی با یکدیگر نداشتند، لیکن به ترتیب روش سال در میان، تصادفی و نصف اول سال‌های آماری دارای R2 بزرگتری بودند. پس از جایگذاری مقادیر ETo روزانه در معادله همبستگی ۵۰٪ اولیه مقادیر ETo، میزان R2 در سه روش انتخابی بر عکس روش قبلی بود. بدین معنی که ابتدا روش نصف اول سال‌های آماری، سپس روش تصادفی و در نهایت روش سال درمیان بود. با توجه به این بررسی در این تحقیق بر اساس روش تصادفی، ۵۰٪ داده‌ها انتخاب شد. بنابر این ۵۰ ٪ سال‌های آماری برای رگرسیون گیری اول چنین بود: گرگان سال‌های ۱۹۸۴-۹۰-۹۱-۹۲-۹۶-۹۷-۹۸-۹۹-۲۰۰۰-۲۰۰۱؛ گنبد سال‌های ۱۹۹۵-۹۹-۲۰۰۱-۲۰۰۲ و مراوه تپه سال‌های ۱۹۹۴-۹۵-۹۷-۹۹-۲۰۰۰.

در شکل‌های شماره ۲ تا ٤ نمودارهای همبستگی مقادیر ETo از معادله های تخمینی با مقادیر ETo روش استاندارد به ترتیب در شرایط بدون اصلاح داده‌ها، ۵۰٪ تصادفی اولیه و ۵۰٪ تصادفی دوم پس ازبه کارگیری معادله همبستگی اول در ایستگاه گرگان نشان داده شده است.

روش ماکینک: با توجه به تحلیل انجام شده برای این روش، مقدار R2 این روش بیش از ۰/۸٦ می‌باشد، در حالی که با اصلاح داده‌ها در ایستگاه مراوه تپه می‌توان آن را به بیش از ۰/۹۰ نیز رساند. این روش در ایستگاه‌های گرگان و گنبد ETo را حدود ۸ تا ۹ درصد بیشتر و در ایستگاه مراوه تپه حدود ۱۱٪ کمتر از مقدار ETo روش استاندارد بر آورد می‌نماید. با اصلاح داده‌ها در مراوه تپه این اختلاف تا حد ٦٪ کاهش می‌یابد. مقدار MBE و SEE در ایستگاه‌های گرگان و گنبد به ترتیب حدود ۰/٦ و ۰/۲ میلی‌متر در روز بوده در حالی که در ایستگاه مراوه تپه مقدار آن در حالت بدون اصلاح داده‌ها به ۱/۱۲ میلی متر در روز می‌رسد و با اصلاح داده‌ها می‌توان آنرا تا حد ۰/۸ میلیمتر در روز کمتر نمود. اگر مقادیر ۵۰٪ تصادفی اولیه مورد بررسی قرار گیرد نتایج فوق نیز حاصل می‌گردد. در ارزیابی این معادله همبستگی، مشاهده گردید که در ایستگاه‌های گرگان و گنبد حدود ۲٪ و در مراوه تپه حدود ۲۵٪ کمتر از روش استاندارد تخمین زده می‌شود. مقدار SEE با شرایط قبلی یکسان است. مقدار MBE در گرگان و مراوه تپه مثبت و در گنبد منفی می‌باشد و این نشان دهنده آن است که در ایستگاه گنبد مقادیر ETo برآورد شده از روش ماکینک به طور متوسط کمتر از روش استاندارد می‌باشد. با توجه به بررسی‌های فوق می‌توان گفت که با استفاده از معادله همبستگی به دست آمده در گرگان و گنبد می‌توان مقادیر ETo قابل قبولی را برآورد نمود.

روش تورک: مطابق تجزیه و تحلیل این روش مقدار ضریب تبیین (R2) بین مقادیر ETo روش‌های تورک و استاندارد حدود ۰/۹۰ می‌باشد. در حالی که مقادیر برآورد شده از این روش در ایستگاه‌های گرگان، گنبد و مراوه تپه به ترتیب حدود ۸ ،۱٤و ۲۵ درصد کمتر از مقادیر روش استاندارد می‌باشند و با اصلاح داده‌ها در ایستگاه‌های گنبد و مراوه تپه می‌توان آن را به ترتیب به ۸ و ۱۵ درصد کاهش داد. خطای استاندارد تخمین‌ها در ایستگاه‌های فوق به ترتیب ۰/٦، ۰/۸ و ۱/۵ میلی متر در روز می‌باشد و با اصلاح داده‌ها در گنبد و مراوه تپه نیز کاهش می‌یابد. از طرفی مقدار MBE در همه ایستگاه‌ها منفی است. در ارزیابی معادله همبستگی ۵۰٪ تصادفی اولیه مقدار R2 در هر سه ایستگاه بیشتر از ۰/۸۵ می‌باشد. این معادله در ایستگاه‌های گرگان و مراوه تپه به ترتیب حدود ۲/۵ و ۱٦ درصد بیشتر مقدار ETo را نسبت به روش استاندارد برآورد می‌کند در حالیکه در ایستگاه گنبد تقریباً برابر با مقادیر روش F-P-M می‌باشد. مقدار SEE حاصل از به کارگیری معادله ۵۰٪ اولیه در ایستگاه‌های گرگان و گنبد حدود ۰/۵ میلی‌متر در روز و در ایستگاه مراوه تپه پس از اصلاح داده‌ها به ۰/۷ میلیمتر در روز می‌رسد. با توجه به بررسی‌های فوق می‌توان گفت که از روش تورک برای ایستگاه‌های فوق می‌توان استفاده نمود. لیکن با اصلاح داده‌ها در ایستگاه‌های گنبد و به ویژه در مراوه تپه نتایج بهتری حاصل می‌شود.

روش جنسن-هیز: نتایج حاصل از رگرسیون‌گیری بین مقادیر ETo برآورد شده از روش جنسن-هیز و مقادیر ETo به‌دست آمده از روش استاندارد در جدول ۳ آمده است. مطابق این جدول، می‌توان گفت R^2 در این رگرسیون در هر سه ایستگاه بالاتر از ۰/۸۵ می‌باشد. در حالی که مقدار ETo را به میزان ۲۳ تا ۳۰ درصد کمتر از روش استاندارد برآورد می‌کند، با اصلاح داده‌ها می‌توان این اختلاف را کمتر نمود. مقدار SEE در ایستگاه‌های گرگان و گنبد حدود ۰/۹-۰/۸

www.SID.ir

Archive of SID

میلی متر در روز و در مراوه تپه حدود ۱/٤ میلی متر در روز می‌باشد و با اصلاح داده‌ها می‌توان آن را کاهش داد (جدول ٤). همانطوری که در جداول ۳ و ٤ مشاهده می‌شود مقدار R^2 در ارزیابی معادله همبستگی ۵۰٪ تصادفی اولیه بیشتر از ۰/۸۵ است. هم‌چنین در ایستگاه‌های گرگان و مراوه تپه مقادیرETo روزانه پس از اصلاح مقادیر ETo توسط معادلـه همبستگی مناسب، به ترتیب حدود ۲ و ۱٤درصد بیشتر از روش استاندارد برآورد گردید. در حالی که در ایستگاه گنبد با یکدیگر برابر می‌باشند. مقدار SEE با اصلاح داده‌ها در هر سه ایستگاه کمتر از ۰/٦ میلی‌متر بر روز بوده و MBE نیز ناچیز می‌باشد (این اطلاعات در جدول ٤ برای ایستگاه گرگان آمده است).

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مقادیر برآورد شده از روش جنسن-هیز اختلافی حدود ۲۵٪ با مقایر روش استاندارد دارند. لیکن با قرار دادن مقادیر ETo به دست آمده از این روش در معادله همبستگی می‌توان نتایج قابل قبولی را کسب نمود. از طرفی اصلاح داده‌ها در مراوه تپه نتایج را بهبود می‌بخشد به طوری که شیب معادله همبستگی از ۱/۱٤ به حدود ۱/۰۹ و مقدار SEE با استفاده از روش محمدیان از ۰/۹٦ به ۰/۰٦ میلیمتر در روز کاهش می‌یابد.

روش دورنباس و پروت (تابشی): این روش که به تابشی هم معروف است در گروه تشعشعی قرار دارد. مطابق بررسی‌های رگرسیونی بین مقادیر ETo روزانه برآورد شده از این روش و مقادیر ETo روزانه روش استاندارد، ضرایب تبین (R^2) در هر سه ایستگاه بیشتر از ۰/۸۷ می‌باشد و با اصلاح داده‌ها در مراوه تپه به بیش از ۰/۹۲ می‌رسد. این روش در ایستگاه‌های گرگان، گنبد و مراوه تپه به ترتیب حدود ۳۰٪، ۳۳٪ و ٤۵٪ کمتر از روش استاندارد مقدار تبخیر ـ تعرق گیاه مرجع را برآورد می‌کند. با اصلاح داده‌ها در کل دوره آماری به روش محمدیان (۱۳۸۲) می‌توان آن را در ایستگاه گرگان به ۲۰٪ کاهش داد. لیکن برای سایر حالات اصلاح داده‌ها تأثیر چندانی بر نتایج ندارد. مقدار SEE در ایستگاه‌های گرگان و گنبد حدود ۱/۵-۱/۳ و در ایستگاه مراوه تپه حدود ۲/۹ میلی‌متر در روز می‌باشد و با اصلاح داده‌ها در مراوه تپه به ۲/٤ میلیمتر در روز کاهش می‌یابد. مقدار MBE در آنها به ترتیب ۱-، ۱/۲- و ۲- میلی متر در روز به دست آمد. در ارزیابی معادلـه همبستگی ۵۰٪ تصادفی اولیه مقادیر ETo روزانه، ضریبR^2 برای هر سه ایستگاه بیشتر از ۰/۸۳ می‌باشد (مقدار این ضریب در شکل ٤ فقط برای ایستگاه گرگان آمده است). این معادله در ایستگاه‌های گرگان و گنبد حدود ۲-۰ درصد کمتر و در مراوه تپه حدود ۲۳٪ بیشتر از مقدار استاندارد برآورد می‌نماید. اصلاح داده‌ها در تغییر میزان این اختلاف تأثیر چندانی ندارد.

بنابراین با توجه به ارزیابی‌های فوق می‌توان گفت که مقادیر برآورد شده از روش تابشی، اختلاف زیادی با مقادیر استاندارد مرجع دارند. در ایستگاه‌های گرگان و گنبد می‌توان این مقادیر را در معادله همبستگی قرار داده و ارقام حاصل شده را به عنوان مقادیر ETo آن ایستگاه‌ها قلمداد نمود. کارایی این روش در ایستگاه مراوه تپه رضایت بخش نیست.

روش پاپاداکیس: مقادیر ETo برآورد شده از این روش که جزء گروه رطوبتی محسوب می‌شود از ضریب R^2 بالایی برخوردار نیست (بین ۰/۵۵ تا ۰/٦۷). از طرفی مقادیر ETo روزانه این روش حدود ۲٤٪ تا ٤۵٪ کمتر از روش استاندارد برآورد می‌شود در حالی که با اصلاح داده‌ها در مراوه تپه‌به حدود ۱٤٪ (روش تمسگن و همکاران، ۱۹۹۹) تا ۲٤٪ (روش محمدیان، ۱۳۸۲) بیشتر منتهی می‌شود. مقادیر SEE در ایستگاه‌های فوق از ۱ تا ۳ میلی متر در روز متغیر است. اصلاح داده‌ها موجب کاهش SEE می‌گردد و مقدار MBE منفی می‌باشد. هرگاه مقادیر ETo روزانه روش پاپاداکیس در معادله همبستگی ۵۰٪ تصادفی اولیه قرار داده شوند و سپس با مقادیر روش استاندارد مقایسه گردند، R^2 پائینی را خواهند داشت. لیکن اختلاف مقادیر تخمین‌ها با روش استاندارد در ایستگاه‌های گرگان و گنبد کم است (حدود۲ درصد) ولی در ایستگاه مراوه تپه به ۱۸٪ می‌رسد و با اصلاح داده‌ها این اختلاف بیشتر شده و به ۲۵ ٪ نیز می‌رسد. بنابراین نتایج روش پاپاداکیس در ایستگاه‌های فوق نمی‌تواند قابل اطمینان باشد مگر اینکه مقادیر برآورد شده از این روش با استفاده از معادله همبستگی تصحیح گردد. از این روش در مراوه تپه در هر شرایطی نمی‌توان استفاده نمود.

روش ایوانف: در رگرسیون‌گیری بین مقادیر روزانه ETo به دست آمده از روش ایوانف و روش F-P-M ضریب R^2 کمی به دست آمد. میزانETo روزانه برآورد شده توسط این روش رطوبتی با مقادیر روش استاندارد، حدود ۵۲٪-۳۵ ٪ اختلاف دارد. مقادیر MBE و SEE در هر سه ایستگاه مورد نظر بالاست. هرگاه مقادیر تبخیر ـ تعرق پتانسیل به دست آمده از این روش در معادله همبستگی ۵۰٪ اولیه قرار داده شود، در ایستگاه‌های گرگان و گنبد نتایج نسبتاً خوبی را می‌دهد. اصلاح داده‌ها تأثیر قابل توجهی بر نتایج ندارد. بنابراین روش فوق را در شرایطی که مقادیرETo روزانه با استفاده از یک معادله همبستگی تصحیح گردد، می‌توان در ایستگاه‌های گرگان و گنبد استفاده نمود. لیکن در ایستگاه مراوه تپه قابل استفاده نیست.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه گیری

با توجه به ارزیابی‌های فوق الذکر می‌توان گفت برای ایستگاه‌های سینوپتیک گرگان، گنبد و مراوه تپه به ترتیب روش‌های ماکینک، تورک، جنسن-هیز و تابشی مقادیرETo روزانه مناسب تری را برآورد می‌نمایند. و اصلاح داده‌ها در ایستگاه‌های گرگان و گنبد تأثیر قابل توجهی بر نتایج ندارد، لیکن در مراوه تپه آنها را بهبود می‌بخشد. در روش‌های تشعشعی برای ایستگاه‌های گرگان و گنبد با قرار دادن مقادیر ETo روزانه در معادله همبستگی ۵۰٪ تصادفی اولیه نتایج قابل قبولی حاصل می‌شود، لیکن در ایستگاه مراوه تپه نتایج قابل قبولی به دست نمی‌آید. در این حالت می‌توان از روش جنسن- هیز استفاده نمود.

روش‌های رطوبتی در این تحقیق از کارایی مناسبی برخوردار نبودند و اصلاح داده‌ها نتوانست بر نتایج اثر خوبی گذارد (به‌جز روش ایوانف در مراوه تپه). از طرف دیگر در این روش‌ها با تصحیح مقادیر ETo روزانه با استفاده از معادله همبستگی، نتایج برای ایستگاه‌های گرگان و گنبد به مقادیر روش استاندارد نزدیکتر شد.

با توجه به این که ایستگاه گرگان دارای اقلیم نیمه مرطوب تا مدیترانه‌ای است و اقلیم ایستگاه گنبد نیمه خشک بوده و مراوه تپه از اقلیم نیمه خشک تا خشک برخوردار است، بنابراین از نتایج این تحقیق برای نقاطی از استان که دارای اقلیمی مشابه با اقلیم هر یک از ایستگاههای فوق باشند می‌توان استفاده نمود.

فهرست منابع:

۱. رضائی، ع (۱۳۷۹). مفاهیم آمار و احتمالات (با تجدید نظر کامل). نشر مشهد، چاپ اول، مشهد.

۲. سپاسخواه، ع،ر، ۱۳۷۷، نگرشی دوباره بر روشهای محاسبه تبخیر و تعرق گیاهان زراعی، سمینار آموزشی،دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز -ارائه شده به صورت شفاهی.

۳. علیزاده، ا (۱۳۷۸). رابطه آب و خاک و گیاه. چاپ اول، دانشگاه امام رضا (ع).

٤. مالک، ا، عالمی، م،ح، (۱۳٦٥)، آب مصرفی گیاهان و برنامه‌ریزی آبیاری. ترجمه گزارشی از کمیته فنی نیاز آب آبیاری و زهکشی انجمن مهندسان راه و ساختمان آمریکا، مرکز نشر دانشگاهی، چاپ اول.

۵. محمدیان، آ، (۱۳۸۲)، اصلاح داده‌های هواشناسی برای تخمین تبخیر-تعرق گیاه مرجع در ایستگاه‌های هواشناسی غیر مرجع- ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد

٦. میرشاهی، ب. ۱۳۷۸، اثرات اصلاح دما در برآورد تبخیر-تعرق پتانسیل در ایستگاه‌های سینوپتیک استان خراسان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد

7. Allen, R.G. (1996), Assessing integrity of weather data for use in refrence evapotranspiration estimation. J. Irrig. and Drain. Eng. , ASCE, 122(2), 97-106.
8. Allen, R.G., Jensen, M.E., Wright, J.L. and Burman, R.D. (1989). Operational estimate of reference evapotranspiration. Agronomy Journal, 81(4):650-62.
9. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. (1998). Crop Evapotranspiration Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, NO. 56, Rome, Italy.
10. Allen, R.G., Smith, M., Pereira, L.S., and Perrier, A. (1994). An update for the calculation of reference evapotranspiration. ICID Bulletin, 43(2), 35-92.
11. Doorenbos, J. and Pruitt, W.O. (1977). Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 24, 2nd Ed., FAO Rome, Italy, 156P.
12. Hargreaves, G.H. (1994). Defining and using reference evapotranspiration. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 120(6), 1132-1139.
13. Temesgen, B., Allen, R. G., and Jensen, D. T. (1999). Adjusting temperature parameters to reflect well-watered conditions. J. Irrig. and Drain. Eng., ASCE, 125(1), 26-33

www.SID.ir

Archive of SID

Evaluation of Different Radiation and Humidity Methods for Estimation of ETo and Analysis of Aridity Effects in Golestan Province

H. Sharifian, B. Ghahraman, A. Alizadah, and S. M. Mirlotfi[1]

Abstract

Reference evapotranspiration (ETo) is a term used for a grass/alfalfa medium under no-stress condition. ETo can be measured in lysimeters or estimated by the empirical equations. Due to lack of lysimetric data in Golestan province and taking FAO-Penman-Monteith (F-P-M) as a standard method, the radiation and humidity methods were compared with this standard method in synoptic stations of Golestan Province (Gorgan, Gonbad and Marave-Tappeh). In this evaluation, the data used were either raw data or corrected based on local and/or universal conditions. The results showed the accuracy order for these methods to follow the sequence Makkink, Turc, Jensen-Haise and radiation. The results also showed that Gorgan and Gonbad stations did not need any aridity correction, while the Maraveh-Tappeh had to be corrected. When estimated ETo values from radiation methods (e.g. J-H in Maraveh-Tappeh) were corrected by regression equation, the amounts obtained for these methods were applicable in Golestan. The humidity methods were not useful in Golestan, unless they were corrected by suitable regression equations in Gorgan and Gonbad stations.

Keywords: Reference evapotranspiration, Aridity, Golestan province.

1- Ph .D. student in Irrigation Tarbiat Modarres University; scientific staff member, School of Agriculture, Ferdowsi University, Mashad; scientific staff member, School of Agriculture, Ferdowsi University, Mashad; and scientific staff member, School of Agriculture, Tarbiat Modarres University, respectively.

www.SID.ir