ارتقاء کارایی روش هارگریوز- سامانی به منظور برآورد تبخیر- تعرق گیاه مرجع (مطالعه موردی: ایستگاه سینوپتیک مراوه تپه)

ایمان کریمی راد[۱]، حسین شریفان[۲]، نفیسه مقدسی[۳]، مهدی صدوقی[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران ikarimirad@yahoo.com
۲- استادیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران hsharifan47@gmail.com
۳- دانشجوی کارشناسی، گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران nafisehmogadasi@yahoo.com
۴- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران sadooghiii@gmail.com

چکیده

جهت انجام بهره برداری مناسب و پایدار، برآورد دقیق آب مورد نیاز گیاهان در مطالعات کشاورزی، مدیریت منابع آب و محیط زیست ضروری می باشد که تحقق آن مستلزم مشخص بودن میزان تبخیر-تعرق پتانسیل گیاهان منطقه می باشد. در صورت عدم دسترسی به لایسیمتر و در شرایطی که داده های هواشناسی اندکی در اختیار باشد روش هارگریوز- سامانی(H-S) یکی از روش‌های توصیه شده جهت برآورد تبخیر- تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ET_0) می‌باشد ولی اشکال این روش آن است که با معیار قرار دادن روش فائو- پنمن- مانتیث (P-M-F)، که یک روش استاندارد برای محاسبه‌ی ET_0 محسوب می‌شود و از سوی محققان و موسسات تحقیقاتی معتبر جهانی برای این منظور پیشنهاد شده است، همیشه دارای مقداری خطا می باشد. محدودیت قابل توجه رابطه P-M-F، نیاز به داده‌های هواشناسی ثبت شده در ایستگاه‌های هواشناسی مجهز سینوپتیک می باشد. این مطالعه قصد دارد معادلاتی که فقط شامل پارامترهای موجود در ایستگاه های کلیماتولوژی باشد را به عنوان ضریب برای معادله H-S تعیین نماید به گونه ای که مقادیر برآوردی به P-M-F نزدیک گردد و دقت معادله H-S را به عنوان روشی که در ایستگاه های فاقد آمار کامل قابل کاربرد است بهبود بخشد. با در نظر قرار دادن دقت برآوردها، سه معادله برای این ضریب اصلاحی بدست آمد که بهترین آن ها توانست میانگین مجموع تبخیر-تعرق سالانه که از روش P-M-F، ۱۴۱۱ میلی متر برآورد شد را ۱۴۶۳ میلی متر محاسبه نماید در صورتی که روش H-S مقدار ۱۲۱۸ میلی متر را نتیجه داده است.

واژه های کلیدی: تبخیر تعرق گیاه مرجع، روش هارگریوزسامانی، ضریب تصحیح، گلستان ، مراوه تپه.

مقدمه

کشور ایران با دارا بودن متوسط بارندگی در حدود ۲۵۲ میلی متر جزء کشورهای خشک و نیمه خشک دنیا محسوب می شود. بخش عمده ی مصرف آب یعنی بیش از ۹۴ درصد در زمینه کشاورزی بوده و برای آبیاری درختان میوه و محصولات زراعی به کار می رود. لذا برای اینکه بتوان در آینده با مشکل کم آبی مبارزه نمود باید آب مورد نیاز بخش کشاورزی با راندمان بالا مصرف گردد. جهت بهره برداری مناسب، برآورد دقیق آب مورد نیاز گیاهان در مطالعات کشاورزی، مدیریت منابع آب و محیط زیست ضروری می باشد. سیستم های آبیاری زمانی به خوبی طراحی و مدیریت خواهند شد که پخش آب به صورت معقول و در میزان و تناوب مطلوب برای رشد کامل گیاه، با استفاده ی برنامه ریزی شده از منابع آب در دسترس، انجام پذیرد (زانتی و همکاران، ۲۰۰۷). تبخیر-تعرق (ET) یکی از مهم ترین اجزای چرخه ی هیدرولوژیک می باشد و تخمین آن برای بسیاری از مطالعات نظیر بیلان هیدرولوژیکی آب، طراحی و مدیریت سیستم های آبیاری، شبیه سازی تولید گیاهی و برنامه ریزی و مدیریت منابع آب ضروری است. تبخیر- تعرق شامل تبخیر از سطح زمین و آب و تعرق بوسیله ی گیاه است و در مناطق خشک و نیمه خشک تحت آبیاری از اهمیت ویژه ای برخوردار است (سهرابی و همکاران، ۱۳۸۲). کشور ما با توجه به عرض کم جغرافیایی از میزان تابش خورشیدی بیشتری نسبت به عرض های بالاتر برخوردار می باشد و به همین نسبت از پتانسیل تبخیر بالاتری برخوردار است. بارش کم و پراکنش نامناسب زمانی و مکانی آن از طرفی و پتانسیل تبخیر زیاد از سوی

دیگر ما را بر آن وا می دارد تا در شناخت و برآورد پدیده های طبیعی همچون تبخیر- تعرق تامل و تعمق نموده و آن را در مطالعات و برنامه ریزی های پایه مورد توجه قرار دهیم (حسینی و همکاران، ۱۳۸۴).

از آنجا که به‌دست آوردن تبخیر- تعرق برای هر نوع زراعت و یا پوشش گیاهی بسیار مشکل است، در عمل ابتدا پارامتری به نام تبخیر- تعرق گیاه مرجع محاسبه و سپس به کمک آن تبخیر- تعرق گیاه مورد نظر برآورد می‌شود. ایده‌ی تبخیر- تعرق مرجع (ET_0) را دورنبوس و پروت مطرح کردند که مورد پذیرش سازمان خواربار و کشاورزی جهانی (FAO) نیز واقع شد.

از تبخیر- تعرق پتانسیل گیاه مرجع تعاریف مختلفی شده که یکی از آن ها عبارت است از شدت تبخیر- تعرق از یک سطح پوشیده از چمن یکنواخت با ارتفاع ۱۵-۸ سانتی متر که رشد فعال داشته و زمین را به طور کامل می پوشاند و هیچ تنش آبی به آن نمی‌رسد. به عبارت دیگر تبخیر-تعرق واقعی همان آب مصرفی گیاه است. برای اندازه گیری تبخیر-تعرق هر گیاه از دستگاهی به نام لایسیمتر استفاده می شود. به علت اینکه استفاده از این دستگاه وقت گیر و پرهزینه می باشد، محققین مختلف روابطی را برای تخمین تبخیر-تعرق پتانسیل ارائه نمودند که تابعی از فاکتورهای اقلیمی هستند.

با توجه به تحقیقات صورت گرفته، روش پنمن – مانتیث یکی از دقیق ترین روش های تخمین تبخیر-تعرق می باشد و می توان از آن برای اقلیم های مختلف استفاده نمود (چیو و همکاران، ۱۹۹۵). معادله فائو – پنمن – مانتیث (P-M-F)، میزان تبخیر-تعرق مرجع (ET_0) را با استفاده از داده‌های تابش، دما، رطوبت، و سرعت باد برآورد می‌کند. بنابراین برای برآورد مقادیر ET_0 توسط رابطه P-M-F نیاز به داده‌های هواشناسی ثبت شده در ایستگاه‌های هواشناسی مجهز می باشد.

علت دیگر استفاده از رابطه فائو – پنمن – مانتیث برای محاسبه‌ی ET_0 این است که یک روش استاندارد محسوب می‌شود. روش استاندارد عبارتست از مناسب‌ترین روش تجربی که از سوی محققان، موسسات تحقیقاتی و معتبر جهانی برای برآورد ET_0 پیشنهاد شده است. این پیشنهاد بر اساس نتایج به‌دست آمده از مقایسه‌ی روش استاندارد با داده های ET_0 اندازه‌گیری شده ارائه شده است. در حال حاضر از سوی موسسات تحقیقاتی و بین المللی، روش فائو- پنمن- مانتیث (P-M-F) به عنوان روش استاندارد شناخته شده است (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). در این تحقیق به لحاظ وضعیت داده های در دسترس که مربوط به یک ایستگاه سینوپتیک می باشد و نیز بررسی های انجام شده توسط شریفان و همکاران (۱۳۸۵) از روش فائو- پنمن- مانتیث (P-M-F) به عنوان معیار استفاده و صحت برآورد کلیه مدل های بدست آمده نسبت به آن سنجیده شد.

محققین بسیاری در سراسر دنیا روش پنمن- مونتیث را در مقایسه با لایسیمتر به عنوان دقیق ترین روش و روشی استاندارد و معتبر برای محاسبه ی تبخیر-تعرق گیاه مرجع معرفی کرده اند (سوری و معاضد، ۱۳۸۴). حسینی و همکاران روش پنمن اصلاح شده را به عنوان بهترین روش و دارای کمترین خطا انتخاب نمودند (حسینی و همکاران، ۱۳۸۴). نجفی و همکاران (۱۳۷۸) برای چهار منطقه ی اصفهان، اراک، یزد و کرج روش هارگریوز سامانی را پیشنهاد کردند. مطالعه شریفان و همکاران (۱۳۸۵) نشان داد که نتایج روش‌های پنمن- مانتیث در مقایسه با داده‌های لایسیمتری و هارگریوز- سامانی در مقایسه با روش فائو- پنمن- مانتیث دارای اعتبار خوبی است.

نیشابوری و همکاران (۱۳۸۴) روش های پیشنهادی فائو برای برآورد تبخیر-تعرق گیاه مرجع را در منطقه کرکج تبریز ارزیابی کردند. در این بررسی روش های تشتک تبخیر کلاس A، پنمن- مانتیث و بلانی کریدل اصلاح شده به ترتیب اولویت مناسب منطقه تشخیص داده شدند. دهقانی سانیچ و همکاران (۱۳۸۳) مدل های برآورد تبخیر-تعرق را برای مناطق نیمه خشک با نتایج لایسیمتر مورد ارزیابی قرار داده و مدل پنمن- مانتیث را برای این مناطق از قبیل کرج توصیه کردند. روش پنمن را جهت برآورد تبخیر-تعرق حوضه ی نازلوچای ارومیه پیشنهاد دادند. لوپز یورا و همکاران (۲۰۰۶) طی مطالعه ای در منطقه ی آلبست اسپانیا روش های تجربی برآورد تبخیر-تعرق گیاه مرجع را با داده های لایسیمتری مقایسه کردند. نتایج نشان داد در بین روش های تجربی معادله ی فائو پنمن مانتیث بیشترین دقت را در برآورد در مقایسه با سایر روش ها دارد.

با توجه به تمام مطالب فوق می توان این طور نتیجه گرفت که روش هارگریوز- سامانی ساده بوده و به داده های محدودی به عنوان ورودی نیاز دارد و بنابراین در مناطقی که تنها دارای ایستگاه های تبخیرسنجی (که تنها پارامترهای دمایی به جز دمای نقطه شبنم و همچنین رطوبت‌های نسبی در آن ها اندازه‌گیری می‌شود) هستند قابل کاربرد می باشد و از سوی دیگر این روش همیشه در مقایسه با فائو- پنمن- مانتیث مقداری خطا نشان می دهد. حال اگر بتوان روش H-S را طوری اصلاح نمود که

مقادیر برآورد شده به وسیله آن به مقادیر متناظر آن در روش P-M-F نزدیک شود، قادر خواهیم بود در ایستگاه های تبخیرسنجی، که نسبت به ایستگاه های سینوپتیک تعداد بیشتری داشته و سطح پوشش وسیع تری نیز دارند، تبخیر- تعرق را با اطمینان و دقت بالاتری برآورد نماییم. در این تحقیق هدف تعیین معادلاتی است که دربردارنده پارامترهای موجود در ایستگاه های تبخیرسنجی باشند و به صورت ضریبی جهت تصحیح روش هارگریوز- سامانی به کار گرفته شوند. لازم به ذکر است که این معادلات با استفاده از آمار یک ایستگاه به دست می آیند و می توانند در ایستگاه های تبخیرسنجی مجاور آن مورد استفاده قرار گیرند.

مواد و روش ها

این تحقیق در ایستگاه سینوپتیک مراوه تپه واقع استان گلستان به طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۵۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۷۶ درجه و ۵۴ دقیقه و ارتفاع ۴۶۰ متری انجام گرفت. اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن نیمه خشک و با روش آمبروژه نیمه خشک معتدل تعیین گردیده است. دوره آماری ۱۶ سال (۱۹۹۴-۲۰۰۹) بود که معادلات با توجه به داده های ۱۳ سال (۸۰ درصد) بدست آمدند و با استفاده از ۳ سال (۲۰ درصد) باقیمانده مورد ارزیابی قرار گرفته اند. لازم به ذکر است سال های مذکور بطور تصادفی انتخاب گردیده اند.

به دلیل عدم دسترسی به داده‌های لایسیمتری، از روش فائو- پنمن - مانتیث به عنوان روش استاندارد برای استخراج معادلات و صحت سنجی آن‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. آلن و همکاران (۱۹۹۸) در نشریه ی شماره ی ۵۶ سازمان خواروبار جهانی (FAO) رابطه ای را که به نام رابطه ی فائو- پنمن - مانتیث معروف است، بعنوان دقیق‌ترین روش برای برآورد نیاز آبی گیاه ارائه نموده اند. از سوی دیگر مقدار تبخیر- تعرق گیاه مرجع با روش هارگریوز – سامانی نیز برآورد گردید.

برای بدست آوردن معادلات مناسب برای برآورد ضریب تصحیح که در واقع همان نسبت مقادیر تبخیر- تعرق برآورد شده به روش فائو- پنمن- مانتیث به مقادیر متناظر آن به روش هارگریوز- سامانی می باشد ($k = \frac{P.M.F.}{H.S.}$)، از پارامترهای زیر استفاده گردید:

دمای حداقل (T_{min})، دمای حداکثر (T_{max})،دمای میانگین (T_{avg})، دمای تر (T_{wet})، دمای خشک (T_{dry})، دمای نقطه شبنم (T_{Dew})، ساعات آفتابی (n)، سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری (U_{10})، سرعت باد در ارتفاع ۲ متری (U_2)، میانگین رطوبت نسبی (RH_{mean})، حداکثر رطوبت نسبی (RH_{max})، حداقل رطوبت نسبی (RH_{min}).

همچنین پارامترهای ترکیبی زیر نیز از پارامترهای فوق محاسبه و در برآورد ضریب تصحیح به کار رفت:

$$\frac{T_{max} - T_{min}}{T_{avg}}, \frac{RH_{}}{}$$

با توجه به طبیعت غیر خطی تغییرات تبخیر- تعرق نسبت به عوامل موثر برآن، این نوع معادلات جهت تعیین ضریب تصحیح مورد آزمون قرار گرفت. روش کار به این صورت بود که ابتدا تمام پارامترهای مذکور در نظر گرفته شد و سپس مرحله به مرحله همراه با بهینه سازی ثابت های معادله که به وسیله دستور Solver در محیط اکسل انجام شد و با در نظر گرفتن ثابت-های معادله (توان‌ها)، که بیانگر میزان وابستگی فاکتور تصحیح به هر یک از پارامترها است، عواملی که دارای تأثیر کمتری بودند از معادلات حذف و با استفاده از مابقی پارامترها معادلات جدیدی بدست آمد. فرم کلی معادلات ضریب تصحیح حاصل و ثابت های مربوط به هر یک به ترتیب در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده‌اند. پس از استخراج معادلات، فاکتور تصحیح برآورد و با اعمال آن‌ها در مقادیر تخمین زده شده به روش هارگریوز- سامانی در ۳ سال آزمون، میزان صحت با توجه به مقادیر تخمینی پنمن- مانتیث- فائو ارزیابی گردید.

روش دیگری که برای برآورد تبخیر- تعرق به کار گرفته شد روش میانگین نسبت‌ها بود که در تحقیقات قبلی به نتایج قابل قبولی دست یافته بود. به این صورت که در مقیاس روزانه با میانگین‌گیری از نسبت های $k = \frac{P.M.F.}{H.S.}$ در طول ۸۰ درصد دوره آماری (۱۳ سال) برای هر روز از سال، عددی به عنوان K_{avg} تعیین و با ضرب کردن آن‌ها در مقادیر نظیر برآورد شده به روش هارگریوز- سامانی در سال های آزمون (۳ سال) این مقادیر اصلاح گردیدند.

جدول (۱) : معادلات ضریب تصحیح انتخابی برای اصلاح مقادیر ET_0 روش هارگریوز- سامانی

ردیف	نام معادله ضریب تصحیح	معادله ضریب تصحیح
۱	معادله ضریب تصحیح اول	
۲	معادله ضریب تصحیح دوم	
۳	معادله ضریب تصحیح سوم	
۴	میانگین نسبت‌ها	

شاخص‌های آماری که برای بیان میزان صحت مقادیر تبخیر- تعرق پس از اعمال معادلات ضریب تصحیح و مقایسه‌ی آن‌ها به کار رفت عبارتند از: ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، ضریب همبستگی (R)، مجموع مربعات خطا (SSE)، ضریب ناش- ساتکلیف (CE)، انحراف معیار عمومی (GSD)، نسبت اختلاف (r)، همچنین برای بی بعدسازی مقادیر خطا از RMSE نرمال (NRMSE) (برحسب درصد) استفاده شده است و طریقه‌ی محاسبه ی تعدادی از آن ها در ادامه آمده است.

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2} \qquad (۱)$$

$$NRMSE = \frac{RMSE}{y_{max} - y_{min}} \times 100 \qquad (۲)$$

$$\mathrm{NASH} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_i - y_{mean})^2} \qquad (۳)$$

$$\mathrm{GSD} = \frac{\mathrm{RMSE}}{\hat{y}_{mean}} \qquad (۴)$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}\hat{y}_i}{\sum_{i=1}^{n} y_i} \qquad (۵)$$

$$SEE = (y_i - \hat{y}_i) \,/\, y_i \qquad (۶)$$

که در این روابط $\mathbf{y_i}$: مقادیر برآورد شده به روش فائو- پنمن- مانتیث، $\mathbf{\hat{y}_i}$: مقادیر اصلاح شده‌ی هارگریوز- سامانی، $\mathbf{y_{mean}}$: میانگین مقادیر برآورد شده به روش فائو- پنمن- مانتیث، $\mathbf{\hat{y}_{mean}}$: میانگین مقادیر اصلاح شده‌ی هارگریوز- سامانی و n : تعداد داده‌ها می باشد.

بحث

ثابت های بهینه شده برای هر یک از معادلات ضریب تصحیح در جدول ۲ داده شده اند.

جدول (۲) : ثابت های معادلات ضریب تصحیح محاسبه شده

معادله ضریب تصحیح	ثابت های معادله									
	B	A								
اول	۹/۱۱	۶/۲۱	۰/۴۰۶	-۰/۴۰۶	۰/۴۰۶	۰/۴۰۶	-۰/۹۹۴	-۰/۲۷۲	۰/۴۰۶	۲/۱۴۴
دوم							۰/۱۹۸	۰/۱۹۸	-۰/۳۳۴	۲/۴۰۶
سوم								۰/۱۵۰	-۰/۲۴۹	۱/۹۱۶

شاخص های آماری برای هر روش در جدول ۳ آمده است و سپس با مقایسه این شاخص‌ها، اولویت‌بندی در هر یک از شاخص ها انجام شد (جدول ۴).

جدول (۳) : شاخص‌های آماری برای ارزیابی معادلات تجربی

روش برآورد	SSE	NRMSE	GSD	CE	R	r	RMSE
هارگریوز- سامانی	۲۱۰۲/۸۰۵	۱۰/۵۲۱	۰/۴۱۵	۰/۶۷۲	۰/۸۴۸	۰/۸۶۴	۱/۳۸۶
معادله ضریب تصحیح اول	۱۸۴۸/۳۸	۹/۸۶۴	۰/۳۲۴	۰/۷۱۱	۰/۸۵۸	۱/۰۳۷	۱/۲۹۹
معادله ضریب تصحیح دوم	۱۹۱۳/۹۶۹	۱۰/۰۳۷	۰/۳۲۹	۰/۷۰۱	۰/۸۵۱	۱/۰۳۹	۱/۳۲۲
معادله ضریب تصحیح سوم	۱۹۲۹/۱۰۵	۱۰/۰۷۷	۰/۳۳۲	۰/۶۹۹	۰/۸۵۰	۱/۰۳۵	۱/۳۲۷
روش میانگین نسبت ها	۲۰۳۴/۳۵۹	۱۰/۳۴۸	۰/۳۳۶	۰/۶۸۲	۰/۸۴۸	۱/۰۴۹	۱/۳۶۳

جدول (۴) : اولویت بندی معادلات تجربی از نظر شاخص های آماری

روش برآورد	SSE	NRMSE	GSD	CE	R	r	RMSE
هارگریوز- سامانی	۵	۵	۵	۵	۴	۵	۵
معادله ضریب تصحیح اول	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۱
معادله ضریب تصحیح دوم	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۲
معادله ضریب تصحیح سوم	۳	۳	۳	۳	۳	۱	۳
روش میانگین نسبت ها	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴

مطابق جداول ۳ و ۴ هریک از معادلات جهت تصحیح مقادیر ET_0 محاسبه شده به روش *H-S* دارای تأثیرات متفاوتی می-باشند که اولویت بندی کلی آن‌ها با توجه به همه شاخص‌ها در جدول ۵ نشان داده‌شده‌است. لازم به ذکر است که اولویت بندی با یکسان در نظر گرفتن ارزش همه آماره‌ها (شاخص‌های آماری) انجام شد. در این میان معادله ضریب تصحیح اول از همه کارآمدتر است. در ضمن روش میانگین نسبت‌ها نیز توانسته دقت مقادیر را بهبود بخشد.

جدول ۸ : اولویت بندی روش های برآورد

اولویت	روش برآورد
۱	معادله ضریب تصحیح اول
۲	معادله ضریب تصحیح دوم
۳	معادله ضریب تصحیح سوم
۴	تعیین میانگین نسبت ها

نتیجه گیری

دراین تحقیق با استفاده از تمامی پارامترهایی که در ایستگاه‌های تبخیرسنجی برداشت می‌شوند، اقدام به استخراج معادلاتی جهت تصحیح روش هارگریوز- سامانی گردید، که با در نظر قرار دادن دقت برآوردها سه معادله نتیجه شد.

۱- روش تعیین میانگین نسبت ها نتایج نسبتا خوب و بهتر از هارگریوز- سامانی نشان داده است ولی نسبت به اعمال معادلات ضریب تصحیح منتجه ی این مطالعه از دقت پایین تری برخوردار است، در ضمن به کارگیری این روش در بازه زمانی روزانه با توجه به استفاده از ۳۶۵ ضریب برای هر روز دشوار است.

۲- در بین معادلات ضریب تصحیح، معادله اول از دقت بیشتری برخوردار است تا آنجا که میانگین تبخیر-تعرق سالانه را از ۱۲۱۸ میلی متر به ۱۴۶۳ میلی متر رسانده است که بسیار به میزان برآوردی به روش P-M-F که ۱۴۱۱ میلی متر می باشد نزدیک تر است. ولی با توجه به تعداد بالای پارامترهای مورد نیاز (که البته همگی از پارامترهای ایستگاه های تبخیرسنجی هستند) و نزدیکی شاخص های آماری در هر سه معادله ضریب تصحیح، معادله دوم یا سوم توصیه می شود.

۳- نظر به اینکه در همه معادلات ضریب تصحیح بدست آمده رطوبت نسبی وجود دارد این پارامتر به عنوان عاملی مهم در فرآیند تصحیح مقادیر تبخیر-تعرق برآورد شده به روش هارگریوز- سامانی بایستی مورد توجه قرار گیرد. این نتیجه با این حقیقت که روش هارگریوز- سامانی یک روش دمایی بوده و اثر رطوبت نسبی در آن لحاظ نشده تطابق دارد.

در پایان لازم به ذکر است معادلات ضریب تصحیح به دست آمده تنها در ایستگاه مورد بررسی قابل کاربرد می باشد و توصیه می شود با تعیین این معادلات در تمامی ایستگاه های سینوپتیک، منطقه ای نمودن ضرایب و مشخص نمودن ایستگاه های تبخیرسنجی تحت پوشش هر یک از آن ها در سطح استان، در برآورد تبخیر- تعرق طرح های مطالعاتی منابع آب مورد استفاده قرار گیرند.

منابع

۱- شریفان، ح.، ب. قهرمان، ه. علیزاده و س. میرلطیفی. ۱۳۸۵. مقایسه روش های مختلف برآورد تبخیر- تعرق مرجع (ترکیبی و دمایی) با روش استاندارد وبررسی اثرات خشکی هوا بر آن. مجله علمی-پژوهشی علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال ۱۳، شماره ۱، ص ۳۵-۲۶.

2- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes & M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration Guidelines For Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, Rome, Italy, 56: 32-40.

3- Chiew, F.H.S., N.N. Kamaladassa, H.M. Malano & T.A. MacMahon. 1995. Penman-Monteith FAO-24 reference crop evapotranspiration and class-A pan data in Australia. Agric Water Manage, 28: 9-21.

4- Hoseini, M., S.M. Mirab, S.A. Karami & A. Atapurfard. 2005. Assessment of Current Methods of Potential Vapor Estimation in Emame Station. Second National Conference of Watershed Management and Water ana Soil Resources Management, Kerman, p. 897.

5- Lopez-urrea, R., T.F. Martin desanta Olalla, C. Fabeiro & A. Moratalla. 2006. Testing evapotranspiration equations using lysimeter observations in a semiarid climate. Agricultural water management, 85: 12-26.

6- Najafi, P., M. Ehteshami & M. Satar. 1999. The Model of Evapotranspiration of Reference Plant Assessment in Arid and Semiarid Areas of Iran with Temperature Parameter. 7th National Seminar of Irrigation and Vapor Reduction, Kerman, p. 239-247.

7- Najarchi, M. 2005. Estimation of Barely Coefficient of Barley in Arak Region. Second National Conference of Watershed Management and Water and Soil Resources Managementm, Kerman, p. 202-210.

8- Neyshaburi, M.R., A. Moradi Dalini, A.A. Jafarzade & S. Sadeghi. 2005. Assessment of FAO Recommended Methods to Estimate to Evapotranspiration of Reference Plant in Karkaj Region. Journal of Science of Agriculture, p. 15.

9- Sohrabi, T., A.R. Ebrahimi, H. Rahimi & A. Khalili. 2003. Design, Construction and Installation of W. Lysimeter in order to Determine Water Requirement of plants. First National Seminar of lysimeter, Kerman, p. 56.

10- Suri, D. & H. Moazed. 2005. Estimation and Modeling of Potential Evapotranspiration in Different Continental Conditions of Iran. MSc Thesis, Ahvaz University of Shahid Chamran, Water Sciences Engineering Faculty, p. 59.

11- Zanetti, S.S., E.F. Sousa, V.P.S. Oliveira, F.T. Almeida & S. Bernardo. 2007. Estimating evapotranspiration using artificial neural network and minimum climotological data. J Irrig and Drain Engin ASCE 133 (2): 83-89.

Improvement of Hargreaves-Samani Method Accuracy to Estimate Reference Plant Evapotranspiration (case study : Maraveh Tappe Synoptic station)

Iman Karimirad
M. Sc. Student of Water Engineering Department of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ikarimirad@yahoo.com
Hossein Sharifan
Assistant Professor of Water Engineering Department of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ,,,,,,,,,,,,,
Nafise Moghadasi
B.Sc. Student of Watershed Management Department of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, nafisehmogadasi@yahoo.com
Mahdi sadughi
M. Sc. Student of Water Engineering Department of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, ??????????????

Abstract

In order to optimum and resistant use, it is necessary to estimate water requirement of plants, in agricultural, environmental or water resources management studies, accurately. It is possible only by determining of potential evapotranspiration (ET) of local plants. In lysimeter inaccessibility or when climatic data are not enough Hargreaves-Samani (H-S) method is one of the most suggested methods to estimate ET of reference plant (ETo), but it always shows some error in comparison with Penman-Monteith FAO (PMF) as a standard method to calculate ETo that is suggested by many researchers and research institutes. PMF's most important limitation is the data that only provided in synoptic stations. This study intend to form equations as correction coefficient of H-S method, that involve only climatological stations data, to improve its accuracy according to the PMF. The most important restriction of PMF equation is need of climatological data that recorded in synoptic stations. This study has provide several equation that only involve parameters of climatological stations as a coefficient for H-S equation in order to approximate the results to PMF ones. This is a precise method that is capable in ungauged sites. According to precisions of estimations, three correction coefficient equation produced. The most accurate of them calculate average of total annual evapotranspiration (1411 mm according to PMF) equal to 1463, while derived value from H-S method is 1218 mm.

Keywords: Evapotranspiration of reference plant, Hargreaves-Samani method, Correction coefficient, Maraveh Tappe, Gorgan