مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد نوزدهم، شماره سوم، ۱۳۹۱
http://jwfst.gau.ac.ir

(گزارش کوتاه علمی)

ارائه ضریب اصلاحی برای روش هارگریوز–سامانی به‌منظور برآورد تبخیر– تعرق گیاه مرجع (مطالعه موردی: ایستگاه سینوپتیک گرگان)

*حسین شریفان[۱]، امیراحمد دهقانی[۲] و ایمان کریمی‌راد[۳]

[۱]استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان، [۲]استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان، [۳]دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۱/۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱/۲۸

چکیده

تبخیر- تعرق (ET) یکی از مهم‌ترین اجزای چرخه هیدرولوژیکی می‌باشد. تاکنون بسیاری از محققان روابط معتبری را که تابعی از عوامل اقلیمی است، برای برآورد تبخیر- تعرق پتانسیل ارائه نمودند تا از بروز تنش آبی در گیاه یا هرزروی آب، جلوگیری شود. در این میان روش هارگریوز- سامانی (H-S) در مناطقی که ایستگاه تبخیرسنجی با داده‌های محدود در دسترس است، متداول می‌باشد. این پژوهش قصد دارد با مبنا قرار دادن روش فائو- پنمن- مانتیث (F-P-M)، مناسب‌ترین ضریب تصحیح روش H-S را در ایستگاه سینوپتیک گرگان ارائه نماید. این ضریب به‌صورت معادله‌ای که تابعی از پارامترهای اقلیمی موجود در ایستگاه‌های تبخیرسنجی است، ارائه گردید. به این منظور ابتدا با تمام پارامترهای یاد شده اقدام به بهینه‌سازی معادلات در محیط اکسل شد و سپس مرحله به مرحله عواملی که دارای تاثیر کمتری بودند حذف شدند و با استفاده از بقیه پارامترها معادلات جدیدی به‌دست آمد. جهت صحت‌سنجی ۸۰ و ۲۰ درصد از داده‌های هواشناسی موجود، به‌ترتیب برای کالیبراسیون و آزمون معادلات، مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد در بین معادلات ضریب تصحیح، معادله‌ای که در برگیرنده دمای حداکثر و متوسط، رطوبت نسبی حداکثر، حداقل و متوسط

*مسئول مکاتبه: h_sharifan47@yahoo.com

روزانه است، از جهت بررسی‌های آماری در اولویت قرار دارد (R=۰/۹۳ و RMSE=۰/۲۹) و توانست میانگین مجموع تبخیر–تعرق سالانه را که با استفاده از رابطه هارگریوز–سامانی ۱۱٦۵ میلی‌متر برآورد شده، به ۹۲۵ میلی‌متر کاهش دهد که در مقایسه با مقدار برآوردی روش F-P-M که ۸۵۳ میلی‌متر است میزان خطای کمتری را نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: تبخیر تعرق، هارگریوز–سامانی، ضریب تصحیح، گرگان

مقدمه

محققان بسیاری در سراسر دنیا روش پنمن- مانتیث را در مقایسه با لایسیمتر به‌عنوان دقیق‌ترین روش و روشی استاندارد و معتبر برای محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع معرفی کرده‌اند (سوری و معاضد، ۲۰۰۵). دهقانی سانیچ و همکاران (۲۰۰٤) مدل های برآورد تبخیر و تعرق را برای مناطق نیمه خشک با نتایج لایسیمتر مورد ارزیابی قرار داده و مدل پنمن- مانتیث را برای این مناطق از جمله کرج توصیه کردند. مطالعه شریفان و همکاران (۲۰۰٦) نشان داد که نتایج روش‌های پنمن- مانتیث در مقایسه با داده‌های لایسیمتری و هارگریوز- سامانی (H-S) در مقایسه با روش فائو- پنمن- مانتیث دارای اعتبار خوبی است. میرزایی تختگاهی و معاضد (۲۰۰٦) با مطالعه‌ای که در منطقه سنته در کردستان انجام دادند به‌ترتیب روش‌های بلانی کریدل، تشت تبخیر و هارگریوز را برای برآورد ET_0 مناسب دانسته‌اند.

روش H-S روشی ساده، با نیاز به داده‌های اندک و متداول در پروژه‌های منابع آب در مناطق فاقد آمار کامل می‌باشد ولی مطالب فوق بیانگر این مطلب است که باوجود توصیه در بعضی مناطق در همه اقلیم‌ها کارایی ندارد. این موضوع با توجه به اینکه روش هارگریوز- سامانی دمایی بوده و اثر عواملی همچون رطوبت نسبی، باد و مدت و شدت تابش آفتاب در آن دیده نشده سازگاری دارد. هدف از انجام این تحقیق تعیین مناسب‌ترین ضریب تصحیح برای برآورد ET_0 از روش هارگریوز- سامانی بود تا بتوان از این رابطه در ایستگاه‌های تبخیر سنجی که تعداد پارامترهای کمی اندازه‌گیری می‌شود، (پارامترهای دمایی به جز دمای نقطه شبنم و همچنین رطوبت‌های نسبی) و شرایط اقلیمی مشابه دارند با اطمینان و دقت بالاتری استفاده نمود. البته این ضریب عددی ثابت نیست و نوآوری انجام شده در این تحقیق همین موضوع است که معادله‌ای شامل پارامترهای هواشناسی را به‌عنوان ضریب تصحیح معرفی می‌نماید که مقدار آن با شرایط آب و هوایی هر روز تغییر می‌کند. لازم به ذکر است که هر چند

ایستگاه مورد مطالعه، به‌منظور آنکه بتوان مقادیر تبخیر- تعرق پتانسیل به روش فائو- پنمن- مانتیث را در اختیار داشت، از بین ایستگاه‌های سینوپتیک استان‌گلستان انتخاب شده است. با توجه به وسعت استان و وجود تنها ٤ ایستگاه سینوپتیک در آن می‌توان از ضرایب تصحیح نتیجه شده این تحقیق در ایستگاه‌های تبخیرسنجی مجاور ایستگاه مورد مطالعه که از لحاظ پارامترهای اقلیمی نیز نزدیک به آن باشد، بهره‌برد و دقت برآوردها را در مطالعات مربوط به پروژه‌های منابع آب افزایش داد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه با استفاده از داده‌های ایستگاه سینوپتیک هاشم‌آباد گرگان واقع در طول جغرافیایی ٥٤ درجه و ١٦ دقیقه و عرض جغرافیایی ٣٦ درجه و ٥١ دقیقه و ارتفاع ١٣/٣ متری انجام گرفت. اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن مدیترانه‌ای و با روش آمبروژه نیمه‌مرطوب تا مرطوب معتدل تعیین گردیده است. در این پژوهش به‌دلیل عدم دسترسی به داده‌های لایسیمتری و به لحاظ در دسترس بودن داده‌های کامل هواشناسی ایستگاه سینوپتیک و نیز بررسی‌های انجام شده توسط شریفان و همکاران (٢٠٠٥) و شریفان و همکاران (٢٠٠٦) از روش فائو- پنمن- مانتیث (F-P-M) به‌عنوان معیار استفاده شد، به‌طوری‌که صحت برآورد کلیه معادلات به‌دست آمده نسبت به آن سنجیده شد. کل طول دوره آماری ٢٨ سال (١٩٨٢-٢٠٠٩) است که معادلات با توجه به داده‌های ٢٣ سال (٨٠ درصد) به دست آمدند و با استفاده از ٥ سال (٢٠ درصد) باقی‌مانده مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. لازم به ذکر است سال‌های یاد شده به‌طور تصادفی انتخاب گردیده‌اند.

پس از محاسبه مقادیر تبخیر- تعرق پتانسیل گیاه مرجع به هر دو روش F-P-M و H-S در تمام روزهای دوره آماری، کمیتی به‌صورت $k = \frac{P.M.F.}{H.S.}$ نیز برای هر روز بدست آمد. ویژگی کمیت اخیر این است که با ضرب کردن آن در مقادیر تبخیر- تعرق محاسبه شده به روش H-S، مقادیر ET نظیر به روش F-P-M حاصل خواهد شد. اکنون باید معادلاتی جهت برآورد k با استفاده از پارامترهای اقلیمی موجود در ایستگاه‌های تبخیرسنجی استخراج می‌شد، که این پارامترها عبارتند از: دمای حداکثر (T_{max})، دمای میانگین (T_{avg})، میانگین رطوبت نسبی (RH_{mean})، حداکثر رطوبت نسبی (RH_{max})، حداقل رطوبت نسبی (RH_{min}). همچنین همه ترکیبات ممکن پارامترها مورد آزمون قرار گرفت و کمیت وابسته (ضریب تصحیح) تنها با ترکیب‌های زیر رابطه نشان داد:

$$\frac{RH_{max} - RH_{min}}{RH_{mean}}, \frac{RH_{max}}{RH_{mean}}, \frac{RH_{min}}{RH_{mean}}$$

با توجه به طبیعت غیرخطی تغییرات تبخیر- تعرق نسبت به عوامل موثر بر آن، معادلاتی هم که جهت تعیین ضریب تصحیح مورد آزمون قرار گرفت از فرمی غیرخطی($k = n_0 P_1^{n_1} P_2^{n_2} P_3^{n_3} \dots$) برخوردار بود که در آن k ضریب تصحیح، P^n پارامتر اقلیمی به توان n و n_0 ضریب معادله می‌باشد. روش کار به این صورت بود که ابتدا با تمام پارامترهای یادشده اقدام به بهینه‌سازی ضریب و توان‌های معادلات در محیط اکسل گردید و سپس مرحله به مرحله و با در نظر گرفتن ثابت‌های معادله (توان ها)، که بیانگر میزان وابستگی ضریب تصحیح به هر یک از پارامترها است، عواملی که دارای تاثیر کمتری بودند از معادلات حذف شدند. پس از استخراج معادلات و با اعمال آن‌ها در مقادیر تخمین زده شده به روش هارگریوز- سامانی در ۵ سال آزمون، میزان صحت آن ارزیابی گردید.

روش دیگر، روش تعیین میانگین نسبت‌ها بود که شریفان و همکاران (۲۰۰۵) نتایج قابل قبولی از آن گرفته‌اند. به این صورت که در مقیاس روزانه با میانگین‌گیری از نسبت‌های $k = \frac{P.M.F.}{H.S.}$ برای هر روز از سال عددی به‌عنوان K_{avg} تعیین و با ضرب کردن آن‌ها در مقادیر نظیر تبخیر- تعرق برآورد شده به روش هارگریوز- سامانی در سال‌های آزمون (۵ سال) این مقادیر اصلاح گردیده‌اند.

شاخص‌های آماری به‌کار رفته (معادلات ۳ تا ٦)، عبارتند از: نسبت اختلاف (r)، ضریب همبستگی (R)، ضریب ناش- ساتکلیف (NASH)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، مجموع مربعات خطا (SSE)، انحراف معیار عمومی (GSD)، همچنین برای بی بعد سازی مقادیر خطا از RMSE نرمال (NRMSE) برحسب درصد استفاده شده است، که در این میان ۳ آماره اول در بهترین حالت برابر با ۱ می‌باشند (ضریب همبستگی و ضریب ناش- ساتکلیف کوچک تر از یک هستند) و بقیه آماره‌ها هر چه به صفر نزدیک‌تر باشند بهتر است.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n} \hat{y}_i}{\sum_{i=1}^{n} y_i} \qquad (۳)$$

$$NRMSE = \frac{RMSE}{y_{max} - y_{min}} \times 100 \qquad (٤)$$

$$NASH = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n} (y_i - \bar{y}_i)^2}{\sum_{i-1}^{n} (y_i - y_{mean})^2} \qquad (٥)$$

$$GSD = \frac{RMSE}{\hat{y}_{mean}} \qquad (٦)$$

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

نتایج

در جدول ۱ پارامترهای مورد استفاده در هر یک از معادلات ضریب تصحیح نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود پارامترهای معادلات ضریب تصحیح در ایستگاه‌های تبخیرسنجی موجود می‌باشند و از پارامترهای غیرقابل دسترس در این ایستگاه‌ها مانند سرعت باد و ساعات آفتابی استفاده نشده است. به‌منظور ارزیابی معادلات، مقادیر ET_0 روزانه به‌دست آمده از روش H-S در ضرایب مورد نظر ضرب و سپس با مقادیر ET_0 روزانه به‌دست آمده از روش استاندارد (F-P-M) مورد مقایسه قرار گرفت (جدول ۲) و لازم به ذکر است ردیف اول جدول مربوط به مقایسه مقادیر به‌دست آمده از روش هارگریوز- سامانی بدون هیچ‌گونه تصحیح می‌باشد.

جدول ۱- پارامترهای مورد استفاده در معادلات ضریب تصحیح (k)

معادله ضریب تصحیح	$\frac{RH_{min}}{RH_{mean}}$	$\frac{RH_{max}}{RH_{mean}}$	$\frac{RH_{max}-RH_{min}}{RH_{mean}}$	RH_{min}	RH_{max}	RH_{avg}	T_{avg}	T_{max}
اول	+	+	+	+	+	+	+	+
دوم	+	+		+	+	+	+	+
سوم	+	+		+	+	+	+	
چهارم	+	+		+	+	+		
پنجم	+			+	+	+		
ششم	+			+		+		
هفتم				+		+		

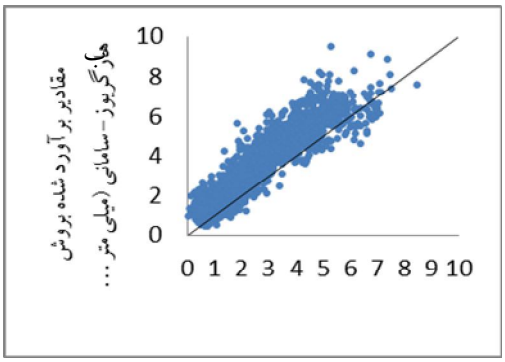
با مقایسه مشخص می‌شود که اعمال ضرایب تصحیح در روش هارگریوز- سامانی دقت آن را به‌طور قابل توجهی افزایش داد. برای مثال معادله هفتم توانست میانگین مجموع تبخیر- تعرق سالانه را که با استفاده از رابطه هارگریوز- سامانی ۱۱۶۵ میلی‌متر برآورد شده به ۹۲۵ میلی‌متر کاهش دهد که در مقایسه با مقدار برآوردی روش F-P-M که ۸۵۳ میلی‌متر است اختلاف بسیار کمتری را نشان می‌دهد.

جدول ۲ - شاخص‌های آماری برای ارزیابی معادلات تجربی دمایی

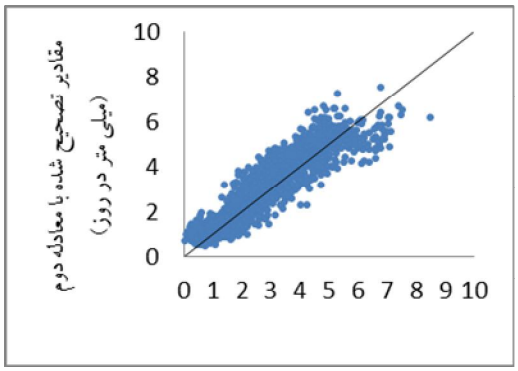
روش برآورد	SSE	NRMSE	GSD	CE	R	r	RMSE
هارگریوز- سامانی	۲۲۲۶/۷۱	٦/۲۰	۰/۱٦	۰/٥٦	۰/۹۳	۱/۳۲	۰/٥۲
روش میانگین نسبت‌ها	۸۲۹/۳۹	۳/۷۸	۰/۱۲	۰/۸٤	۰/۹۳	۱/۰۹	۰/۳۲

معادله ضریب تصحیح اول	۷۲۸/۹۳	۳/۵۷	۰/۱۲	۰/۸۵	۰/۹۳	۱/۰۶	۰/۳۰
معادله ضریب تصحیح دوم	۷۰۱/۳۳	۳/٤۸	۰/۱۱	۰/۸٦	۰/۹۳	۱/۰٦	۰/۲۹
معادله ضریب تصحیح سوم	۹۲۳/۷۰	۳/۹۹	۰/۱۳	۰/۸۲	۰/۹۲	۰/۰۷	۰/۳٤
معادله ضریب تصحیح‌چهارم	۷٦۸/۹۸	۳/٦٤	۰/۱۲	۰/۸۵	۰/۹۲	۱/۰٤	۰/۳۱
معادله ضریب تصحیح پنجم	۱۲۱۲/۲۳	٤/۵۷	۰/۱۵	۰/۷٦	۰/۸۸	۱/۰۷	۰/۳۹
معادله ضریب تصحیح ششم	۸۰۱/۱۱	۳/۷۲	۰/۱۲	۰/۸٤	۰/۹۲	۱/۰٦	۰/۳۱
معادله ضریب تصحیح هفتم	۸۰٤/۵۹	۳/۷۲	۰/۱۲	۰/۸٤	۰/۹۲	۱/۰۵	۰/۳۱

الف



مقادیر برآورد شده بروش فائو- پنمن- مانتیث (میلی‌متر در روز)



مقادیر برآورد شده بروش فائو- پنمن- مانتیث (میلی متر در روز)

شکل ۱- نمودار مقایسه مقادیر ET_0 برآورد شده با اعمال ضرایب تصحیح و مقادیر ET_0 برآورد شده از روش استاندارد F-P-M نسبت به خط ایده‌آل (۱:۱)

همچنین تغییرات روزانه ET_0 اصلاح شده هارگریوز- سامانی (با استفاده از مناسب‌ترین ضرایب تصحیح) و مقادیر ET_0 روش استاندارد نسبت به خط ایده‌آل (۱:۱) در شکل ۱ نشان داده شده‌اند. با توجه به جدول ۲ و شکل ۱ معادله ضریب تصحیح دوم از همه کاراتر است. در شکل ۱- الف روش

H-Sاصلاح نشده و همان‌طور که مشخص است مقادیر اغلب بالای خط بوده و نشان‌دهنده بیش برآورد این روش در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. اما در شکل ۱- ب این روش با استفاده از معادله ضریب تصحیح دوم اصلاح شده است که توزیع تقریباً متقارن نقاط حول خط ایده‌آل قابل مشاهده می باشد. البته در مقادیر بالا، حدود ۵۰ نقطه از خط فاصله می‌گیرند که در میان بیش از ۱۰۰۰۰ نقطه موجود تعیین کننده نبوده و این اختلافات در برآورد تبخیر- تعرق کلی منطقه تاثیرگذار نیست.

بحث

نتایج روش میانگین نسبت‌ها بهتر از هارگریوز- سامانی می‌باشد که این با نتایج شریفان و همکاران ۲۰۰۵ سازگار است، ولی نسبت به اعمال تعدادی از معادلات ضریب تصحیح نتیجه شده این مطالعه از دقت پایین‌تری برخوردار است، در ضمن به‌کارگیری این روش در بازه زمانی روزانه با توجه به استفاده از ۳٦۵ ضریب به ازای هر روز دشوار می‌باشد.

در بین معادلات ضریب تصحیح، معادله دوم از دقت بیشتری برخوردار بود ولی با توجه به فراوانی پارامترهای مورد نیاز (که البته همگی از پارامترهای ایستگاه‌های تبخیرسنجی هستند) و نزدیکی مقادیر شاخص‌های آماری که برای مثال ضریب ناش- ساتکلیف که در معادله دوم ۰/۸٦ و در معادله هفتم ۰/۸٤ است در مقایسه با مقدار آن در روش H-S بدون تصحیح که برابر ۰/٥٦ می‌باشد، معادله هفتم توصیه می‌شود.

منابع

1.Dehghani Sanij, H., Yamamoto, T., and Rasiah, V. 2004. Assessment of evapotranspiration estimation models for use in semi-arid environments, Agricultural water management 64: 91-106.

2.Mirzaei Takhtgahi, H., and Moazed, H. 2006. Comparison of Various Potential Evapotranspiration Estimation Methods, National symposium of Management of Irrigation and Drainage Nets. Ahvaz University of Shahid Chamran, Water Sciences Engineering Faculty.

3.Sharifan, H., Ghahreman, B., Alizade, H., and Mirlatifi, S.M. 2005. Assessment of Various Radial and Radiation Methods to Estimate to Reference Evapotranspiration and Effects of Air Aridness on it in Golestan Province, Journal of Soil and Water Sciences, 19th Volume, No. 2:280-290p.

4.Sharifan, H., Ghahreman, B., Alizade, H., and Mirlatifi, S.M. 2006. Comparison of Various Methods of Reference Evapotranspiration Estimation (Complex &

Temp. Group) with Standard Method and Assessment of Effects of Air Aridness on it, Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 13, No. 1:19-30p.

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

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 19(2), 2012
http://jwfst.gau.ac.ir

Correction Factor for Hargreaves-Samani method to Estimate ET_o (Case Study: Gorgan Synoptic Station)

H. Sharifan[1], A.A. Dehghani[2] and I. Karimirad[3]

[1]Assistant Prof. Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Assistant Prof. Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,[3]M.Sc. Student, Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 2012-2-7; Accepted: 2012-4-16

Abstract

The evapotranspiration (ET) is the one of the most important component of hydrological cycle. Nowadays many researchers presented the valuable relations involving climatic parameters for estimating the potential evapotranspiration of reference plant (ET_o), prevent from water stress and water loss. Among them the Hargreaves-Samani (H-S) method is common in the regionS that the measuring of meteorological parameters are limited. This study aims to determine the most accurate correction factor for H-S method to estimate ET_o according to the FAO-Penman-Monteith (F-P-M) method in Gorgan synoptic station. This coefficient is related to climatic parameters which are available in climatology stations. At first equations were optimized using all parameters in excels environment, then some less effective parameters were omitted and again more equations optimized using the others. For verification of results, the meteorological data were divided to 2 groups namely 80 and 20 percent for calibrating and testing the model respectively. The results showed that the equation which included the maximum and average of daily temperature and max, min and average of relative humidity (RH) data, had the maximum ranking due to statistical investigation (R=0.93, RMSE=0.29). Using the mentioned equation the mean annual evapotranspiration of 1165mm (using H-S method) reduced to 925mm. Moreover there was lower error compared to the F-P-M- method which estimated 853 mm of wapo=transpiration.

***Keywords*:** Evapotranspiration; Hargreaves-Samani; Correction Factor; Gorgan

*Corresponding author; Email: h_sharifan47@yahoo.com