

بهبود روش هارگریوز - سامانی در برآورد تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ایستگاه سینوپتیک گنبد)

مهدی صدوقی^۱، سید رضا حسینی^۱، ایمان کریمی راد^۱، نفیسه مقدسی^۲

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

^۲دانشجوی کارشناسی گروه مرتع و آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

Sadooghii@yahoo.com

چکیده

تخمین تبخیر-تعرق پتانسیل (ET₀) یکی از مهم‌ترین عوامل در جلوگیری از بروز تنش آبی در گیاه یا هرزروی آب می‌باشد. به منظور برآورد تبخیر - تعرق پتانسیل گیاه مرجع معادلات مختلفی ارائه شده است که دقت هر یک از این روشها با توجه به پارامترهای مورد استفاده و شرایط اقلیمی منطقه متفاوت می‌باشد. به دلیل ماهیت تجربی معادلاتی که استفاده می‌شوند، پارامترهای اقلیمی یکسانی را به کار نمیگیرند و آنها برای تمام شرایط اقلیمی مناسب نیستند. بنابراین ضروری است در هر منطقه، معادله مناسب انتخاب شود. با توجه به تحقیقات صورت گرفته روش هارگریوز-سامانی در مناطقی که به علت وجود ایستگاه‌های تبخیرسنجی داده‌های محدودی در دسترس است، متداول می‌باشد. روش فائو-پنمن-مانتیش یکی از دقیق-ترین روش‌های تخمین تبخیر-تعرق می‌باشد که می‌توان از آن برای اقلیم‌های مختلف استفاده نمود محدودیت قابل توجه رابطه F-P-M، نیاز به داده‌های هواشناسی ثبت شده در ایستگاه‌های هواشناسی مجهز سینوپتیک می‌باشد. این تحقیق به منظور ارائه ضرایبی برای معادله H-S انجام شده است تا با اعمال ضرایب مذکور بتوان نتایج این معادله را با دقت بیشتری ارائه کرد. در این تحقیق ضمن اینکه معادله جهت تصحیح روش هارگریوز-سامانی با استفاده از پارامترهایی که در ایستگاه‌های تبخیرسنجی برداشت می‌شوند استخراج شد از ضریب نسبت میانگین نیز به عنوان راهکاری دیگر برای بهبود معادله استفاده شد. معادله‌ای که برای ضریب اصلاحی بدست آمد توانست میانگین مجموع تبخیر-تعرق سالانه که از روش F-P-M، ۱۱۳۱ میلی متر برآورد شد را ۱۰۹۳ میلی متر محاسبه نماید در صورتی که از روش H-S مقدار ۱۳۲۳ میلی متر بدست آمده بود در روش نسبت میانگین که دقت بیشتری را نشان داد به طور میانگین تبخیر-تعرق سالانه را ۱۱۳۳/۱۸۹ برآورد کرد.

کلمات کلیدی: تبخیر تعرق گیاه مرجع- روش هارگریوز سامانی- ضریب تصحیح- گنبد- گلستان

مقدمه

تامین نیاز آبی گیاهان زراعی یکی از مولفه‌های اساسی در این مدیریت بوده و تحقق آن مستلزم مشخص بودن میزان تبخیر-تعرق و پتانسیل آبی منطقه می‌باشد (شریفان و قهرمان، ۱۳۸۶). یکی از روش‌های ساده تجربی برآورد تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ET₀) در شرایط عدم دسترسی به داده‌های لایسیمتری روش هارگریوز-سامانی (H-S) می‌باشد که فقط به داده‌های دما (حداقل و حداکثر روزانه) نیاز دارد ولی همیشه در مقایسه با روش فائو-پنمن-مانتیش به عنوان مبنا اختلاف نشان می‌دهد. پژوهش‌گران متعددی روش‌های تخمین ET₀ (شامل H-S) را با لایسیمتر یا تشت تبخیر مقایسه کردند. منابع نشان می‌دهد که کارایی روش H-S برحسب شرایط مورد مطالعه یکسان نبوده است. جهانبخش اصل و همکاران (۱۳۸۰) با استفاده از آمار ۲۰ ساله ایستگاه هواشناسی تبریز، مقدار تبخیر-تعرق را با روش‌های متعددی (شامل H-S) محاسبه و نتایج را با داده‌های تشت تبخیر مقایسه کردند. بر اساس این مقایسه، روش هارگریوز نسبت به سایر روش‌ها با نتایج تشت تبخیر، تطابق بهتری نشان داد. پژوهش‌گران متعددی کارایی روش H-S را در مقایسه با روش F-P-M مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج گزارش شده در منابع تا حد زیادی محلی است و به نظر می‌رسد که به اقلیم مکان مورد پژوهش بستگی داشته باشد، گرچه نتایج در یک اقلیم یکسان هم بعضاً متضاد گزارش شده است. ساغروانی و همکاران (۲۰۰۹) سه مدل تخمین ET₀ در مقیاس‌های ماهانه و روزانه را بررسی کردند و نشان دادند که مقادیر حداکثر و حداقل ET₀ محاسبه شده به ترتیب مربوط به روش‌های H-S و F-P-M بود. معادله (F-P-M) نسبت به معادلات تجربی دیگر، این برتری را دارد که در آن هر دو مکانیزم انرژی و

آیرو دینامیک در پدیده تبخیر را در نظر گرفته است. با توجه به تحقیقات صورت گرفته، روش پنمن - مانیتث 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 ی پنمن بعدها توسط سازمان خواروبار جهانی (FAO) اصلاح و به پنمن فائو-۲۴ معروف گردید (دورنبوس و پروت، ۱۹۷۷). معادله فائو - پنمن - مانیتث (F-P-M)، میزان تبخیر-تعرق مرجع (ET₀) را با استفاده از داده های تابش، دما، رطوبت، و سرعت باد برآورد می کند. بنابراین برای برآورد مقادیر ET₀ توسط رابطه (F-P-M) نیاز به داده های هواشناسی ثبت شده در ایستگاه های هواشناسی مجهز می باشد علت دیگر استفاده از رابطه فائو - پنمن - مانیتث برای محاسبه ی ET₀ این است که یک روش استاندارد محسوب می شود. روش استاندارد عبارتست از مناسب ترین روش تجربی که از سوی محققان، موسسات تحقیقاتی و معتبر جهانی برای برآورد ET₀ پیشنهاد شده است. این پیشنهاد بر اساس نتایج به دست آمده از مقایسه - ی روش استاندارد با داده های ET₀ اندازه گیری شده ارائه شده است. 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 روش های پنمن- مانیتث در مقایسه با داده های لایسیمتری و هارگریوز- سامانی در مقایسه با روش فائو- پنمن- مانیتث 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 حال حاضر از سوی موسسات تحقیقاتی و بین المللی، روش فائو- پنمن- مانیتث (F-P-M) به عنوان روش استاندارد شناخته شده است (آلن و همکاران، ۱۹۹۸) بنابراین هدف از انجام این تحقیق بهینه کردن مقادیر ET₀ برآورد شده با کمک روش هارگریوز- سامانی بود تا بتوان از این روش در ایستگاه های تبخیرسنجی که تعداد پارامترهای کمی اندازه گیری می شود با اطمینان و دقت بالاتری استفاده نمود.

مواد و روش ها

این تحقیق در ایستگاه سینوپتیک گنبد واقع در استان گلستان به طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه و ارتفاع ۳۷/۲ متری انجام گرفت. اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن نیمه خشک و براساس روش آمبروزه نیمه خشک معتدل تعیین گردیده است. دوره آماری ۱۵ سال (۱۹۹۵-۲۰۰۹) بود که معادلات با توجه به داده های ۱۲ سال (۸۰ درصد) بدست آمدند و با استفاده از ۳ سال (۲۰ درصد) باقیمانده مورد ارزیابی قرار گرفته اند. سال های مذکور بطور تصادفی انتخاب گردیده اند.

روش فائو- پنمن - مانیتث به عنوان روش استاندارد برای استخراج معادلات و صحت سنجی آن ها مورد استفاده قرار گرفته است. آلن و همکاران (۱۹۹۸) در نشریه ی شماره ی ۵۶ سازمان خواروبار جهانی (FAO) رابطه ی زیر را که به نام رابطه ی فائو- پنمن - مانیتث معروف است، بعنوان دقیق ترین روش برای برآورد نیاز آبی گیاه ارائه نموده اند:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273.16} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (1)$$

که در آن ET₀ تبخیر- تعرق گیاه مرجع (mm/day)، R_n تابش خالص در سطح پوشش گیاهی (MJ/m².day)، G شار گرما به داخل خاک (MJ/m².day)، T متوسط دمای هوا در ارتفاع دو متری از سطح زمین (°C)، U₂ سرعت باد در ارتفاع دو متری از سطح زمین (m/s)، e_a فشار بخار واقعی (kPa)، e_s فشار بخار اشباع (kPa)، Δ شیب منحنی فشار بخار (kPa/°C) و γ ضریب رطوبتی (ثابت سایکرومتری) (kPa/°C) می باشد. از سوی دیگر مقدار تبخیر- تعرق گیاه مرجع با روش هارگریوز - سامانی بر اساس رابطه زیر محاسبه گردید:

$$ET_0 = 0.0023R_a(T + 17.8)(T_{max} - T_{min})^{0.5} \quad (2)$$

که در آن، ET_0 تبخیر- تعرق گیاه مرجع بر حسب میلی متر در روز، R_a میانگین تشعشع فرا زمینی بر حسب میلی متر در روز، T میانگین دمای روزانه هوا، T_{max} میانگین حداکثر دمای روزانه هوا و T_{min} میانگین حداقل دمای روزانه هوا همگی بر حسب درجه سانتی گراد می باشد.

برای بدست آوردن معادلات مناسب برای برآورد ضریب تصحیح ($k = \frac{P.M.F.}{H.S.}$) 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}).

پس از استخراج معادله، 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-مانتیش-فائو ارزیابی گردید. روش دیگر باین صورت بود که در مقیاس روزانه با میانگین گیری 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	$N_0 \times RH_{avg}^{N_1} \times RH_{min}^{N_2}$
۲	میانگین نسبت‌ها	$k = \frac{P.M.F.}{H.S.}$

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).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (3)$$

$$NASH = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{mean})^2} \quad (4)$$

$$GSD = \frac{RMSE}{\hat{y}_{mean}} \quad (5)$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{y}_i}{\sum_{i=1}^n y_i} \quad (6)$$

$$SEE = (y_i - \hat{y}_i) / y_i \quad (7)$$

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

نتایج و بحث

ثابت های بهینه شده برای هر یک از معادلات ضریب تصحیح داده شده در جدول ۱، در جدول ۲ محاسبه شده است.

جدول ۲: ثابت های معادله ضریب تصحیح محاسبه شده

ثابت های معادله		
N_0	N_1	N_2
۰/۸۸۴۶	۰/۰۳۶۱۴۶	-۰/۰۵۸۴۵

شاخص های آماری برای هر معادله سالانه در جدول (۳) آمده است سپس با مقایسه این شاخص ها، اولویت بندی روش ها انجام شد (جدول ۴).

جدول ۳: شاخص های آماری برای ارزیابی معادلات تجربی

روش برآورد	SSE	GSD	CE	R	r	RMSE
هارگریوز-سامانی	۲۴۹۶/۱۹۹	۰/۴۱۶۲۴۶	۰/۳۲۱۶۸۵	۰/۷۵۳۵۱۹	۱/۱۷۰۳۰۵	۱/۵۰۹۸۴۶
معادله ضریب تصحیح	۱۷۱۸/۴۸	۰/۴۱۸۰۳۱	۰/۵۳۳	۰/۷۵۹۸	۰/۹۶۶۸	۱/۲۵۲۸
روش نسبت میانگین	۵۸۱/۹۳۳	۰/۲۳۴۸	۰/۸۴۱۹	۰/۹۱۹	۱/۰۰۱۶	۰/۷۲۹

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

روش برآورد	SSE	GSD	CE	R	r	RMSE
هارگریوز-سامانی	۳	۲	۳	۳	۳	۳
معادله ضریب تصحیح اول	۲	۳	۲	۲	۲	۲
روش نسبت میانگین	۱	۱	۱	۱	۱	۱

مطابق جداول ۳ و ۴ هر یک از معادلات جهت تصحیح مقادیر ET_0 به روش H-S دارای تأثیرات متفاوتی می باشند. بطوری که از میزان این تأثیر با توجه به اولویت بندی آن ها در هر یک از شاخص ها در جدول ۵ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که اولویت بندی با یکسان در نظر گرفتن ارزش همه آماره ها (شاخص های آماری) انجام شد. در این میان معادله ضریب تصحیح از همه کارآمدتر است. در ضمن روش میانگین نسبت ها نیز دقت مقادیر را بهبود بخشیده اما نتوانسته به اندازه معادلات ضریب تصحیح مقادیر را به واقعیت نزدیک نماید.

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

- روش تعیین نسبت میانگین نتایج بهتری از هارگریوز-سامانی نشان داده است ولی نسبت به اعمال معادلات ضریب تصحیح نتیجه ی این مطالعه از دقت بالاتری برخوردار است که البته به کارگیری این روش در بازه زمانی روزانه با توجه به استفاده از ۳۶۵ ضریب برای هر روز دشوار است.
- روش نسبت میانگین از دقت بیشتری برخوردار است به طوری که میانگین تبخیر-تعرق سالانه را ۱۱۳۳/۱۸۹ برآورد کرده است که بسیار به میزان برآوردی به روش F-P-M که ۱۱۳۱/۲۹۷ میلی متر می باشد نزدیک است. ولی با توجه به تعداد بالای پارامترهای مورد نیاز معادله ضریب تصحیح توصیه می شود که این معادله نیز با تقریب خوبی میزان سالانه تبخیر و تعرق را ۱۰۹۳/۸۳ تخمین زده است.

منابع

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

۲- میرزایی تختگاهی، ح؛ معاضد، ه. ۱۳۸۵. مقایسه روش های مختلف برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل. همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی، دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی علوم آب.

۳- جهانبخش اصل، س؛ موحد دانش، ع. ا؛ مولوی، و. (۱۳۸۰). تحلیل مدل های برآورد تبخیر- تعرق برای ایستگاه هواشناسی تبریز. مجله دانش کشاورزی، سال ۱۱، شماره ۲.

- 4- 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.
- 5- Allen, R. G. 1986. A panman for all season. J. Irrigation And Drainage, ASCE.112 (4), 348-368.
- 6- Chiew FHS, Kamaladassa NN, Malano HM and MacMahon TA, (1995). Penman-Monteith, FAO-24 reference crop evapotranspiration and class-A pan data in Australia. Agric Water Manage 28, 9-21.
- 7- Doorenbos, j. and Pruitt, W. O. (1977). Guidelines for predicting crop water requirement. Irrigation Drain. Paper. NO. 24. FAO, Rome, Italy.
- 8- Jensen, M. E., Burman, R. D. and Allan R. G. (1990). Evapotranspiration and Irrigation water requirement. ASCE Manual and Report on Engineering Practice No.70. ASCE, New York.
- 9- Lopez-urrea, R., Martin desanta OlallaT F., Fabeiro, C., Moratalla, A., 2006. Testing evapotranspiration equations using lysimeter observations in a semiarid climate, Agricultural water management 85: 12-26.
- 10- Montazeri, M., Fahmi, H., 2003. Climate Change effects on Water Resources of the Country, 3th Regional Conference and First National Conference of Climate Change, Esfahan, 288p.
- 11- Najafi, P., Ehteshami, M., Satar, M., 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. 239-247p.
- 12- Najarchi, M., 2005. Estimation of Barely Coefficient of Barley in Arak Region, Second National Conference of Watershed Management and Water and Soil Resources Management Kerman.
- 13- Neyshaburi, M. R., Moradi Dalini, A., Jafarzade, A. A., Sadeghi, S., 2005. Assessment of FAO Recommended Methods to Estimate to Evapotranspiration of Reference Plant in Karkaj Region, Journal of Science of Agriculture. 15p.

Improvement of Hargreaves-Samani method to Estimate Evapotranspiration of (Case Study: Gonbad Sinoptic Station) Reference Plant

Mehdi Sadooghi¹, Reza Hoseini¹, Iman Karimirad¹, N. Moghadasi³

¹M.sc Student of Department of water engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Gorgan, Iran

² Student of Department of Range and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources, Gorgan, Iran

E-mail:Sadooghii@yahoo.com

Abstract

It is important to calculate crop water requirement more accurately in water resources management, agricultural and environmental studies in order to have a suitable and stable environmental resources operation that needs determination of regional potential evapotranspiration of plants. Lysimeter is used to measure evapotranspiration of each plant. In unavailability of Lysimeter and deficiency of weathering data, Hargreaves-Samani method is one of the suggested methods to estimate Evapotranspiration of Reference Plant (ET_0) but in comparison with Penman-Monteith-FAO method as a standard method to calculate ET_0 , that is suggested by many researchers and trusty research institutes, always show differences. Equipped synoptic station data requirement is a considerable limitation of F-P-M method. This study aims to determine equation that only involve climatological station data as a coefficient for H-S equation to correct calculated values according to F-P-M method. one equation Being presented and best of its estimate average of sum annual evapotranspiration of 1131 (mm) in comparison with F-P-M value of 1093 (mm) while 1323 (mm) was estimated by H-S method.

Keywords: correction coefficient, Evapotranspiration of Reference Plant, Gonbad, Golestan Hargreaves-Samani method .