



انتخاب روش مناسب، تخمین تبخیر و تعرق گندم در منطقه مرودشت

سید محمد حسین روانان^۱، فردین بوستانی^۲

چکیده

در این تحقیق از روش های پنمن مانیتیت، هارگریوز، جنسن هیز، بلانی کریدل و تورنتوایت برای تخمین تبخیر و تعرق گیاه گندم در منطقه مرودشت استفاده شده است که هر یک مزایا و معایب خاص خود را دارا می باشند. در روش پنمن مانیتیت، محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ET_o) به داده های هواشناسی زیادی نیاز دارد اما در روشهای دیگر که در تحقیق آورده شده است به داده های هواشناسی کمتری نیاز است. با توجه به کمبود منابع آب در این منطقه پی بردن به اینکه آیا می توان به جای استفاده از روش پنمن مانیتیت از روش ساده تر و بهینه تری (از نظر مصرف آب) برای تخمین تبخیر و تعرق گندم (ET_c) در منطقه مرودشت استفاده کرد یا نه می تواند مهم و مورد توجه قرارگیرد. در این تحقیق از داده های هواشناسی سالهای ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۵ ایستگاه سینوپتیک سد درودزن استفاده شده و مقادیر تبخیر و تعرق گندم در منطقه مرودشت برای ۱۷ سال و در ماههای کشت به صورت میانگین ماهانه بدست آمد. با استفاده از آزمون آماری (آزمون F) بررسی کردیم که بین مقادیر محاسبه شده تبخیر و تعرق گندم از روش های گفته شده اختلاف معنی داری وجود ندارد پس می توان نتیجه گرفت که می توان به جای استفاده از روش پنمن مانیتیت از روش های دیگر گفته شده استفاده کرد، همچنین نتیجه ی دیگری که از مقایسه های آماری گرفته شد این است که معادله هارگریوز نسبت به معادله های گفته شده به معادله پنمن مانیتیت نزدیک تر می باشد.

کلمات کلیدی: تبخیر و تعرق، پنمن- مانیتیت، هارگریوز، تورنتوایت، جنسن هیز، بلانی کریدل، مرودشت

^۱- Sm_rav2007@yahoo.com دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت

^۲- عضو هیئت علمی گروه مهندسی آب دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



مقدمه

عدم استفاده مطلوب از آب آبیاری، محدودیت منابع آب و نیاز فزاینده بشر به غذای بیشتر، متنوع و مطلوب تر ایجاب می نماید تا مهندسين آبیاری با اعمال شیوه های مدیریتی نوین اقدام به صرفه جویی در مصرف آب و افزایش بازده آبیاری نمایند. این امر بدون برآورد دقیق نیاز آبی گیاه و انطباق عمل آبیاری بر اساس نیاز ادواری گیاهان به آب (آبیاری به موقع و به اندازه) میسر نمی باشد (۳).

تخمین تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ETO) استفاده گسترده ای برای مهندسين آبیاری دارد تا نیاز آبی گیاهان مختلف را تعیین کنند. محاسبه ETO برای برنامه ریزی کاربردی اقتصادی منابع آب ضروری است. برآورد میزان آبی که در طرح های آبیاری به مصرف کشاورزی می رسد نیز بر اساس تبخیر- تعرق انجام می شود. ابعاد شبکه های آبیاری تابع مستقیمی از مقدار و زمان آب مصرفی است که به صورت تبخیر - تعرق وارد جو می شود و نیز تبخیر - تعرق، در محاسبات هیدرولوژی از دو جهت حایز اهمیت است. یکی از محاسبات تلفات آب در حوزه آبریز و دیگری برآورد نیاز آبیاری در طرح هایی که آب مهار شده در سازه های هیدرولیک مورد استفاده قرار خواهد گرفت. گرچه چندین معادله پیشنهاد شده برای تخمین ETO ولی موافقت عمومی و کلی در مناسب بودن معادله ای معین برای آب و هوای معین وجود ندارد (۹).

در این تحقیق روش پنمن مانیتیت به عنوان روش مبنا مورد استفاده قرار گرفته است. به هر حال روش پنمن مانیتیت روش استاندارد برای محاسبه ETO می باشد چون از داده های هواشناسی زیادی در تخمین ETO استفاده می کند. این روش برای شرایط آب و هوای مختلف مناسب است (۸ و ۹ و ۱۳ و ۱۵).

با اینکه روش پنمن مانیتیت آزمایشات مثبتی را در شرایط آب و هوایی مختلف داشته است، نیازمند اطلاعات کامل هواشناسی مانند مینیمم و ماکزیمم دمای هوا، مینیمم و ماکزیمم رطوبت نسبی، تابش خورشید، سرعت باد می باشد که به طور گسترده از پنمن مانیتیت استفاده شده است (۱۴).



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



معادلات متناوبی برای تخمین ET_o در شرایطی که داده های هواشناسی زیادی در دست نیست، ارائه شده است، مانند روش اصلی هارگریوز (۸).

بوسیله معادله هارگریوز وقتی که فقط دمای هوا در دسترس باشد، تخمین ET_o امکان پذیر است. روش هارگریوز با داده های لایسیمتر در آب و هوای مختلف ارزیابی شده است (۱۱).

روش بلانی- کریدل اصلاح شده توسط سازمان فائو (FAO-Blanny-Criddle) به دلیل ساده بودن و این که نیاز به داده های کمتری دارد هنوز هم مورد استفاده قرار می گیرد.

همچنین تشت تبخیر ساده ترین وسیله ایست که با آن می توان تبخیر را از یک سطح نسبتاً آزاد بدست آورد. بر اساس مطالعات سازمان فائو استفاده از تشت تبخیر در محاسبات نیاز آبی بسیار پر اشتباه می باشد (۸).

روش تحقیق

در انجام هر تحقیق یا پروژه جمع آوری اطلاعات و داده های خام یکی از مهمترین قسمت های پروژه است. در این تحقیق از داده های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک سد درودزن استفاده شده که در تمامی آن ها داده ها از سال ۱۹۸۸ تا سال ۲۰۰۵ در دسترس بوده است. اطلاعات مورد نیاز در این تحقیق براساس معادلات پنمن مانتیت، هارگریوز، جنسن هیز، بلانی کریدل و تورنتوایت که شامل سرعت باد در ارتفاع ۲ متری (U)، حداکثر ساعات آفتابی روزانه (n)، حداکثر رطوبت نسبی (RHmax)، حداقل رطوبت نسبی (RHmin)، حداکثر دمای روزانه (Tmax)، حداقل دمای روزانه (Tmin)، شماره روز سال میلادی، عرض و طول جغرافیایی و دیگر داده هاست.

ابتدا مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ET_o) با استفاده از روش های موجود محاسبه می شود. (۱)

روش پنمن مانتیت:



معادله کلی محاسبه تبخیر تعرق پتانسیل گیاه مرجع در این روش به صورت زیر می باشد:

$$ET_o = \frac{0.408 \times \Delta \times (R_n - G) + \gamma \times \frac{900}{T_m + 273} \times U^2 \times (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34 \times U^2)} \quad ۱$$

که در آن

ET_o : تبخیر تعرق پتانسیل گیاه مرجع حسب میلی متر در روز

R_n : تشعشع خالص دریافتی در سطح گیاه حسب مگاژول بر متر مربع در روز

T_m : میانگین روزانه دمای هوا در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین حسب درجه سانتی گراد

G : شارژ گرمایی خاک حسب مگاژول بر متر در روز

e_s : فشار بخار اشباع حسب کیلو پاسکال

e_a : فشار بخار واقعی حسب کیلو پاسکال

$e_s - e_a$: کمبود فشار بخار اشباع حسب کیلو پاسکال

U^2 : میانگین روزانه سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین حسب متر بر ثانیه

Δ : شیب منحنی بین فشار بخار اشباع و دما حسب کیلو پاسکال بر درجه سانتی گراد

γ : ثابت سایکرومتری حسب کیلو پاسکال بر درجه سانتی گراد

برای تعیین تبخیر پتانسیل گیاه مرجع اجزای معادله ۱ باید معلوم باشد (۸).

روش هارگریوز:

معادله کلی محاسبه تبخیر تعرق پتانسیل گیاه مرجع در این روش به صورت زیر می باشد:



$$ET_o = 0.408 \times 0.023 \times (T_m + 17/8) \times (T_{max} - T_{min})^{0.5} \times R_a$$

۲

که در آن

۰.۴۰۸ ضریب تبدیل مگاژول بر متر مربع در روز به میلی متر در روز

ET_o: تبخیر تعرق پتانسیل گیاه مرجع حسب میلی متر در روز

T_m: میانگین روزانه دمای هوا در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین حسب درجه سانتی گراد.

T_{max}: حداکثر دمای روزانه حسب درجه سانتی گراد

T_{min}: حداقل دمای روزانه حسب درجه سانتی گراد

R_a: تشعشع ماورای جوی حسب مگاژول بر متر مربع در روز.

مقدار R_a نیز از معادله هایی بدست می آید که در این تحقیق به آنها پرداخته نشده است (۸).

روش جنسن - هیز

معادله کلی محاسبه تبخیر تعرق پتانسیل گیاه مرجع از این روش به صورت زیر می باشد:

$$ET_o = 23.9 \times (0.025 \times T_M + 0.08) \times \frac{R_s}{59}$$

در معادله فوق ET_o تبخیر تعرق پتانسیل گیاه مرجع بر حسب میلی متر در روز، T_m میانگین روزانه دمای هوا بر حسب درجه

سانتی گراد و R_s تشعشع ورودی خورشید با طول موج کوتاه به سطح زمین بر حسب مگاژول بر متر مربع در روز می باشند (۵).

روش تورنتوایت



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



در این روش با استفاده از میانگین دمای کلیه ماه های سال می توان تبخیر تعرق پتانسیل گیاه مرجع را برای هر ماه سال به صورت جداگانه محاسبه نمود. برای این منظور ابتدا شاخص حرارتی هر ماه سال از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$im = \left(\frac{Tm}{5}\right)^{1.51}$$

در معادله فوق im شاخص حرارتی هر ماه سال و Tm میانگین دمای هر ماه سال بر حسب درجه سانتی گراد می باشد. لازم به ذکر است چنانچه میانگین دمای ماه هایی از سال برابر صفر یا عددی منفی باشد، برای آن ماه ها برابر صفر در نظر گرفته می شود.

پس از محاسبه شاخص حرارتی هر ماه سال، شاخص حرارتی سالانه از جمع شاخص حرارتی ۱۲ ماه سال به صورت زیر محاسبه می شود:

$$I_m = \sum im$$

۵

در معادله فوق im شاخص حرارتی سالانه می باشد.

پس از محاسبه شاخص حرارتی سالانه از رابطه زیر ضرایب a محاسبه می شود:

$$a = 6.75 \times 10^{-7} I^3 - 7.71 \times 10^{-5} I^2 + 1.792 \times 10^{-2} I + 0.492$$

در ادامه با استفاده از معادله زیر تبخیر تعرق پتانسیل گیاه مرجع برای هر ماه سال محاسبه خواهد شد.

$$ET_0 = 16M \left(\frac{10Tm}{I}\right)^a$$



در معادله فوق ET_0 مجموع تبخیر تعرق پتانسیل گیاه مرجع در ماه مورد نظر بر حسب میل میلی متر در ماه می باشد. و M ضریبی است که از جدول مربوطه با توجه به عرض جغرافیایی منطقه تعیین می گردد. چنانچه مشاهده می شود در روش تورتوایت برای محاسبه تبخیر تعرق پتانسیل گیاه مرجع برای یک ماه سال باید میانگین دمای سایر ماه های سال نیز موجود باشد. به همین علت این روش که امروزه نیز چندان متداول نمی باشد. بهتر است برای داده های هواشناسی طولانی مدت یک منطقه بکار رود تا میانگین تبخیر تعرق طولانی مدت هر ماه سال به دست آید. همچنین در ماهی با میانگین دمای صفر یا منفی این روش قادر به محاسبه تبخیر تعرق پتانسیل گیاه مرجع نمی باشد (۵).

روش بلانی - کریدل

معادله کلی محاسبه تبخیر تعرق پتانسیل گیاه مرجع از این روش به صورت زیر می باشد:

$$ET_0 = a + b \left(p \left(\frac{0.46}{T_m} + \frac{1}{13} \right) \right)$$

در معادله فوق ET_0 تبخیر تعرق پتانسیل گیاه مرجع بر حسب میل میلی متر در روز و T_m میانگین روزانه دمای هوا بر حسب درجه سانتی گراد می باشند. P ضریب مربوط به طول روز یا درصدی سالانه تابش آفتاب در ماه می باشد که به صورت روزانه توصیف شده است (یعنی میانگین ساعات روشنایی هر روز در ماه مورد نظر تقسیم بر کل ساعات روشنایی سال ضرب در عدد ۱۰۰). ضریب P از جدول مربوطه بدست می آید.

a و b نیز ضرایبی هستند که از معادله های زیر به دست می آیند:



$$a = 0.0043 RH_{\min} - \frac{n}{N} - 1.41$$

$$b = 0.82 - 0.0041 RH_{\min} + 1.07 \frac{n}{N} + 0.066 U_2 - 0.006 RH_{\min} \frac{n}{N} - 0.0006 RH_{\min} U_2$$

در معادله فوق n ساعات واقعی آفتاب روزانه بر حسب ساعت، N حداکثر ساعات آفتابی روزانه بر حسب ساعت، U_2 میانگین روزانه سرعت باد در ارتفاع ۲ متر از سطح زمین بر حسب متر بر ثانیه و RH_{\min} حداقل درصد رطوبت نسبی روزانه می باشند. مقدار N نیز با استفاده از معادلاتی تعیین می شود که در این تحقیق به آنها اشاره نشده است (۱).

محاسبه ضریب گیاهی و تبخیر و تعرق گندم در منطقه مرودشت :

بعد از محاسبه ET_o با ۵ روش، باید ضریب گیاهی گندم (K_c) در منطقه مرودشت بر طبق فصل کشت محاسبه شود. مقادیر میانگین ضریب گیاهی گندم K_c به صورت ماهانه و بر طبق فصل کشت آورده شده است (مقادیر k_c به صورت روزانه در طول فصل رشد محاسبه شده و با میانگین گیری از آنها برای هر ماه یک عدد آورده شده است) (۵).

بعد از محاسبه K_c گندم با استفاده از رابطه زیر مقادیر تبخیر و تعرق گیاه گندم با ۵ روش محاسبه می شود (۱).

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

آزمون و مقایسه آماری :



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



بعد از محاسبه Etc گندم با ۵ روش باید مقادیر آنها را با آزمون های آماری (آزمون F) با هم مقایسه کنیم و همچنین با استفاده از مقایسه های آماری (فرمول RMSE) نزدیکترین مقدار Etc گندم با روش های هارگریوز، جنسن هیز، بلانی کریدل و تورنتوایت نسبت به روش پنمن مانتیت پیدا کنیم.

آزمون F :

با استفاده از فرمول های آزمون F، محاسبات انجام گرفت که به صورت زیر می باشد (۷).

$$\text{کل } SS = SS\alpha + SSe$$

$$\text{کل } d.f = \sum ni - 1 = N - 1$$

$$SSe = SSX^1 + SSX^2 + SSX^3 + SSX^4 + SSX^5$$

$$\frac{MS\alpha}{MSe} \quad F = \left[\frac{SSe}{d.fe} \right] \quad MSe = \left[\frac{SS\alpha}{d.f\alpha} \right] \quad MS\alpha =$$

مقایسه آماری بین مقادیر محاسبه شده تبخیر و تعرق گندم با پنج روش :

با استفاده از فرمول RMSE جذر میانگین مربعات خطاها را برای هر یک از روش های هارگریوز، جنسن هیز، بلانی کریدل و تورنتوایت نسبت به روش پنمن - مانتیت محاسبه گردید تا ببینیم کدام از روش ها به روش پنمن مانتیت نزدیک تر می باشد.



معادله (root mean square Error) RMSE :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_i - P_i)^2}{n}}$$

که در آن ها

H_i : مقدار تبخیر تعرق گندم به یکی از چهار روش هارگریوز، جنسن هیز، بلانی کریدل و تورنتوایت بر حسب میلی متر در روز .

P_i : مقدار تبخیر تعرق گندم به روش پنمن - مانتیت بر حسب میلی متر در روز .

n : تعداد کل داده ها در ماه و هر ایستگاه (و همچنین در هر ایستگاه برای کل ماه های سال) می باشد (۵).

موقعیت ایستگاه سد درودزن

در جدول ۱ موقعیت جغرافیایی ایستگاه سد درودزن آورده شده است (۶).

جدول ۱ - مشخصات ایستگاه مورد نظر

Climate	Elevation	Longitude	Latitude	Station
Semi-arid	۱۶۲۰	۵۶ ۲۶' E	۳۰ ۱۳' N	سد درودزن

نتایج تحقیق



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



در جدول ۲ مقادیر میانگین ضریب گیاهی گندم KC به صورت ماهانه و بر طبق فصل کشت آورده شده است (مقادیر kc به صورت روزانه در طول فصل رشد محاسبه شده و با میانگین گیری از آنها برای هر ماه یک عدد آورده شده است).

جدول ۲ - ضریب گیاهی به صورت ماهانه

گندم Kc	ماه (میلادی) کشت گندم	ماه (شمسی) کشت گندم
۰.۷۰	oct	آبان
۰.۷۰	nov	آذر
۰.۷۸	dec	دی
۰.۸۸	jan	بهمن
۰.۹۸	feb	اسفند
۱.۰۷	mar	فروردین
۱.۱۵	apr	اردیبهشت
۱.۰۹	may	خرداد

در جدول ۳ مقادیر محاسبه شده تبخیر و تعرق گندم با ۵ روش به صورت میانگین ماهانه بر حسب میلیمتر در روز آورده شده است (مقادیر تبخیر و تعرق برای هر کدام از روش ها در ۱۷ سال و برای هر سال ۸ ماه از فصل رشد محاسبه شده و سپس میانگین آنها در جدول زیر آورده شده است).

جدول ۳ - مقادیر تبخیر و تعرق گندم با ۵ روش



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
 دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



روش محاسبه		پنمن مانتیت	هارگریوز	جنسن-هیز	بلانی-کریدل	تورنتوایت
آبان	oct	۲.۷۲	۲.۴۸	۳.۲۸	۴.۶۵	۱.۵۵
آذر	nov	۱.۳۴	۱.۵۶	۱.۷۵	۲.۴۹	۰.۷۰
دی	dec	۰.۹۳	۱.۲۲	۱.۱۹	۱.۷۲	۰.۳۴
بهمن	jan	۱.۰۲	۱.۲۳	۰.۹۶	۱.۲۹	۰.۱۵
اسفند	feb	۱.۸۶	۱.۹۰	۱.۷۴	۱.۹۴	۰.۳۶
فروردین	mar	۳.۲۴	۳.۰۸	۳.۲۷	۳.۰۹	۰.۹۳
اردیبهشت	apr	۵.۰۶	۴.۷۶	۵.۷۶	۴.۶۶	۲.۳۵
خرداد	may	۶.۹۰	۵.۹۷	۸.۱۲	۷.۰۹	۳.۸۴

بعد از انجام محاسبات آزمون F جدول تجزیه واریانس آن ارائه شده.

جدول ۴- جدول تجزیه واریانس

منبع تغییرات	SS	درجه آزادی	MS = SS / d.f	F
کل	۱۵۱.۲۰	$N - 1 = ۳۹$	----	۱.۲۸
بین گروهها	۱۹.۳۱	$n_1 = k - 1 = ۴$	۴.۸۳	
داخل گروهها	۱۳۱.۹۰	$n_2 = N - K = ۳۵$	۳.۷۷	

در نتیجه F محاسبه شده برابر با ۱.۲۸ شده است. از جدول F برای $n_1 = ۴$ و $n_2 = ۳۵$ دو عدد ۲.۶۴ و ۳.۹۱ برای سطح اعتماد ۵ درصد و ۱ درصد بدست می آید. چون F محاسبه شده از هر دو F جدول کوچکتر است پس اختلاف معنی دار نیست.



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



به عبارت دیگر بین مقادیر تبخیر و تعرق گندم بدست آمده از روشهای هارگریوز، بلانی کریدل، تورنتوایت و جنسن هیز و روش پنمن مانتیت اختلاف معناداری وجود ندارد و می توان بجای محاسبه تبخیر تعرق به روش پنمن مانتیت از روش های دیگر که نیاز به داده های هواشناسی کمتری است استفاده کرد.

مقادیر RMSE برای هر یک از معادله های هارگریوز، جنسن هیز، بلانی- کریدل و تورنتوایت نسبت به روش پنمن مانتیت محاسبه گردید و در جدول ۵ ارائه شده است .

جدول ۵- مقادیر محاسبه شده RMSE برای ۴ روش

	ماه	هارگریوز	جنسن - هیز	بلانی-کریدل	تورنتوایت
آبان	oct	۰.۰۵۸	۰.۳۱۴	۰.۲۷۹	۱.۳۷۹
آذر	nov	۰.۰۴۶	۰.۱۶۶	۰.۱۷۱	۰.۴۰۸
دی	dec	۰.۰۸۷	۰.۰۶۵	۰.۱۷۰	۰.۳۴۸
بهمن	jan	۰.۰۴۳	۰.۰۰۳	۰.۰۱۴	۰.۷۵۰
اسفند	feb	۰.۰۰۲	۰.۰۱۴	۰.۰۰۱	۲.۲۵۳
فروردین	mar	۰.۰۲۴	۰.۰۰۱	۰.۰۰۵	۵.۳۴۱
اردیبهشت	apr	۰.۰۹۰	۰.۴۹۰	۰.۰۸۳	۷.۳۴۶
خرداد	may	۰.۸۷۱	۱.۴۷۸	۶۰.۰۴۱	۹.۳۶۸
average		۰.۳۹	۰.۵۶	۲.۷۶	۱.۸۴



چون کمترین مقدار RMSE مربوط به فرمول هارگریوز است پس می توان نتیجه گرفت نزدیک ترین و بهینه ترین روش در محاسبه تبخیر تعرق گندم در منطقه مرودشت به روش پنمن مانیتیت روش هارگریوز می باشد.

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که بین مقادیر تبخیر و تعرق گیاه گندم در منطقه مرودشت از روش های پنمن مانیتیت ، هارگریوز، بلانی کریدل ، تورنتوایت و جنسن هیز اختلاف معناداری وجود ندارد چون مقدار F محاسبه شده در آزمون F برابر ۱.۲۸ شد که مقدار آن از F جدول به ازای سطح اعتماد ۵ و ۱ درصد کمتر شده است و می توان به جای استفاده از روش پنمن مانیتیت از روش های دیگر گفته شده استفاده کرد.

اما با توجه به اینکه بهینه سازی در مصرف آب و افزایش راندمان آب در بخش کشاورزی بسیار با اهمیت می باشد پس باید نزدیکترین روش به روش پنمن مانیتیت (به عنوان روش مبنا) در تخمین تبخیر و تعرق گندم در منطقه مرودشت را در محاسبات جایگزین کرد تا با تخمین دقیق تر تبخیر و تعرق میزان مصرف آب در حد مطلوب و بهینه قرارگیرد. با توجه به مقایسه های آماری انجام شده در این تحقیق روش هارگریوز نسبت به معادله های جنسن هیز ، بلانی کریدل و تورنتوایت نزدیک تر به معادله پنمن مانیتیت می باشد و بهتر است در صورت نیاز به جای گزینی روش پنمن مانیتیت از روش هارگریوز استفاده کرد. مقدار RMSE برای معادله هارگریوز ۰.۳۹ بدست آمد که کمترین مقدار RMSE در بین روش ها است.

منابع

- ۱- علیزاده، ا. ، طراحی سیستم های آبیاری ، چاپ ششم ، مشهد : دانشگاه امام رضا (ع) ، ۱۳۸۴
- ۲- علیزاده، ا. ، اصول هیدرولوژی کاربردی ، چاپ هفدهم ، مشهد : دانشگاه امام رضا (ع) ، ۱۳۸۴
- ۳- فرشی، ع. ا. و ص. دربندی ، مدیریت آب آبیاری در مزرعه ، چاپ اول ، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران ، ۱۳۸۲



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



۴- فولادمند، ح. ر.، ر. ترابی و ا. امین دین.. کاربرد آمار در خاک و آب . چاپ اول. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت. ۱۳۸۸

۵- فولادمند، ح. ر. اصول آبیاری ، چاپ اول . انتشارات نوید شیراز. ۱۳۸۸

۶- فولادمند، ح. ر.، م. ح. روانان و ح. زندی لک. پایان نامه دوره کارشناسی مهندسی آب. دفتر پژوهش دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، ۱۳۸۶

۷- منصور فرد، ک. روش های آماری. چاپ اول انتشارات دانشگاه تهران.

۸-Allen RG, Pereira LS, Raes D, and Smith M. ۱۹۹۸. crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper. No. ۵۶, Rome: FAO.

۹- DehghaniSanij H, Tamamoto T, Rasiah V. ۲۰۰۴. Assessment of evapotranspiration estimation models for use in semiarid environments. Agric Water Manage. ۶۴:۹۱-۱۰۶.

۱۰- Fooladmand HR, Zandilak H, and Ravanan MH. ۲۰۰۸. Comparison of different types of Hargreaves equation for estimating monthly evapotranspiration in the south of Iran. Archives of Agronomy and Soil Science. ۵۴: ۳۲۱-۳۳۰

۱۱- Hargreaves GH. ۱۹۹۴. Defining and using reference evapotranspiration. J Irrig Drain Eng. ۱۲۰(۶): ۱۱۳۲-۱۱۳۹

۱۲- Irmak S, Allen RG, Whitty EB. ۲۰۰۳. Daily grass and alfalfa-reference evapotranspiration estimates and alfalfa to grass evapotranspiration ratios in Florida. J Irrig Drain Eng. ۱۲۹(۵): ۳۶۰-۳۷۰.

۱۳- Itenfisu D, Elliott RL, Allen RG, walter IA. ۲۰۰۳. Comparison of reference evapotranspiration calculations as part of the ASCE standardization effort. J Irrig Drain Eng. ۱۲۹(۶): ۴۴۰-۴۴۸.

۱۴- Pereira AR, Pruitt WO. ۲۰۰۴. Adaptation of the Thornthwaite scheme for estimating daily reference evapotranspiration. Agric Water Manage. ۶۶:۲۵۱-۲۵۷.

۱۵- Ventura F, Spano D, Duce P, Snyder RL. ۱۹۹۹. An evaluation of common evapotranspiration equations. Irrig Sci. ۱۸:۱۶۳-۱۷۰



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸

