

برآورد ضریب تشت تبخیر به منظور محاسبه تبخیر - تعرق (مطالعه موردی: ایستگاه سینوپتیک ساری)

داود اکبری نودهی^۱

چکیده

برآورد تبخیر - تعرق گیاه مرجع (ET_0) یکی از اجزا مهم در طراحی سیستم‌های آبیاری و مدیریت آب برای آبیاری گیاهان می‌باشد. این پارامتر به روش مستقیم (لایسمتری) و یا به طور غیر مستقیم (معادلات تجربی) برآورد می‌شود. در شرایط عدم دسترسی به داده‌های دقیق می‌توان از روش فائو-پنمن - مانتیث به عنوان روش استاندارد جهت ارزیابی نتایج سایر روش‌های تجربی استفاده نمود. در این تحقیق با استفاده از داده‌های روزانه ایستگاه سینوپتیک ساری، مقادیر ET_0 روزانه با روش استاندارد محاسبه و سپس با استفاده از داده‌های تشت تبخیر مقادیر ET_0 محاسبه و با روش استاندارد مقایسه گردید. برای محاسبه ET_0 با استفاده از داده‌های تشت تبخیر باید مقدار تبخیر از تشت (E_{pan}) را در ضریب تشت (K_{pan}) ضرب نمود. در این تحقیق با استفاده از ۴ روش آلن و پروت، اشنایدر، کونیکا و اورنگ مقادیر ضریب تشت که تابعی از سرعت باد، رطوبت نسبی و فاصله پوشش‌های گیاهی از تشت می‌باشد به صورت روزانه محاسبه و در تبخیر از تشت ضرب تا مقدار ET_0 بدست آمد. بررسی‌های رگرسیونی و آماری نشان داد که برای محاسبه مقادیر ET_0 روزانه و ماهانه در ایستگاه ساری روش اورنگ مناسب می‌باشد.

کلمات کلیدی: تبخیر، تعرق مرجع، تشت تبخیر، ضریب تشت، ایستگاه سینوپتیک و استان مازندران

مقدمه و بررسی منابع علمی

تبخیر از یک تشت تبخیر، نشانگر شاخصی از اثر توام دمای هوا، تشعشع و باد است. به خاطر تفاوت آب آزاد و سطوح گیاهی، باید مقدار تبخیر از تشت تبخیر را در یک ضریب تجربی ضرب کرد تا تبخیر و تعرق به دست آید (موسوی و اخوان، ۱۳۸۶):

$$ET_0 = K_{pan} \cdot E_{pan} \quad (1)$$

که در آن: ET_0 : تبخیر و تعرق پتانسیل، K_{pan} : ضریب تشت تبخیر، E_{pan} : میزان تبخیر از تشت تبخیر است.

مقدار ET_0 با استفاده از دیگر روش‌های تجربی نیز محاسبه می‌گردد. معمولاً بعضی از معادلات تجربی که دارای دقت می‌باشند، نیازمند داده‌های مختلف هواشناسی می‌باشند. علی‌رغم دقت خوب این روش‌ها نمی‌توان از آن‌ها در بعضی از نقاطی که دارای ایستگاه هواشناسی کامل نیستند، استفاده کرد. از سوی دیگر برای محاسبه ET_0 می‌توان از اطلاعات تشت تبخیر به عنوان یکی از روش‌های قابل قبول استفاده نمود. این روش برای محاسبه ET_0 در مناطق مرطوب نتایج خوبی را به دست می‌آورد (ایرماک، ۲۰۰۲). برای کارایی بیشتر این روش در هر منطقه باید مقادیر تبخیر از تشت آن محل با توجه به مقادیر دقیق ET_0 اندازه‌گیری شده توسط لایسیمتر واسنجی و تصحیح نمود. آنجا که در منطقه مورد مطالعه، آمار تبخیر و تعرق مرجع (چمن) لایسیمتری محدود می‌باشد، لذا از روش فائو-پنمن-مانتیث (آلن و همکاران، ۱۹۹۸)

به عنوان روش استاندارد و قابل قبول جهت ارزیابی مقادیر ET_0 به دست آمده از روش‌های تشت استفاده می‌گردد. تحقیقات انجام گرفته در نقاط مختلف جهان مبین این نکته است که دقت مقادیر تبخیر و تعرق برآورد شده با استفاده از رابطه فائو-پنمن-مانتیث در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری شده لایسیمتری در دیگر روابط تجربی بهتر می‌باشد (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). جنسن (۱۹۷۴) جزو اولین افرادی بود که موضوع بکارگیری تبخیر از تشت را جهت برآورد ET_0 مطرح نمود. در دهه‌های اخیر محققانی نظیر فرورت و همکاران (۱۹۸۳)، کونیکا (۱۹۸۹)، آلن و پروت (۱۹۹۱)، اشنایدر (۱۹۹۲) و اورنگ (۱۹۹۸) برای محاسبه K_{pan} معادلات مختلفی را ارائه نمودند، که این معادلات توسط دیگر محققان مورد ارزیابی قرار گرفت. گریسمر و همکاران (۲۰۰۲) در تحقیقی برای منطقه کالیفرنیا، مقادیر ضریب تشت را با استفاده از معادلات تجربی ارائه شده، محاسبه نموده و سپس مقادیر ET_0 به دست آمده از روش تشت را با مقادیر ET_0 به دست آمده از روش فائو-پنمن-مانتیث مورد مقایسه قرار دادند و نتیجه گرفتند که مقادیر ضریب تشت به دست آمده از روش‌های آلن و پروت (۱۹۹۱) و اشنایدر (۱۹۹۲) نسبت به سایر معادلات از دقت بالاتری برخوردار است. آن‌ها همچنین مقادیر K_{pan} حاصله از روش‌های فوق را با نتایج جدول فائو مورد مقایسه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که مقادیر به

امیری و همکاران (۱۳۸۷) جهت تعیین مقدار K_{pan} در منطقه اصفهان روش‌های مختلف تعیین ضریب تشت را مورد بررسی و مقایسه قرار داده و بیان نمودند که بهترین روش K_{pan} در تخمین تبخیر و تعرق روزانه به ترتیب معادله پریرا و همکاران (۱۹۹۵) و دورنبوس و پروئیت (۱۹۷۷) می‌باشد. شریفان و قهرمان (۱۳۸۵) در تحقیقی معادله‌های گوناگون K_{pan} را جهت محاسبه ET_0 مورد مقایسه و بررسی قرار داده و بر اساس ضرایب مربوطه، ET_0 را برای منطقه گرگان به صورت روزانه، ۱۰ روزه و ماهانه محاسبه نمودند. نتایج نشان داد که از روش‌های اورنگ و اشنایدر اصلاح شده برای برآورد مقادیر ET_0 روزانه و از روش‌های کونیکا و اشنایدر اصلاح شده و آلن و پروت برای تخمین مقادیر ET_0 ۱۰ روزه و از روش اشنایدر اصلاح شده و کونیکا برای محاسبه ET_0 ماهانه در منطقه مطالعاتی می‌توان استفاده نمود. رحیمی خوب (۲۰۰۹) در منطقه نوشهر مقادیر K_{pan} با روش‌های مختلف را مورد مقایسه و ارزیابی قرار داد و بیان نمود که مقادیر به دست آمده با استفاده از رابطه اورنگ برای دوره‌های روزانه، ماهانه و سالانه بهترین برآورد را داشته است.

مقایسه و ارزیابی استفاده از داده‌های تشت تبخیر و تصحیح شده آن‌ها به منظور برآورد مقادیر ET_0 در شهرستان ساری از اهداف این تحقیق می‌باشد. از طرف دیگر در این تحقیق، چند روش محاسبه K_{pan} مورد ارزیابی قرار گرفته تا جهت

دست آمده در منطقه مورد مطالعه، نسبت به مقادیر فائو از صحت بیشتری برخوردار می‌باشند.

ایرماک و همکاران (۲۰۰۲) برای یک ایستگاه تحقیقاتی در فلوریدا با اقلیم مرطوب، مقادیر ضریب تشت را با استفاده از معادلات کونیکا (۱۹۸۹) و اشنایدر اصلاح شده محاسبه نمودند. به طوری که با استفاده از معادله $ET_0 = K_{pan} \cdot E_{pan}$ و ضریب مناسب، مقادیر تبخیر و تعرق گیاه مرجع محاسبه شد. سپس ایشان در مقیاس روزانه - ماهانه - سالانه مقادیر ET_0 به دست آمده از روش تشت را با مقادیر روش استاندارد مورد مقایسه قرار دادند. آن‌ها در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که نتایج حاصله از روش کونیکا (۱۹۸۹) به مقادیر روش اشنایدر نزدیک‌تر است و روش اشنایدر اصلاح شده مقادیر ET_0 بیشتری را نسبت به مقادیر روش استاندارد برآورد می‌نماید. گندکار (۲۰۰۴) ضرایب تشت ارایه شده با معادلات کونیکا (۱۹۸۹)، اشنایدر (۱۹۹۲)، اورنگ (۱۹۹۸)، راقووانشی (۱۹۹۸) و پریرا (۱۹۹۵) را با مقادیر جدول FAO-24 مورد مقایسه و ارزیابی قرار داد. تحقیق در ناحیه نیمه خشکی در استان مازاراشتاور هند انجام گردید. نتایج نشان که معادله ارائه شده توسط اشنایدر (۱۹۹۲) بهترین و کونیکا (۱۹۸۹) کمترین همبستگی را داشته است. همچنین ایشان نشان دادند که مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل بدست آمده با ضریب اشنایدر (۱۹۹۲) در مقایسه با مقدار بدست آمده از روش پنمن - مانتیث (آلن و همکاران، ۱۹۹۸) بهترین همبستگی را داشته است.

۷۵ تا ۸۰ درصد تغییر می‌کند. آمار و اطلاعات روزانه ایستگاه مزبور شامل درجه حرارت‌های حداقل و حداکثر و میانگین، رطوبت‌های حداقل و حداکثر و میانگین، سرعت باد، تبخیر از تشت، تعداد ساعات آفتابی و مقدار بارندگی برای مدت ۱۰ سال می‌باشد. پس از جمع آوری آمارهای فوق و ذخیره کردن آن‌ها در فایل‌های جداگانه مقادیر تبخیر-تعرق روزانه از روش‌های مختلف K_{pan} محاسبه و با مقادیر برآورد شده از روش استاندارد (در این تحقیق به علت عدم وجود داده‌های دقیق لایسیمتری در دوره دراز مدت، از روش فائو-پنمن - مانتیث به عنوان روش استاندارد جهت ارزیابی سایر روش‌ها استفاده شد) مقایسه گردید.

روش فائو-پنمن-مانتیث:

با استفاده از معادله فائو-پنمن-مانتیث که یکی از مهم‌ترین و عمومی‌ترین معادلات ترکیبی است، مقادیر تبخیر-تعرق گیاه مرجع به صورت زیر برآورد می‌گردد (آلن و همکاران، ۱۹۹۸):

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma [890 / (T + 273)] U_r (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_r)} \quad (2)$$

متری (KPa)، Δ = شیب منحنی فشار بخار
 γ (KPa °C⁻¹) = ضریب رطوبتی (KPa °C⁻¹)
 G = شار گرما به داخل خاک (MJm⁻²d⁻¹)
 می‌باشد.

تبدیل داده‌های تشت به مقادیر تبخیر-تعرق گیاه مرجع مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

استان مازندران در عرض ۳۶°۴۷' تا ۳۶°۵۴' و طول ۵۳°۴۹' تا ۵۰°۴۰' و در منطقه‌ای با اقلیم مرطوب تا نیمه مرطوب واقع شده است. ۱۶ ایستگاه سینوپتیک هواشناسی از شرقی‌ترین تا غربی‌ترین نقطه این استان وجود دارد، ولی تنها ۶ ایستگاه دارای آمار روزانه کامل داده‌های هواشناسی بین ۵ تا ۱۰ سال می‌باشند. بنابراین در این تحقیق مقادیر محاسبات ایستگاه ساری ارائه می‌گردد.

ایستگاه سینوپتیک ساری در عرض ۳۶°۳۳' و طول ۵۳°۰' و ارتفاع ۲۳ متر از سطح دریا قرار دارد. این ایستگاه در منطقه‌ای با اقلیم مرطوب تا نیمه مرطوب واقع شده است. با بررسی آمار این ایستگاه متوسط بارندگی سالانه آن حدود ۶۵۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر و درجه حرارت متوسط آن بین ۱۷ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی منطقه بین

در این معادله ET_o = تبخیر و تعرق گیاه
 مرجع (mm/day)، R_n = تابش خالص در سطح
 پوشش گیاهی (MJm⁻² d⁻¹)، T = متوسط دمای
 هوا در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (°C)، U_2 =
 سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین
 $e_a - e_d$ (ms⁻¹) = کمبود فشار بخار در ارتفاع ۲

روش‌های محاسبه ET_o و K_{pan} ارتفاع دو متری (U_2) و فاصله از تشت (Fetch) فرورت و همکاران (۱۹۸۳) برای محاسبه K_{pan} معادله درجه دومی را بسط دادند که تابعی از متوسط روزانه رطوبت نسبی (RH)، سرعت باد در

$$(۳) K_{pan} = 0.475 - 2.4 \times 10^{-4} \times U_2 + 5.16 \times 10^{-3} RH + 1.18 \times 10^{-3} \times F - 1.6 \times 10^{-3} \times RH^2 - 1.0 \times 10^{-4} \times F^2 - 8 \times 10^{-4} \times RH \times U_2 - 1 \times 10^{-4} \times RH \times F$$

پس از آن آلن و پروت (۱۹۹۱) معادله غیرخطی را که به پارامترهای هواشناسی نظیر روش فوق بستگی داشتند را ارائه نمودند:

$$(۴) K_{pan} = 0.108 - 0.00033 \times U_2 + 0.0422 \times \ln(F) + 0.1434 \times \ln(RH) - 0.00063 \times [\ln(F)^2] \times \ln RH$$

در تحقیقی اشنایدر (۱۹۹۲) گزارش داد که معادله ارائه شده توسط فرورت و همکاران (۱۹۸۳) بسیار پیچیده است و تحت اقلیم‌های یکسان نسبت به روش آلن و پروت (۱۹۹۱) از نتایج متفاوتی برخوردار می‌باشد. لذا برای محاسبه K_{pan} معادله ساده‌تری را ارائه نمودند. معادله وی تابعی از پارامترهای قبلی بود. بعدها این معادله اصلاح گردید:

$$(۵) K_{pan} = 0.482 - [0.24 \times \ln(F)] - (0.00376 \times U_2) + (0.0045 \times RH)$$

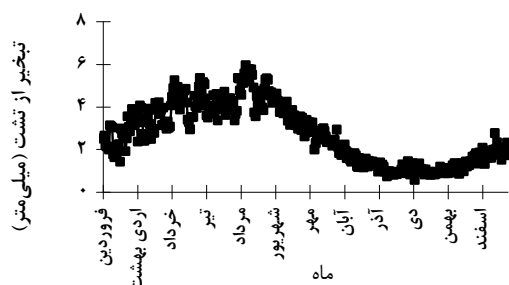
اورنگ (۱۹۹۸) یکی دیگر از محققانی بود که در زمینه برآورد ضریب تشت تحقیقاتی انجام داد. او معادله را به صورت زیر ارائه داد:

$$(۶) K_{pan} = 0.51206 - 0.0032 \times U_2 + 0.02889 \times RH + 0.3188 \times \ln(F) - 0.00107 \times RH \times \ln(F)$$

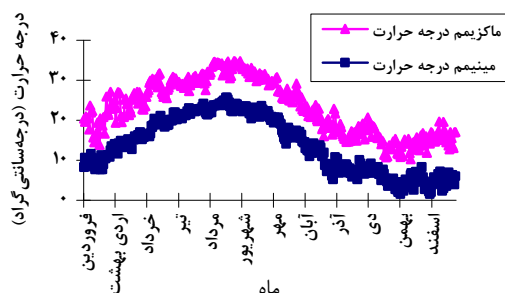
در تمام معادلات ذکر شده، U_2 : میانگین روزانه سرعت باد در ارتفاع دو متری (کیلومتر در روز)، RH : میانگین روزانه رطوبت نسبی (درصد) و F : فاصله سبزی‌نگی که باد به سمت تشت می‌وزد (متر) می‌باشد. در تحقیق حاضر برای محاسبه تبخیر- تعرق گیاه مرجع از روش تشت، در ابتدا مقدار ضریب

نتایج و بحث

میانگین ۱۰ ساله مقادیر روزانه E_{pan} اندازه‌گیری شده با استفاده از تشت تبخیر کلاس A در شکل ۱ نشان داده شده است. بر اساس داده‌های شکل مزبور ماکزیمم تبخیر از تشت در محدوده ماه‌های تیر تا مرداد اتفاق افتاده است. به نظر می‌رسد این مقادیر در ارتباط با درجه حرارت بالا و رطوبت کم و افزایش سرعت باد باشد (شکل‌های ۲ تا ۴). ماکزیمم کاهش در مقدار E_{pan} در ماه‌های آذر و دی، همزمان با کاهش درجه حرارت و افزایش رطوبت اتفاق افتاد.



شکل ۱- میانگین روزانه تبخیر از تشت اندازه‌گیری شده (ایستگاه سینوپتیک ساری)



شکل ۲- میانگین روزانه حداقل و حداکثر درجه حرارت (ایستگاه سینوپتیک ساری)

تشت را از روش‌های فوق محاسبه، سپس با استفاده از معادله $ET_0 = E_{pan} \cdot K_{pan}$ و مقادیر روزانه تبخیر از تشت، مقدار ET_0 روزانه در دوره مطالعاتی محاسبه گردید.

مقایسه روش‌های مورد نظر با روش استاندارد

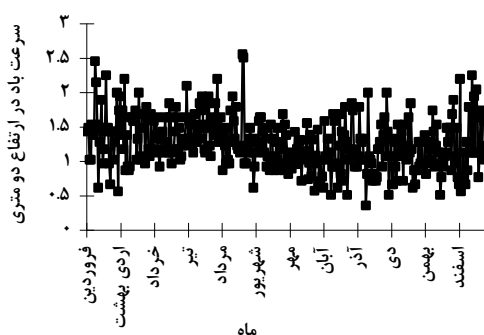
برای هر یک از روش‌های مورد نظر و روش استاندارد مقادیر تبخیر-تعرق پتانسیل روزانه در طی دوره آماری موجود محاسبه شد. سپس مقادیر ET_0 روزانه هر روز ژولیوسی (در ایستگاه‌های مورد نظر به تعداد دوره آماری برای هر روز ژولیوسی ET_0 روزانه وجود دارد) در مقابل مقادیر متناظر ET_0 روزانه استاندارد همان روز ژولیوسی رسم خواهد گردید. از این نمودارها برای ارزیابی نتایج معادله تجربی استفاده شد.

با رگرسیون‌گیری بین مقادیر ET_0 روزانه هر روش و مقادیر ET_0 روزانه روش استاندارد مرجع، نتایج حاصله از روش‌های مزبور مورد بررسی قرار گرفت. در ارزیابی مقادیر ET_0 روزانه محاسبه شده از روش‌های مختلف تشت ($ET_{k,i}$) نسبت به مقادیر ET_0 روزانه روش استاندارد مرجع ($ET_{0,i}$) با توجه به پارامترهای آماری میانگین خطای مطلق (MAD)، میانگین مربعات خطا (RMSE)، درصد خطا (PE) و ضریب تبیین R^2 به صورت زیر مورد بررسی قرار گرفت.

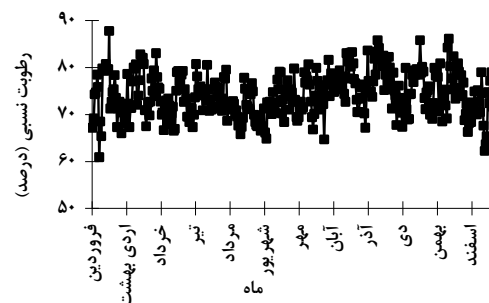
$$(V) \text{ RMSE} = \left[\frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^n \{ET_{k,i} - ET_{0,i}\}^2 \right]^{1/2}$$

$$(A) \text{ MAD} = \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^n |ET_{k,i} - ET_{0,i}|$$

$$(9) \text{ PE} = \left| \frac{ET_{k,i} - ET_{0,i}}{ET_{0,i}} \right|$$

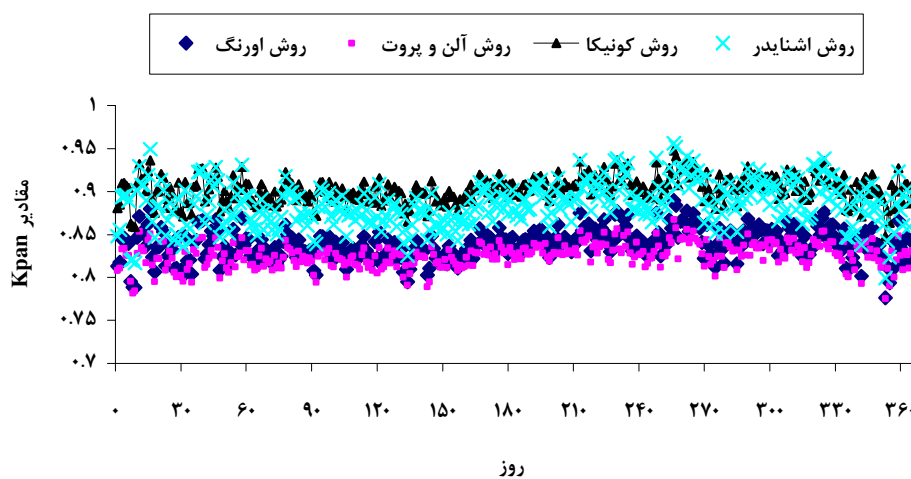


شکل ۴- میانگین روزانه سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (ایستگاه سینوپتیک ساری)



شکل ۳- میانگین روزانه رطوبت نسبی (ایستگاه سینوپتیک ساری)

مقادیر روزانه K_{pan} محاسبه شده با استفاده از معادلات ۳ تا ۶ در شکل ۵ نشان داده شده است. بر اساس داده‌های شکل مزبور مقادیر به دست آمده با معادله اشنایدر بیشترین و مقادیر به دست آمده با معادله آلن و پروت کمترین مقدار را به خود اختصاص داده‌اند.



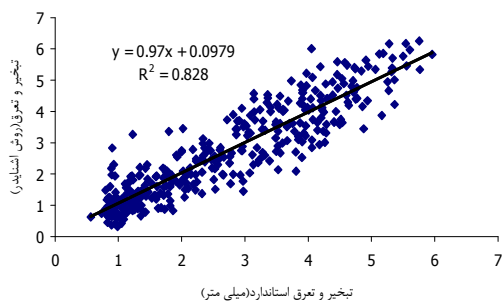
شکل ۵- مقدار روزانه K_{pan} محاسبه شده با استفاده از معادلات مختلف

کیفیت هر یک از مدل‌ها با استفاده از مقادیر PE ، MAD ، $RMSE$ و R^2 مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند. در جدول ۱ مقادیر پارامترهای ذکر شده نشان داده شده است. بر این اساس معادله اورنگ در رتبه اول، اشنایدر در رتبه دوم، کونیکا در رتبه سوم و آلن و پروت در رتبه چهارم قرار دارند. بر اساس داده‌های جدول مقادیر $RMSE$ ، MAD و PE برای معادله اورنگ به ترتیب ۰/۵۸، ۰/۴۶ و ۲۲/۹ دازای کمترین مقدار و مقدار R^2 برابر با ۸۳ درصد (برابر با دیگر روش‌ها) به دست آمده است.

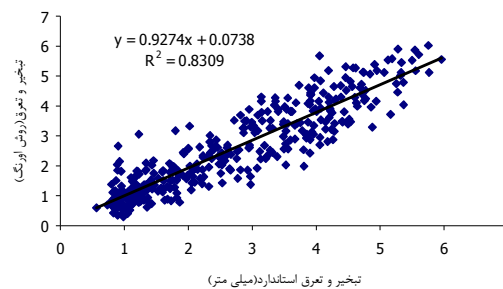
جدول ۱- بررسی کیفیت هر یک از معادلات ارائه شده جهت محاسبه K_{pan}

پارامترهای آماری خط برازش	روش اورنگ	روش اشنایدر	روش کونیکا	روش آلن و پروت
شیب خط	۰/۹۳	۰/۹۷	۱	۰/۹۲
عرض از مبدا	۰/۰۷۳۸	۰/۰۹۸	۰/۰۶۹	۰/۰۵۹
R2	۰/۸۳۱	۰/۸۲۸	۰/۸۳	۰/۸۳
RMSE	۰/۵۸	۰/۶	۰/۶۲	۰/۵۸
MAD	۰/۴۶	۰/۴۸	۰/۴۹	۰/۴۲
PE	۲۲/۹	۲۳/۸	۲۴/۱	۲۴/۴

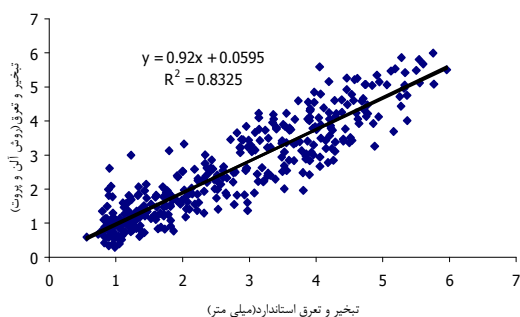
در شکل‌های ۶ تا ۹ رابطه بین مقدار ET_0 استاندارد و مقدار ET_0 تبخیر و تعرق استاندارد محاسبه شده با استفاده از معادله مقادیر مختلف K_{pan} نشان داده شده است.



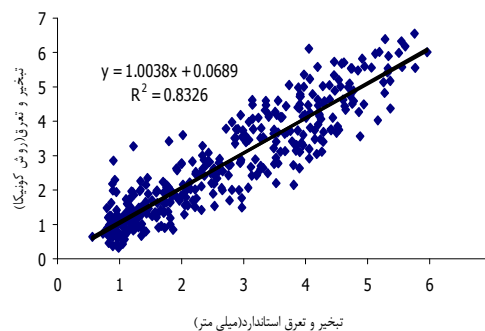
شکل ۸- رابطه بین تبخیر و تعرق استاندارد و محاسبه شده با روش اشنایدر



شکل ۶- رابطه بین تبخیر و تعرق استاندارد و محاسبه شده با روش اورنگ



شکل ۹- رابطه بین تبخیر و تعرق استاندارد و محاسبه شده با روش آلن و پروت



شکل ۷- رابطه بین تبخیر و تعرق استاندارد و محاسبه شده با روش کونیکا

در جدول ۲ مقادیر ماهانه K_{pan} محاسبه شده با استفاده از روش‌های مختلف به صورت ماهانه

ارایه گردیده است. همچنین مقادیر مذکور با بر اساس داده‌های جدول فوق و مقادیر داده‌های FAO-24 (دورنبوس و پروت، ۱۹۷۹) $RMSE$ ، MAD ، PE و R^2 داده‌های بدست آمده از مقایسه گردیدند. روش اورنگ با مقادیر ارایه شده از FAO-24 نزدیک تر می‌باشد.

جدول ۲- برآورد ماهانه ضریب تشت با استفاده از روش‌های مختلف در ایستگاه ساری

روش مورد استفاده						
ماه	اورنگ	آلن و پروت	کونیکا	اشنایدر	اشنایدر اصلاح شده	FAO-24
فروردین	۰/۶۹۹	۰/۶۹۰	۰/۷۴۶	۰/۷۹۰	۰/۶۹۱	۰/۸
اردیبهشت	۰/۶۹۸	۰/۶۹۱	۰/۷۴۶	۰/۷۸۸	۰/۶۹۱	۰/۸۵
خرداد	۰/۶۹۳	۰/۶۹۱	۰/۷۴۱	۰/۷۷۶	۰/۶۸۷	۰/۸۵
تیر	۰/۷۱۲	۰/۷۰۵	۰/۷۵۹	۰/۸۰۴	۰/۷۰۳	۰/۸۵
مرداد	۰/۶۹۷	۰/۶۹۶	۰/۷۴۶	۰/۷۸۲	۰/۶۹۱	۰/۸۵
شهریور	۰/۷۱۳	۰/۶۹۸	۰/۷۴۹	۰/۷۸۸	۰/۶۹۴	۰/۸
مهر	۰/۷۱۳	۰/۷۰۸	۰/۷۶۰	۰/۸۰۳	۰/۷۰۵	۰/۸۵
آبان	۰/۷۰۷	۰/۷۰۲	۰/۷۵۴	۰/۷۹۶	۰/۶۹۹	۰/۸
آذر	۰/۷۰۶	۰/۷۰۱	۰/۷۵۳	۰/۷۹۶	۰/۶۹۸	۰/۸۵
دی	۰/۶۵۵	۰/۶۵۰	۰/۷۰۸	۰/۷۳۵	۰/۶۵۱	۰/۸
بهمن	۰/۶۸۳	۰/۶۷۶	۰/۷۳۲	۰/۷۷۰	۰/۶۷۷	۰/۸۵
اسفند	۰/۶۸۹	۰/۶۸۶	۰/۷۳۷	۰/۷۷۲	۰/۶۸۳	۰/۸۵

نتیجه گیری کلی

داشته باشد. در ایستگاه ساری این فاصله ۵۰ متر

بوده است.

با توجه به شکل‌ها، جدول‌ها و بررسی‌های به عمل آمده می‌توان نتیجه گرفت که با تصحیح مقادیر تبخیر از تشت توسط هر یک از معادلات تجربی، می‌توان مقادیر ET_0 گیاه مرجع را برآورد نمود. لیکن باید معادله‌ای را انتخاب کرد که ET_0 قابل قبولی را برآورد نماید. در ایستگاه ساری برای محاسبه مقادیر روزانه و ماهانه ضریب تشت و در نهایت تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_0) روش اورنگ بر اساس داده‌های جدول ۱ بهترین جواب را داشته است. به نظر می‌رسد در روش اورنگ فاصله تشت از پوشش گیاهی (f) تاثیر زیادی

منابع مورد استفاده

- ✓ امیری، م.ج.، ج. عابدی کوپایی. و م. خزایی. ۱۳۸۷. بهترین روش تعیین ضریب تشت تبخیر کلاس A در تخمین تبخیر و تعرق روزانه در منطقه اصفهان. سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران. تبریز.
- ✓ شریفان، ح. و ب. قهرمان. ۱۳۸۵. بررسی و مقایسه تبخیر-تعرق برآورد شده از تشت تبخیر با مقادیر ET_0 روش استاندارد در منطقه گرگان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۳ (۵).
- ✓ موسوی، ف. و س. اخوان. ۱۳۸۶. اصول آبیاری. انتشارات کنکاش. ۴۱۵ صفحه.
- ✓ Allen, R.G., and W.O. Pruitt. 1991. FAO-24 reference evapotranspiration factors. *Journal of Irrigation and Draining Engineering*. 1175: 758- 773.
- ✓ Allen, R.G., L.S. Pereira., D. Raes., and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrig.and Drain. Paper No. 56. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome
- ✓ Cuenca, R.H. 1989. Irrigation system design: An engineering approach, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- ✓ Doorenbos, J., and W.O. Pruitt. 1977. Guidelines for prediction of crop water requirements. FAO Irrigation and Draining. Paper No. 24 (revised), Rome.
- ✓ Frevert, D.K., W. HillR., and B.C. Braaten. 1983. Estimation of FAO evapotranspiration coefficients. *Journal of Irrigation and Draining Engineering*. 109 (2): 265-270.
- ✓ Grismer, M.E., M. Orang., and S. Matyac. 2002. Pan evaporation to Evapotranspiration conversion methods. *Journal of Irrigation and Draining Engineering*. 1283: 180- 184.
- ✓ Gundekar, H.G. 2004. Evapotranspiration estimation methods and Development of crop coefficients for some crops in semi-arid region. An unpublished M.Tech Dissertation submitted to Marathwada Agricultural University Parbhani, Maharashtra, India.
- ✓ Irmak, S., D.Z. Haman., and J.W. Jones. 2002. Evaluation of class A pans coefficients fore stimating reference evapotranspiration in humid location. *Journal of Irrigation and Draining Engineering*. 1283: 153- 159.
- ✓ Jensen, M.E. 1974. Consumptive use of water and irrigation water requirements. *Irrig. Drain. Div. Rep.*, ASCE, NewYork. 89: 15- 41.
- ✓ Orang, M. 1998. Potential accuracy of the popular non-linear regression equations for estimating pan coefficient values in the original and FAO-24 tables. Unpublished California Department of Water Resources Report, Sacramento, Calif.
- ✓ Pereira, A.R., N. Villanova., A.S. Pereira., and V.A. Baebieri. 1995. A model for the class-A pan coefficient. *Agriculture and Water Management*. 76: 75- 82.
- ✓ Raghuwanshi, N.S., and W.W. Wallender. 1998. Converting from pan evaporationto evapotranspiration. *Journal of Irrigation and Draining Engineering*. 118 (6): 977- 980.
- ✓ Rahimikhoob, A. 2009. An evaluation of comman pan coefficient equations to estimate refrence evapotranspiration in a subtropical climate (north of Iran). *Irrigation Science*. 27: 289- 296.
- ✓ Snyder, R.L. 1992. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. *Journal of Irrigation and Draining Engineering*. 1186: 977- 980.