

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

داود اکبری نودهی<sup>۱</sup>

### 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-مانتیت (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-مانتیت 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-مانتیت 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 پرویت (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 ارائه شده با معادلات کونیکا (۱۹۸۹)، اشنایدر (۱۹۹۲)، اورنگ (۱۹۹۸)، راقوانشی (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):

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma [890 / (T + 273)] U_r (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 U_r)} \quad (2)$$

متری (KPa)،  $\Delta$  = شیب منحنی فشار بخار  
 $\gamma$  (KPa °C<sup>-1</sup>) = ضریب رطوبتی (KPa °C<sup>-1</sup>)  
 $G$  = شار گرما به داخل خاک (MJm<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup>)  
 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  $ET_0$  = تبخیر و تعرق گیاه  
 مرجع (mm/day)،  $R_n$  = تابش خالص در سطح پوشش گیاهی (MJm<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>)،  $T$  = متوسط دمای هوا در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (°C)،  $U_2$  = سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (ms<sup>-1</sup>)،  $e_a - e_d$  = کمبود فشار بخار در ارتفاع ۲

روش‌های محاسبه  $ET_o$  و  $K_{pan}$  (Fetch) 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 ارایه 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 ارایه 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 ارایه نمودند. معادله وی تابعی از پارامترهای قبلی بود. بعدها این معادله اصلاح گردید:

$$(۵) K_{pan} = 0.482 - [0.24 \times \ln(F)] - (0.00376 \times U_2) + (0.045 \times RH)$$

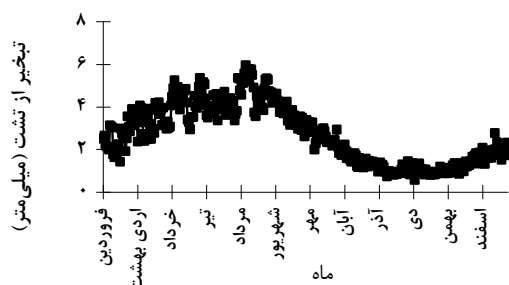
اورنگ (۱۹۹۸) یکی دیگر از محققانی بود که در زمینه برآورد ضریب تشت تحقیقاتی انجام داد. او معادله را به صورت زیر ارایه داد:

$$(۶) K_{pan} = 0.51206 - 0.0032 \times U_2 + 0.0288 \times RH + 0.3188 \times \ln(F) - 0.00107 \times RH \times \ln(F)$$

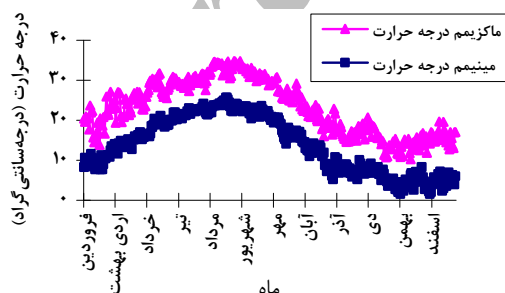
در تمام معادلات ذکر شده،  $U_2$ : میانگین روزانه سرعت باد در ارتفاع دو متری (کیلومتر در روز)،  $RH$ : میانگین روزانه رطوبت نسبی (درصد) و  $F$ : فاصله سبزی‌نگی که باد به سمت تشت می‌وزد (متر) می‌باشد. در تحقیق حاضر برای محاسبه تبخیر- تعرق گیاه مرجع از روش تشت، در ابتدا مقدار ضریب

## 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  $ET_o = E_{pan} \cdot K_{pan}$  و مقادیر روزانه تبخیر از تشت، مقدار  $ET_o$  روزانه در دوره مطالعاتی محاسبه گردید.

## مقایسه روش‌های مورد نظر با روش استاندارد

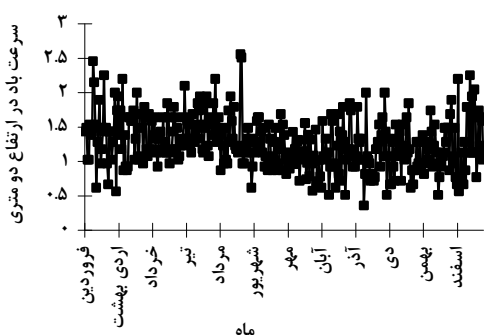
برای هر یک از روش‌های مورد نظر و روش استاندارد مقادیر تبخیر-تعرق پتانسیل روزانه در طی دوره آماری موجود محاسبه شد. سپس مقادیر  $ET_o$  روزانه هر روز ژولیوسی (در ایستگاه‌های مورد نظر به تعداد دوره آماری برای هر روز ژولیوسی  $ET_o$  روزانه وجود دارد) در مقابل مقادیر متناظر  $ET_o$  روزانه استاندارد همان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

با رگرسیون‌گیری بین مقادیر  $ET_o$  روزانه هر روش و مقادیر  $ET_o$  روزانه روش استاندارد مرجع، نتایج حاصله از روش‌های مزبور مورد بررسی قرار گرفت. در ارزیابی مقادیر  $ET_o$  روزانه محاسبه شده از روش‌های مختلف تشت ( $ET_{k,i}$ ) نسبت به مقادیر  $ET_o$  روزانه روش استاندارد مرجع ( $ET_{o,i}$ ) 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.

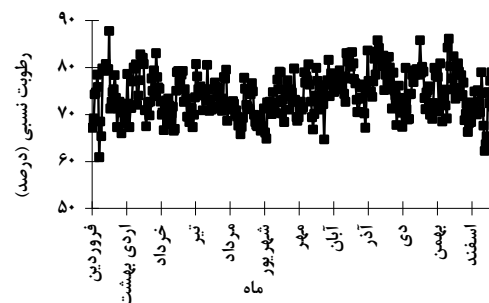
$$(V) \text{ RMSE} = \left[ \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^n \{ET_{k,i} - ET_{o,i}\}^2 \right]^{1/2}$$

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

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



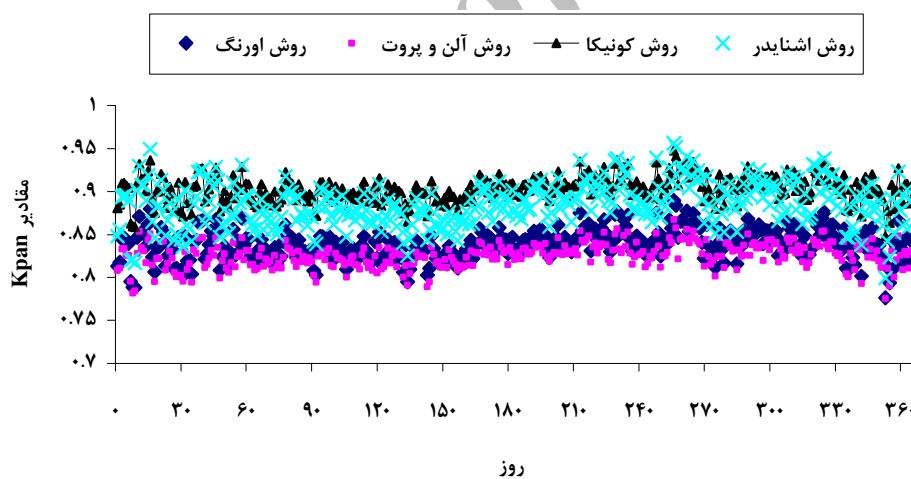
شکل ۴- میانگین روزانه سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (ایستگاه سینوپتیک ساری)



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

با معادله اشنایدر بیشترین و مقادیر به دست آمده با معادله آلن و پروت کمترین مقدار را به خود اختصاص داده‌اند.

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



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

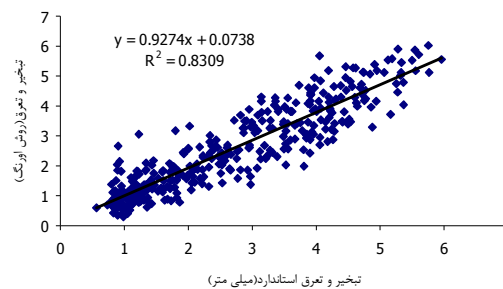
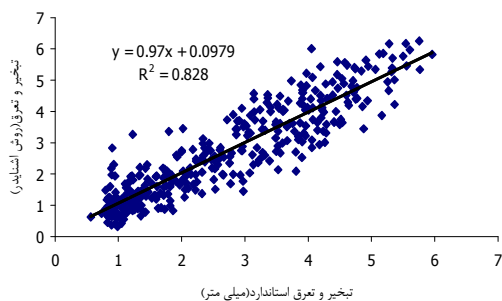
سوم و آلن و پروت در رتبه چهارم قرار دارند. بر اساس داده‌های جدول مقادیر RMSE، MAD، PE و برای معادله اورنگ به ترتیب ۰/۵۸، ۰/۴۶ و ۲۲/۹ دارای کمترین مقدار و مقدار  $R^2$  برابر با ۸۳ درصد (برابر با دیگر روش‌ها) به دست آمده است.

کیفیت هر یک از مدل‌ها با استفاده از مقادیر RMSE، MAD، PE 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

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

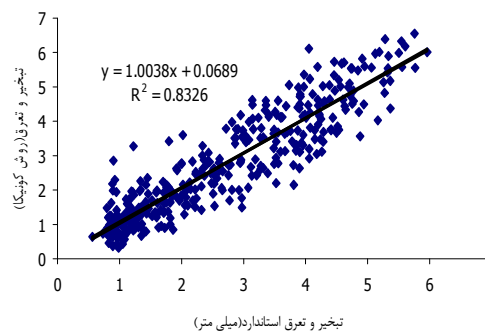
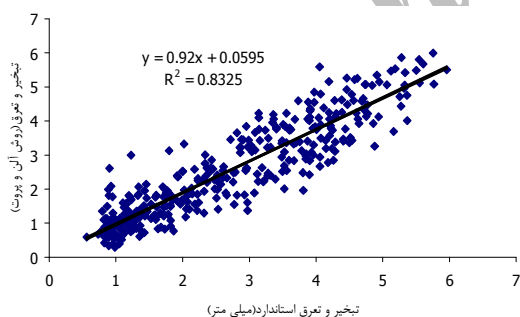
پارامترهای آماری خط برازش	روش اورنگ	روش اشنایدر	روش کونیکا	روش آلن و پروت
شیب خط	۰/۹۳	۰/۹۷	۱	۰/۹۲
عرض از مبدا	۰/۰۷۳۸	۰/۰۹۸	۰/۰۶۹	۰/۰۵۹
R2	۰/۸۳۱	۰/۸۲۸	۰/۸۳	۰/۸۳
RMSE	۰/۵۸	۰/۶	۰/۶۲	۰/۵۸
MAD	۰/۴۶	۰/۴۸	۰/۴۹	۰/۴۲
PE	۲۲/۹	۲۳/۸	۲۴/۱	۲۴/۴

در شکل های ۶ تا ۹ رابطه بین مقدار  $ET_0$  استاندارد و مقدار  $ET_0$  به دست آمده 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 روش های 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 evaporation to 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.