

# ارزیابی روش‌های مختلف تعیین ضریب تشتک تبخیر کلاس A جهت تخمین تبخیر - تعرق روزانه در

## منطقه اسلام آبادغرب

امیرحسین ناظمی<sup>۱</sup>، محمدامین پرندین<sup>۲\*</sup>، سیدعلی اشرف صدرالدینی<sup>۱</sup>

۱- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز [amin\\_parandin@yahoo.com](mailto:amin_parandin@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۱۷

### چکیده

انرژی گرمایی موجود در محیط، موجب تبخیر آب موجود در آبکره می‌شود و این عمل تا اشباع هوا از بخار آب ادامه می‌یابد. تبخیر ممکن است از سطوح آزاد آب، از سطح مرطوب خاک و یا به صورت تعرق از سطح گیاهان صورت گیرد. یک روش رایج در تخمین تبخیر-تعرق مرجع ( $ET_0$ ) استفاده از تشتک کلاس A می‌باشد که در این حالت  $ET_0$  از حاصلضرب تبخیر از تشتک کلاس A در ضریب تشتک ( $K_p$ ) بدست می‌آید. تغییرات ضریب تشتک بستگی به موقعیت قرارگیری آن و شرایط آب و هوایی دارد. چندین روش برای تخمین ضریب تشتک تبخیر وجود دارد که در تمام آنها از میانگین داده‌های روزانه سرعت باد ( $U$ )، رطوبت نسبی ( $H$ ) و طول پوشش ( $F$ ) استفاده می‌گردد. هدف از انجام این تحقیق یافتن بهترین روش محاسبه ضریب تشتک تبخیر در منطقه اسلام آبادغرب، در میان روابط تجربی دورنبوس و پروئیت، مدل کوئکا، مدل آلن و پروت، مدل اشنایدر، مدل پیرا و همکاران، مدل اورنگ و مدل فائو ۵۶ (آلن و همکاران) با توجه به داده‌های هواشناسی ایستگاه اسلام آبادغرب و مقایسه آنها با مقادیر  $K_p$  حاصله از تقسیم  $ET_0$  بر تبخیر اندازه-گیری شده می‌باشد. مقادیر  $ET_0$  از داده‌های لایسیمتری در سال ۱۳۹۵ استخراج شده است. نتایج نشان داد روش اورنگ با جذر میانگین مربعات اختلاف ۰/۰۰۸، راندمان یا کارایی با مقدار ۰/۹۸ و میانگین درصد خطای (۰/۰۰۳) بسیار کمتر نسبت به سایر روش‌ها برتری دارد و ضریب تبیین (۰/۹۸) نیز که یکی از مهمترین شاخص‌های آماری است نشان دهنده مناسب بودن روش اورنگ می‌باشد.

کلمات کلیدی: اسلام آبادغرب، تشتک تبخیر کلاس A، روش اورنگ، ضریب تبیین، ضریب تشتک

هرچند اهمیت آب برای همگان بسیار روشن است ولی هنگامی که آگاهی می‌یابیم عامل هرگونه توسعه در نقاط مختلف جهان در رابطه با آب بوده و در بسیاری موارد نیز آب عامل محدودکننده توسعه و تمدن است و حتی نقش سیاسی مهمی در پهنه گیتی دارد اهمیت آن، بیشتر درک می‌شود. برنامه‌ریزی آبیاری به منظور به روز کردن بیلان آب خاک و پیش بینی مصرف آینده آب بر پایه محاسبه یا اندازه‌گیری مقدار تبخیر و تعرق بنا شده است تا توسط آن بتوان زمان رسیدن به حد مجاز تخلیه را پیش بینی کرد. تبخیر ممکن است از سطوح آزاد آب، از سطح مرطوب خاک و یا به صورت تعرق از سطح گیاهان صورت گیرد عوامل موثر بر تبخیر زیاد است که از جمله می‌توان به تابش خورشید، رطوبت نسبی، سرعت باد، شوری آب و سطح تبخیر اشاره کرد. فرایند تبخیر- تعرق یکی از اجزای سیکل هیدرولوژی بوده و تعیین مقادیر صحیح آن برای بسیاری از مطالعات نظیر برآورد آب مورد نیاز گیاهان، توازن هیدرولوژیکی آب، طراحی و مدیریت سیستم‌های آبیاری، ساختمان‌های انتقال و ذخیره آب، شبیه‌سازی میزان محصول و طراحی و مدیریت منابع آب از درجه اول اهمیت برخوردار است (شایان نژاد، ۱۳۸۵).

تبخیر- تعرق مرجع ( $ET_0$ ) یکی از اجزای ضروری برای استفاده در طرح‌های تامین آب و همچنین برنامه ریزی آبیاری است، تبخیر- تعرق گیاه ( $ET_c$ ) با ضرب  $ET_0$  در

ضریب گیاهی ( $K_c$ ) بدست می‌آید (اشنایدر، ۱۹۹۲). یک روش رایج در تخمین  $ET_0$  استفاده از تشتک کلاس A می‌باشد که در این حالت  $ET_0$  از حاصلضرب تبخیر از تشتک کلاس A در ضریب تشتک ( $K_p$ ) بدست می‌آید. تغییرات ضریب تشتک بستگی به موقعیت قرارگیری آن و شرایط آب و هوایی دارد که توسط دورنبوس و پروئیت (۱۹۷۷) و آلن و همکاران (۱۹۹۸) بیان شده است. دورنبوس و پروئیت (۱۹۷۷) جدولی را جهت تعیین ضریب تشتک تبخیر که از ۰/۴ تا ۰/۸۵ بسته به نوع پوشش گیاهی اطراف تشتک تبخیر و سایر متغیرهای هواشناسی متغیر می‌باشد، ارائه نمودند. گرچه بوسیله ایستگاه‌های اتوماتیک هواشناسی و امکانات کامپیوتری به راحتی می‌توان میزان تبخیر از تشتک کلاس A ( $EC_a$ ) و تبخیر- تعرق مرجع را محاسبه و از نسبت آنها ضریب تشتک تبخیر را تعیین نمود، ولی عدم وجود ایستگاه‌های اتوماتیک هواشناسی امکان این کار را از بین می‌برد. به منظور جل این مشکل کوئنکا<sup>۱</sup> در سال ۱۹۸۹ یک معادله چند جمله‌ای را برای پیش‌بینی ضریب تشتک- تبخیر با استفاده از پارامترهای U، H و F پیشنهاد کرد (دورنبوس، ۱۹۷۷). براساس نظر اشنایدر (۱۹۹۲) معادله پیشنهادی توسط کوئنکا (۱۹۷۷) رابطه‌ای پیچیده می‌باشد و در برخی از موارد جواب‌ها بسیار متفاوت با داده‌های اصلی ارائه شده توسط دورنبوس و پروئیت (۱۹۷۷) می‌باشد.

<sup>1</sup> Cuenca

شنايدر معادله ديگري را براي پيش‌بيني ضريب تشتك با استفاده از متغيرهاي مشابه بر مبنای رگرسيون خطی پیشنهاد کرد. پس از آن پيريرا و همکاران (۱۹۹۵) مدلی برای تعيين ضريب تشتك که بر اساس رابطه بين  $ET_0$  و  $EC_a$  پایه-گذاري شده بود و هردو از معادله پنمن-مانتيث تخمين زده شده بود ارائه کردند که ماکزيمم مقدار ضريب تشتك برابر با  $0/85$  به دست آمد. در نشریه فائو ۵۶، آلن و همکاران (۱۹۹۸) یک معادله رگرسيونی ديگر را از داده‌های دورنيوس و پروئيت به دست آوردند اما آنها مشاهده کردند که بکارگيري اين معادله به تنهایی برای در نظر گرفتن تمامی پارامترهای موثر بر ضريب تشتك کافی نمی‌باشد و اصلاحات منطقه‌ای مورد نیاز است، به همین دليل یک ضريب کالیبراسيون مناسب در مورد  $EC_a$  در برابر  $ET_0$  اندازه‌گيري شده توسط لایسيومتر و یا محاسبه شده بوسیله روش پنمن-مانتيث توسط کوئنکا در سال ۲۰۰۲ ارائه شد (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). اکبری نودهی (۱۳۸۹) تحقیقی با عنوان برآورد ضريب تشتك تبخیر به منظور محاسبه تبخیر-تعرق (مطالعه موردی: ایستگاه سینوپتیک ساری) انجام داد. 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 تشتك تبخیر محاسبه و با روش استاندارد مقایسه گردید. برای محاسبه  $ET_0$  با استفاده از داده‌های تشتك تبخیر باید مقدار تبخیر از تشتك ( $E_p$ ) را در ضريب تشتك ( $K_p$ ) ضرب کرد. در این تحقیق با استفاده از ۵ روش کونیکا، آلن-پروت، شنايدر، شنايدر اصلاح شده و اورنگ مقادیر ضريب تشتك که تابعی از سرعت باد، رطوبت نسبی و فاصله پوشش گیاهی از تشتك می‌باشد به صورت روزانه محاسبه و در تبخیر از تشتك ضرب تا مقدار  $ET_0$  به دست آمد. بررسی‌های رگرسيونی و محاسبه  $ET_0$  با استفاده

از داده‌های تشتك تبخیر باید مقدار تبخیر از تشتك را در ضريب تشتك ( $K_p$ ) ضرب نمود. در این تحقیق با استفاده از ۴ روش آلن و پروت، شنايدر، کوئنکا و اورنگ مقادیر ضريب تشتك که تابعی از سرعت باد، رطوبت نسبی و فاصله پوشش‌های گیاهی از تشتك می‌باشد به صورت روزانه محاسبه و در تبخیر از تشتك ضرب تا مقدار  $ET_0$  بدست آمد. بررسی‌های رگرسيونی و آماری نشان داد که برای محاسبه مقادیر  $ET_0$  روزانه و ماهانه در ایستگاه ساری روش اورنگ مناسب می‌باشد. قمرنیا و همکاران (۱۳۹۱) تحقیقی با عنوان مقایسه روش‌های برآورد ضريب تشتك تبخیر به منظور محاسبه تبخیر-تعرق گیاه مرجع (مطالعه موردی: ایستگاه سینوپتیک زنجان) انجام دادند. در این تحقیق با استفاده از داده‌های روزانه ایستگاه سینوپتیک زنجان، مقادیر  $ET_0$  روزانه با روش استاندارد محاسبه و سپس با استفاده از داده‌های تشتك تبخیر مقادیر  $ET_0$  محاسبه و با روش استاندارد مقایسه گردید. برای محاسبه  $ET_0$  با استفاده از داده‌های تشتك تبخیر باید مقدار تبخیر از تشتك ( $E_p$ ) را در ضريب تشتك ( $K_p$ ) ضرب کرد. در این تحقیق با استفاده از ۵ روش کونیکا، آلن-پروت، شنايدر، شنايدر اصلاح شده و اورنگ مقادیر ضريب تشتك که تابعی از سرعت باد، رطوبت نسبی و فاصله پوشش گیاهی از تشتك می‌باشد به صورت روزانه محاسبه و در تبخیر از تشتك ضرب تا مقدار  $ET_0$  به دست آمد. بررسی‌های رگرسيونی و

آماري نشان داد که برای محاسبه مقادير  $ET_0$  روزانه و ماهانه در ایستگاه سینوپتیک زنجان روش اورنگ مناسب است. یزدانی و همکاران (۱۳۹۰) تحقیقی با عنوان تعیین بهترین مدل محاسبه ضریب تشک در منطقه آمل برپایه آنالیز حساسیت انجام دادند. در این تحقیق با ضرب داده‌های چهارده ساله (۲۰۰۷-۱۹۹۴) تشک تبخیر ایستگاه هواشناسی آمل در مقادیر محاسبه شده ضریب تشک از طریق معادلات گوناگون نظیر کوئنکا<sup>۲</sup>، آلن پروت<sup>۳</sup>، اشنايدر<sup>۴</sup>، اشنايدر اصلاح شده<sup>۵</sup>، اورنگ<sup>۶</sup> و فائو (FAO) مقادير  $ET_0$  محاسبه شد و نتایج آن با مقادير محاسبه شده از روش پنمن مانیت فائو مقایسه گردید. سپس حساسیت مدل‌های فوق با ایجاد  $\pm 10$ ،  $\pm 20$  و  $\pm 30$  درصد تغییر در پارامترهای ورودی سرعت باد و رطوبت نسبی مورد بررسی قرار گرفت. بررسی‌ها نشان داد که برای محاسبه  $ET_0$  روزانه از داده‌های تبخیر از تشک به ترتیب روش‌های کوئنکا، اشنايدر، آلن پروت و اورنگ پیشنهاد گردید. برای محاسبه ضریب تشک در دوره‌های ۱۰ روزه می‌توان به ترتیب از روش‌های کوئنکا، اشنايدر و آلن پروت استفاده نمود. بررسی‌ها نشان داد که برای تعیین  $ET_0$  ماهانه از داده‌های تبخیر از تشک به ترتیب روش‌های اشنايدر، کوئنکا و آلن پروت مناسب تر بود.

<sup>2</sup> Cuenca

<sup>3</sup> Allen and Pruitt

<sup>4</sup> Snyder

<sup>5</sup> Modified Snyder

<sup>6</sup> Orang

نتایج تحلیل حساسیت نشان داد که حساسیت روش‌های اورنگ، آلن پروت و اشنايدر اصلاح شده نسبت به تغییرات پارامترهای ورودی کمتر از سایر روش‌ها است. با استناد به نتایج آماری و تحلیل حساسیت از بین روش‌های فوق مدل‌های آلن پروت و اشنايدر اصلاح شده برای برآورد ضریب تشک در منطقه آمل و سایر مناطق دارای اقلیم یکسان با آن منطقه مناسب بود. حسین زاده طلائى و همکاران (۱۳۸۸) در تحقیقی با عنوان سنجش مناسب‌ترین ضریب تشک تبخیرسنج کلاس A در برآورد تبخیر- تعرق پتانسیل در شیراز انجام دادند. در این مقاله از سه روش کیونکا (۱۹۸۹)، اشنايدر (۱۹۹۲)، فائو ۵۶ (آلن و همکاران (۱۹۹۸) برای بدست آوردن  $K_p$  در شهر شیراز استفاده گردید. بدین منظور از یک دوره آماری ۱۰ ساله (۱۳۷۴-۱۳۷۵) ایستگاه سینوپتیک شیراز استفاده شد. ضریب  $K_p$  برای دوره‌های فصلی و ماهانه به روش‌های فوق محاسبه و با ضرب در مقادير تبخیر از تشک کلاس A، مقدار تبخیر- تعرق مرجع منطقه برآورد گردید. بررسی‌های رگرسیونی و آماری نشان داد که از روش کیونکا برای برآورد مقادير  $ET_0$  ماهانه و روش اشنايدر برای تخمین مقدار  $ET_0$  فصلی می‌توان استفاده نمود. از تقسیم مقادير تبخیر- تعرق مرجع به مقادير تبخیر از تشک کلاس A، مقادير ثابت  $K_p$  در فصل بهار ۰/۶۴، فصل تابستان ۰/۷۲ بدست آمد. کابوسی (۱۳۹۰) تحقیقی با عنوان برآورد ضریب تشک تبخیر با

استفاده از داده‌های تشتک و مقایسه آن با روابط تجربی انجام داد. تحقیق مذکور با هدف محاسبه  $(Kp)$  ایستگاه سینوپتیک گرگان در استان گلستان با استفاده از داده‌های تشتک و همچنین برآورد آن با ۷ روش تجربی شامل روش اشنایدر، کوئنکا، اشنایدر اصلاح شده، پیرا و همکاران، اورنگ، آلن و همکاران، عبدل واحد و اشنایدر و مقایسه اینها با یکدیگر صورت گرفته است. در این تحقیق  $ET_0$  براساس دستورالعمل نشریه شماره ۵۶ فائو با استفاده از نرم افزار Microsoft Excel محاسبه گردیده و با خروجی نرم افزار CROPWAT8 نیز مقایسه و تأیید گردید. نتایج نشان داد که به دلیل خطای زیاد در قرائت و ثبت مقادیر روزانه تبخیر از تشتک،  $(Kp)$  بیشتر از یک می‌باشد. این در حالی است که مقدار این ضریب برای شرایط مختلف بین  $0/35$  تا  $0/5$  گزارش شده است و ۷ روش فوق نیز مقدار  $(Kp)$  را در ایستگاه مورد بررسی بین  $0/45$  تا  $0/95$  برآورد می‌کنند.  $(Kp)$  در ماههای پرباران سال اغلب بیشتر از یک به دست آمد. بررسی‌ها نشان داد که در بسیاری از موارد دیده بان ایستگاه مقدار بارندگی را به میزان کاهش سطح آب تشتک در اثر تبخیر اضافه نکرده است. این امر موجب گردیده است که مقدار تبخیر کمتر از حد واقعی ثبت شده و در نتیجه مقدار  $(Kp)$  بیشتر از حد واقعی آن برآورد گردد. در مجموع می‌توان نتیجه‌گیری نمود که استفاده از داده‌های روزانه تشتک تبخیر جهت برآورد  $ET_0$  به دلیل خطای زیاد

در ثبت داده‌های تبخیر توصیه نمی‌گردد. در عین حال هر چه دوره زمانی محاسبات بزرگتر باشد، خطای مثبت و منفی یکدیگر را پوشش داده و در نتیجه  $(Kp)$  منطقی‌تر می‌گردد و می‌توان اظهار داشت که برآورد  $ET_0$  به روش تشتک دقیق‌تر خواهد بود. نتایج نشان می‌دهد که استفاده از معادله‌های تجربی جهت برآورد  $(Kp)$  و نهایتاً محاسبه  $ET_0$  منجر به کم برآوردی این پارامتر نسبت به روش استاندارد FPM می‌گردد. در عین حال روش اشنایدر (۱۹۹۲) نزدیکی بیشتری با  $(Kp)$  حاصل از داده‌های تشتک نشان داد. امیری و همکاران (۱۳۸۷) تحقیقی با عنوان بهترین روش تعیین ضریب تشتک تبخیر کلاس A در تخمین تبخیر- تعرق روزانه در منطقه اصفهان انجام دادند. در این تحقیق روش‌های دورنبوس و پروئیت، کوئنکا، اشنایدر، پیرا و همکاران، فائو ۵۶ در تعیین مقدار  $Kp$  مورد بررسی قرار گرفت و مقادیر ضریب تشتک تخمین زده شده توسط روش‌های فوق و مقادیر بدست آمده از طریق رابطه بین تبخیر بدست آمده از طریق فرمول پنمن-مانتیث و تبخیر از تشتک کلاس A از طریق آنالیز رگرسیون مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان داد بهترین روش محاسبه ضریب تشتک در تخمین تبخیر- تعرق روزانه به ترتیب معادله پیرا و همکاران (۱۹۹۵) و دورنبوس و پروئیت (۱۹۷۷) می‌باشد استفاده از ضریب ثابت دارای بالاترین دقت در بین روش‌ها می‌باشد. به کار بردن ضریب ثابت که از رابطه بین تبخیر از

تشتک و تبخیر محاسبه شده با استفاده از داده‌های هواشناسی برای محل آزمایش بدست می‌آید، یک روش آسان و عملی در تبدیل تبخیر از تشتک کلاس A به تبخیر- تعرق روزانه می‌باشد اما این مقدار باید برای هر منطقه تحت شرایط آب و هوایی مختلف کالیبره شود.

سبزی پرور و شادمانی (۱۳۹۱) تحقیقی با عنوان مقایسه ضرایب تشتک برآورد شده با استفاده از روش‌های تجربی، شبکه عصبی مصنوعی و عصبی- فازی در برآورد تبخیر- تعرق گیاه مرجع انجام دادند. در این تحقیق کارایی روش‌های متفاوت تجربی (کوینکا، اشناپدر، اورنگ، آلن و پرویت، مدل راگووانشی و والندر، اشناپدر اصلاح شده، پیرا) در مقایسه با شبکه عصبی مصنوعی (ANN) و سامانه استنتاج عصبی- فازی تطبیقی (ANFIS) در برآورد ضریب تشتک کلاس A و تبخیر- تعرق گیاه مرجع، در یک اقلیم گرم و خشک مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور از آمار ۱۰ ساله مربوط به اندازه‌گیری روزانه تبخیر از تشتک استفاده شد. با توجه به کمبود داده‌های لایسیمتری، به منظور محاسبه میزان تبخیر- تعرق مرجع، از روش استاندارد پنمن مانتیت- فائو ۵۶ استفاده شد. در دو روش شبکه عصبی مصنوعی و عصبی- فازی مقادیر سرعت باد، رطوبت نسبی هوا و طول سبزیگی، در حکم متغیرهای ورودی و ضریب تشتک که با استفاده از روش پنمن مانتیت- فائو ۵۶ محاسبه شده بود، در حکم متغیر خروجی به کار گرفته شد. برای ارزیابی کارایی هریک از

روش‌های به کار رفته از ضریب تبیین، جذرمیانگین مربعات خطا و میانگین خطای مطلق استفاده شد. نتایج این تحقیق روشن ساخت که روش عصبی- فازی (ANFIS) نسبت به روش‌های دیگر نتایج بهتری در برآورد ضریب تشتک و تبخیر- تعرق مرجع به دست می‌دهد. از بین روش‌های تجربی برآورد ضریب تشتک، روش‌های کوینکا و اشناپدر بعد از روش‌های شبکه عصبی در برآورد ضریب تشتک در اقلیم‌های گرم و خشک توصیه می‌شود. در روش تشتک تبخیر، مقدار تبخیر- تعرق مرجع ( $ET_0$ ) با ضرب کردن ضریب تشتک در مقدار تبخیر از تشتک برآورد می‌گردد. نیاز به پارامترهای متعدد هواشناسی (از قبیل رطوبت نسبی و سرعت باد) برای محاسبه ضریب تشتک یکی از عوامل محدود کننده استفاده از این روش در برآورد تبخیر- تعرق می‌باشد. در شرایطی که این فراسنج‌های هواشناسی در دسترس باشند، استفاده از روش‌های دیگر جهت برآورد  $ET_0$  برتری دارد. احمدی و فرهادی (۱۳۹۰) مطالعه‌ای انجام دادند که هدف از آن، تعیین مقادیر ثابت ماهانه و فصلی ضریب تشتک در بخش‌های مختلف استان کرمانشاه بود. در این مطالعه تغییرات زمانی و مکانی ضریب تشتک با استفاده از آمار روزانه هواشناسی (۲۰۰۹-۲۰۰۰) چهار ایستگاه هواشناسی سینوپتیک در استان کرمانشاه مورد بررسی قرار- گرفت. نتایج نشان داد که مقدار ضریب تشتک فصلی در تابستان کمترین مقدار و در پاییز و بهار مقادیر بالاتری را

در تحقیق دیگری گاندکار و همکاران (۲۰۰۸)، در کشور هند با استفاده از مدل‌های ضریب تشتک، مقدار تبخیر- تعرق را برآورد کردند. نتایج به دست آمده روشن ساخت که مدل اشنایدر بهترین مدل برای برآورد تبخیر- تعرق در مناطق مورد بررسی با اقلیم نیمه خشک هند است.

هدف از انجام این تحقیق یافتن بهترین روش محاسبه ضریب تشتک تبخیر در منطقه اسلام آبادغرب، در میان روابط تجربی متعدد بیان شده است تا بوسیله آن بتوان تخمین دقیق‌تری برای میزان تبخیر- تعرق روزانه جهت محاسبه نیازی گیاهان مختلف داشت. از این رو با توجه به داده‌های هواشناسی ایستگاه اسلام آبادغرب، مقادیر ضریب تشتک تبخیر برای ماه‌های مختلف با ۷ روش دورنبوس و پرویت (۱۹۷۷)، مدل کوئیکا (۱۹۸۹)، مدل آلن و پروت (۱۹۹۱)، مدل اشنایدر (۱۹۹۲)، مدل پیرا و همکاران (۱۹۹۵)، مدل اورنگ (۱۹۹۸) و مدل فائو ۵۶ (آلن و همکاران (۱۹۹۸) محاسبه و با مقادیر  $K_p$  حاصله از تقسیم  $ET_0$  بر  $EC_a$  مقایسه و نزدیک ترین نتایج بعنوان بهترین روش محاسبه ضریب تشتک در منطقه انتخاب می‌گردد.

### مواد و روش‌ها

برای ارزیابی روش‌های مختلف استفاده شده در تخمین و تعیین ضریب تشتک در طول سال، داده‌هایی شامل دمای هوا، رطوبت نسبی و سرعت باد در ارتفاع ۲ متری مربوط به ایستگاه هواشناسی سینوپتیک اسلام آباد غرب واقع در طول

دارد. ضمناً نتایج بیانگر این بود که مقدار ضریب تشتک با ارتفاع از سطح دریا رابطه معکوس دارد. ضرایب روزانه و ماهانه تشتک تبخیر به دست آمده برای ایستگاه کرمانشاه با ضرایب به دست آمده با روش ارائه شده توسط سازمان خواروبار و کشاورزی جهانی (FAO) مورد مقایسه قرار گرفت. علیرغم اینکه همبستگی بین نتایج روزانه بالا نبود ولی ضرایب ماهانه همبستگی بالایی داشتند. شریفیان و - قهرمان (۱۳۸۵) با استفاده از داده‌های تشتک تبخیر ایستگاه هواشناسی گرگان، مقادیر  $ET_0$  را محاسبه و نتایج آن را با مقادیر  $ET_0$  روش PMF-56 مقایسه کردند. آنها با استفاده از نتایج بررسی‌های رگرسیونی و آماری به این نتیجه رسیدند که از روش اورنگ و اشنایدر اصلاح شده برای برآورد مقادیر تبخیر- تعرق روزانه، روش کوئیکا، اشنایدر اصلاح شده، آلن-پرویت برای تخمین مقادیر تبخیر- تعرق ده‌روزه و برای محاسبه تبخیر- تعرق ماهانه روش‌های اشنایدر اصلاح شده و کوئیکا در منطقه مورد بررسی و سایر مناطقی که دارای این اقلیم هستند، می‌توان استفاده کرد. همچنین ایرماک و همکاران (۲۰۰۲)، در منطقه- ای با اقلیم مرطوب، با به کارگیری روابط ضریب تشتک پیشنهاد شده فورت و همکاران (۱۹۸۳) و اشنایدر (۱۹۹۲) اقدام به برآورد ضریب تشتک و تبخیر- تعرق کردند. آنها روشن ساختند که نتایج حاصل از رابطه فورت و همکاران (۱۹۸۳) به نتایج برآورد روش PMF-56 نزدیک‌تر است.

جغرافیائی ۴۸ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیائی

۳۴ درجه و ۷ دقیقه شمالی استفاده گردید. جدول (۱) میانگین

آمار و اطلاعات هواشناسی ۳۰ ساله ایستگاه مذکور می باشد.

جدول (۱) میانگین آمار و اطلاعات هواشناسی ۳۰ ساله اسلام آبادغرب استفاده شده در برآورد تبخیر - تفرق

شرح	واحد	ماههای مختلف سال											
		فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
متوسط دما	c	۱۰/۷۷	۱۵/۴۶	۲۱/۵۷	۲۶/۶	۲۷/۱	۲۳/۲۲	۱۷/۳۶	۱۰/۴۲	۴/۸۵	۱/۵۸	۱/۵۲	۵/۶۸
حداکثر مطلق دما	c	۲۵	۳۰	۳۶/۰۸	۳۹/۹	۳۹/۸۶	۳۷/۷۸	۳۲/۲۹	۲۵/۲۸	۱۷/۹۸	۱۴/۱۵	۱۴/۵۵	۱۹/۹۷
حداقل مطلق دما	c	۳/۷۹-	۰/۸۶-	۵/۵۲	۹/۹۱	۱۲/۲۳	۶/۹۷	۳/۹۸	۲/۴۴-	۸/۱۴-	۱۱/۸۱-	۱۲/۴۶	۱۰/۶۱-
متوسط رطوبت نسبی	%	۵۸/۸۳	۵۳/۵۵	۳۸/۱۷	۲۸/۶۷	۲۷/۵	۲۹/۳۱	۳۸/۴۸	۵۹/۵۲	۶۵/۱	۷۱/۹۷	۷۱/۰۷	۶۳/۳۱
بیشترین رطوبت نسبی	%	۸۳/۱۴	۷۷/۷۶	۶۰/۳۴	۴۴/۷۹	۴۳/۲۱	۴۵/۵۵	۵۷/۹۳	۸۲/۲۱	۸۸/۹۷	۹۱/۳۸	۹۱/۶۹	۸۸/۰۷
کمترین رطوبت نسبی	%	۳۳/۸۳	۲۹/۶۲	۱۵/۹۷	۱۲/۶۹	۱۲	۱۲/۸۶	۱۸/۸۶	۳۶/۸۳	۴۵/۵۲	۵۲/۳۸	۵۰/۴۸	۳۷/۹۳
سرعت باد غالب	mps	۴/۴۲	۴/۳	۴/۳۶	۴/۴	۴/۵۲	۴/۳۹	۴/۲۸	۳/۶۲	۳/۳۹	۳/۴	۳/۵۵	۴/۰۷

### (۱) جدول دورنبوس و پرویت (۱۹۷۷):

مقادیر مربوط به این روش که به میزان رطوبت و سرعت

باد بستگی دارد، در جدول (۲) آمده است

### (۲) مدل کونکا (۱۹۸۹):

[۱]:

$$Kp = 0.475 - 2.4 * 10^{-4}U + 5.16 * 10^{-3}H + 1.18 * 10^{-3}F - 1.6 * 10^{-5}H^2 - 1.01 * 10^{-6}F^2 - 8 * 10^{-9}H^2U - 1 * 10^{-8}H^2F$$

برحسب درصد،  $F$  = فاصله تشتک از پوشش گیاهی که در

این مطالعه ۳۰ متر در نظر گرفته می شود است.

### (۳) مدل آلن و پروت (۱۹۹۱):

$$\ln HKp = 0.108 - 3.31 * 10^{-4}U + 0.0422 \ln F + 0.1434 \ln H - 0.000631 (\ln F)^2 \quad [2]$$

مقدار ضریب تشتک تبخیر توسط رابطه بین  $ET_0$  بدست

آمده از داده های لایسیمتری ایستگاه و  $EC_A$  بدست آمده از

تشتک کلاس A محاسبه و همچنین توسط روش های زیر

تخمین زده شد و مورد مقایسه قرار گرفت.

در رابطه فوق  $U$  = میانگین روزانه سرعت باد در ارتفاع ۲

متری ( $km/day$ )،  $H$  = میانگین روزانه رطوبت نسبی



جدول (۲) ضریب تشتک تبخیر کلاس A (دو نوع)، برای پوشش های گیاهی و سطوح مختلف میانگین رطوبت نسبی و باد

در یک دوره ۲۴ ساعته (دورنیوس و پروئیت (۱۹۷۷))

تشتک کلاس A	Case A: تشتک روی سطحی از علفهای با ارتفاع کوتاه گذاشته شده				Case B: تشتک روی سطحی از زمین بایر گذاشته شده				
	RH%	Low(<40)	Medium(40-70)	high(>70)	Low(<40)	Medium(40-70)	high(>70)		
سرعت باد mps	Windward side distance of green crop (m)					Windward side distance of green crop (m)			
	۱	۰/۵۵	۰/۶۵	۰/۷۵	۱	۰/۷	۰/۸	۰/۸۵	
	۱۰	۰/۶۵	۰/۷۵	۰/۸۵	۱۰	۰/۶	۰/۷	۰/۸	
	۱۰۰	۰/۷	۰/۸	۰/۸۵	۱۰۰	۰/۵۵	۰/۶۵	۰/۷۵	
	۱۰۰۰	۰/۷۵	۰/۸۵	۰/۸۵	۱۰۰۰	۰/۵	۰/۶	۰/۷	
	۱	۰/۵	۰/۶	۰/۶۵	۱	۰/۶۵	۰/۷۵	۰/۸	
	۱۰	۰/۶	۰/۷	۰/۷۵	۱۰	۰/۵۵	۰/۶۵	۰/۷	
	۱۰۰	۰/۶۵	۰/۷۵	۰/۸	۱۰۰	۰/۵	۰/۶	۰/۶۵	
	۱۰۰۰	۰/۷	۰/۸	۰/۸	۱۰۰۰	۰/۴۵	۰/۵۵	۰/۶	
	۱	۰/۴۵	۰/۵	۰/۶	۱	۰/۶	۰/۶۵	۰/۷	
	۱۰	۰/۵۵	۰/۶	۰/۶۵	۱۰	۰/۵	۰/۵۵	۰/۶۵	
	۱۰۰	۰/۶	۰/۶۵	۰/۷	۱۰۰	۰/۴۵	۰/۵	۰/۶	
	۱۰۰۰	۰/۶۵	۰/۷	۰/۷۵	۱۰۰۰	۰/۴	۰/۴۵	۰/۵۵	
	۱	۰/۴	۰/۴۵	۰/۵	۱	۰/۵	۰/۶	۰/۶۵	
	۱۰	۰/۴۵	۰/۵۵	۰/۶	۱۰	۰/۴۵	۰/۵	۰/۵۵	
	۱۰۰	۰/۵	۰/۶	۰/۶۵	۱۰۰	۰/۴	۰/۴۵	۰/۵	
	۱۰۰۰	۰/۵۵	۰/۶	۰/۶۵	۱۰۰۰	۰/۳۵	۰/۴	۰/۴۵	

در ایستگاه مورد مطالعه تشتک تبخیر کلاس A روی سطح بایر قرار داده شده بود.

(۴) مدل اشنایدر (۱۹۹۲):

$$Kp = 0.482 + 0.024 \ln F - 0.000376U + 0.0045H \quad [۳]$$

(۵) مدل پیرا و همکاران (۱۹۹۵):

$$Kp = \frac{0.85(\Delta + y)}{\Delta + y(1 + 0.33U)} \quad [۴]$$

که در آن  $U$  = میانگین روزانه سرعت باد در ارتفاع ۲ متری ( $m/hr$ )،  $\Delta$  = شیب فشار بخار اشباع،  $y$  = ثابت سایکرومتری است.

(۶) مدل اورنگ (۱۹۹۸):

$$Kp = 0.51206 - 3.21 * 10^{-4}U + 0.03188 \ln F + 0.002889H - 0.000107H \ln F \quad [۵]$$

(۷) فائو ۵۶ (آلن و همکاران (۱۹۹۸)):

$$\ln HKp = 0.108 - 0.0286U + 0.0422 \ln F + 0.1434 \ln H - 0.000631 (\ln f)^2 \quad [6]$$

#### ۸) $Kp$ ثابت:

این ضریب ثابت بوسیله رابطه بین  $ET_0$  و  $EC_A$  با استفاده از داده های لایسیمتری و تشتک تبخیر برای محل آزمایش در سال ۱۳۹۴ بدست می آید که نتایج آن که از تقسیم  $ET_0$  بر  $EC_A$  حاصل خواهد شد، در جدول (۳) آورده شده است.

جدول (۳) مقادیر ضریب تشتک تبخیر محاسبه شده با روش ثابت  $Kp$

ماه / شرح	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
$ET_0$	۱۱۹	۱۷۵	۲۵۴/۸	۳۴۰/۴	۳۷۲/۹	۲۹۹/۹	۱۸۵/۶	۱۲۸/۱	۵۹/۷	۵۵/۹	۶۵/۴	۶۱/۹
$EC_A$	۱۸۵/۹	۲۸۲/۲	۴۳۹/۳	۵۹۷/۲	۶۶۶/۱	۵۱۶/۹	۳۰۹/۴	۱۹۱/۲	۹۹/۳	۷۸/۷	۹۳/۵	۹۲/۴
$Kp$	۰/۶۴	۰/۶۲	۰/۵۸	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۵۸	۰/۶	۰/۶۷	۰/۶	۰/۷۱	۰/۷	۰/۶۷

برای مقایسه کمی نتایج حاصله از مدل های مختلف بررسی شده و انتخاب بهترین روش محاسبه ضریب تشتک تبخیر، از شاخص های آماری همبستگی پیرسون، جذر مربعات اختلاف ریشه ( $RMSD$ )، راندمان یا کارائی مدل ( $EF$ )، میانگین درصد خطا ( $MAPE$ ) و ضریب تبیین ( $R^2$ ) استفاده شده است. محاسبه ضریب همبستگی با استفاده از نرم افزار SPSS صورت گرفت و پارامتر آماری جذر مربعات اختلاف ریشه بین داده های تشتک تبخیر و معادلات مختلف تعیین گردید. برای این منظور از رابطه های زیر استفاده شده است:

$$RMSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (d_i)^2}{N}} \quad [7]$$

$$EF = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (x_i^m - x_i^f)^2}{\sum_{i=1}^N (x_i^m - \bar{x})^2} \quad [8]$$

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{(x_i^f - x_i^m)}{x_i^m}}{N} \quad [9]$$

$$R^2 = \frac{(\sum_{i=1}^N (x_i^f - \bar{x}^m)(x_i^m - \bar{x}^m))^2}{\sum_{i=1}^N (x_i^f - \bar{x}^m)^2 \sum_{i=1}^N (x_i^m - \bar{x}^m)^2} \quad [10]$$

### بحث و نتیجه گیری

مقادیر ضریب تشکک تبخیر محاسبه شده با روش‌های مختلف در جدول (۴) آورده شده است. مقایسه روش‌های مختلف برآورد ضریب تشکک تبخیر با معیارهای مختلف آماری که در بخش مواد و روش‌ها به آن اشاره شده در جدول (۵) آورده شده است.

در رابطه‌های فوق  $RMSD =$  جذر میانگین مربعات و  $EF =$  راندمان یا کارایی مدل و  $MAPE =$  میانگین درصد خطا و  $R^2 =$  ضریب تبیین و  $di =$  تفاضل بین روش تشکک تبخیر و سایر معادلات و  $X_i^m =$  مقادیر روش تشکک تبخیر بعنوان مرجع و  $X_i^c =$  مقادیر مدل‌های مختلف و  $\bar{X} =$  میانگین مقادیر مدل‌های مختلف و  $X^m =$  میانگین مقادیر تشکک تبخیر و  $N =$  تعداد ماههایی که تبخیر- تعرق آن محاسبه می‌شود.

جدول (۴) مقادیر ضریب تشکک تبخیر محاسبه شده با روش‌های مختلف

روش ماه	دورنیوس و پروئیت	کوئنگا	آلن و پروت	اشنایدر	پریرا و همکاران	اورنگ	فانو۵۶	ثابت $K_p$
دی	۰/۷۲	۰/۶۵	۰/۶۸	۰/۶۸	۰/۵۴	۰/۶۵	۰/۶۸	۰/۷۱
بهمن	۰/۷۲	۰/۶۴	۰/۶۷	۰/۶۶	۰/۵۸	۰/۶۴	۰/۶۷	۰/۷
اسفند	۰/۶۷	۰/۵۸	۰/۶۲	۰/۵۹	۰/۶۱	۰/۶	۰/۶۲	۰/۶۷
فروردین	۰/۶۷	۰/۵۴	۰/۵۸	۰/۵۵	۰/۶۵	۰/۵۷	۰/۵۸	۰/۶۴
اردیبهشت	۰/۶۷	۰/۵۴	۰/۵۷	۰/۵۴	۰/۶۴	۰/۵۶	۰/۵۷	۰/۶۲
خرداد	۰/۶۷	۰/۵۵	۰/۵۹	۰/۵۵	۰/۶۲	۰/۵۷	۰/۵۹	۰/۵۸
تیر	۰/۶۷	۰/۵۹	۰/۶۳	۰/۶	۰/۵۹	۰/۶	۰/۶۳	۰/۵۷
مرداد	۰/۷۲	۰/۶۷	۰/۷	۰/۷۱	۰/۵۷	۰/۶۷	۰/۷	۰/۵۶
شهریور	۰/۷۲	۰/۶۹	۰/۷۲	۰/۷۵	۰/۵۵	۰/۶۹	۰/۷۲	۰/۵۸
مهر	۰/۷۸	۰/۷۱	۰/۷۴	۰/۷۸	۰/۵۳	۰/۷۱	۰/۷۴	۰/۶
آبان	۰/۷۸	۰/۷	۰/۷۳	۰/۷۷	۰/۵۲	۰/۷	۰/۷۳	۰/۶۷
آذر	۰/۷۲	۰/۶۷	۰/۷	۰/۷۲	۰/۵۲	۰/۶۷	۰/۷	۰/۷

جدول (۵) مقایسه روش‌های مختلف بر آورد ضریب تشنگ تبخیر با معیارهای مختلف

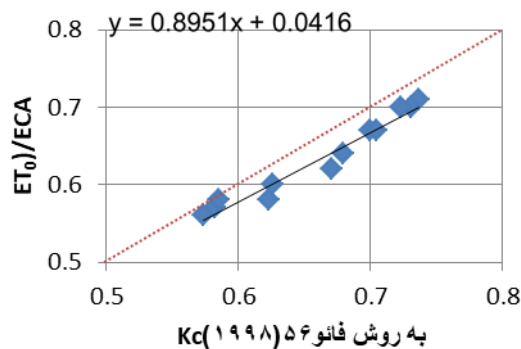
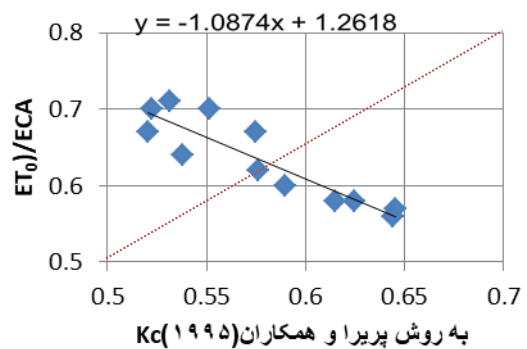
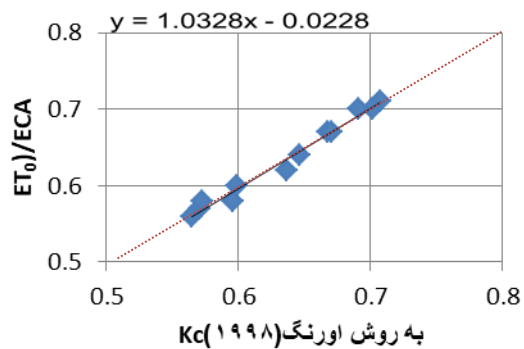
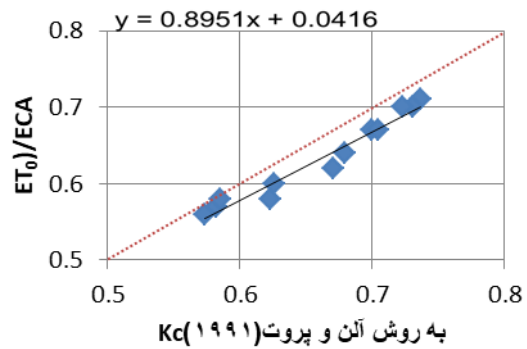
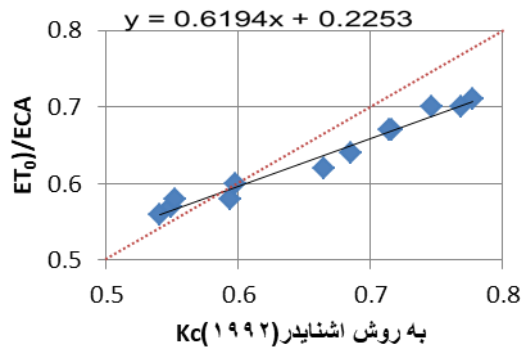
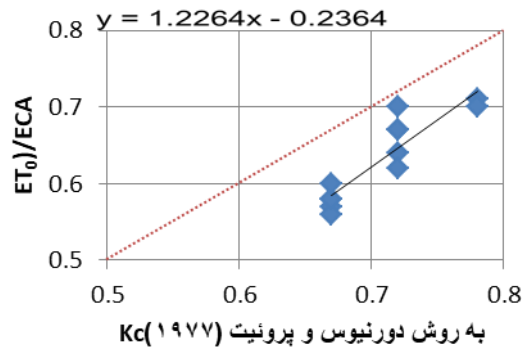
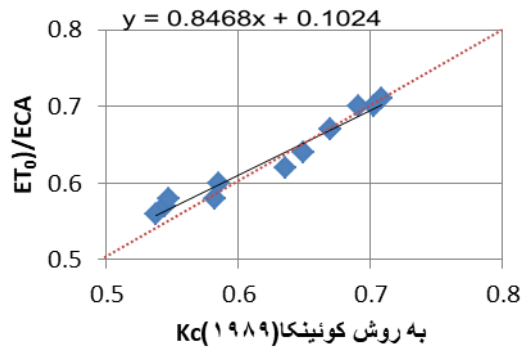
مدل	ضریب همبستگی	جذر میانگین مربعات اختلاف	راندمان یا کارایی مدل	میانگین درصد خطا	ضریب تبیین
دورنیوس و پروئیت	۰/۹۰۱	۰/۰۷۹	۰/۲۶	۰/۱۲	۰/۸۱
کوئنکا	۰/۹۸	۰/۰۱۵	۰/۹۲	۰/۰۱	۰/۹۶
آلن و پروت	۰/۹۷۸	۰/۰۳	۱/۷۴	۰/۰۴	۰/۹۶
اشنایدر	۰/۹۸۶	۰/۰۴۲	۰/۴۹	۰/۰۴	۰/۹۷
پریرا و همکاران	۰/۹۰۴	۰/۱۱	۱/۰۵	۰/۰۸	۰/۷۲
اورنگ	۰/۹۹	۰/۰۰۸	۰/۹۸	۰/۰۰۳	۰/۹۸
فائو ۵۶	۰/۹۷۸	۰/۰۳	۰/۷۴	۰/۰۴	۰/۹۶

مقدار  $RMSD$  نشان می‌دهد که نتایج هر کدام از مدل‌ها تا چه حد نسبت به مقادیر مشاهداتی بیشتر یا کمتر تخمین زده شده‌اند. مقدار  $EF$  نیز نتایج هر کدام از مدل‌ها را با مقادیر مشاهداتی مقایسه می‌کند و مقادیر مثبت این شاخص نشان می‌دهد که مقادیر مدل‌ها نسبت به مقادیر مشاهداتی، برتری دارد. اگر میزان این شاخص صفر باشد، نشان دهنده این است که از مقادیر مشاهداتی می‌توان به جای مقادیر مدل‌ها استفاده نمود و مقادیر منفی نشان دهنده عدم کارایی مدل‌های مورد استفاده است.  $R^2$  نشان دهنده بخشی از تغییرات کل می‌باشد که به وسیله رابطه خطی بین دو متغیر توجیه می‌شود. شاخص آماری ضریب همبستگی هر چقدر به یک نزدیک‌تر باشد نشان دهنده همبستگی بیشتر عوامل مقایسه شده می‌باشد لذا روش اورنگ با ضریب همبستگی ۰/۹۹، نسبت به سایر روش‌های برتری دارد. شاخص جذر

میانگین مربعات اختلاف که نشان دهنده پراکندگی داده‌ها می‌باشد هر چه کمتر باشد نشان دهنده نزدیک‌تر بودن نتایج است لذا روش اورنگ با جذر میانگین مربعات اختلاف ۰/۰۰۸ دارای شرایط مناسب‌تری است. راندمان یا کارایی مدل اورنگ با مقدار ۰/۹۸ نسبت به سایر مدل‌ها بیشتر بوده و مناسب‌تر می‌باشد و میانگین درصد خطا نیز در روش اورنگ (۰/۰۰۳) بسیار کمتر بوده و خطای موجود در حد معنادار نبود. ضریب تبیین نیز که یکی از مهمترین شاخص‌های آماری است نشان دهنده مناسب بودن روش اورنگ به میزان ۰/۹۸ است. لذا بررسی‌های نتایج نشان دهنده این بود که در منطقه اسلام آباد غرب روش اورنگ (۱۹۹۸) انطباق بیشتری با  $Kp$  محاسبه شده از نسبت  $EC_{AET_0}$  در منطقه دارد. شکل (۱) مقایسه روش‌های مختلف بر آورد

را نشان می‌دهد.

تبخیر- تعرق پتانسیل با تشکک تبخیر با روش‌های مختلف



شکل (۱) مقایسه روش‌های مختلف محاسبه ضریب تشنگ با روش  $K_C$  ثابت

از روش آلن و پروت در مقایسه با اعداد واقعی جالب به نظر می‌رسد چون مقادیر آن نسبت به اعداد پایه نسبت عکس دارد. لذا در محاسبه تبخیر- تعرق در صورت عدم دسترسی به داده‌های لایسیمتری و مقادیر تبخیر- تعرق روزانه بهتر است از برآورد اورنگ و یا اشنایدر برای برآورد ضریب گیاهی برای روزهای مختلف سال استفاده نمود. در شکل (۱) مشاهده می‌شود که ضریب همبستگی و سایر پارامترهای اماری در روش اورنگ و همچنین اشنایدر نسبت به سایر روش‌ها از دقت بالاتری برخوردار می‌باشد. با توجه به شکل‌ها، جدول‌ها و بررسی‌های به‌عمل آمده می‌توان گفت در ایستگاه اسلام- آبادغرب برای محاسبه مقادیر ماهیانه ضریب تشنگ روش اورنگ براساس داده‌های جدول (۵) بهترین جواب را داشته است به نظر می‌رسد در روش اورنگ فاصله تشنگ از پوشش گیاهی تأثیر زیادی داشته باشد.

از روی شکل (۱) می‌توان به مناسب بودن روش اورنگ نسبت به سایر روش‌ها پی برد. همانطور که مشاهده می‌شود نمودار مقایسه ای روش اورنگ با روش  $K_C$  نسبت به سایر روش‌ها قرابت بیشتری با خط مقایسه‌ای وسط نمودار داشته و نتایج نزدیک‌تری نسبت به وضع موجود دارد. اکبری نودهی (۱۳۸۹) روش اورنگ را برای محاسبه ضریب تشنگ در منطقه ساری مناسب دانست. قمرنیا و همکاران (۱۳۹۱) برای محاسبه ضریب تشنگ در منطقه زنجان روش اورنگ را مناسب ارزیابی نمودند احمدی و فرهادی نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. به‌طورکلی مشاهده می‌شود که روش‌های اورنگ و اشنایدر که تابعی از سرعت باد، رطوبت نسبی و فاصله پوشش گیاهی از تشنگ می‌باشد نسبت به سایر روش‌ها نتایج نزدیک‌تری نسبت به مقادیر واقعی را برآورد نموده و روش‌های دورینوس و پروئیت و همچنین پیرا و همکاران از دقت کمتری برخوردار هستند. در این میان اعداد

### منابع

- احمدی، م؛ فرهادی بانسوله، ب؛ نظیفی نائینی، م. ۱۳۹۰. بررسی دقت شبکه عصبی مصنوعی در برآورد تبخیر- تعرق مرجع و ضریب طشتک تبخیر در مقایسه با روش‌های برآورد ضریب طشتک. چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۱۳ و ۱۴ اردیبهشت ماه.
- اکبری نودهی، د. ۱۳۸۹. برآورد ضریب تشنگ تبخیر به منظور محاسبه تبخیر- تعرق (مطالعه موردی: ایستگاه سینوپتیک ساری). نشریه پژوهش در علوم خاک. دوره ۲. شماره ۷، ص ۶۵-۷۴.
- امیری، م ج؛ عابدی کوپایی؛ ج و خزاعی م. ۱۳۸۷. بهترین روش تعیین ضریب تشنگ تبخیر کلاس A در تخمین تبخیر- تعرق روزانه در منطقه اصفهان، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب، تبریز، انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران، دانشگاه تبریز.

- حسین زاده طلائئی، پ؛ شعبانی، م؛ معروفی؛ زارع ایبانه، ح. ۱۳۸۸، سنجش مناسب ترین ضریب تشتک تبخیر سنج کلاس A در برآورد تبخیر- تعرق پتانسیل در شیراز، همایش ملی بحران آب در کشاورزی و منابع طبیعی، شهرری، دانشگاه آزاد شهر ری.
- سبزی پرور، ع؛ شادمانی، م. ۱۳۹۱. مقایسه ضرایب تشتک برآورد شده با استفاده از روش های تجربی، شبکه عصبی مصنوعی و عصبی- فازی در برآورد تبخیر- تعرق گیاه مرجع. مجله فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۸، شماره ۱: ۲۲۹-۲۴۰.
- شریفیان، ح؛ قهرمان، ب. ۱۳۸۴. بررسی و مقایسه تبخیر- تعرق برآورد شده از تشتک تبخیر با مقادیر  $ET_0$  روش استاندارد در منطقه گرگان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد سیزدهم، شماره پنجم، ص ۲۹-۱۸
- علیزاده ا ۱۳۸۵. طراحی سیستم های آبیاری سطحی، انتشارات دانشگاه امام رضا(ع). مشهد ۴۵۲ ص.
- قمرنیا، ه؛ دایی چین، ص؛ جلیلی، ز؛ فرمانی فرد، م. ۱۳۹۱، مقایسه روش های برآورد ضریب تشتک تبخیر به منظور محاسبه تبخیر- تعرق گیاه مرجع (مطالعه موردی: ایستگاه سینوپتیک زنجان)، سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب، ساری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی.
- کابوسی، ک. ۱۳۹۰. برآورد ضریب تشتک تبخیر با استفاده از داده های تشتک و مقایسه آن با روابط تجربی، اولین کنفرانس ملی هواشناسی و مدیریت آب کشاورزی، تهران، دانشگاه تهران، گروه مهندسی آبیاری.
- زندانی، و؛ لیاقت، ع؛ نوری، ح؛ نوری، ح؛ زارع ایبانه، ح. ۱۳۹۰. تعیین بهترین مدل محاسبه ضریب تشتک در منطقه آمل بر پایه آنالیز حساسیت. نشریه تحقیقات آب و خاک ایران (علوم کشاورزی ایران). دوره ۴۲، شماره ۱. ص ۹-۱۷.

- Allen, R.G. and Pruitt, W.O. 1991. FAO-24 Reference evapotranspiration factors. J. of Irrigation and Drainage. Engineering. 117,5:758-773.
- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, 1998, ISBN 92-5-104219-5.
- Dinpashoh, Y., 2006, Study of Reference Crop Evapotranspiration in I.R. of Iran, Agricultural Water Management 84, 123-129.
- Doorenbos J. and Pruitt W. O. (1977). Crop water requirements. Rome: FAO. Irrigation and drainage Paper No. 24. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome. 179p.
- Gundekar, H. G., Khodke, U. M. and Sarkar, S., 2008, Evaluation of pan coefficient for reference crop evapotranspiration for semiarid region, Journal of Irrigation Science, 26, 169-175.
- Irmak, S., Haman, D. Z., and Jones, J. W., (2002). »Evaluation of class A pans coefficients for estimating reference evapotranspiration in humid location«. Journal of Irrigation and Drainage Engineering., ASCE, 128, 3: 153-159

– Snyder, R. 1992. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. J Irrig Drain Eng 118(6):977–980.

## **Evaluation of Different Determination Methods of Class A Pan Evaporation Coefficient For Estimation daily Evapotranspiration In Islamabad-Gharb Area**

### **Abstract:**

Thermal energy in the air, causing the evaporation of water in the hydrosphere Tremblay and This action continues until saturation the air from the water vapor. evaporate maybe occur from surface water or from wet soil or transpiration from the plants. a common method to estimate ( $ET_0$ ) is using class A pan Evaporation, In this case, multiplying of evaporation from class A pan Evaporation in pan coefficient ( $K_p$ ) can be achieved ( $ET_0$ ). Pan coefficient ( $K_p$ ) depends on the location and weather conditions. There are several ways to estimate evaporation pan Coefficient that in all of them is used from daily mean of wind speed ( $U$ ), relative humidity ( $H$ ) and the cover ( $F$ ). The purpose of this research is to find the best evaporation pan coefficient method in Islamabad-Gharb Area, between empirical methods Doorenbos And Pruitt (1977), the Cuenca (1989), the Allen and Pruitt (1991), Model Schneider (1992), model Pereira et al. (1995), the Orang (1998) and the FAO 56 (Allen et al. (1998)) according to the data of meteorological stations Islamabad-Gharb and Compare them with  $K_p$  values obtained by dividing the  $ET_0$  of  $EC_A$ . The values of  $ET_0$  are extracted from the lysimetric data from 1395. The results showed that Orang model with a correlation coefficient of 0.99, the root mean square difference of 0.008, efficiency or performance of 0.98 and the mean percentage error (0.003) is much less than other methods shows better and The coefficient of determination, which is one of the most important statistical indices show the suitability of the Orang method (0.98).