نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و یکم، شماره اول، ۱۳۹۳
http://jwsc.gau.ac.ir

مقایسه پارامترهای دمایی هوا و تبخیر تعرق مرجع در دو ایستگاه واقع در محدوده بایر و خوب آبیاری شده– منطقه مورد مطالعه اقلیم خشک جنوب‌شرق تهران

رقیه امیری‌تبار[۱]، *علی رحیمی‌خوب[۲] و سیدمحمودرضا بهبهانی[۲]
[۱]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران،
[۲]دانشیار گروه مهندسی آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان دانشگاه تهران
تاریخ دریافت: ۹۱/۵/۳۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۹/۱۳

چکیده

بیش‌تر ایستگاه‌های هواشناسی ایران در اراضی بایر و دور از مناطق کشاورزی قرار گرفته‌اند. پژوهش‌های گذشته نشان می‌دهد، بین پارامترهای مختلف دمایی هوای (حداکثر و حداقل دمای هوا و دمای نقطه شبنم) اندازه‌گیری شده در این ایستگاه‌ها با ایستگاه‌های خوب آبیاری شده تفاوت معنی‌دار وجود دارد و این تفاوت باعث فرا برآورد تبخیر تعرق مرجع (ET.) می‌شود. اهداف این پژوهش شامل مقایسه داده‌های دمایی در دو ایستگاه واقع شده در اراضی بایر و خوب آبیاری شده، مقایسه نتایج ET. محاسبه شده از داده‌های این دو ایستگاه و بررسی اثر اصلاح داده‌های دمایی ایستگاه بایر بر روی ET. در منطقه خشک جنوب‌شرق استان تهران بودند. داده‌های اندازه‌گیری شده هواشناسی برای یک دوره ٤ ساله (۲۰۱۰–۲۰۰۷) از دو ایستگاه یکی در محیط بایر و دیگری در محیط کشاورزی جمع‌آوری و ET. در آن‌ها با استفاده از روش پنمن مانتیث برآورد شد. نتایج نشان داد، پارامتر دمای ماکزیمم هوا و ET. در دو ایستگاه بالا دارای تطابق بالا و بدون اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ بودند و اصلاح داده‌های دمایی باعث کاهش تطابق و ایجاد اختلاف معنی‌دار در پارامترهای حداکثر و حداقل دمای هوا و ET. بین دو ایستگاه شد.

واژه‌های کلیدی: تبخیر تعرق مرجع، فرا برآورد، ایستگاه بایر، ایستگاه خوب آبیاری شده

* مسئول مکاتبه: akhob@ut.ac.ir

مقدمه

تعیین دقیق نیاز آبی گیاه برای افزایش کارایی مصرف آب در شبکه‌های آبیاری لازم و ضروری است. نیاز آبی گیاهان اگرچه با اندازه‌گیری مستقیم به‌وسیله لایسیمتر، با دقت خوبی قابل تعیین است، ولی این پارامتر به‌دلیل هزینه زیاد خرید لایسیمتر و زمان‌بر بودن آزمایش‌ها، با استفاده از معادله‌ها و رابطه‌ها مبتنی بر داده‌های هواشناسی تعیین می‌شود. بهترین روش کاربردی برای تعیین نیاز آبی گیاه، روشی است که سازمان خواروبار و کشاورزی (FAO) توصیه می‌کند که در آن تبخیر تعرق مرجع (ET_o) در ضریب گیاهی ضرب می‌شود (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). مطابق با تعریف ارایه شده توسط این سازمان، گیاه چمن که در سطح وسیع و پوشش سبز کامل با ارتفاع یکنواخت (۱۵–۸ سانتی‌متر) که کاملاً بر زمین سایه انداخته و بدون کمبود آب رشد فعالی داشته باشد، به‌عنوان گیاه مرجع فرضی پذیرفته شده است. ضریب گیاهی به‌علت تفاوت مقاومت روزنه‌ای و آیرودینامیکی بین هر گیاه و چمن که بر روی شدت تبخیر اثر می‌گذارد، برای تبدیل تبخیر و تعرق مرجع به تبخیر و تعرق گیاه استفاده می‌شود. معادله‌ها و رابطه‌های متعددی برای تعیین ET_o با استفاده از داده‌های هواشناسی ارایه شده است. براساس پژوهش‌های FAO، معادله پنمن مانتیث که براساس مفاهیم فیزیکی پدیده تبخیر و تعرق تدوین شده، دقیق‌ترین نتایج را برای تمام شرایط آب و هوایی ارایه می‌دهد (آلن و همکاران، ۱۹۹۸).

برای تعیین ET_o به اطلاعات تابش رسیده به زمین، دمای هوا، سرعت باد، کمبود فشار بخار هوا از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی نیاز است. ولی بیش‌تر ایستگاه‌های هواشناسی در سطح دنیا و ایران در مناطق غیرکشاورزی دارای هوای خشک و زمین بایر و یا در مناطق شهری نصب شده‌اند. استفاده از چنین داده‌های هواشناسی برای تعیین ET_o برای طراحی و برنامه‌ریزی سیستم‌های آبیاری باعث بروز خطای زیادی به‌دلیل بالا بودن دمای هوا و کاهش رطوبت هوا نسبت به محیط کشاورزی خواهد شد (تمسگن و همکاران، ۱۹۹۹). آبیاری به‌دلیل اثری که بر روی تقسیم انرژی خالص خورشید رسیده به زمین می‌گذارد، باعث تغییر در میکروکلیمای محیط می‌شود. انرژی خالص خورشید رسیده به زمین به سه فرآیند شار گرمای محسوس، شار گرمای نهان تبخیر و شار گرمای خاک تقسیم می‌شود. در اراضی خشک و بایر بدون پوشش گیاهی، بیش‌تر انرژی خورشیدی صرف گرمای محسوس و گرم شدن هوا می‌شود. ولی برعکس در اراضی کشاورزی با پوشش گیاهی وسیع، بیش‌تر انرژی خورشید به مصرف تبخیر تعرق رسیده و انرژی کم‌تری صرف گرم شدن هوا و خاک می‌شود. این شرایط باعث کاهش دمای هوا و افزایش دمای نقطه شبنم خواهد شد. توصیه شده است که برای برآورد ET_o، از داده‌های ایستگاه‌های واقع

در اراضی کشاورزی خوب آبیاری شده، استفاده شود و حداقل فاصله نصب ایستگاه تا مرز زمین که در سمت باد قرار گرفته، ۱۰۰ برابر بیش‌تر از ارتفاع ادوات اندازه‌گیری پارامترهای هوا باشد (آلن، ۱۹۹٦).

پژوهش‌های متعددی در رابطه با تفاوت داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های بدون پوشش گیاهی و ایستگاه‌های با پوشش گیاهی انجام شده است. در منطقه‌ای از آلبرتای کانادا نشان داده شد، دمای هوا در نزدیکی دریاچه و نواحی خوب آبیاری شده حدود ۳-۲ درجه خنک‌تر از نواحی خشک و بایر است (هولمز، ۱۹۷۰). پژوهش‌هایی در بیابان‌های آیداهو آمریکا انجام شد و نتایج نشان داد، دمای هوا حدود ۳ درجه گرم‌تر از مناطق کشاورزی فاریاب است (برمن و همکاران، ۱۹۷۵). داده‌های ٤ ایستگاه هواشناسی در جنوب آیداهو به‌منظور بررسی اثر شرایط ایستگاه بر روی شدت تبخیر تعرق، برای برآورد ET. استفاده شد (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). دو ایستگاه در اراضی خشک و دو ایستگاه دیگر در اراضی فاریاب قرار داشتند. نتایج بررسی نشان داد، ET. در دو ایستگاه خشک حدود ۱۷ درصد بیش‌تر از دو ایستگاه فاریاب در طول فصل رشد برآورد شده و این افزایش در دوره حداکثر مصرف تا ۲۱ درصد می‌رسد.

خشکی ایستگاه بیش‌ترین اثر را بر روی داده‌های دمایی هوا که شامل دمای حداکثر، دمای حداقل و دمای نقطه شبنم هستند، می‌گذارد. خشکی ایستگاه باعث افزایش دمای هوا و کاهش دمای نقطه شبنم خواهد شد. تمسگن و همکاران (۱۹۹۹) رابطه‌هایی برای اصلاح داده‌های دمایی اندازه‌گیری شده در ایستگاه خشک به داده‌های مناطق کشاورزی و خوب آبیاری شده ارایه دادند. محمدیان و همکاران (۲۰۰۵) این رابطه‌ها را بدون ارزیابی برای شرایط ایران، برای اصلاح داده‌های ۱۳۷ ایستگاه سینوپتیک ایران استفاده کردند و نتیجه گرفتند، ET. بدون اصلاح داده‌ها در مناطق جنوب‌شرق و نواحی مرکزی ایران به‌ترتیب تا حدود ٤۱ و ٦۵ درصد بیش‌تر برآورد می‌شود.

شرایط پوشش گیاهی، کشاورزی و اقلیمی ایران با سایر مناطق دنیا مثل آمریکا و کانادا متفاوت بوده و از این‌رو مطالعاتی که در این مناطق در مورد میزان تفاوت تبخیر تعرق در مناطق بایر و فاریاب و هم‌چنین اصلاح داده‌های خشک به داده‌های مرطوب انجام شده، قابل تعمیم به شرایط ایران نیست. بیش‌تر مناطق کشاورزی ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارند و در سال‌های اخیر به‌دلیل خشک‌سالی و کمبود آب، شیوه‌های کم آبیاری اجرا می‌شود. بنابراین در اراضی فاریاب نیز آبیاری به‌صورت کامل اجرا نمی‌شود. همین‌طور مناطق وسیع کشاورزی و یکنواخت پوشیده از گیاه در ایران کم مشاهده می‌شود. تراکم کشت به‌دلیل کمبود آب حتی در شبکه‌های آبیاری ۱۰۰ درصد نیست و بخشی از اراضی آبیاری می‌شود و بقیه به‌صورت آیش باقی می‌مانند و به‌عبارتی اراضی کشاورزی

مخلوطی از اراضی فاریاب و بایر است. با توجه به این مسایل ضرورت دارد برای شرایط اقلیمی و کشاورزی ایران، مطالعات مربوط به‌میزان اختلاف داده‌های دمایی هوا بین ایستگاه‌های بایر و خوب آبیاری شده، انجام شود و در صورتی‌که اختلاف معنی‌دار باشد، میزان فرا برآورد .ET در ایستگاه بایر بررسی شود. هدف نخست این پژوهش، مقایسه داده‌های دمایی در دو ایستگاه واقع در منطقه بایر و خوب آبیاری شده در منطقه کشاورزی شرق استان تهران و دومین هدف، مقایسه نتایج .ET محاسبه شده با استفاده از داده‌های این دو ایستگاه است. بررسی اثر اصلاح داده‌های دمایی ایستگاه بایر بر روی .ET آخرین هدف این پژوهش است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و داده‌ها: این پژوهش برای منطقه پاکدشت واقع در جنوب‌شرقی استان تهران انجام شد. پاکدشت از شمال به رشته‌کوه‌های البرز مرکزی، از شرق به استان سمنان، از جنوب به شهرستان ورامین و از غرب به شهر تهران و ری منتهی می‌شود. منطقه پاکدشت یکی از مهم‌ترین قطب‌های کشاورزی استان تهران است که محصولات مهم زراعی آن شامل گندم، جو، یونجه و ذرت می‌باشد. آب‌های زیرزمینی از منابع اصلی تأمین آب کشاورزی پاکدشت است ولی برای ۳۳ هزار هکتار اراضی مستعد کشاورزی منطقه کافی نیست. پاکدشت مطابق طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن جزو مناطق خشک محسوب می‌شود که در آن میانگین بارندگی سالیانه ۱٤۱ میلی‌متر، دمای متوسط سالانه ۱۵/٦ درجه سانتی‌گراد و تبخیر تعرق سالیانه برابر ۱۳۹۰ میلی‌متر می‌باشد (امیری‌تبار، ۲۰۱۱). پاکدشت از نظر توپوگرافی در دشت به‌نسبت هموار قرار گرفته و متوسط ارتفاع از سطح دریا در آن حدود ۱۰۲۰ متر می‌باشد.

داده‌های این پژوهش از دو ایستگاه هواشناسی ابوریحان و قزلاق که هر دو در منطقه پاکدشت مستقرند، فراهم شد. ایستگاه هواشناسی ابوریحان توسط سازمان هواشناسی در پردیس ابوریحان دانشگاه تهران در سال ۱۹٦۵ در موقعیت جغرافیایی ۵۱ درجه و ٤۱ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی نصب و راه‌اندازی شد و در آن پارامترهای دمای حداکثر و حداقل هوا (T_x و T_n)، رطوبت نسبی هوا (RH)، ساعات آفتابی، سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری و تبخیر از تشت اندازه‌گیری و ثبت می‌شود. پردیس ابوریحان در امتداد بزرگراه تهران به مشهد در مرکز شهر پاکدشت واقع شده است. محل نصب و محیط اطراف ایستگاه هواشناسی ابوریحان مشابه با بیش‌تر ایستگاه‌های هواشناسی ایران در زمین خشک و بایر قرار دارد. در این پژوهش، ایستگاه ابوریحان به‌عنوان ایستگاه بایر در نظر گرفته شد. شکل ۱ اراضی خشک و بایر محدوده نصب ایستگاه ابوریحان را نشان می‌دهد.

شکل ۱- اراضی بایر و خشک اطراف ایستگاه هواشناسی ابوریحان.

مزرعه تحقیقاتی کشاورزی پردیس ابوریحان در خارج از شهر پاکدشت در روستای قزلاق واقع شده است. این روستا یکی از نواحی مهم کشاورزی منطقه پاکدشت بوده و اراضی آن توسط چاه‌های عمیق آبیاری می‌شود و از محصولات آن می‌توان به گندم، جو، یونجه، ذرت و صیفی‌جات اشاره کرد. تراکم کشت در روستا حدود ۵۰ درصد است و به‌عبارتی در هر سال به تناوب حدود ۵۰ درصد اراضی کشت و ۵۰ درصد بقیه آیش می‌ماند. مزرعه تحقیقاتی کشاورزی قزلاق حدود ۱۰۰ هکتار وسعت دارد و توسط دو حلقه چاه عمیق آبیاری می‌شود. تراکم کشت در این مزرعه حدود ٦۰ درصد است. ایستگاه هواشناسی این مزرعه (ایستگاه قزلاق) در سال ۲۰۰۵ راه‌اندازی شد و در آن پارامترهای T_x، T_n و RH و تبخیر از تشت اندازه‌گیری و ثبت می‌شود. فاصله مکانی دو ایستگاه ابوریحان و قزلاق حدود ۷ کیلومتر است. ایستگاه قزلاق بر خلاف ایستگاه هواشناسی ابوریحان در مرکز یک قطعه یونجه‌زار به مساحت ۱۲ هکتار قرار گرفته و به‌طوری‌که فاصله ادوات آن تا مرزهای قطعه بیش از ۱۵۰ متر است. شکل ۲ قطعه یونجه‌کاری شده محل نصب ایستگاه قزلاق را نشان می‌دهد. آبیاری این قطعه به روش سطحی، کامل و بدون کم آبیاری انجام می‌گیرد. فصل آبیاری یونجه در منطقه پاکدشت از اوایل فروردین شروع و تا اواسط آبان خاتمه می‌یابد. در این فاصله ۷ چین برداشت شده و پوشش

گیاهی زمین پس از حدود ۷ روز از برداشت یونجه، کامل می‌شود. علاوه‌بر اندازه‌گیری و ثبت پارامترهای هواشناسی در ایستگاه قزلاق، وضعیت روزانه سطح پوشش یونجه از نظر درصد تراکم بررسی و ثبت می‌شود. در این پژوهش، ایستگاه قزلاق در روزهایی که تراکم پوشش یونجه بیش از ۹۰ درصد ارزیابی شده بود، به‌عنوان ایستگاه خوب آبیاری شده در نظر گرفته شد. بر این اساس روزهای دوره غیررشد یونجه در منطقه پاکدشت (از اواسط آبان تا اول فروردین) و هم‌چنین روزهای دوره برداشت یونجه تا رسیدن سطح پوشش یونجه به ۹۰ درصد، استفاده نشدند. با توجه به این موضوع، در کل ٦٥٤ داده روزانه به‌مدت ٤ سال (از سال ۲۰۱۰-۲۰۰۷) از هر دو ایستگاه ابوریحان و قزلاق جمع‌آوری و استفاده شد. داده‌های ایستگاه ابوریحان شامل ۵ پارامتر حداکثر و حداقل دمای هوا، رطوبت هوا، سرعت باد و ساعات آفتابی و داده‌های ایستگاه قزلاق شامل ۳ پارامتر دمای حداکثر و حداقل هوا و رطوبت هوا می‌باشند. فرض شد، سرعت باد و ساعات آفتابی در ایستگاه‌های بالا، به‌دلیل فاصله کم آن‌ها نسبت به هم، یکسانند. بنابراین داده‌های سرعت باد و ساعات آفتابی اندازه‌گیری شده در ایستگاه ابوریحان، برای برآورد ET_o در ایستگاه قزلاق استفاده شدند.

شکل ۲- اراضی یونجه‌کاری شده اطراف ایستگاه هواشناسی قزلاق.

اصلاح داده‌های دمایی ایستگاه بایر: فرضیه اصلاح داده‌های دمایی این است که در یک محیط خوب آبیاری شده، آب به اندازه کافی برای نیازهای تبخیری اتمسفر وجود دارد و دمای هوا در طی شب به دمای نقطه شبنم می‌رسد و بنابراین تفاوت دمای حداقل و دمای نقطه شبنم (MDD) به صفر میل خواهد کرد (تمسگن و همکاران، ۱۹۹۹). ولی در ایستگاه خشک و یا مناطق غیرکشاورزی به‌علت کمبود آب، بخش اصلی تابش خالص رسیده به زمین، صرف گرم شدن هوا و خاک شده، در نتیجه دمای حداکثر و حداقل هوا افزایش و دمای نقطه شبنم کاهش پیدا می‌کند. در این شرایط در طی شب، کاهش دمای هوا به‌حدی خنک نمی‌شود که دمای حداقل به نقطه شبنم برسد. یکی از شاخص‌هایی که برای تعیین درجه خشکی ایستگاه استفاده می‌شود نسبت بارندگی به تبخیر تعرق مرجع (RATIO) است (تمسگن و همکاران، ۱۹۹۹). با فرض این‌که بارندگی در طول ماه به‌طور یکنواخت توزیع شده باشد، مقدار RATIO برابر ۱ یا بیش‌تر از آن نشان‌دهنده این است که بارندگی‌های طبیعی نیازهای تبخیری اتمسفر را تأمین کرده و پوشش گیاهی در منطقه بدون کمبود آب تعرق می‌کند. داده‌های دمایی به‌صورتی اصلاح می‌شوند که MDD برابر صفر شود. برای این منظور، براساس درجه خشکی ایستگاه، دمای حداکثر و حداقل هوا کاهش یافته ولی دمای نقطه شبنم افزایش می‌یابد. رابطه‌های زیر را برای اصلاح داده‌های دمایی هوا ارایه شده است (تمسگن و همکاران، ۱۹۹۹):

$$T_{x.} = T_x - K_x(MDD - ۲) \quad (۱)$$

$$T_{n.} = T_n - K_n(MDD - ۲) \quad (۲)$$

$$T_{d.} = T_d - K_d(MDD - ۲) \quad (۳)$$

که در آن‌ها، T_x، T_n و T_d به‌ترتیب دمای حداکثر، دمای حداقل و دمای نقطه شبنم اندازه‌گیری شده در ایستگاه خشک بر حسب درجه سانتی‌گراد، $T_{x.}$، $T_{n.}$ و $T_{d.}$ به‌ترتیب پارامترهای اصلاح شده بالا برای شرایط ایستگاه خوب آبیاری شده، K_x، K_n و K_d به‌ترتیب ضرایب تصحیح پارامترهای بالا و MDD میانگین انحراف نقطه شبنم[1] بر حسب درجه سانتی‌گراد می‌باشند. پارامتر MDD از تفاوت روزانه دمای نقطه شبنم و دمای حداقل هوا (T_n-T_d) به‌دست می‌آید. برای تعیین ضرایب اصلاحی، پراکنش مقادیر متوسط ماهانه دمای حداکثر، دمای حداقل و دمای نقطه شبنم هوا در مقابل مقادیر نسبت ماهانه

1- Mean Dew Point Departure

بارندگی به تبخیر تعرق مرجع رسم و شیب خط این نمودارها با استفاده از روش حداقل مربعات تعیین می‌گردد و سپس رابطه‌های زیر برای تعیین ضرایب صحیح استفاده می‌شوند (تمسگن و همکاران، ۱۹۹۹):

$$K_x = \frac{S_x}{S} \quad (٤)$$

$$K_n = \frac{S_n}{S} \quad (٥)$$

$$K_d = \frac{S_d}{S} \quad (٦)$$

که در آن‌ها، S_x، S_n و S_d به‌ترتیب قدرمطلق شیب خطوط دمای حداکثر، دمای حداقل و دمای نقطه شبنم و S: مجموع قدرمطلق شیب‌های دمای حداقل هوا و دمای نقطه شبنم هستند. در این پژوهش داده‌های دمایی ایستگاه ابوریحان به‌عنوان ایستگاه بایر با استفاده از رابطه‌های بالا اصلاح شد و با مقادیر داده‌های ایستگاه قزلاق به‌عنوان داده‌های مبنا مورد مقایسه قرار گرفتند. با توجه به این‌که دمای نقطه شبنم (T_d) در ایستگاه‌های مورد مطالعه این بررسی اندازه‌گیری نمی‌شود، از رابطه‌های زیر برای تعیین آن استفاده شد (آلن و همکاران، ۱۹۹۸):

$$e_a = ۰/۵\left(e^{\cdot}(T_n)\frac{RH_x}{۱۰۰} + e^{\cdot}(T_x)\frac{RH_n}{۱۰۰} \right) \quad (۷)$$

$$e^{\cdot}(T_x) = ۰/٦۱۰۸\exp\left(\frac{۱۷/۲۷T_x}{T_x + ۲۳۷/۳} \right) \quad (۸)$$

$$e^{\cdot}(T_n) = ۰/٦۱۰۸\exp\left(\frac{۱۷/۲۷T_n}{T_n + ۲۳۷/۳} \right) \quad (۹)$$

$$T_d = \frac{۱۱٦/۹۱ + ۲۳۷/۳\ln(e_a)}{۱٦/۷۸ - \ln(e_a)} \quad (۱۰)$$

در رابطه‌های بالا، e_a: متوسط فشار بخار واقعی روزانه هوا بر حسب کیلوپاسکال، $e^{\circ}(T_x)$ و $e^{\circ}(T_n)$ فشار بخار اشباع هوا به‌ترتیب در دمای حداکثر و حداقل روزانه هوا بر حسب کیلوپاسکال، RH_x و RH_n به‌ترتیب حداکثر و حداقل رطوبت نسبی هوا بر حسب درصد و بقیه پارامترها از قبل تعریف شده‌اند.

معادله پنمن مانتیث فائو (PM-FAO): با اعمال مفروضات گیاه مرجع در معادله پنمن مانتیث، معادله‌ای ارایه شد که ET_o با استفاده از داده‌های هواشناسی برآورد می‌شود (آلن و همکاران، ۱۹۹۸). این معادله به پنمن مانتیث فائو (PM-FAO) شناخته شده و به‌شرح زیر است:

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_a + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \qquad (11)$$

که در آن، ET_o: تبخیر تعرق مرجع ($mm\ d^{-1}$)، Δ: شیب منحنی فشار بخار اشباع با دما (کیلوپاسکال بر درجه سانتی‌گراد)، R_n: تابش خالص رسیده به زمین ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$)، G: شار گرمای خاک ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$)، γ: ثابت سایکرومتر (کیلوپاسکال بر درجه سانتی‌گراد)، T_a: متوسط دمای روزانه هوا (درجه سانتی‌گراد)، U_2: متوسط روزانه سرعت باد (متر بر ثانیه)، e_s: فشار بخار اشباع (کیلوپاسکال) و e_a: فشار بخار هوا (کیلوپاسکال)می‌باشند. مؤلفه‌های رابطه بالا با استفاده از رابطه‌های ارایه شده در نشریه شماره ۵۶ فائو (آلن و همکاران، ۱۹۹۸) و داده‌های هواشناسی تعیین گردید. در این پژوهش ET_o برای هر دو ایستگاه‌های ابوریحان و قزلاق برآورد و نتایج آن‌ها با هم مقایسه شدند.

آماره‌های مورد استفاده: برای مقایسه داده‌های دمایی و ET_o دو ایستگاه خشک (ابوریحان) و ایستگاه خوب آبیاری شده (قزلاق) و به‌منظور ارزیابی نتایج داده‌های اصلاح شده روش تمسگن و همکاران از آماره‌های R^2 (ضریب تعیین)، PRMSE (ریشه میانگین مربعات خطا به درصد) و PMBE (میانگین انحراف خطا به درصد) استفاده شده است. فرمول ریاضی آماره‌های نام برده به‌صورت زیر است:

$$R^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})\right]^2}{\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^{N}(y_i - \bar{y})^2} \qquad (12)$$

$$PRMSE = \frac{N^{-1}\sum_{i=1}^{N}(x_i - y_i)^2}{\bar{x}} \times 100 \quad (13)$$

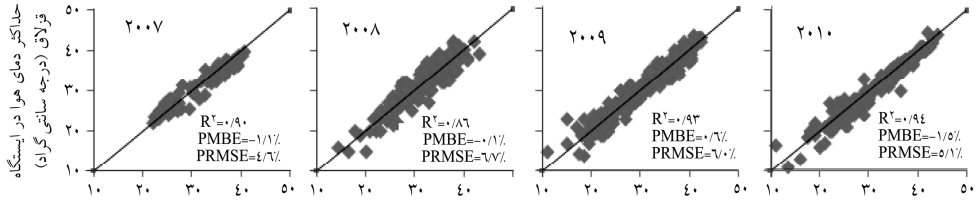
$$PMBE = \frac{N^{-1}\sum_{i=1}^{n} x_i - y_i}{\bar{x}} \times 100 \quad (14)$$

که در آن‌ها، x_i: مقادیر ایستگاه قزلاق، y_i: مقادیر ایستگاه ابوریحان، $\bar{x}$ و $\bar{y}$: میانگین مقادیر ایستگاه‌های قزلاق و ابوریحان و N: تعداد کل داده‌ها هستند. مقادیر مثبت PMBE نشان‌دهنده این خواهند بود که به‌طور متوسط مقادیر ایستگاه قزلاق بیش‌تر از ایستگاه ابوریحان هستند. علاوه‌بر آماره‌های بالا، آزمون اختلاف معنی‌داری داده‌های دمایی هوا و ET. بین دو ایستگاه قزلاق و ابوریحان با استفاده از روش تی‌استودنت مستقل در سطح ۰/۰۵ مورد بررسی قرار گرفت. فرض صفر در این بررسی نبود اختلاف بین میانگین پارامترها در دو گروه (داده‌های ایستگاه ابوریحان و قزلاق) است. برای این منظور از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. در این نرم‌افزار شاخص P_{value} بین دو گروه برآورد می‌شود. در صورتی‌که مقدار این شاخص بیش‌تر از سطح معنی‌داری α باشد، نشان‌دهنده این خواهد بود که پارامتر مورد بررسی در دو گروه در سطح α اختلافی با یکدیگر ندارند. در این پژوهش α برابر ۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

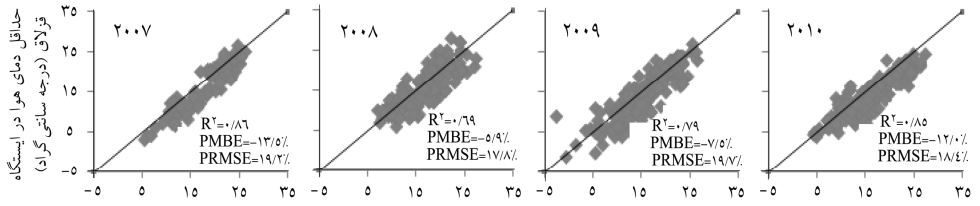
پراکنش یک به یک پارامترهای حداکثر و حداقل دمای هوا بین ایستگاه ابوریحان (معرف ایستگاه بایر) و ایستگاه قزلاق (معرف ایستگاه خوب آبیاری شده) برای سال‌های آماری ۲۰۱۰-۲۰۰۷ در شکل‌های ۳ و ٤ ارایه شده است. مشاهده می‌شود، نقاط در هر دو طرف خط ۱:۱ پراکنده شدند و در بسیاری از مواقع دمای حداکثر و حداقل هوا در ایستگاه خوب آبیاری شده بیش‌تر از دمای حداکثر و حداقل هوا در ایستگاه خشک مشاهده می‌شود. با فرض مبنا بودن ایستگاه قزلاق به‌علت خوب آبیاری شدن، ریشه میانگین مربعات خطا در طی سال‌های آماری این پژوهش برای داده‌های دمای هوای حداکثر (شکل ۳) بین ٦/٧-٤/٦ درصد و میانگین انحراف خطا بین ۱/۵- تا ۰/٦ درصد برآورد شده‌اند که قابل ملاحظه نیستند. همان‌طورکه در شکل ۳ ملاحظه می‌شود، مقدار PMBE فقط در سال ۲۰۰۹ مثبت برآورد شده و به‌عبارتی در این سال، به‌طور متوسط حداکثر دمای روزانه هوا در ایستگاه خوب

آبیاری شده (ایستگاه قزلاق) بیش‌تر از ایستگاه بایر (ایستگاه ابوریحان) بوده است. ضریب تعیین داده‌های حداکثر دمای روزانه هوا بین دو ایستگاه مورد بررسی بیش از ۰/۸٦ برآورد شده که نشان‌دهنده تطابق به‌نسبت بالای بین این داده‌ها است.



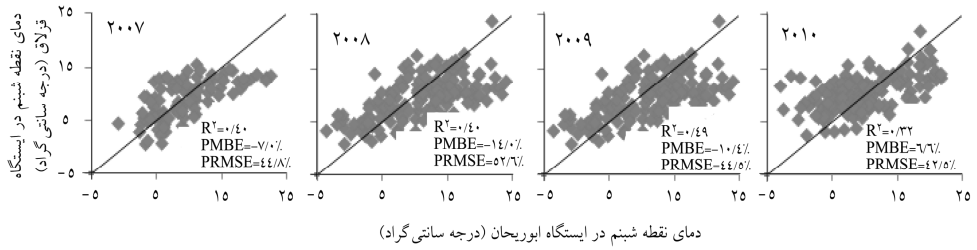
شکل ۳- مقایسه یک به یک مقادیر حداکثر دمای هوا در دو ایستگاه ابوریحان و قزلاق.

خطاهای PRMSE و PMBE در مورد حداقل دمای هوای روزانه نسبت به دمای حداکثر روزانه افزایش یافته و به نسبت قابل ملاحظه است، به‌طوری‌که در طول دوره آماری بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار PRMSE به‌ترتیب ۱۷/۸ و ۱۹/۲ درصد و بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار PMBE به‌ترتیب ۵/۹- و ۱۳/۵- درصد برآورد شده است (شکل ٤). در طول دوره آماری (۲۰۱۰-۲۰۰۷) مقدار آماره PMBE منفی شده و نشان می‌دهد به‌طور متوسط حداقل دمای روزانه هوا در ایستگاه خوب آبیاری شده به‌نسبت ایستگاه بایر، کاهش یافته است. ضریب تعیین بین داده‌های حداقل دمای روزانه هوا دو ایستگاه بالا بین ۰/۸٦-۰/٦۹ برآورد شده و نشان می‌دهد که بر خلاف داده‌های حداکثر دمای هوا، تطابق بالایی بین داده‌های حداقل دمای هوا در دو ایستگاه وجود ندارد.



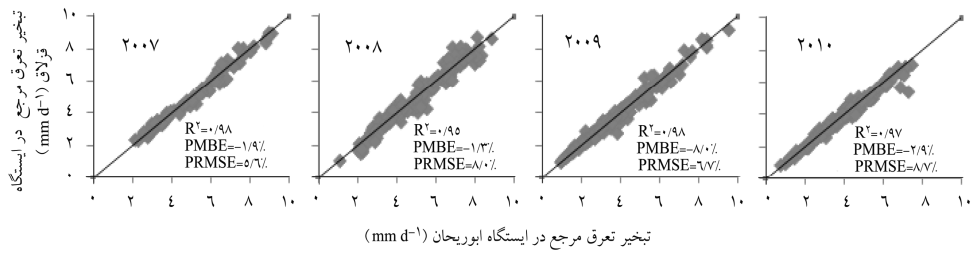
شکل ٤- مقایسه یک به یک مقادیر حداقل دمای هوا در دو ایستگاه ابوریحان و قزلاق.

پراکنش یک به یک داده‌های دمای نقطه شبنم بین ایستگاه ابوریحان (معرف ایستگاه بایر) و ایستگاه قزلاق (معرف ایستگاه خوب آبیاری شده) در شکل ۵ ارایه شده است. در این شکل نیز ملاحظه می‌شود، نقاط در دو طرف خط ۱:۱ در طول سال‌های آماری این پژوهش قرار گرفته‌اند و بنابراین دمای نقطه شبنم در روزهای زیادی در ایستگاه قزلاق که معرف ایستگاه خوب آبیاری شده است کم‌تر از ایستگاه ابوریحان معرف ایستگاه خشک است. همان‌طورکه در شکل ۵ مشاهده می‌شود، آماره PMBE در طی سال‌های ۲۰۰۹-۲۰۰۷ منفی شده و نشان‌دهنده این است که به‌طور متوسط دمای نقطه شبنم در ایستگاه قزلاق کم‌تر از ایستگاه ابوریحان بوده ولی در طی سال ۲۰۱۰ شرایط برعکس شده است. آماره PRMSE به غیر از سال ۲۰۱۰، درصد خطای زیادی را بین دو ایستگاه را در بقیه سال‌ها نشان می‌دهد به‌طوری‌که این آماره ۵۲/۳-۴۴/۵ درصد در سال‌های ۲۰۰۹-۲۰۰۷ برآورد شده است. هم‌چنین ضریب تعیین داده‌های دمای نقطه شبنم بین دو ایستگاه به نسبت کم بوده (بین ۰/۴۹-۰/۳۲) و بنابراین ارتباط خطی ضعیفی بین این داده‌ها برقرار است.



شکل ۵- مقایسه یک به یک مقادیر دمای نقطه شبنم در دو ایستگاه ابوریحان و قزلاق.

پراکنش یک به یک نتایج ET. در دو ایستگاه ابوریحان و ایستگاه قزلاق در طی سال‌های آماری این پژوهش در شکل ٦ نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود، تطابق بالایی بین این نتایج برقرار می‌باشد، به‌طوری‌که ضریب تعیین بین داده‌ها بیش از ۰/۹۷ برآورد شده است. حداکثر آماره خطا PRMSE برابر ۸/۷ درصد است که تقریباً ناچیز می‌باشد. همان‌طورکه در شکل ٦ مشاهده می‌شود در کل سال‌های مورد بررسی این پژوهش، ET. در ایستگاه خوب آبیاری شده قزلاق به‌طور متوسط کم‌تر از ایستگاه خشک ابوریحان برآورد شده ولی مقدار این کم برآورد ناچیز بوده، به‌طوری‌که بیش‌ترین خطای آماره PMBE برابر ۲/۹۲- درصد برآورد شده است.



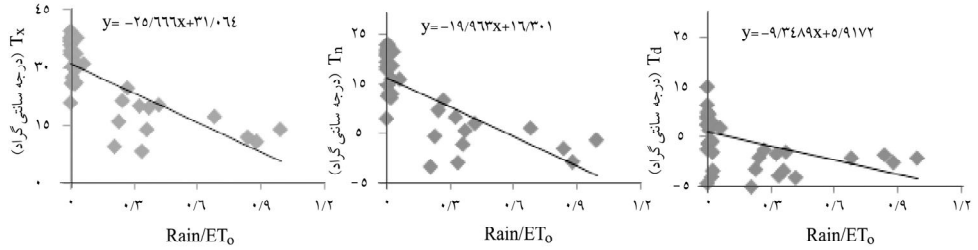
شکل ٦- مقایسه یک به یک مقادیر تبخیر و تعرق مرجع در دو ایستگاه ابوریحان و قزلاق.

نتایج برآورد شاخص آماری P_{value} بین پارامترهای دو ایستگاه ابوریحان و قزلاق در جدول ۱ آمده است. ملاحظه می‌شود، این شاخص برای پارامترهای حداکثر دمای هوا و تبخیر تعرق مرجع بیش‌تر از ۰/۰۵ برآورد شده و نشان‌دهنده این است که این دو پارامتر در دو ایستگاه ابوریحان و قزلاق در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند. ولی P_{value} برای پارامترهای حداقل دمای هوا و دمای نقطه شبنم کم‌تر از ۰/۰۵ برآورد شده و نشان می‌دهد این دو پارامتر در دو ایستگاه بالا در سطح ۰/۰۵ متفاوتند.

جدول ۱- نتایج آزمون اختلاف معنی‌دار پارامترهای دو ایستگاه ابوریحان و قزلاق در سطح ۰/۰۵.

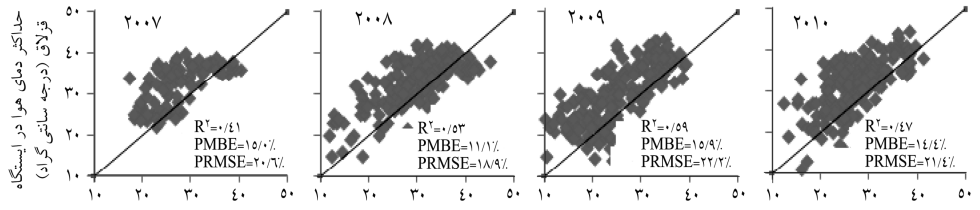
پارامتر	حداکثر دمای هوا	حداقل دمای هوا	دمای نقطه شبنم	تبخیر تعرق مرجع
شاخص سطح معنی‌دار	۰/۸۳۹	۰/۰٤۲	۰/۰٤۱	۰/٦۸۸

نمودار برازش خطی بین مقادیر ماهانه داده‌های دمایی و نسبت بارندگی به تبخیر تعرق مرجع در ایستگاه بایر ابوریحان در شکل ۷ ارایه شده است. قدرمطلق شیب خطوط درج شده در این شکل (S_x، S_n و S_d) برای برآورد ضریب اصلاحی و اصلاح داده‌های دمایی ایستگاه خشک ابوریحان به روش تمسگن مورد استفاده قرار گرفتند.

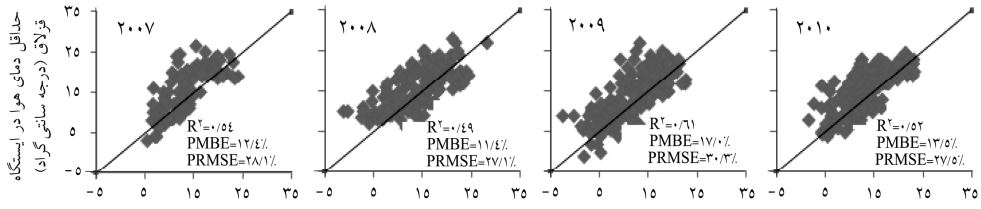


شکل ۷- برازش خطی بین مقادیر ماهانه T_x، T_n و T_d در مقابل مقادیر ماهانه .RAIN/ET در ایستگاه ابوریحان.

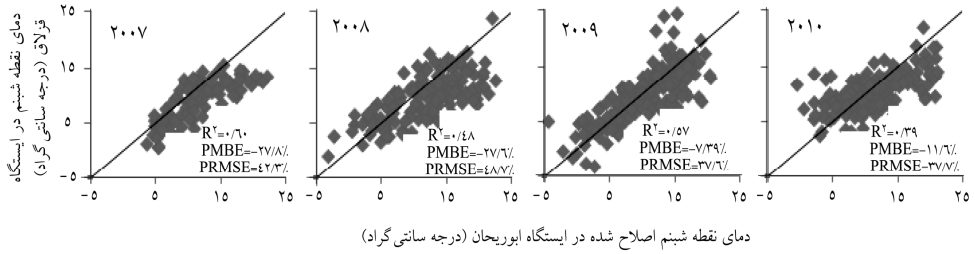
مقایسه یک به یک نتایج مقادیر اصلاح شده داده‌های دمایی با مقادیر واقعی آن در ایستگاه قزلاق در شکل‌های ۸ تا ۱۰ ارایه شده‌اند. ملاحظه می‌شود، خطای داده‌های حداکثر و حداقل دمای هوا اصلاح شده (شکل‌های ۸ و ۹) نسبت به داده‌های قبل از اصلاح‌شان خیلی بیش‌تر شده و همبستگی داده‌های اصلاح شده با مقادیر واقعی خیلی کاهش یافته است. اصلاح مقادیر دمای حداکثر و حداقل دما در ایستگاه خشک به‌صورتی کاهش یافته که این پارامترها از مقادیر ایستگاه قزلاق خیلی کم شده، به‌طوری‌که خطای آماره PMBE در طی سال‌های آماری این پژوهش مثبت برآورد شده است. در واقع هدف از اصلاح داده‌های حداکثر و حداقل دمای هوا اندازه‌گیری شده در ایستگاه بایر آن بوده که آن‌ها به داده‌های متناظرشان در ایستگاه خوب آبیاری شده تبدیل شوند، ولی این پارامترها بیش از اندازه کاهش یافته‌اند. ولی بر خلاف پارامترهای بالا، اصلاح مقادیر دمای نقطه شبنم اندازه‌گیری شده در ایستگاه خشک به مقادیر ایستگاه خوب آبیاری شده نزدیک‌تر شده، به‌طوری‌که آماره‌های خطا و ضریب تعیین داده‌های دمای نقطه شبنم اصلاح شده (شکل ۱۰) نسبت به داده‌های قبل از اصلاح (شکل ۵) قدری بهتر شده‌اند ولی هنوز مقادیر خطا زیاد و ضریب تعیین کم می‌باشد.



شکل ۸- مقایسه یک به یک مقادیر اصلاح شده حداکثر دمای هوا در دو ایستگاه ابوریحان و قزلاق.

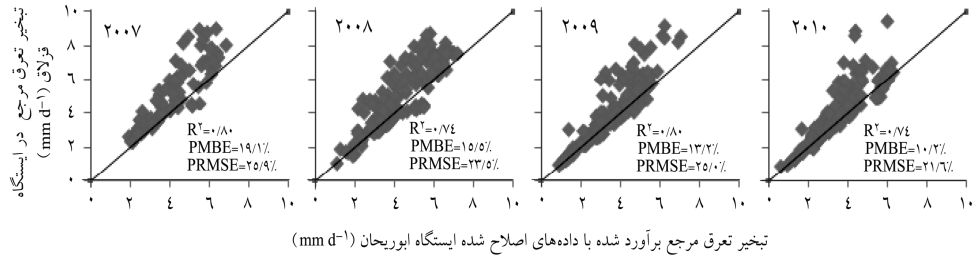


شکل ۹- مقایسه یک به یک مقادیر اصلاح شده حداقل دمای هوا در دو ایستگاه ابوریحان و قزلاق.



شکل ۱۰- مقایسه یک به یک مقادیر اصلاح شده دمای نقطه شبنم در دو ایستگاه ابوریحان و قزلاق.

پراکنش نتایج .ET با استفاده از داده‌های دمایی اصلاح شده و داده‌های ایستگاه قزلاق در شکل ۱۱ نشان داده شده است. در این شکل مشاهده می‌شود، اصلاح داده‌های دمایی ایستگاه بایر ابوریحان، باعث کاهش تطابق بین نتایج .ET در دو ایستگاه شده است. ضریب تعیین در طی سال‌های مورد بررسی بین ۰/۸-۰/۷٤ برآورد شده که نسبت به نتایج قبل از اصلاح داده‌ها (شکل ٦) به مقدار قابل‌توجه‌ای کاهش یافته است. اصلاح داده‌های حداکثر و حداقل دمای هوای اندازه‌گیری شده در ایستگاه بایر به‌حدی کاهش یافتند که بیش‌تر نتایج .ET با استفاده از این داده‌ها خیلی کم‌تر از نتایج داده‌های مبنا شده‌اند. آماره خطای PRMSE بین ۲۵/۹-۲۱/٦ درصد و آماره خطای PMBE بین ۱۹/۱-۱۰/۲ درصد برآورد شدند که بسیار بیش‌تر از شرایط قبل از اصلاح (شکل ٦) می‌باشند.



شکل ۱۱- مقایسه یک به یک مقادیر تبخیر تعرق مرجع برآورد شده با داده‌های دمایی اصلاح شده ایستگاه ابوریحان با تبخیر تعرق مرجع ایستگاه ابوریحان.

نتایج آزمون اختلاف معنی‌دار پارامترهای اصلاح شده ایستگاه ابوریحان با پارامترهای ایستگاه قزلاق در جدول ۲ ارایه شده است. ملاحظه می‌شود، شاخص P_{value} پارامترهای حداکثر دمای هوا، حداقل دمای هوا و تبخیر تعرق مرجع برابر با صفر شده که نشان می‌دهد هر سه این پارامتر در دو ایستگاه ابوریحان و قزلاق در سطح ۰/۰۵ با یکدیگر متفاوتند، ولی شاخص بالا برای دمای نقطه شبنم بیش‌تر از ۰/۰۵ برآورد می‌شود. بنابراین این پارامتر در دو ایستگاه ابوریحان و قزلاق در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

جدول ۲- نتایج آزمون اختلاف معنی‌دار پارامترهای اصلاح شده ایستگاه ابوریحان و ایستگاه قزلاق در سطح ۰/۰۵.

پارامتر	حداکثر دمای هوا	حداقل دمای هوا	دمای نقطه شبنم	تبخیر تعرق مرجع
شاخص سطح معنی‌دار	۰	۰	۰/۱۵۹	۰

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش داده‌های دمایی اندازه‌گیری شده در دو ایستگاه بایر و خوب آبیاری شده برای اقلیم خشک جنوب‌شرق تهران با یکدیگر مقایسه شد و هم‌چنین اثر داده‌های خشک بر روی نتایج تبخیر تعرق مرجع مورد ارزیابی قرار گرفت. مقادیر پارامتر حداکثر دمای هوا در ایستگاه بایر تطابق بالایی با مقادیر متناظر خود در ایستگاه خوب آبیاری شده داشت و در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها نبود. پارامتر حداقل دمای هوا اندازه‌گیری شده در دو ایستگاه بالا نسبت به پارامتر حداکثر دمای هوا تطابق کم‌تری از خود نشان داد به‌طوری‌که در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی‌دار داشتند. دمای نقطه شبنم دو ایستگاه خشک و خوب آبیاری شده کم‌ترین تطابق را با هم داشتند و در سطح ۰/۰۵ دارای اختلاف معنی‌دار بودند. نتایج نشان داد که تفاوت پارامترهای دمایی بین دو ایستگاه بایر و خوب آبیاری شده به‌حدی نیست که بر روی برآورد تبخیر تعرق مرجع اثر بگذارد، به‌طوری‌که تبخیر تعرق مرجع در این دو ایستگاه از تطابق بالایی برخوردار بودند و در سطح ۰/۰۵ اختلافی با یکدیگر نداشتند. اصلاح داده‌های دمایی ایستگاه بایر منجر به کاهش تطابق نتایج تبخیر تعرق مرجع در دو ایستگاه شد و به‌صورتی‌که در سطح ۰/۰۵ دارای اختلاف معنی‌دار شدند. در کل نتایج این پژوهش نشان داد، برای مناطق خشک مورد مطالعه این پژوهش که در آن کشاورزی در سطح‌های وسیع و یک‌پارچه انجام نمی‌گیرد و در آن‌ها اراضی دایر و بایر مخلوط هستند، نیازی به اصلاح داده‌های دمایی هوا نیست. پیشنهاد می‌شود، این پژوهش در سایر مناطق ایران اجرا و نتایج مقایسه شوند.

منابع

1.Allen, R.G. 1996. Assessing integrity of weather data for reference evapotranspiration estimation. J. Irrig. Drain. Eng. 122: 2. 97-106.
2.Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper No. 56. FAO, Rome.
3.Amiritabar, R. 2011. Evaluation of Reference Evapotranspiration in Arid and Well-Watered Area. M.Sc. Thesis, Aburaihan Campus, University of Tehran. 97p. (In Persian)
4.Burman, R.D., Wright, J.L., and Jensen, M.E. 1975. Changes in climate and estimated evaporation across a large irrigated area in Idaho. Trans. ASAE, 18: 6. 1089-1093.
5.Holmes, R.H. 1970. Meso-Scale effect of agriculture and a large Prairie lake on the atmospheric boundary layer. Agron. J. 63: 346-549.
6.Mohamadian, A., Alizadeh, A., and Javanmard, S. 2005. Adjusting the amount of overestimation reference evapotranspiration calculated by non reference data in Iran. J. Agr. Eng. Res. 6: 23. 67-84. (In Persian)
7.Temesgen, B., Allen, R.G., and Jensen, D.T. 1999. Adjusting temperature parameters to reflect well-watered conditions. J. Irrig. Drain. Eng. 25: 1. 26-33.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 21(1), 2014
http://jwsc.gau.ac.ir

Comparative study of temperature parameters and reference evapotranspiration at two weather stations located within the uncultivated and well-watered area- Case study in arid region of southeast of Tehran

R. Amiritabar[1], *A. Rahimikhoob[2] and S.M.R. Behbahani[2]

[1]M.Sc. Graduated, Dept. of Irrigation and Drainage Engineering, Aburaihan Campus, University of Tehran, [2]Associate Prof., Dept. of Irrigation and Drainage Engineering, Aburaihan Campus, University of Tehran

Received: 08/21/2012; Accepted: 12/03/2012

Abstract

Most weather stations in Iran have been installed in the arid lands and they are far from agricultural areas. Previous studies demonstrate that there is significant difference between temperature parameters (maximum and minimum air temperature and dew point temperature) measured in dry and well-watered weather stations and this difference makes an overestimation of reference evapotranspiration (ET_0). The objectives of this study were comparison between temperature parameters measured at two dry and well-watered weather stations in arid region of southeast of Tehran, comparison of calculated ET_0 with data of these stations and study on the effect of dry weather data on calculated ET_0. Data from two weather stations installed in arid and agricultural land for a four-year period (2007-2010) were used and ET_0 was calculated with these data. The results demonstrated that the both calculated ET_0 in two dry and well-watered weather stations have high adaptation and there is no significant difference between them in 0.05 level. Correction data causes decrease of adaptation and makes significant difference between the two weather stations in maximum air temperature, dew point temperature and calculated ET_0.

Keywords: Reference evapotranspiration, Overestimation, Uncultivated weather station, Well-watered weather station

* Corresponding Author; Email: akhob@ut.ac.ir