

بر آورد تبخیر - تعرق مرجع با سطوح احتمال وقوع مختلف

(مطالعه موردی: ارومیه)

سعید مهدی‌زاده^{۱*}، جواد بهمنش^۲ و جعفر نیکبخت^۳

تاریخ دریافت: 89/3/19 تاریخ پذیرش: 89/8/6

1- دانشجوی کارشناسی ارشد، آبیاری و زهکشی، دانشگاه ارومیه

2- استادیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه ارومیه

3- استادیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه زنجان

*مسئول مکاتبه: E-mail: saeid_mehdizadeh2008@yahoo.com

چکیده

محاسبه صحیح نیاز آبی گیاه اولین قدم در طراحی و برنامه‌ریزی طرح‌های آبیاری و زهکشی می‌باشد. تبخیر-تعرق یک پارامتر احتمالاتی است، بنابراین برای طراحی سیستم‌های آبیاری بهتر است سطوح احتمالاتی مشخص برای تبخیر-تعرق مورد استفاده قرار گیرد تا احتمال وقوع ریسک در سیستم کاهش یابد. در این تحقیق برای محاسبه مقادیر تبخیر-تعرق مرجع (ET_0) داده‌های 24 ساله هواشناسی ایستگاه سینوپتیک ارومیه مورد استفاده قرار گرفت. همچنین برای بررسی اثر روش محاسبه ET_0 بر مقدار آن، روش‌های فائو-پنمن-مانتیت ($FP-M$) و هارگریوز-سامانی ($H-S$) انتخاب شدند. منحنی‌های توزیع ET_0 روزانه با سطوح احتمالاتی متفاوت برای هر روش استخراج گردید. بر اساس نتایج حاصل، اختلاف بین مقادیر حداکثر ET_0 روزانه محاسبه شده با روش $FP-M$ با سطوح احتمالاتی 75% و 50% و 90% و 50% به ترتیب 1/0 و 1/9 میلی متر در روز (معادل 13% و 24%) بود. برای روش $H-S$ این مقادیر به ترتیب 0/5 و 0/9 میلی متر در روز (معادل 8% و 15%) شد. همچنین نتایج حاکی از اختلاف بین مقادیر ET_0 روزانه محاسبه شده با روش‌های $H-S$ و $FP-M$ در سطح احتمالاتی یکسان بود. به منظور بررسی تاثیر طول دوره محاسبه میانگین ET_0 روزانه بر آن، مقادیر میانگین‌های متحرک ET_0 روزانه برای دوره‌های 1، 3، 5، 7، 10، 15، 20، 25 و 30 روزه با سطح احتمالاتی 99% محاسبه گردید. پس از تعیین تاریخ وقوع حداکثر مقدار میانگین ET_0 روزانه برای دوره‌های فوق، مقادیر میانگین ET_0 روزانه حداکثر با سطوح احتمالاتی متفاوت برای دوره‌های یک الی 30 روزه تعیین شد. تاریخ وقوع دوره‌های حداکثر یک تا 20 روزه برای روش $FP-M$ حدود دو هفته دیرتر از روش $H-S$ بود، ولی دوره‌های 25 و 30 روزه بر یکدیگر منطبق شدند. همچنین بر اساس نتایج حاصله، میانگین حداکثر ET_0 روزانه روش $FP-M$ برای دوره پنج روزه در سطح احتمالاتی 50% و 75% به ترتیب 7/8 و 8/7 میلی متر در روز (معادل 12% اختلاف) و برای روش $H-S$ به ترتیب 6/1 و 6/6 میلی متر در روز (معادل 8% اختلاف) بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: تبخیر-تعرق مرجع، سطوح احتمال وقوع، فائو-پنمن-مانتیت، هارگریوز-سامانی

Estimation of Reference Evapotranspiration with Various Occurrence Probability Levels (Case Study: Urmia)

S Mehdizadeh^{1*}, J Behmanesh² and J Nikbakht³

Received: 09 June 2010 Accepted: October 28, 2010

¹MSc. Student, Irrigation and Drainage, University of Urmia, Iran

²Assist. Prof, Water Engin. Dept., University of Urmia, Iran

³ Assist. Prof, Water Engin. Dept., University of Zanjan, Iran

*Corresponding author: E-mail:

Abstract

Accurate estimation of crop water requirement is the basic step for designing and scheduling of irrigation and drainage projects. Evapotranspiration (ET) is a stochastic variable, therefore to reduce the risk level, it is needed to select and use proper evapotranspiration probability levels. In this research, 24 years meteorology data of Orumieh synoptic station have been used to estimate ET_0 . Also for investigation the effect of ET_0 calculation methods on its value, FAO Penman-Monteith (FP-M) and Hargreaves-Samani (H-S) models were selected. Daily ET_0 distribution curves with different probability levels for each method were extracted. Differences between maximum daily ET_0 values (calculated by FP-M method) with 75% and 50% probability level was 1.0 mm/day (equivalent to 13%) and between 90% and 50% was 1.9 mm/day (24%). Similarly for H-S method the difference was 0.5 and 0.9 mm/day (8% and 15%), respectively. Also at a particular probability level, there was noticeable difference between values of FP-M and H-S methods. In order to understand the impacts of calculation period length on mean daily ET_0 value, daily ET_0 with 99% probability, and moving average of daily ET_0 were calculated for 1, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25 and 30 day periods. After determination of occurrence date of average maximum daily ET_0 for the above periods, average of maximum daily ET_0 with different probability levels for the periods of 1 to 30 days were determined. The occurrence of peak dates within 1 to 20 day periods, for FP-M method was 2 weeks after H-S method but for 25 and 30 day periods the dates were the same. The results showed that the peak mean daily ET_0 of FP-M method for 5 day periods at 50% and 75% probability levels were 7.8 and 8.7 mm/day (12% difference) and for H-S method they were 6.1 and 6.6 mm/day (8% difference).

Keywords: FAO Penman-Monteith, Hargreaves-Samani, Occurrence probability levels, Reference evapotranspiration

مقدمه

از بزرگ‌ترین مصارف منابع آب در جهان، مصرف آب در بخش کشاورزی است (وارد و تریمبل 2004). نیاز آبی گیاهان توسط عوامل مختلفی تحت تاثیر قرار می‌گیرد. این عوامل عبارتند از: اقلیم و متغیرهای هواشناسی، رطوبت خاک، نوع گیاه و سیستم آبیاری. از میان این عوامل، اقلیم و متغیرهای هواشناسی از مهمترین فاکتورها می‌باشند. تاثیر اقلیم بر نیاز آبی گیاهان به شکل تبخیر-تعرق بروز می‌کند. پس اطلاع از شدت تبخیر-تعرق در یک منطقه جهت بهره‌برداری مطلوب از منابع آب موضوعی مهم است (سیلوا و همکاران 2010).

نخستین گام در طراحی سیستم‌های آبیاری و نیز بخش اصلی و مهم برنامه‌ریزی آبیاری، تخمین مقدار صحیح و دقیق تبخیر-تعرق می‌باشد. زیرا بدون آگاهی از مقدار صحیح آن، آبی که در اختیار گیاه قرار می‌گیرد یا کمتر از آب مورد نیاز گیاه بوده و باعث کاهش مقدار محصول می‌گردد (در اثر تنش آبی) و یا بیشتر از مقدار مورد نیاز گیاه بوده و باعث اتلاف آب و ایجاد مساله زهکشی می‌شود (رحیم زادگان 1375). در اغلب روش‌هایی که برای تعیین میزان تبخیر-تعرق ارائه شده‌اند، ابتدا مقدار تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ET_0) تخمین زده می‌شود و سپس از روی آن تبخیر-تعرق گیاه مورد نظر محاسبه می‌شود (علیزاده و همکاران 1380). بر اساس تعریف هیات مشاوره کارشناسی فائو، تبخیر-تعرق مرجع عبارت است از «میزان تبخیر-تعرق صورت گرفته از یک گیاه مرجع فرضی با ارتفاع تقریبی 0/12 متر، مقاومت روزنه‌ای 70 ثانیه بر متر و ضریب بازتابش 0/23، با این فرض که شاخص سطح برگ آن 24 برابر ارتفاع گیاه باشد» (آلن و همکاران 1998).

اندازه‌گیری مستقیم تبخیر-تعرق بسیار پرهزینه است و تعیین میزان دقیق آن نیازمند تجهیزات خاصی

مانند لایسیمتر می‌باشد (لوپز-اوره آ و همکاران 2006). بنابراین به عنوان یک جایگزین (برای لایسیمتر)، معادلات نیمه تجربی مانند فائو-پنمن-مونتیت (FPM) جهت تخمین تبخیر-تعرق توصیه می‌شود. برای استفاده از این معادله و سایر معادلات ارائه شده در این زمینه لازم است از داده‌های ثبت شده ایستگاه‌های استاندارد هواشناسی استفاده شود (آلن و همکاران 1998).

اگر مقادیر تبخیر-تعرق روزانه طی یک دوره آماری طولانی مدت برای سال‌های متوالی محاسبه گردد، مشاهده خواهد شد که ارقام متفاوتی برای آن در هر سال بدست می‌آید که علت آن تغییرات تصادفی هوا در هر سال می‌باشد. با توجه به وابستگی مقادیر تبخیر-تعرق به پارامترهای هواشناسی، می‌توان نتیجه گرفت که تبخیر-تعرق یک پارامتر تصادفی است، بنابراین از توزیع‌های آماری تبعیت می‌کند. مناسب‌ترین توزیع احتمالاتی که داده‌های تبخیر-تعرق از آن تبعیت می‌کنند توزیع نرمال است (علیزاده 1383).

در صورت استفاده از مقادیر حداکثر تبخیر-تعرق (روزانه، هفتگی، ده روزه یا ماهانه) برای تعیین ظرفیت سیستم آبیاری و طراحی و برنامه‌ریزی بر اساس آن، مقدار مورد استفاده، در طول دوره آبیاری فقط برای یک دوره (در صورت بلند بودن طول دوره محاسبه) یا دو دوره (در صورت کوتاه بودن آن) ممکن است اتفاق بیفتد. این حالت، الزام استفاده از ET_0 با سطح احتمال وقوع معین برای طراحی سیستم‌های آبیاری را آشکار می‌سازد (برای افزایش دقت در طراحی و کاهش ریسک). مقادیر ET_0 با سطح احتمال وقوع معین، در طول فصل رشد گیاه با یکدیگر متفاوت است (جنسن 1983). درانتخاب سطح احتمال وقوع برای ET_0 جهت استفاده در برنامه‌ریزی آبیاری یا طراحی سیستم‌های آبیاری بایستی موارد زیر را مورد توجه قرار داد:

ET_0 روزانه با 3 روش متفاوت محاسبه تبخیر-تعرق مرجع با استفاده از داده‌های هواشناسی دوره 30 ساله فرودگاه مهرآباد تهران، منحنی‌های توزیع ET_0 روزانه در سطوح احتمال وقوع متفاوت را ارائه نمودند. نتایج بیانگر تاثیر روش محاسبه تبخیر-تعرق مرجع بر مقادیر ET_0 روزانه در سطوح متفاوت احتمال وقوع می‌باشد. نیکبخت و همکاران (1386) در تحقیقی دیگر، مقادیر تبخیر-تعرق واقعی گیاهان (ET_C) کشت شده در اراضی زیر سد علویان واقع در شمال شهر مراغه (آذربایجان شرقی) در سطوح احتمالاتی متفاوت را استخراج کردند. نتایج حاکی از اختلاف قابل ملاحظه در مقادیر میانگین ET_C روزانه با سطح احتمال وقوع متفاوت، برای دوره چند روزه می‌باشد که این حالت تاثیر قابل توجهی در مقادیر ظرفیت سامانه‌های آبیاری می‌گذارد.

هدف از تحقیق حاضر استخراج مقادیر ET_0 روزانه در سطح احتمال وقوع متفاوت در منطقه ارومیه و بررسی میزان اختلاف بین آنها می‌باشد. برای محاسبه مقادیر ET_0 روزانه از دو روش فائو پنمن - مونتیت (آلن و همکاران 1998) به عنوان روش استاندارد و روش ساده هارگریوز - سامانی (1985) که نیاز به داده‌های کم دارد استفاده شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق برای محاسبه مقادیر تبخیر-تعرق از داده‌های ثبت شده پارامترهای هواشناسی ایستگاه سینوپتیک فرودگاه ارومیه استفاده شد. این ایستگاه دارای طول جغرافیایی 45 درجه و 5 دقیقه، عرض جغرافیایی 37 درجه و 32 دقیقه و ارتفاع از سطح آبهای آزاد 1313 متر می‌باشد. جدول 1 متوسط طولانی مدت پارامترهای هواشناسی ایستگاه ارومیه را نشان می‌دهد. جهت استخراج منحنی‌های ET_0 روزانه با سطوح احتمال وقوع متفاوت، ابتدا با استفاده از مقادیر روزانه

(1) نوع گیاه کشت شده: برای گیاهان با ارزش و حساس به تنش آبی، از ET_0 با سطح احتمال وقوع بیشتر و برای گیاهان کم ارزش و غیر حساس نسبت به تنش آبی، از ET_0 با سطح احتمال وقوع کمتر استفاده می‌شود (پرویت و همکاران 1972). در این خصوص جنسن و همکاران (1990) برای گیاهان با ارزش و یا دارای عمق توسعه ریشه کم، استفاده از منحنی‌های ET_0 روزانه با سطح احتمال وقوع 80% یا 90% را توصیه نمودند.

(2) نوع بافت خاک مزرعه: برای خاک‌هایی با بافت سبک که دارای ظرفیت پایین نگهداری رطوبت می‌باشند، از ET_0 با سطح احتمال وقوع زیاد استفاده می‌گردد. همچنین برای مزارعی که در آن گیاه با ارزش یا گیاه با عمق توسعه ریشه کم کشت شده، نمی‌توان از ET_0 با سطح احتمال وقوع پائین استفاده نمود (جنسن و همکاران 1990 و پرویت و همکاران 1972).

(3) میزان ریسک پذیری زارع: موقعی که سیستم آبیاری بر اساس ET_0 با سطح احتمال وقوع 80% طراحی می‌گردد، در واقع از طرف زارع 20% به عنوان ریسک پذیرفته می‌شود. در این حالت، زارع باید در طول 10 سال کشت و زرع، انتظار داشته باشد که در طول 2 سال کمتر از مقدار مورد انتظار محصول برداشت خواهد کرد. قبول درصدی به عنوان ریسک توسط زارع در انتخاب سطح احتمال وقوع ET_0 روزانه برای طراحی سیستم آبیاری مؤثر می‌باشد (کوئنکا 1989).

پرویت و همکاران (1972) برای منطقه کالیفرنیا مرکزی، نیکسون و همکاران (1972) برای منطقه کالیفرنیا ساحلی و رایت و جنسن (1972) برای منطقه کیمبرلی منحنی‌های توزیع سالانه ET_0 روزانه با احتمال وقوع متفاوت را استخراج نمودند. در ایران نیکبخت و میرلطیفی (1382) پس از محاسبه مقادیر

T_{mean} میانگین درجه حرارت روزانه ($^{\circ}C$) و TD اختلاف درجه حرارت حداکثر و حداقل روزانه ($^{\circ}C$) (هارگریوز و سامانی 1985) می‌باشد.

بدیهی است برای هر روز از سال به تعداد سال‌های آماری مورد استفاده (24 سال)، مقدار ET_0 روزانه وجود خواهد داشت. مقادیر ET_0 مربوط به هر روز ژولینوسی¹ از بقیه روزها تفکیک گردید. میانگین و انحراف معیار مقادیر ET_0 روزانه مربوط به هر روز ژولینوسی محاسبه شد. برای محاسبه مقادیر ET_0 روزانه با احتمال وقوع متفاوت از رابطه توزیع نرمال استفاده شد.

$$X = \bar{X} + K.S \quad [3]$$

X مقدار متغیر تصادفی (تبخیر-تفرق مرجع) با احتمال وقوع متفاوت، \bar{X} میانگین نمونه، S انحراف معیار نمونه و K ضریب فراوانی مربوط به توزیع نرمال است که به احتمال وقوع متغیر تصادفی (تبخیر-تفرق مرجع) بستگی دارد (علیزاده 1380).

در طرح‌های آبیاری تعیین ظرفیت سیستم آبیاری و برنامه‌ریزی آبیاری برای توزیع آب در سطح مزرعه، بر اساس میزان آب مورد لزوم گیاه کشت شده در دوره تناوب آبیاری حداکثر صورت می‌گیرد. مقدار ET_0 مورد استفاده برای طراحی در این حالت، میانگین حداکثر ET_0 روزانه برای دوره مورد نظر می‌باشد. به منظور بررسی تاثیر طول دوره محاسبه میانگین ET_0 روزانه بر مقدار ET_0 محاسبه شده، ابتدا باید تاریخ وقوع دوره‌های حداکثر ET_0 روزانه با طول دوره‌های متفاوت تعیین گردد. بدین منظور ابتدا با استفاده از مقادیر ET_0 روزانه با احتمال وقوع 99 درصد (محاسبه شده در مرحله قبل)، مقادیر میانگین‌های متحرک ET_0 روزانه برای دوره‌های 1، 3، 5، 7، 10، 15، 20، 25 و 30 روزه در طول 365 روز محاسبه گردیده و حداکثر

پارامترهای هواشناسی، مقادیر ET_0 روزانه با دو روش فائو-پنمن-مانتیث ($FP-M$) (رابطه 1) و هارگریوز-سامانی ($H-S$) (رابطه 2) برای دوره آماری موجود محاسبه شد.

جدول 1- مشخصات اقلیمی ایستگاه سینوپتیک ارومیه برای دوره 1985 تا 2008.

5/1	متوسط حداقل درجه حرارت روزانه ($^{\circ}C$)
17/6	متوسط حداکثر درجه حرارت روزانه ($^{\circ}C$)
11/4	متوسط درجه حرارت روزانه ($^{\circ}C$)
59	متوسط رطوبت نسبی (%)
7/9	متوسط ساعات آفتابی روزانه
2876/2	متوسط ساعات آفتابی سالانه
22	متوسط سرعت باد در ارتفاع 2 متری (km/hr)
371	متوسط بارش سالانه (mm)

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + g \frac{900}{(T + 273)} u_2 (e_a - e_d)}{\Delta + g(1 + 0.34u_2)} \quad [1]$$

ET_0 تبخیر-تفرق مرجع (mm/day)، R_n تابش خالص ورودی به سطح گیاه ($MJ/m^2/day$)، G شار گرمای خاک ($MJ/m^2/day$)، T میانگین روزانه دمای هوا ($^{\circ}C$)، u_2 میانگین روزانه سرعت باد در ارتفاع دو متری (m/sec)، e_a فشار بخار اشباع (kPa)، e_d فشار بخار واقعی (kPa)، $e_a - e_d$ کمبود فشار بخار اشباع (kPa)، Δ شیب منحنی فشار بخار اشباع ($kPa/^{\circ}C$)، γ ضریب ثابت سایکرومتری ($kPa/^{\circ}C$)، 900 ضریبی برای گیاه مرجع ($kg^{\circ}k/kJ/day$) و 0/34 ضریب باد برای گیاه مرجع (sec/m) است (آلن و همکاران 1998).

$$ET_0 = 0.0023 R_a (T_{mean} + 17.8) TD^{0.5} \quad [2]$$

ET_0 : تبخیر-تفرق گیاه مرجع چمن (mm/day)، R_a تشعشع خورشیدی رسیده به بالای جو ($MJ/m^2/day$).

¹ Julian date

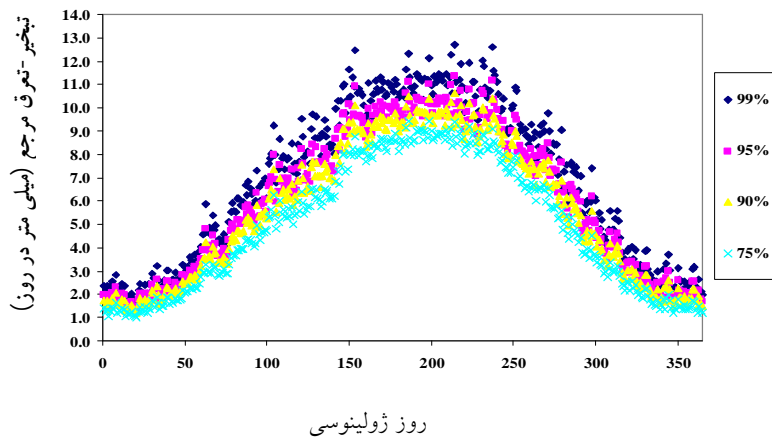
اختلاف بین سطوح احتمالاتی، میزان اختلاف بین مقدار حداکثر ET_0 روزانه نیز افزایش می‌یابد. به طوریکه مقدار حداکثر ET_0 روزانه روش $FP-M$ با سطح احتمالاتی 75% نسبت به 50%، 1/0 میلی متر در روز (13%) و 90% نسبت به 50%، 1/9 میلی متر در روز (24%) بیشتر است. این مقادیر برای روش $H-S$ به ترتیب 0/5 و 0/9 میلی متر در روز (معادل 8% و 15%) می‌باشد. بنابراین با توجه به مقادیر جداول 2 و 3، در صورت استفاده از سطح احتمالاتی بالاتر برای حداکثر ET_0 روزانه، مقدار مورد استفاده در طراحی سیستم آبیاری و برنامه‌ریزی آبیاری افزایش می‌یابد. این حالت باعث افزایش ظرفیت سیستم و هزینه‌های اجرای آن می‌شود، ولی ریسک مورد انتظار در این حالت کاهش می‌یابد. مقادیر جداول 2 و 3 همچنین بیانگر تأثیر روش محاسبه ET_0 روزانه بر مقدار آن در کلیه سطوح احتمالاتی می‌باشد. به طوریکه مقادیر ET_0 روزانه محاسبه شده به روش $FP-M$ با سطوح احتمالاتی 50%، 75% و 90% نسبت به $H-S$ به ترتیب 1/8، 2/3 و 2/8 میلی متر در روز (معادل 23%، 26% و 28%) بیشتر می‌باشد. با توجه به توصیه‌های صورت گرفته از طرف سازمان فائو، در جاهایی که ایستگاه مجهز هواشناسی جهت ثبت داده‌های پارامترهای هواشناسی مورد لزوم برای محاسبه ET_0 با روش $FP-M$ وجود دارد، مقادیر محاسبه شده با این روش می‌تواند جایگزین داده‌های لایسمری شده و برای طراحی سیستم‌های آبیاری و برنامه‌ریزی آبیاری مورد استفاده قرار گیرد (آلن و همکاران 1998). محاسبه شده با این روش می‌تواند جایگزین داده‌های لایسمری شده و برای طراحی سیستم‌های آبیاری و برنامه‌ریزی آبیاری مورد استفاده قرار گیرد (آلن و همکاران 1998).

مقدار هر یک از دوره‌ها تعیین گردید. سپس با توجه به مقدار ماکزیم تعیین شده برای هر دوره، روز شروع و خاتمه دوره حداکثر مشخص شد. با توجه به تاریخ‌های مشخص شده برای هر دوره، مقدار میانگین ET_0 روزانه همان دوره با استفاده از داده‌های ET_0 روزانه محاسبه شده در مرحله اول تحقیق (داده‌های محاسبه شده برای 24 سال) برآورد گردید. بنابراین برای هر یک از دوره‌های حداکثر ET_0 ، به تعداد 24 عدد، مقدار میانگین ET_0 روزانه بدست آمد. برای هر کدام از طول دوره‌های حداکثر (1 الی 30 روزه)، میانگین و انحراف معیار داده‌ها محاسبه شد. با استفاده از رابطه 3، مقادیر میانگین ET_0 روزانه با سطوح احتمال وقوع 1%، 5%، 10%، 25%، 50%، 75%، 90%، 95% و 99% برای هر یک از طول دوره‌های حداکثر تبخیر-تعرق مرجع 1 الی 30 روز محاسبه گردید.

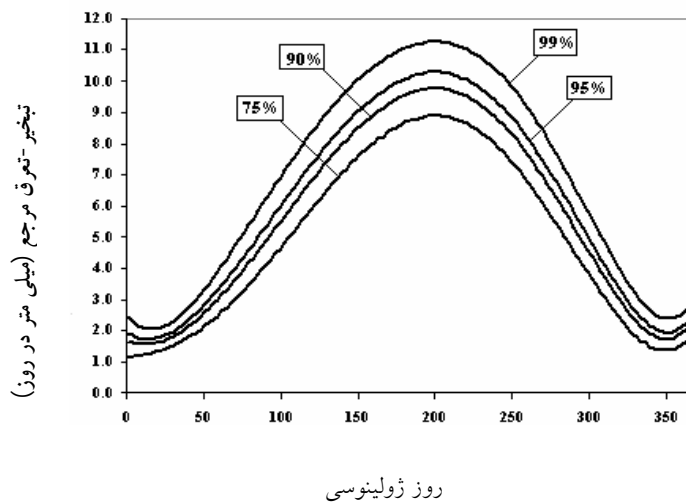
نتایج و بحث

با استفاده از رابطه 3، برای تمامی روزهای سال مقدار ET_0 در سطوح احتمال وقوع 75%، 90%، 95% و 99% برآورد گردید. با استفاده از ارقام حاصله نمودار توزیع سالانه مقادیر ET_0 روزانه در سطح احتمال وقوع متفاوت رسم گردید. شکل 1 نمودار حاصل برای روش فائو-پنمن-مانتیتش را نشان می‌دهد. شکل 2 از برآزش بهترین منحنی ممکن (چند جمله ای از درجه 6) بر مقادیر شکل 1 به دست آمده است. روش مشابه برای مقادیر ET_0 روزانه محاسبه شده به روش $H-S$ نیز انجام شد که در شکل 3 نشان داده شده است.

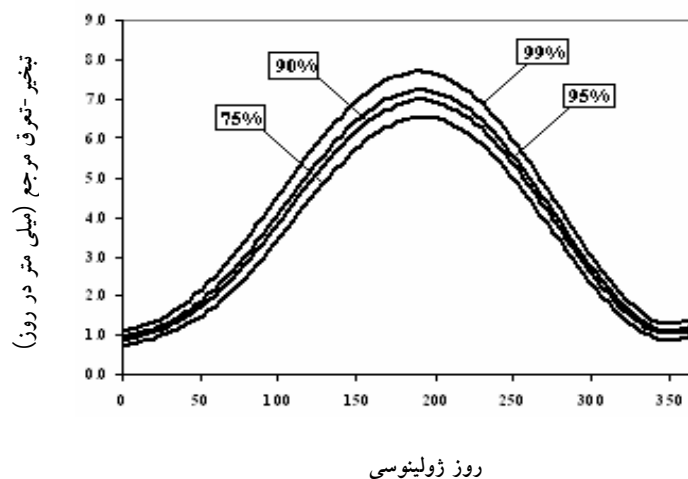
جدول 2 مقادیر حداکثر ET_0 روزانه با سطح احتمال وقوع متفاوت را که از طریق شکل‌های 2 و 3 به دست آمده، نشان می‌دهد. جدول 3 اختلاف بین مقادیر حداکثر ET_0 روزانه در سطوح احتمالاتی متفاوت را برای دو روش محاسبه تبخیر-تعرق نشان می‌دهد. با توجه به مقادیر جداول 2 و 3 می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش



شکل 1- منحنی‌های توزیع ET_0 روزانه (محاسبه شده به روش FP-M) در سطوح احتمال وقوع مختلف.



شکل 2- منحنی‌های توزیع ET_0 روزانه (محاسبه شده به روش FP-M) در سطوح احتمال وقوع مختلف.



شکل 3- منحنی‌های توزیع ET_0 روزانه (محاسبه شده به روش H-S) در سطوح احتمال وقوع مختلف.

جدول 2- مقادیر حداکثر ET_0 روزانه در سطوح احتمالاتی متفاوت.

اختلاف دو روش (%)		روش H-S	روش FP-M	سطح احتمال وقوع (%)
(mm/day)				
23	1/8	6/1	7/9	50
26	2/3	6/6	8/9	75
28	2/8	7/0	9/8	90
29	3/0	7/3	10/3	95

جدول 3- اختلاف مقادیر حداکثر ET_0 روزانه در سطوح احتمالاتی متفاوت.

روش H-S		روش FP-M		سطح احتمال وقوع (%)
(%)	(mm/day)	(%)	(mm/day)	
8	0/5	13	1/0	75 و 50
15	0/9	24	1/9	90 و 50
20	1/2	30	2/4	95 و 50
6	0/4	10	0/9	90 و 75
11	0/7	16	1/4	95 و 75

دو روش مربوط گردید. سپس نمودار توزیع میانگین ET_0 روزانه برای دوره‌های 1 الی 30 روزه حداکثر تبخیر-تعرق مرجع با سطوح احتمال وقوع متفاوت رسم شد. شکل 4 نمودار حاصل را برای روش فائو-پنمن-مانتیث نشان می‌دهد. شکل 5 از برازش بهترین منحنی ممکن بر مقادیر شکل 4 حاصل شده است. به طور مشابه شکل 6 بهترین منحنی توزیع میانگین ET_0 روزانه برای دوره‌های حداکثر که با روش $H-S$ محاسبه شده است را نشان می‌دهد.

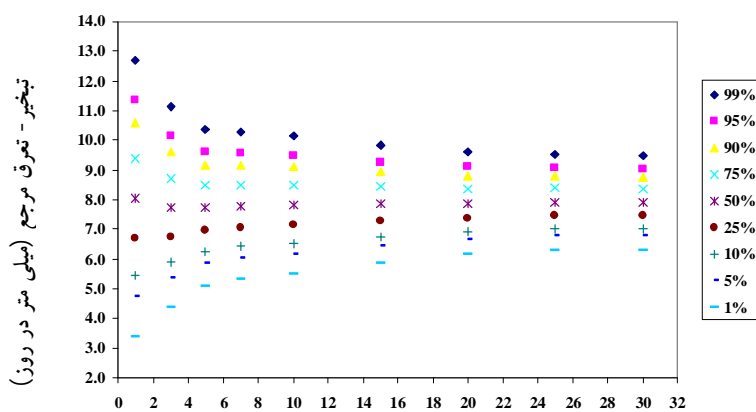
جدول 4 تاریخ وقوع حداکثر ET_0 با طول دوره های مختلف را نشان می‌دهد. با توجه به جدول 4 ملاحظه می‌شود که تاریخ وقوع دوره‌های حداکثر ET_0 با طول دوره 1 الی 20 روزه که از طریق روش $FP-M$ به دست آمده است حدود 2 هفته نسبت به روش $H-S$ دیرتر رخ می‌دهد، ولی تاریخ وقوع دوره‌های 25 و 30 روزه دو روش تقریباً منطبق بر یکدیگر هستند. علت عدم انطباق تاریخ‌ها در دو روش در دوره‌های کمتر از 25 روز می‌تواند به پارامترهای مورد استفاده در این

جدول 4- تاریخ وقوع حداکثر تبخیر-تعرق مرجع با طول دوره‌های 1 الی 30 روزه.

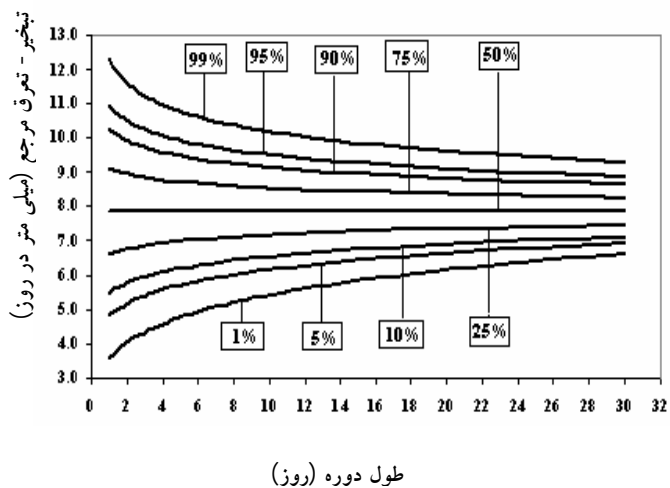
روش $H-S$	روش $FP-M$	طول دوره حداکثر ET_0
25 تیر	11 مرداد	1 روزه
24 تا 26 تیر	9 تا 11 مرداد	3 روزه
22 تا 26 تیر	8 تا 12 مرداد	5 روزه
21 تا 27 تیر	9 تا 15 مرداد	7 روزه
18 تا 27 تیر	6 تا 15 مرداد	10 روزه
13 تا 27 تیر	1 تا 15 مرداد	15 روزه
13 تیر تا 1 مرداد	27 تیر تا 15 مرداد	20 روزه
19 تیر تا 12 مرداد	19 تیر تا 12 مرداد	25 روزه
14 تیر تا 12 مرداد	13 تیر تا 11 مرداد	30 روزه

احتمالاتی 1% و 99%، 8/7 میلی متر در روز می‌باشد. این اختلاف برای دوره‌های 10 و 30 روزه به ترتیب 4/8 و 2/7 میلی متر در روز می‌باشد. علت آن مربوط به استفاده از روش متوسط‌گیری حسابی می‌باشد. همچنین در شکل‌های 5 و 6، منحنی میانگین حداکثر ET_0 روزانه با سطح احتمالاتی 50% به صورت خط تقریباً افقی بوده و در وسط کلیه منحنی‌ها با سطح احتمالاتی مکمل قرار دارد و فاصله دو منحنی مکمل از آن تقریباً یکسان می‌باشد.

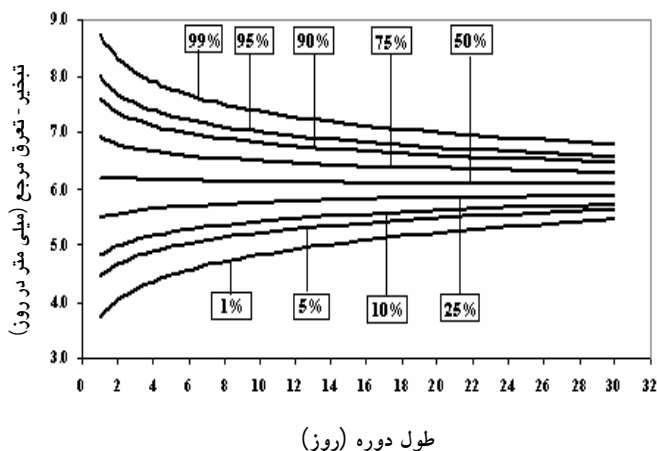
همانطوریکه بیان شد طراحی سیستم آبیاری و برنامه‌ریزی آبیاری جهت توزیع آب در سطح مزرعه بر اساس دوره تناوب حداکثر گیاه کاشته شده صورت می‌گیرد. مقدار ET_0 مورد استفاده در این حالت، میانگین حداکثر ET_0 روزانه برای دوره مورد نظر خواهد بود. با توجه به شکل‌های 5 و 6 ملاحظه می‌شود با افزایش دوره متوسط‌گیری، فاصله بین مقادیر میانگین حداکثر ET_0 روزانه با احتمال وقوع مکمل (مجموع دو سطح احتمالاتی 100%) کمتر می‌شود. با توجه به شکل 5، اختلاف بین مقادیر میانگین حداکثر ET_0 روزانه $FP-M$ در دوره یک روزه با سطح



شکل 4- نمودار توزیع میانگین ET_0 روزانه (روش FP-M) برای دوره‌های 1 الی 30 روزه با سطوح احتمالاتی متفاوت.



شکل 5- منحنی توزیع میانگین ET_0 روزانه (روش FP-M) برای دوره‌های 1 الی 30 روزه با سطوح احتمالاتی متفاوت.



شکل 6- منحنی توزیع میانگین ET_0 روزانه (روش H-S) برای دوره‌های 1 الی 30 روزه با سطوح احتمالاتی متفاوت.

جداول 5 و 6 مقادیر میانگین حداکثر ET_0 روزانه با مقادیر جداول 5 و 6، ملاحظه می‌گردد که روند مشابه با جداول 2 و 3 در این حالت نیز وجود دارد. شکل‌های 5 و 6 استخراج شده نشان می‌دهد. با توجه به

جدول 5- مقادیر میانگین حداکثر ET_0 روزانه برای دوره 5 روزه با سطوح احتمالاتی متفاوت.

اختلاف دو روش		روش H-S	روش FP-M	سطح احتمال وقوع (%)
(%)	(mm/day)			
22	1/7	6/1	7/8	50
24	2/1	6/6	8/7	75
24	2/3	7/1	9/4	90
26	2/6	7/3	9/9	95

جدول 6- اختلاف مقادیر میانگین حداکثر ET_0 روزانه برای دوره 5 روزه با سطوح احتمالاتی متفاوت.

روش H-S		روش FP-M		سطح احتمال وقوع (%)
(%)	(mm/day)	(%)	(mm/day)	
8	0/5	12	0/9	50 و 75
16	1/0	21	1/6	50 و 90
20	1/2	27	2/1	50 و 95
8	0/5	8	0/7	75 و 90
11	0/7	14	1/2	75 و 95

نتیجه گیری

اجرای طرح نیز افزایش می‌یابد، ولی میزان شکست‌پذیری سیستم کاهش خواهد یافت.

سپاسگزاری

از اداره هواشناسی استان آذربایجانغربی که در ارائه داده‌های مورد نیاز این پژوهش کمال همکاری را نمودند تشکر و قدردانی می‌شود.

در حالت کلی با توجه به نتایج تحقیق حاضر می‌توان به این نتیجه رسید که با افزایش سطوح احتمالاتی، مقدار ET_0 روزانه افزایش پیدا می‌کند. بنابراین در صورت استفاده از سطوح احتمالاتی بالاتر برای طراحی سیستم‌های آبیاری، مقدار ET_0 مورد استفاده برای طراحی افزایش خواهد یافت. این حالت باعث افزایش ظرفیت کانال‌های آبرسانی و نیز ظرفیت سیستم‌های آبیاری می‌شود که به تبع آن هزینه‌های

منابع مورد استفاده

- رحیم‌زادگان ر، ۱۳۷۵. طراحی سیستم‌های آبیاری بارانی. چاپ دوم، جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان، ۲۸۰ صفحه.
- علیزاده ا، ۱۳۸۰. اصول هیدرولوژی کاربردی. چاپ پنجم، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد، ۷۳۵ صفحه.
- علیزاده ا، ۱۳۸۳. طراحی سیستم‌های آبیاری. چاپ پنجم، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد، ۵۸۳ صفحه.
- علیزاده ا، میرشاهی ب، هاشمی‌نیا م و ثنائی نژاد ح، ۱۳۸۰. بررسی دقت و عملکرد تبخیر-تعرق پتانسیل محاسبه شده به روش‌های هارگریوز-سامانی و تشتک تبخیر در ایستگاه‌های سینوپتیک استان خراسان. مجله نیوار، شماره‌های ۴۲ و ۴۳ صفحه‌های ۵۱-۷۰.
- نیکبخت ج و میرلطیفی س م، ۱۳۸۲. تاثیر روش محاسبه ET_0 ، احتمال وقوع و طول دوره حداکثر مصرف آب بر تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع. مجله علوم خاک و آب. ۱۶ (۲) صفحه‌های ۲۲۳-۲۳۱.
- نیکبخت ج، محمدی ک و احتشامی م، ۱۳۸۶. برآورد تبخیر-تعرق واقعی گیاه در سطح احتمالاتی متفاوت: مطالعه موردی در مراغه، آذربایجان شرقی. مجله علوم کشاورزی. ۱۳ (۱) صفحه‌های ۹۵-۱۰۶.
- Allen RG, Pereira LS, Raes D and Smith M, 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56 Rome Italy.
- Cuenca RH, 1989. Irrigation System Design - An Engineering Approach. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs NJ.
- Hargreaves, GH and Samani ZA, 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. Applied Engineering in Agriculture 1(2): 96-99.
- Jensen ME, 1983. Design and Operation of Farm Irrigation System. The American Society of Agricultural Engineering, USA. 2950 Niles Road St. Joseph Michigan 1-11.

- Jensen ME, Burman RD and Allen RG, 1990. Evapotranspiration and Irrigation Water Requirement. ASCE Manual, No. 70 Am Soc Civil Engrs New York NY.
- Lopez-Urrea R, de Santa Olalla M, Fabeiro C and Moratalla A, 2006. Testing evapotranspiration equations using lysimeter observations in a semiarid climate. *Agricultural Water Management* 85: 15–26.
- Nixon PR, Lawless GP and Richardson GV, 1972. Coastal California evapotranspiration frequencies. *Proceeding of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Irrigation and Drainage Division*, (IR2): 185-91.
- Pruitt WO, Von Oettigen S and Morgan DL, 1972. Central California evapotranspiration frequencies. *Proceeding of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Irrigation and Drainage Division*, (IR2): 177-184.
- Silva DY, Meza F and Varas E, 2010. Estimating reference evapotranspiration (ET_o) using numerical weather forecast data in central Chile. *Journal of Hydrology* 382: 64-71.
- Ward A and Trimble S, 2004. *Environmental Hydrology*. Lewis Publishers, USA.
- Wright JL and Jensen ME, 1972. Peak water requirements in southern Idaho. *Proceeding of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 98(IR2): 193-201.