

## بررسی روند تغییرات در منحنی های فراوانی وقوع تبخیر- تعرق

حسین شریفان\* - امین علیزاده<sup>۱</sup>

تاریخ دریافت: ۸۵/۸/۳

تاریخ پذیرش: ۸۶/۱۰/۱۱

### چکیده

آگاهی از میزان آب مصرفی گیاه و خاصیت نگهداری آن توسط خاک از اصول طراحی سیستم آبیاری است. بنابراین در محاسبه و بررسی مقادیر تبخیر-تعرق، استفاده از یک روش مناسب ضروری به نظر می رسد. از سوی دیگر در نظر گرفتن مقادیر احتمالاتی این پارامترها در برآورد تأمین آب مورد نیاز گیاه می تواند نقش بسزایی داشته باشد. لذا هدف از انجام این تحقیق برآورد مقادیر تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ETO) و چند گیاه شاخص (ETp) در استان گلستان (ایستگاه های سینوپتیک هاشم آباد گرگان، گنبد و مراوه تپه) در دوره آماری بود. پس از محاسبه مقادیر ETO و ETp روزانه برای هر یک از روزهای ژولینوسی سال در دوره آماری، مقادیر احتمالاتی مختلف بر اساس توزیع نرمال برآورد گردید. به طوری که پس از برازش دادن منحنی های زنگوله ای، بهترین منحنی قابل برازش از بین نمودارها، منحنی چند جمله ای درجه ۶ بدست آمد. مقایسه منحنی های بدست آمده نشان داد که با افزایش احتمال، میزان تبخیر-تعرق نیز افزایش می یابد. همچنین برای هر یک از احتمالات خاص، مقدار تبخیر-تعرق در ابتدا روند صعودی داشته تا حدی که در اواسط تابستان به حداکثر میزان خود رسیده، سپس روند نزولی داشت تا به حداقل میزان خود رسید. از سوی دیگر روند تغییرات منحنی های ETp نیز چنین بود، با این تفاوت که زمان اوج هر یک از محصولات با یکدیگر تفاوت داشت. همچنین نقطه اوج ETO در ایستگاه هاشم آباد-گرگان با اقلیم نیمه معتدل زودتر از ایستگاه های گنبد و مراوه تپه با اقلیم خشک تا نیمه خشک اتفاق می افتد. بالطبع برای مقادیر ETp چنین نتیجه ای حاصل شد.

واژه های کلیدی: تبخیر، تبخیر-تعرق پتانسیل، فراوانی، احتمال وقوع، گلستان

### مقدمه

ساله داده های هواشناسی استفاده شود، احتمال وقوع ETO استفاده شده حدود ۵۰٪ خواهد بود. عبارتی سیستم آبیاری طراحی شده بر این اساس، از یک دوره ۱۰۰ ساله آبیاری فقط قادر خواهد بود نیاز آبی گیاه را در ۵۰ سال تأمین نماید و در ۵۰ سال دیگر نیاز آبی گیاه بیش از توانائی سیستم برای تأمین آب خواهد بود. در حالیکه در منابع و مراجع معتبر علمی توصیه شده است که از مقادیر ETO با احتمال وقوع ۷۵٪ در طراحی ظرفیت سیستم های آبیاری استفاده شود (علیزاده، ۱۳۷۲). انتخاب سطح احتمال وقوع معین برای ETO جهت طراحی سیستم های آبیاری، به عوامل مختلفی بستگی دارد. برای گیاهان با ارزش و حساس به تنش آبی و همچنین برای خاک هایی با بافت سبک که ظرفیت نگهداری رطوبت آنها کم بوده و دوره آبیاری در آنها کوتاه می باشد، از ETO با سطح احتمال وقوع بیشتر و برای گیاهان کم

پروژه های آبیاری به منظور ایجاد زمینه ای مناسب برای رشد گیاهان طراحی می شوند. حداکثر رشد گیاهی الزاما با حداکثر محصول دهی بخش مفید گیاه مطابقت نخواهد داشت. چیزی که مهم است تولید حد مطلوب محصول تحت شرایط موجود در مزرعه است. آگاهی از میزان آب مصرفی گیاه و خاصیت نگهداری آن توسط خاک از اصول طراحی سیستم آبیاری و برنامه ریزی پروژه آبیاری است. ظرفیت سیستم که شامل کانال، خطوط لوله و مخزن و پمپاژ است، توسط الگوی آب مصرفی گیاه با در نظر گرفتن بارندگی و تلفات کاربرد آب تعیین می شود.

مقادیر تبخیر-تعرق برآورد شده یکی از پارامترهای اساسی در طراحی سیستم های آبیاری می باشند، اگر در این طراحی از میانگین مقادیر تبخیر-تعرق گیاه مرجع (ETO) برای یک دوره چند

۱- به ترتیب استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، و استاد گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد  
\* نویسنده مسئول Email: h-sharifan47@yahoo.com

کالیفرنیا، کواستال و کیمبرلی نمودند. ایشان از این منحنی ها برای تعیین نیازآبی گیاهان در دوره های مشخص آبیاری با احتمالات مختلف استفاده نمودند.

در ایران نیکبخت و میرلطیفی (۸)، در تحقیقی برای منطقه مهرآباد-تهران منحنی های توزیع ETo روزانه با سطوح احتمال وقوع متفاوت برای منطقه تهران ارائه دادند و مقادیر احتمالاتی ETo برآورد شده از روش های پنمن-مانتیت، هارگریوز-سامانی و پنمن-رایت را مقایسه نمودند.

همچنین شریفان (۵) در تحقیقی مقادیر ETo و ETp با احتمالات مختلف را برای دوره های حداکثر نیاز آبی محاسبه نمود.

با توجه به تأثیر احتمال وقوع و طول دوره حداکثر تبخیر-تعرق گیاه مرجع بر مقدار میانگین ETo و ETp باید یکسری معادله معین که شکل منحنی ها از آن تبعیت می کند را بر آنها برآزش داد تا منحنی های احتمالاتی نقش کاربردی پیدا کنند.

طبق تعریف، بهترین منحنی به منحنی اطلاق می گردد که مجموع مربعات مقادیر واقعی و مقادیر قابل پیش بینی توسط منحنی برآزش داده شده حداقل باشد. یعنی:

$$Min = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (1)$$

$y_i$ : مقادیر واقعی  $i$ ؛

$\hat{y}_i$ : مقادیر پیش بینی شده (۴).

بنابراین هدف از انجام این تحقیق بررسی روند تغییرات منحنی های فراوانی وقوع تبخیر-تعرق پتانسیل گیاه مرجع از روش استاندارد (F-P-M) و چند گیاه شاخص (ETp) در استان گلستان (ایستگاههای سینوپتیک گرگان، گنبد و مراوه تپه) با احتمالات مختلف در دوره آماری بود. همچنین با استفاده از مقادیر برآورد شده فوق الذکر، منحنی های توزیع ETo و ETp روزانه در سطوح مختلف احتمالاتی ارائه گردیده و این منحنی ها با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفتند.

### مواد و روش ها

در این تحقیق از آمار هواشناسی سه ایستگاه سینوپتیک هاشم آباد-گرگان، گنبد و مراوه تپه استفاده شد. لذا در ابتدا مقادیر متوسط داده های هواشناسی مورد نیاز (۸ بار قرائت در روز)

ارزش و مقاوم به تنش آبی، از ETo با سطح احتمال وقوع کمتر استفاده بعمل می آید. برای گیاهان با ارزش و یا دارای عمق توسعه ریشه کم، استفاده از منحنی های ETo با سطح احتمال و قوق ۸۰٪ یا ۹۰٪ توصیه شده است (۱۴، ۱۳) در صورتی که یک سیستم آبیاری بر اساس ETo با سطح احتمال وقوع ۸۰٪ طراحی شود. زارع با ۲۰٪ ریسک مواجه خواهد بود. در این حالت زارع در طول ۵ سال کشت و زرع، یک سال کمتر از مقدار مورد نظر محصول برداشت خواهد کرد (۱۰).

از سوی دیگر در محاسبه و بررسی مقادیر ETo و ETp در سطوح مختلف احتمالاتی، استفاده از یک روش مناسب ضروری به نظر می رسد. لذا در این تحقیق برای محاسبه روش فائو-پنمن-مانتیت M-P-F انتخاب شد که مورد تأیید بسیاری از مؤسسات تحقیقات معتبر جهانی و زیر نظر سازمان فائو بوده و به عنوان روش استاندارد در شرائط عدم دسترسی به داده های لایسیمتری شناخته شده است (۹، ۳) و خیرابی (۱۳۷۶).

از سوی دیگر امداد و همکاران در تحقیقی در منطقه گرگان، مقادیر تبخیر-تعرق گیاه مرجع تخمین زده شده از روش های تجربی را با مقادیر اندازه گیری شده توسط لایسیمتر حجمی در منطقه گرگان مورد مقایسه قرار داده و بر اساس بررسی های انجام شده، روش پنمن-مانتیت به عنوان بهترین روش برآورد ETo در منطقه گرگان پیشنهاد شد.

پروت و همکاران (۱۳) برای منطقه کالیفرنیا مرکزی و نیکسون و همکاران (۱۲) با استفاده از داده های اعداد تبخیر-تعرق روزانه اندازه گیری شده از لایسیمتر وزنی، در منطقه ساحلی دره های کالیفرنیا منحنی های توزیع ETo روزانه با سطوح احتمال وقوع متفاوت را استخراج کردند. آنها به این نتیجه رسیدند که سطح احتمال وقوع، تأثیر قابل ملاحظه ای بر میزان ETo روزانه محاسبه شده دارد، بطوریکه با افزایش سطح احتمال وقوع، مقدار ETo روزانه نیز افزایش پیدا می کند.

نیکسون و همکاران (۱۲) و رایت و همکاران (۱۴) با استفاده از منحنی های توزیع ETo روزانه با سطوح احتمال وقوع متفاوت، مبادرت به تعیین تاریخ زمان حداکثر تبخیر-تعرق مرجع با طول دوره های مختلف مانند ۱، ۳، ۵، ... و ۳۰ روزه برای مناطق

فراوانی می باشد و به احتمال وقوع متغیر بستگی دارد و در جداول آماری مربوط به توزیع نرمال موجود می باشد (۷).

برای هر روز ژولینوسی مقادیر ETo با احتمالات مختلف بدست آمد. سپس با استفاده از ارقام حاصله، نمودار مقادیر ETo روزانه با سطح احتمال وقوع های متفاوت در مقابل روز از سال رسم گردید. همچنین برای ترسیم منحنی های احتمالاتی مقادیر ETP هر یک از محصولات شاخص تمام مراحل فوق انجام شد.

### نتایج و بحث

از آنجا که داده های برخی از پارامترهای هواشناسی که در تخمین مقادیر تبخیر-تعرق مورد استفاده قرار می گیرد فقط در ایستگاه های هواشناسی سینوپتیک مجهز یادداشت برداری می شود، در تحقیق حاضر فقط از آمار و اطلاعات ثبت شده در ایستگاه های سینوپتیک استان گلستان استفاده شد. لذا از نتایج تحقیق حاضر می توان در نقاط دیگر استان که دارای اقلیمی مشابه اقلیم هر یک از ایستگاه های سینوپتیک انتخاب شده می باشند، استفاده نمود. بنابراین در ابتدا اقلیم ایستگاه های مورد نظر تعیین گردید (جدول ۱)

جدول (۱) بررسی اقلیم ایستگاه های سینوپتیک استان گلستان

نام ایستگاه	دومارتن	آمبروزه
هاشم آباد-گرگان	مدیترانه ای	نیمه مرطوب
گنبد	نیمه خشک	نیمه خشک معتدل
مراوه تپه	نیمه خشک	نیمه خشک

پس از محاسبه ETo و ETP برای هر یک از روزهای ژولینوسی (۳۶۵ روز) در هر یک از سالهای دوره آماری و با استفاده از معادله (۲)، مقادیر ETo و ETP هر یک از محصولات شاخص نیز با احتمالات مختلف تعیین گردید. در جداول ۲ تا ۵ مقادیر ETo و ETP محصول پنبه برای روزهای ۱۵۰ و ۲۰۰ ژولینوسی با احتمال وقوع متفاوت در ایستگاه های سینوپتیک مورد نظر نشان داده شده است. با توجه به جداول فوق هر چه احتمال وقوع بیشتر شود، میزان تبخیر-تعرق نیز افزایش می یابد. از سوی دیگر در سطوح احتمالاتی پائین، میزان تبخیر-تعرق در ایستگاه

برای هر روز ژولینوسی<sup>۱</sup> از سال تعیین و سپس برای برآورد ETo از مقادیر متوسط پارامترها استفاده شد. این پارامترها عبارتند از: دماهای حداقل، حداکثر، تر و خشک و شبم، ساعات آفتابی و سرعت باد. مقادیر ETo روزانه با استفاده از یک برنامه کامپیوتری تهیه شده در این تحقیق به زبان کوئیک بیسیک و به روش فائو-پنمن-مانیت برآورد شد. همچنین جهت استفاده از نتایج این تحقیق برای سایر نقاط، با توجه به دو روش دومارتن و آمبروزه، اقلیم هر یک از مناطقی که ایستگاههای فوق مستقر هستند، تعیین گردید. از طرفی با مراجعه به سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان و مراجع موجود در این سازمان و همچنین با توجه به سطح زیر کشت گیاهان مختلف در منطقه مطالعاتی، محصولاتی نظیر پنبه، گندم، جو، سویا و برنج به عنوان محصولات شاخص استان گلستان تعیین شدند (۲). بنابراین با توجه به مقادیر ETo روزانه و ضریب گیاهی (Kc) هر محصول، مقادیر ETP روزانه برآورد شد. از سوی دیگر با استفاده از برنامه کامپیوتری تهیه شده در این خصوص داده های ETo و ETP روزانه مربوط به هر یک از محصولات شاخص در هر روز ژولینوسی از بقیه روزها تفکیک گردید. سپس با استفاده از توزیعی که متغیرهای پیوسته با آن مطابقت دارند (توزیع نرمال) مقادیر احتمالاتی مختلف ETo و ETP محاسبه گردید (۴، ۶).

اکنون با در اختیار داشتن مقادیر ETP و ETo محصولات شاخص در مقیاس روزانه برای هر روز ژولینوسی، مقادیر احتمالاتی مختلف (۱٪، ۵٪، ... و ۹۹٪) ETo و ETP براساس توزیع مناسب برآورد گردید.

توزیع نرمال یکی از معمولی ترین توزیع هایی است که متغیرهای تصادفی با آن مطابقت دارند (۷). منحنی فراوانی تبخیر-تعرق روزانه در دوره های زمانی طولانی دارای شکل نرمال می باشد. (Nixon, et al., 1972 & Jensen and Wright, 1972). بنابراین برای محاسبه مقادیر متغیر تصادفی با احتمال وقوع مورد نظر از معادله (۲) استفاده شد.

$$x = \bar{x} + k.SD \quad (2)$$

که در آن  $x$ : مقدار متغیر تصادفی با احتمال وقوع مورد نظر، میانگین نمونه،  $S, D$ : انحراف از معیار نمونه و  $k$ : ضریب

۱- روز ژولینوسی عبارتست از شماره روز از ابتدای سال میلادی

**جدول (۴) مقادیر  $ET_p$  روز ژولینوسی محصولات شاخص با سطوح احتمال وقوع متفاوت در ایستگاه گنبد (میلیمتر در روز)**

روز ژولینوسی	۱۰۰	۱۰۰	۲۰۰
سطح احتمالاتی (%)	گندم	جو	پنبه
۱	۰/۲۸	۰/۲۸	۳/۸۸
۵	۰/۸۶	۰/۸۶	۴/۴۲
۱۰	۱/۱۷	۱/۱۷	۴/۷۱
۲۵	۱/۶۹	۱/۶۹	۵/۱۹
۵۰	۲/۲۶	۲/۲۶	۵/۷۳
۷۵	۲/۸۳	۲/۸۳	۶/۲۷
۹۰	۳/۳۵	۳/۳۵	۶/۷۵
۹۵	۳/۶۶	۳/۶۶	۷/۰۴
۹۹	۴/۲۳	۴/۲۳	۷/۵۸

گران کمتر از دو ایستگاه دیگر است، لیکن با افزایش سطح احتمالاتی، این نتیجه بر عکس شده است. این می تواند ناشی از تفاوت اقلیم و پارامترهای هواشناسی برداشت شده در ایستگاه های مورد نظر باشد.

پس از استخراج مقادیر  $ET_o$  و  $ET_p$  روزانه هر گیاه با سطح احتمال وقوع های متفاوت برای محصولات شاخص در دوره رشد

**جدول (۲) مقادیر  $ET_o$  روز ۲۰۰ ام ژولینوسی با سطوح احتمال وقوع متفاوت در ایستگاه های سینوپتیک (میلیمتر در روز)**

سطح احتمالاتی (%)	گران	گنبد	مراوه تپه
۱	۲/۶۰	۲/۲۳	۱/۷۸
۵	۳/۲۲	۲/۹۱	۲/۹۹
۱۰	۳/۵۵	۳/۲۸	۳/۶۴
۲۵	۴/۱۰	۳/۸۹	۴/۷۳
۵۰	۴/۷۲	۴/۵۶	۵/۹۳
۷۵	۵/۳۳	۵/۲۴	۷/۱۴
۹۰	۵/۸۸	۵/۸۵	۸/۲۲
۹۵	۶/۲۱	۶/۲۱	۸/۸۷
۹۹	۶/۸۳	۶/۹۰	۱۰/۰۹

آنها، در جدولی جداگانه مقادیر مربوط به هر روز دوره رشد در مقابل همان روز مرتب گردید. با ترسیم نمودار مقادیر  $ET_o$  و  $ET_p$  روزانه هر گیاه با سطح احتمال وقوع های متفاوت نسبت به روزهای مختلف دوره رشد، منحنی های توزیع مقادیر  $ET_o$  و  $ET_p$  روزانه هر گیاه با سطوح احتمال وقوع متفاوت معلوم شد

**جدول (۳) مقادیر  $ET_p$  روز ژولینوسی محصولات شاخص با سطوح احتمال وقوع متفاوت در ایستگاه گران (میلیمتر در روز)**

روز ژولینوسی	۱۵۰	۱۵۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰
سطح احتمالاتی (%)	گندم	جو	پنبه	سویا	برنج
۱	۱/۲۵	۱/۲۵	۲/۸۳	۲/۰۷	۲/۹۷
۵	۱/۷۱	۱/۷۱	۳/۵۱	۲/۵۵	۳/۶۷
۱۰	۱/۹۵	۱/۹۵	۳/۸۷	۲/۸۱	۴/۰۴
۲۵	۲/۳۶	۲/۳۶	۴/۴۸	۳/۲۴	۴/۶۶
۵۰	۲/۸۱	۲/۸۱	۵/۱۵	۳/۷۲	۵/۳۵
۷۵	۳/۲۶	۳/۲۶	۵/۸۲	۴/۲۰	۶/۰۴
۹۰	۳/۶۶	۳/۶۶	۶/۴۳	۴/۶۳	۶/۶۶
۹۵	۳/۹۱	۳/۹۱	۶/۷۹	۴/۸۹	۷/۰۴
۹۹	۴/۳۶	۴/۳۶	۷/۴۷	۵/۳۸	۷/۷۳

$y$  : مقدار  $ET_o$  و  $ET_p$  روزانه برای روز  $x$  با سطح احتمال وقوع معین .

با معلوم بودن ضرایب چند جمله ای می توان مقدار  $ET_o$  و  $ET_p$  روزانه برای گیاه خاص و با سطح احتمال وقوع معین را برای هر روز از سال تخمین زد. در شکل ۱ (نمودارهای سمت راست) منحنی های توزیع  $ET_o$  روزانه و نمودارهای سمت چپ، منحنی های توزیع  $ET_p$  محصول پنبه (به عنوان نمونه) برای ایستگاه های سینوپتیک نشان داده شده است. این منحنی ها بر اساس استفاده از مناسبترین معادله ترسیم شده اند.

یکی از اهداف اصلی این تحقیق، برآورد داده های  $ET_o$  روزانه با سطوح احتمال وقوع متفاوت برای ایستگاه های سینوپتیک استان بود. مقایسه منحنی های بدست آمده نشان داد که با افزایش احتمال، میزان تبخیر-تعرق نیز افزایش می یابد. همچنین برای هر یک از احتمالات خاص مقدار تبخیر-تعرق در ابتدای روند صعودی داشته تا حدی که در اواسط تابستان به حداکثر میزان خود رسیده، سپس روند نزولی داشت تا به حداقل میزان خود رسید. از سوی دیگر روند تغییرات منحنی های  $ET_p$  نیز چنین بود، با این تفاوت که زمان اوج هر یک از محصولات با یکدیگر تفاوت داشت. همچنین نقطه اوج  $ET_o$  در ایستگاه گرگان با اقلیم نیمه معتدل زودتر از ایستگاههای گنبد و مراوه تپه با اقلیم خشک تا نیمه خشک اتفاق می افتد. بالطبع برای مقادیر  $ET_p$  چنین نتیجه ای حاصل شد. از سوی دیگر تاریخ کاشت محصول و دوره های رشد هم بر روی مقادیر احتمالاتی  $ET_p$  تأثیر می گذارند. در جدول ۶ اختلاف مقادیر  $ET_o$  روزانه با سطوح احتمال وقوع متفاوت برای ایستگاههای سینوپتیک مورد نظر نشان داده شده است. مقادیر

جدول (۵) مقادیر  $ET_p$  روز ژولینوسی محصولات شاخص با سطوح احتمال وقوع متفاوت در ایستگاه مراوه تپه (میلیمتر در روز)

روز ژولینوسی	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	سطح احتمالاتی (%)
پنبه	۲/۱۱	۰/۲۸	۰/۲۸	۱
	۳/۵۶	۰/۶۹	۰/۶۹	۵
	۴/۳۳	۰/۹۷	۰/۹۷	۱۰
	۵/۶۳	۲/۲۸	۲/۲۸	۲۵
	۷/۰۷	۳/۷۳	۳/۷۳	۵۰
	۸/۵۰	۵/۱۸	۵/۱۸	۷۵
	۹/۸۰	۶/۴۹	۶/۴۹	۹۰
	۱۰/۵۷	۷/۲۸	۷/۲۸	۹۵
	۱۲/۰۲	۸/۷۴	۸/۷۴	۹۹

بطوریکه نمودار آنها حالت زنگوله ای یا قوسی داشتند. پس از برآزش دادن منحنی های زنگوله ای، بهترین منحنی قابل برآزش از بین نمودارها، منحنی چند جمله ای با درجه ۶ بدست آمد. معادله این منحنی ها در حالت کلی به صورت ذیل می باشد:

$$y = a_6x^6 + a_5x^5 + a_4x^4 + a_3x^3 + a_2x^2 + a_1x^1 + a_0 \quad (2)$$

$a_0$  : ضریب ثابت چند جمله ای؛

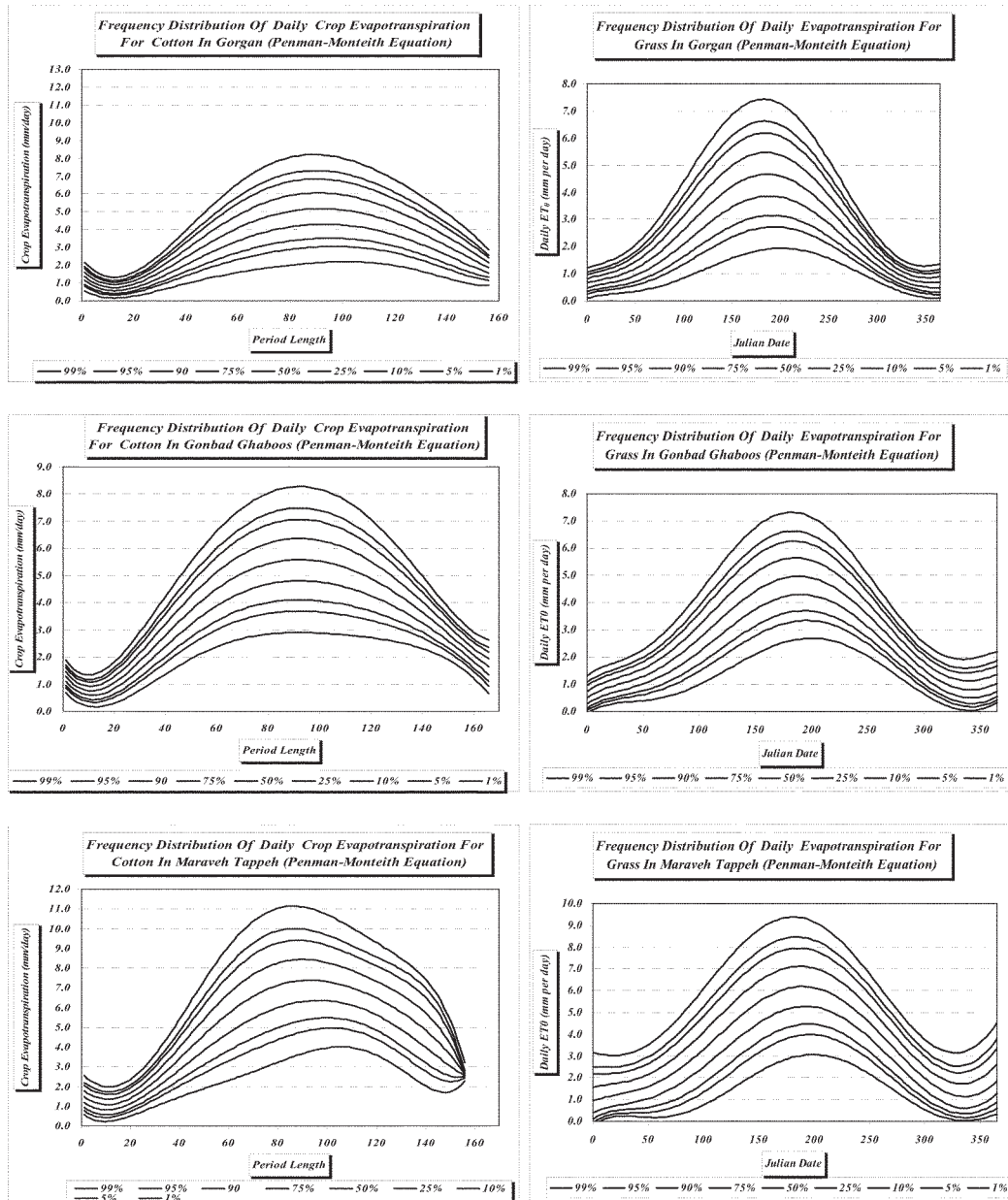
$a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$  : ضرایب چند جمله ای؛

$x$  : در منحنی  $ET_o$  روزانه روز از سال و در منحنی  $ET_p$

روزانه، روز از دوره رشد و نمو؛

جدول (۶) اختلاف  $ET_o$  روزانه با سطوح احتمال وقوع متفاوت برای ایستگاه های سینوپتیک

مراوه تپه	مراوه تپه	گنبد	گنبد	گرگان	گرگان	سطوح احتمال وقوع (%)
mm/day	mm/day	mm/day	mm/day	mm/day	mm/day	
۱۱	۰/۶	۱۳	۰/۹	۱۵	۰/۸	۵۰-۷۵
۲۱	۱/۳	۲۳	۱/۸	۲۴	۱/۵	۵۰-۹۰
۲۴	۱/۶	۲۷	۲/۳	۲۹	۱/۹	۵۰-۹۵
۱۱	۰/۷	۱۱	۰/۹	۱۱	۰/۷	۷۵-۹۰
۱۵	۱/۰	۱۶	۱/۴	۱۷	۱/۱	۷۵-۹۵



شکل (۱) منحنی های توزیع  $ET_0$  روزانه و منحنی های توزیع  $ET_p$  محصول پنبه در ایستگاه های سینوپتیک (شکل های سمت راست در خصوص  $ET_0$  و شکل های سمت چپ در خصوص  $ET_p$  می باشد.)

احتمالات بالا این اختلاف کمتر می شد.

اختلاف تبخیر-تعرق بین دو سطح احتمالاتی در منطقه گرگان بیشتر از دو ایستگاه گنبد و مراوه تپه بود. به طوری که برای



۱. امداد، م. ر. و ع. ا. فرشی. ۱۳۷۹، انتخاب مناسب ترین فرمول تجربی به منظور برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع در گلستان، مجله پژوهشی علوم خاک و آب، ۱۲(۱۰): ۹۵-۹۰.
  ۲. بی نام ۱۳۸۳. طرح نظام و ترکیب کشت استان گلستان، معاونت فنی و اجرایی سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان، ۸۵ص.
  ۳. خیرابی، ج، توکلی، ع. ر.، انتصاری، م. ر. و سلامت، ع. ر. ۱۳۷۶. معرفی جهات نظری و کاربردی روش پنمن-مانتیس و ارائه تبخیر و تعرق مرجع استاندارد برای ایران. گروه کار آب مورد نیاز گیاهان و مدیریت محصولات زراعی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، انتشارات کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، چاپ اول، ۱۶۶ ص.
  ۴. رضائی، ع ۱۳۷۹. مفاهیم آمار و احتمالات (با تجدید نظر کامل). نشر مشهد، چاپ اول، مشهد، ص ۱۸۸.
  ۵. شریفان، ح. ۱۳۸۶. بررسی نیاز آبی با احتمالات مختلف در استان گلستان. مجله آبیاری و زهکشی انجمن آبیاری. شماره ۲، (پذیرش شده).
  ۶. علیزاده، ا. ۱۳۷۲. اصول طراحی سیستم های آبیاری. چاپ اول، موسسه انتشارات آستان قدس رضوی.
  ۷. علیزاده، ا. ۱۳۸۶. اصول هیدرولوژی کاربردی. چاپ سیزدهم، موسسه انتشارات آستان قدس رضوی، ۸۰۵ص.
  ۸. نیکبخت، ج. میرلطیفی، س، م. ۱۳۸۲. تأثیر روش محاسبه ETo، احتمال وقوع و طول دوره حداکثر مصرف آب بر تبخیر- تعرق پتانسیل گیاه مرجع. مجله علوم خاک و آب. جلد ۱۶، شماره ۲، صفحه: ۲۲۳-۲۳۱.
9. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and drainage Paper, NO. 56, Rome, Italy.
  10. Cuenca, R.C. 1989. Irrigation System Design , An Engineering Appro'ch. Prentice Hall, New Jersey, U.S.A..
  11. Cuenca, R.H., Nuss, J.L., Martinez-Cob, A., Katul, G.G. and Faci-Gonzalez, J.M. 1992. Oregon Crop Water Use and Irrigation Requirements. Extension Miscellaneous Publ., Agricultural Experiment Station and Extension Service, Oregon State University, U.S.A.
  12. Nixon, P.R., Lawless, G.P. and Richardson, G.V. 1972. Coastal Californian evapotranspiration frequencies. Proceeding of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Irrigation and Drainage Division, (IR2):185-91.
  13. Pruitt, W.O., Von Oettigen, S. and Morgan, D.L. 1972. Central California evapotranspiration frequencies. Proceeding of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Irrigation and Drainage Division, (IR2):177-84.
  14. Wright, J.L. and Jensen, M.E. 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.

## Study on the trend of variations of Evapotranspiration Frequency curves

H. Sharifan\* – A. Alizadeh<sup>1</sup>

### Abstract

Information about plant water requirement as well as the soil water holding capacity are required for irrigation system designs. However, it is appropriate if plant water requirement is calculated based on probability frequencies. The aim of this research was to estimate reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) for different frequencies and water requirements for some specific crops in Golestan province. For this purpose, climatic data of Hashem-abad(Gorgan), Gonbad and Maraveh-tappeh stations were gathered. Normal distribution was considered to be the best fitted function. The results showed that an increase in the value of expected probability, causes an increase in the amount of estimated evapotranspiration. The peaks and the patherns of probability curves of ET<sub>o</sub> differes for the three stations. For Hashem-abad station, which has a semi-temperate climate, the peak points of the curves were located some where compared to Maraveh-tappeh station which has an arid to semi-arid climate. Tables and frequency curves were derived for all stations.

**Keywords:** Evaporation, Evapotranspiration, Frequency, Probability of occurrence, Golestas

---

\* Corresponding author Email:h-sharifan47@yahoo.com

1- Assistant prof. Dept. of Water Eng. Gorgan University of Agricultural and Natural Resources