

بررسی تبخیر و ارزیابی میزان آن در شرق دریای خزر (جلگه گرگان)

اسماعیل شاهکویی - کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی (هیدرواقلیم)
دبیر آموزش و پرورش گرگان

چکیده:

در این بررسی از اطلاعات ۲۱ ساله تعداد ۱۰ ایستگاه هواشناسی جلگه گرگان که پایه مشترک آماری آنها در طول سالهای ۱۳۴۳ تا ۱۳۶۴ ه.ش در دسترس بود، روند تبخیر و تعرق بالقوه برطبق فرمولهای مختلف از طریق برنامه کامپیوتری محاسبه گردیده است. همچنین بعد از مقایسه تبخیر و تعرق پتانسیل با میزان تبخیر از طشت، به محاسبه معادلات آن پرداخته و برای تمام ایستگاههای مورد مطالعه آنها را به تحلیل معین نموده ایم.

پیشگفتار:

تبخیر پدیده ایست که در نتیجه آن آب ازحالت مایع یا جامد به گاز یا بخار تبدیل می شود و تعرق، فرایندی است که موجب انتقال آب توسط گیاهان به جو می گردد. ^۱ به مجموع تبخیر از کلیه سطوح و تعرق حاصله از گیاهان، تبخیر و تعرق گویند. ^۲ تفاوت تبخیر و تعرق در این است که تبخیر بسته به وجود انرژی و سایر عوامل مؤثر دیگر در طول شب و روز ادامه می یابد، اما تعرق به دلیل بسته شدن روزنه ها در شب انجام نمی شود. ^۳ در صورتی که آب به اندازه کافی موجود باشد تبخیر و تعرق با حداکثر توان خود صورت می گیرد که مقدار آن را تبخیر تعرق پتانسیل یا مطلق گویند. ^۴ مقدار آبی که در شرایط موجود از سطح زمین و پوشش گیاهی یک محل تبخیر می شود تبخیر و تعرق واقعی نام دارد. ^۵ در پدیده تبخیر عواملی از قبیل تابش خورشید، باد، رطوبت نسبی و درجه حرارت مؤثر می باشد. مهمترین عواملی که در دوره رویش گیاهان در تبخیر تعرق مؤثرند عبارت هستند از:

درجه حرارت برگ، گونه گیاهی، پازتاب اشعه توسط گیاه، تأثیر گیاه، جامعه گیاهی و فاصله ردیفها، همچنین عمق و توسعه ریشه ها در تبخیر تعرق مؤثر است و هر چه گستردگی زیاد باشد تعرق بیشتر خواهد بود.

۵۶ / دوره هشتم، شماره سی و یکم

استفاده از کودهای شیمیایی چون موجب توسعه ریشه ها می شوند در افزایش تعرق مؤثر است. ^۶ کارایی محدود نتایج حاصله از اندازه گیری مستقیم تبخیر، هواشناسان و اقلیم شناسان را بر آن داشته است که از طریق غیر مستقیم به سئله تبخیر نزدیک شوند. از این رو سعی شده است که از طریق تجربی، روابط موجود بین پارامترهای هواشناسی، اقلیم و تبخیر را مطالعه و به ابداع فرمولهای متعددی بپردازند، ذیلأ به فرمولهایی اشاره می شود که اجزاء آنها سهل الوصول، اعتبار آنها زیاد و پایداری کاربرد آنها وسیع است. ^۷ روشهایی که ما در اینجا استفاده کرده ایم با استفاده از برنامه کامپیوتر است که محاسبه تبخیر و تعرق ایستگاهها براساس آن صورت گرفته است. ^۸

۱) بررسی تبخیر و تعرق پتانسیل به روش تورنت وایت

تورنت وایت برای محاسبه تبخیر روشی را ارائه داده است که عمدتاً بر متوسط درجه حرارت ماهانه استوار است. ^۹ مقادیر تصحیح شده تبخیر و تعرق پتانسیل به روش تورنت وایت که برای ۱۰ ایستگاه مورد مطالعه جلگه گرگان صورت گرفته در جدول (۱-۱) آمده است.

۲) محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل به روش بلانی کریدل

در روش بلانی کریدل تبخیر و تعرق پتانسیل از فرمول تجربی زیر محاسبه می شود.

$$^{10} E_{to} = P(0.46T + A/1)$$

E_{to} = متوسط تبخیر و تعرق پتانسیل در ماه مورد نظر (میلی متر در روز)

T = متوسط درجه حرارت روزانه در ماه مورد نظر (سانتی گراد)
 P = ضریب روشنایی که برای عرضهای مختلف و ماههای مختلف متفاوت می باشد. ^{۱۱}



جدول (۱-۱): مقادیر اصلاح شده تبخیر و تعرق به روش تورنت وایت

ماه	ایستگاه	گرگان	گنبد	آق قلعه	مراوه تپه	ترشکلی	غفارچی	سلطان آباد	فاضل آباد	رامیان	وشمگیر
دی	۱۱	۱۱	۱۴	۸	۸	۸	۱۰	۱۰	۱۴	۱۴	۱۰
بهمن	۱۲	۱۱	۱۱	۹	۵	۵	۸	۱۰	۱۰	۱۱	۹
اسفند	۲۴	۲۳	۱۸	۲۱	۱۸	۱۸	۲۷	۲۷	۲۵	۲۹	۱۷
فروردین	۵۹	۵۴	۳۷	۵۲	۴۸	۴۸	۸۹	۸۶	۸۸	۸۸	۵۱
اردیبهشت	۱۰۷	۱۰۱	۷۸	۹۷	۸۸	۸۸	۱۳۰	۱۳۱	۱۳۰	۱۲۶	۹۸
خرداد	۱۴۷	۱۵۲	۱۲۵	۱۳۹	۱۳۵	۱۳۵	۱۳۰	۱۳۱	۱۳۰	۱۲۶	۱۴۶
تیر	۱۷۹	۱۸۵	۱۶۲	۱۸۶	۱۷۸	۱۷۸	۱۶۸	۱۶۱	۱۶۲	۱۵۵	۱۸۸
مرداد	۱۶۹	۱۷۴	۱۶۲	۱۷۹	۱۷۷	۱۷۷	۱۷۱	۱۶۲	۱۶۵	۱۵۹	۱۸۷
شهریور	۱۲۲	۱۲۲	۱۲۷	۱۲۸	۱۲۸	۱۲۸	۱۳۰	۱۲۲	۱۲۸	۱۱۶	۱۳۸
مهر	۷۱	۷۲	۹۰	۸۰	۷۶	۷۶	۸۳	۷۹	۸۱	۷۳	۸۳
آبان	۳۶	۳۵	۲۷	۳۶	۳۴	۳۴	۳۹	۴۰	۳۹	۴۱	۳۷
آذر	۱۲	۱۶	۲۵	۲۰	۱۸	۱۸	۲۰	۲۲	۲۲	۲۲	۱۸
مجموع	۹۲۹	۹۵۶	۸۹۷	۹۵۵	۹۱۳	۹۱۳	۸۸۷	۹۱۱	۹۰۰	۸۶۷	۹۸۲

جدول (۲-۱): مقادیر اصلاح شده تبخیر و تعرق به روش پدانی کریدل

ماه	ایستگاه	گرگان	گنبد	آق قلعه	مراوه تپه	ترشکلی	غفارچی	سلطان آباد	فاضل آباد	رامیان	وشمگیر
دی	۲۷	۲۷	۴۷	۳۰	۳۸	۳۹	۲۵	۲۳	۲۶	۲۶	۲۶
بهمن	۳۲	۳۲	۵۰	۳۰	۴۳	۳۸	۲۶	۲۸	۲۸	۲۹	۲۸
اسفند	۵۲	۷۷	۲۵	۷۴	۶۹	۶۹	۲۵	۲۳	۲۱	۲۵	۷۱
فروردین	۱۲۹	۱۲۵	۷۳	۱۲۹	۱۱۷	۱۱۷	۷۹	۱۱۵	۱۱۴	۱۱۳	۱۲۴
اردیبهشت	۱۷۶	۱۷۲	۱۰۹	۱۷۷	۱۶۱	۱۶۱	۱۱۵	۱۵۹	۱۵۹	۱۱۳	۱۷۰
خرداد	۱۷۸	۱۸۲	۱۶۶	۱۸۹	۱۷۲	۱۷۲	۱۷۰	۱۷۰	۱۶۹	۱۶۶	۱۸۶
تیر	۱۹۸	۱۹۵	۱۹۰	۲۱۰	۱۹۸	۱۹۸	۱۹۳	۱۹۰	۱۹۰	۱۸۶	۲۰۲
مرداد	۱۸۲	۱۸۵	۱۳۳	۱۹۵	۱۸۷	۱۸۷	۱۴۶	۱۸۰	۱۸۱	۱۷۸	۱۹۰
شهریور	۱۴۸	۱۹۸	۱۰۹	۱۵۱	۱۵۰	۱۵۰	۱۱۱	۱۲۷	۱۵۱	۱۲۴	۱۵۰
مهر	۱۰۶	۱۰۷	۸۲	۱۱۱	۱۰۸	۱۱۱	۷۹	۱۱۰	۱۱۱	۱۰۵	۱۱۱
آبان	۲۷	۷۱	۶۶	۷۸	۶۶	۶۷	۷۳	۲۸	۷۲	۷۲	۷۳
آذر	۲۶	۵۰	۳۶	۴۸	۴۹	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۵۳
مجموع	۱۳۲۱	۱۳۵۹	۱۰۸۱	۱۳۲۱	۱۳۵۵	۱۳۵۵	۱۰۷۴	۱۲۶۵	۱۲۶۵	۱۲۲۷	۱۰۴۴

جدول (۳-۱): مقادیر اصلاح شده تبخیر و تعرق به روش پنمن

ماه	ایستگاه	گرگان	گنبد	آق قلعه	مراوه تپه	ترشکلی	غفارچی	سلطان آباد	فاضل آباد	رامیان	وشمگیر
دی	۲۴	۴۱	۳۹	۳۹	۳۸	۳۸	۳۶	۲۳	۳۴	۴۰	۴۰
بهمن	۵۰	۴۸	۳۹	۴۶	۴۲	۴۸	۴۸	۴۳	۴۳	۴۳	۴۷
اسفند	۷۲	۷۴	۵۸	۷۱	۶۹	۵۹	۶۷	۶۱	۶۱	۶۴	۷۰
فروردین	۱۰۹	۱۰۳	۸۸	۱۰۲	۱۰۰	۹۲	۱۰۱	۹۷	۹۷	۹۶	۱۰۲
اردیبهشت	۱۴۵	۱۴۲	۱۲۶	۱۴۰	۱۳۵	۱۳۱	۱۳۵	۱۳۸	۱۳۷	۱۳۷	۱۴۱
خرداد	۱۶۳	۱۶۵	۱۴۶	۱۶۰	۱۵۸	۱۵۸	۱۵۷	۱۵۷	۱۵۵	۱۵۳	۱۶۳
تیر	۱۸۱	۱۷۹	۱۶۲	۱۸۰	۱۷۷	۱۶۴	۱۷۵	۱۶۸	۱۶۵	۱۶۵	۱۸۰
مرداد	۱۶۲	۱۵۸	۱۴۸	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰	۱۵۱	۱۶۰	۱۶۲	۱۵۹	۱۶۲
شهریور	۱۳۳	۱۲۰	۱۱۶	۱۲۳	۱۲۲	۱۱۸	۱۲۳	۱۱۷	۱۱۳	۱۱۳	۱۲۶
مهر	۹۶	۹۶	۹۲	۱۰۰	۹۷	۸۹	۹۹۰	۹۷۱	۹۳۵	۹۳۵	۱۰۱
آبان	۶۷	۶۴	۶۱	۶۲	۶۲	۵۷	۶۸	۶۲	۶۲	۶۲	۶۵
آذر	۲۶	۳۹	۳۲	۲۰	۲۶	۲۲	۵۱	۴۲	۴۲	۴۱	۵۱
مجموع	۱۲۵۸	۱۲۲۹	۱۱۰۷	۱۲۲۵	۱۲۲۵	۱۱۰۷	۱۱۰۵	۱۲۲۷	۱۱۷۶	۱۱۶۶	۱۲۲۸

در عمل پس از محاسبه $(\frac{1}{1} + \frac{0.46}{T})$ مقدار آن متناسب با شرایط اقلیمی محل و با توجه به رطوبت نسبی، ساعات آفتابی و سرعت باد تصحیح می‌شود. به منظور ارزیابی سریع ضریب مزبور دیاگرامهای آماده جهت استفاده در دست است.

مقادیر تصحیح شده تبخیر و تعرق پتانسیل به روش بلانی کریدل برای ۱۰ ایستگاه مورد مطالعه جلگه گرگان در جدول (۲-۱) می‌آید.

۳) محاسبه تبخیر و تعرق از روش پنمن^{۱۲}

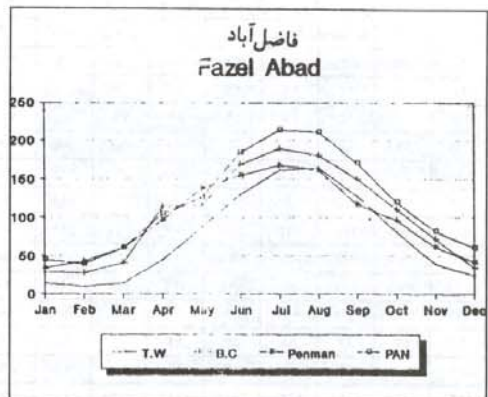
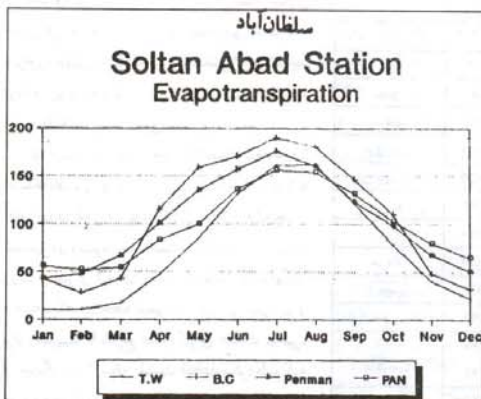
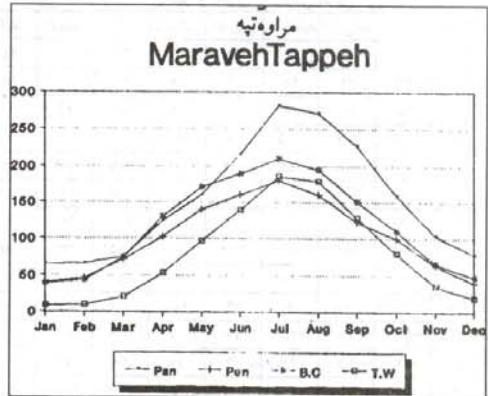
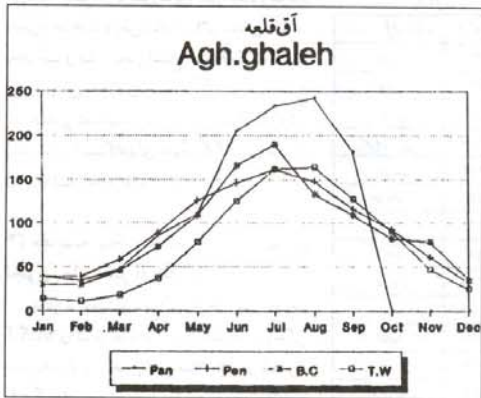
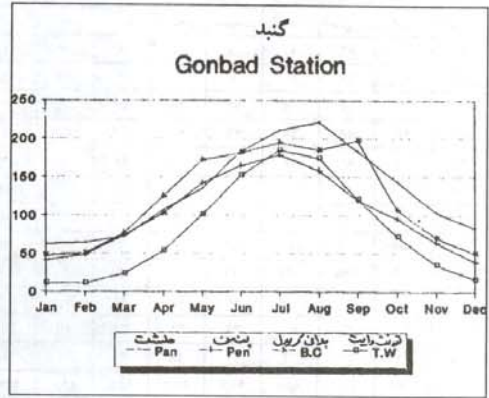
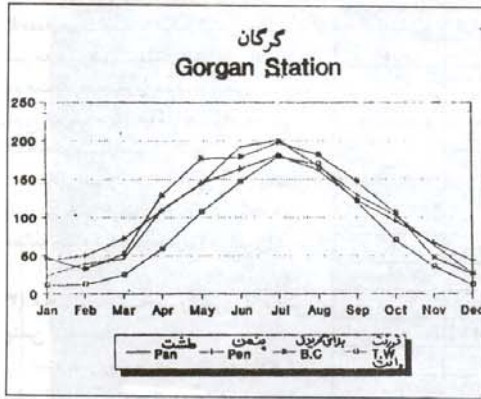
استفاده از روش پنمن نیاز به اطلاعات بیشتر اقلیمی داشته و نتیجه بهتری را نیز ارائه می‌دهد. پنمن از فاکتورهای نظیر دما، رطوبت نسبی، سرعت وزش باد، بیلان تابش، فشار بخار آب و فشار بخار اشباع استفاده کرده است. فرمول پنمن به قرار زیر است:^{۱۳}

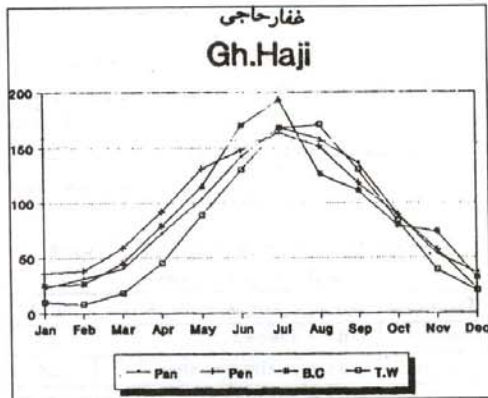
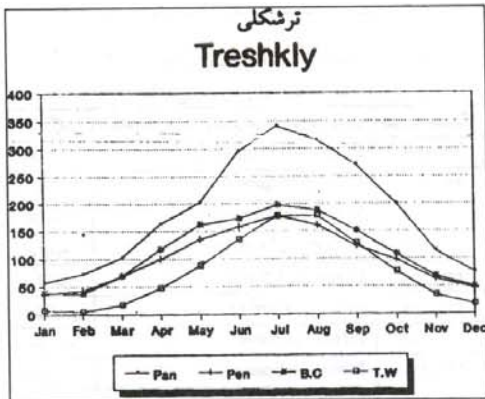
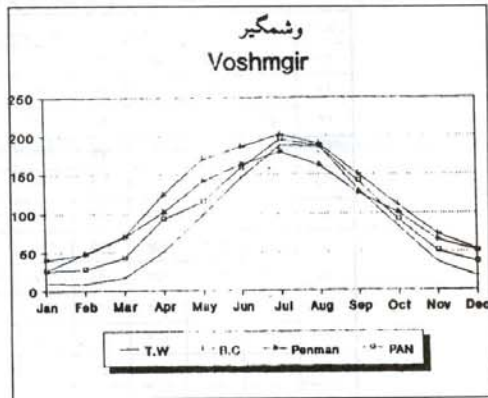
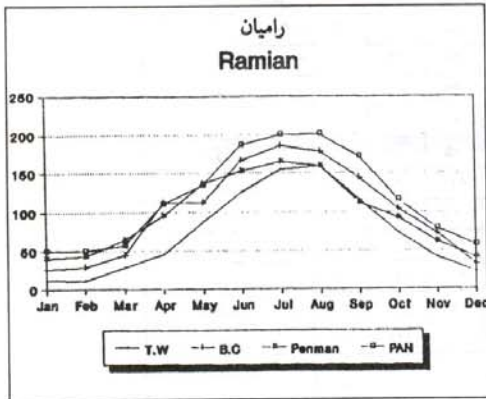
مقادیر تصحیح شده تبخیر و تعرق به روش پنمن برای ایستگاههای جلگه گرگان در جدول (۳-۱) نشان داده شده است.

۴) مقایسه تبخیر و تعرق از روشهای تجربی با تبخیر از طشت

یکی از مهمترین ویژگیهای اقلیمی جلگه گرگان واکثر نقاط جهان، میزان بارندگی ناچیز، همراه با تبخیر قابل ملاحظه در فصول رشد گیاهان از فروردین تا شهریور می‌باشد که زراعت و کشت را به طور کلی به آبیاری مصنوعی متکی می‌سازد. بنابراین شناخت و برآورد دقیق میزان تبخیر از اساسی ترین شرایط برنامه ریزی جهت آبیاری و کشاورزی موفق در این منطقه به حساب می‌آید.

در این بررسی از آمار ۲۱ ساله تعداد ۱۰ ایستگاه اقلیمی و هواشناسی جلگه گرگان که آمار آنها در طول سالهای ۱۳۴۳ تا ۱۳۶۴ هجری شمسی در دسترس بوده است استفاده شده است. روند تبخیر و تعرق با قیاس به فرمولهای مختلف که ملاحظه نمودید بررسی کردیم و برای مقایسه با نتایج اندازه گیری طشت تبخیر، از میانگین ۱۰ ساله طشت استفاده کرده ایم که در نمودارهای (۴-۱) نشان داده شده است.





پای‌کوهی و جنوب غربی، این رقم به ۱۰۵۳ میلی‌متر در غفارحاجی و سلطان‌آباد به ۱۱۷۲ میلی‌متر می‌رسد. ایستگاه آق‌قلعه کمترین آمار طشت را (۳ سال) در بین ایستگاهها دارد.

روش تورنت وایت مجموع تبخیر ماهانه را بسیار کمتر از حد واقعی نشان می‌دهد اما از آنجا که شیب تغییرات ماهانه تبخیر از طشت به شیب تغییرات ماهانه تبخیر تورنت وایت نزدیک است، ضریب همبستگی تبخیر تورنت وایت با طشت زیاد است و از رابطه‌های زیر پیروی می‌کند.

جداول ((۲ و ۳ و ۴)) معادله تبخیر طشت و رابطه آن با تبخیر حاصل از فرمولهای تجربی برای ایستگاههای مورد مطالعه را نشان می‌دهد. روش پنمن مجموع تبخیر ماهانه را بیش از تورنت وایت و نزدیکتر به طشت نشان می‌دهد. از نظر همبستگی، مقادیر تجربی و طشت ایستگاه گرگان با ضریب $r=0.990$ بهترین رابطه را در بین ایستگاههای منطقه دارا می‌باشد و معادله تبخیر طشت و رابطه آن با تبخیر تجربی پنمن به همراه ضریب همبستگی در جدول ((۳-۴)) نشان داده شده است.

به طور کلی میزان تبخیر از طشت غالباً در تمام دوره رشد و سال در اکثر ایستگاهها بالاتر از میزان محاسبه شده تبخیر بالقوه از طریق فرمولهای مختلف بوده و بیشترین فاصله را با فرمول تورنت وایت نشان می‌دهد. در بین فرمولهای استفاده شده تورنت وایت کمترین و پنمن و بلانی کربدل بیشترین و نزدیکترین میزان به طشت تبخیر را نشان می‌دهد که تقریباً منطبق با آن است. ضریب همبستگی نتایج کلیه فرمولها با ارقام حاصل از اندازه‌گیری طشت تبخیر، معنی‌دار بوده و بزرگترین همبستگی را به جز گرگان، روش تورنت وایت با رقم $r=0.990$ نشان می‌دهد و بعد از آن فرمول پنمن و بلانی کربدل به ترتیب بزرگترین همبستگی را با طشت تبخیر با رقم $r=0.978$ و رقم $r=0.987$ نشان می‌دهند. (گرگان بیشترین همبستگی را $r=0.990$ با پنمن دارد)

با توجه به آمار تبخیر از طشت، حداقل تبخیر در جلگه گرگان در حاشیه شمالی، ترشکلی با ۲۲۱۴ میلی‌متر و شمال شرق مراوه تپه با ۱۸۳۰ میلی‌متر مشاهده می‌شود. درحالی‌که در بخشهای جنوبی منطقه و مناطق



جدول (۱-۴): میزان تبخیر از طشت برای ایستگاههای مورد مطالعه

ماه	ایستگاه	گرگان	گنبد	آق قلعه	مراوه تپه	ترشکلی	غفار جی	سلطان آباد	فاضل آباد	رامیان	وشمگیر
دی	۲۳	۶۶	۳۹	۶۵	۵۸	۲۳	۵۶	۲۵	۵۰	۲۶	۵۰
بهمن	۳۹	۶۷۱	۳۲	۶۶	۷۳	۳۱	۵۲	۳۹	۵۰	۲۸	۵۰
اسفند	۲۶	۷۲	۲۷	۷۵	۱۰۳	۲۰	۵۲	۶۱	۵۷	۲۳	۵۷
فروردین	۱۱۰	۱۰۷	۸۵	۱۲۴	۱۶۳	۷۲	۸۲	۱۰۵	۱۱۱	۹۳	۱۱۱
اردیبهشت	۱۴۴	۱۳۵	۱۱۰	۱۶۰	۲۰۳	۱۰۲	۱۰۰	۱۲۶	۱۳۵	۱۱۵	۱۳۵
خرداد	۱۹۱	۱۸۳	۲۰۵	۲۱۶	۲۹۵	۱۲۲	۱۳۶	۱۸۴	۱۸۷	۱۵۸	۱۸۷
تیر	۲۰۱	۲۱۱	۲۳۳	۲۸۲	۳۴۲	۱۶۹	۱۵۶	۲۱۴	۲۰۰	۱۹۶	۲۰۰
مرداد	۱۶۷	۲۲۲	۲۲۲	۲۷۲	۳۱۷	۱۵۸	۱۵۴	۲۱۱	۲۰۱	۱۸۷	۲۰۱
شهریور	۱۳۱	۱۸۳	۱۸۱	۲۱۸	۲۷۱	۱۳۶	۱۳۲	۱۷۲	۱۷۱	۱۴۱	۱۷۱
مهر	۱۰۳	۱۴۴	-	۱۵۹	۲۰۰	۸۹	۱۰۲	۱۲۰	۱۱۶	۹۲	۱۱۶
آبان	۶۴	۱۰۴	-	۱۰۴	۱۱۴	۵۳	۸۰	۸۲	۷۹	۵۱	۷۹
آذر	۲۷	۸۳	-	۷۹	۷۵	۳۶	۶۵	۶۱	۵۷	۳۷	۵۷
مجموع	۱۲۴۶	۱۵۷۷	۱۱۷۶	۱۸۳۰	۲۲۱۴	۱۰۵۳	۱۱۷۲	۱۴۱۹	۱۴۱۶	۱۱۶۷	۱۴۱۶

در روش تبخیر تجربی بلانی کریدل، بیشترین و نزدیکترین همبستگی با طشت را در بین ایستگاههای منطقه ایستگاه رامیان، با ضریب $r = 0.989$ دارا می باشد.

جدول (۴-۲) ضرایب همبستگی و معادله تبخیر طشت و رابطه آن با فرمول تبخیر تجربی بلانی را نشان می دهد.

جدول (۴-۳): معادله تبخیر طشت و رابطه آن با تبخیر

حاصل از روش بلانی کریدل

ایستگاه	معادله تبخیر طشت و تبخیر به روش تورنت وایت	ضریب همبستگی
گرگان	$EtB.C = 1Epan + 5/5$	$r = 0.972$
گنبد	$EtB.C = 0.999Epan + (-9/46)$	$r = 0.918$
آق قلعه	$EtB.C = 0.48Epan + (22-6)$	$r = 0.85$
مراوه تپه	$EtB.C = 0.59Epan + 12$	$r = 0.977$
ترشکلی	$EtB.C = 0.27Epan + 13$	$r = 0.973$
غفار جی	$EtB.C = 0.98Epan + 13$	$r = 0.923$
سلطان آباد	$EtB.C = 1/5Epan - 24$	$r = 0.927$
فاضل آباد	$EtB.C = 0.92Epan - 9$	$r = 0.987$
رامیان	$EtB.C = 0.98Epan - 15$	$r = 0.989$
وشمگیر	$EtB.C = 0.87Epan + 28$	$r = 0.876$

نتیجه

مسأله تبخیر به عنوان یک پارامتر مهم در طبیعت و اهمیت آن در بخشهای مختلف، لزوم ارزیابی دقیق از آن و سایر برنامه ریزها را در این راستا تأکید می نماید. در این پژوهش ابتدا در جستجوی فرمول مناسب جهت برآورد میزان تبخیر جلگه گرگان، از آمارهای اکثراً ۱۰ ساله طشت تبخیر ایستگاههای مورد مطالعه استفاده نموده ایم. با محاسبه میزان آن از

جدول (۲-۴): معادله تبخیر طشت و رابطه آن با تبخیر حاصل از روش تورنت وایت

ایستگاه	معادله تبخیر طشت و تبخیر به روش تورنت وایت	ضریب همبستگی
گرگان	$Et-tw = 5/96Epan - 21$	$r = 0.972$
گنبد	$Et-tw = 1/12Epan + (-68)$	$r = 0.979$
آق قلعه	$Et-tw = 0.57Epan + 22$	$r = 0.865$
مراوه تپه	$Et-tw = 0.81Epan - 22$	$r = 0.995$
ترشکلی	$Et-tw = 0.62Epan - 39$	$r = 0.988$
غفار جی	$Et-tw = 1/1Epan - 25$	$r = 0.992$
سلطان آباد	$Et-tw = 1/5Epan - 71$	$r = 0.995$
فاضل آباد	$Et-tw = 0.92Epan - 33$	$r = 0.991$
رامیان	$Et-tw = 0.89Epan - 22$	$r = 0.986$
وشمگیر	$Et-tw = 1/1Epan - 22$	$r = 0.990$

جدول (۳-۴): معادله تبخیر طشت و رابطه آن با تبخیر

حاصل از روش پنمن

ایستگاه	معادله تبخیر طشت و تبخیر به روش تورنت وایت	ضریب همبستگی
گرگان	$Et-penman = 0.77Epan + 22/9$	$r = 0.990$
گنبد	$Et-penman = 0.80Epan - 3$	$r = 0.909$
آق قلعه	$Et-penman = 0.22Epan + 28/7$	$r = 0.89$
مراوه تپه	$Et-penman = 0.59Epan + 12$	$r = 0.937$
ترشکلی	$Et-penman = 0.27Epan + 13$	$r = 0.973$
غفار جی	$Et-penman = 0.90Epan + 13$	$r = 0.965$
سلطان آباد	$Et-penman = 1/2Epan - 11$	$r = 0.928$
فاضل آباد	$Et-penman = 0.92Epan + 9$	$r = 0.959$
رامیان	$Et-penman = 0.97Epan + 7$	$r = 0.962$
وشمگیر	$Et-penman = 0.87Epan + 28$	$r = 0.978$

