

مقایسه روش های مختلف برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل

حسین میرزائی تختگاهی

کارشناس ارشد آبیاری و زهکشی - دانشگاه رازی کرمانشاه arshia812003@yahoo.com

هادی معاضد

استادیار گروه آبیاری و زهکشی دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده:

تبخیر و تعرق پتانسیل یکی از عوامل مهم سیکل هیدرولوژیکی است که باید در طرح های آبیاری، تأسیسات آبی، مطالعات زهکشی و هیدرولوژیکی برآورد شود. تخمین تبخیر و تعرق پتانسیل با استفاده از داده های دراز مدت هواشناسی و به کار بردن روش های مختلف انجام می گیرد. در این بررسی داده های مربوط به سنه در استان کردستان استفاده شده است. برای به دست آوردن تبخیر و تعرق پتانسیل روش های بسیاری وجود دارد که در دو گروه عمده تجربی و ترکیبی قرار می گیرند. در روش های تجربی که اساس کار بر روی دما قرار دارد، با استفاده از دمای محیط، تبخیر و تعرق پتانسیل محاسبه می گردد. در این تحقیق، با توجه به داده های موجود از دو روش تجربی هارگریوز و بلانی کریدل استفاده شده است. در روش های ترکیبی برای محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل از دو فرایند توازن انرژی و آیرودینامیک استفاده می شود. از بین روش های ترکیبی، از روش پنمن-مانتیس، با استفاده از نرم افزار Cropwat استفاده شده است. در این تحقیق هم چنین با استفاده از داده های تحت تبخیر اقدام به اندازه گیری تبخیر و تعرق شده است. سازمان فائو در نشریات FAO24 و FAO56 معادله پنمن-مانتیس را جهت محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع توصیه نموده است که برای استفاده از این معادله باید از داده های ایستگاه های استاندارد هواشناسی استفاده شود. در این تحقیق روش پنمن-مانتیس به عنوان روش مرجع در نظر گرفته شده است و دقت روش های دیگر با آن سنجیده شده است، هم چنین ضرایب رگرسیونی و معادله خطی بین هر یک از روش ها و روش پنمن-مانتیس نیز ارائه گردیده است تا در صورت اندازه گیری تبخیر و تعرق پتانسیل به هر یک از روش های دیگر بتوان آن را به روش پنمن-مانتیس تبدیل کرد.

واژه های کلیدی: تبخیر و تعرق، هارگریوز، بلانی کریدل، پنمن-مانتیس، تحت تبخیر، سنه

مقدمه

تبخیر، که خروج آب از هر سطحی به صورت بخار است، از ویژگیهای کلیدی اقلیمی در هر محیط محسوب می شود. تلفات آب از سطوح مرطوب، که اساساً از تابش خورشیدی ناشی می شود، توان تبخیری محیط را نشان می دهد. تبخیر و تعرق (ET)، یا ترکیب تبخیر از سطح خاک و سطوح دیگر و تعرق گیاهی، معیار متداولی از تلفات بالقوه آب در محیط به شمار می آید. علاوه بر نشان دادن ویژگیهای یک اقلیم، ET را برای تعیین نیاز آبی گیاهان مختلف و طراحی سیستم های آبیاری به کار می گیرند.

تبخیر و تعرق نه تنها به تابش خورشیدی، بلکه به دیگر عوامل اقلیمی مانند دمای هوا، رطوبت و باد بستگی دارد. از آنجا که مقادیر تابش و دیگر پارامترهای اقلیمی از محلی به محلی دیگر و با زمان تغییر می نمایند، ET نیز دارای تغییرات مکانی و زمانی می باشد. تبخیر و تعرق پتانسیل (ET_p)، یا تبخیر و تعرق گیاه مرجع عبارت است از تبخیر و تعرق از یک سطح نامحدود با پوشش گیاهی علفی سبز با ارتفاع یکنواخت ۸ تا ۱۵ سانتی متر، رشد فعال و بدون کمبود آب، که تمام سطح زمین را با سایه خود می پوشاند (Doorenbos and Pruitt, 1975, 1977). این تعریف تنها اندکی با تعریف اولیه پنمن (Penman, 1948, 1956) تفاوت دارد. تبخیر و تعرق پتانسیل یکی از فاکتورهای مهم سیکل هیدرولوژیکی است که برآورد آن در طرح های آبیاری، تأسیسات آبی و مطالعات زهکشی و هیدرولوژیکی ضرورت دارد (Hatfield, 1988). تلاش های بی شماری برای محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل کشورها شده است: در اسپانیا (Elias and Gimenez, 1965) در ایالات متحده (Kohler, Nordenson, and Baker, 1959) در اوگاندا (Rijks, Owen and Hanna, 1970). اما در سطح منطقه ای کارهای هاتفیلد (Hatfield, 1985) و پرات و همکاران (Pruitt et al., 1987) قابل ذکر می باشند. امروزه در سطح جهان مدیریت منابع آب بر اساس توسعه پایدار مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به میزان اندک نزولات جوی و محدودیت منابع آب در ایران نیز مدیریت صحیح منابع آب از اهمیت زیادی برخوردار بوده و لازم است که در استفاده از آب دقت لازم به عمل آید و در مورد مسائلی که به نحوی به آن مرتبط می شود، موضوع استفاده بهینه مطرح شود. در این راستا تعیین نیاز آبی گیاهان قدم اساسی در هر طرح آبیاری و زهکشی است و لازمه آن محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل سطوح گیاهی مرجع برای منطقه طرح می باشد. در ایران نیز در برخی قسمت ها روش های مناسب جهت برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل معرفی گردیده است. در سال های ۱۳۶۷ و ۱۳۶۸ شادروان رحیم زادگان با استفاده از لایسی متر، تحقیقی را در زمینه جستجوی روش مناسب برآورد تبخیر و تعرق در منطقه اصفهان انجام داد و روش جینس-هیز را مناسب ترین روش برای آن منطقه تشخیص داد. انتصاری نیز ضمن مقایسه روش های مختلف در آذربایجان، روش پنمن-مانتیس را توصیه نموده است. هم چنین علیزاده با استفاده از لایسی متر بهترین روش را برای منطقه مشهد پنمن-مانتیس ذکر کرده است.

مواد و روش ها

داده های هواشناسی مورد استفاده در این تحقیق شامل درجه حرارت متوسط، متوسط رطوبت نسبی، سرعت متوسط باد، ساعات واقعی روزانه آفتاب، حداکثر ساعات آفتابی روزانه و تشعشع برون زمینی می باشند. تبخیر و تعرق پتانسیل با استفاده از روش های هارگریوز، بلانی کریدل، پنمن مانتیس با استفاده از نرم افزار (Cropwat) و تشت تبخیر محاسبه شده است. منطقه سننه، منطقه ای کوهستانی در استان کردستان است که بین طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه شمالی قرار گرفته است که مساحتی نزدیک به ۱۰۵۰۰ کیلومتر مربع را در بر می گیرد. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۵۶۰ متر می باشد. رودخانه خورخوره که سد مخزنی سننه بر روی آن احداث خواهد شد از شاخه های اصلی زربنه رود است که از ارتفاعات چهل چشمه کردستان سرچشمه گرفته، پس از طی مسیری عمدتاً جنوبی-شمالی و با دریافت چندین شاخه کوچک به دریاچه سد مخزنی بوکان می ریزد. مساحت حوزه آبریز این رودخانه تا ایستگاه آسنجی کریم آباد که تنها ایستگاه هیدرومتری واقع بر روی این رودخانه است ۱۴۱۹ کیلومتر مربع می باشد. در این منطقه مجموعاً ۱۸ ایستگاه هواشناسی و باران سنجی موجود است که از این تعداد، دو ایستگاه سینوپتیک، یک ایستگاه کلیماتولوژی، پنج ایستگاه تبخیر سنجی و تعداد ده ایستگاه باران سنج روزانه می باشند. هم چنین با استفاده از آمار گسترش یافته درجه حرارت و بارندگی ایستگاه معرف منطقه سد سننه (ایستگاه تبخیر سنجی رستمان)، اقلیم منطقه با سه روش؛ کوپن، آمبرژه و دومارتن بررسی گردید. طبق روش کوپن، اقلیم منطقه مرطوب نوع C برآورد گردید. روش آمبرژه اقلیم محل سد را کوهستانی و روش دومارتن، مرطوب معرفی می نماید. با توجه به روش های یاد شده به طور کلی اقلیم منطقه سد سننه کوهستانی مرطوب ارزیابی می گردد.

نتایج و بحث

در این تحقیق از آمار هواشناسی در یک دوره مشترک ۱۷ ساله، ۱۳۷۲-۱۳۵۰ (به جز سال های ۱۳۵۸ تا ۱۳۶۰ و ۱۳۶۴ تا ۱۳۶۷) استفاده شده است. میانگین پارامترهای اقلیمی فوق در جدول (۱) آورده شده است.

جدول (۱): میانگین ماهیانه و سالیانه پارامترهای اقلیمی استفاده شده در محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل

تبخیر برون زمینی Ra (میلی متر تبخیر روزانه)	(n/N)	حداکثر ساعات آفتابی روزانه (N)	ساعات واقعی روزانه آفتاب (n)	سرعت متوسط باد (m/s)	متوسط رطوبت نسبی (%)	درجه حرارت متوسط (°C)	پارامتر ماه
۱۰/۶	۰/۷۳	۱۱/۳	۸/۲	۲/۰۱	۵۰/۶	۱۳/۷	مهر
۸	۰/۵۸	۱۰/۳	۶	۱/۸	۶۲/۶	۸/۷	آبان
۶/۶	۰/۴۲	۹/۷	۴/۱	۱/۶۹	۷۰/۱	-۱/۸	آذر
۷/۴	۰/۴۲	۱۰	۴/۲	۱/۲۵	۷۱/۷	-۶/۵	دی
۹/۴	۰/۴۶	۱۱	۵	۱/۸۶	۷۱/۵	-۴	بهمن
۱۲/۱	۰/۴۷	۱۱/۹	۵/۶	۱/۷۴	۶۸/۷	-۰/۲	اسفند
۱۴/۷	۰/۵۳	۱۳/۱	۶/۹	۱/۸۱	۶۱/۶	۴/۶	فروردین
۱۶/۴	۰/۶۲	۱۴/۱	۸/۷	۱/۸۲	۵۹/۹	۱۰/۴	اردیبهشت
۱۷/۲	۰/۷۹	۱۴/۶	۱۱/۵	۱/۹	۴۸/۳	۱۶/۷	خرداد
۱۶/۷	۰/۸۷	۱۴/۴	۱۲/۵	۲/۶۷	۴۰/۵	۲۱/۳	تیر
۱۵/۴	۰/۸۲	۱۳/۵	۱۱/۱	۱/۸۶	۳۹/۴	۲۱/۲	مرداد
۱۳/۱	۰/۸۲	۱۲/۴	۱۰/۲	۱/۵۱	۳۹/۲	۱۸/۷	شهریور
۱۲/۳	۰/۶۴	۱۲/۲	۷/۸	۱/۸۳	۵۷	۸/۶	سالانه

تبخیر از تشت و ضریب تشت که با توجه به رطوبت نسبی میانگین، سرعت باد و محیط قرار گرفتن تشت به دست آمده است و هم چنین تبخیر و تعرق پتانسیل در جدول (۲) آورده شده است.

جدول (۲): محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل با استفاده از روش تشت تبخیر

ماه	پارامتر	تبخیر از تشت (mm)	ضریب تشت	ETo(mm)
مهر	۱۶۱/۷	۰/۶۴	۱۰۳/۵	
آبان	۸۶/۳	۰/۶۴	۵۵/۳	
آذر	۵۷/۴	۰/۵۵	۳۱/۴	
دی	۴۱/۹	۰/۵۴	۲۲/۵	
بهمن	۵۲/۹	۰/۵۴	۲۸/۶	
اسفند	۹۲/۶	۰/۵۵	۵۰/۸	
فروردین	۱۳۲/۵	۰/۷	۹۳/۱	
اردیبهشت	۲۲۰/۹	۰/۶۲	۱۳۶/۴	
خرداد	۳۴۵/۳	۰/۵۵	۱۸۹/۱	
تیر	۴۷۵/۳	۰/۴۸	۲۲۷/۹	
مرداد	۴۷۳/۱	۰/۴۶	۲۱۷/۱	
شهریور	۳۱۰/۷	۰/۵۸	۱۷۹/۸	

تبخیر و تعرق پتانسیل ماهیانه به روشهای هارگریوز، بلانی کریدل و پنمن مانتیس با استفاده از داده های هواشناسی منطقه و تبخیر و تعرق پتانسیل از روی تشت تبخیر در جداول (۳) آورده شده است.

جدول (۳): تبخیر و تعرق پتانسیل اندازه گیری شده با استفاده از روش های مختلف

پنمن - مانتیس	تشت تبخیر	یلانی کریدل	هارگریوز	پارامتر ماه
۷۲/۹	۱۰۳/۵	۱۱۲/۹	۱۱۰/۷	مهر
۳۷/۸	۵۵/۳	۳۸/۸	۴۷/۶	آبان
۲۷	۳۱/۴	۴۹/۶	-	آذر
۳۳	۲۲/۵	۳۶	-	دی
۳۹/۹	۲۸/۶	۴۳/۱	-	بهمن
۶۳	۵۰/۸	۶۷/۱	-	اسفند
۱۰۴/۲	۹۳/۱	۹۰/۵	۳۲/۶	فروردین
۱۵۱/۹	۱۳۶/۴	۱۲۶/۵	۸۴/۹	اردیبهشت
۱۹۷/۲	۱۸۹/۱	۱۵۴/۸	۱۷۸/۸	خرداد
۲۰۱/۵	۲۲۷/۹	۱۷۸/۵	۲۶۴/۴	تیر
۱۶۲	۲۱۷/۱	۱۶۷/۵	۲۵۰/۴	مرداد
۱۱۸/۷	۱۷۹/۸	۱۳۹/۶	۲۰۳/۸	شهریور

در جدول (۴) هر یک از روش ها با روش پنمن - مانتیس مورد مقایسه قرار گرفته و ضرایب رگرسیونی، ضریب همبستگی، معادله اصلاحی و اولویت روش ذکر گردیده است.

جدول (۴) مقایسه روش های مختلف نسبت به روش پنمن - مانتیس

اولویت	معادله اصلاحی $y = a + bx$	ضریب همبستگی (r)	روش
۳	$y = 63.6 + 0.46x$	۰/۷۱	هارگریوز
۱	$y = -14.7 + 1.15x$	۰/۹۴	بلانی کریدل
۲	$y = 12.4 + 0.79x$	۰/۹۳	تشت تبخیر

فرمول های اصلاحی برای هر یک از روش ها نسبت به روش پنمن - مانتیس به قرار زیر می باشند:

الف) روش هارگریوز

$$E_{To\ pn} = 63.6 + 0.46 E_{To\ he}$$

ب) روش بلانی کریدل

$$E_{To\ pn} = -14.7 + 1.15 E_{To\ bl}$$

ج) روش تشت تبخیر

$$E_{To\ pn} = 12.4 + 0.79 E_{To\ ta}$$

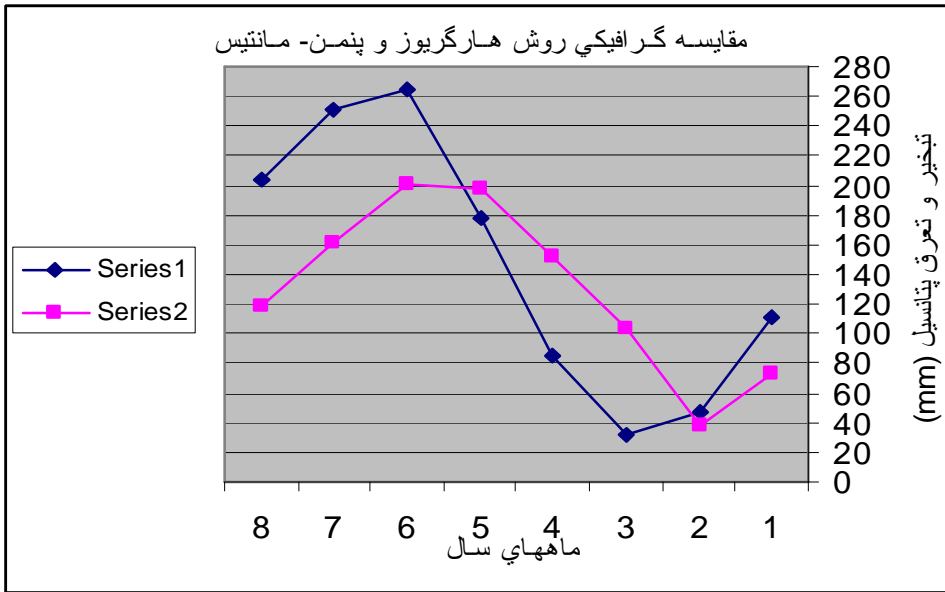
که در روابط بالا،

$E_{To\ pn}$ = تبخیر و تعرق پتانسیل با روش پنمن - مانتیس

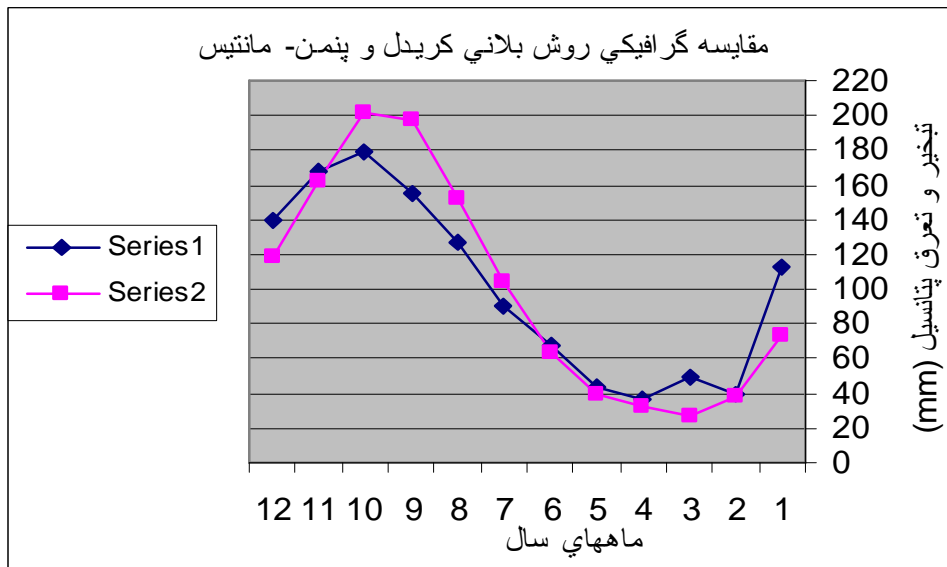
$E_{To\ he}$ = تبخیر و تعرق پتانسیل با روش هارگریوز

$E_{To\ bl}$ = تبخیر و تعرق پتانسیل با روش بلانی کریدل

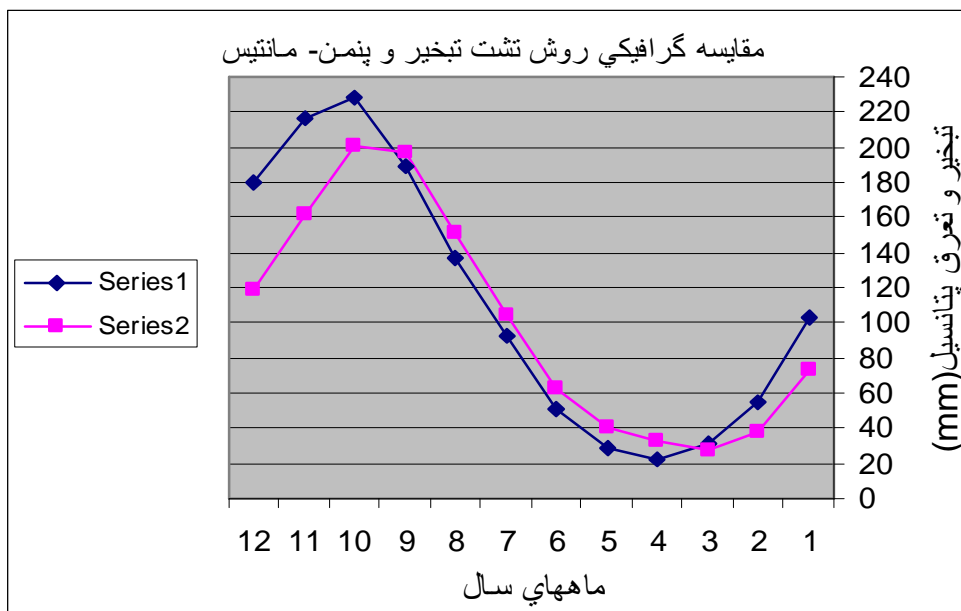
$E_{To\ ta}$ = تبخیر و تعرق پتانسیل با روش تشت تبخیر می باشند.



مقایسه گرافیکی روش هارگریوز و پنمن-مانتیس
 Series1 = هارگریوز و پنمن-مانتیس = Series2



مقایسه گرافیکی روش بلانی کریدل و پنمن-مانتیس
 Series1 = بلانی کریدل و پنمن-مانتیس = Series2



مقایسه گرافیکی روش تشت تبخیر و پنمن-مانتیس
 Series 1 = تشت تبخیر و پنمن-مانتیس = Series 2

نتیجه گیری

با توجه به جدول (۴) و نمودارهای قبل و مقایسه روش های مختلف تبخیر و تعرق پتانسیل می توان نتیجه گرفت که روش های اولیه اندازه گیری تبخیر و تعرق پتانسیل مانند هارگریوز دقیق نبوده و نواقص زیادی دارند و هم چنین در مقایسه با روش پنمن-مانتیس، که به عنوان روش مرجع انتخاب شده است، روش بلانی کریدل از روش تشت تبخیر دقیق تر می باشد. لذا در مقایسه با روش پنمن-مانتیس اولویت روش های دیگر به ترتیب بلانی کریدل، تشت تبخیر و هارگریوز می باشند.

منابع

- ۱) علیزاده، امین. ۱۳۷۴. اصول طراحی سیستم های آبیاری. انتشارات آستان قدس رضوی
- ۲) علیزاده، امین. ۱۳۷۸. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات آستان قدس رضوی
- ۳) علیزاده، امین. ۱۳۷۴. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات آستان قدس رضوی
- ۴) ضیاء تبار احمدی، میرخالق. بررسی و مقایسه روشهای برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل در استان مازندران
- ۵) کمیته ملی آبیاری و زهکشی (بخش جوان). ۱۳۷۵. مقایسه روش پنمن-مانتیس با سایر روش های توصیه شده جهت محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل (ET_o) در چند منطقه مختلف ایران. مجموعه مقالات هشتمین سمینار کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.
- ۶) رحیم زادگان، ر. ۱۳۷۱. جست و جوی روش مناسب برآورد تبخیر و تعرق در منطقه اصفهان. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۹: ۲۳-۱.