

## تغییرات مکانی تبخیر تعرق مرجع در استان کرمانشاه

ایمان ابراهیمی هفت چشمه<sup>۱</sup>، بهمن فرهادی بانسوله<sup>۲\*</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۳

### چکیده

با توجه به تغییرات مکانی و کمبود اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای تبخیر تعرق، استفاده از روش‌های درون‌یابی جهت برآورد مکانی این کمیت ضروری به نظر می‌رسد. هدف از این مطالعه برآورد تبخیر تعرق مرجع ( $ET_0$ ) در سطح استان کرمانشاه و مقایسه آن با سند ملی آب کشور می‌باشد. به این منظور، داده‌های روزانه هواشناسی ۳۸ ایستگاه در استان کرمانشاه و استان‌های همجوار از سازمان هواشناسی اخذ گردیده و برای محاسبه و پهنه‌بندی  $ET_0$  به سه روش بر اساس فرمول پنمن و پنمن-مانتیت استفاده شد. در روش‌های اول و دوم، ابتدا داده‌های هواشناسی درون‌یابی و سپس  $ET_0$  بر اساس آن داده‌ها محاسبه شد، در حالی که در روش سوم ابتدا مقادیر  $ET_0$  در ایستگاه‌های سینوپتیک محاسبه و سپس درون‌یابی انجام گرفت. به این منظور کل استان به ۳۶۶ یاخته با ابعاد  $10 \times 10$  کیلومتر تقسیم و با استفاده از نرم‌افزار CGMS درون‌یابی شد. نتایج نشان داد که  $ET_0$  تغییرات مکانی قابل توجهی در سطح استان دارد. به طور کلی می‌توان گفت مناطق غربی که دمای بیشتر و ارتفاع کمتری دارند، تبخیر تعرق بالاتری دارند. مقادیر  $ET_0$  محاسبه شده در استان کرمانشاه بر اساس روش پنمن-مانتیت بیشتر از روش پنمن بود. گرچه کمیت  $ET_0$  در سند ملی آب کشور بر اساس فرمول پنمن-مانتیت محاسبه شده ولی مقدار آن در دشت‌های استان با مقادیر برآوردی با روش اول (فرمول پنمن) مطابقت داشت.

**واژه‌های کلیدی:** زمین‌آمار، پنمن-مانتیت، تبخیر تعرق، میان‌یابی، CGMS

### مقدمه

می‌توانند تخمین مناسبی از توزیع مکانی تبخیر تعرق مرجع را در پهنه‌ای وسیع به کمک روش میان‌یابی به دست دهند (Mardikis et al., 2005). در روش‌های زمین‌آمار می‌توان بین مقادیر یک کمیت در جامعه نمونه‌ها و فاصله و جهت قرار گرفتن نمونه‌ها نسبت به هم ارتباط برقرار کرد. در کشور چین، تغییرپذیری مکانی و روند زمانی تبخیر تعرق مرجع محاسبه شده به روش پنمن-مانتیت را مورد بررسی قرار دادند (Gong et al., 2005). آن‌ها روش کریجینگ معمولی که بیشترین دقت را در اعتبارسنجی دارا بود، برای میان‌یابی انتخاب نمودند و نقشه مکانی و زمانی تبخیر تعرق را بر اساس آن تهیه کردند. Soltani (2015) تبخیر تعرق مرجع در ایران را بر اساس روش‌های تبخیر از تشتک و Niazi (2015) بر اساس روش انتقال جرم در اقلیم‌های متفاوت برآورد و با بهره‌گیری از روش کریجینگ معمولی

تبخیر تعرق از مؤلفه‌های اصلی چرخه هیدرولوژی می‌باشد که تعیین آن در مطالعات مربوط به نیاز آبی و بهره‌برداری از منابع آب ضروری است. با توجه به بالا بودن هزینه و مشکلات تعمیم روش‌های اندازه‌گیری تبخیر تعرق (از جمله لایسیمتر)، معمولاً این متغیر به صورت غیرمستقیم و بر اساس داده‌های هواشناسی برآورد می‌گردد. استفاده ترکیبی از داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های سینوپتیک با سایر ایستگاه‌ها، می‌تواند در برآورد تبخیر تعرق در نقاطی که ایستگاه هواشناسی سینوپتیک وجود ندارد، راهگشا باشد. با میان‌یابی متغیرهای هواشناسی و تبخیر تعرق با استفاده از روش‌های زمین‌آمار می‌توان نقشه‌های تبخیر تعرق را در منطقه مورد نظر تهیه نمود. روش‌های زمین‌آمار با پهنه‌بندی مناسب

<sup>۲</sup> استادیار گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

(\*نویسنده مسئول: [bfarhadi2001@yahoo.com](mailto:bfarhadi2001@yahoo.com))

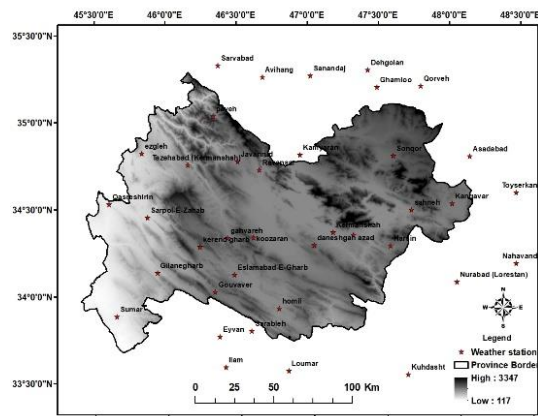
<sup>۱</sup> دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

در مناطق مختلف استان برای استفاده بهینه از منابع آبی لازم است. در حال حاضر طراحی سیستم‌های آبیاری در استان کرمانشاه بر اساس سند ملی آب کشور انجام می‌گیرد، که علی‌رغم رخداد پدیده تغییر اقلیم، از آمار هواشناسی قدیمی در تهیه آن استفاده شده است. در این سند نیاز آبی هر کدام از دشتهای استان بر اساس داده‌های هواشناسی نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی محاسبه گردیده و تغییرات مکانی نیاز آبی درون دشت لحاظ نشده است. هدف از این پژوهش پهنه‌بندی جدید تبخیر تعرق مرجع به روش‌های پنمن و پنمن-مانتیت در استان کرمانشاه و مقایسه نتایج با مقادیر تبخیر تعرق مندرج در سند ملی آب کشور بوده است.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

استان کرمانشاه در غرب کشور بین مدار ۳۳ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. این استان از شمال به کردستان، از جنوب به لرستان و ایلام، از شرق به همدان و از غرب به کشور عراق محدود شده است. این استان از نظر توپوگرافی و اقلیم متنوع می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱- نقشه رقومی ارتفاعی استان کرمانشاه و موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی

Figure 1- Digital Elevation Model (DEM) of Kermanshah province and location of weather stations

### میان‌یابی داده‌های هواشناسی در سیستم پایش رشد محصول (CGMS)

سیستم پایش رشد محصول (CGMS) ترکیبی از مدل‌های شبیه‌سازی رشد گیاه (Wofost (Boogard et

در محیط نرم افزار ArcGIS پهنه‌بندی کردند. نتایج بررسی آن‌ها نشان داد که در میان سه روش زمین‌آماری استفاده شده روش کوکریجینگ دارای کمترین معیارهای خطا بود (Bolhasani and Zarei, 2016). Dinpashoh and Babamiri (2020) روند تبخیر تعرق مرجع در حوضه دریاچه ارومیه را در ۹ ایستگاه منتخب مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و مقادیر  $ET_0$  با استفاده از فرم استاندارد توصیه شده FAO-56 Penman-Monteith تخمین زده شد. تجزیه و تحلیل تأثیرات متغیرهای اقلیمی بر روند  $ET_0$  نشان داد که دلیل افزایش روند در  $ET_0$  به روندهای افزایش دمای هوا و سرعت باد و همچنین روند کاهش متوسط رطوبت نسبی نسبت داده شده است. (Pengcheng et al., 2021). تغییرات زمانی و مکانی متغیرهای هواشناسی و تبخیر تعرق مرجع در مناطق مرتفع تبت در چین را با فرمول پنمن-مانتیت محاسبه و از نرم افزار ArcGIS برای تولید نقشه‌های توزیع درون‌یابی فضایی عناصر هواشناسی و  $ET_0$  استفاده نمودند تا روند تغییرات مکانی- زمانی هر ایستگاه پایه انجام شود. نتایج آن‌ها نشان داد که در منطقه Ngari مقدار  $ET_0$  تجمعی سالیانه زیاد و به تدریج از غرب به شرق کاهش می‌یابد. بررسی منابع بیانگر این است که در بیشتر مطالعات از روش‌های میان‌یابی کریجینگ و یا عکس فاصله (IDW) برای میان‌یابی پارامترهای هواشناسی و تبخیر تعرق استفاده شده است (Malamos et al., 2017; Hodam et al., 2017). (Xavier et al., 2016). در این روش‌ها وزن هر ایستگاه بر اساس فاصله افقی بین ایستگاه هواشناسی و نقطه مورد نظر تعیین می‌شود. این در حالی است که متغیرهای هواشناسی با ارتفاع نیز تغییر می‌کنند. استفاده از مدل‌هایی که بتوانند علاوه بر اختلاف فاصله افقی، اختلاف ارتفاع را نیز در نظر بگیرند، حائز اهمیت می‌باشند. میان‌یابی داده‌های هواشناسی با در نظر گرفتن فاصله افقی و اختلاف ارتفاع در سیستم پایش رشد محصول (CGMS)<sup>۱</sup> مورد توجه قرار گرفته است. (Sargordi et al., 2019) برای بررسی تغییرات مکانی نیاز آبی ذرت علوفه‌ای و گندم از نرم‌افزار CGMS استفاده کردند و داده‌های هواشناسی شهرستان برخواستار میمه را در ۴۷ روستای منطقه میان‌یابی کردند. استان کرمانشاه یکی از استان‌های حاصلخیز کشور است که دارای اقلیم‌های مختلفی می‌باشد. برآورد دقیق نیاز آبی گیاهان

<sup>1</sup> Crop Growth Monitoring System

سال‌های مورد بررسی چندان کاربردی نمی‌باشد، لذا میانگین  $ET_0$  ماهانه در کل دوره محاسبه و بر اساس آن نقشه‌های  $ET_0$  ماهانه و سالانه تهیه گردید. مقادیر  $ET_0$  ماهانه در مرکز گریدهای هواشناسی در نرم‌افزار GIS فراخوانی و به صورت یک فایل نقطه‌ای ذخیره گردید. در ادامه با روش کریجینگ نقشه‌های پهنه‌بندی  $ET_0$  در محیط GIS ترسیم گردید.

۲- محاسبه  $ET_0$  با فرمول پنمن-مانتیت در گریدهای هواشناسی بر اساس داده‌های هواشناسی میان‌یابی شده در این روش مقادیر میان‌یابی شده متغیرهای هواشناسی توسط نرم‌افزار، در اکسل فراخوانی گردید. سپس با کدنویسی فرمول پنمن-مانتیت مقدار تبخیرتغرق هر روز برای هر گریه محاسبه گردید. در ادامه مطابق با روش اول نتایج در نرم‌افزار GIS فراخوانی و نقشه‌های  $ET_0$  ماهانه و سالانه ترسیم گردید.

۳- محاسبه  $ET_0$  با فرمول پنمن-مانتیت در ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک و میان‌یابی  $ET_0$  ماهانه در محیط GIS در این روش ابتدا  $ET_0$  با فرمول پنمن مانیت محاسبه گردید. سپس میانگین طولانی‌مدت تبخیرتغرق ماهانه هر ایستگاه محاسبه شد. در ادامه در محیط GIS یک فایل نقطه‌ای به نام Weather station تشکیل و میانگین طولانی‌مدت تبخیرتغرق ماهانه ایستگاه‌های هواشناسی به این فایل نقطه‌ای الحاق گردید. با توجه به نقشه‌های  $ET_0$  برآورده شده مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین  $ET_0$  هر کدام از دشت‌های استان نیز محاسبه گردید. در پایان متوسط  $ET_0$  ماهانه دشت‌های برآورده شده با روش‌های مختلف با مقادیر مندرج در سند ملی آب کشور که از نرم‌افزار AGWAT استخراج شد، مقایسه گردید.

## نتایج و بحث

با استفاده از هر سه روش مقادیر تبخیرتغرق در سطح استان برآورد و نقشه‌های مربوط به میانگین ماهانه و سالانه  $ET_0$  ترسیم گردید. با توجه به زیاد بودن نقشه‌های تولید شده، فقط نقشه‌های  $ET_0$  سالانه هر سه روش (شکل ۲) ارائه و تفسیر می‌گردد. نتایج بیانگر این است که مقادیر  $ET_0$  در سطح استان تغییرات زیادی دارد. به طور کلی می‌توان بیان کرد مناطق غربی استان که دمای بالاتر و ارتفاع کمتری نسبت به سایر مناطق استان دارند، دارای

(al., 1998) با امکانات سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌باشد که توسط موسسه JRC ایتالیا در چارچوب پروژه MARS و به سفارش پارلمان اتحادیه اروپا به‌عنوان ابزاری جهت پیش‌بینی عملکرد محصولات زراعی قبل از برداشت محصول تهیه گردیده است (Farhadi Bansouleh, 2009). برای شبیه‌سازی رشد ابتدا باید منطقه به گریدهای هواشناسی تقسیم گردد. با میان‌یابی داده‌های ثبت شده در ایستگاه‌های هواشناسی مقادیر پارامترهای هواشناسی برای هر کدام از گریدهای هواشناسی برآورد می‌گردد. میان‌یابی متغیرهای هواشناسی برای مرکز گریدها، بر اساس مطالعه (Beek (1991) و Van der Voet (1994) انجام می‌شود. در این سیستم میان‌یابی بر اساس روش عکس فاصله انجام می‌گیرد و وزن اختصاص یافته به هر ایستگاه هواشناسی بر اساس فاصله معادل تعیین می‌شود (Baruth et al., 2007).

## فرمول‌های برآورد تبخیرتغرق گیاه مرجع ( $ET_0$ )

معادله‌های متعددی برای محاسبه  $ET_0$  بر اساس داده‌های هواشناسی ارائه گردیده است که معادله‌های پنمن (Penman, 1948) و پنمن مانیت فائو (Allen et al., 1998) از متداول‌ترین این معادله‌ها می‌باشند که در این مطالعه نیز استفاده شده‌اند.

## داده‌های هواشناسی مورد استفاده

برای تعیین پارامترهای هواشناسی در سطح استان آمار روزانه کلیه ایستگاه‌های سینوپتیک، اقلیم‌شناسی و باران‌سنجی واقع در استان کرمانشاه و استان‌های همجوار که فاصله نزدیکی با استان کرمانشاه داشتند از بدو تأسیس تا سال ۲۰۱۶ میلادی از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید. بعد از بررسی داده‌های هواشناسی در نهایت ۳۸ ایستگاه انتخاب شد. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها روی نقشه توپوگرافی در شکل ۱ ارائه شده است.

## پهنه‌بندی تبخیرتغرق گیاه مرجع

۱- محاسبه  $ET_0$  با فرمول پنمن در گریدهای هواشناسی بر اساس داده‌های هواشناسی میان‌یابی شده در این روش از نرم‌افزار CGMS برای میان‌یابی داده‌های هواشناسی و تبخیرتغرق مرجع استفاده شد. جزئیات استفاده از این روش در راهنمای کاربردی CGMS تشریح شده است (Baruth et al., 2007). از آنجا که ارائه نقشه متغیرهای هواشناسی و میانگین  $ET_0$  ماهانه گریدها برای

تبخیر تعرق پتانسیل برآورد شده را داشتند. ضمناً دامنه تغییرات  $ET_0$  بیانگر تغییرات قابل ملاحظه مکانی  $ET_0$  در سطح استان می‌باشد. همان‌گونه که انتظار می‌رفت نتایج تبخیر تعرق تهیه شده در روش‌های دوم و سوم که بر اساس فرمول پنمن-مانتیت هستند، به هم نزدیک می‌باشند.

تبخیر تعرق بالاتری هستند و تبخیر تعرق در مناطق شمالی و شرقی استان کمتر است. مقادیر  $ET_0$  ماهانه و سالانه با سه روش مورد مطالعه در جدول ۱ گزارش شده است. با توجه به نتایج تبخیر تعرق برآوردی در هر سه روش، ماه‌های ژانویه و ژوئیه به ترتیب کمترین و بیشترین مقادیر میانگین

Table 1- Statistical characteristics of estimated  $ET_0$  in Kermanshah province (mm)

جدول ۱- مشخصات آماری تبخیر تعرق برآورد شده در استان کرمانشاه ( میلی متر)

Month	Method 1*			Method 2**			Method 3***		
	Min.	Average	Max.	Min.	Average	Max.	Min.	Average	Max.
Jan.	24.2	30.8	42.2	21.3	40.3	71.4	33.8	42.9	70.1
Feb.	40.3	49.1	64.9	32.1	55.6	93.8	45.6	56.0	92.7
Mar.	72.3	80.0	94.0	63.6	94.6	143.9	80.1	96.4	148.3
Apr.	102.5	111.0	128.0	92.0	126.5	186.3	102.8	126.4	190.7
May	132.0	144.2	167.3	128.7	171.3	247.8	137.4	174.8	259.0
Jun.	159.4	178.8	204.6	168.3	212.5	294.1	168.5	221.1	324.4
Jul.	164.4	188.5	209.2	190.2	233.3	308.7	184.6	240.9	333.9
Aug.	140.9	170.5	190.9	171.4	214.9	283.2	162.0	227.8	327.0
Sep.	108.9	132.0	151.0	132.6	165.0	220.1	124.1	174.6	260.5
Oct.	73.3	89.6	105.9	88.4	116.0	163.1	89.8	120.8	189.8
Nov.	37.5	47.9	61.3	41.2	61.4	92.1	42.9	60.9	96.8
Dec.	24.5	31.8	42.4	25.2	43.5	69.5	32.7	45.0	75.5
Annual	1092.4	1254.0	1456.0	1159.1	1534.8	2169.0	1199.1	1588.4	2388.1

\*Method 1:  $ET_0$  calculated using Penman formula in grid weathers based on interpolated weather data

\*\*Method 2:  $ET_0$  calculated using Penman-Monteith formula in grid weathers based on interpolated weather data

\*\*\*Method 3:  $ET_0$  calculated using Penman-Monteith formula in synoptic weather stations and the results interpolated

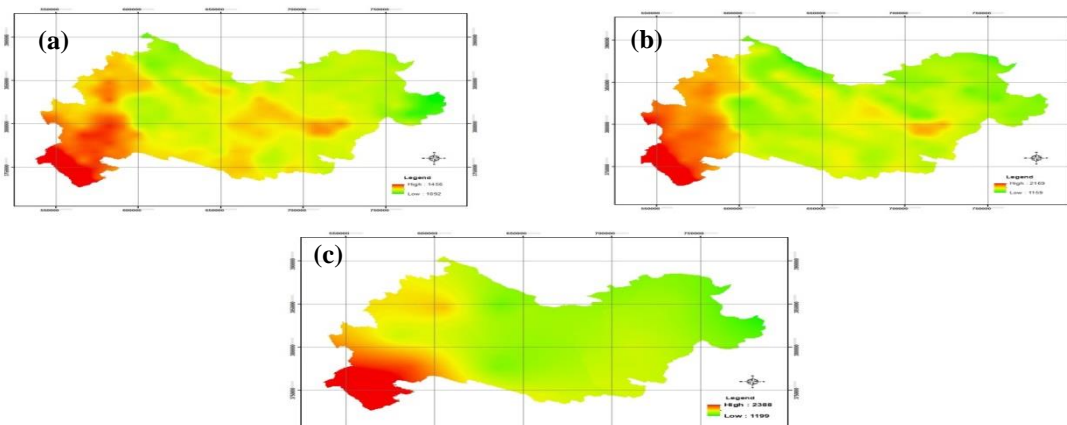


Figure 2-Annual evapotranspiration map using (a): method 1, (b): method 2 and (c): method 3 in Kermanshah

شکل ۲- نقشه تبخیر تعرق سالانه (a): روش ۱، (b): روش ۲ و (c): روش ۳ در استان کرمانشاه

هم تفاوت دارند. تفاوت مربوط به نتایج روش‌های دوم و سوم مربوط به نحوه میان‌یابی داده‌ها و تعداد ایستگاه‌های هواشناسی استفاده شده برای برآورد  $ET_0$  می‌باشد. در ادامه مقادیر تبخیر تعرق برآورد شده در سطح استان کرمانشاه با مقادیر مندرج در سند ملی آب کشور (نرم‌افزار AGWAT) مقایسه گردید که نتایج آن در شکل ۴ ارائه شده است. طبق نتایج حداکثر تبخیر تعرق برآورد شده سالانه برای روش‌های اول و سوم مربوط به دشت سومار و برای روش دوم مربوط به دشت قصر شیرین و برای نرم‌افزار AGWAT مربوط به

به طور کلی می‌توان بیان کرد که روش پنمن مقادیر کمتری نسبت به روش پنمن-مانتیت برای تبخیر تعرق محاسبه کرده است. میانگین  $ET_0$  ماهانه برآورد شده با سه روش در شکل ۳ ترسیم شده است. علیرغم این که روند تغییرات زمانی هر سه روش مشابه می‌باشد ولی مقادیر برآورد شده با روش اول که بر اساس فرمول پنمن می‌باشد کمتر از روش‌های دوم و سوم می‌باشد. نتایج روش‌های دوم و سوم که بر اساس فرمول پنمن-مانتیت می‌باشد تقریباً مشابه هستند هر چند در ماه‌های فصل تابستان اندکی با

روش اول که با فرمول پنمن به دست می‌آید به نرم‌افزار AGWAT نزدیک‌تر بوده و تفاوت چندانی با هم ندارند. اما تبخیرتغرق در روش‌های دوم و سوم که با فرمول پنمن-مانتیت به دست آمده‌اند با نمودار نرم‌افزار AGWAT تفاوت زیادی دارند.

دشت‌های بابارستم و سرپل‌ذهاب می‌باشد. حداقل تبخیرتغرق برآورد شده سالانه برای روش‌های اول و سوم مربوط به دشت کنگاور و برای روش دوم مربوط به دشت بیونج و برای نرم‌افزار AGWAT مربوط به دشت کامیاران-بیلهور می‌باشد. باتوجه به نتایج، تبخیرتغرق سالانه برای

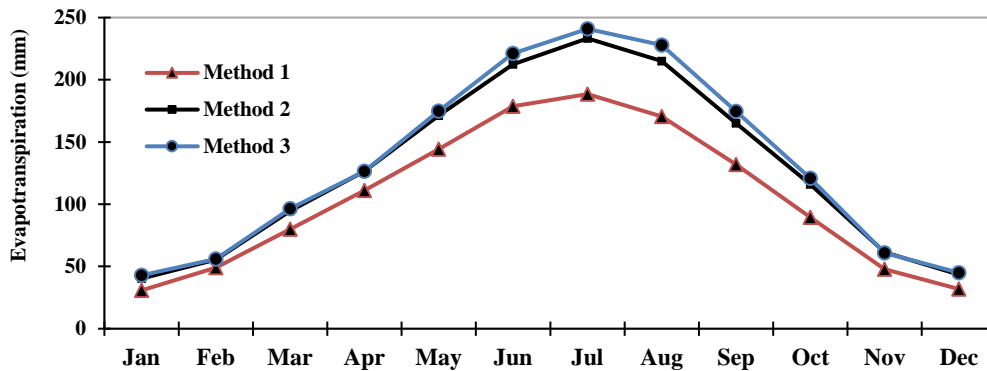


Figure 3 – Mean monthly values of ET in Kermanshah province  
شکل ۳- میانگین تبخیرتغرق ماهانه در سطح استان کرمانشاه

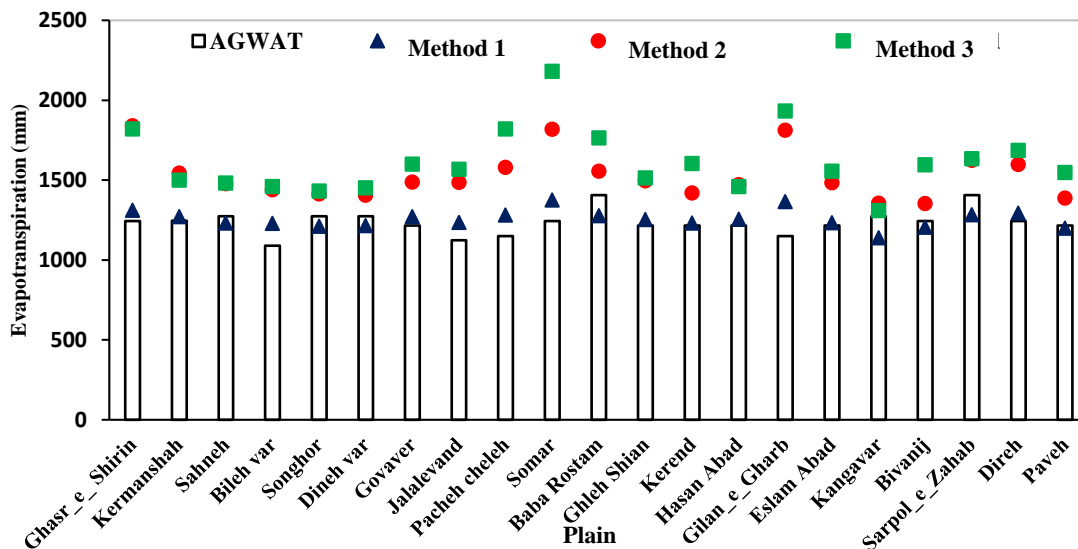


Figure 4- Comparison of ET values estimated by three applied methods and AGWAT package  
شکل ۴- مقایسه تبخیرتغرق سالانه برآورد شده و تبخیرتغرق نرم‌افزار AGWAT

این تفاوت افزایش دما و تغییرات اقلیمی‌ای است که طی چند سال اخیر باعث افزایش تبخیرتغرق شده است. به نظر می‌رسد که در سند ملی آب کشور مقادیر تبخیرتغرق کمتر از مقدار واقعی برآورد شده است، زیرا با توجه به نتایج این پژوهش در تمام دشت‌های استان چنین وضعیتی قابل مشاهده است. به بیان دیگر اگر آبیاری بر اساس سند ملی آب کشور انجام گیرد در واقع کم‌آبیاری انجام شده است. لذا پیشنهاد می‌گردد با توجه به پیشرفت روش‌های جدید

### نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج این پژوهش، می‌توان بیان کرد که فرمول پنمن-مانتیت مقادیر ET<sub>o</sub> را در استان کرمانشاه بیشتر از روش پنمن برآورد می‌کند. اگرچه در نرم‌افزار AGWAT مقادیر تبخیرتغرق بر اساس فرمول پنمن-مانتیت محاسبه شده است، ولی مقادیر آن با نتایج روش‌های دوم و سوم که در آن‌ها از روش پنمن-مانتیت استفاده شده، تفاوت قابل ملاحظه‌ای دارد و احتمالاً دلیل

- india: comparison of IDW and Kriging methods. *Institution of Engineers*, 98(4): 511–524.
- Malamos, N., Tsirogiannis, I. L., Tegos, A., Efstratiadis, A., Koutsoyiannis, D. 2017. Spatial interpolation of potential evapotranspiration for precision irrigation purposes. In *Proceedings of the 10th World Congress on Water Resources and Environment*, Athens, Greece.
- Mardikis, M.G., Kalives, D. P., Kollias, V. J. 2005. Comparison of interpolation methods for the prediction of reference evapotranspiration- An application in Greece. *Water Resources Management*, 19(3):251-278.
- Niazi, Z. 2015. Evaluation and comparison of different methods of estimating reference evapotranspiration (based on the method of mass transfer) in different climates and its zoning in Iran. M.Sc. Thesis, Water engineering, Razi University, Kermanshah, Iran. (in Farsi)
- Pengcheng, T., Bing, X., Delong, T., Jie, R., Zekun, L. 2021. Temporal and spatial variations of meteorological elements and reference crop evapotranspiration in Alpine regions of Tibet, China. *Environmental Science and Pollution Research Journal*, 1-7.
- Penman, H.L. 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proceedings Royal Society, Series A*, 193:120-146.
- Sargordi, F. Farhadi Bansouleh, B. Sharifi, M.A., Van Keulen, H. 2013. Spatio-temporal variation of wheat and silage maize water requirement using CGMS model. *International Journal of Plant Production*, 7 (2): 207-223.
- Soltani, N. 2015. Evaluation and comparison of different methods of estimating reference evapotranspiration based on methods of evaporation from evaporation pan in Iran and its zoning using GIS. M. Sc. Thesis, Water engineering, Razi University, Kermanshah, Iran. (in Farsi)
- Van der Voet, P., van Diepen, C. A., Oude Voshaar, J. 1994. Spatial interpolation of daily meteorological data. A knowledge-based procedure for the regions of the European Communities. Report 53.3, DLO Winand Staring Centre, Wageningen, The Netherlands, pp 105.
- Xavier, A. C., King, C. W., Scanlon, B. R. 2016. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013), *International Journal of Climatology*, 36(6): 2644–2659.
- و به روز تبخیر تعرق در کلیه دشت‌های کشور مجدداً برآورد شده و سند ملی آب مجدداً به روز رسانی شود تا برنامه‌ریزی‌های آبیاری با دقت بیشتر انجام شده و شاهد افزایش بهره‌وری مصرف آب باشیم.

## منابع

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M. 1998. *Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements- FAO irrigation and drainage paper NO. 56*. FAO, Rome.
- Baruth, B., Genovese, G., Leo, O. 2007. CGMS version 9.2 user manual and technical documentation. Joint Research Center Scientific and Technical Reports. pp 116.
- Beek, E. G. 1991. Spatial interpolation of daily meteorological data. Theoretical evaluation of available techniques. Report 53.1, DLO Winand Staring Centre, Wageningen, The Netherlands, pp 43.
- Bolhasani, K., Zarei, H. 2016. Spatial estimation and zoning reference evapotranspiration using geostatistical methods and geographic information system (case study: Bakhtegan Basin). *Water Science Engineering*, 6 (13): 7-21. (in Farsi)
- Boogard, H. L., Diepen, van C. A., Roller, R. P., Cabrera, J. M., Laar van, H.H. 1998. User's guide for the WOFOST 7.1 crop growth simulation model and WOFOST Control Center 1.5. Technical document 52, Winand Staring Centre for Integrated Land, Soil and Water Research, Wageningen, Netherlands.
- Dinpashoh, Y., Babamiri, O. 2020. Trends in reference crop evapotranspiration in Urmia Lake basin, *Arabian Journal of Geosciences*. 13(372)
- Farhadi Bansouleh, B. 2009. Development of a spatial planning support system for agricultural policy formulation related to land and water resources in Borkhar and Meymeh district, Iran. Ph.D. Thesis, ITC/Wageningen University, Enschede/Wageningen, The Netherlands.
- Gong, L., Xu, Ch., Chen, D. 2005. Spatial interpolation and analyses of reference evapotranspiration and its temporal trends in Changjiang (Yangtze River) Catchment, China, *Geophysical Research Abstracts*, 7: 04875.
- Hodam, S., Sarkar, S., Marak, A. G., Bandyopadhyay, A., Bhadra, A. 2017. Spatial interpolation of reference evapotranspiration in



## Spatial variation of reference evapotranspiration in Kermanshah province

I. Ebrahimi Haftcheshmeh<sup>1</sup>, B. Farhadi Bansouleh<sup>2\*</sup>

Received: 18/12/2020

Accepted: 04/09/2021

### Abstract

Due to the spatial variations of evapotranspiration, and lack of adequate point estimations using interpolation methods for spatial analysis is necessary. The aim of this study was to estimate the regional values of reference evapotranspiration ( $ET_o$ ) in Kermanshah province, west of Iran and comparison with Iran National Water Document. For this purpose, daily weather data of 38 meteorological stations of Kermanshah and neighboring provinces were obtained from the Iran Meteorological Organization. Three methods were used for calculation and zoning of  $ET_o$ , based on Penman and Penman-Monteith equations. In the first and second methods, the meteorological data were interpolated and then  $ET_o$  was calculated using the interpolated data, while in the third method the point estimation of  $ET_o$  (weather stations) were interpolated. For the purpose of interpolation, the CGMS software was used in a gridded network of 366 cells with  $10 \times 10$  km size. The results showed that there exist a significant spatial variations  $ET_o$  across the province. In general, in the western regions of the province, with higher temperature and lower altitude, higher values of  $ET_o$  was observed. The  $ET_o$  estimations based on Penman-Monteith method were higher than Penman method. Although the  $ET_o$  values presented in the Iran National Water Document are calculated by the Penman-Monteith equation, but obtained amount for plain regions of the province are more consistent with Penman- equation estimations.

**Keywords:** CGMS, Evapotranspiration, Geostatistics, Interpolation, Penman-Monteith



<sup>1</sup> M. Sc. Graduated in Irrigation and Drainage, Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran

<sup>2</sup> Assistant Professor, Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran  
(\*Corresponding Author Email Address: [bfarhadi2001@yahoo.com](mailto:bfarhadi2001@yahoo.com))

نحوه ارجاع مقاله:

ابراهیمی هفت چشمه، ا.، فرهادی بانسوله، ب. ۱۴۰۰. تغییرات مکانی تبخیر تعرق مرجع در استان کرمانشاه. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۹(۲): ۶۱-۶۶

DOI: 10.22125/agmj.2021.262567.1106

Ebrahimi Haftcheshmeh, I., Farhadi Bansouleh, B. 2021. Spatial variation of reference evapotranspiration in Kermanshah province. Journal of Agricultural Meteorology, 9(2): 61-66. DOI: 10.22125/agmj.2021.262567.1106