



Estimation and Introduction of the Best Coefficients of Monthly Evaporation Pan for Calculations of Water Requirement (Case Study Kermanshah Province)

Houshang Ghamarnia¹ | Meisam Palash² | Maryam Bashipour³

1. Corresponding Author, Department of Water Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: hghamarnia@razi.ac.ir
2. Department of Water Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: meisampalash1371@gmail.com
3. Department of Water Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: hghamarnia@yahoo.co.uk

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received: 15 June 2022
Received in revised form:
29 July 2022
Accepted: 04 September 2022
Published online:
25 December 2022

Keywords:

Evaporation,
FAO Penman-Monteith,
Kermanshah Province,
Pan Coefficient (Kp).

ABSTRACT

Evapotranspiration calculations by the FAO Penman-Monteith method require many parameters, the lack of some of which makes the calculations difficult. On the other hand, it is necessary to use methods that are easier to calculate and are easily understood by farmers. One of the indirect methods of estimating reference evapotranspiration is the pan evaporation method, which can be considered as a suitable index to estimate the evapotranspiration of the reference plant and finally the main plant. In this method, in order to calculate the potential evapotranspiration, the results of pan evaporation must be multiplied by the pan coefficient. Accurate calculations related to the estimation of the pan coefficient are very important because it can be used for irrigation planning when there is no lysimeter equipment. In this study, by using of daily, hourly meteorological data, and data from class pan A evaporation from meteorological stations of Kermanshah province in the long term, potential evapotranspiration values of the FAO Penman-Monteith and then pan coefficients were calculated. The index coefficients as a measure of estimation methods for Cuenca, Allan, Snyder, Modified Snyder, and Orang were used. The results showed that the, Orang and modified Snyder method had a higher level of accuracy compared to the other methods. The R2 with Orang method for different cities of Islamabad Gharb, Qasr-e Shirin, Kermanshah, Sararood, Sonqor, Gilan-e Gharb, Sarpol-e zahab, Kangavar were determined as: 0.84, 0.77, 0.72, 0.76, 0.85, 0.79, 0.77, and 0.73, respectively. Finally, the values of pan coefficients calculated by all methods in study stations in different months were calculated and presented. It is hoped that the results of this study will be used by managers and farmers in the region.

Cite this article: Ghamarnia, H., Palash, M., & Bashipour, M. (2022). Estimation and Introduction of the Best Coefficients of Monthly Evaporation Pan for Calculations of Water Requirement (Case Study Kermanshah Province). *Journal of Water and Irrigation Management*, 12 (4), 747-761. DOI: <http://doi.org/10.22059/jwim.2022.344535.1001>





بر آورد و معرفی بهترین ضرایب تست تبخیر ماهیانه جهت محاسبات نیاز آبی (مطالعه موردی: استان کرمانشاه)

هوشنگ قمرنیا^۱ | میثم پالاش^۲ | مریم بشی پور^۳

۱. نویسنده مسئول، گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: hghamarnia@razi.ac.ir

۲. گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: meisampalash1371@gmail.com

۳. گروه مهندسی آب، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. رایانامه: hghamarnia@yahoo.co.uk

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۲۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۵/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۳

تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۱۰/۰۴

محاسبات تبخیر و تعرق به روش فائو- پنمن- مانیت نیازمند پارامترهای زیادی است و کمبود برخی از آن‌ها، محاسبات را با مشکل مواجه می‌سازد. از طرفی، استفاده از روش‌هایی که محاسبات آن‌ها راحت‌تر بوده و به راحتی برای کشاورزان قابل فهم باشد، الزامی است. یکی از روش‌های غیرمستقیم برآورد تبخیر- تعرق مرجع، روش تبخیراز تست است که می‌تواند به عنوان شاخصی مناسب، برای برآورد تبخیر- تعرق گیاه مرجع و در نهایت گیاه اصلی قلمداد شود. در این روش جهت محاسبه تبخیر- تعرق پتانسیل باید نتایج حاصل از تبخیر تست را در ضریبی به نام ضریب تست ضرب نمود. محاسبات دقیق مربوط به برآورد ضریب تست بسیار دارای اهمیت است، زیرا در مواقع فقدان تجهیزات لایسیمیتری جهت برنامه‌ریزی‌های آبیاری می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. لذا در این پژوهش با استفاده از داده‌های هواشناسی روزانه، ساعتی و داده‌های تست تبخیر کلاس A ایستگاه هواشناسی کل استان کرمانشاه در یک دوره درازمدت، مقادیر تبخیر و تعرق پتانسیل از روش فائو- پنمن- مانیت و سپس مقدار ضریب تست برآورد شد. ضرایب به دست آمده به عنوان معیاری جهت بررسی تخمین روش‌های کونیکا، آلن پروت، اشنایدر، اشنایدر اصلاح شده، اورنگ در نظر گرفته شد. براساس نتایج روش اورنگ و اشنایدر اصلاح شده نسبت به سایر روش‌ها از دقت بالاتری برخوردار بودند. مقدار R^2 با روش اورنگ برای شهرستان‌های اسلام‌آبادغرب، قصرشیرین، کرمانشاه، سرارود، سنقر، گیلان‌غرب، سرپل‌ذهاب، کنگاور به ترتیب ۰/۸۴، ۰/۷۷، ۰/۷۲، ۰/۷۶، ۰/۸۵، ۰/۷۹، ۰/۷۷، ۰/۷۳ محاسبه شد. در نهایت مقادیر ضرایب تست با روش‌های مذکور در ایستگاه‌های مطالعاتی محاسبه و ارائه شد.

کلیدواژه‌ها:

استان کرمانشاه،

ضریب تست

تبخیر،

فائو- پنمن- مانیت.

استناد: قمرنیا، ه.، پالاش، م. و بشی پور، م (۱۴۰۱). برآورد و معرفی بهترین ضرایب تست تبخیر ماهیانه جهت محاسبات نیاز آبی (مطالعه موردی: استان

کرمانشاه. نشریه مدیریت آب و آبیاری، ۱۲ (۴)، ۷۴۷-۷۶۱. DOI: <http://doi.org/10.22059/jwim.2022.344535.1001>



۱. مقدمه

راندمن بسیار پایین آبیاری و حتی محاسبات نادرست نیاز آبی موجب تلفات بسیار زیاد آب در بخش کشاورزی شده است. از طرفی محاسبات تبخیر و تعرق به روش فائو-پنمن-مانتیت نیاز به پارامترهای زیادی دارد که کمبود برخی امکانات، محاسبات نیاز آبی را با مشکل مواجه می‌سازد. از روش‌های غیرمستقیم برآورد تبخیر-تعرق مرجع، می‌توان به روش تبخیراز تشت اشاره کرد. محاسبات دقیق مربوط به برآورد ضریب تشت بسیار دارای اهمیت است، زیرا در مواقع فقدان تجهیزات لایسیمیتری جهت برنامه‌ریزی‌های آبیاری می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. در روش تشت تبخیر جهت محاسبه تبخیر-تعرق پتانسیل باید نتایج حاصل از تبخیر تشت را در ضریبی به نام ضریب تشت ضرب نمود (Irmak *et al.*, 2002). بنابراین استفاده از روش‌هایی که محاسبات توسط آن‌ها راحت‌تر و مستقل از پارامترهای متعدد هواشناسی باشد، الزامی است. به‌کارگیری روش ضریب تشت تبخیر اولین بار از سوی Jensen (1974) طرح شد و پژوهش‌گرانی نظیر Cuenca (1982)، Allen & Pruitt (1991)، Snyder (1992)، Pereira (1995)، Raghuwanshi and Wallender (1998)، Orang (1998) و Mohamed *et al.* (2008) روابط مختلفی را برای محاسبه این ضریب پیشنهاد دادند. البته هر کدام از این روش‌ها در منطقه خاصی بهترین نتیجه در محاسبه تبخیر و تعرق مرجع را دارند. در واقع دقیق‌ترین روش برای محاسبه این ضریب استفاده از داده‌های هواشناسی هر منطقه برای محاسبه تبخیر و تعرق و اطلاعات تشت تبخیر می‌باشد و با تقسیم این دو رابطه مقدار این ضریب قابل محاسبه بوده و روابط ضریب تشت به‌دست‌آمده با استفاده از داده‌های لایسیمیتری می‌تواند واسنجی شود (Allen *et al.*, 1988). در رابطه با برآورد ضریب تشت در نقاط مختلف جهان پژوهش‌های مختلفی صورت گرفته است و بنا به شرایط حاکم بر هر منطقه یک روش به‌عنوان بهترین روش انتخاب شده است. براساس نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق Gundekar *et al.* (2008) برای منطقه نیمه‌خشک در استان مازاراشترا هندوستان به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین دقت در میزان برآورد ضریب تشت مربوط به روش‌های Snyder (1992) و Cuenca (1982) بوده است.

Ghamarnia *et al.* (2012) در پژوهشی با استفاده از داده‌های روزانه ایستگاه سینوپتیک زنجان مقادیر ETo روزانه را با روش استاندارد محاسبه نمودند و سپس با استفاده از داده‌های تشت تبخیر و ضرب این مقادیر در ضریب تشت به محاسبه مقادیر ETo پرداختند و با روش استاندارد مورد مقایسه قرار دادند و در نهایت در ایستگاه زنجان که دارای اقلیمی نیمه‌خشک است روش اورنگ را به‌عنوان بهترین روش برآورد تبخیر تعرق معرفی نمودند. ضرایب تشت تبخیر با استفاده از معادله‌های آلن و پروت، اورنگ، اشنایدر و کونیکا در شرایط اقلیم خشک شهر اهواز توسط Shokri *et al.* (2016) محاسبه شد و نتایج نشان داد که در صورت محاسبه ضریب تشت به‌صورت روزانه و فصلی بهتر است که از روش آلن و پروت استفاده شود و در شرایط محاسبه ضریب تشت در بازه ده‌روزه استفاده از روش اشنایدر مناسب‌تر می‌باشد. براساس نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش Ghamarnia and Sultani (2019) در ارزیابی روش‌های برآورد تبخیر و تعرق مبتنی بر تشت تبخیر با استفاده از روش فائو-پنمن-مانتیت بیان کردند که در اقلیم نیمه‌مرطوب روش‌های آلن و پروت، اشنایدر اصلاحی و پیرا و در اقلیم‌های مرطوب و بسیار مرطوب به‌ترتیب روش‌های اشنایدر اصلاحی و فائو-۲۴ مناسب‌ترین روش محاسبه ضریب تشت بودند.

Ditthakit & Kaewthong (2020) تبخیر و تعرق گیاه مرجع به‌روش تشت تبخیر را براساس ضرایب تشت کونیکا، اشنایدر، راگوانشی و والندر، آلن و پروت برای تشت کلاس A محاسبه و با برآوردهای چندین روش کامپیوتری مقایسه نمودند و بیان کردند ماشین بردار پشتیبان (SVR)^۱ برآوردهای بهتری از تبخیر و تعرق گیاه مرجع تشت کلاس A در دو حالت محصور در پوشش گیاهی و بدون پوشش گیاهی و برآوردهای روش Raghuwanshi and Wallender (1998) در رتبه بعد از روش‌های کامپیوتری قرار گرفت.

نتایج پژوهش Zare abianeh and Smaeili (2021) در ارزیابی روش‌های برآورد ضریب تشتت برای محاسبه مقدار تبخیر و تعرق در استان کردستان نشان داد که در مقیاس روزانه، ماهانه و فصلی روش FAO-24 (1997) بهترین عملکرد و روش‌های Allen and Pruitt (1991) و Raghuwanshi and Wallender (1998) بدترین عملکرد را داشتند. Samii *et al.* (2022) به منظور ارزیابی کارایی مدل LSTM^۱ در برآورد میزان تبخیر از تشتت در مناطق خشک و نیمه‌خشک سمنان و گرمسار و مقایسه آن با مدل MLP^۲، از داده‌های هواشناسی روزانه ثبت‌شده بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ در ایستگاه‌های سینوپتیک سمنان و گرمسار استفاده نمودند و بیان کردند که مدل‌های مذکور در پیش‌بینی میزان تبخیر عملکرد خوبی داشتند و هم‌چنین در هر دو ایستگاه عملکرد مدل LSTM بهتر بود و میزان R² بیش‌تر و RMSE و MAE کم‌تری نسبت به مدل MLP داشت. از آنجاکه تاکنون مطالعات در رابطه با محاسبه ضریب تشتت در اکثر ایستگاه‌های استان کرمانشاه صورت نگرفته است، لذا هدف این پژوهش محاسبه ضریب تشتت تبخیر با استفاده از داده‌های روزانه کل ایستگاه هواشناسی این استان در یک دوره ۳۰ ساله به منظور برنامه‌ریزی‌های دقیق‌تر آبیاری و محاسبات نیاز آبی می‌باشد. در نهایت مقادیر ضرایب تشتت محاسبه‌شده با همه روش‌ها در ایستگاه‌های مطالعاتی در ماه‌های مختلف محاسبه و ارائه شد. نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش می‌تواند مورد استفاده مدیران و کشاورزان منطقه جهت برنامه ریزی آبیاری واقع شود.

۲. مواد و روش‌ها

در ابتدا با استفاده از داده‌های هواشناسی روزانه از سال ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۹ (۳۰ سال اخیر) ایستگاه‌های کرمانشاه، اسلام‌آبادغرب، سرپل‌ذهاب، قصرشیرین، گیلان‌غرب، سرارود، کنگاور، سنقر با مشخصات جغرافیایی ارائه‌شده در جدول (۱)، مقادیر تبخیر و تعرق روزانه گیاه مرجع به روش فائو- پنمن - مانیتث از رابطه (۱) محاسبه شد.

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} M_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در رابطه (۱)، ET_o تبخیر و تعرق مرجع (mm/day)، R_n تابش خالص در سطح پوشش گیاهی (MJm⁻²/d)، T متوسط دمای هوا در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (ms⁻¹)، e_s-e_a کمبود فشار بخار در ارتفاع ۲ متری (kpa)، Δ شیب منحنی فشار بخار (kpa/c)، γ ضریب رطوبتی (kpa/c)، G شار گرما به داخل خاک (MJm⁻²/d). سپس مقدار ضریب تشتت با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد.

$$ET_o = K_p \times E_{pan} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در رابطه (۲)، E_{pan} تبخیر از تشتت برحسب (mm/day) که بیان‌گر متوسط مقادیر روزانه تبخیر در دوره موردبررسی است و K_p ضریب تشتت می‌باشد.

Table 1. Geographical characteristics of stations in Kermanshah province

Row	Station	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Station type
1	Kermanshah	47° 1'	34° 32'	1318.6	Synoptic
2	Islamabad Gharb	46° 5'	34° 15'	1379.7	Synoptic
3	Sarpol-e-Zahab	45° 9'	34° 5'	545	Synoptic
4	Kangavar	47° 99'	34° 5'	545	Synoptic
5	Sonqor	47° 66'	34° 85'	1700	Climatology
6	Qasr-e Shirin	45° 6'	34° 46'	357.6	Climatology
7	Gilan-e Gharb	45° 60'	34° 15'	816.3	Climatology
8	Sarrood	47° 18'	34° 2'	1361.7	Synoptic

۱.۲. روش‌های محاسبه ضریب تشت

در این پژوهش از روابط زیر جهت محاسبه ضریب تشت استفاده شد.

رابطه (۳) کونیکا:

$$K_p = 0.475 - (2.4 \times 10^{-4} \times U) + (5.16 \times 10^{-3} \times RH) - (1.8 \times 10^{-3} \times F) - (1.6 \times 10^{-5} \times RH) - (1.01 \times 10^{-6} \times F^2) - (8 \times 10^{-9} \times RH^2 \times U) - (1 \times 10^{-8} \times RH^2 \times F)$$

رابطه (۴) آلن پروت:

$$K_p = 0.108 - (3.31 \times 10^{-4} \times U) + (0.0422 \times \ln(F)) + (0.1434 \times \ln(RH)) - (6.31 \times 10^{-4}) \times [\ln(F)]^2 \times \ln(RH)$$

رابطه (۵) اشنايدر:

$$K_p = 0.482 - (3.76 \times 10^{-4} \times U) + (0.024 \times \ln(F)) + (0.0045 \times RH)$$

رابطه (۶) اشنايدر اصلاح شده:

$$K_p = 0.5321 - (3 \times 10^{-4} \times U) + (0.0249 \times \ln(F)) + (0.0025 \times RH)$$

رابطه (۷) اورنگ:

$$K_p = 0.51206 - (3.21 \times 10^{-4} \times U) + (0.0288945 \times RH) + 0.031885 \times (\ln(F) - (1.07 \times 10^{-4} \times RH \times \ln(F)))$$

که در این روابط K_p ضریب تشت، U سرعت باد (Kmd^{-1})، RH رطوبت نسبی (Percent)، F فاصله سبزینگی از

جهتی که باد به سمت تشت می‌وزد (m).

این روابط با استفاده از اطلاعات روزانه ایستگاه هواشناسی کل استان برای هر شهرستان به‌طور جداگانه محاسبه شد و با معیارهای آماری مانند ضریب همبستگی (r)، جذر میانگین مربع‌های خطا (RMSE)، میانگین خطای متوسط (MBE)، ضریب تبیین (R^2) و میانگین خطای مطلق (MAD) مورد مقایسه قرار گرفتند. روش محاسبه این معیارها به‌صورت روابط زیر می‌باشد.

رابطه (۸) میانگین خطای مطلق:

$$MAD = \frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N |Kp_{K,i} - Kp_{O,i}|$$

رابطه (۹) جذر میانگین مربع خطاها:

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \times \sum_{i=1}^N \{Kp_{K,i} - Kp_{O,i}\}^2 \right]^{1/2}$$

رابطه (۱۰) میانگین خطای متوسط:

$$MBE = \sum_{i=1}^N (Kp_{K,i} - Kp_{O,i}) / N$$

رابطه (۱۱) ضریب همبستگی:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (Kp_{K,i} - \overline{Kp_K})(Kp_{O,i} - \overline{Kp_O})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (Kp_{K,i} - \overline{Kp_K})^2 (Kp_{O,i} - \overline{Kp_O})^2}}$$

که در این روابط:

$\overline{Kp_K}$ مقدار مشاهده شده، $\overline{Kp_O}$ مقدار برآورد شده توسط روش‌های مختلف، $\overline{Kp_K}$ متوسط مقادیر مشاهدات و $\overline{Kp_O}$

متوسط مقادیر برآورد شده توسط روش‌های مختلف می‌باشد.

۳. نتایج و بحث

در جدول (۲) معیارهای آماری مربوط به هر روش برای ایستگاه موردنظر در شهرستان‌های مختلف نسبت به روش استاندارد (استفاده از تبخیر و تعرق پتانسیل فائو پنمن - مانتیث و تشت تبخیر) آمده است.

Table 2. Comparison of different methods for estimating evaporation coefficient with different statistical criteria

Station	Model	RMSE	MAD	MBE	r
Islamabad Gharb	Cuenca (1989)	8.78	0.16	-0.16	0.92
	Allen and Pruitt (1991)	10.0	0.18	-0.18	0.87
	Snyder (1992)	10.2	0.18	-0.18	0.91
	Modified Snyder	9.2	0.16	-0.16	0.92
	Orang (1998)	6.0	0.1	-0.1	0.92
Qasr-e Shirin	Cuenca (1989)	3.1	0.1	-0.1	0.88
	Allen and Pruitt (1991)	3.7	0.12	-0.11	0.86
	Snyder (1992)	3.9	0.12	-0.12	0.88
	Modified Snyder	3.4	0.1	-0.1	0.88
	Orang (1998)	2.1	0.06	-0.03	0.88
Gilan-e Gharb	Cuenca (1989)	3.61	0.12	-0.12	0.89
	Allen and Pruitt (1991)	4.1	0.14	-0.14	0.88
	Snyder (1992)	4.4	0.14	-0.14	0.89
	Modified Snyder	4.0	0.13	-0.13	0.89
	Orang (1998)	2.35	0.08	-0.06	0.89
Station	Model	RMSE	MAD	MBE	r
Sarrood	Cuenca (1989)	6.67	0.15	-0.15	0.88
	Allen and Pruitt (1991)	7.9	0.18	-0.18	0.87
	Snyder (1992)	8.0	0.18	-0.18	0.87
	Modified Snyder	7.6	0.17	-0.17	0.87
	Orang (1998)	4.8	0.11	-0.1	0.87
Kermanshah	Cuenca (1989)	5.3	0.12	-0.11	0.83
	Allen and Pruitt (1991)	6.35	0.14	-0.14	0.85
	Snyder (1992)	6.54	0.15	-0.14	0.85
	Modified Snyder	6.15	0.14	-0.13	0.85
	Orang (1998)	3.8	0.08	-0.06	0.85
Kangavar	Cuenca (1989)	4.12	0.07	-0.06	0.85
	Allen and Pruitt (1991)	2.6	0.09	-0.08	0.86
	Snyder (1992)	5.5	0.09	-0.09	0.85
	Modified Snyder	4.4	0.07	-0.06	0.86
	Orang (1998)	5.4	0.04	0.0	0.84
Sonqor	Cuenca (1989)	0.9	0.02	6.8	0.92
	Allen and Pruitt (1991)	0.95	0.04	-0.02	0.91
	Snyder (1992)	1.3	0.04	-0.03	0.92
	Modified Snyder	1.0	0.04	-0.01	0.92
	Orang (1998)	0.65	0.05	0.05	0.92
Sarpol-e-Zahab	Cuenca (1989)	11.0	0.15	-0.14	0.88
	Allen and Pruitt (1991)	11.3	0.15	-0.15	0.86
	Snyder (1992)	12.3	0.17	-0.16	0.88
	Modified Snyder	10.0	0.14	-0.13	0.88
	Orang (1998)	6.5	0.09	-0.06	0.88

همان‌طور که در جدول (۲) نشان داده شده، روش اورنگ برای اکثر شهرستان‌ها دارای مقدار ضریب همبستگی بالاتر با مقدار خطای کمتری بوده است. نتایج نشان داد که برای شهرستان‌های اسلام‌آبادغرب، قصرشیرین و گیلان‌غرب به ترتیب روش اورنگ، کونیکا و اشنایدر اصلاح‌شده از ضریب همبستگی بالا و مقدار خطای کمتری برخوردار هستند. در شهرستان سرارود، روش کونیکا از ضریب همبستگی بالاتری برخوردار بود. در شهرهای کرمانشاه، کنگاور و سنقر و سرپل‌ذهاب روش اورنگ و اشنایدر اصلاح‌شده بهترین ضریب همبستگی را داشتند. در شکل (۱) مقدار R^2 بین ضریب تشت محاسبه‌شده توسط تشت تبخیر و روش‌های ارائه‌شده، آمده است.

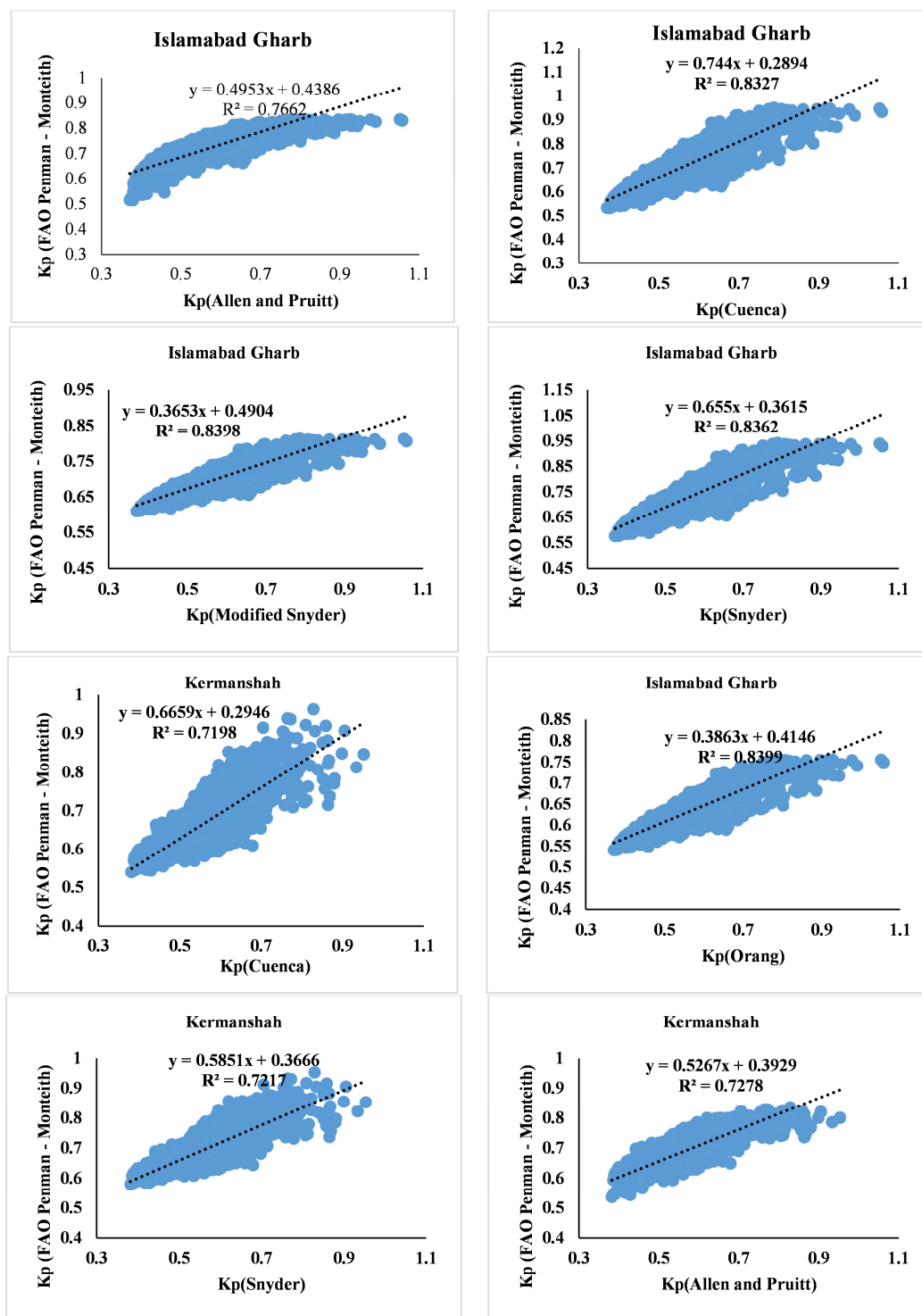
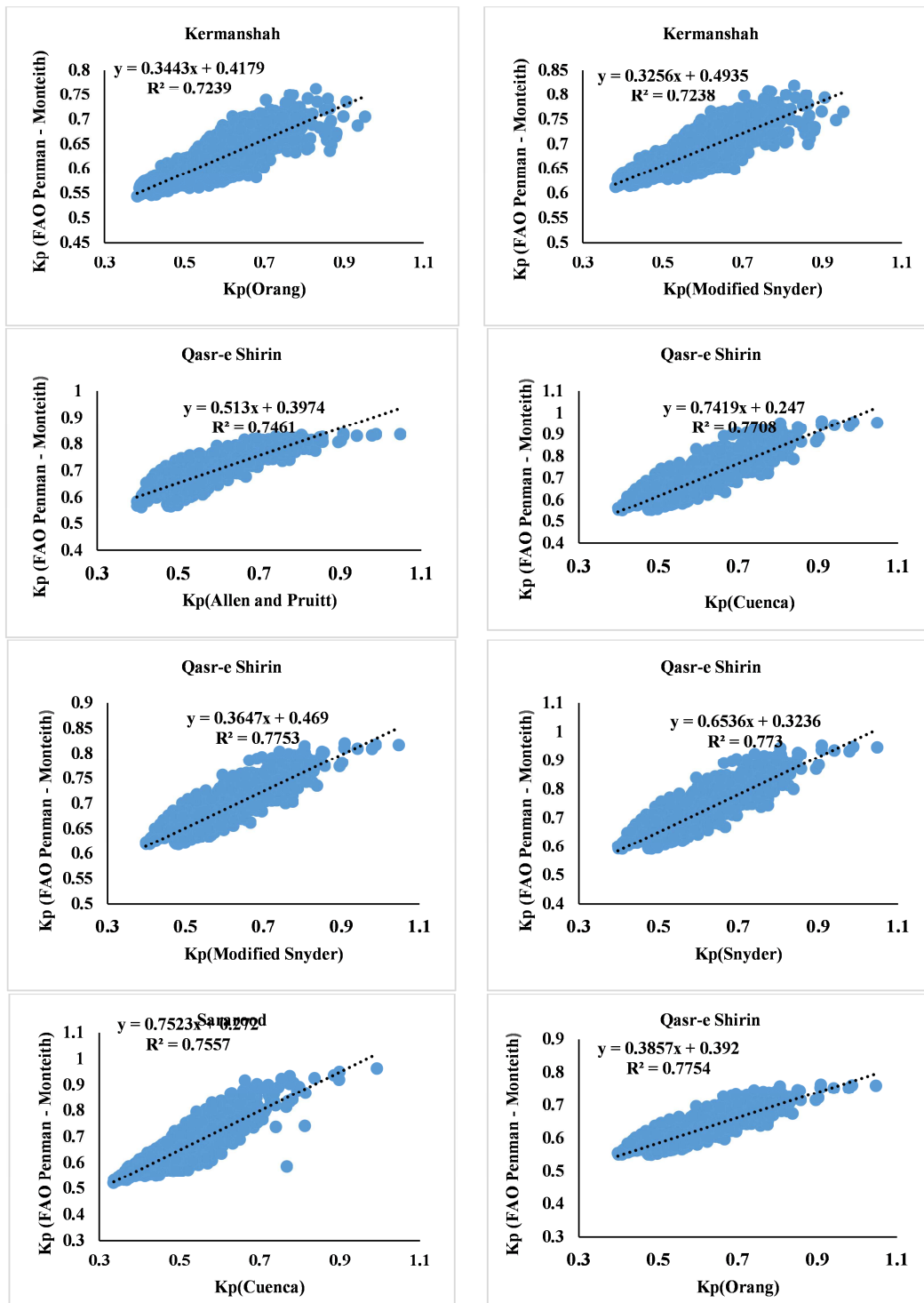
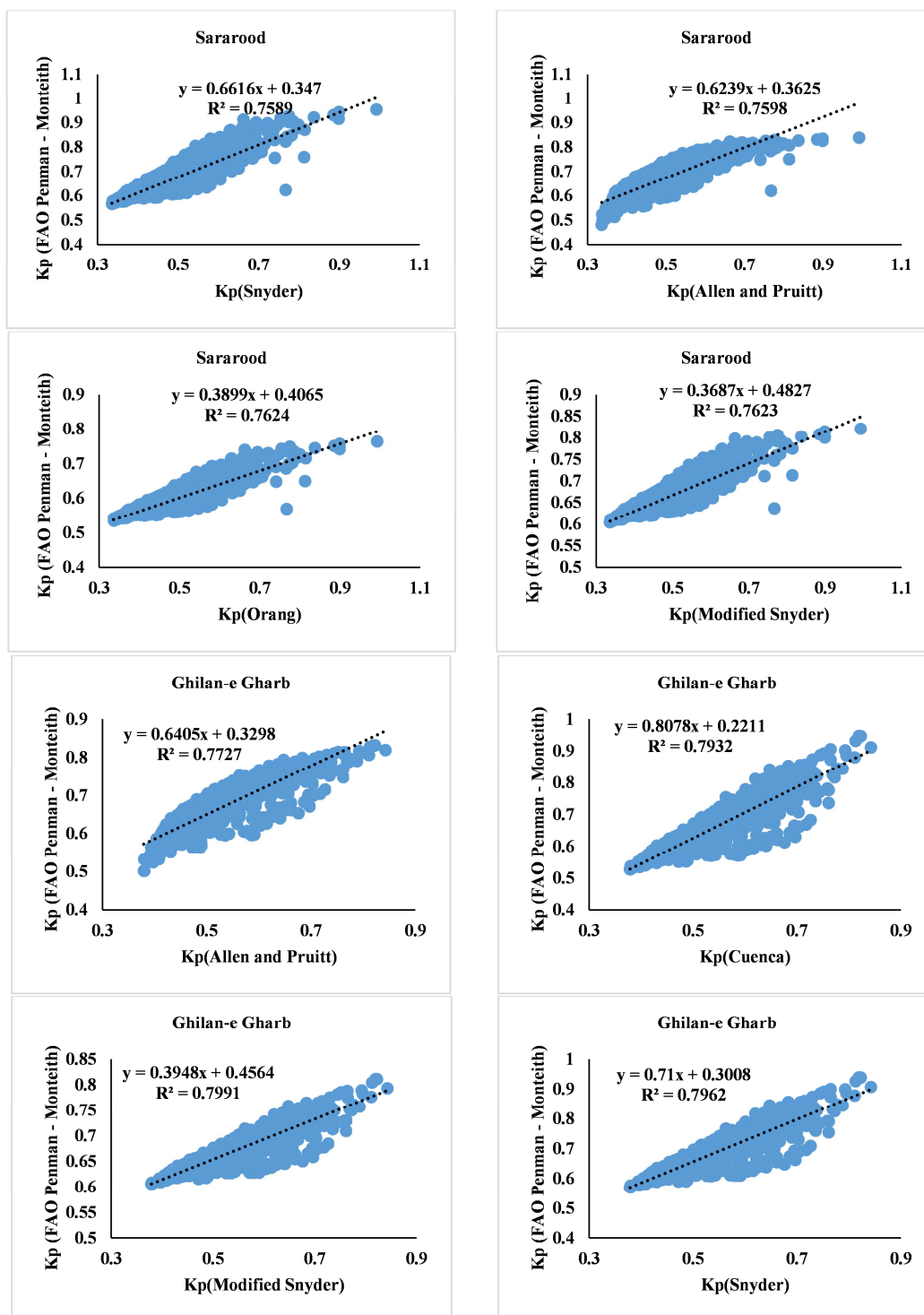


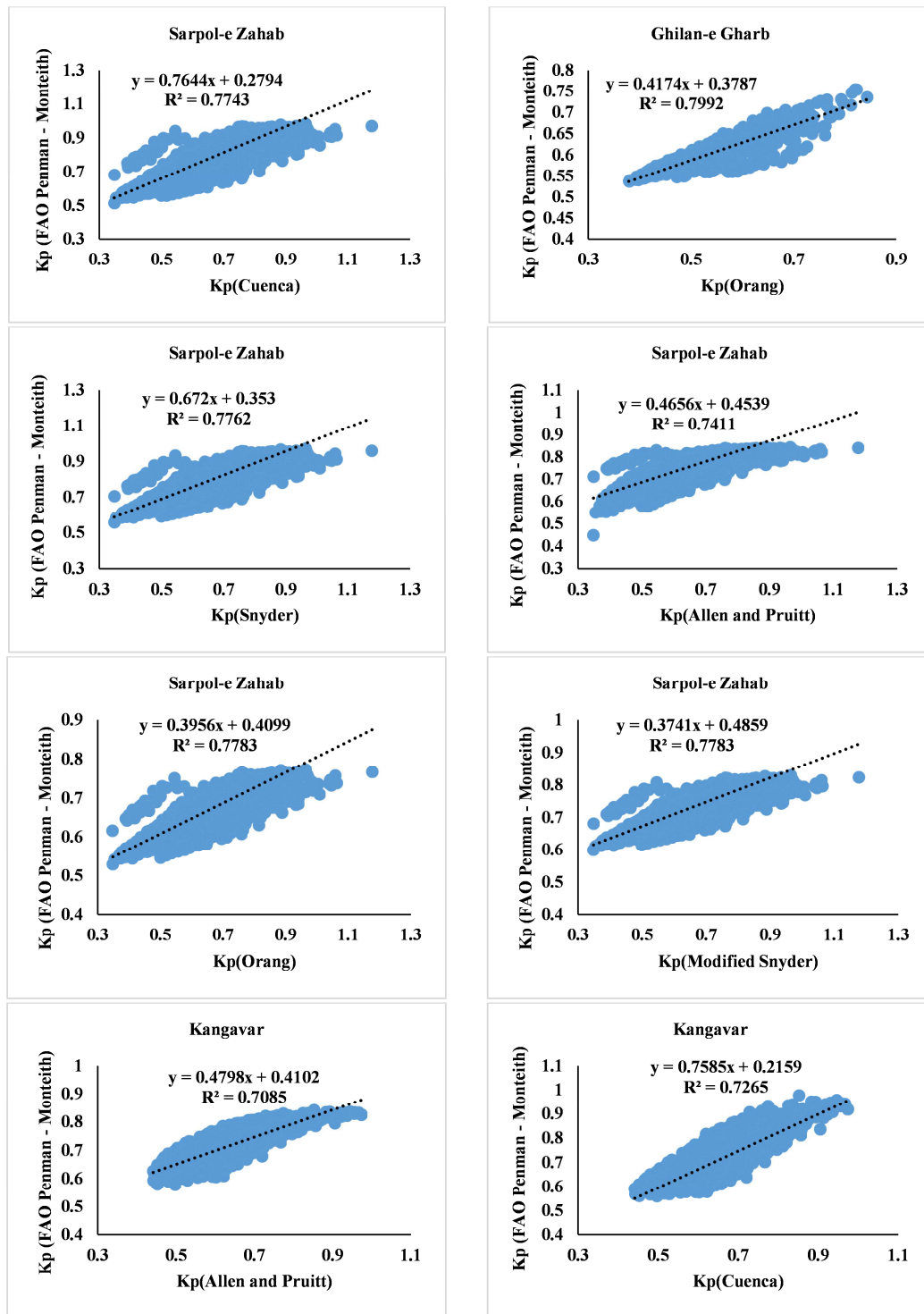
Figure 1. Correlation coefficients between Kc estimated by the FAO Penman - Monteith and Cuenca, Allen and Pruitt, Snyder, modified Snyder and Orang at the studied stations



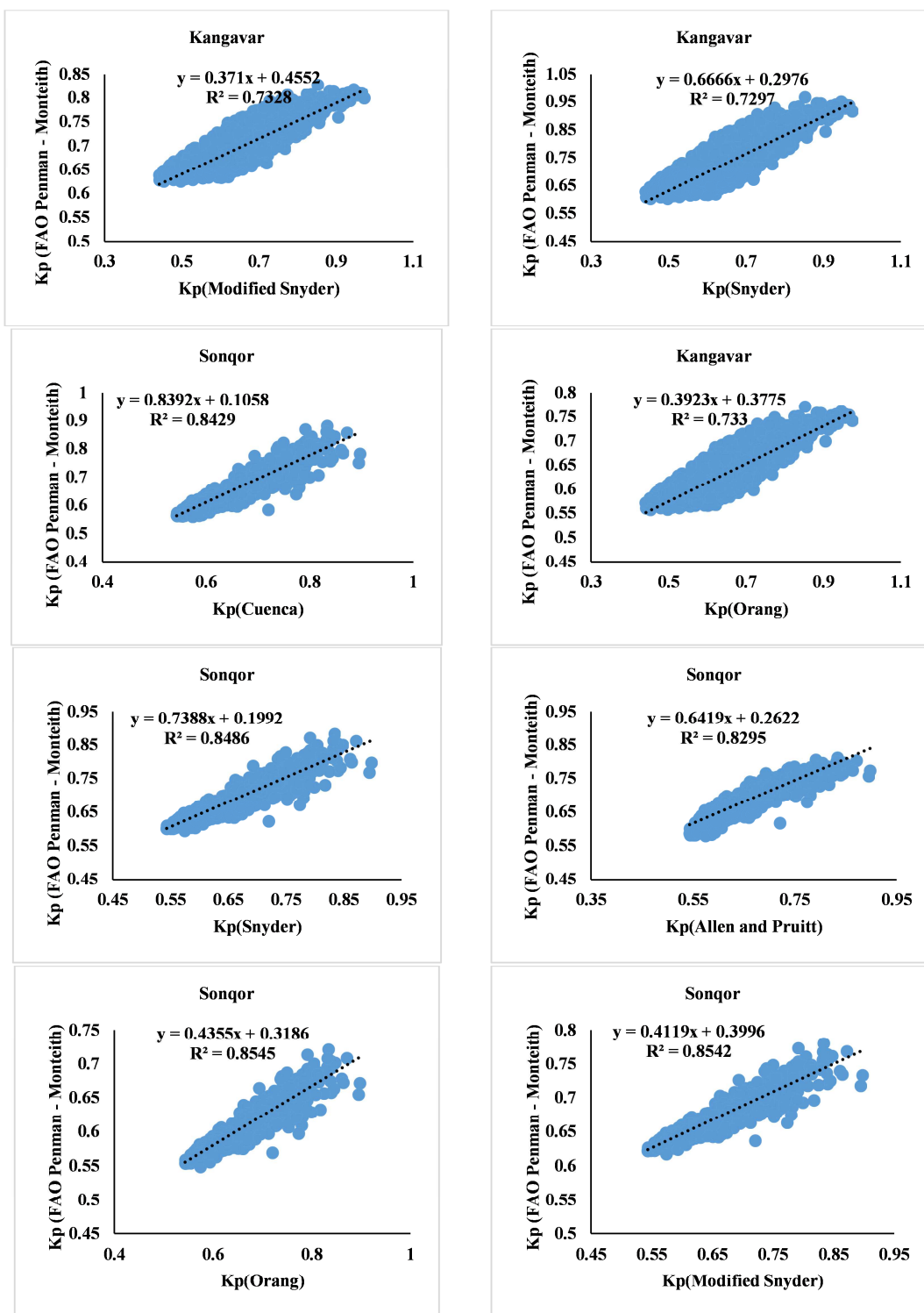
Continued figure 1. Correlation coefficients between Kc estimated by the FAO Penman - Monteith and Cuenca, Allen and Pruitt, Snyder, modified Snyder and Orang at the studied stations



Continued figure 1. Correlation coefficients between Kc estimated by the FAO Penman - Monteith and Cuenca, Allen and Pruitt, Snyder, modified Snyder and Orang at the studied stations



Continued figure 1. Correlation coefficients between Kc estimated by the FAO Penman - Monteith and Cuenca, Allen and Pruitt, Snyder, modified Snyder and Orang at the studied stations



Continued figure 1. Correlation coefficients between Kc estimated by the FAO Penman - Monteith and Cuenca, Allen and Pruitt, Snyder, modified Snyder and Orang at the studied stations

همان‌طور که در شکل (۱) نشان داده شده برای شهرستان‌های اسلام‌آبادغرب، قصرشیرین، گیلان‌غرب، سرارود روش اورنگ، از ضریب R^2 بالاتری برخوردار بود. برای شهرهای کرمانشاه روش آلن و پروت ضریب R^2 مناسب‌تری نسبت به سایر روش‌ها از خود نشان داد. در شهرستان‌های کنگاور، سنقر و سرپل‌ذهاب روش اورنگ و اشنایدر اصلاح‌شده بهترین ضریب R^2 را داشتند. در مجموع براساس نتایج به‌دست‌آمده در اکثر ایستگاه‌های موردبررسی روش اورنگ و اشنایدر اصلاحی نتایج بهتری از خود ارائه دادند. Nazemi *et al.* (2021) در ارزیابی روش‌های مختلف تعیین ضریب تشت تبخیر کلاس A جهت تخمین تبخیر تعرق روزانه در منطقه اسلام‌آبادغرب بیان کردند که روش اورنگ با میزان R^2 ۰/۹۸ نسبت به سایر روش‌ها برتری دارد که با نتایج به‌دست‌آمده در پژوهش حاضر هماهنگی دارد. Akbari Nodehi (2010) روش اورنگ را برای محاسبه ضریب تشت در منطقه ساری مناسب دانست. Ghamarnia *et al.* (2012) جهت محاسبه ضریب تشت در منطقه زنجان روش اورنگ را به‌عنوان روشی مناسب بیان نمودند، Ahmadi *et al.* (2011) نیز در پژوهش خود در بررسی دقت شبکه عصبی مصنوعی در برآورد تبخیر تعرق مرجع و ضریب تشت تبخیر در مقایسه با روش‌های برآورد ضریب تشت به نتایج مشابهی دست یافتند. به‌طور کلی، مشاهده می‌شود که روش‌های اورنگ و اشنایدر اصلاح‌شده که تابعی از سرعت باد، رطوبت نسبی و فاصله پوشش گیاهی از تشت می‌باشد نسبت به سایر روش‌ها نتایج نزدیک‌تری نسبت به مقادیر واقعی تبخیر تعرق را برآورد نموده و روش آلن و پروت نسبت به سایر روش‌ها از دقت کم‌تری برخوردار هستند. لذا جهت محاسبه تبخیر تعرق در استان کرمانشاه در صورت عدم دسترسی به داده‌های لایسیمتری و مقادیر تبخیر تعرق روزانه بهتر است از روش‌های اورنگ و یا اشنایدر اصلاح‌شده جهت برآورد تبخیر تعرق برای روزهای مختلف سال استفاده نمود. در جدول (۳) مقادیر محاسبه‌شده ضریب تشت در روش‌های مختلف در هر ماه در شهرستان‌های مختلف محاسبه و ارائه شده است.

Table 3. The values of the pan coefficient calculated in the study stations in different months

Station	Model	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
Islamabad Gharb	Cuenca	0.77	0.72	0.64	0.61	0.6	0.47	0.7	0.8	-	-	-	-
	Allen	0.76	0.73	0.67	0.65	0.65	0.63	0.7	0.78	-	-	-	-
	Snyder	0.78	0.74	0.67	0.65	0.64	0.66	0.72	0.8	-	-	-	-
	Modified Snyder	0.72	0.7	0.66	0.65	0.65	0.66	0.7	0.7	-	-	-	-
	Orang	0.66	0.64	0.6	0.58	0.58	0.59	0.63	0.68	-	-	-	-
Qasr-e Shirin	Cuenca	0.73	0.64	0.59	0.5	0.6	0.6	0.67	0.72	0.76	0.8	0.8	0.71
	Allen	0.73	0.67	0.62	0.61	0.63	0.64	0.7	0.74	0.75	0.78	0.78	0.73
	Snyder	0.74	0.67	0.63	0.64	0.63	0.64	0.7	0.74	0.77	0.81	0.81	0.73
	Modified Snyder	0.7	0.66	0.64	0.65	0.64	0.65	0.68	0.7	0.72	0.74	0.74	0.7
	Orang	0.64	0.59	0.57	0.58	0.57	0.58	0.61	0.64	0.66	0.7	0.68	0.64
Gilan-e Gharb	Cuenca	0.72	0.64	0.58	0.58	0.58	0.59	0.67	0.71	0.77	0.78	0.77	0.72
	Allen	0.73	0.67	0.6	0.6	0.6	0.62	0.7	0.73	0.76	0.76	0.76	0.73
	Snyder	0.74	0.67	0.6	0.62	0.61	0.63	0.7	0.73	0.78	0.79	0.78	0.73
	Modified Snyder	0.7	0.66	0.63	0.63	0.63	0.64	0.68	0.7	0.72	0.73	0.72	0.7
	Orang	0.63	0.6	0.56	0.56	0.56	0.57	0.61	0.63	0.66	0.67	0.66	0.63
Sarrood	Cuenca	0.73	0.67	0.6	0.6	0.6	0.6	0.65	0.73	-	-	-	-
	Allen	0.74	0.7	0.64	0.64	0.63	0.63	0.68	0.74	-	-	-	-
	Snyder	0.75	0.7	0.64	0.64	0.63	0.64	0.68	0.75	-	-	-	-
Sarrood	Modified Snyder	0.7	0.68	0.65	0.64	0.64	0.64	0.67	0.7	-	-	-	-
	Orang	0.64	0.61	0.58	0.58	0.58	0.58	0.6	0.64	-	-	-	-
Kermanshah	Cuenca	0.76	0.71	0.61	0.6	0.59	0.6	0.65	0.75	-	-	-	-
	Allen	0.76	0.73	0.65	0.63	0.62	0.63	0.68	0.75	-	-	-	-
	Snyder	0.77	0.73	0.64	0.63	0.62	0.63	0.68	0.77	-	-	-	-
	Modified Snyder	0.72	0.7	0.65	0.64	0.64	0.64	0.67	0.72	-	-	-	-
	Orang	0.66	0.63	0.58	0.57	0.57	0.58	0.6	0.65	-	-	-	-
Kangavar	Cuenca	0.78	0.75	0.67	0.64	0.63	0.64	0.7	0.79	-	-	-	-
	Allen	0.77	0.75	0.7	0.68	0.67	0.68	0.7	0.77	-	-	-	-
	Snyder	0.8	0.77	0.7	0.67	0.66	0.72	0.72	0.8	-	-	-	-
	Modified Snyder	0.73	0.7	0.7	0.67	0.66	0.69	0.69	0.74	-	-	-	-
	Orang	0.67	0.65	0.6	0.6	0.59	0.63	0.63	0.7	-	-	-	-

Continued table 3. The values of the pan coefficient calculated in the study stations in different months

Station	Model	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
Sonqor	Cuenca	0.74	0.72	0.72	0.62	0.62	0.61	0.68	0.72	-	-	-	-
	Allen	0.73	0.73	0.73	0.66	0.66	0.64	0.7	0.73	-	-	-	-
	Snyder	0.74	0.74	0.74	0.66	0.65	0.64	0.7	0.74	-	-	-	-
	Modified Snyder	0.7	0.70	0.7	0.65	0.65	0.65	0.68	0.7	-	-	-	-
	Orang	0.64	0.63	0.63	0.59	0.59	0.58	0.61	0.64	-	-	-	-
Sarpol-e-Zahab	Cuenca	0.77	0.7	0.62	0.61	0.62	0.64	0.7	0.77	0.85	0.86	0.85	0.8
	Allen	0.76	0.71	0.66	0.64	0.65	0.68	0.71	0.76	0.8	0.8	0.8	0.78
	Snyder	0.79	0.72	0.66	0.64	0.65	0.67	0.71	0.79	0.85	0.86	0.85	0.82
	Modified Snyder	0.73	0.69	0.66	0.65	0.65	0.66	0.68	0.73	0.76	0.77	0.76	0.74
	Orang	0.67	0.63	0.59	0.58	0.58	0.6	0.62	0.67	0.7	0.71	0.7	0.68

۴. نتیجه گیری

در این پژوهش با توجه به اهمیت مدل فائو-پنمن-مانتیت و نظر به این که مدل مذکور جهت محاسبه تبخیر و تعرق مرجع بسیار مورد توجه است و جهت بررسی کارایی بهره‌گیری از ضریب تشت تبخیر جهت محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع در استان کرمانشاه، نتایج پنج روش کونیکا، آلن و پروت، اشناید، اشناید اصلاح‌شده و ضریب اورنگ نسبت به مدل فائو-پنمن-مانتیت به صورت روزانه در هشت ایستگاه اسلام‌آبادغرب، کرمانشاه، قصرشیرین، سرارود، گیلان‌غرب، سرپل‌ذهاب، کنگاور و سنقر مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به نمودارها، جدول‌ها و بررسی‌های به‌عمل آمده می‌توان نتیجه گرفت که روش‌های به‌کاررفته در محاسبه ضریب تشت در اکثر شهرستان‌های استان کرمانشاه از نتایج بسیار نزدیکی به هم برخوردار بودند. طبق نتایج حاصل از شاخص‌های آماری در دوره‌های روزانه در ایستگاه اسلام‌آبادغرب ضریب اورنگ (۱۹۹۸) با میزان RMSE برابر با شش، در ایستگاه قصرشیرین ضریب اورنگ با RMSE برابر با ۲/۱، در ایستگاه گیلان‌غرب روش اورنگ با RMSE برابر ۲/۳۵، در ایستگاه سرارود روش اورنگ با میزان RMSE برابر ۴/۸، در ایستگاه کرمانشاه روش آلن و پروت (۱۹۹۱) با میزان RMSE برابر ۲/۶، در ایستگاه سنقر روش اورنگ با RMSE برابر ۰/۶۵ و در نهایت در ایستگاه سرپل‌ذهاب روش‌های اورنگ و اشناید اصلاح‌شده به ترتیب با میزان RMSE برابر ۶/۵ و ۱۰ بهترین عملکرد را داشتند. در مقابل در تمام ایستگاه‌های موردبررسی بیش‌ترین میزان خطا و کم‌ترین دقت برآورد مربوط به روش اشناید بود. با توجه به نتایج ارائه‌شده در اکثر ایستگاه‌های موردبررسی روش اورنگ نتایج بهتری را از خود ارائه داد و پیشنهاد می‌شود، جهت برآورد ضریب تشت هر شهرستان از روشی که دارای ضریب همبستگی بالاتری است همانند روش اورنگ، استفاده و در محاسبات نیاز آبی مبذول شود.

۵. پی‌نوشت‌ها

1. Support vector regression
2. Long-Short Term Memory
3. Multilayer Perceptron

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافی بین نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع مورد استفاده

- Ahmadi, M., Farhadi Bansouleh, B., & Nazif Naini, M. (2011). Evaluation of the accuracy of artificial neural network in estimating reference transpiration evaporation and evaporation coefficient in comparison with methods of estimating coefficient. In: *Proceeding of 4th Conference on Water Resources Management*, May 13-14 Amir Kabir University of Technology, Tehran, Iran, (In Persian).

- Akbari Nodehi, D. (2021). Estimation of Evaporation Plate Coefficient to Calculate Transpiration Evaporation (Case Study: Sari Synoptic Station). *Journal of Soil Science Research*, 2(7), 65-74. (In Persian).
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage paper 56. FAO, Rome, 300(9), D05109.
- Allen, R. G., & Pruitt, W. O. (1991) FAO-24 reference evapotranspiration factors. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE*, 110(3), 289-303.
- Amiri, M., Abedi koupaei, J., & Khazaei, M. (2008). Estimation best method of class A pan coefficient for estimating daily evapotranspiration in Esfahan province. In: *Proceeding of 3rd National Conference on Integrated Water Resources Management*, October 14 University of Tabriz, Iran, (In Persian).
- Cuenca, R. H., & Nicholson, M.T. (1982). Application of Penman equation wind function. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 108(1), 13-23.
- Ditthakit, P., & Kaewthong, N. (2020) Estimating Pan Coefficient Using Soft Computing Methods. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 11(3), 51-62.
- Doorenbos, J., & Pruitt, W. O. (1977). Guidelines for prediction of crop water requirements. FAO- 24, Food and Agriculture Organization, Rome.
- Ghamarnia, H., Daechin, S., Jalili, Z., Farmani, M., & Razdar, B. (2012). Comparing the coefficient estimates pan evaporation methods to calculate reference crop evapotranspiration (Case study: Synoptic station of Zanjan). *Proceeding of 3rd National Conference on Integrated Water Resources Management*. October 14 University of Tabriz, Iran, (In Persian).
- Ghamarnia, H., & Soltani, N. (2019). Evaluating the Efficiency of Empirical Estimation of Reference Evapotranspiration (Pan Based Method) in Different Climate Conditions of Iran. *Iran-water resources research*, 14(4), 174-193 (In Persian).
- Gundekar, H. G., Khodke, U. M., Sarkar, S., & Rai, R. K. (2008). Evaluation of pan coefficient for reference crop evapotranspiration for semi-arid region. *Irrigation Science*, 26(2), 169-175.
- Irmak, S., Haman, D.Z., & Jones, J. W. (2002). Evaluation of Class A pan coefficients for estimating reference evapotranspiration in humid location. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 128(3), 153-159.
- Jensen, M. E. (1974) Consumptive use of water and irrigation water requirements. *Journal of the Irrigation and Drainage Division. ASCE*, 89, 15-41.
- Mohamed, H., Wahed, A., & Snyder, R. L. (2008) Simple equation reference evapotranspiration from evaporation pans surrounded by fallow soil. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE* 134(4), 425-429.
- Nazemi, A. H., Parandin, M. A., & Sadredini, A. A. (2021). Evaluation of Different Determination Methods of Class A Pan Evaporation Coefficient for Estimation daily Evapotranspiration In Islamabad-Gharb Area, *Journal of Water Engineering*, 9(1), 42-57. (In Persian).
- Orang, M. (1998). *Potential accuracy of the popular non-linear regression equation for estimating pan coefficient values in the original and FAO-24 tables*. Unpublished California Departments of Water Resources Report, Sacramento, Calif.
- Pereira, A. R., Villanova, N., Pereira, A. S., & Baebieri, V.A. (1995). A model for the class-A pan coefficient. *Agriculture Water Manage*, 76(2), 75-82.
- Raghuwanshi, N. S., & Wallender, W. W. (1998) converting from pan evaporation to evapotranspiration. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 124(5), 275-277.
- Samii, A., Karami, H., Ghazvinian, H., Safari, A., & DadrasAjirlou, Y. (2022). Evaluation of the efficiency of DEEP-LSTM model in estimating evaporation from the pan in dry areas and its comparison with MLP model.

- Shokri, S., Hooshmand, A. R., & Ghorbani, M. (2016). The estimation evaporation pan coefficient for calculating reference evapotranspiration in Ahvaz. *Journal of Irrigation Science and Engineering*, 40(1), 1-12. (In Persian).
- Snyder, R. L. (1992). Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 118(6), 977-980.
- Zare Abyaneh, H., & Smaeili, S. (2021). Evaluation of Pan Coefficient Estimation Methods to Calculate the Amount of Evapotranspiration (Case Study Kurdistan Province). *Iranian Soil and Water Research*, 52(2), 329-344. (In Persian)