بررسی امکان پهنه بندی تبخیر- تعرق پتانسیل گیاه مرجع و نیاز آبی گیاه گندم با استفاده از روش های مختلف پهنه بندی

آرش تافته*[۱]، ناصر دواتگر[۱]، سینا ملاح[۳]

تاریخ ارسال:۱۳۹۶/۱۱/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۰۸
مقاله پژوهشی برگرفته از پروژه سامانه نیاز آبی گیاهان کشور (موسسه تحقیقات خاک و آب کشور)

چکیده

مدیریت مناسب آب در شبکه های آبیاری و زهکشی بدون پهنه بندی نیاز آبی گیاهان درسطح کلان امکان پذیر نیست. در این مطالعه که در پایلوت های اجرایی موسسه تحقیقات خاک و آب کشور در خوزستان انجام پذیرفت با استفاده از اطلاعات هواشناسی موجود در استان تبخیر-تعرق مرجع و نیاز آبی گیاه گندم در پایلوت های اجرایی تعیین و در نهایت روش های مختلف پهنه‌بندی مانند روش رگرسیونی، روش وزنی عکس فاصله و روش کوکریجینگ مورد ارزیابی قرار گرفتند. همچنین معادلات رگرسیونی نمایی و لگاریتمی که جواب مناسب تری را ارائه می دادند نیز مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله واسنجی این روابط ۸ و ۱۶ درصد خطا داشتند و نشان می دادهند که متغیر تبخیر-تعرق و نیاز آبی نسبت به پارامتر ارتفاع دارای همبستگی معنی داری بوده و لذا این دو متغیر دارای پیسوتگی مکانی بوده و بر اساس تغییرات ارتفاعی روند معنی داری را از خود نشان می دهند. در مرحله ارزیابی بین روش های بکار رفته نتایج نشان داد که روش کوکریجینگ دارای ضریب همبستگی۰/۸۲و شاخص توافق ۰/۶۶، میانگین ریشه مربعات خطای ۲۲/۹ و میانگین نرمال ریشه مربعات خطای ۰/۰۵ با خطای نرمال ۵ درصد کمترین خطا را در برآورد نیاز آبی گندم نسبت به سایر روش های این مطالعه داشته و با استفاده از این روش می توان با دقت مناسبی پهنه بندی نیاز آبی را انجام داد. با استفاده از این نقشه های بدست آمده می توان دید مناسبی از تغییرات نیاز آبی گندم داشت و الگوی کشت را بر اساس آن مدیریت نمود.

واژه های کلیدی: خوزستان، روش کوکریجینگ، روش وزنی عکس فاصله، سامانه اطلاعات جغرافیایی، ، معادلات رگرسیونی.

۱- استادیار بخش تحقیقات آبیاری و فیزیک خاک، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. نویسنده مسئول: Arash_tafteh@yahoo.com، ۰۹۱۲۵۶۵۲۶۰۱

۲- دانشیار بخش تحقیقات آبیاری و فیزیک خاک، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.n.davatgar@yahoo.com

۳- محقق پژوهشی بخش تحقیقات آبیاری و فیزیک خاک، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. .sina.mallah@gmail.com

مقدمه

کمی‌سازی تبخیر-تعرق از زمین‌های کشاورزی بسیار برای مدیریت و برنامه‌ریزی آب مهم است. همچنین، آگاهی از توزیع زمانی-مکانی، تبخیر-تعرق در مقیاس‌های بزرگ می‌تواند اطلاعات مهمی از منابع آبی همچون ارزیابی توزیع آب، مصرف آب در سطح‌های مختلف زمین تهیه کرده و مدیریت بهتری از منابع آب سطحی و زیر زمینی را صورت دهد. برای مدیریت مناسب آب در شبکه‌های آبیاری و زهکشی نیاز است تا آب مصرفی گیاهان زراعی مخصوصاً گندم که از اهمیت زیادی بخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک برخوردار است و در خوزستان کشت غالب منطقه است، تعیین شود. از سویی، استفاده اقتصادی از آب نیز یک مسئله جدی و بسیار مهم است که کشاورزان و پژوهشگران در مناطقی که گندم به‌صورت آبی کشت می‌شود با آن مواجه هستند و نیل به این هدف مستلزم تولید حداکثر عملکرد بر اساس واحد آب است (تافته و سپاسخواه، ۱۳۹۰). روش‌های سنتی اندازه‌گیری تبخیر-تعرق در مقیاس‌های لنداسکیپ، فیلد و انفرادی هستند. اما تبخیر-تعرق منطقه‌ای به صورت مستقیم و یا با درون‌یابی به دلیل غیرهمگنی ذاتی مکانی سطح زمین قابل اندازه‌گیری نیست. با توسعه تکنولوژی سنجش از دور، متغیرهای بحرانی سطح زمین با توزیع مکانی همانند آلبدو سطح، پوشش گیاهی جزیی و دمای سطح به راحتی بدست می‌آید. Zhao et al.(2004) از سه مدل مکسی[۲]، پریستلی-تیلور[۳] و هارگریوز[۴] و برای تخمین ET ماهانه در لس‌های غرب چین استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که مدل هارگریوز بهترین مدل برای تخمین تبخیر-تعرق در مناطق نمیه خشک با ایستگاه‌های هواشناسی پراکنده است. Mahour et al.(2015) از تصویربرداری با قدرت تفکیک بالا GeoEye در باغ انگوری در ایران با استفاده از مدل SEBS استفاده کردند تا مقدار تبخیر-تعرق واقعی و پتانسیل را اندازه‌گیری کنند. مقدار تبخیر-تعرق واقعی در ردیف‌ها از ۵.۳۲ تا ۵.۳۹ و مقدار آن برای گیاهان انفرادی از ۵.۲۹ تا ۵.۳۶ متغیر بودند. همچنین نتایج نشان داد مقدار تبخیر-تعرق واقعی با محاسبات استاندارد در مقیاس مزرعه نزدیک به ۵.۷۱ میلیمتر در روز بدست آمد. آن‌ها پیشنهاد نمودند استفاده از تصاویر ماهواره‌ای نوین در ترکیب با روش‌های آنالیز تصویر اخیر قادرند تا مقادیر تبخیر-تعرق واقعی قابل اعتمادی در سطح ردیف کشت ارائه دهند. لازم به ذکر است که این روش هم اکنون برای درختان انفرادی انگور قابل تعمیم نمی‌باشد. Dinesh Kumar et al. (2014) از تصاویر ماهواره‌ای MODIS و مدل SEBAL برای تخمین تبخیر و تعرق استفاده کردند و نتایج آن‌ها همبستگی بالایی (R=0.97) با اندازه‌گیری‌های همزمان ایستگاه هواشناسی داشتند. همچنین، میزان تبخیر و تعرق در منطقه مورد مطالعه بین ۸۵ تا ۱۲۳۰ میلیمتر بودند. Jaber et al.(2016) ، پژوهشی را با استفاده از مدل SEBAL برای تخمین تعرق واقعی در منطقه البابیل عراق انجام دادند. نتایج نیز با دو گروه اطلاعات ایستگاه هواشناسی مقایسه شد. دقت کلی برای ماه مارچ (R^2=0. 86) فقط کمی بیشتر از ماه سپتامبر (R^2=0.85) بدست آمد. همچنین آن‌ها پیشنهاد نمودند که مدل SEBAL توانایی قابل قبولی برای تخمین تبخیر-تعرق در منطقه مورد مطالعه دارد. Tabari et al.(2013) ، از معادله اصلاح شده بلانی کریدل (BC[۵]) برای نقشه‌برداری تبخیر-تعرق مرجع استفاده کردند که در واقع این معادله بر پایه اطلاعات دمایی بوده و در مناطقی استفاده می‌شود که اطلاعات هواشناسی برای مدل استاندارد پنمن مانتیث با پیچیدگی‌هایی همراه است. و با استفاده از موقعیت جغرافیایی و مقدار دما تبخیر تعرق گیاه مرجه را تخمین می زند. در ابتدا نتایج تبخیر-تعرق مرجع حاصل از ۱۷ ایستگاه هواشناسی با دو روش پنمن مانتیث ۵۶ و BC تست و کالیبره شدند و سپس با استفاده از سیستم مختصات جغرافیایی و توپوگرافی به صورت مجزا به صورت نقشه های هم

2 -Maxey
3 - Prestley–Taylor
4 - Hargreaves
5 - Blaney-Criddle

تبخیر-تعرق ارائه شدند. نتایج نشان داد که مدل BC در مناطق مورد مطالعه ۴٪ نسبت به پنمن مانتیث بیش برآورد دارد. همچنین، نتایج مدل BC بعد از کالیبراسیون نتایج نزدیک‌تری نسبت به پنمن مانتیث ارائه دادند. نرخ خطای کمتر از ۳ درصد نشان دهنده قابلیت بالای این روش برای پهنه بندی تبخیر تعرق می‌باشد. ارزیابی توزیع مکانی نیاز آبی گندم بهاره و تجزیه‌وتحلیل تغییرات مکانی و زمانی آن در حوضه رودخانه شیانگ در شمال غربی چین با استفاده از روش‌های کریجینگ معمولی، وزن دهی عکس فاصله و معادلات تجربی بر اساس نقشه DEM توسط Tong et al. (2007) انجام شد. در این بررسی، از داده‌های هشت ایستگاه هواشناسی در محدوده منطقه موردنظر استفاده شد. تبخیر-تعرق مرجع بر اساس معادله فائو-پنمن-مانتیث محاسبه شد.

نتایج نشان داد که میانگین نیاز آبی گندم بهاره از ۲۷۰ میلی‌متر در مناطق کوهستانی جنوب غربی تا ۵۹۱ میلی‌متر در شمال شرقی منطقه موردمطالعه تغییر می‌کند. خطای نسبی نیاز آبی محاسباتی به‌وسیله تبخیر-تعرق مرجع و ضریب گیاهی و میزان نیاز آبی درونیابی شده ۱۱/۱ درصد بود. Yang et al. (2013) نقشه‌های تبخیر-تعرق مرجع دشت هوانگ-هوای-هایدر چین را با استفاده از روش کریجینگ معمولی تهیه نمودند. برای این منظور از داده‌های هواشناسی ۵۱ ساله ۴۰ ایستگاه هواشناسی استفاده کردند و تبخیر-تعرق مرجع با استفاده از روش فائو-پنمن-مانتیث محاسبه شد. نتایج آن‌ها نشان داد که کمینه، میانگین و بیشینه سالانه ET_0 به ترتیب ۹۳۱/۸، ۱۰۳۷/۷ و ۱۱۵۵/۵میلی‌متر است. در تحقیقی توسط توانا و همکاران (۱۳۹۰) نقشه‌های تبخیر-تعرق مرجع استان خوزستان با استفاده از داده‌های ۳۹ ایستگاه هواشناسی تهیه شد. تبخیر تعرق پتانسیل مرجع ماهانه با استفاده از دو روش پنمن-مانتیث-فائو و بلانی-کریدل محاسبه شد. در ایستگاه‌های سینوپتیک که ازنظر داده‌های اقلیمی کامل بوده، هر دو روش اجراشده و رابطه‌ای بین آن‌ها محاسبه شد و در ایستگاه‌هایی که امکان برآورد تبخیر تعرق پتانسیل مرجع به روش پنمن-مانتیث-فائو نبود، با استفاده از رابطه بدست آمده جهت تبدیل نتایج دو روش به یکدیگ، عددی معادل ET_0 به روش پنمن-مانتیث-فائو برای آن‌ها تعیین شد. درونیابی با استفاده از دو روش کریجینگ معمولی و کوکریجینگ با متغیر کمکی ارتفاع ایستگاه انجام شد. نتایج نشان داد در دو مقیاس ماهانه و سالانه، به‌جز دو ماه آوریل و نوامبر، پیش‌بینی‌های حاصل از روش درون‌یابی کریجینگ معمولی در اولویت قرار گرفت. نتایج پهنه‌بندی در مقیاس سالانه به روش کریجینگ معمولی، نشان داد میزان ET_0 در ۲۱ درصد از سطح استان که در مناطق شمال شرقی استان قرار دارند، کمتر از ۱۷۰۰ میلی‌متر است و در ۷۹ درصد از سطح استان ET_0 بیش از این مقدار و تا سقف ۲۰۳۲ میلی‌متر هست. نقشه‌های تبخیر-تعرق مرجع در استان گلستان با استفاده از روش‌های درون‌یابی وزن دهی عکس فاصله، کریجینگ معمولی و کوکریجینگ توسط گنجی‌زاده و همکاران (۱۳۹۲) تهیه شد. آن‌ها مقادیر تبخیر و تعرق روزانه را برای ایستگاه‌های سینوپتیک استان گلستان در سه سال به‌طور انتخابی از سال ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ با پنج روش پنمن-مانتیث-فائو، پنمن اصلاح‌شده، هارگریوز-سامانی، بلانی-کریدل و تورک محاسبه کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که در تعیین ET_0 روش بلانی-کریدل و از بین روش‌های درونیابی، روش کریجینگ معمولی از صحت بالاتری برخوردار بود.

بولحسنی و زارعی(۱۳۹۵) تبخیر-تعرق گیاه مرجع را در سطح حوضه آبریز بختگان مورد بررسی قرار دادند و نتایج ایشان نشان داد که در بین روش های کریجینگ، کوکریجینگ و روش وزنی عکس فاصله بر اساس شاخص های آماری روش کوکریجینگ بهترین روش جهت پهنه بندی تبخیر-تعرق مرجع می باشد و پیشنهاد نمودند از این روش در پهنه بندی استفاده شود.

کمالی پاشاکلایی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی با استفاده از داده های هواشناسی مقدار تبخیرتعرق مرجع

را محاسبه و سپس درونیابی نمودند. نتایج ایشان نشان داد که پهنه بندی بر اساس داده های موجود از دقت مناسبی برخوردار بوده و روش پهنه بندی اطلاعات بر اساس ایستگاه اختلاف معنی داری با روش پهنه بندی پارامتر های اقلیم نداشته است.

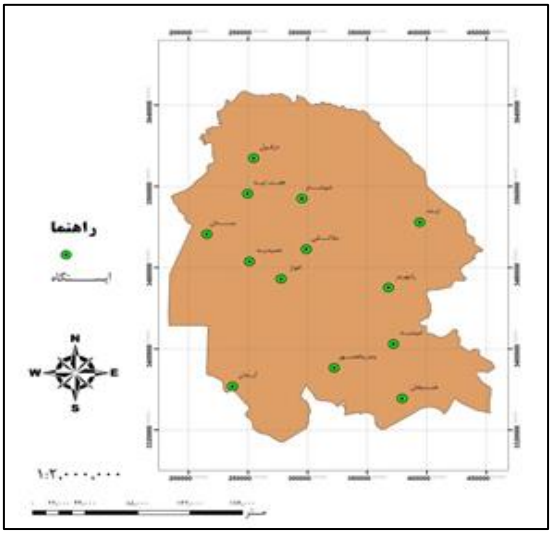
با توجه به مجموع تحقیقات انجام شده در این پژوهش بمنظور یافتن روش مناسب پهنه بندی تبخیر-تعرق در سطح استان خوزستان از روش های مختلف و مرسوم جهت پهنه بندی استفاده شد و با استفاده از پایلوت های موجود در منطقه این پهنه بندی مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش ها

در این مطالعه با استفاده از اطلاعات هواشناسی ۱۳ ایستگاه هواشناسی که در شکل ۱ آورده شده است مقدار تبخیر- تعرق پتانسیل بر اساس روش FAO 56 تعیین شد که این روش در تحقیقات جدید در صورت موجود بودن داده ها بیشترین دقت در برآورد تبخیر- تعرق پتانسیل را داراست (زارع ابیانه و همکاران، ۱۳۸۹). برای تعیین تبخیر- تعرق مرجع از روش فائو پنمن مانتیث با مبنای فیزیکی که تلفیقی از روابط موازنه انرژی و انتقال جرم با در نظر گرفتن مقاومت آئرودینامیک و مقاومت سطحی است، استفاده شد. برای محاسبه ET_o از نرم‌افزار تخصصی تهیه شده توسط پژوهشکده هواشناسی و همچنین نرم‌افزار پیشنهادی فائو با عنوان ET-Calculator استفاده شد. که رابطه آن به شرح ذیل می باشد:

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma[890/(T+273)]U_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1+0.34U_2)} \quad (۱)$$

که در آن ET_o : تبخیر – تعرق مرجع (میلی متر در روز)، R_n: تابش خالص ورودی به سطح گیاه (مگاژول بر متر مربع بر روز) ، G: فشار گرمای خاک (مگاژول بر متر مربع بر روز)، T: میانگین روزانه دمای هوا در ارتفاع دو متری (درجه سلسیوس، U_2 : میانگین روزانه سرعت باد در ارتفاع دو متری (متر بر ثانیه) ، e_s : فشار بخار اشباع(کیلو پاسکال)، e_a : فشار بخار واقعی (کیلو پاسکال)؛ e_s-e_a : کمبود فشار بخار اشباع (کیلو پاسکال)، Δ : شیب منحنی فشار بخار (کیلو پاسکال بر درجه سلسیوس) و γ : ضریب سایکرومتری (کیلو پاسکال بر درجه سلسیوس) می‌باشند.



شکل (۱): نقشه ایستگاه های هواشناسی مورد تایید جهت مطالعه

برای تعدیل اثر شرایط اقلیمی محل مورد نظر بر ضریب گیاهی در مرحله میانی رشد از رابطه اصلاح شده فائو استفاده شد(Allen et al, 1998).ضریب گیاهی در مرحله پایانی رشد $K_{c\ end}$ با استفاده از رابطه زیر برای شرایط اقلیم مورد نظر تعدیل شد (Allen et al, 1998). از

معادله بالا تنها هنگامی که ضرایب گیاهی مرحله پایانی بیشتر از ۰/۴۵ بود، استفاده شد.

تعیین ضریب گیاهی در مرحله توسعه گیاه

ضریب گیاهی در مرحله توسعه ($K_{C\text{-}dev}$) در حد فاصل بین مرحله اولیه تا مرحله میانی و با استفاده از رابطه فائو تعیین شد (Allen et al, 1998).

محاسبه تبخیر تعرق استاندارد و نیاز آبی گیاه

پس از محاسبه تبخیر تعرق مرجع، ET_o، و ضریب گیاهی، K_c که با اطلاعات لایسیمتری محلی تایید شد، تبخیر و تعرق با استفاده از رابطه زیر تعیین شد (Allen et al, 1998):

$$ET_a = K_c \times ET_o \qquad (۲)$$

برای تعیین نیاز آبی گیاه در ابتدا مقدار باران موثر با استفاده از رابطه ۲و۳ تعیین شد(Allen et al, 1998):

$$P_{eff} = 0.6 \times P - (\frac{10}{3}) \quad \text{for} \quad P \leq \frac{70}{3} \qquad (۳)$$

$$P_{eff} = 0.8 \times P - (\frac{24}{3}) \quad \text{for} \quad P > \frac{70}{3} \qquad (۴)$$

که در آن P_{eff}، مقدار باران موثر (mm) و P: مقدار بارش کل ده روزه (mm) می باشد که این روش برای محاسبات دهه ای در مدیریت آب در مزرعه توسط FAO در مدل cropwat 8 ارائه شده است. سپس مقدار نیاز آبی گیاه (WR) برحسب میلی‌متر با استفاده از رابطه‌ی زیر تعیین شد:

$$WR = ET_a - P_{eff} \qquad (۵)$$

جهت آنالیز آمار نیز از روابط زیر جهت مقایسه نتایج برآورد شده استفاده شد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(X_i - Y_i)^2} \qquad (۶)$$

$$NRMSE = \frac{\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(X_i - Y_i)^2}}{\bar{X}} \qquad (۷)$$

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(|x_i - \bar{X}| + |y_i - \bar{Y}|)^2}\right] \qquad (۸)$$

که در آن ها X مقدار اندازه گیری شده و Y مقدار شبیه سازی شده است، $\bar{X}$ مقدار متوسط داده های اندازه گیری شده و $\bar{Y}$ مقدار متوسط شبیه سازی شده می باشد. $RMSE$ ریشه میانگین مربعات خطا، $NRMSE$ ریشه میانگین مربعات خطای نرمال و d شاخص توافق می باشد.

نتایج

نتایج نشان داد که تبخیر – تعرق گیاه مرجع طبق جدول ۱ می باشد.

جدول (۱): تبخیر- تعرق و نیاز آبی گیاه گندم در دشت های استان خوزستان

ایستگاه	موقعیت ایستگاه ها	شهرستان	دشت	تبخیر- تعرق میلی متر	نیاز آبی میلی متر
اهواز	31.3,48.7	اهواز	اهواز-آزادگان-باوی	۴۲۰	۳۲۴
بهبهان	30.6, 50.2	بهبهان	بهبهان-تخت دراز-لیشتر-خیرآباد-سرپری- امامزاده جعفر	۳۶۳	۲۴۸
دزفول	32.4,48.3	اندیمشک-دزفول	اوان-مولاب-آهودشت-دزفول-اندیمشک	۳۱۴	۲۰۴
ایذه	31.8, 49.8	ایذه	ایذه – ده شیخ- بازفت – باغ ملک	۳۲۶	۱۲۹
بندر ماهشهر	30.5,49.2	ماهشهر-امیدیه	امیدیه-ماهشهر-زیدون-رامشیر	۲۹۸	۲۶۰
مسجد سلیمان	31.9,49.2	مسجد سلیمان	مسجد سلیمان –لالی-اندیکا	۳۴۴	۱۹۱
رامهرمز	31.2, 49.6	رامهرمز	میاناب-گتوند-آهودشت-رامهرمز-دالون-جایزان-صیدون	۴۰۸	۲۹۸
شادگان	30.7, 48.6	شادگان	شادگان	۵۸۹	۵۵۶
شوشتر	32.1, 48.8	شوشتر-شوش	موسیان –چنانه-دشت عباس –شوش	۴۱۶	۳۲۵
هندیجان	30.2, 49.7	هندیجان	زیدون – بندر دیلم	۶۰۷	۵۲۹

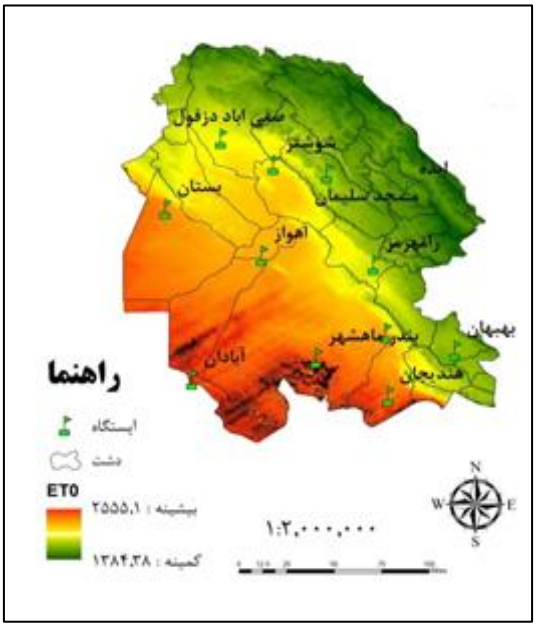
برای بازنمایی میانگین سالیانه تبخیر– تعرق مرجع به روش پنمن مانتیث در ابتدا تبخیر- تعرق مرجع در استان خوزستان با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی محاسبه شد. برای تعمیم آن به تمام دشت خوزستان ابتدا رابطه همبستگی ET_0 با مدل ارتفاع رقومی(DEM) بدست آمد:

$$ET_0=2551-142.3Ln(h) \quad (۹)$$
$$R^2=0.7,\ RMSE=178.09,\ NRMSE=0.087,\ d=0.69$$

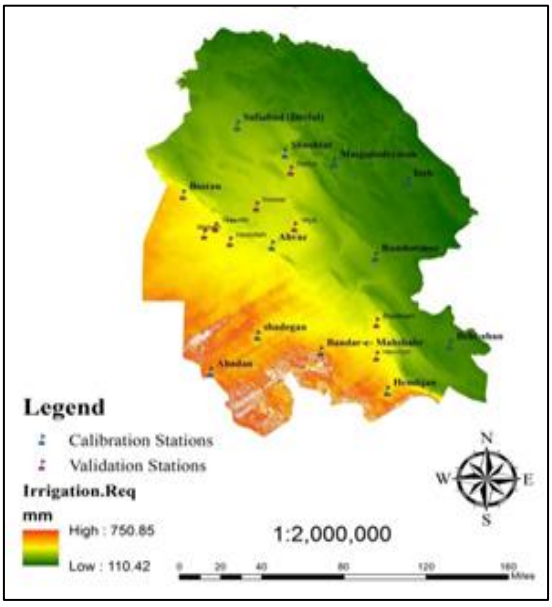
که در آن ET_0 مقدار تبخیر- تعرق گیاه چمن بر حسب میلی متر، h ارتفاع رقومی منطقه مورد نظر بر حسب متر، R^2 ضریب تبیین، RMSE ریشه میانگین مربعات خطا، ریشه میانگین مربعات خطای نرمال و d شاخص توافق است. با توجه به معادله مذکور مقادیر برآورد شده به ازای هر پیکسل ارتفاعی (۹۰*۹۰متر) منطبق و در شکل ۲ نشان داده شد. در ادامه با توجه به محاسبات باران موثر، نیاز آبی گیاه گندم در سطح هر ایستگاه محاسبه شد و پراکنش آن با استفاده از معادله رگرسونی پردازش شد. برای تعمیم آن به تمام دشت خوزستان ابتدا رابطه همبستگی ET_c با مدل ارتفاع رقومی(DEM) بدست آمد:

$$IR_{Req}= 356.2 \exp(-0.001 * h) \quad (۱۰)$$
$$R^2=0.61,\ RMSE=74.36,\ NRMSE=0.16,\ d=0.6$$

که در آن IRR_{eq} نیاز آبی گیاه گندم بر حسب میلی متر، h ارتفاع رقومی منطقه مورد نظر بر حسب متر، R^2 ضریب تبیین، RMSE ریشه میانگین مربعات خطا، ریشه میانگین مربعات خطای نرمال و d شاخص توافق است. با توجه به معادله مذکور مقادیر برآورد شده به ازای هر پیکسل ارتفاعی (۹۰×۹۰متر) منطبق و در شکل ۳ نشان داده شد.



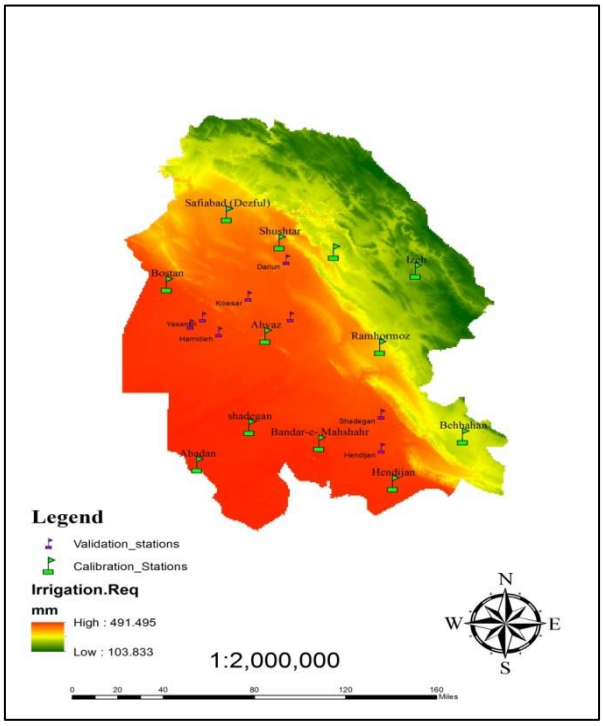
شکل(۲): توزیع مکانی میانگین تبخیر- تعرق مرجع در استان خوزستان



شکل(۳): توزیع مکانی میانگین نیاز آبی گیاه گندم در استان خوزستان با استفاده از روش رگرسیونی

در ادامه از روش کوکریجینگ نیز استفاده شد تا نتایج حاصل از آن ارزیابی شود و مشخص شود که این مدل با چه خطایی برآورد مناسبی را نسبت به سایر روش ها ارائه می نماید. در این روش از پارامتر رقوم ارتفاعی به

عنوان پارامتر کمکی استفاده شد که نتایج حاصل از این روش در شکل ۴ آورده شده است.

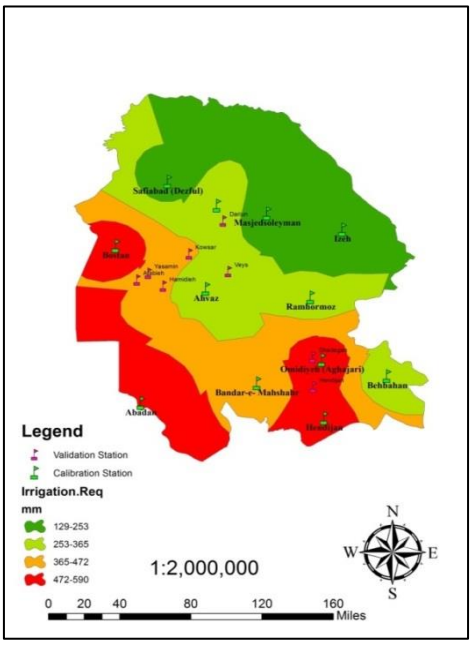


شکل(۴): توزیع مکانی میانگین نیاز آبی گیاه گندم در استان خوزستان با استفاده از روش کوکریجینگ

از دیگر روش های پیشنهادی در مطالعات امروزه (بولحسنی و زارعی، ۱۳۹۵) که در این پژوهش نیز مورد بررسی قرار گرفت می توان به روش میان‌یابی IDW اشاره کرد که نتایج آن در شکل ۵ آورد شده است. در این روش وزن نقاط نمونه‌برداری بر روی نقطه مجهول بر اساس فاصله بین نقاط معلوم و مجهول محاسبه می-شود. این وزن‌ها توسط توان وزن‌دهی کنترل می-شوند. به طوری که توان‌های بزرگتر اثر نقاط دورتر از نقطه مورد تخمین را کاهش می‌دهند و توان‌های کوچکتر وزن‌ها را به طور یکنواخت‌تری بین نقاط همسایه توزیع می‌کنند.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج بدست آمده از شکل۲ روش رگرسیونی خطای نرمال ۹ درصد بدست آمده نشان می‌دهد که مدل رگرسیونی برآورد مناسبی از تبخیر- تعرق گیاه مرجع دارد که این نتیجه با نتایج علوی و خوب (۱۳۹۵) که مدل رگرسیونی را با درصد خطای حدود ۸ درصد به عنوان شبیه ساز تبخیر و تعرق مرجع پیشنهاد نمودند مطابقت دارد. از این رو جهت برآورد تبخیر- تعرق مرجع در سطح استان خوزستان می توان از این روش استفاده نمود. نتایج نشان می دهد که از شمال و غرب به جنوب و شرق همراه با کاهش ارتفاع و افزایش دما و اختلاف رطوبت نسبی ، تبخیر-تعرق مرجع نیز افزایش می یابد. که این نتیجه بسیار مهمی در مدیریت الگوی کشت در استان است و با توجه به مشکلات شوری در قسمت های جنوب شرقی بهره‌وری مصرف آب در این مناطق بسیار پایین خواهد بود



شکل(۵): توزیع مکانی میانگین نیاز آبی گیاه گندم در استان خوزستان با استفاده از روش میانگین وزنی عکس فاصله

روش رگرسیونی جهت تخمین نیاز آبی گندم نشان می دهد با توجه به تصادفی بودن داده های بارش در سطح استان در مورد پارامتر نیاز آبی ۱۶ درصد خطا وجود دارد. به عنوان مثال برای گیاه گندم که بین ۴۰۰ تا ۵۰۰ میلی متر نیاز آبی دارد، این مدل بین ۶۴ تا ۸۰ میلی متر خطا دارد. بنابراین در تعیین نیاز آبی دیگر این مدل کارایی مناسبی نداشته و نمی توان از آن در برآورد نیاز آبی استفاده نمود. در ادامه روش کوکریجینگ که مورد ارزیابی قرار گرفت، نتایج نشان داد که شاخص توافق در این روش ۰/۶۶ است و مقدار RMSE به ۲۲/۹ میلی متر کاهش پیدا کرده است و مهمترین پارامتر NRMSE به ۵ درصد رسیده است. از این رو این روش با خطای ۵ درصد نسبت به روش رگرسیونی جواب مطلوب تری را ارائه می نماید که این نتیجه با نتایج شهابی فر و همکاران (۱۳۸۳) مطابقت دارد. نتایج استفاده از روش وزنی عکس فاصله نشان داد که در این روش شاخص توافق ۰/۹۶ و RMSE ۷۹/۹ و NRMSE ۳۵ درصد خطا را نشان می‌دهد. بنابراین این روش، روش مناسبی نسبت به روش قبل برای تخمین نیاز آبی در این سطح نبوده و تعداد داده در برآورد نیاز آبی خطای بالایی را ایجاد نموده است، بنابراین نمی توان به آن استناد نمود که شهابی فر و همکاران (۱۳۸۳) و Noshadi and Sepaskhah, (2005) نیز همین نتیجه را گزارش نموده‌اند.

نتیجه گیری

بمنظور تجمیع نتایج بدست آمده و نتیجه گیری مناسب تر شاخص‌های آماری به تفکیک هر روش در جدول ۲ ارائه شد. نتایج نشان می‌دهد که روش کوکریجینگ با کمترین خطا حدود ۵ درصد بهترین روش در برآورد نیاز آبی در منطقه است و دو روش دیگر نیاز به واسنجی دقیق تر و داده های بیشتر دارند که در شرایط فعلی منطقه ممکن نیست.

بررسی روش های میان یابی نشان داد که استفاده از روش های نوین برآورد نیاز آبی در محیط GIS بدلیل تغییرات زیاد پارامترهای مورد بررسی با اینکه نرم افزار های قدرتمندی هستند ولی نیازمند به واسنجی دقیق و اصولی داشته و هر گونه تغییراتی در واسنجی اولیه در آموزش و برآورد آنها موثر است. نتایج این مطالعه نشان داد که روش کوکریجینگ در برآورد نیاز آبی کمترین

درصد خطای نرمال شده (۵ درصد)، کمترین میانگین ریشه مربعات خطای نرمال(۰/۰۵)، کمترین میانگین ریشه مربعات خطا (۲۲/۹ میلی متر)، بیشترین ضریب تبیین(۰/۸۲) و بیشترین شاخص توافق (۰/۶۶) را داشته و در شرایط حاضر بهترین استفاده را می‌توان از آن در مدیریت آب در استان خوزستان و بررسی الگوی کشت و سطوح بهره وری مصرف آب با توجه به اطلاعات موجود داشت.

جدول (۲): پارامتر های آماری روش های برآورد نیاز آبی گندم در استان خوزستان

روش	Method	شاخص توافق d	ضریب تبیین R^2	میانگین ریشه مربعات خطای نرمال شده RMSE	میانگین ریشه مربعات خطای نرمال شده NRMSE	درصد خطای نرمال NRMSE%
رگرسیونی	Regression	۰/۶	۰/۶۱	۷۴/۴	۰/۱۶	٪۱۶
کوکریجینگ	Co-Kridging	۰/۶۶	۰/۸۲	۲۲/۹	۰/۰۵	٪۵
روش وزنی عکس فاصله	Inverse Distance Weighted (IDW)	۰/۹۶	۰/۶۵	۷۹/۹	۰/۳۵	٪۳۵

منابع

بولحسنی، ک.، و زارعی، ح. ۱۳۹۵. برآورد مکانی و پهنه بندی تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از روش های زمین آماری و سیستم. دو فصلنامه تخصصی علوم و مهندسی آب. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز.سال ششم.شماره ۱۳. ص ۷ الی ۲۱.

تافته، آ. و سپاسخواه، ع. ۱۳۹۰. تحلیل بهره‌وری اقتصادی آب و کود نیتروژن در آبیاری جویچه‌ای یک‌درمیان برای کشت کلزا. نشریه حفاظت منابع آب‌وخاک. شماره۱. ص ۱-۹.

توانا، ا.، هوشمند، ع. ر. و فتحیان، ح. ۱۳۹۰، پهنه‌بندی تبخیر- تعرق مرجع منطقه‌ای با استفاده از تخمینگرهای زمین‌آماری و GIS (مطالعه موردی: استان خوزستان)، اولین کنفرانس ملی هواشناسی و مدیریت آب کشاورزی، تهران.

زارع ابیانه، ح.، بیات ورکشی، م.، سبزی پرور، ع.، معروفی، ص.، و قاسمی، ع.۱۳۸۹. ارزیابی روش های مختلف برآورد تبخیر تعرق گیاه مرجع و پهنه بندی آن در ایران. پژوهش های جغرافیای طبیعی. شماره ۷۴. ص ۹۵ الی ۱۱۰.

شهابی فر، م.، کوچک زاده، م.، محمدزاده، م.، و میرلطیفی، م. ۱۳۸۳.استفاده از روش های زمین آماری در تعیین نیاز آبی چغندرقند در استان تهران. چغندرقند. ۲۰(۲):۱۴۷-۱۳۳.

علوی، ع.، رحیمی، ع. ۱۳۹۵. ارائه یک مدل ساده برای تعیین تبخیر-تعرق مرجع با استفاده از داده های ماهواره نوا. تحقیقات آب و خاک ایران.۴۷ (۱):۸۵-۷۷.

کمالی پاشاکلایی، م.ا.، فرید حسینی، ع.، انصاری، ح.، و غلامی سفیدکوهی، م.ع. ۱۳۹۴. ارزیابی دو روش تهیه نقشه های تغییرات مکانی تبخیر-تعرق مرجع (مطالعه موردی استان مازندران). شماره ۱ جلد ۹ . ص ۲۲۱ الی ۲۳۲.

گنجی زاده، ر.، برومندنسب، س.، سلطانی محمدی، ا. و گنجی زاده، ح. ۱۳۹۲. تعیین تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از روش‌های درون‌یابی و مقایسه آن با روش‌های تجربی (مطالعه موردی: استان گلستان)، اولین همایش ملی بحران آب، اصفهان.

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. Food and Agriculture Organization, Rome.

Chuanyan Z. , Zhongren, N. Zhaodong, F.2004. GIS-assisted spatially distributed modeling of the potential evapotranspiration in semi-arid climate of the Chinese Loess Plateau. Journal of Arid Environments.58:387–403.

Dinesh Kumar, G., Purushothaman, B.M. , Vinaya, M.S. and S. Suresh Babu.2014. Estimation of evapotranspiration using modis sensor data in udupi district of karnataka, india. International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS. 3(1): 532-543.

Jaber, H. S., Mansor, S. Pradhan, B. and Ahmad, N. 2016. Evaluation of SEBAL model for evapotranspiration mapping in Iraq using remote sensing and GIS. International Journal of Applied Engineering Research.11: 3950-3955.

Mahour, M. Stein, A., Sharifi, A. and Tolpekin, V. 2015. Integrating super resolution mapping and SEBS modeling for evapotranspiration mapping at the field scale. Precision Agriculture. 16(5): 571-586.

Noshadi, M., and Sepaskhah AR.2005. Application of geostatistics for potential evapotranspiration estimation. Iranian J. Sci. & Tech., Trans. B, Enging. 29(3):343-355.

Tabari. H., Hosseinzadeh Talaee. P. and Shifteh B. 2013. Some'e. Spatial modelling of reference evapotranspiration using adjusted Blaney-Criddle equation in an arid environment. Hydrological Sciences Journal. 58 (2):408-420.

Tong, L., Kang, S. and Zhang, L. (2007). Temporal and spatial variations of evapotranspiration for spring wheat in the Shiyang river basin in northwest China. Journal of Agricultural Water Management. 87(3): 241‑250.

Yang J., Liu Q., Mei X., Yan C., Ju H. and Xu J. (2013). Spatiotemporal Characteristics of Reference Evapotranspiration and Its Sensitivity Coefficients to Climate Factors in Huang-Huai-Hai Plain, China, Journal of Integrative Agriculture, 12(12): 2280-2291.

Zhao. C., Zhongrena. N., Zhaodonga. F. 2004. GIS-assisted spatially distributed modeling of the potential evapotranspiration in semi-arid climate of the Chinese Loess Plateau. Journal of Arid Environments. 58. 387–403.

Investigation of possibility of mapping potential evapotranspiration of reference plant and water requirement of wheat using different methods of mapping

Arash Tafteh[1] , Naser Davatgar[2], Sina mallah[3]

Abstract:

Suitable water management in irrigation and drainage networks without mapping water requirement of different plants in macro levels is not possible. Iran was located in arid climate and has Drought problems and management of Drought, need to macro management of its water resources. In this study using meteorological data in Khuzestan, reference evapotranspiration and Wheat water requirement was determined in pilots. Finally different methods of mapping for example regression method, Inverse Distance Weighted and Co- Kridging were evaluated. In calibration stage power and logarithmic regression presented suitable results and have 8 and 16percent error respectively. Result show that ET_0 and water requirement have significant relation with height. So these parameters have spatial continuity. In evaluating stage, The result show that Co- Kridging method with 0.82 R^2 (regression coefficient) , 0.66 d(Agreement index) , 22.9 Root Mean Square Error and 0.05 Normal Root Mean Square Error and 5 percent Normal error has lowest error in estimation of water requirement of wheat and using this method can mapping water requirement with well accuracy. So Co- Kridging method is the best method between other methods. Use map obtained can has suitable conclusion from wheat water requirement changes in Khuzestan and manage crop pattern base of maps.

Keyword: Co-Kridging,GIS, Inverse Distance Weighted (IDW), Khuzestan, Regression equation.

.

1-Assistant professor of Department of irrigation and soil physics, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. **Arash_tafteh@yahoo.com**
2- Associate professor of Department of irrigation and soil physics, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. n.davatgar@yahoo.com
3- Researcher of Department of irrigation and soil physics, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. sina.mallah@gmail.com