اکوهیدرولوژی

دورهٔ ۷، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۹، ص ۷۰۶-۶۹۱

کاربرد اطلاعات پایگاه‌های داده‌های هواشناسی مختلف در برآورد عملکرد و نیاز آبی گندم (مطالعهٔ موردی: دشت قزوین)

رضوان بحرالعلوم[۱]، هادی رمضانی اعتدالی[۲*]، اصغر عزیزیان[۳]، بهنام آبابائی[۴]

۱. دانش‌آموختهٔ کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین

۲. دانشیار گروه علوم مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین

۳. استادیار گروه علوم مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین

۴. پژوهشگر مرکز علوم گیاهی، دانشگاه کوئینزلند، استرالیا

(تاریخ دریافت ۱۳۹۹/۰۱/۲۲، تاریخ تصویب ۱۳۹۹/۰۴/۰۱)

چکیده

دمای هوا و بارندگی، کمیت و کیفیت تولیدات محصولات کشاورزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، بنابراین برآورد و بررسی تغییرات مکانی-زمانی آن اهمیت دارد. در بسیاری از مناطق کشور به دلیل تراکم کم ایستگاه‌های اندازه‌گیری و یا دورهٔ آماری کوتاه ایستگاه‌های جدید، اطلاعات زمانی و مکانی محدودی در دسترس است. پژوهش حاضر با هدف امکان‌سنجی استفاده از داده‌های پایگاه‌ها هواشناسی شبکه‌بندی‌شدهٔ CRU، AgMERRA، AgCFSR و GPCC-CRU در برآورد عملکرد و نیاز آبی گیاه گندم و مقایسهٔ آن با مقادیر برآوردشده با اطلاعات ایستگاه سینوپتیک قزوین است. به این منظور، اطلاعات اقلیمی ماهانهٔ ایستگاه سینوپتیک قزوین از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۰ و اطلاعات اقلیمی پایگاه‌های یادشده به سه روش استفاده از نزدیک‌ترین نقطه به ایستگاه سینوپتیک (K1)، استفاده از میانگین چهار نقطهٔ نزدیک ایستگاه سینوپتیک (K4) و استفاده از میانگین هشت نقطهٔ نزدیک ایستگاه سینوپتیک (K8) استخراج شد. کیفیت داده‌های این پایگاه‌ها با استفاده از چهار شاخص آماری (R^2، RMSE، NRMSE، ME) به صورت غیر مستقیم (با استفاده از خروجی‌های مدل گیاهی AquaCrop) ارزیابی شد. در برآورد نیاز آبی گیاه گندم، پایگاه اطلاعاتی GPCC-CR با چهار (K4) و یک (K1) نقطه همسایگی بهترین عملکرد را در قیاس با سایر گزینه‌ها داشت. برآورد عملکرد گندم با استفاده از داده‌های AgMERRA در دو حالت K1 و K4 بیشترین میزان همبستگی با داده‌های ایستگاه سینوپتیک را نشان داد. نتایج نشان می‌دهد برای برآورد عملکرد محصولات زراعی می‌توان از اطلاعات پایگاه‌های اطلاعاتی هواشناسی شبکه‌بندی‌شده با دقت مناسب استفاده کرد. اما در خصوص برآورد نیاز آبی فقط پایگاه اطلاعاتی GPCC-CRU دقت قابل قبولی داشته است.

کلیدواژگان: دشت قزوین، مدل AquaCrop، CRU، AgMERRA، AgCFSR و GPCC.

* نویسندهٔ مسئول

Email: ramezani@eng.ikiu.ac.ir

مقدمه

دما و بارندگی کمیت و کیفیت منابع آب و تولیدات محصولات کشاورزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، بنابراین برآورد و بررسی تغییرات مکانی-زمانی آن اهمیت دارد. در بسیاری از مناطق کشور به دلیل تراکم کم ایستگاه‌های اندازه‌گیری و یا دورهٔ آماری اندک ایستگاه‌های جدید، اطلاعات زمانی و مکانی محدودی در دسترس است. از سوی دیگر، وابستگی تولید محصولات به دما و بارندگی و سایر متغیرهای اقلیمی بر اهمیت تحلیل تغییرات مکانی-زمانی این متغیرها می‌افزاید. یکی از راه‌های رفع این محدودیت، استفاده از پایگاه‌های اطلاعاتی شبکه‌بندی جهانی یا منطقه‌ای است. همچنین، گردآوری اطلاعات دربارهٔ وضعیت پوشش گیاهی مانند میزان و پراکنش آنها توسط روش‌های معمولی بسیار مشکل و پرهزینه است. در این بین، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای به‌عنوان یک راهکار جایگزین می‌تواند در این زمینه مطرح شود. در این میان، مدل‌های سطح زمین به‌روزشده با مشاهدات ماهواره‌ای به دلیل ارائهٔ پارامترهای هیدرولوژیکی در مقیاس جهانی اهمیت زیادی دارد [۱].

یکی از عوامل محدودکنندهٔ تحقیقات در زمینهٔ هواشناسی و علوم آب در کشورهای در حال توسعه مانند ایران، کمبود اطلاعات پایه مانند دما و بارش است. این کمبود از دو نظر مطالعات را محدود می‌کند: مورد نخست شامل کوتاه بودن طول سری زمانی و مورد دوم پراکندگی ضعیف ایستگاه‌های سینوپتیک در مناطق مختلف است. امروزه با گسترش علم و فناوری، امکانات زیادی برای پایش وضعیت منابع آب در مقیاس جهانی وجود دارد که یکی از آنها، گسترش پایگاه‌های اطلاعاتی اقلیمی است. این پایگاه‌ها بر اساس مشاهدات زمینی و اطلاعات سنجش‌ازدور و مدل‌های عددی هستند و اطلاعات مهم و نزدیک به زمان واقعی را برای پژوهشگران منابع آب فراهم می‌کنند. اغلب اطلاعات پایگاه‌های جهانی نسبت به ایستگاه‌های سینوپتیک دقت کمتری دارند، اما از بسیاری از جهات نیز برتری دارند که پوشش کامل مکانی و زمانی مهم‌ترین نوع این برتری است. به‌طور کلی، این اطلاعات از منظر کاربرد به سه گروه تقسیم می‌شوند: گروه نخست داده‌هایی که از گذشته تا حال را پوشش می‌دهند (اطلاعات تاریخی) و با تأخیر زمانی چندماهه به‌روز می‌شوند، این داده‌ها برای روند تغییرات مربوط به چرخهٔ آبی کاربرد دارند. از دیگر کاربردهای این پایگاه‌ها، بررسی روند بارش و خشکسالی‌هاست. اطلاعات این پایگاه‌ها درواقع این امکان را ایجاد می‌کند که روند تغییرات منابع آب ارزیابی مداوم شده و در صورت نیاز، تصمیم‌های مدیریتی اتخاذ شود. گروه دوم اطلاعات کوتاه‌مدت برای پیش‌بینی‌های هواشناسی هستند. این اطلاعات نیز در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی کوتاه‌مدت اهمیت دارند. گروه سوم از طریق اجرای مدل‌ها به‌وسیلهٔ سناریوهای مختلف فراهم می‌شوند و اطلاعات بارش آینده را ارائه می‌کنند. از این اطلاعات نیز می‌توان به‌منظور برنامه‌ریزی‌های کلان آینده استفاده کرد [۲ و ۳].

فناوری‌های ماهواره‌ای و مدل‌های عمومی گردش جو داده‌های شبکه‌بندی با توان تفکیک مکانی و زمانی زیاد را در اختیار پژوهشگران در حوزه‌های مختلف ازجمله مدل‌سازی گیاهی قرار می‌دهند. این گزینه می‌تواند کمبود اطلاعات ایستگاه‌های زمینی را به‌ویژه در مناطقی که از این نظر با کمبود مواجه هستند، تا حدود زیادی برطرف سازد. داده‌های این پایگاه‌های اطلاعاتی مانند NCEP، CFSR، CRU، GPCC، PERSIANN، SAFRAN و ECMWF به خلاف ایستگاه‌های هواشناسی زمینی، مشکل عدم پیوستگی مکانی و زمانی ندارند [۴].

به منظور بررسی کاربردپذیری پایگاه‌های هواشناسی مطالعات متعددی صورت گرفته است. عزیزیان و رمضانی (۱۳۹۸) به ارزیابی دقت داده‌های باز تحلیل‌شدهٔ Era-Interim در تخمین بارش روزانه و ماهانه پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان داد در هر دو گام زمانی روزانه و ماهانه این پایگاه توانایی بسیار مناسبی در پیش‌بینی صحیح وقوع یا عدم وقوع بارش و ثبت گزارش‌های اشتباه کم از وقوع بارندگی دارد. در گام زمانی ماهانه نیز اگرچه پایگاه یادشده عملکرد مناسبی دارد، ولی در ماه‌های گرم سال میزان شاخص‌های یادشده به بیش از ۷۰ درصد نیز می‌رسد. درواقع، می‌توان این‌گونه برداشت کرد که پایگاه بارش Era-Interim عملکرد بسیار مناسبی در سطح حوضهٔ آبریز سفیدرود دارد و بنابراین در حوضه‌های بدون آمار یا در مدل‌سازی‌های هیدرولوژیکی این پایگاه یک منبع بارشی توانمند محسوب می‌شود [۵].

عزیزیان و رمضانی اعتدالی (۱۳۹۸) به پایش زمانی و مکانی داده‌های باز تحلیل‌شدهٔ ECMWF و منابع بارشی مبتنی بر تکنیک‌های سنجش‌ازدور پرداختند. نتایج پژوهش

آنها عملکرد منبع ECMWF را در سطح حوضهٔ آبی سفیدرود در مقیاس روزانه را نشان می‌دهد. این منبع همبستگی زیادی با ایستگاه زمینی دارد. این در حالی است که در گام زمانی روزانه عملکرد دو منبع PERSIAN و TRMM مشابه است و ضریب همبستگی زیادی دارند. همچنین، از نظر آمارهای طبقه‌بندی منبع ECMWF در هر دو گام زمانی روزانه و ماهانه عملکرد به‌مراتب بهتری نسبت به دیگر منابع بارشی دارد [۶]. رمضانی اعتدالی و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی تغییرات بلندمدت دمای هوا در سطح کشور با استفاده از داده‌های پایگاه اطلاعاتی CRU پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان داد استفاده از داده‌های پایگاه‌های اطلاعاتی با توجه به گستردگی زمانی و مکانی این داده‌ها ابزار مناسبی برای تغییرات زمانی و مکانی متغیرهای هواشناسی است [۷]. آبابائی و رمضانی اعتدالی (۱۳۹۷) تغییرات آب‌وهوا طی سال‌های ۱۹۵۷ــ ۲۰۱۶ را در یک محیط خشک با سه شاخص خشکسالی و با استفاده از سری زمانی ماهانهٔ بارش، دما و تبخیر و تعرق احتمالی از مجموعه داده‌های CRU بررسی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد مجموعه داده‌های CRU محاسبه‌شده برای بررسی تغییرات فضایی و زمانی خشکسالی کشاورزی مناسب است [۸].

آبابائی (۲۰۲۰) کاربرد مجموعه داده‌های هواشناسی پایگاه‌های CRU و GPCC برای شبیه‌سازی مکانی هفت متغیر مختلف آب‌وهوا در ایران را بررسی کرد. نتایج پژوهش ایشان نشان داد داده‌های CRU که به طور مرتب به‌روز می‌شوند و مجموعه داده‌های بارش GPCC جایگزین مناسبی برای مشاهدات ایستگاه هواشناسی به‌ویژه مناطق کمبود داده هستند [۹]. میری و همکاران (۱۳۹۵) داده‌های بارندگی ماهانهٔ پایگاه اطلاعاتی GPCC و داده‌های بارش، دمای کمینه، بیشینه و میانگین پایگاه اطلاعاتی CRU و مقایسه با ایستگاه‌های هواشناسی زمینی کل سطح کشور را ارزیابی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد داده‌های بارندگی GPCC و داده‌های دمایی CRU در کشور دقت بیشتری دارند [۱۰]. فرجی و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای داده‌های تبخیر و تعرق حاصل از مدل سطح زمین (GLDAS) را با استفاده از تبخیر و تعرق لایسیمتر در دشت قزوین ارزیابی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد ضریب تبیین ۰/۸۸ بین داده‌های GLDAS و لایسیمتر است [۱].

Shi و همکاران (۲۰۱۷) از داده‌های شبکه‌بندی‌شدهٔ بارندگی CRU برای منطقهٔ کوهستانی که سرچشمهٔ سه رودخانه در چین است را استفاده کردند و آنها را با داده‌های بارندگی که از ایستگاه‌های زمینی اندازه‌گیری شده بود، مقایسه کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد برآورد انحراف معیار بارش داده‌های پایگاه اطلاعاتی CRU دقت بیشتری نسبت به مقدار مطلق داده‌های بارش دارند و برای استفاده از این اطلاعات، تحلیل روندهای مکانی و زمانی بسیار مهم است [۱۱].

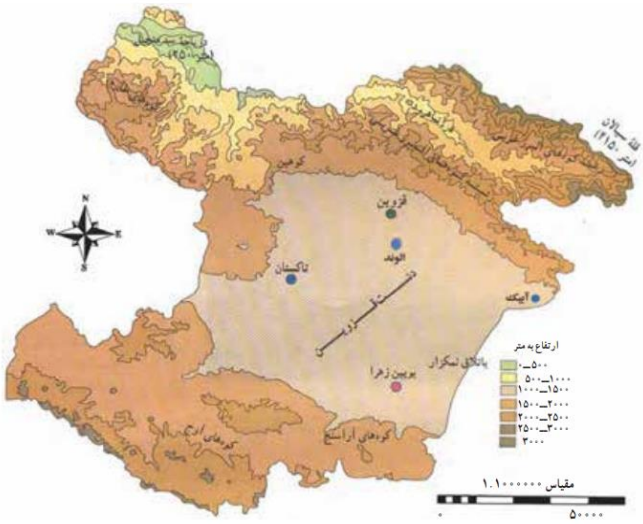
بررسی منابع مختلف نشان می‌دهد در بیشتر مطالعات صورت‌گرفته به مقایسهٔ متغیرهای اقلیمی پرداخته شده و دقت و کاربرد مقادیر این پایگاه‌ها بر خروجی مدل‌ها به‌خصوص مدل‌های گیاهی اندک است [۱۲ــ ۱۵]. در دو دههٔ اخیر، مدل‌سازی گیاهی در مطالعات گوناگون مانند مطالعات تغییر اقلیم، امنیت غذایی، پایداری منابع آب بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. از جمله پرکاربردترین این مدل‌ها، AquaCrop است. پژوهشگران زیادی از این مدل برای واسنجی و شبیه‌سازی متغیرهای گیاهی از جمله عملکرد پرداخته‌اند. رمضانی اعتدالی و همکاران (۱۳۹۵ و ۱۳۹۷) از این مدل برای شبیه‌سازی عملکرد گندم، جو، ذرت و یونجه [۱۶ و ۱۷] و ذبیحی و همکاران (۱۳۹۴) به منظور برآورد عملکرد برنج [۱۸] استفاده کردند. بخش مهمی از اطلاعات ورودی این مدل‌ها، داده‌های اقلیمی است. تراکم کم ایستگاه‌های هواشناسی و یا طول دورهٔ آماری کم این ایستگاه محدودیت‌های زیادی برای استفاده از مدل‌های گیاهی مانند AquaCrop ایجاد کرده است. پایگاه‌های اطلاعاتی مختلف با ماهیت‌های گوناگون امروزه کمک زیادی به جبران این کمبودها کرده است؛ اما قبل از استفاده از این پایگاه‌های اطلاعاتی، باید کیفیت اطلاعاتی این پایگاه‌ها ارزیابی شود. بنابراین، هدف از پژوهش حاضر، بررسی امکان استفاده از داده‌های پایگاه‌های هواشناسی CRU، AgMERRA، AgCFSR و GPCC-CRU در برآورد عملکرد و نیاز آبی گیاه گندم و مقایسهٔ آن با مقادیر برآوردشده با اطلاعات ایستگاه سینوپتیک قزوین است.

مواد و روش

مشخصات و موقعیت جغرافیایی منطقهٔ مطالعه‌شده

محدودهٔ مطالعه‌شده استان قزوین است که در حوزهٔ مرکزی ایران با مساحتی معادل ۱۵ هزار و ۸۲۱ کیلومترمربع، بین

۴۸ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵۰ دقیقهٔ طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقهٔ عرض شمالی قرار دارد. از شمال به استان‌های مازندران و گیلان، از غرب به استان‌های همدان و زنجان، از جنوب به استان مرکزی و از شرق به استان البرز محدود می‌شود. سلسله‌کوه‌های البرز مرکزی و کوه‌های رامند و خرقان از سه جهت استان را فرا گرفته و دشت گسترده‌ای را به وجود آورده‌اند که از شمال به جنوب ۷۵ کیلومتر و از شرق به غرب حدود ۹۵ کیلومتر است. استان قزوین در بخش مرکزی ایران در مجاورت رشته‌کوه البرز قرار دارد (شکل ۱). کمترین و بیشترین دما به‌ترتیب ۱۳/۴- و ۴۴ درجهٔ سانتی‌گراد است و بر اساس اقلیم نمای آمبرژه اقلیم سرد و خشک دارد.



شکل ۱. نقشهٔ ناهمواری‌های استان قزوین

معرفی مدل گیاهی AquaCrop

مدل گیاهی AquaCrop با حفظ قابلیت‌های نشریهٔ فائو ۳۳، یک توازن منطقی بین دقت، توانمندی و سرعت برقرار می‌کند. اصول اساسی مدل AquaCrop برای شبیه‌سازی فرایندها توسط استدیوتو و همکاران [۱۹] و الگوریتم استفاده‌شده در نرم‌افزار مدل و توصیف عملیات توسط رائس و همکاران [۲۰] ارائه شده است.

AquaCrop نوعی مدل فراگیر است. به این معنا که برای محدودهٔ وسیعی از محصولات زراعی شامل علوفه، سبزیجات، غلات می‌تواند به کار رود. پارامترهای ثابت گیاهی برای گونه‌های اصلی زراعی مانند ذرت، گندم و پنبه، به‌صورت آماده در مدل وجود دارند. از دیگر ویژگی‌های مدل AquaCrop این است که به جای شاخص سطح برگ[1] از پوشش سبز روی سطح زمین[2] استفاده می‌کند، در آن شاخص درجهٔ روز- رشد[3] اهمیت ویژه‌ای دارد و به جای ضریب کاهش نسبی عملکرد، به بررسی شاخص بهره‌وری می‌پردازد. مدل AquaCrop از معادلهٔ دورنبوس و کسام (معادلهٔ ۱) که در آن تبخیر و تعرق (ET) نسبی اساس محاسبهٔ عملکرد بوده، استنتاج شده است.

$$\left(\frac{Yx-Ya}{Yx}\right) = Ky\left(\frac{ETx-ETa}{ETx}\right) \quad (1)$$

در معادلهٔ یادشده Y_x عملکرد ماکزیمم، y_a عملکرد واقعی، ET_x تبخیر و تعرق ماکزیمم، ET_a تبخیر و تعرق واقعی و K_y ضریب تناسب بین کاهش عملکرد نسبی و کاهش نسبی تبخیر و تعرق است.

خروجی‌های این نرم‌افزار شامل تغییرات رطوبت خاک طی زمان و لایه‌های مختلف پروفیل خاک، تقویم زراعی، تغییرات زمانی تبخیر و تعرق به‌صورت مستقل، روند توسعهٔ عمق ریشه، پارامترهای بیلان آب خاک، درصد پوشش گیاهان طی زمان و عملکرد دانه، زیست‌توده و شاخص برداشت و نیز شاخص بهره‌وری تعرق در تولید دانه و زیست‌توده است. در پژوهش حاضر خروجی زیست‌توده، عملکرد دانه، نیاز آبی و تبخیر و تعرق ارزیابی شده است.

1. Leaf Area Index
2. Green Canopy Cover
3. Growing Degree Day

معرفی پایگاه‌های اطلاعاتی مطالعه‌شده

پایگاه اطلاعاتی CRU[1]

پایگاه تحقیقات اقلیمی CRU برای نخستین‌بار در دانشکدهٔ Anglia شرق انگلستان در سال ۱۹۷۲ تأسیس شد. این پایگاه که در آن تعداد ایستگاه‌های استفاده‌شده برای سال‌های ابتدایی این داده‌ها یعنی سال ۱۹۰۱، ۴۹۵۷ ایستگاه و در سال ۱۹۸۱ به ۱۴۵۷۲ ایستگاه افزایش یافته است، شامل اطلاعات گوناگونی مانند بارش، تعداد روزهای مرطوب، میانگین حداقل دما، میانگین حداکثر دما، پوشش ابر، پتانسیل تبخیر تعرق و فشار بخار هوا می‌شود که با تفکیک مکانی ۰/۵× ۰/۵ درجه و تفکیک زمانی ماهانه برای کل جهان در دسترس است [۲۱]. بنابراین، از داده‌های ماهانهٔ این پایگاه و سایر پایگاه‌ها به صورت ماهانه برای استفاده در مدل AquaCrop استفاده شده و با نتایج مدل در صورت استفاده از داده‌های ماهانهٔ ایستگاه سینوپتیک مقایسه شد.

پایگاه اطلاعاتی AgMERRA[2]

پایگاه هواشناسی AgMERRA که برای نخستین‌بار در دانشگاه کلمبیا در سال ۲۰۱۴ تشکیل شده شامل مجموعه داده‌هایی است که با هدف ایجاد شبکهٔ جهانی و همگن برای استفاده در پژوهش‌های کشاورزی، امنیت غذایی و مدل رشد گیاهی جمع‌آوری شده است که متشکل از مجموعه داده‌های آب‌وهوایی روزانه (دمای حداکثر و حداقل، بارندگی، تشعشع، سرعت باد و فشار بخار) است [۲۱]. AgMERRA حاصل بازیابی داده‌های ماهواره‌های MERRA، PERSIANN، CMORPH و نیز داده‌های مشاهداتی ایستگاه سینوپتیک ۲۳۲۴ ناحیهٔ مهم کشاورزی دنیاست [۲۲]. اطلاعات بارش این پایگاه برای کل جهان با تفکیک ۰/۲۵× ۰/۲۵ درجه محاسبه شده و در دسترس قرار گرفته است [۲۱].

پایگاه اطلاعاتی AgCFSR[3]

AgCFSR مجموعه داده‌ای است که توسط دانشگاه کلمبیا و نیز انستیتوی مطالعات فضایی گودآرد وابسته به سازمان ملی هوا و فضای آمریکا[4] و با هدف تأمین نیاز پروژه AgMIP[5] به داده‌های هواشناسی و برای ایجاد یک شبکهٔ همگون برای استفاده در مطالعات کشاورزی، مدل‌های رشد گیاهی و امنیت غذایی ایجاد شده است [۲۲]. اطلاعات بارش این پایگاه برای کل جهان با تفکیک ۰/۲۵× ۰/۲۵ درجه محاسبه شده و در دسترس قرار گرفته است [۲۱].

پایگاه اطلاعاتی GPCC-CRU[6]

پایگاه اطلاعاتی GPCC در سال ۱۹۸۹ به درخواست سازمان جهانی هواشناسی[7] (WMO) تأسیس شد. این پایگاه اطلاعات بارش را به‌تفکیک ۲/۵ × ۲/۵، ۱×۱، ۰/۵× ۰/۵ درجه به‌صورت ماهانه ارائه می‌دهد. این داده‌ها در یک بازهٔ ۱۳ ساله بین سال‌های ۱۹۰۲ تا ۲۰۱۳ به‌صورت جهانی در اختیار قرار گرفت که ارزیابی این داده‌ها از درون‌یابی اطلاعات بارندگی ۶۷۲۰۰ ایستگاه زمینی ایجاد شده است. ازجمله ویژگی‌های داده‌های پایگاه GPCC می‌توان به بهنگام بودن و تفکیک مکانی و زمانی مناسب اشاره کرد. در این پایگاه نسخه‌های مختلف اطلاعات بارش ارائه شده که در حال حاضر، نسخهٔ ۷ جدیدترین نسخهٔ بارش است [۲۱]. داده‌های بارندگی پایگاه بارش GPCC در ترکیب با داده‌های سایر متغیرهای هواشناسی مستخرج از بانک CRU تحت عنوان پایگاه ترکیبی GPCC-CRU ارزیابی شدند.

معیار مقایسهٔ داده‌ها

داده‌های پایگاه‌های هواشناسی و داده‌های ایستگاه سینوپتیک قزوین (شکل ۱) طی سال‌های ۱۹۸۰ــ ۲۰۱۰ به عنوان ورودی مدل AquaCrop استفاده شدند. عملکرد و نیاز آبی برآوردشده توسط مدل در حالت استفاده از داده‌های پایگاه‌های هواشناسی و در حالت استفاده از داده‌های ایستگاه سینوپتیک قزوین به‌صورت سالانه مقایسه شدند. در این مقایسه ابتدا داده‌های هواشناسی نزدیک‌ترین نقطه از شبکهٔ داده‌های پایگاه‌های هواشناسی به ایستگاه سینوپتیک قزوین (K1) و سپس میانگین چهار (K4) و هشت نقطه (K8) از شبکهٔ داده‌های پایگاه‌های هواشناسی که نزدیک‌ترین فاصله‌ها را به ایستگاه سینوپتیک دارند انتخاب و ارزیابی شد. به بیان دیگر، اطلاعات یک، چهار و هشت نقطه از نزدیک‌ترین نقاط روی

1. Climatic Research Unit
2. Agricultural Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications
3. Agricultural Climate Forecast System Reanalysis
4. NASA Goddard Institute for Space Studies
5. Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project
6. Global Precipitation Climatology Centre
7. World Meteorological Organization

شبکهٔ داده‌های پایگاه‌های هواشناسی به ایستگاه سینوپتیک قزوین انتخاب شده و با اطلاعات خود ایستگاه سینوپتیک مقایسه و ارزیابی شدند. نیاز آبی گیاه از اختلاف بین تبخیر و تعرق و باران مؤثر محاسبه می‌شود. مدل AquaCrop تبخیر و تعرق و نیاز آبی را برآورد می‌کند. با توجه به در نظر گرفتن باران در برآورد نیاز آبی، در تحقیق حاضر نیاز آبی مقایسه شد تا تأثیر تمام متغیرهای اقلیمی استخراج‌شده از پایگاه‌های اطلاعاتی دیده شود. همچنین، برآورد عملکرد محصول نیز در حالت تأمین کامل نیاز آبی برآورد شده است.

شاخص‌های ارزیابی داده

معیارهای گوناگونی برای ارزیابی کارایی مدل وجود دارد. در پژوهش حاضر کارایی مدل برای ایستگاه یادشده با استفاده از محاسبهٔ ضریب همبستگی بین داده‌ها بیان شده است. ضریب همبستگی نشان‌دهندهٔ درجهٔ همبستگی بین مقادیر برآوردشده با مقادیر محاسبه‌شده است. البته، محدودیت‌هایی در زمینهٔ بیان عملکرد مدل وجود دارد که ازجملهٔ آنها می‌توان به حساسیت زیاد به داده‌های پرت و حساس نبودن به داده‌های افزایشی و تناسبی اشاره کرد. به همین دلیل، شاخص‌های دیگری نیز برای مقایسهٔ داده‌ها بررسی شده است. در پژوهش حاضر علاوه بر R^2 از سه شاخص دیگر که شامل جذر میانگین مربعات خطا (RMSE[1])، جذر میانگین مربعات خطای استانداردشده (NRMSE[2]) و شاخص ME که نشان‌دهندهٔ وقوع بیشترین خطا در مدل است و علامت آن بیش‌برآورد یا کم‌برآورد مدل را نشان می‌دهد، استفاده شده است. RMSE میانگین مقادیر انحراف شبیه‌سازی‌شده را از مقادیر اندازه‌گیری‌شده نشان می‌دهد. این شاخص خطای اندازهٔ شبیه‌سازی را به‌وسیلهٔ وزن‌دهی به خطای بیش‌ازحد بزرگ مطالعه می‌کند. دقت شبیه‌سازی در صورتی که مقدار RMSE کمتر از ۱۰ درصد باشد، به‌خوبی برآورد شده است.

$$\mathbf{RMSE} = \frac{\sqrt{\sum(Qi-Pi)^2}}{N} \qquad (۲)$$

در صورتی که شاخص RMSE بدون واحد باشد، تحت عنوان «جذر میانگین مربعات خطای استانداردشده» تلقی می‌شود. در پژوهش حاضر به دلیل ماهیت داده‌ها از معادلهٔ ۳ برای محاسبهٔ NRMSE استفاده شد. چنانچه مقدار این شاخص کمتر از ۱۰ باشد، شبیه‌سازی عالی است؛ بین ۱۰ تا ۲۰، خوب؛ بین ۲۰ تا ۳۰، متوسط و بیشتر از ۳۰، ضعیف خواهد بود.

$$\mathbf{NRMSE} = \frac{\mathbf{RMSE}}{\mathbf{St}} \qquad (۳)$$

شاخص ME[3] که بیانگر بیشترین خطا در مدل است و علامت آن بیش‌برآورد یا کم‌برآورد مدل را نشان می‌دهد، با استفاده از فرمول ۴ محاسبه می‌شود.

$$\mathbf{ME} = \mathbf{MAX}|\mathbf{Qi} - \mathbf{Pi}| \qquad (۴)$$

مقدار زیاد ME نشان‌دهندهٔ بدترین حالت کارکرد است. در روابط یادشده Qi مقادیر واقعی با ایستگاه سینوپتیک و Pi مقدار پیش‌بینی‌شده با پایگاه‌های اطلاعاتی است.

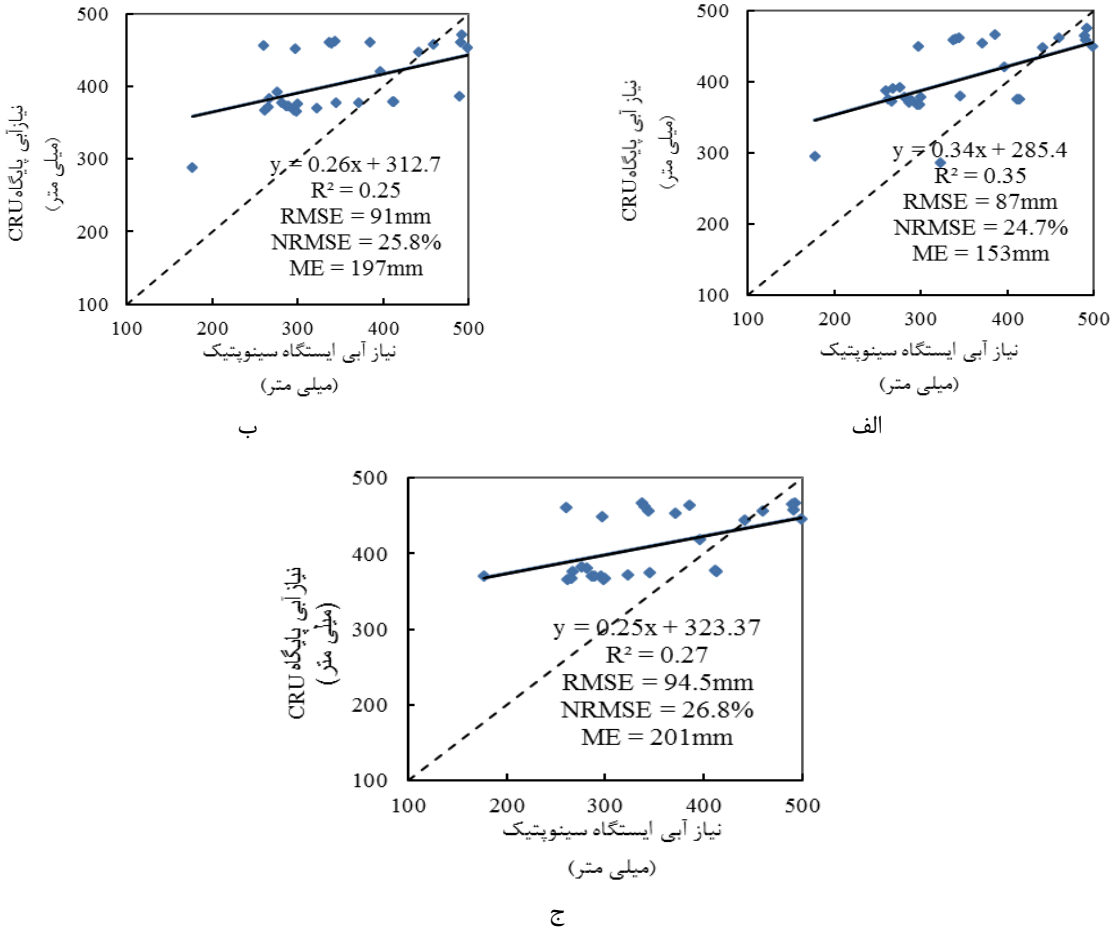
نتایج و بحث

نتایج برآورد نیاز آبی

نتایج استفاده از داده‌های پایگاه اطلاعاتی CRU

برآورد نیاز آبی با استفاده از داده‌های پایگاه CRU (شکل ۲) میزان ضریب R^2 در گروه K1 عدد ۰/۳۵ را نشان می‌دهد که بیانگر همبستگی کم بین داده‌های برآوردشده و داده‌های ایستگاه سینوپتیک است. از مقایسهٔ دیگر شاخص‌ها می‌توان دریافت شاخص RMSE نیز برای حالت K1 مطلوب‌تر از دو حالت دیگر است. نکتهٔ درخور توجه اینکه درصد خطا برای داده‌های گروه K1 و K4 با توجه به قرار گرفتن در بازهٔ بین ۲۰ تا ۳۰ درصد در ردهٔ ضعیف قرار می‌گیرد. در صورتی که K8 در ردهٔ عالی قرار گیرد، شاخص ME در گروه K1 کمترین خطا را نشان می‌دهد. با این شرایط می‌توان نتیجه گرفت که تقریباً هیچ‌یک از گروه‌های یادشده در پایگاه CRU دقت کافی ندارند. با توجه به نتایج ارائه‌نشده در مقالهٔ حاضر به دلیل محدودیت، دقت کم در برآورد نیاز آبی با استفاده از داده‌های پایگاه اطلاعاتی CRU بیشتر مربوط به دقت کم داده‌های بارندگی این پایگاه است. در مقایسهٔ صورت‌گرفته همبستگی بین داده‌ها دما و بارندگی بین داده‌های پایگاه اطلاعاتی CRU و ایستگاه سینوپتیک به‌ترتیب برابر ۰/۹۹ و ۰/۶۱ بود. دقت کم داده‌های بارندگی پایگاه CRU در پژوهش‌های دیگر نیز گزارش شده است [۹ و ۲۳].

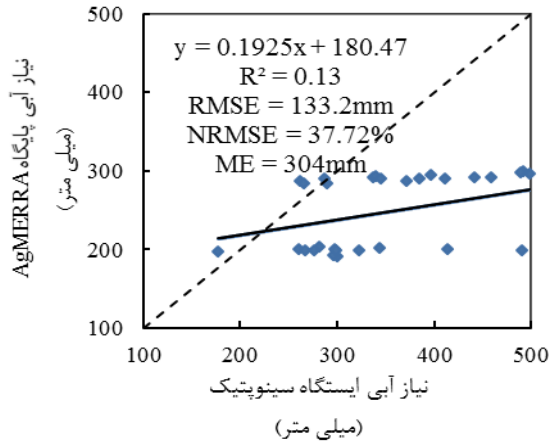
1. Root mean Square Error
2. Normalized Root Mean Square Error
3. Maximum Error



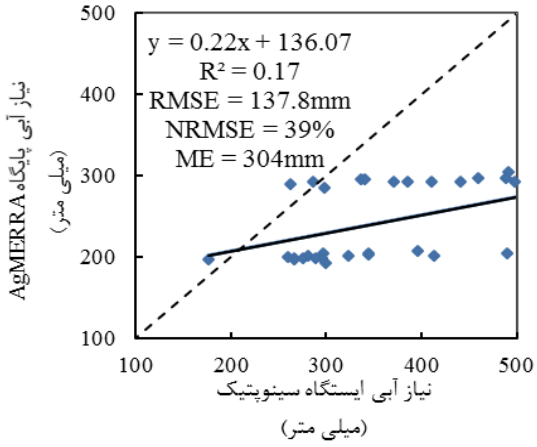
شکل ۲. مقایسهٔ نیاز آبی برآوردشده با داده‌های ایستگاه سینوپتیک قزوین و پایگاه اطلاعاتی CRU در سه حالت: الف) نزدیک‌ترین پایگاه به ایستگاه سینوپتیک (K1)، ب) میانگین داده‌های چهار پایگاه نزدیک به ایستگاه سینوپتیک (K4)، ج) میانگین داده‌های هشت ایستگاه نزدیک به ایستگاه سینوپتیک (K8)

نتایج استفاده از داده‌های پایگاه هواشناسی AgMERRA

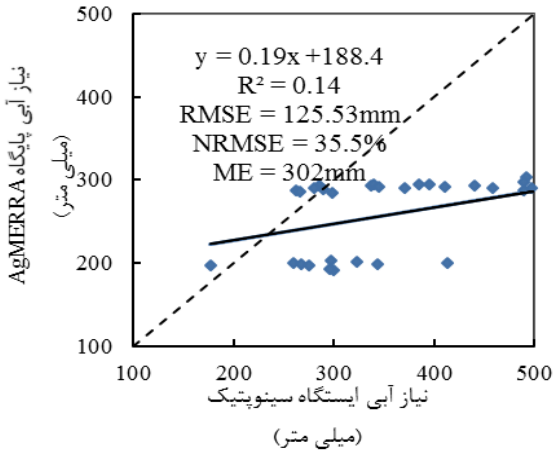
ضریب تبیین برای نیاز آبی برآوردشده در شکل ۳ نشان می‌دهد داده‌های برآوردشده و داده‌های ایستگاه سینوپتیک همبستگی کمی دارند. در بررسی دیگر شاخص‌ها می‌توان دریافت که درصد خطا برای داده‌های گروه K8 در پایین‌ترین حالت یعنی در ردهٔ عالی قرار گرفته است و میزان RMSE محاسبه‌شده نیز نسبت به دو گروه دیگر پایین‌ترین عدد را نشان می‌دهد. درواقع، می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که هرچند داده‌ها در این گروه همبستگی کمی دارند، ولی گروه K8 نسبت به دو گروه دیگر دقت بیشتری دارد. در پژوهشی که در سال ۱۳۹۷ با هدف استفاده از داده‌های پایگاه AgMERRA برای برآورد نیاز آبی و عملکرد گندم دیم در خراسان رضوی صورت گرفته نیز نتایج مشابهی به دست آمده است. طبق پژوهش یادشده، داده‌های شبکه‌بندی‌شدهٔ این پایگاه مثل تشعشع خورشیدی، دمای حداکثر و حداقل همبستگی و توافق خوبی با داده‌های مشاهداتی داشتند، ولی شبیه‌سازی صورت‌گرفته برای به دست آوردن نیاز آبی در یک سال خاص نتایج قابل اعتمادی را گزارش نمی‌دهد [۱۷]. در بررسی صورت‌گرفته (نتایج در مقالهٔ حاضر آورده نشده است) دقت کم داده‌های این پایگاه در برآورد نیاز آبی بیشتر به دقت کم داده‌های بارندگی این پایگاه نسبت به ایستگاه سینوپتیک قزوین است. به‌طور کلی، صحت شبیه‌سازی این پایگاه اطلاعاتی به آب‌وهوای منطقه بستگی دارد. به این صورت که بارش‌های ایستگاه‌های گرم و خشک بیشتر از میزان داده‌های مشاهده‌ای و ایستگاه‌های واقع در آب‌وهوای نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب، کمتر از مقادیر دیده‌بانی‌شده شبیه‌سازی کرده است [۲۲ و ۲۴].



ب



الف

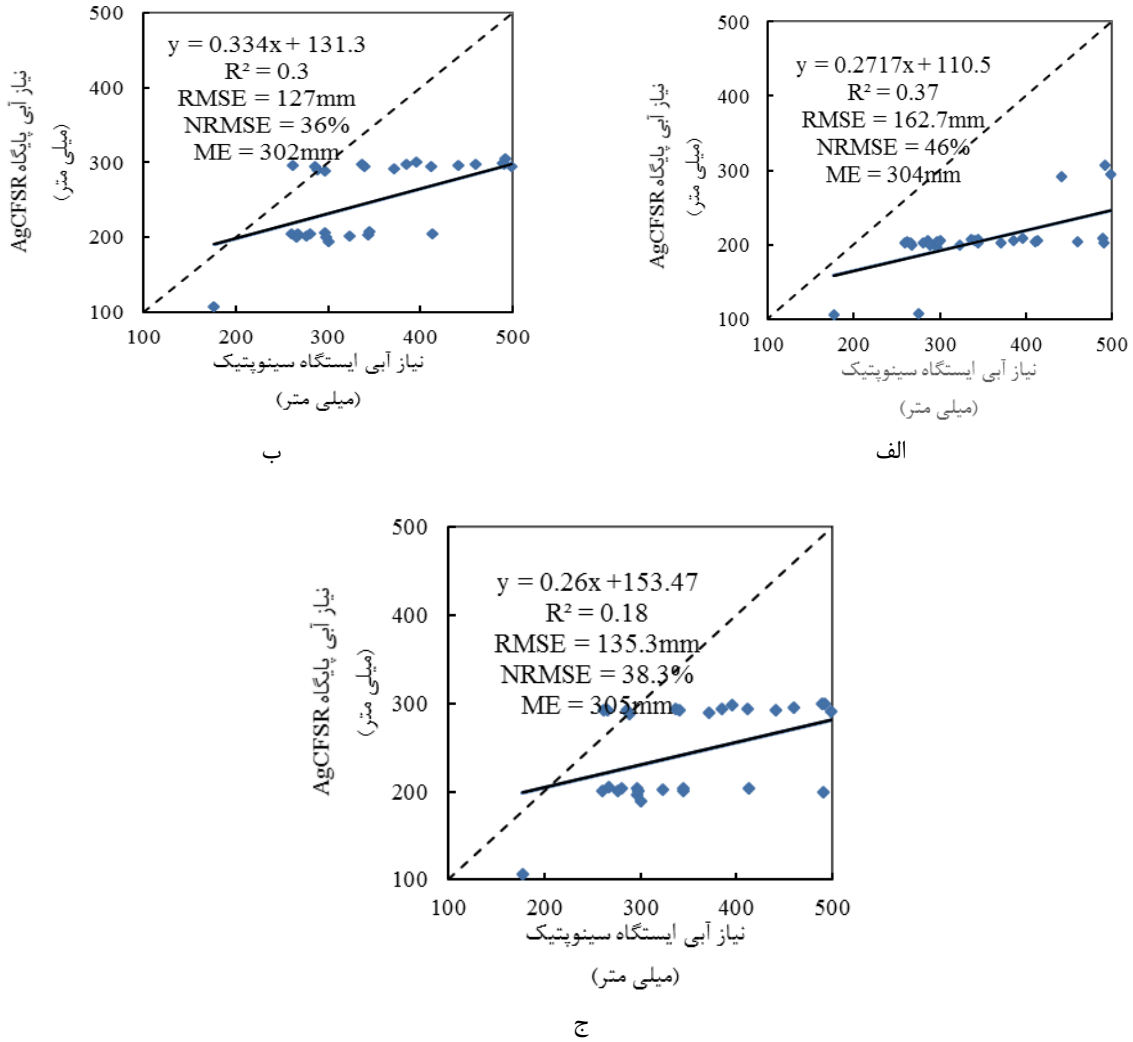


ج

شکل ۳. مقایسهٔ نیاز آبی برآوردشده با داده‌های ایستگاه سینوپتیک قزوین و پایگاه اطلاعاتی AgMERRA در سه حالت: الف) نزدیک‌ترین پایگاه به ایستگاه سینوپتیک (K1)، ب) میانگین داده‌های چهار پایگاه نزدیک به ایستگاه سینوپتیک (K4)، ج) میانگین داده‌های هشت ایستگاه نزدیک به ایستگاه سینوپتیک (K8)

نتایج استفاده از داده‌های پایگاه هواشناسی AgCFSR

شکل ۴ نتایج نیاز آبی برآوردشده با استفاده از داده‌های پایگاه هواشناسی AgCFSR را نشان می‌دهد. داده‌های برآوردشده در این پایگاه نیز همبستگی کمی دارند، میزان شاخص RMSE و ME برای حالت K4 مطلوب‌تر از دو حالت دیگر است، در صورتی که درصد خطا (NRMSE) فقط در حالت K8 در ردهٔ عالی قرار دارد. درواقع، می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت که در برآورد نیاز آبی استفاده از داده‌های نقاط اطراف ایستگاه سینوپتیک نسبت به استفاده از نزدیک‌ترین نقطه، دقت بیشتری را نشان می‌دهد، هرچند نمی‌توان دقت در حالت استفاده از داده‌های گروه K4 و K8 را نیز مناسب تصور کرد. مانند دو پایگاه اطلاعاتی که پیش‌تر به آن‌ها اشاره شده است، در این پایگاه نیز دقت کم داده‌های بارندگی علت عملکرد نامناسب داده‌های این پایگاه در برآورد نیاز آبی گندم است. دقت کم داده‌های بارندگی پایگاه CFSR در تحقیقات دیگر نیز گزارش شده است [۲۵].

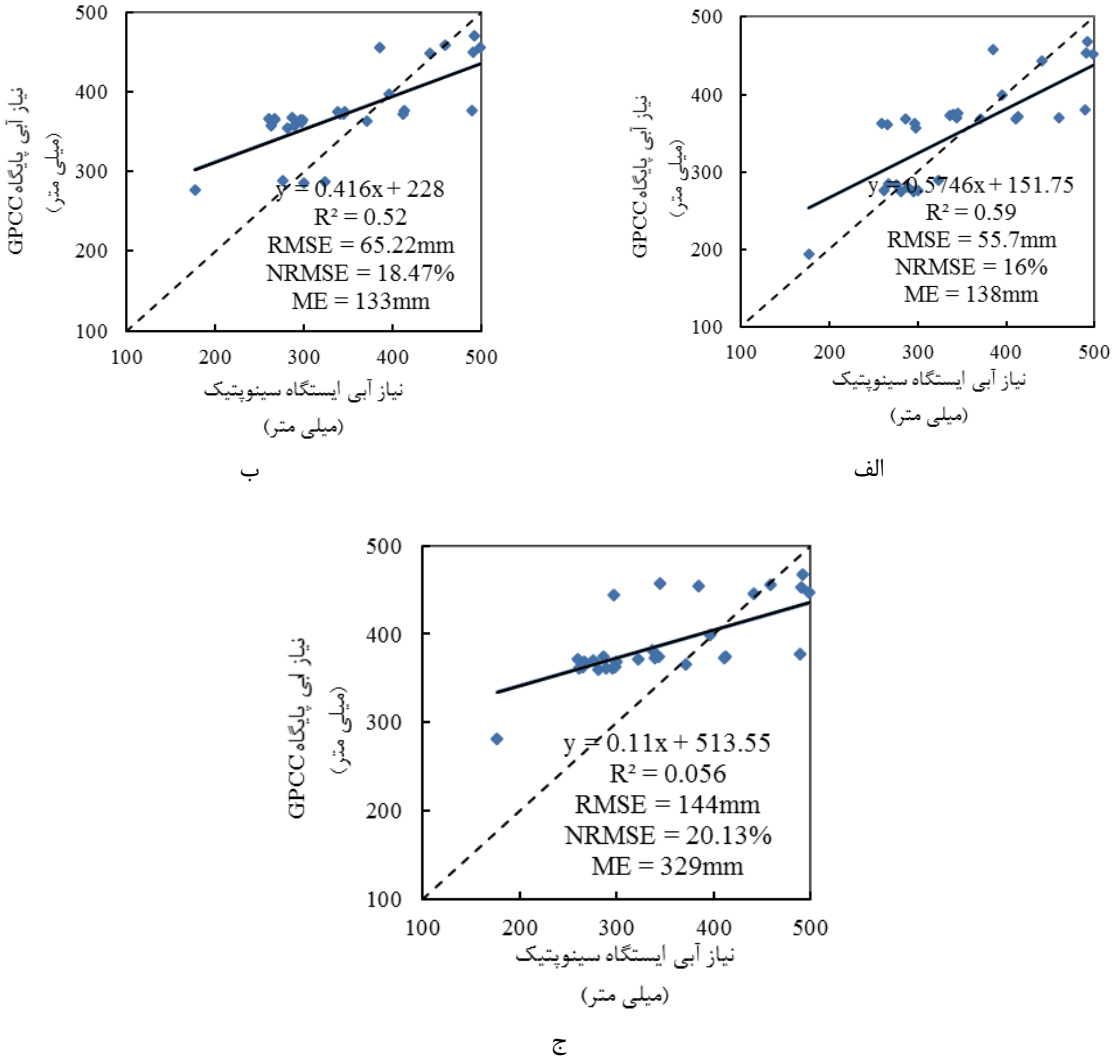


شکل ۴. مقایسهٔ نیاز آبی برآوردشده با داده‌های ایستگاه سینوپتیک قزوین و پایگاه اطلاعاتی AgCFSR در سه حالت: الف) نزدیک‌ترین پایگاه به ایستگاه سینوپتیک (K1)، ب) میانگین داده‌های چهار پایگاه نزدیک به ایستگاه سینوپتیک (K4)، ج) میانگین داده‌های هشت ایستگاه نزدیک به ایستگاه سینوپتیک (K8)

نتایج استفاده از داده‌های پایگاه هواشناسی GPCC-CRU

همبستگی بین داده‌ها در پایگاه GPCC بهتر از سه پایگاه قبل بوده و بیشترین میزان همبستگی برای گروه K1 و برابر با ۰/۵۹ است (شکل ۵). با بررسی دیگر شاخص‌ها می‌توان نتیجه گرفت که میزان RMSE در حالت K1 عدد کمتری را نشان می‌دهد. برای شاخص NRMSE هرچه فاصلهٔ برداشت داده از ایستگاه سینوپتیک بیشتر می‌شود و نقاط برداشت داده افزایش می‌یابد، میزان درصد خطا عدد بیشتری را نشان می‌دهد. درنهایت می‌توان گروه K1 را به‌عنوان بهترین گروه برای برآورد نیاز آبی پایگاه GPCC-CRU اعلام کرد.

نتایج بررسی شاخص‌های آماری محاسبه‌شده در برآورد نیاز آبی گیاه گندم نشان می‌دهد هرچند پایگاه‌ها در فواصل مختلف نسبت به ایستگاه سینوپتیک همبستگی مطلوبی با داده‌های ایستگاه سینوپتیک ندارند، ولی پایگاه GPCC-CRU در حالت K1 و K4 نسبت به دیگر پایگاه‌ها همبستگی بیشتری دارد. در این پایگاه دیگر شاخص‌های آماری نیز در بهترین حالت نسبت به K8 حالت دیگر قرار دارند. علت دقت زیاد پایگاه اطلاعاتی GPCC-CRU در برآورد نیاز آبی، همبستگی زیاد داده‌های ورودی بارندگی در این پایگاه اطلاعاتی است. دقت زیاد داده‌های بارندگی پایگاه اطلاعاتی GPCC-CRU نسبت به ایستگاه سینوپتیک در ایران در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است [۲۲].

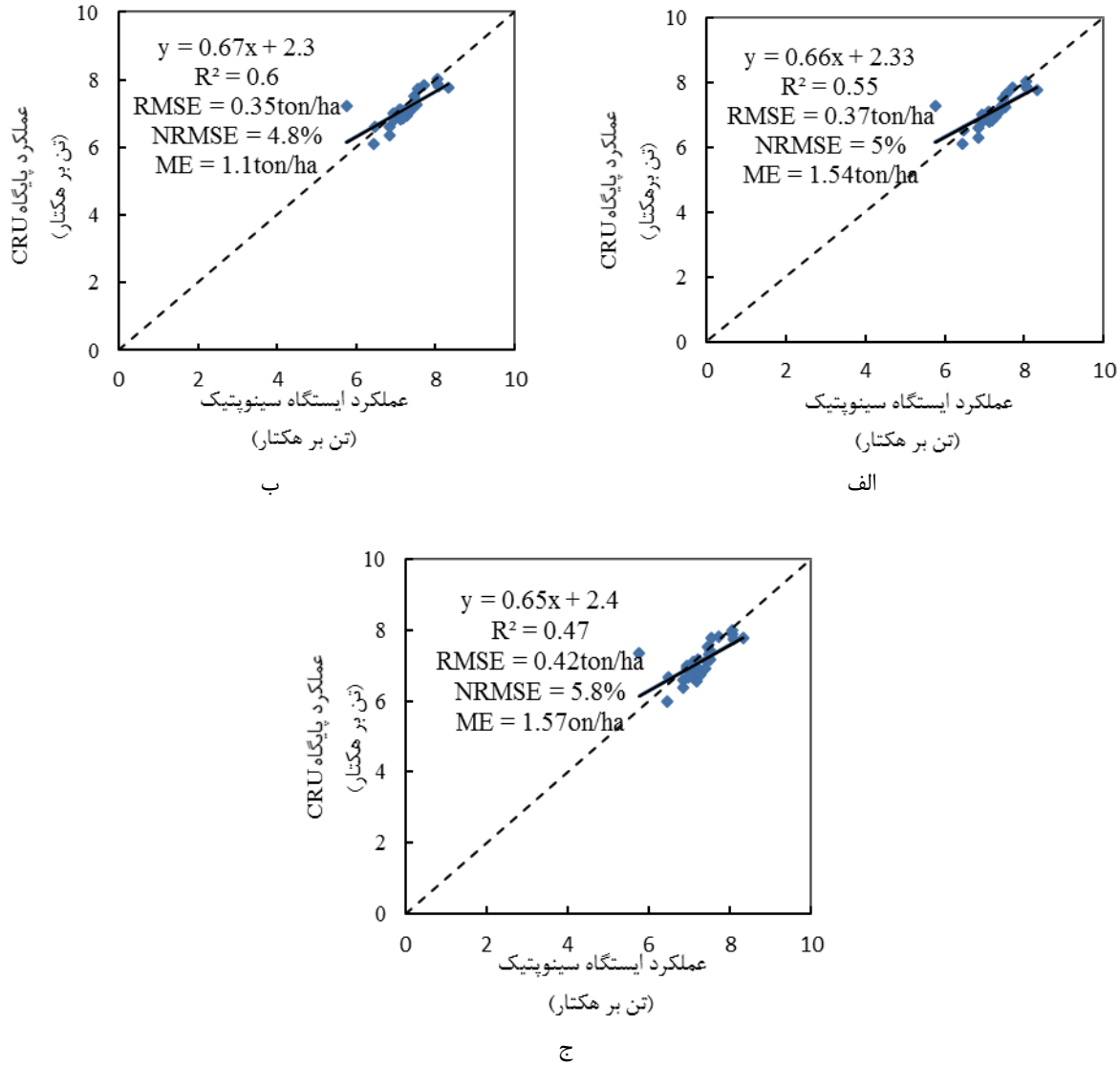


شکل ۵. مقایسهٔ نیاز آبی برآوردشده با داده‌های ایستگاه سینوپتیک قزوین و پایگاه اطلاعاتی GPCC-CRU در سه حالت: الف) نزدیک‌ترین پایگاه به ایستگاه سینوپتیک (K1)، ب) میانگین داده‌های چهار پایگاه نزدیک به ایستگاه سینوپتیک (K4)، ج) میانگین داده‌های هشت ایستگاه نزدیک به ایستگاه سینوپتیک (K8)

نتایج برآورد عملکرد

نتایج استفاده از داده‌های پایگاه هواشناسی CRU

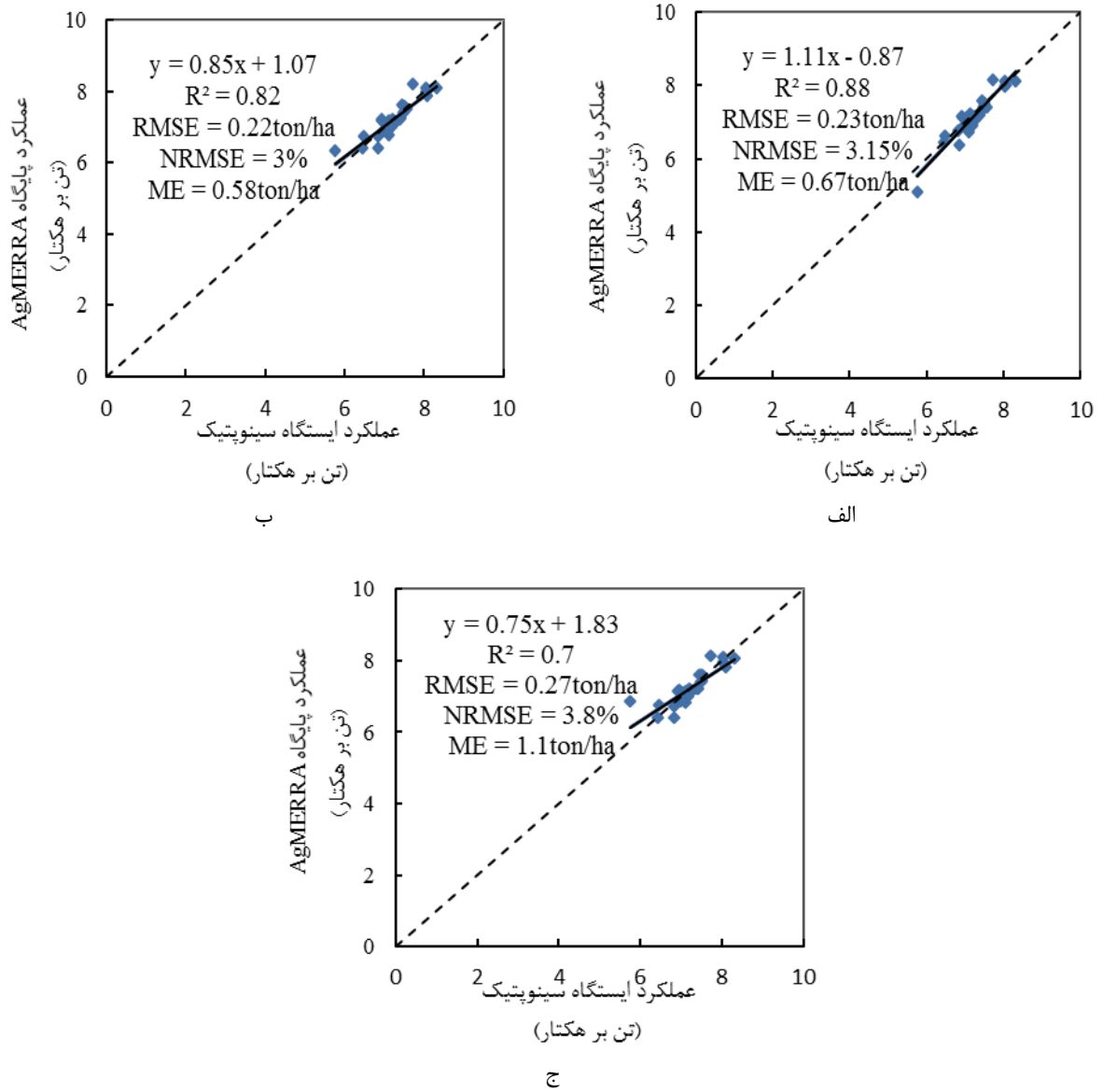
شکل ۶ نشان می‌دهد میزان همبستگی در برآورد عملکرد مناسب است و بیشترین میزان همبستگی نیز مربوط به داده‌های گروه K4 است. میزان شاخص RMSE برای گروه‌های K1 و K4 به یک اندازه بوده و شاخص ME نیز با اختلاف کمی برای گروه K4 مطلوب‌تر است. از نتایج به‌دست‌آمده می‌توان دریافت کارایی مدل AquaCrop برای برآورد عملکرد زیاد است. نتایج مشابه در پژوهشی که در سال ۱۳۹۷ با هدف اعتبارسنجی مدل AquaCrop در شبیه‌سازی گندم صورت گرفته، مشاهده می‌شود. نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش یادشده بیان می‌کند با توجه به اینکه مدل AquaCrop جنبه‌های مختلف آب و خاک و گیاه را به‌صورت هم‌زمان در نظر گرفته، تمرکز آن بر مدیریت آب و آبیاری است [۲۶ و ۲۷]. علت دقت بیشتر در برآورد عملکرد گندم با استفاده از پایگاه اطلاعاتی ممکن است به این دلیل باشد که مدل AquaCrop بر اساس درجهٔ دما-روز-رشد اجرا می‌شود [۱۹ و ۲۰] و داده‌های دما در برآورد عملکرد بیشترین تأثیر را دارند. با توجه به دقت زیاد داده‌های دمای پایگاه اطلاعاتی، خروجی عملکرد مدل دقت مناسبی دارد.



شکل ۶. مقایسهٔ عملکرد برآوردشده با داده‌های ایستگاه سینوپتیک قزوین و پایگاه اطلاعاتی CRU در سه حالت: الف) نزدیک‌ترین پایگاه به ایستگاه سینوپتیک (K1)، ب) میانگین داده‌های چهار پایگاه نزدیک به ایستگاه سینوپتیک (K4)، ج) میانگین داده‌های هشت ایستگاه نزدیک به ایستگاه سینوپتیک (K8)

نتایج استفاده از داده‌های پایگاه هواشناسی AgMERRA

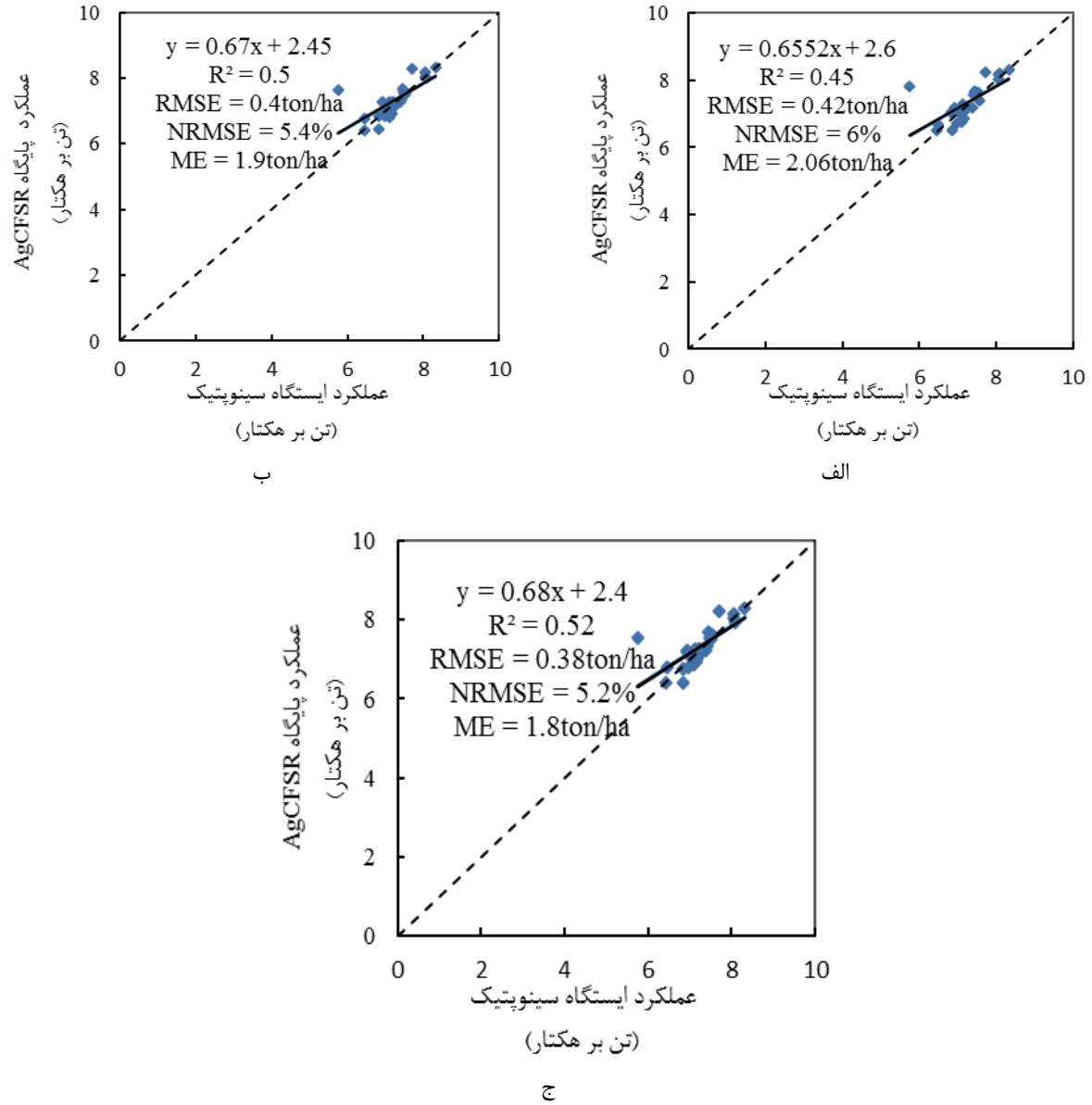
ضریب تبیین به‌دست‌آمده برای پایگاه AgMERRA نشان می‌دهد (شکل ۷) داده‌های برآوردشده همبستگی زیادی با داده‌های ایستگاه سینوپتیک دارند. با بررسی دیگر شاخص‌های به‌دست‌آمده در فواصل مختلف نسبت به ایستگاه سینوپتیک می‌توان این‌گونه استنباط کرد که داده‌ها در هر سه گروه به میزان یکسانی مطلوب هستند که نشان‌دهندهٔ دقت زیاد مدل AquaCrop در مدل‌سازی عملکرد گندم است. شبیه‌سازی عملکرد گندم با استفاده از مدل AquaCrop در استان خراسان شمالی نیز ارزیابی شده است که در پژوهش یادشده نتایج مشابهی به دست آمده است و میزان ضریب همبستگی عدد ۰/۸۶ را نشان می‌دهد [۲۶].



شکل ۷. مقایسهٔ عملکرد برآوردشده با داده‌های ایستگاه سینوپتیک قزوین و پایگاه اطلاعاتی AgMERRA در سه حالت: الف) نزدیک‌ترین پایگاه به ایستگاه سینوپتیک (K1)، ب) میانگین داده‌های چهار پایگاه نزدیک به ایستگاه سینوپتیک (K4)، ج) میانگین داده‌های هشت ایستگاه نزدیک به ایستگاه سینوپتیک (K8)

نتایج استفاده از داده‌های پایگاه هواشناسی AgCFSR

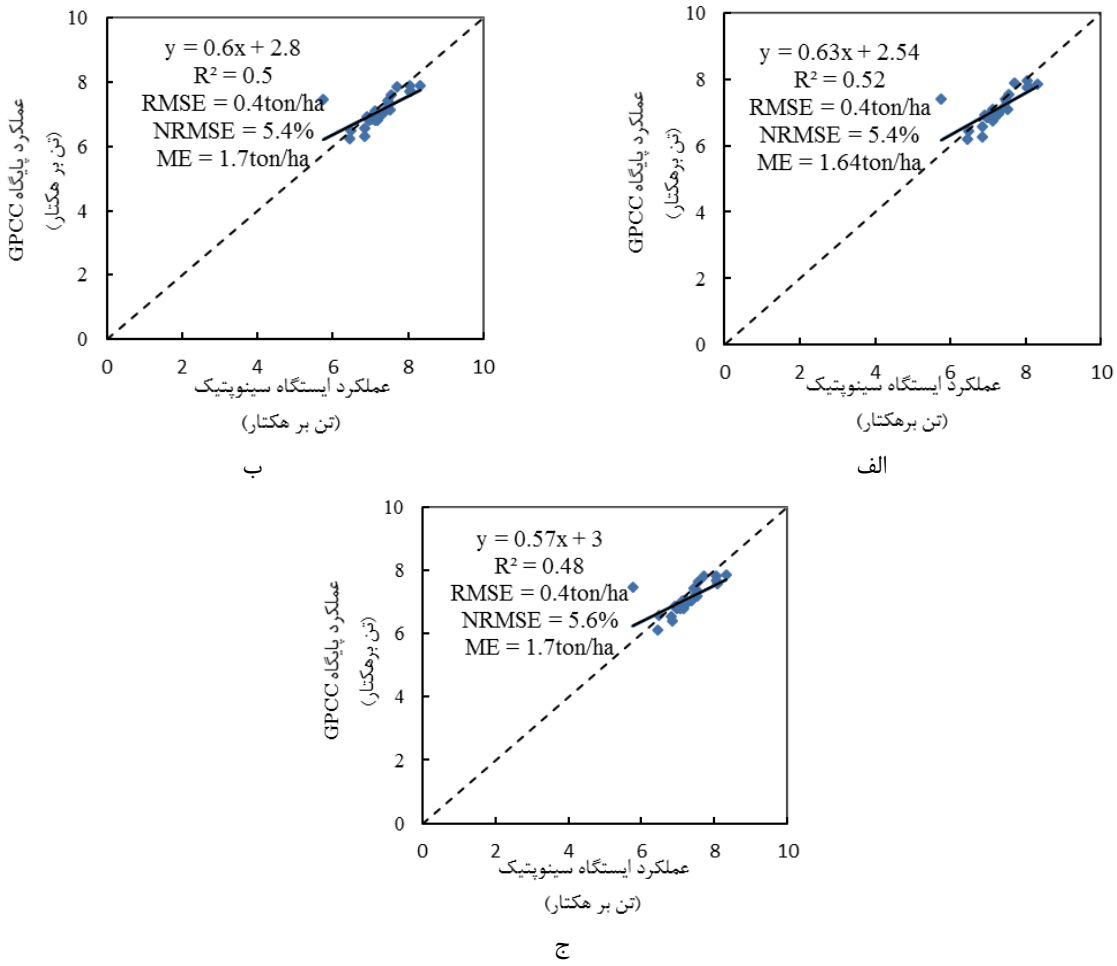
در شکل ۸ ضریب تبیین برای داده‌های پایگاه AgCFSR میزان مناسبی ارائه شده است. در بررسی دیگر شاخص‌ها گروه‌های مختلف تقریباً به یک‌میزان مطلوب است. بنابراین، مانند پایگاه AgMERRA می‌توان مطلوبیت سه حالت K1، K4 و K8 را به یک‌میزان تصور کرد و کارایی مدل را نیز برای هر سه حالت خوب برآورد کرد. علاوه بر حالت‌های یادشده، کارایی مدل AquaCrop در عملکرد گندم در حالت کم‌آبیاری نیز ارزیابی شده است که نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد این مدل قادر است عملکرد دانه، تبخیر و تعرق گیاهی و کارایی مصرف آب را در بیشتر موارد به‌خوبی شبیه‌سازی کند [۲۷ و ۲۸].



شکل ۸. مقایسهٔ عملکرد برآوردشده با داده‌های ایستگاه سینوپتیک قزوین و پایگاه اطلاعاتی AgCFSR در سه حالت: الف) نزدیک‌ترین پایگاه به ایستگاه سینوپتیک (K1)، ب) میانگین داده‌های چهار پایگاه نزدیک به ایستگاه سینوپتیک (K4)، ج) میانگین داده‌های هشت ایستگاه نزدیک به ایستگاه سینوپتیک (K8)

نتایج استفاده از داده‌های پایگاه هواشناسی GPCC-CRU

در شکل ۹ میزان شاخص R^2 برای پایگاه GPCC-CRU مانند پایگاه قبل است، داده‌ها همبستگی مناسبی دارند و دیگر شاخص‌های محاسبه‌شده نیز برای هر سه گروه اعداد بسیار نزدیک به هم را نشان می‌دهند. به طور مثال، شاخص NRMSE برای هر سه گروه در ردهٔ عالی قرار می‌گیرد و هر سه حالت به یک‌میزان مطلوب هستند. میزان همبستگی داده‌های پیش‌بینی‌شده برای عملکرد گندم نسبت به نیاز آبی بیشتر است و پایگاه AgMERRA با اختلاف جزئی در بررسی شاخص‌ها بهترین پایگاه اطلاعاتی است که K1 و K4 چهار شاخص مطلوب دارد.



شکل ۹. مقایسهٔ عملکرد برآوردشده با داده‌های ایستگاه سینوپتیک قزوین و پایگاه اطلاعاتی GPCC-CRU در سه حالت: الف) نزدیک‌ترین پایگاه به ایستگاه سینوپتیک (K1)، ب) میانگین داده‌های چهار پایگاه نزدیک به ایستگاه سینوپتیک (K4)، ج) میانگین داده‌های هشت ایستگاه نزدیک به ایستگاه سینوپتیک (K8)

نتیجه‌گیری

بیشتر مطالعات صورت‌گرفته در ارتباط با داده‌های پایگاه‌های اطلاعاتی مربوط به مقایسه و ارزیابی متغیرهای اقلیمی بوده و دقت این داده‌ها در استفاده از مدل‌های گیاهی و برآورد نیاز آبی و عملکرد مورد سنجش قرار نگرفته است. در این پژوهش کاربردپذیری داده‌های پایگاه‌های شبکه‌بندی‌شدهٔ اطلاعات هواشناسی مختلف در برآورد نیاز آبی و عملکرد گندم با استفاده از مدل AquaCrop مطالعه شد. بررسی نتایج نشان داد به طور کلی این داده‌ها در برآورد نیاز آبی دقت مناسبی ندارند که علت آن، بیشتر به دقت کم داده‌های بارندگی مرتبط است. شاخص‌های آماری محاسبه‌شده در برآورد نیاز آبی گیاه گندم نشان داد شبیه‌سازی‌ها با استفاده از داده‌ها پایگاه اطلاعاتی ترکیبی GPCC-CRU نسبت به دیگر پایگاه‌ها همبستگی بیشتری با شبیه‌سازی‌ها با استفاده از داده‌های ایستگاه سینوپتیک دارند. در خصوص دقت داده‌های پایگاه‌های اطلاعاتی در برآورد عملکرد نیز نشان می‌دهد برای گیاه گندم پایگاه AgCFSR بهترین عملکرد را دارد. البته پایگاه‌های دیگری نیز با همبستگی نزدیک به این پایگاه وجود دارند (مانند پایگاه AgMERRA)، ولی هدف پژوهش حاضر، معرفی بهترین گزینه با در نظر گرفتن چهار شاخص آماری یادشده است. بر این اساس، در مناطق بدون داده یا مناطقی که تراکم ایستگاه سینوپتیک کم است، می‌توان به عنوان جایگزین داده‌های اقلیمی زمینی از داده‌های بانک‌های اطلاعات هواشناسی شبکه‌بندی‌شده با سطح اطمینان مطلوب در شبیه‌سازی محصولات زراعی استفاده کرد.

منابع

[1]. Faraji Z, Kaviani A, Shakiba AR. Evaluation of evapotranspiration, precipitation and air temperature data from the GLDAS model using observational data in Qazvin province. Journal of Water and Soil Conservation Research. 2017 Jul 23; 24 (3): 283-97.

[2]. Hosseini Moghari, M., Araghi Nejad, SH., and Ebrahimi, K. A study of the accuracy of global networked rainfall information in the Urmia Lake basin. Iranian Water and Soil. 2017 3: 73-88

[3]. Worqlul AW, Collick AS, Tilahun SA, Langan S, Rientjes TH, Steenhuis TS. Comparing TRMM 3B42, CFSR and ground-based rainfall estimates as input for hydrological models, in data scarce regions: the Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. Hydrology and earth system sciences discussions. 2015 Feb 18;12(2):2081-112.

[4]. Greene JS, Morrissey ML.Validation and Uncertainty Analysis of Satellite Rainfall Algorithms. The Professional Geographer. 2000 May; 52(2):247-58.

[5]. Zizian, A; Ramezani Etedali, H. Evaluation of Era-Interim Analytical Open Data Accuracy in Daily and Monthly Rainfall Estimation.. Iranian Water Resources Research. 2019 Sep 50(4):777-791

[6]. Azizian, A. Ramezani Etedali, H. Monitoring the time and location of ECMWF review data and precipitation services using Parsian and TRMM remote sensing techniques. Economic Research on Iranian Water. 2019 1: 163-177.

[7]. Ramezani Etedali H, Ababaei B, Kaviani A. Investigation of long-term changes in air temperature in the country using CRU TS database data. Journal of Water Resources Conservation. 2018. 8(1)

[8]. Ababaei, B. and Ramezani Etedali, H. Investigating climate change over 1957–2016 in an arid environment with three drought indexes. Theoretical and Applied Climatology. 2019 137(3-4:2977-2992.

[9]. Ababaei, B. Spatio-temporal variations of seven weather variables in Iran: application of CRU TS and GPCC data sets. Irrigation and Drainage. 2020. 69(1):164-185.

[10]. Miri M., Azizi, GH. Khosh Akhlagh, F, Rahimi M. Statistical evaluation of precipitation and temperature network data with observational data in Iran. Iran-Watershed Management Science & Engineering. 2017.10(35): 39-50.

[11]. Shi H, Li T, Wei J. Evaluation of the gridded CRU TS precipitation dataset with the point raingauge records over the Three-River Headwaters Region. Journal of Hydrology. 2017 May. 548: 322-332.

[12]. Shokri Koochak S., Akhond Ali A., Mohammad Reza Sharifi M.R. Performance Assessment of The PERSIANN and PERSIANN-CDR Satellite Precipitation Algorithms and Survey of the Irregularities Effect on It (Case Study: Helleh River Basin). Ecohydrology. 2020. 7(2): 511-527.

[13]. Jafary Godeneh M., Salajegh A., Haghighi P. Forecast Comparative of Rainfall and Temperature in Kerman County Using LARS-WG6 Models. Ecohydrology. 2020. 7(2): 529-538.

[14]. Javadi F., Rezayan S., Jozi, S.A. Evaluating Satellite Indicators in Determining the Level of Aquatic Areas Using Satellite Sensors (Case study: Zaribar Wetland , Kurdistan Province). Ecohydrology. 2020. 7(2): 539-550.

[15]. Mirzaei S., Vafakhah M., Pradhan B., Jalil Alavi S.J. Prediction and Analysis of Flood Zones under Climate Change Conditions based on CanESM2 Model's Scenarios. Ecohydrology. 2020. 7(2): 551-562.

[16]. Ramezani Etedali H., Liaghat A., Parsinejad M., Tavakkoli A.R. AquaCrop Model Calibration and Evaluation in Irrigation Management for Main Grains. Iranian Journal of Irrigation and Drainage. 2016. 10(3-57): 389-397.

[17]. Ramezani F., Kaviani A., Ramezani Etedali H. Evaluation of AquaCrop Model for different Harvesting time of Alfalfa in Ardestan. Journal of Water and Soil. 2017. 31(3): 738-753.

[18]. Zabihi A., Darzi-Nafchali A., Khoshravesh M. Rice yield under surface and subsurface drainage managements and evaluation of AquaCrop model. Journal of Irrigation and Water Engineering. 2015 15(4): 150-163.

[19]. Steduto, P., T.C. Hsiao, D. Raes, and E. Fereres. 2009. AquaCrop—Th e FAO crop model to simulate yield response to water: I. Concepts and underlying principles. Agron. J. 101:426–437.

[20]. Raes, D., P. Steduto, T.C. Hsiao, and E. Fereres. 2009. AquaCrop-The FAO crop model for predicting yield response to water: II. Main algorithms and soft ware description. Agron. J. 101:438–447.

[21]. Hosseini Moghari, M., Araghi Nejad, SH., and Ebrahimi, K. A study of the accuracy of global networked rainfall information in the Urmia Lake basin. Iranian Water and Soil 2017. 3: 73-88.

[22]. Razavi, A.R., Nasiri Mahalati, M., Kochaki, A.R., and Beheshti, A.R. Feasibility of using AgMERRA to fill the vacuum of rain and temperature data at stations Afghanistan Synoptic. Journal of Water and Soil. 2018 3(32): 601-616.

[23]. Haji Hosseini H., Haji Hosseini M., Najafi A., Murid S., Delavar Moatan Fada J. Evaluation of global climate data SWAT and CRU model in rainfall simulation-runoff of Helmand upstream basin.2013.

[24]. Yaqobi F, Banayan Aval M, Asadi GH.A. Evaluation of AgMERRA networked data in simulation of yield and irrigation needs of rainfed wheat in Khorasan Razavi province. Journal of Water and Soil. 2018. May-Jan. 32(2): 415-431

[25]. Akhavan, S., and Delavar, N. Evaluation of CFSR and LARS WG data accuracy in simulation of climatic parameters of Chaharmahal and Bakhtiari province. Natural Geography Research. 2019. 2: 321-334

[26]. Khalili N, Davari K, Alizadeh A, Kafi M, Ansari H. Simulation of rainfed wheat yield using aquaculture plant model, a case study of the station Dima Sisab Agricultural Research, North Khorasan. Journal of Water and Soil. Nov-Dec. 2014. 28(5): 930-939

[27]. Alizadeh H, Nazari B, Parsinejad M, Ramezani Etedali H, Janbaz HR. Evaluation of AquaCrop model in wheat irrigation management in Karaj region. 2010. 4(2): 273-283.

[28]. Emdad, MR, Tafteh A, Ghalibi S. Accreditation of the aquaculture model in simulating wheat yields affected by the number of irrigation shifts. water and soil. 2018 Jun 17; 32 (3): 463-73.