

فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای، سال ۸، شماره پیاپی ۳۲، زمستان ۱۳۹۷

شاپای چاپی: ۶۷۳۵-۲۲۵۱ - شاپای الکترونیکی: ۷۰۵۱-۲۴۲۳

<http://jzpm.miau.ac.ir>

پیش‌بینی اثر تغییر آب‌وهوایی بر شاخص‌های اقلیم-کشاورزی و عملکرد برنج مطالعه موردی: مناطق شمال ایران

مهرداد رمضانی‌پور: استادیار گروه جغرافیا، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران

پذیرش: ۱۳۹۷/۱/۲۰

صص ۸۰-۶۹

دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۵

چکیده

برنج مهم‌ترین محصول غذایی و تأثیرگذار در اقتصاد جمعیت ساکن مناطق شمالی ایران محسوب شده؛ به همین دلیل نیازمند برنامه‌ریزی و مدیریت جدید در زمینه تأثیرات عوامل محیطی- اقلیمی بر روی آن می‌باشد. در این پژوهش میزان عملکرد محصول برنج برای بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۳۹ با استفاده از داده‌های روزانه بارندگی، دمای حداقل، دمای حداکثر و ساعات آفتابی ایستگاه‌های هواشناسی نوشهر، بابلسر و قراخیل مورد بررسی قرار گرفت. از مدل *Lars-WG* برای شبیه‌سازی پارامترهای هواشناسی و از معادلات رگرسیون چندمتغیره جهت پیش‌بینی میزان عملکرد برنج استفاده شد. نتایج پژوهش نشان داد نوسانات هر یک از پارامترهای دمای حداکثر سپتامبر، دمای حداقل ماه می، ساعات آفتابی آگوست و حداکثر دمای سپتامبر موجب نوسان در میزان عملکرد محصول برنج خواهد شد. در ایستگاه نوشهر حساسیت و انطباق بیشتری بین متغیر ساعات آفتابی آگوست و عملکرد محصول برنج مشاهده شد اما بارندگی آوریل یک انطباق نسبی با عملکرد برنج را نشان داد. در ایستگاه قراخیل دمای حداکثر سپتامبر و دمای حداقل در ماه می از حساسیت و انطباق قویتری نسبت به عملکرد محصول برنج برخوردار خواهد بود. اما در مجموع، عملکرد برنج در دو ایستگاه نوشهر و قراخیل واکنش مشابهی نسبت به پارامترهای اقلیمی خواهد داشت و بیشترین انطباق و حساسیت بین عملکرد محصول برنج و حداکثر دمای سپتامبر در ایستگاه بابلسر پیش‌بینی شد. تولید محصول برنج در مناطق نوشهر و قائمشهر از ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۹ کاهش خواهد یافت و در منطقه بابلسر از ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۹ افزایش یافته و سپس از ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۹ روند کاهشی خواهد داشت اما از ۲۰۳۰ تا ۲۰۳۹ برای هر سه ایستگاه در تولید محصول برنج روند افزایشی پیش‌بینی شد.

واژه‌های کلیدی: نوسانات اقلیمی، *Lars-WG*، رگرسیون چندمتغیره، پیش‌بینی عملکرد برنج، شمال ایران.

مقدمه:

عملکرد محصولات کشاورزی از جمله برنج با میزان نوسانات پارامترهای اقلیمی مستقیماً در ارتباط است. بررسی مسائل مختلف زراعت برنج در جهت شکوفایی و پایداری هر چه بیشتر اقتصاد یک منطقه لازم و ضروری است (Bazgir and Kamali, 2008: 113). در سال های اخیر شناخت متغیرهای محیطی و درجه تأثیر آنها در بخش کشاورزی به شکل های مختلف مورد توجه محققین بوده است. برای بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تولید گیاهان زراعی، می توان از مدل های گیاهی استفاده کرد (Hajjarpour et al, 2013: 235). امروزه استفاده از مدل های ریزمقیاس نمایی آماری مانند Lars-WG برای مدل سازی رفتار اقلیم در نقاط مختلف جهان معمول است. با توجه به اثرات وسیع تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی، از سال ها قبل تحقیقات گسترده ای در مناطق مختلف جهان در خصوص سازگاری کشاورزی با این پدیده آغاز شده و لازم است چنین پژوهش هایی در ایران نیز انجام شود تا بر اساس یافته های آنها، برنامه ریزی های کلان مدیریتی اعمال شود. با توجه به اینکه نتایج حاصل از مولدهای وضع هوا صرفاً در نواحی آزمون از اعتبار لازم برخوردار است، بنابراین کاربرد آنها در دیگر نواحی، مستلزم آزمون و اعتبارسنجی مجدد، متناسب با داده های ایستگاه های هواشناسی منطقه می باشد (Bazrafshan et al, 2009: 1). میزان تولید محصولات کشاورزی، همبستگی بالایی با نزولات جوی و مناسب بودن شرایط آب و هوایی دارد و شناخت عواملی که بر روی مراحل رشد و نمو گیاه تأثیر گذارند و گیاه نسبت به نوسانات این عوامل حساسیت نشان می دهد، امکان اتخاذ تصمیم مناسب جهت انجام زراعت را فراهم می سازد. از بین عناصر اقلیمی مقدار بارندگی، زمان شروع بارندگی و همچنین پراکندگی زمانی آن در طول سال برای کشاورزی از اهمیت ویژه ای برخوردار است، به طوری که وقوع نوسان در هر یک از این موارد باعث کاهش عملکرد محصولات کشاورزی بخصوص کشت دیم خواهد شد (Alizadeh, 2004: 115). در سال های اخیر دانشمندان و متخصصان علوم کشاورزی و اقلیم شناسی تحقیقات گسترده ای در زمینه اقلیم - کشاورزی انجام داده و با ارائه روش های مختلف سعی بر شناسایی و تبیین ارتباط عناصر و عوامل اقلیمی با کشت و مراحل رشد و نمو محصولات داشته اند (SabziParvar et al, 2012: 1554).

تعداد و شدت بیشتر بارندگی ها، افزایش دما، خشکسالی و انواع دیگر مخاطرات آب و هوایی مورد انتظار، بر عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی اثر می گذارد (Hatfield et al, 2011, 351). از طرفی دیگر، تغییر اقلیم باعث تغییراتی در الگوهای بارندگی و دما و مقدار آنها می شود و این تغییرات می تواند عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد (Hosseini et al, 2015: 560). چنانچه در خصوص اثرات تغییر اقلیم بر روی دما و تقویم زراعی مشخص شد که جابجایی فصلی و تقویم زراعی استان گیلان با افزایش دما ارتباط مستقیم دارد (Azizi, and Roshani, 2009: 143). نتایج تحقیقات نشان داد کشاورزان مرودشت در سازگاری با نوسانات اقلیمی این منطقه موفقیت چندانی نداشته اند (Mohsenpour and Zibae 2010: 49). اگرچه تغییر اقلیم در عرض های جغرافیایی بالاتر از ۵۵ درجه تأثیر مثبتی بر محصولات کشاورزی خواهد داشت (Ewert et al, 2005: 101). اما در عرض های پایین تر به ویژه ماطق گرم و خشک تأثیر منفی خواهد داشت به طوری که منجر به افزایش دما و کاهش بارندگی خواهد شد (Sivakumar and Brunini, 2005: 31). نیاز آبی محصولات زراعی با تغییر اقلیم در حوضه رودخانه جودالکویر اسپانیا در حدود ۲۰٪ افزایش خواهد یافت (Rodriguez Diaz et al 2007: 149). با تغییر اقلیم، تقویم زراعی برنج نیز باید تغییر یابد (Parry et al, 2004: 53). به طوری که با افزایش ۲ درجه دما در تانزانیا ۷/۶٪ کاهش عملکرد محصول برنج رخ خواهد داد (Rowhani et al, 2011: 449). با تغییر اقلیم در ایران عملکرد محصول غلات در آینده رشد منفی خواهد داشت (Rosenzweig and Parry, 1994: 133). تغییرات اقلیم ناشی از فعالیت های انسان نه تنها بر رواناب و دبی رودخانه ها تأثیرگذار است بلکه بر مقدار نیاز آبی گیاهان نیز مؤثر است. تغییر در تاریخ کاشت، طول دوره رشد، میزان تبخیر تعرق از سطح گیاهان و باران مؤثر از جمله آثار تغییر اقلیم می باشند که می تواند تقاضای آب در بخش کشاورزی را تحت تأثیر قرار دهد. با توجه به محدودیت منابع آبی و افزایش جمعیت و بعضاً افزایش سرانه مصرف آب در کشور هر گونه تلاش در زمینه زراعت برنج به عنوان بزرگترین مصرف کننده آب در بخش کشاورزی ضروری به نظر می رسد. سطح زیرکشت برنج ایران حدود ۶۱۵ هزار هکتار با متوسط تولید ۵۵۰۰ کیلوگرم شلتوک در هکتار می باشد، با توجه به مصرف سرانه سالانه برنج

برای هر نفر حدود ۳۸ کیلوگرم، کمبود برنج مورد نیاز مصرفی سالانه حدود ۵۰۰ هزار تن می‌باشد که از خارج کشور تأمین می‌گردد (Hamidi and Ramaei, 2012). بذر مرغوب پتانسیل افزایش تولید محصول را داشته و در صورت مدیریت مناسب مزرعه، افزایش عملکرد قابل توجهی را بدنبال خواهد داشت. ارزش بذره‌های رسمی ایران در سال با دارا بودن رتبه چهل و هفتم جهانی، حدود ۵۵ میلیون دلار از سوی فدراسیون بین‌المللی بذر اعلام شده است. یکی از مهم‌ترین اثرات پدیده تغییر اقلیم تغییر میزان نیاز به منابع آب در آینده است. پدیده تغییر اقلیم با ایجاد تغییر در پارامترهای هواشناسی میزان نیاز گیاهان به آب را تغییر می‌دهد. این تغییر به واسطه تغییر در میزان تبخیر و تعرق گیاهان که متأثر از متغیرهای هواشناسی است صورت می‌پذیرد. در این راستا برای مقابله با اثرات مخاطره‌آمیز پدیده تغییر اقلیم بر روی محصول برنج در مناطق شمالی ایران تلاش می‌گردد با پیش‌بینی اثرات ناشی از این پدیده طی سال‌ها و دهه‌های آتی با روش و مدل‌های مناسب از میزان سوء این پدیده کاسته شود. از این‌رو، شناخت اقلیم آینده، شناخت مراتب اولویت و اهمیت هر یک از عناصر هواشناسی در رشد و عملکرد محصول برنج و رسیدن به چشم‌انداز میزان تولید محصول برنج در دهه‌های آتی از اهداف پژوهش حاضر می‌باشد. سؤالاتی در راستای اهداف تحقیق قابل طرح است:

- پارامترهای اقلیمی شمال ایران در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ میلادی چه تغییراتی خواهد داشت؟
- عملکرد محصول برنج به کدام یک از عناصر اقلیمی حساسیت بیشتری داشته است؟
- تغییرات اقلیمی در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ میلادی چه تأثیری بر میزان عملکرد محصول برنج خواهد داشت؟

مواد و روش تحقیق:

- **عناصر هواشناسی جهت تولید داده‌ها و پیش‌بینی عملکرد:** مهم‌ترین مشکل برآورد عملکرد محصولات در ایران، کمبود اطلاعات کامل و جامع اقلیمی و زراعی است. همچنین صحت و سقم اطلاعات موجود نیز جای بحث است. داده‌های تحقیق از استان مازندران و ایستگاه‌های نوشهر، بابلسر و ایستگاه قراخیل قائمشهر اخذ گردید. این پارامترها عبارتند از داده‌های روزانه؛ T_{min} : دمای حداقل بر حسب درجه سلسیوس، T_{max} : دمای حداکثر بر حسب درجه سلسیوس، P : بارندگی بر حسب میلی متر و Sun : ساعات آفتابی ماهانه بر حسب ساعت.
- **مدل تولید و پیش‌بینی داده‌ها:** برای تولید داده از مدل $Lars-WG$ بر پایه دوره آماری ۲۰۰۹-۱۹۹۵ بهره گرفته شد. مدل $Lars-WG$ یکی از مشهورترین مدل‌های مولد داده‌های تصادفی وضع هوا است که برای اولین بار توسط راسکو مطرح شد (Racsko et al, 1991: 27) و سپس به وسیله سمنو بازننگری شد (Semenov et al, 1998: 95). این مدل برای تولید مقادیر بارندگی، تابش، درجه حرارت‌های حداکثر و حداقل روزانه در یک ایستگاه تحت شرایط اقلیم پایه و آینده به کار می‌رود. مدل $Lars-WG$ با دریافت فایل محتوی رفتار اقلیم گذشته ایستگاه و فایل سناریوی تولید داده، مقادیر روزانه دمای حداقل، حداکثر، بارندگی و تابش روزانه را برای آینده تولید می‌کند. برای تدوین این سناریو داده‌های شبکه مدل گردش عمومی جو در دوره ارزیابی با دوره پایه مقایسه می‌شود. در این‌جا دوره پایه ۱۹۹۵-۲۰۰۹ و دوره آینده ۲۰۱۰-۲۰۳۹ در نظر گرفته شده است. برای اجرای مدل $Lars-WG$ علاوه بر سناریوی تدوین شده برای هر شبکه محاسباتی، نیاز به فایل مشخصه رفتار اقلیم گذشته ایستگاه‌های واقع در داخل آن شبکه نیز می‌باشد. مکانیسم عمل مدل به این صورت است که در ابتدا با استفاده از سناریوی تولید داده ماهانه که دربرگیرنده رفتار اقلیم پایه تمامی داده‌های ماهانه است را مطابق فرمول ۱ محاسبه می‌کند (Haghtalab et al, 2013: 39).

$$F_{fut} = F_{obs} + (F_{GCM}^{fut} - F_{GCM}^{base}) \quad (1)$$

در فرمول ۱ F_{fut} نشاندهنده پارامتر هواشناسی پیش‌بینی‌شده بر روی ایستگاه هواشناسی، F_{obs} پارامتر هواشناسی دیدبانی‌شده در همان ایستگاه، F_{GCM}^{fut} پارامتر هواشناسی پیش‌بینی‌شده بر روی شبکه مدل در دوره آینده و F_{GCM}^{base} پارامتر هواشناسی مدل‌شده بر روی شبکه مدل در دوره گذشته می‌باشد. سپس با حفظ میانگین، انحراف معیار، مطابق فرمول ۲ محاسبه می‌شود.

$$(2) STD_{fut} = \frac{STD_{base}^{obs}}{STD_{base}^{GCM}} \times STD_{fut}^{GCM}$$

مدل های پیش بینی عملکرد محصول برنج : برای اولین بار استوارت مدل های پیش بینی بازده محصولات کشاورزی را در کشورهای منتخب در جنوب و جنوب شرقی آسیا به کار برد. مدل ها برای انواع محصولات کشاورزی از جمله برنج، ذرت، گندم، چغندر قند و بسته به دسترسی به اطلاعات قابل اطمینان مربوط به بازده محصول در سطح ملی و منطقه ای به کار برده شده اند. رابطه کلی این مدل ها به صورت زیر است:

$$(3) Y = a_0 + a_1 + \sum_{i=2}^n a_i \cdot x_i$$

در فرمول ۳؛ Y : بازده پیش بینی شده (q^2 / ha)، a : عدد ثابت رگرسیون، a_1 : ضریب رگرسیون برآورد شده به عنوان عامل تغییرات زمانی خطی (برای مثال؛ $1951 = 1981 \dots 1$)، a_i : آی امین ضریب رگرسیون برآورد شده، x_i : آی امین متغیر پیش بینی هوا و $I = 1$ و 2 و 3 و 4 و 5 و 6 و 7 و 8 و 9 و 10 و 11 و 12 است (Farajzadeh and Zarrin, 2002: 77). اساس این مدل ها استفاده از روش آماری، خصوصاً به کارگیری شکل های مختلف رگرسیون است که به صورت تجربی، عملکرد محصول را محاسبه می کنند. برای استفاده از این مدل ها عمدتاً مقدار زیادی داده های بلندمدت اقلیمی مورد نیاز است. این مدل ها از اولین روش هایی به شمار می آیند که همبستگی عناصر گوناگون اقلیمی را بر روی عملکرد محصولات مختلف می سنجند. در این بررسی با استفاده از معادلات رگرسیون چند متغیره، اثر متغیرهای مستقل به صورت همزمان بر روی متغیر وابسته محاسبه می شود. در این پژوهش، متغیر وابسته، عملکرد محصول در سال های متوالی بوده و متغیرهای مستقل همان عناصر هواشناسی هستند. مدل عمومی بدست آمده به صورت رگرسیون خطی چندگانه بوده و شکل کلی آن طبق رابطه ۴ است؛

$$Y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_i x_i \quad (4)$$

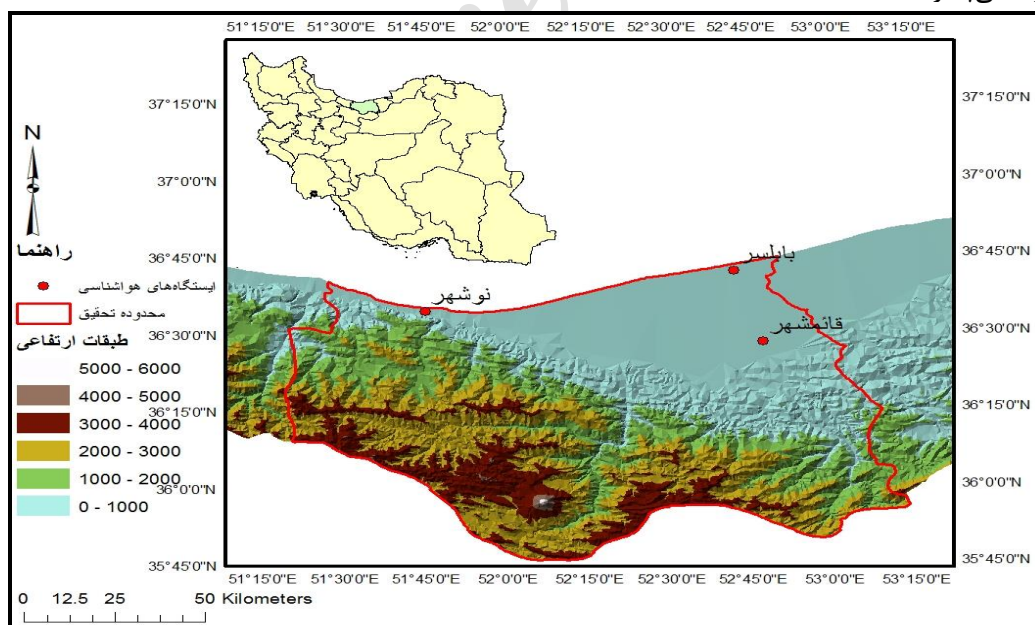
در رابطه ۴؛ X ها؛ متغیرهای مستقل یعنی عناصر هواشناسی و Y ، متغیر وابسته یعنی عملکرد محصول هر سال بر حسب کیلوگرم در هکتار می باشد. برای تعیین مدل رگرسیونی، مفاهیم و ضرایب مورد استفاده بدین شرح می باشد؛ برای ورود متغیرها به مدل رگرسیونی می توان از سه روش استفاده کرد. این روش ها که زیرمجموعه ای از روش گام به گام هستند، عبارتند از: روش مخلوط، روش حذف تدریجی متغیرها و روش ورود تدریجی متغیرها که در این پژوهش از روش حذف تدریجی به علت جامعیت بیشتر و تعیین متغیرهایی با اهمیت بیشتر استفاده شد. در این روش، کلیه معیارهای مربوط ارزیابی گردیده و در نهایت مدل های نهایی پیش بینی عملکرد محصول برنج در سه ایستگاه نوشهر، بابلسر و قراخیل شناسایی شدند. نمودار ۱ مدل مفهومی مراحل انجام کار را نشان می دهد.



نمودار ۱- مراحل انجام کار - (مأخذ: نویسنده، ۱۳۹۶)

شهرستان های بابلسر و قائمشهر در شرق و شهرستان نوشهر را در غرب استان مازندران منطقه مورد مطالعه است که از نظر موقعیت جغرافیایی بین 35° و 45° تا 36° و 52° عرض شمالی و 51° و 20° تا 53° و $12'$ طول شرقی واقع است. همان طوری که

در شکل ۱ دیده می‌شود بخش شرقی منطقه تحقیق، جلگه وسیع‌تری نسبت به بخش غربی دارد. بنابراین استفاده از دو ایستگاه هواشناسی قراخیل در محدوده شهرستان قائمشهر و بابلسر همسو با نصف النهارات بی‌دلیل نخواهد بود. بخش جلگه‌ای در محدوده تحقیق وسعتی حدود ۲۷۲ / ۲۴۰ هکتار دارد که قسمت اعظمی از آن به کشت برنج اختصاص دارد. در این منطقه نهشته‌های کواترنر، شامل جلگه‌های آبرفتی، مخروطه افکنه‌های رودخانه‌های پرشمار، همراه با نهرهای طبیعی و دستی فراوان، گسترشی وسیع را نشان می‌دهد که با مزارع و گیاهان پوشیده شده‌اند. وضعیت توپوگرافی تأثیر بسیار زیادی روی پوشش گیاهی و تنوع اقلیم، کشت محصولات کشاورزی منطقه گذاشته است. میزان شیب محدوده تحقیق از جنوب شهر به سمت شمال، کمتر شده و زمین هموارتر می‌شود و تا دریاچه خزر ادامه می‌یابد. این منطقه عمدتاً در تراز ارتفاع ۲۵- متری تا ۴۰ متری از سطح دریاهای آزاد قرار دارد. قدیمی‌ترین تشکیلات زمین‌شناسی بخش غربی استان مازندران متعلق به شهرستان نوشهر و مربوط به دوران دوم زمین‌شناسی بوده و شامل تشکیلات ژوراسیک فوقانی که روی ژوراسیک زیرین قرار گرفته و دارای تشکیلات آهکی است. قسمت وسیعی از منطقه تحقیق کوهستانی است اگرچه کشت محصول برنج در آن صورت نمی‌گیرد اما اثر بخشی آن در خصوصیت اقلیمی منطقه مورد نظر کاملاً محرز است. آب و هوای این منطقه معتدل و مرطوب است. روزهای تابستانی عموماً گرم و مرطوب بوده و تغییرات درجه حرارت در شبانه روز و ماه‌های مختلف نسبتاً کم می‌باشد. میانگین سالانه دمای حداکثر در منطقه مورد مطالعه ۳۲/۱ و میانگین سالانه دمای حداقل ۱/۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. فصل بهار خشک‌ترین فصل سال بوده و حداقل بارندگی در اردیبهشت رخ می‌دهد. با وجود اینکه بهار خشک‌ترین فصل می‌باشد، مع‌الوصف مقدار بارندگی در این فصل قابل توجه است. به طور کلی میزان بارندگی سالیانه بیش از ۱۲۰۰ میلی‌متر و پاییز پر باران‌ترین فصل سال می‌باشد. میانگین حداکثر رطوبت نسبی متعلق به ماه‌های آذر، بهمن و اسفند است که میزان آن ۹۵٪ گزارش شده است. در این منطقه بیش از ۴ ماه از سال در بیش از نیمی از ساعات روز هوا ابری می‌باشد. در بین ماه‌ها آذرماه کمترین تعداد ساعات آفتابی را در طول سال دارد و در مقابل تیرماه بیشترین تعداد ساعات آفتابی را به خود اختصاص داده است. شدت سرما در سردترین روزهای سال به اندازه‌ای نمی‌رسد که یخبندان ایجاد شود و این اتفاق در نواحی جلگه‌ای به ندرت صورت می‌پذیرد.



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه - (مأخذ: نویسنده، ۱۳۹۶)

بحث و ارائه یافته‌های تحقیق:

ارزیابی و صحت‌سنجی مدل *Lars-WG* در ایستگاه‌های مورد مطالعه: در جداول شماره ۱، ۲ و ۳ نتایج ارزیابی مقادیر داده‌های شبیه‌سازی شده با داده‌های واقعی برای دوره ۲۰۱۰-۲۰۱۷ نشان داده شده است. در این راستا از آزمون میانگین

جفتی T و F جهت بررسی معنی داری یا عدم معنی داری مقادیر متغیرهای واقعی و پیش بینی شده استفاده شد. همانگونه که مشاهده می شود در ایستگاه نوشهر مقدار آماره T و F برای تمامی ماهها نشاندهنده عدم معنی داری مقادیر مشاهده شده با مقادیر بدست آمده از مدل می باشد. این موضوع نیز در مورد سایر متغیرهای مؤثر در پیش بینی مدل $Lars-WG$ صحت داشته اما بین مقادیر مشاهده شده و پیش بینی شده دمای حداقل ماههای آوریل، نوامبر و دسامبر تفاوت معنی دار دیده می شود. در ایستگاه بابلسر تفاوت معنی داری بین مقادیر مشاهده شده و پیش بینی شده عناصر در ماههای مختلف مشاهده نمی شود اما آماره T برای دمای حداقل ماههای آوریل و آگوست و دمای حداکثر در ژوئن از تفاوت معنی دار برخوردار می باشد. در همین راستا در ایستگاه قراخیل در دمای حداقل ماههای آوریل، آگوست و دسامبر و دمای حداکثر ماههای آوریل و ژوئن تفاوت معنی دار در آماره T مشاهده می شود و در بقیه ماهها فرض عدم معنی داری بین مقادیر مشاهده شده و پیش بینی شده مورد تأیید است. ضریب تبیین مدل عناصر همه ایستگاهها بیش از ۰.۹۵ بوده و بیانگر آن است که مدل، بیش از ۹۵٪ تغییرات داده های مشاهده شده را تبیین می کند. به عبارت دیگر مدل $Lars-WG$ برای پیش بینی مناسب است. همچنین نتایج آماره T و F عدم معنی داری بین مقادیر مشاهده شده و تولید شده توسط مدل را تأیید می کند.

جدول ۱- مقادیر آماره T و F برای پارامترهای اقلیمی مشاهده شده و پیش بینی شده ایستگاه نوشهر در مدل $Lars-WG$

بارندگی		دمای حداقل		دمای حداکثر		ساعات آفتابی				ماه
مقدار T	P- Value	F	P- Value	مقدار T	P- Value	مقدار T	P- Value	مقدار T	P- Value	
۰.۶۷۷	۰.۵۰۲	۲.۵۳۹	۰.۲	۱.۰۰۷	۰.۳۱۹	۰.۹۹۵	۰.۳۲۵	-۱.۱۶۶	۰.۲۵	ژانویه
-۰.۱۵۱	۰.۸۸۱	۲.۲۰۴	۰.۲۷۷	-۰.۰۸۱	۰.۹۳۶	۰.۰۴۶	۰.۹۶۳	۰.۶۳۶	۰.۵۲۸	فوریه
-۰.۲۶۷	۰.۷۹۱	۱.۳۱۷	۰.۷۵۱	-۰.۱۲۷	۰.۸۹۹	۰.۸۷۹	۰.۳۸۴	۱.۵۲۱	۰.۱۳۵	مارس
۰.۲۸	۰.۷۰۶	۱.۰۰۹	۰.۹۰۴	-۳.۵۴	۰.۰۰۱	-۰.۹۲۸	۰.۳۵۸	۰.۰۶۹	۰.۹۴۶	آوریل
۰.۶۰۶	۰.۵۴۸	۱.۲۱۳	۰.۶۳۸	-۱.۱۴۹	۰.۲۵۶	۰.۶۵۴	۰.۵۱۶	۰.۹۴۲	۰.۳۵۱	می
-۰.۲۹۲	۰.۷۷۲	۱.۶۶۹	۰.۴۹۵	۱.۵۶۵	۰.۱۲۵	۱.۲۳	۰.۲۲۵	۰.۶۴۸	۰.۵۲	ژوئن
۰.۳۳۶	۰.۷۳۹	۲.۴۱	۰.۰۷۵	۰.۵۲۳	۰.۶۰۳	۰.۳۴۳	۰.۷۳۳	۰.۰۲۸	۰.۹۷۸	ژوئای
-۰.۵۸۶	۰.۵۶۱	۱.۶۱۷	۰.۵۲۶	-۱.۴۵۴	۰.۱۵۳	۰.۱۲۶	۰.۹	۱.۲۲۲	۰.۲۲۸	آگوست
۰.۰۲۸	۰.۹۷۸	۱.۰۳۱	۰.۸۵۱	۱.۵۸۱	۰.۱۲۱	۱.۰۴۱	۰.۳۰۳	-۰.۶۷۱	۰.۵۰۶	سپتامبر
۰.۴۱	۰.۶۸۴	۱.۳۴۶	۰.۷۲۶	۰.۳۸۸	۰.۶۹۹	۰.۲۹۲	۰.۷۷۱	-۱.۴۵۹	۰.۱۵۱	اکتبر
۰.۴۹۷	۰.۶۲۲	۱.۳۲۸	۰.۷۴۲	-۱.۸۹۵	۰.۰۶۴	-۱.۰۴۱	۰.۳۰۳	۰.۲۰۳	۰.۸۴	نوامبر
-۰.۴۶۳	۰.۶۴۶	۱.۱۶۵	۰.۹۰۶	-۱.۹۷۶	۰.۰۵۴	۱.۱۸۴	۰.۲۴۲	۰.۸۲۸	۰.۴۱۲	دسامبر
۰.۹۸۳۲				۰.۹۴۸۵		۰.۹۹۸۹		۰.۹۹۱۱		R^2

مأخذ: نویسنده، ۱۳۹۶.

جدول ۲- مقادیر آماره T و F برای پارامترهای اقلیمی مشاهده شده و پیش بینی شده ایستگاه بابلسر در مدل $Lars-WG$

بارندگی		دمای حداقل		دمای حداکثر		ساعات آفتابی				ماه
مقدار T	P- Value	F	P- Value	مقدار T	P- Value	مقدار T	P- Value	مقدار T	P- Value	
۰.۱۷۲	۰.۸۶۴	۱.۱۲۹	۰.۷۲۷	۰.۸۵۳	۰.۳۹۸	۰.۶۲۹	۰.۵۳۳	-۰.۵۹۵	۰.۵۵۵	ژانویه
-۰.۹۵۶	۰.۳۴۴	۲.۵۳۱	۰.۲۴۵	-۰.۷۴۶	۰.۴۵۹	-۰.۴۳۶	۰.۶۶۵	۰.۸۰۲	۰.۴۲۷	فوریه
-۰.۰۱	۰.۹۹۲	۵.۸۴	۰.۰۳۴	-۰.۱۷۴	۰.۸۶۳	۰.۹۶۹	۰.۳۳۸	-۰.۲۶۷	۰.۷۹۱	مارس
-۰.۱۸۹	۰.۸۵۱	۱.۰۹	۰.۹۸۶	-۳.۳۷۸	۰.۰۰۲	-۱.۳۲۲	۰.۱۹۳	-۰.۰۴۱	۰.۹۶۷	آوریل
-۰.۱۵	۰.۸۸۱	۱.۰۷۵	۰.۹۶۹	۰.۹۵	۰.۳۴۷	۱.۱۰۳	۰.۲۷۶	۱.۳۱۸	۰.۱۹۴	می
-۱.۱۴۳	۰.۲۵۹	۱.۲۱۶	۰.۸۸	۱.۸۴۶	۰.۰۷۱	۳.۶۷۱	۰.۰۰۱	۱.۷۰۲	۰.۰۹۶	ژوئن
۰.۰۴	۰.۹۶۹	۱.۲۶۵	۰.۵۸۵	۱.۶۱۴	۰.۱۱۳	۱.۷۳۸	۰.۰۸۹	-۰.۴۲۸	۰.۶۷	ژوئای
-۰.۲۱۶	۰.۸۳	۱.۳۴۶	۰.۵۱۱	-۱.۹۷۷	۰.۰۵۴	۰.۱۴	۰.۸۸۹	۰.۷۹۲	۰.۴۳۳	آگوست
۱.۰۳۲	۰.۳۰۸	۱.۰۶۵	۰.۸۰۷	۱.۲۴۶	۰.۲۱۹	۰.۵۷۹	۰.۵۶۶	-۱.۲۶۹	۰.۲۱۱	سپتامبر
-۰.۱۶۱	۰.۸۷۳	۱.۶۸۴	۰.۲۸۳	۰.۹۸۷	۰.۳۲۹	۰.۷۵۶	۰.۴۵۴	-۱.۱۷۵	۰.۲۴۶	اکتبر
-۰.۴۱	۰.۶۸۳	۱.۱۹۷	۰.۶۵۵	-۱.۶۳۳	۰.۱۰۹	-۱.۳۳۶	۰.۱۸۸	-۰.۰۵	۰.۹۶	نوامبر
-۰.۲۱۵	۰.۸۳۱	۱.۲۹۶	۰.۷۷۱	-۰.۷۷۸	۰.۴۴۱	۱.۱۱۵	۰.۲۷۱	۱.۳۸۵	۰.۱۷۳	دسامبر
۰.۹۴۴۸				۰.۹۹۸۲		۰.۹۹۸۲		۰.۹۹۸۲		R^2

جدول ۳- مقادیر آماره T و F برای پارامترهای اقلیمی مشاهده شده و پیش‌بینی شده‌ی ایستگاه قراخیل در مدل $Lars-WG$

بارندگی		دمای حداقل		دمای حداکثر		ساعات آفتابی		ماه
مقدار T	P - Value	F	P - Value	مقدار T	P - Value	مقدار T	P - Value	
۰,۷۱	۰,۴۸۱	۱,۵۲۳	۰,۵۸۷	۱,۴۳	۰,۱۶	۰,۱۹	۰,۸۵	۰,۰۸۷
۰,۳۶۲	۰,۷۱۹	۱,۲۰۴	۰,۸۶۳	۰,۸۵۲	۰,۳۹۹	۰,۹۶۲	۰,۳۴۱	۰,۸۸
۰,۱۰۵	۰,۹۱۷	۱,۶۷۹	۰,۴۸۹	-۰,۳۷۴	۰,۷۱	۱,۵۵۴	۰,۱۲۷	۰,۸۹۹
-۰,۵۸۲	۰,۵۶۳	۱,۹۳۳	۰,۳۶۸	-۴,۷۴۶	۰	-۲,۱۴۱	۰,۰۳۸	۰,۲۹۱
-۰,۵۱۶	۰,۶۰۸	۱,۰۹۷	۰,۹۸۴	-۱,۸۴۳	۰,۰۷۲	۰,۵۶۵	۰,۵۷۵	۰,۵۶۲
-۰,۴۶۱	۰,۶۴۷	۱,۷۴۱	۰,۴۵۵	۰,۶۴۲	۰,۵۲۴	۲,۱۸۳	۰,۰۳۴	۰,۱۱
۰,۲۲۵	۰,۸۲۳	۱,۶۱	۰,۳۲۳	۱,۲۷۴	۰,۲۰۹	۰,۳۴	۰,۷۳۶	۰,۵۹۸
۰,۴۰۹	۰,۶۸۴	۱,۸۵۵	۰,۲۰۸	-۱,۹۵۲	۰,۰۵۷	-۰,۰۳۲	۰,۹۷۵	۰,۷۴۸
۰,۳۲	۰,۷۵	۱,۷	۰,۴۷۸	۰,۶۳۵	۰,۵۲۹	۰,۰۳۱	۰,۹۷۵	۰,۴۰۶
۰,۶۹۴	۰,۴۹۱	۱,۰۱۱	۰,۹۰۶	۰,۲۹۱	۰,۷۷۲	-۰,۰۷۸	۰,۹۳۸	۰,۲۸۳
۰,۴۲۸	۰,۶۷۱	۱,۲۵۶	۰,۸۰۹	-۰,۸۹۲	۰,۳۷۷	-۰,۷۴۳	۰,۴۶۱	۰,۹۲
-۰,۷۰۶	۰,۴۸۴	۱,۹۶۱	۰,۳۵۷	-۲,۰۱	۰,۰۵	۱,۶۵۳	۰,۱۰۵	۰,۴۹۱
۰,۹۴۶۲		۰,۹۹۷۷		۰,۹۹۷		۰,۹۹۱۶		R^2

مأخذ: نویسنده، ۱۳۹۶.

- مدل پیش‌بینی میزان عملکرد محصول ایستگاه‌ها: در ایستگاه نوشهر مدل پیش‌بینی عملکرد محصول برنج تابعی از متغیرهای مؤثر در رابطه زیر می‌باشد.

$$Y = ۸,۳۱ S_{Aug} + ۸۶,۵۷ T_{min.sep} + ۷,۹۸ P_{apr} - ۱۵۵ T_{min.may} + ۴,۷۸ S_{may} + ۲۵۳,۶ T_{min.jul} \quad (۵)$$

در رابطه ۵؛ S_{Aug} ؛ مجموع ساعات آفتابی ماه آگوست، P_{apr} ؛ مجموع بارندگی ماهانه ماه آوریل، $T_{min.sep}$ ؛ متوسط حداقل دمای ماه سپتامبر، $T_{min.may}$ ؛ متوسط حداقل دمای ماه می، S_{may} ؛ مجموع ساعات آفتابی ماه می و $T_{min.jul}$ ؛ متوسط حداقل دمای ماه ژولای می‌باشد. همین‌طور مدل پیش‌بینی عملکرد محصول برنج در ایستگاه بابلسر برابر با؛

$$Y = ۹۴,۹۴ \overline{T_{may}} - ۴,۱۹ P_{aug} - ۴,۹۳ P_{apr} - ۱۰۰,۹۸ T_{min.may} + ۲۷۴,۴۹ T_{max.sep} \quad (۶)$$

در رابطه ۶؛ P_{aug} ؛ مجموع بارندگی ماهانه ماه آگوست، P_{apr} ؛ مجموع بارندگی ماهانه ماه آوریل، $T_{max.sep}$ ؛ متوسط حداکثر دمای ماه سپتامبر $T_{min.may}$ ؛ متوسط حداقل دمای ماه می و $\overline{T_{may}}$ ؛ متوسط دمای ماهانه ماه می، می‌باشد. در نهایت برای ایستگاه قراخیل مدل چندمتغیره پیش‌بینی محصول، برابر با رابطه زیر می‌باشد؛

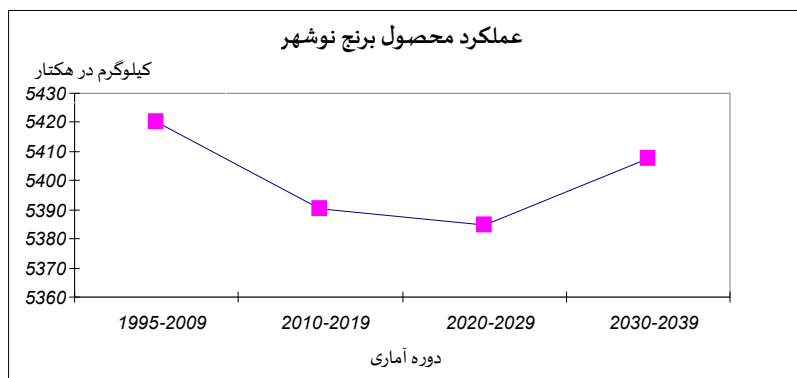
$$Y = ۹۴,۹۴ \overline{T_{may}} - ۴,۱۹ P_{aug} - ۴,۹۳ P_{apr} - ۱۰۰,۹۸ T_{min.may} + ۲۷۴,۴۹ T_{max.sep} \quad (۷)$$

در رابطه ۷؛ P_{aug} ؛ مجموع بارندگی ماهانه ماه آگوست، P_{apr} ؛ مجموع بارندگی ماهانه ماه آوریل، $T_{max.sep}$ ؛ متوسط حداکثر دمای ماه سپتامبر، $T_{min.may}$ ؛ متوسط حداقل دمای ماه می و $\overline{T_{may}}$ ؛ متوسط دمای ماهانه ماه می است.

- میزان عملکرد محصول برنج در شهرستان نوشهر:

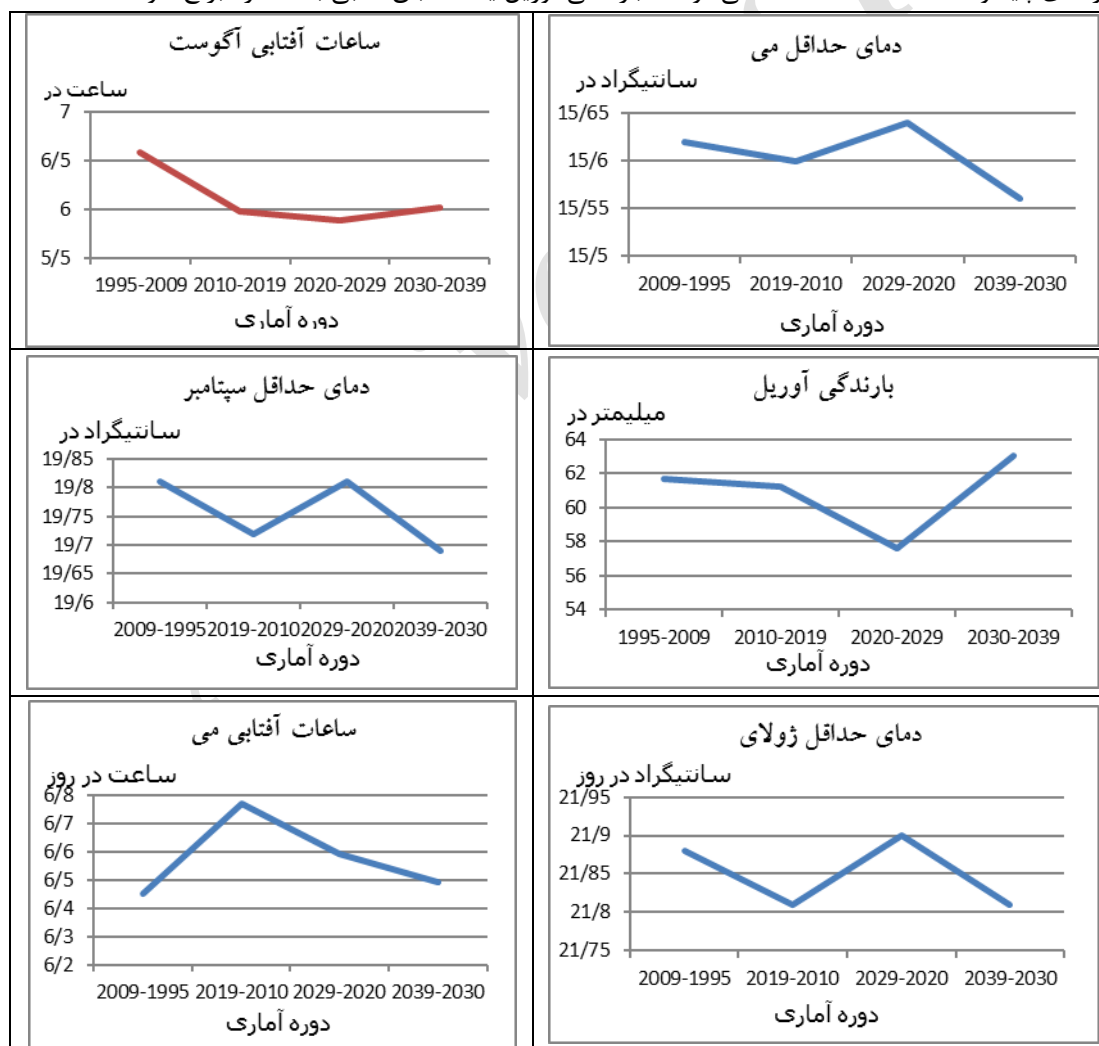
با استفاده از داده‌های تولید شده در مدل $Lars-WG$ عملکرد و معادلات پیش‌بینی عملکرد محصول برنج در شهرستان نوشهر، طی سه دهه اقلیمی (۲۰۳۹-۲۰۱۰) پیش‌بینی و نسبت به آمار داده‌های پایه یعنی دوره ۱۹۹۵-۲۰۰۹ مقایسه گردید. بر اساس شکل ۳ عناصر جوی باعث افت ۰/۶ درصدی عملکرد محصول در دوره ۲۰۱۰-۲۰۱۹ نسبت به دوره پایه (۲۰۰۹-۱۹۹۵) خواهد شد. همچنین موجب افت ۰/۷ درصدی عملکرد محصول در دوره ۲۰۲۰-۲۰۲۹ نسبت به دوره

پایه (۲۰۰۹-۱۹۹۵) خواهد شد. با توجه به اینکه در دهه سوم یعنی دوره ۲۰۳۹-۲۰۳۰ عناصر جوی بر میزان عملکرد محصول برنج نسبت به دو دهه اول اثر افزایشی می گذارد اما همچنان افت ۰/۲ درصدی را نسبت به دوره پایه خواهد داشت.



شکل ۲- عملکرد محصول برنج نوشهر طی دوره های پایه و دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ - مأخذ: نویسنده، ۱۳۹۶.

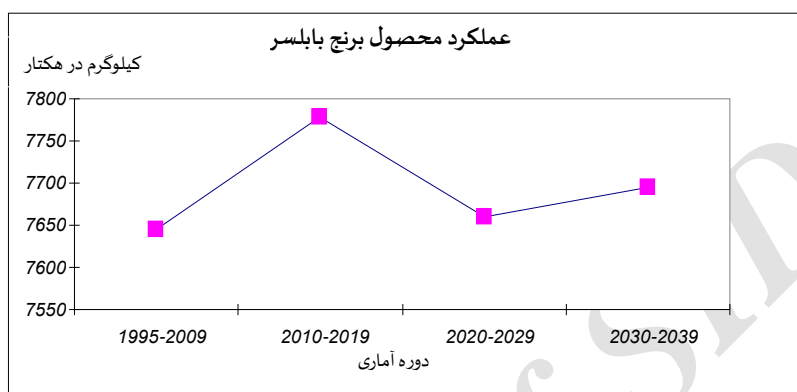
با مقایسه شکل های ۲ و ۳، حساسیت و انطباق بیشتری بین متغیر ساعات آفتابی آگوست و عملکرد محصول برنج نوشهر طی دوره های پایه و ۲۰۱۰-۲۰۳۹ مشاهده می شود اما بارندگی آوریل یک انطباق نسبی با عملکرد برنج خواهد داشت.



شکل ۳- داده های دوره پایه و داده های تولید شده نوشهر طی دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ - مأخذ: نویسنده، ۱۳۹۶.

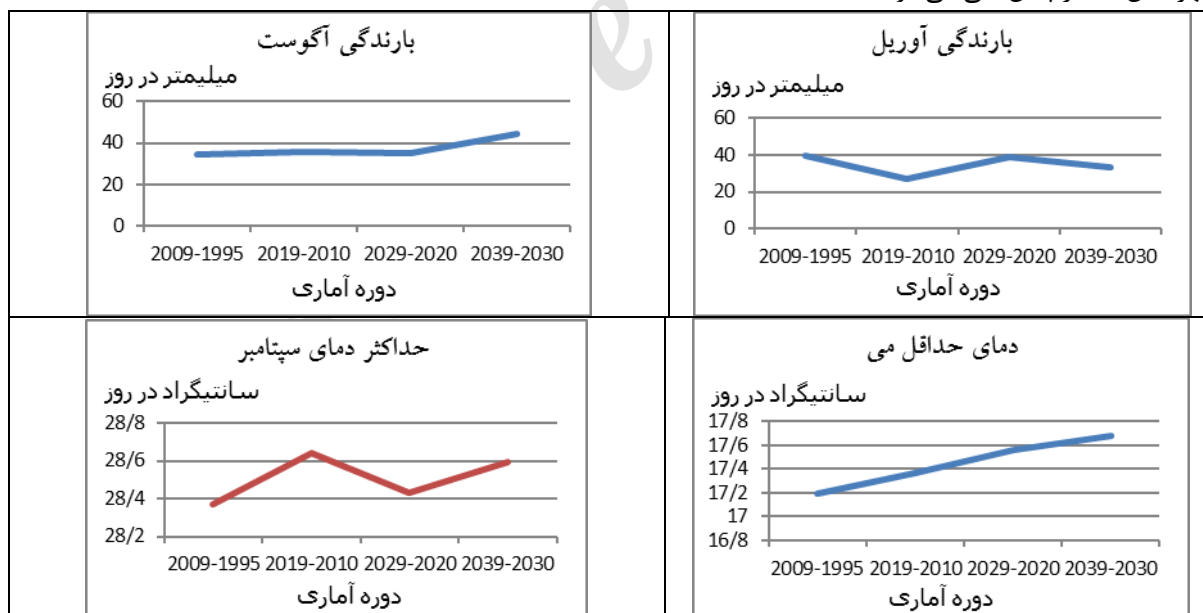
- میزان عملکرد محصول برنج در شهرستان بابلسر:

بر اساس شکل ۴، عناصر جوی باعث رشد ۱/۸ درصدی عملکرد محصول در دوره ۲۰۱۹-۲۰۱۰ نسبت به دوره پایه (۲۰۰۹-۱۹۹۵) خواهد شد. همچنین موجب رشد ۰/۲ درصدی عملکرد محصول در دوره ۲۰۲۹-۲۰۲۰ نسبت به دوره پایه (۲۰۰۹-۱۹۹۵) خواهد شد و به رشد ۰/۶ درصدی عملکرد محصول در دوره ۲۰۳۹-۲۰۳۰ نسبت به دوره پایه (۲۰۰۹-۱۹۹۵) منجر خواهد گردید. با توجه به اینکه در دهه‌های دوم و سوم (۲۰۲۹-۲۰۲۰ و ۲۰۳۹-۲۰۳۰) عناصر جوی بر میزان عملکرد محصول برنج نسبت به دهه اول اثر کاهشی می‌گذارد اما همچنان اثر افزایشی نسبت به دوره پایه بر عملکرد محصول برنج خواهد داشت.



شکل ۴- عملکرد محصول برنج بابلسر طی دوره‌های پایه و دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ (مأخذ: نویسنده، ۱۳۹۶)

با مقایسه شکل‌های ۴ و ۵، بیشترین انطباق و حساسیت بین عملکرد محصول برنج و حداکثر دمای سپتامبر در شهرستان بابلسر پیش‌بینی می‌شود.

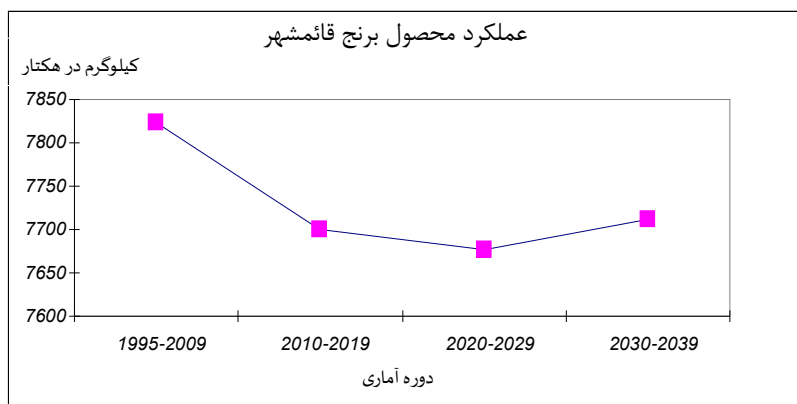


شکل ۵- داده‌های دوره پایه و داده‌های تولیدشده بابلسر طی دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ (مأخذ: نویسنده، ۱۳۹۶)

- میزان عملکرد محصول برنج در شهرستان قائمشهر

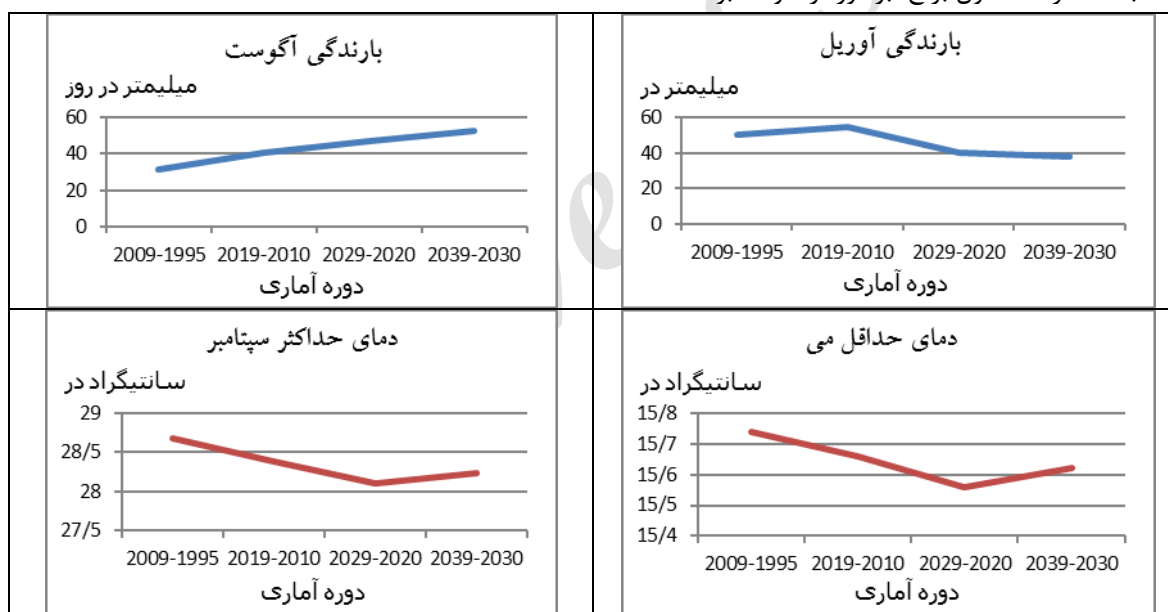
بر اساس شکل ۵، عناصر جوی باعث افت ۱/۶ درصدی عملکرد محصول در دوره ۲۰۱۹-۲۰۱۰ نسبت به دوره پایه (۲۰۰۹-۱۹۹۵) خواهد شد. همچنین موجب افت ۱/۹ درصدی عملکرد محصول در دوره ۲۰۲۹-۲۰۲۰ نسبت به دوره پایه (۲۰۰۹-۱۹۹۵) خواهد شد و سبب افت ۱/۲ درصدی عملکرد محصول در دوره ۲۰۳۹-۲۰۳۰ نسبت به دوره پایه

(۲۰۰۹-۱۹۹۵) می‌گردد. با توجه به اینکه در دهه‌های سوم (۲۰۲۰-۲۰۲۹ و ۲۰۳۰-۲۰۳۹) عناصر جوی بر میزان عملکرد محصول برنج نسبت به دهه دوم اثر افزایشی می‌گذارد اما پیش‌بینی می‌شود همچنان اثر کاهشی نسبت به دوره پایه بر عملکرد محصول برنج خواهد داشت.



شکل ۶- عملکرد محصول برنج قائمشهر طی دوره‌های پایه و دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ (مأخذ: نویسنده، ۱۳۹۶)

مقایسه شکل‌های ۶ و ۷ نشان می‌دهند که دمای حداکثر سپتامبر و دمای حداقل می از حساسیت و انطباق قوی‌تری نسبت به عملکرد محصول برنج برخوردار خواهد بود.



شکل ۷- داده‌های دوره پایه و داده‌های تولیدشده دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ برای قائمشهر - (مأخذ: نویسنده، ۱۳۹۶)

نتیجه‌گیری:

نتایج حاصل از مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییرات اقلیمی بر شاخص‌های اقلیم-کشاورزی و عملکرد برنج برای ایستگاه‌های نوشهر، بابلسر و قراخیل قائمشهر نشان داد که بارندگی آوریل در ایستگاه نوشهر از دهه پایه تا دهه دوم روند کاهشی و سپس به طرف دهه سوم افزایشی خواهد داشت و در ایستگاه بابلسر از دهه پایه تا دهه اول کاهشی و به طرف دهه دوم افزایشی و سپس به طرف دهه سوم کاهشی خواهد داشت و در ایستگاه قراخیل نیز یک روند کاهشی نسبی خواهد داشت. بارندگی آگوست نیز از دهه پایه به طرف دهه سوم از یک روند افزایشی تدریجی در دو ایستگاه بابلسر و قراخیل برخوردار خواهد بود. دمای حداقل می، سپتامبر و ژولای یک نوسان مشابه در ایستگاه نوشهر خواهند داشت. در ایستگاه بابلسر دمای حداقل از دهه پایه به طرف دهه سوم روند افزایشی و دمای حداکثر سپتامبر از دهه پایه به طرف دهه اول افزایشی و به طرف دهه دوم

کاهشی و سپس افزایشی خواهد بود. در ایستگاه قراخیل دمای حداقل و حداکثر از دهه پایه به طرف دهه سوم روند مشابه و تدریجی کاهشی خواهد داشت. ساعات آفتابی آگوست در ایستگاه نوشهر از دهه پایه به طرف دهه دوم کاهشی و سپس تا دهه سوم به تدریج روند افزایشی خواهد داشت اما ساعات آفتابی ماه می از دهه پایه به دهه اول در ابتدا روند افزایشی و سپس تا دهه سوم کاهشی خواهد بود. نوسانات اقلیمی در کلیه مراحل رشد و تکامل گیاه برنج نقش تعیین کننده دارد. بنابراین براساس یافته‌های تحقیق مشخص شد که نوسانات پارامترهای دمای حداکثر سپتامبر، دمای حداقل می، ساعات آفتابی آگوست و حداکثر دمای سپتامبر در دوره‌های (۲۰۱۰-۲۰۳۹) میلادی، موجب نوسان در میزان عملکرد محصول برنج خواهد شد. عملکرد برنج در دو ایستگاه نوشهر و قراخیل واکنش مشابهی نسبت به پارامترهای اقلیمی خواهند داشت بطوریکه میزان عملکرد برنج در هر دو ایستگاه تا دهه دوم (۲۰۲۰-۲۰۳۹) کاهشی و سپس به طرف دهه سوم (۲۰۳۰-۲۰۳۹) افزایشی خواهد بود. اما در ایستگاه بابلسر میزان عملکرد برنج از دهه پایه تا دهه اول (۲۰۱۰-۲۰۱۹) افزایشی و سپس حالت مشابه دو ایستگاه دیگر را خواهد داشت. وقوع نوسانات اقلیمی اگر با تأثیر منفی بر روی محصولات زراعی و بعضاً محصول برنج همراه باشد می‌تواند آثار ناخوشایندی در زمینه اقتصادی و اجتماعی به همراه داشته باشد. فلذا کشاورزان برای حفظ معیشت خود ناگزیر به سازگاری بیشتر یا این نوسانات بوده و نیازمند همکاری سازمان‌های مسئول می‌باشند. بنابراین پیشنهاد می‌گردد سیاست‌گذاران و مدیران برنامه‌ریز کشور از هم اکنون راهکارهایی برای مقابله با تغییرات زیان‌بار این تغییرات بیندیشند.

References:

1. Alizadeh, Amin (2004): "Principles of Applied Hydrology", 17th Edition, Imam Reza University Press, p. 815. (in Persian)
2. Azizi, Ghasem and Mahmoud Roshani (2009): "An Analysis of the Concepts and Effects of Climate Change on the Temperature and Calendar of Rice Cultivars in Giulan", *Journal of Geographic Space*, 4 (8), pp. 143-155. (in Persian)
3. Bazgir, Saeed and Gholamali Kamali (2008): "Prediction of Dry farming of wheat yield using agricultural meteorological indices in some western regions of the country", *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, Vol. 15, No. 64, pp. 113-121. (in Persian)
4. Bazrafshan, Javad, Khalili, Ali, Hoorfar, Abdolhossein, Torabi, Sedigheh and Sohrab Hejam (2009): "The study and comparison of the performance of two models (ClimGen and Lars-WG) in simulating meteorological variables in different climatic conditions of Iran", *Water Resources Research*, Vol. 44, pp. 1-7. (in Persian)
5. Ewert, F., M.D.A., Rounsevell, I., Reginster, M.G., & Leemans, R. (2005): *Future Scenarios of European Agricultural Land Use. I. Estimating Changes in Crop Productivity*, *Agric. Ecosyst. Environ*, Vol 107, pp. 101-116.
6. Farajzadeh Manouchehr and Azar Zarrin (2002): "Modeling the yield of dry wheat yield in relation to agri-climatology criteria in West Azarbaijan province", Vol. 6, No. 2, pp. 77-99. (in Persian)
7. Haghtalab, Nafiseh, Goodarzi, Mohsen, Habibi Nokhandan, Majid, Yavari, Ahmad Reza and Hamidreza Jafari (2013): "Modeling the climate of Tehran and Mazandaran provinces using the Lars-WG climate model and comparing its changes On the North and South Front of the Central Alborz", *Journal of Environmental Science and Technology*, Vol. 15, No. 1, p. 39. (in Persian)
8. Hajjarpour, Amir, Soltani, Afshin, Zinaeli, Ebrahim and Faramarz Seydi (2013): "Simulation of the effect of climate change on chickpea production under dry and wet conditions of Kermanshah" *Journal of Plant Production Research, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University* Vol. 20, No. 2, pp. 235-252. (in Persian)
9. Hamidi, Aydin and Mohammad Ali Ramaei (2012): "Challenges for the production, control and certification of rice seed in the country", 15th national rice conference in the country, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Tabarastan Agricultural Genetics and Biotechnology Research Center, March 1st, (Axis: Sustainable Production Challenges). (in Persian)

10. Hatfield, J. L., Boote, K. J., Kimball, B. A., Ziska, L. H., Izaurralde, R. C., Ort, D., Thomson A. M. & Wolfe, D. (2011): *Climate Impacts on Agriculture: Implications for Crop Production*, *Agronomy Journal*, Vol. 103, pp. 351 – 370.
11. Hosseini Seyedeht Tayyebeh, Mojtaba Khoshravesh and Mirkhalegh Ziatabar Ahmadi (2015): "Investigating the Effects of Climate Change and Evaluation of the Change of Planting Date on Soybean Yield", *Journal of Water Research in Agriculture*, Vol. 29, No. 4, pp. 560-575. (in Persian)
12. Mohsenpour, Robab and Mansour Zibae (2010): "The study of Drought Effect on Field Level: A Case Study of Marvdasht Region", *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14 (52), 49-62. (in Persian)
13. Parry, M.L., Rosenzweig, C., Iglesias, A., Livermore, M., & Fischer, G. (2004): *Effects of Climate Change on Global Food Production under SRES Emissions and Socio-Economic Scenarios*, *Global Environmental Change*, Vol. 14:53-67.
14. Racsko, P., Szeidl, L., & Semenov, M.A. (1991): *A serial approach to Local stochastic weather models*, *Ecological Modeling*, 1(57), pp. 27-41.
15. Rodríguez Díaz, J.A., Weatherhead, E.K., Knox, J.W., & Camacho, E. (2007): *Climate Change Impacts on Irrigation Water Requirements in the Guadalquivir River Basin in Spain*, *J. Reg. Environ. Change*, 7(3), pp. 149-159.
16. Rosenzweig, C., & Parry, M.L. (1994): *Potential Impacts of Climate Change on World Food Supply*, *Nature*, 367, pp. 133-138
17. Rowhani, P., Lobell, D.B., Linderman, M., & Ramankutty, N. (2011): *Climate variability and crop production in Tanzania*, *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol. 15, pp. 449-460.
18. SabziParvar, Ali Akbar, Torkman Mojtaba and Zohreh Marianj (2012): "Investigating the Effect of Agricultural Meteorological Indicators and Variables on the Best Performance of Wheat (Case Study: Hamedan Province)", *Water and Soil Journal (Agricultural Sciences and Technology)* Vol. 26, pp. 1554-1567. (in Persian)
19. Semenov, M.A., Brooks, R.J., Barrow, E.M., & Richardson, C.W. (1998): *Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators for diverse climates*, *Climate Res*, Vol. 10, pp. 95-107.
20. Sivakumar, M.V.K., H.P., & Brunini, O. (2005): *Impacts of Present and Future Climate Variability and Change on Agriculture and Forestry in the Arid and Semi-Arid Tropics*, *Climatic Change*, Vol. 70, pp. 31–72.