

بررسی تأثیر برخی پارامترهای اقلیمی و پدیده انسو در عملکرد گندم و جو (مطالعه موردی: منطقه همدان)

حمید زارع‌ابیانه^{۱*}، مریم بیات ورکشی^۲ و علیرضا ایلدرومی^۳

چکیده

شناخت عوامل اقلیمی محدودکننده عملکرد محصولات زراعی و تعیین سیاست‌های حداکثرسازی آن ضروری است. هدف این مطالعه بررسی همبستگی عملکرد محصولات زراعی با عوامل اقلیمی دما، بارش و شاخص نوسان جنوبی (SOI) در مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه برای شهرستان همدان طی سال‌های ۵۸-۱۳۵۷ تا ۸۲-۱۳۸۱ بود. نتایج نشان داد تعداد همبستگی‌های معنی‌دار عملکرد دیم و آبی با عوامل اقلیمی فوق به ترتیب ۱۸ و ۱۲ مورد بود. همچنین بیشترین تعداد و مقدار همبستگی‌های ماهانه به عوامل دما و SOI اسفند ماه و بارندگی و دمای سالانه تعلق داشت. بیشترین مقدار همبستگی دمای اسفند ماه با عملکرد گندم دیم ۰/۵۳۲ و SOI اسفند ماه با عملکرد جو دیم ۰/۴۵۶- بود. همچنین حداکثر مقدار همبستگی میانگین بارندگی فصل بهار و بارندگی سالانه با عملکرد گندم دیم به ترتیب ۰/۵۴۹- و ۰/۶۰۴ و برای جو آبی با SOI فصل بهار ۰/۴۰۴- و بارندگی سالانه ۰/۴۵۶ به دست آمد. پیش‌بینی عملکرد به‌روشن رگرسیون گام به گام نشان داد مدل‌های رگرسیونی چندمتغیره حدود ۶۶، ۷۴، ۸۶ و ۷۲ درصد از تغییرات عملکرد گندم آبی، جو آبی، گندم دیم و جو دیم را توجیه می‌کند. در مجموع میانگین مجذور مربعات خطای نرمال ۰/۱۷ و ضریب تعیین ۰/۸۶، گویای دقت زیاد مدل برازشی برای تخمین عملکرد گندم دیم است.

واژه‌های کلیدی: بارش، جو، دما، عملکرد، گندم، همدان و SOI

ارجاع: زارع‌ابیانه ح. بیات‌ورکشی م. و ایلدرومی ع. ۱۳۹۰. بررسی تأثیر برخی پارامترهای اقلیمی و پدیده انسو در عملکرد گندم و جو (مطالعه موردی: منطقه همدان). مجله پژوهش آب ایران. ۹(۵): ۱۸۱-۱۹۲.

۱- دانشیار گروه مهندسی آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینا

۲- دانشجوی دکتری رشته آبیاری و زهکشی گروه مهندسی آبیاری دانشگاه بوعلی‌سینا

۳- استادیار گروه مهندسی آبخیزداری دانشکده محیط زیست و منابع طبیعی دانشگاه ملایر

*نویسنده مسئول: zareabyaneh@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۴/۰۷

مقدمه

شاخص‌های خشکسالی و هواشناسی کشاورزی می‌باشد. مساعدی و کاهه (۱۳۸۷) با تاکید بر نقش بارندگی در عملکرد گندم و جو استان گلستان، تأثیرپذیری بیشتر عملکرد جو را از بارش‌های ماهانه و سالانه گزارش کردند. مطالعه اثر عوامل اقلیمی بارندگی و دما بر عملکرد گندم مناطق کوهستانی هیمالیا و هندوکش پاکستان توسط حسین و مدسیر (۲۰۰۷) نشان داد اثر بارندگی به دلیل توسعه عملیات آبیاری ناچیز و اثر افزایش دما سبب کاهش طول دوره رشد شده است. کوکیک و همکاران (۲۰۰۵) اثرات طولانی مدت تغییرات آب و هوایی بر عملکرد محصولات زراعی استرالیا را مورد مطالعه قرار دادند. آنان اصلاح مدیریت آبیاری، ایجاد تکنولوژی‌های جدید و استفاده از گونه‌های مقاوم به خشکی را از جمله راه‌کارهای مقابله با تغییرات طولانی مدت اقلیمی دانستند. درخصوص تأثیر پدیده انسو به‌عنوان عاملی در پهنه جغرافیای بزرگ و با فاصله مکانی زیاد بر عملکرد محصولات زراعی در قالب دو فاز النینو و لانینا نیز مطالعاتی انجام شده است. به گزارش لاسیگان و همکاران (۲۰۰۰) وقوع پدیده النینو در سال‌های ۱۹۷۳، ۱۹۸۳ و ۱۹۹۰ باعث کاهش ۶۰، ۸۱ و ۵۳ درصدی محصول برنج کشور فیلیپین شد. بررسی نقش پدیده انسو بر عملکرد محصولات زراعی در آرژانتین نشان داد وقوع النینو موجب افزایش سطح عملکرد محصولات ذرت و سورگوم و لانینا موجب کاهش عملکرد ذرت، سورگوم و لوبیا شد (جونس و همکاران، ۲۰۰۰). تأثیر پدیده انسو بر عملکرد محصول برنج در شمال و شمال‌غرب کشور چین توسط ژانگ و همکاران (۲۰۰۴) مطالعه شد که حاکی از عدم ارتباط معنی‌دار عملکرد برنج با پدیده انسو در بسیاری از ایالات بود. در مطالعه هانسن و همکاران (۲۰۰۴) ارتباط معنی‌داری بین شاخص نوسان جنوبی^۳ (SOI) با عملکرد گندم در استرالیا گزارش شد. تأثیر پدیده انسو را بر عملکرد محصول ذرت در منطقه خشک و نیمه-خشک آفریقای جنوبی تسوبو و واکر (۲۰۰۷) بررسی کردند. در این مطالعه ریسک کاهش محصول ذرت با وقوع النینو تایید شد. ارتباط عملکرد ۴۹ ساله ذرت با عوامل اقلیمی در قالب یک مدل رگرسیونی برای منطقه سیرا در

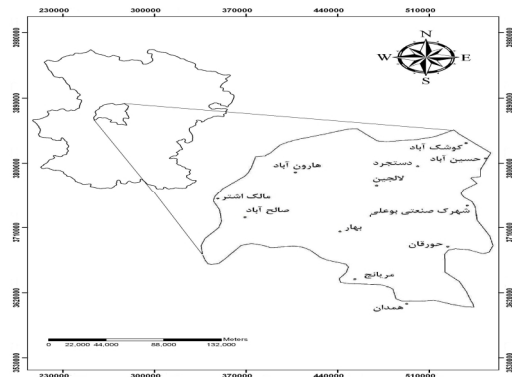
عملکرد محصولات زراعی تحت تأثیر عوامل زیادی از جمله متغیرهای جوی، الگوهای پیوند از دور^۱ و فاکتورهای آب و خاک است. پدیده انسو^۲ در قالب الگوهای پیوند از دور است و یک متغیر اقلیمی است که بر عوامل هواشناسی، نوسانات اقلیمی و عملکرد محصولات زراعی اثر می‌گذارد. ایران به دلیل واقع شدن در نیم‌کره شمالی، دارای اقلیمی نیمه‌خشک است و پیش‌بینی درازمدت شرایط اقلیمی هر منطقه می‌تواند راهکار مناسبی برای غلبه بر عوارض ناگوار تغییرات اقلیمی باشد (معمدی و همکاران، ۱۳۸۶). در سال‌های اخیر شناخت متغیرهای محیطی و درجه تأثیر آنها در بخش کشاورزی به شکل‌های مختلف مورد توجه محققین بوده است (بازگیر و کمالی، ۱۳۸۷؛ عزیزی و یاراحمدی، ۱۳۸۲). در این معادله پایش بارندگی و دما به-عنوان عناصر مهم اقلیمی و تأثیرپذیر از پدیده انسو، نقش موثری در تعیین عملکرد و تغییرات عملکرد محصولات زراعی ایفا می‌کند. به‌عبارت دیگر آگاهی از تغییرات عوامل اقلیمی و ارتباط آن با عملکرد، در شناخت فاکتورهای محدودکننده عملکرد و تعیین سیاست‌های حداکثرسازی آن ضروری است. نقش تغییرات اقلیمی در افزایش عملکرد متفاوت است، به‌طوری‌که در برخی موارد منجر به افزایش و در برخی موارد سبب کاهش عملکرد شده است. عزیزی و یاراحمدی (۱۳۸۲) تأثیرپذیری عملکرد گندم دیم از عوامل اقلیمی مقدار بارش، تعداد دوره‌های بارانی و مقادیر بارش-های پاییزه و بهار را در قالب مدل رگرسیونی برای دشت سیلاخور لرستان تحقیق نمودند. نتایج آنها نشان داد در مدل رگرسیونی برازش داده شده ۴۷ درصد از تغییرات عملکرد گندم دیم تحت تأثیر متغیرهای مستقل است و ۵۳ درصد تغییرات، به پارامترهای دیگری وابسته است. بازگیر و کمالی (۱۳۸۷) نقش عوامل هواشناسی و تغییرات آن بر عملکرد محصول گندم دیم مناطق غرب ایران را به روش رگرسیون خطی بررسی کردند. براساس این تحقیق در سنندج و قروه ۶۸ درصد، در کرمانشاه و کنگاور به-ترتیب ۹۱ و ۸۱ درصد از تغییرات عملکرد محصول گندم دیم، تحت تأثیر تغییرات پارامترهای هواشناسی و برخی

1 - Teleconnection

2 - ENSO

3 - Southern oscillation index

حیث قابلیت‌های کشاورزی و تامین کننده بخش اعظمی از آب شرب و کشاورزی شهرستان‌های همدان و بهار در این بخش قرار دارد. طبق آخرین آمار منتشره، بیشترین سطح زیر کشت محصولات کشاورزی منطقه گندم و جو می‌باشد که در سطحی بالغ بر ۷۰۸۹۲ و ۳۴۰۳ هکتار به‌صورت دیم و آبی کشت می‌شود. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی ناحیه مطالعاتی در سطح استان همدان را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

در انجام این بررسی تلاش شده است تا به‌منظور پیش‌بینی عملکرد محصولات زراعی از داده‌های ماهانه، فصلی و سالانه بارش و دما طی سال‌های زراعی ۵۸-۱۳۵۷ تا ۸۳-۱۳۸۲ استفاده شود (فرج‌زاده اصل و همکاران، ۱۳۸۸؛ لویل و همکاران، ۲۰۰۵). از اطلاعات شاخص نوسان جنوبی (SOI) نیز به‌عنوان یکی از موثرترین شاخص‌های توجیه کننده رفتار نوسانات اقلیمی استفاده شد (ناظم‌السادات و همکاران، ۱۳۸۶). اطلاعات بارش و دما از داده‌های روزانه ثبت شده در ایستگاه هواشناسی سینوپتیک فرودگاه همدان واقع در ۱۷۴۹ متری از سطح دریا با موقعیت $32^{\circ}48'$ طول شرقی و $51^{\circ}34'$ عرض شمالی استخراج شد. اطلاعات شاخص SOI که حاصل ۱۰ برابر اختلاف مقادیر استاندارد شده فشار سطح آب در جزیره داروین در شرق و تاهیتی در غرب اقیانوس آرام است از پایگاه اینترنتی سازمان هواشناسی استرالیا^۲ بدست آمد (تروپ، ۱۹۶۱). همه اعداد SOI در دو محدوده $SOI < -5$ ، $SOI > 5$ به-عنوان دو فاز النینو و لانینا قابل دسته‌بندی هستند. برای نشان دادن سطح تأثیر عوامل فوق بر عملکرد محصولات کشاورزی از اطلاعات عملکرد دو کشت غالب منطقه یعنی گندم و جو آبی و دیم استفاده شد. در انتخاب عوامل

برزیل توسط سان و همکاران (۲۰۰۷) بررسی شد. آنان موفق به شبیه‌سازی عملکرد ذرت بر مبنای الگوی عمومی دمای آب سطح دریا شدند. در تحقیقات انجام شده تأثیرگذاری پدیده انسو بر نوسانات بارش، دما، وقوع دوره‌های سیلابی و خشکسالی‌های ایران مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفته است (ناظم‌السادات و همکاران، ۱۳۸۶؛ معتمدی و همکاران، ۱۳۸۶؛ حق‌نگهدار و همکاران، ۱۳۸۶). لیکن ارزیابی این نکته که آیا تأثیر جمعی عوامل بارش، دما و انسو بر عملکرد محصولات زراعی از نظر آماری معنی‌دار است کار نسبتاً مشکلی است که کمتر مورد توجه محققین ایرانی بوده است. در این تحقیق شهرستان همدان که تحلیل عوامل اقلیمی و زراعی آن با توجه به واقع شدن در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان، توزیع نامناسب بارندگی‌ها و عدم مطالعه مشابه در آن از اهمیت خاصی برخوردار است، انتخاب شد. در این منطقه تحلیل عوامل دما، بارش، شاخص نوسان جنوبی و نقش آن‌ها در پیش‌بینی عملکرد محصولات زراعی گندم و جو آبی و دیم بررسی شد. بدین منظور از مدل آماری رگرسیون چندمتغیره براساس مشارکت جمعی میانگین متغیرهای یادشده طی سه دوره زمانی ماهانه، فصلی و سالانه به‌کار گرفته شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه بخش مرکزی شهرستان همدان (دشت همدان-بهار) می‌باشد که به‌عنوان مرکز استان همدان در غرب ایران با مساحتی بالغ بر ۴۰۰۰ کیلومتر مربع، در مدار ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. میانگین بارش سالانه آن در دوره آماری ۱۳۵۷ تا ۱۳۸۳ براساس اطلاعات ثبت شده در ایستگاه سینوپتیک اکباتان ۳۴۲ میلی‌متر است. وجود کوه الوند با بلندای ۳۵۷۴ متر از سطح دریا در جنوب شهرستان همدان و قرار گرفتن آن در مسیر جریان‌های آب و هوایی غرب کشور باعث ایجاد ناحیه اقلیمی سرد نیمه‌خشک (اقلیم‌نمای کوپن و دومارتون) و شرایط مساعد برای کشت آبی و دیم شده است. دشت همدان - بهار به‌عنوان یکی از دشت‌های مهم استان از

2 - Bureau of meteorology Australia

1 - Sea Surface Temperature (S.S.T)

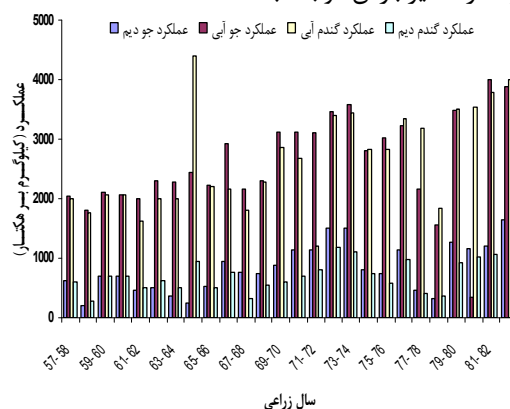
طول ۲۶ سال، ۱۲ مقدار میانگین به تفکیک هر ماه، ۴ مقدار میانگین به تعداد هر فصل و یک مقدار میانگین سالانه محاسبه شد. بنابراین با احتساب سه متغیر دما، بارش و SOI جمعاً ۵۱ عدد به عنوان میانگین حساسی به-دست آمد. پس از میانگین گیری از داده‌ها و تشکیل پایگاه اطلاعاتی در محیط نرم افزار SPSS، آزمون همگنی و یکنواختی داده‌ها انجام و نسبت به کیفیت آن‌ها اطمینان حاصل شد. ارزیابی میزان تأثیر هر متغیر بر عملکرد محصولات زراعی مورد مطالعه، با محاسبه ضریب همبستگی پیرسون در دو سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱، صورت گرفت. ضریب همبستگی عملکرد هر محصول با هر یک از سه متغیر اقلیمی در سه دوره زمانی ماهانه، فصلی و سالانه بدست آمد. از آنجایی که ضریب همبستگی^۱ (I) به تنهایی نمی‌تواند درستی الگوی پیشنهادی را نشان دهد لذا تحلیل باقی مانده‌ها انجام شد. این تحلیل براساس مقادیر احتمال (Pvalue) و با هدف نشان دادن توانمندی الگوی پیشنهادی صورت گرفت. همچنین عملکرد هر یک از محصولات گندم و جو به عنوان متغیر وابسته، بر مبنای مشارکت جمعی متغیرهای مستقل اقلیمی پیش‌بینی گردید (مک، ۲۰۰۵). بدین منظور با مشارکت تمامی ۵۱ متغیر اقلیمی در قالب یک ماتریس ۲۶×۵۱ در مقابل متغیر وابسته عملکرد، مناسب‌ترین معادله تخمین عملکرد به دست آمد. از معادله پیشنهادی می‌توان مقدار عملکرد را قبل از برداشت تخمین و مدیریت نمود (لی و همکاران، ۲۰۰۷). شکل کلی معادله برآورد عملکرد با ۵۱ متغیر اقلیمی حاصل از سه متغیر دما، بارش و SOI به صورت زیر است:

$$Y_{pi} = a + \sum_{j=1}^{51} a_j X_j \quad (1)$$

که در آن a عرض از مبدا صفر، X_j متغیرهای اقلیمی و Y_{pi} میزان عملکرد محصول آم (i از ۱ تا ۴) می‌باشد. همچنین a_j پارامترهایی از معادله بوده که تغییر متغیر وابسته را به ازای یک واحد تغییر در متغیر مستقل آم، در صورت ثابت بودن دیگر متغیرها نشان می‌دهد. در این معادله X_1 تا X_{17} میانگین متغیر SOI ماهانه، فصلی و سالانه، X_{18} تا X_{24} و X_{25} تا X_{51} به ترتیب میانگین متغیر بارندگی و میانگین متغیر دما در سه دوره زمانی فوق است.

اقلیمی مورد مطالعه، به سهولت و دقت اندازه‌گیری‌ها و در خصوص محصولات زراعی به اهمیت استراتژیکی آن‌ها در تامین نان و دیگر فرآورده‌های غذایی توجه شد. داده‌های دما و بارش از جمله عوامل اقلیمی هستند که در اکثر مناطق و ایستگاه‌های هواشناسی به کمک وسایل ساده‌ای چون دماسنج‌ها، دمانگارها، باران‌سنج‌ها و باران‌نگارها به-صورت مستقیم قابل دیده‌بانی بوده و نیاز به برآورد آن‌ها نمی‌باشد. اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت و عملکرد محصولات از مطالعات روحانی (۱۳۸۴) و سازمان جهادکشاورزی استان همدان اخذ گردید. طول دوره آماری تمامی متغیرهای اقلیمی براساس طول دوره آماری عملکرد گندم و جو طی سال‌های زراعی ۱۳۵۷ تا ۱۳۸۳ معادل ۲۶ سال انتخاب شد. در شکل ۲ وضعیت عملکرد گندم و جو دیم و آبی در سال‌های مختلف آماری نشان داده شده است.

در این مطالعه برای برآورد میزان و نحوه تأثیر هر یک از عوامل اقلیمی دما، بارش و شاخص نوسان جنوبی بر عملکرد گندم و جو دیم و آبی در طول دوره آماری ۲۶ ساله، آزمون همبستگی پیرسون مورد استفاده قرار گرفت. از آنجایی که همبستگی نسبتاً معنی‌داری بین بارش‌های ایران و شاخص نوسان جنوبی در مطالعات مختلف گزارش شده است، شاید چنین به نظر آید که انتخاب این شاخص در کنار متغیر بارش موجه نباشد.



شکل ۲- عملکرد محصولات زراعی مورد مطالعه در منطقه همدان

بدین منظور روند زمانی تغییرات شاخص بارش نسبی (نسبت بارش هر سال آماری به میانگین درازمدت آن) و شاخص SOI ترسیم و نسبت به انتخاب آن تصمیم‌گیری شد (عزیزی، ۱۳۷۹). در گام‌های بعدی برای هر متغیر در

به‌خاطر سادگی در انجام تحلیل و مدل‌سازی، داده‌های شمارگذاری شده بارش، دما و SOI در گام‌های زمانی ۱ ماهانه، فصلی و سالانه به‌صورت یک‌جا در جدول آمده است.

جدول ۱- معرفی متغیرهای مورد استفاده

متغیر	مقیاس زمانی	عامل	متغیر	مقیاس زمانی	عامل	متغیر	مقیاس زمانی	عامل
SOI	مهر	۱	بارش میلی	مهر	۱۸	مهر	۳۵	عامل
	آبان	۲		آبان	۱۹	آبان	۳۶	عامل
	آذر	۳		آذر	۲۰	آذر	۳۷	عامل
	دی	۴		دی	۲۱	دی	۳۸	عامل
	بهمن	۵		بهمن	۲۲	بهمن	۳۹	عامل
	اسفند	۶		اسفند	۲۳	اسفند	۴۰	عامل
	فروردین	۷		فروردین	۲۴	فروردین	۴۱	عامل
	اردیبهشت	۸		اردیبهشت	۲۵	اردیبهشت	۴۲	عامل
	خرداد	۹		خرداد	۲۶	خرداد	۴۳	عامل
	تیر	۱۰		تیر	۲۷	تیر	۴۴	عامل
	مرداد	۱۱		مرداد	۲۸	مرداد	۴۵	عامل
	شهریور	۱۲		شهریور	۲۹	شهریور	۴۶	عامل
	مهرگان	۱۳		مهرگان	۳۰	مهرگان	۴۷	عامل
	زمستان	۱۴		زمستان	۳۱	زمستان	۴۸	عامل
	بهار	۱۵		بهار	۳۲	بهار	۴۹	عامل
	تابستان	۱۶		تابستان	۳۳	تابستان	۵۰	عامل
	سالانه	۱۷		سالانه	۳۴	سالانه	۵۱	عامل

$$Y_{pi} = c Y_{oi} + d \quad (3)$$

c شیب بهترین خط برازش داده شده بر داده‌ها و d عرض از مبدأ معادله می‌باشد. در این معادله $c > 1$ نشان‌دهنده برآورد بیش از مقادیر واقعی می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج آزمون‌های کمی و کیفی داده‌های اقلیمی نشان داد تمامی داده‌ها از توزیع نرمال تبعیت داشته و حجم داده‌های انتخابی و اثر هم‌راستایی آنها تایید می‌شود. روند تغییرات عملکرد هر یک از محصولات بر حسب سال‌های آماری، ترسیم و میزان انحراف عملکرد سالانه از میانگین درازمدت آن‌ها و روند تغییرات بارش و انحراف از میانگین بارش مورد بررسی قرار گرفت و کیفیت آن‌ها تایید شد. همان‌گونه که از قبل بیان شد برای تصمیم‌گیری در خصوص حضور SOI به عنوان متغیری مستقل در کنار متغیر بارش، نحوه ارتباط مقادیر شاخص استاندارد شده بارش‌های منطقه و شاخص نوسان جنوبی ترسیم شد (شکل ۳). عدم همبستگی کامل بین روند کلی تغییرات بارش و SOI در مطالعات ارزیابی (۱۳۷۹) گزارش شده است. وی بر همبستگی نسبی بین

در نهایت چهار معادله برآورد عملکرد برای هر یک از محصولات جو و گندم آبی و دیم براساس بالاترین ضریب تبیین (R^2) و کمترین میانگین مجذور مربعات خطای نرمال^۱ مطابق معادله ۲ پیشنهاد شد.

$$NRMSE = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_{oi} - Y_{pi})^2}}{\bar{Y}_o} \quad (2)$$

که در آن Y_{oi} مقدار مشاهده شده عملکرد i ام (کیلوگرم در هکتار)، Y_{pi} مقدار برآورد شده i ام (کیلوگرم در هکتار)، \bar{Y}_o میانگین مقدار مشاهده شده (کیلوگرم بر هکتار) و n تعداد داده‌ها است.

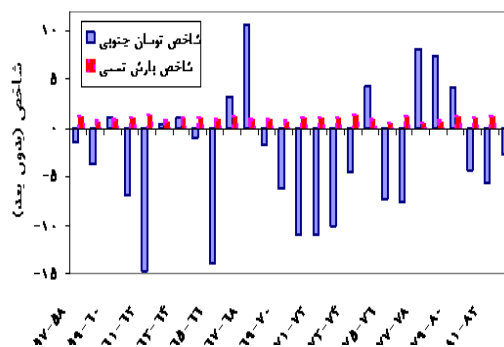
عملیات مدل‌سازی با وارد نمودن همه ۵۱ متغیر اقلیمی و اعمال روش حذف گام به گام^۲، در نرم‌افزار SPSS انجام گرفت. برای مقایسه و ارزیابی مقادیر مشاهداتی عملکرد (Y_{oi}) و برآوردی توسط مدل‌ها (Y_{pi})، از برازش داده‌ها در قالب معادله رگرسیون خطی معادله ۳ استفاده شد:

1 - Normal root mean square error (NRMSE)

2 - Step wise

می‌باشد. در مجموع با لحاظ ۱۷ حالت زمانی برای هر سه عامل اقلیمی، ۵۱ مقدار ضریب همبستگی به دست آمد. نتایج ضرایب همبستگی پیرسون و مقادیر PValue مربوطه، به تفکیک سه عامل اقلیمی بارش، دما و شاخص SOI با عملکرد در جدول ۲ آمده است. براساس جدول ۲ تعداد کل همبستگی‌های معنی‌دار دما، بارش و SOI با عملکرد هر دو محصول به ترتیب ۱۴، ۱۱ و ۳ مورد است. مقادیر Pvalue محاسباتی نیز کمتر از ۰/۰۵ می‌باشد که موید قابل اعتماد بودن الگوهای پیشنهادی است. مثبت بودن ضرایب همبستگی بیان‌گر هم‌سوئی روند تغییرات متغیرهای اقلیمی با عملکرد محصول و منفی بودن آن به معنای معکوس بودن همبستگی در طول دوره آماری است. جدول ۲، نشان می‌دهد بیشترین مقدار همبستگی بارش سالانه با عملکرد گندم دیم و جو دیم به ترتیب ۰/۶۰۴ و ۰/۵۲۴ و در مقیاس ماهانه ۰/۴۶۵ و ۰/۴۴۱ برای ماه آبان حاصل شد. لذا بارش یکی از پارامترهای مهم برای کشاورزی به‌ویژه محصولات دیم است که همبستگی آن با عملکرد محصول گندم دیم در منطقه کرمانشاه از سوی اشرف طلایی و بهرامی (۱۳۸۲) و برای گندم و جو دیم در منطقه گرگان توسط مساعدی و کاهه (۱۳۸۷) گزارش شده است. لیکن بین عملکرد محصولات آبی با بارش در دوره‌های ماهانه همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد که این عدم همبستگی در راستای گزارشات حسین و مدسیر (۲۰۰۷) مبنی بر وابستگی عملکرد به مقدار آبی است که از طریق عملیات آبیاری تأمین می‌شود.

این دو متغیر و عدم همبستگی در برخی از زمان‌ها تأکید داشته است.



شکل ۳- تغییرات هم‌زمان شاخص بارش نسبی و نوسان جنوبی طی دوره مورد مطالعه

شکل ۳ نشان می‌دهد علی‌رغم همبستگی‌های گزارش شده در برخی مطالعات از جمله عزیززی (۱۳۷۹)، هماهنگی کاملی بین مقادیر شاخص بارش سالانه با شاخص SOI مشاهده نمی‌شود. براساس شکل مذکور در سال‌های ۶۰-۵۹، ۶۳-۶۲، ۶۴-۶۳، ۶۶-۶۷، ۶۷-۶۸، ۷۴-۷۵، ۷۷-۷۸، ۷۹-۷۸ و ۸۰-۷۹ روند تغییرات شاخص بارش نسبی با شاخص SOI هم‌سو است، درحالی‌که روند کلی همبستگی بین بارش‌های ایران و شاخص مذکور معمولاً معکوس است. لذا انتخاب عامل SOI به‌عنوان یک متغیر مستقل می‌تواند قابل قبول باشد. ضریب همبستگی هر عامل اقلیمی در سه مقیاس زمانی ماهانه (۱۲ مورد)، فصلی (۴ مورد) و سالانه (۱ مورد) به تعداد ۱۷ مورد، در دو سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ محاسبه شد. در تفسیر نتایج باید یادآور شد که هر چه ضریب همبستگی در سطوح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ معنی‌دار باشد، موید ارتباط قوی بین عوامل مورد بررسی

جدول ۲- نتایج همبستگی بین عملکرد دو محصول گندم و جو با متغیرهای اقلیمی-زمانی

تعداد همبستگی‌های معنی‌دار	گندم								متغیر	مقیاس زمانی
	جو				گندم					
	آبی		دیم		آبی		دیم			
P	r	P	r	P	r	P	r	عامل		
۱	۰/۱۱۰	-۰/۳۲۱	۰/۰۹۸	-۰/۳۳۱	۰/۸۴۴	-۰/۰۴۰	۰/۰۲۴	-۰/۴۴۲*	۱	SOI
--	۰/۷۳۱	-۰/۰۷۱	۰/۹۵۲	-۰/۰۱۲	۰/۴۴۸	-۰/۱۵۶	۰/۶۴۰	-۰/۰۹۶	۱۸	بارندگی
--	۰/۱۷۶	۰/۲۷۴	۰/۳۵۸	۰/۱۸۸	۰/۰۵۷	۰/۳۷۸	۰/۳۲۷	۰/۲۰۰	۳۵	دما
--	۰/۷۸۱	-۰/۰۵۷	۰/۹۳۹	-۰/۰۱۶	۰/۵۷۵	۰/۱۱۵	۰/۵۷۲	-۰/۱۱۶	۲	SOI
۲	۰/۰۷۵	۰/۳۵۵	۰/۰۲۴	۰/۴۴۱*	۰/۲۳۸	۰/۲۴۰	۰/۰۱۷	۰/۴۶۵*	۱۹	بارندگی
--	۰/۱۵۷	۰/۳۸۶	۰/۲۹۱	۰/۲۱۵	۰/۱۸۱	۰/۲۷۱	۰/۵۴۶	-۰/۱۲۴	۳۶	دما
--	۰/۴۴۴	-۰/۱۵۷	۰/۶۱۶	-۰/۱۰۳	۰/۵۹۲	۰/۱۱۰	۰/۶۹۴	-۰/۰۸۱	۳	SOI
--	۰/۳۷۲	۰/۱۸۳	۰/۲۱۰	۰/۲۵۴	۰/۹۲۷	-۰/۰۱۹	۰/۱۹۹	۰/۲۶۰	۲۰	بارندگی
--	۰/۴۹۳	۰/۱۴۱	۰/۴۸۷	۰/۱۴۳	۰/۱۸۸	۰/۲۶۷	۰/۶۷۹	-۰/۰۸۵	۳۷	دما

--	۰/۳۱۵	-۰/۲۰۵	۰/۱۹۵	-۰/۲۶۳	۰/۶۶۱	۰/۰۹۰	۰/۲۸۲	-۰/۲۱۹	۴	SOI	
--	۰/۳۱۰	۰/۲۰۷	۰/۱۲۴	۰/۳۰۹	۰/۵۳۱	-۰/۱۲۹	۰/۳۵۷	۰/۱۸۸	۲۱	بارندگی	دی
۱	۰/۳۱۰	۰/۲۰۷	۰/۴۷۸	-۰/۱۴۵	۰/۰۲۴	۰/۴۴۳*	۰/۰۸۷	-۰/۳۴۲	۳۸	دما	
--	۰/۸۹۱	۰/۰۲۸	۰/۸۶۶	۰/۰۳۵	۰/۶۳۳	۰/۰۹۸	۰/۸۳۸	-۰/۰۴۲	۵	SOI	
--	۰/۸۶۱	-۰/۰۳۶	۰/۹۱۴	۰/۰۲۲	۰/۷۶۱	۰/۰۶۳	۰/۵۵۶	۰/۱۲۱	۲۲	بارندگی	بهمن
۱	۰/۲۴۵	۰/۲۳۷	۰/۴۰۵	-۰/۱۷۱	۰/۰۸۲	۰/۳۴۷	۰/۰۴۶	-۰/۳۹۵*	۳۹	دما	
--	۰/۷۵۳	-۰/۰۶۵	۰/۷۵۶	-۰/۰۶۴	۰/۵۰۴	۰/۱۳۷	۰/۹۰۲	-۰/۰۲۵	۶	SOI	
--	۰/۷۰۱	۰/۰۷۹	۰/۹۵۷	۰/۰۱۱	۰/۴۶۸	-۰/۱۴۹	۰/۴۸۱	-۰/۱۴۵	۲۳	بارندگی	اسفند
۴	۰/۰۲۵	-۰/۴۳۸*	۰/۰۲۴	۰/۴۴۱*	۰/۰۲۵	۰/۴۳۸*	۰/۰۰۵	۰/۵۳۳**	۴۰	دما	
۳	۰/۰۲۷	-۰/۴۳۴*	۰/۰۱۹	-۰/۴۵۶*	۰/۵۷۴	-۰/۱۱۶	۰/۰۲۹	-۰/۴۲۹*	۷	SOI	
--	۰/۴۰۵	۰/۱۷۰	۰/۷۵۶	۰/۰۶۴	۰/۱۵۹	۰/۲۸۵	۰/۲۴۵	۰/۲۶۳	۲۴	بارندگی	فروردین
--	۰/۹۶۰	۰/۰۱۰	۰/۸۶۹	۰/۰۳۴	۰/۶۸۸	۰/۰۸۳	۰/۶۹۰	۰/۰۸۲	۴۱	دما	
--	۰/۱۴۰	-۰/۲۹۷	۰/۶۰۱	-۰/۱۰۸	۰/۲۰۴	-۰/۲۵۷	۰/۴۷۳	-۰/۱۴۷	۸	SOI	
۱	۰/۴۷۵	-۰/۱۴۶	۰/۴۷۳	-۰/۱۴۷	۰/۱۸۲	۰/۲۷۰	۰/۰۴۵	۰/۳۹۶*	۲۵	بارندگی	اردیبهشت
--	۰/۳۲۲	-۰/۲۰۲	۰/۳۲۷	-۰/۲۰۰	۰/۹۷۳	۰/۰۰۷	۰/۱۴۱	-۰/۲۹۷	۴۲	دما	
--	۰/۳۴۱	-۰/۱۹۶	۰/۴۲۵	-۰/۱۶۴	۰/۵۲۳	۰/۱۳۱	۰/۷۸۹	-۰/۰۵۵	۹	SOI	
۱	۰/۱۲۳	۰/۳۰۲	۰/۰۴۹	۰/۳۹۰*	۰/۳۴۷	۰/۱۹۲	۰/۱۰۵	۰/۳۲۶	۲۶	بارندگی	خرداد
--	۰/۲۹۶	-۰/۲۱۳	۰/۲۹۷	-۰/۲۱۳	۰/۸۰۹	-۰/۰۵۰	۰/۰۸۱	-۰/۳۴۹	۴۳	دما	
--	۰/۹۶۷	۰/۰۰۸	۰/۷۷۶	-۰/۰۵۹	۰/۵۹۹	۰/۱۰۸	۰/۷۳۸	-۰/۰۶۹	۱۰	SOI	
--	۰/۵۴۶	۰/۱۲۴	۰/۴۸۲	-۰/۱۴۴	۰/۰۹۹	۰/۳۳۰	۰/۵۶۸	۰/۱۱۷	۲۷	بارندگی	تیر
--	۰/۸۳۵	۰/۰۴۳	۰/۵۹۷	-۰/۱۰۹	۰/۲۵۵	۰/۲۳۱	۰/۶۱۸	-۰/۱۰۳	۴۴	دما	
--	۰/۳۹۴	-۰/۱۷۵	۰/۳۱۶	-۰/۲۰۴	۰/۵۰۸	-۰/۱۳۶	۰/۳۴۰	-۰/۱۹۵	۱۱	SOI	
--	۰/۹۸۹	-۰/۰۰۳	۰/۷۴۵	-۰/۰۶۷	۰/۵۲۴	۰/۱۳۱	۰/۸۱۱	۰/۰۴۹	۲۸	بارندگی	مرداد
--	۰/۰۵۶	۰/۳۷۹	۰/۰۸۵	-۰/۳۴۴	۰/۱۱۹	۰/۳۱۳	۰/۴۴۹	۰/۱۵۵	۴۵	دما	
--	۰/۵۱۷	-۰/۱۳۳	۰/۶۹۹	-۰/۰۷۹	۰/۴۴۸	-۰/۱۵۶	۰/۶۰۴	-۰/۱۰۷	۱۲	SOI	
--	۰/۱۸۰	۰/۲۷۲	۰/۱۸۸	-۰/۲۶۷	۰/۲۵۰	۰/۲۳۴	۰/۴۱۳	۰/۱۶۷	۲۹	بارندگی	شهریور
--	۰/۲۸۱	۰/۲۲۰	۰/۲۷۲	-۰/۲۲۴	۰/۳۲۳	۰/۲۰۲	۰/۴۳۷	۰/۱۵۹	۴۶	دما	
--	۰/۳۴۹	-۰/۱۹۱	۰/۴۳۶	-۰/۱۶۰	۰/۷۳۱	۰/۰۷۱	۰/۲۵۳	-۰/۲۳۳	۱۳	SOI	
۲	۰/۱۵۰	۰/۲۹۱	۰/۰۴۴	۰/۳۹۸*	۰/۶۶۰	۰/۰۹۱	۰/۰۴۸	-۰/۳۹۱*	۳۰	بارندگی	پائیز
۱	۰/۱۲۹	۰/۳۰۵	۰/۲۲۳	-۰/۲۴۷	۰/۰۳۵	۰/۴۱۶*	۰/۳۸۹	۰/۱۷۶	۴۷	دما	
--	۰/۶۶۳	-۰/۰۹۰	۰/۵۹۷	-۰/۱۰۹	۰/۵۶۰	۰/۱۲۰	۰/۶۰۲	-۰/۱۰۷	۱۴	SOI	
--	۰/۴۸۶	۰/۱۴۳	۰/۴۰۳	-۰/۱۷۱	۰/۴۸۶	-۰/۱۴۳	۰/۸۳۱	۰/۰۴۴	۳۱	بارندگی	زمستان
۲	۰/۱۰۷	۰/۳۲۴	۰/۱۷۹	-۰/۲۷۲	۰/۰۱۷	۰/۴۶۳*	۰/۰۱۴	۰/۴۷۶*	۴۸	دما	
۱	۰/۰۴۱	-۰/۴۰۴*	۰/۱۰۰	-۰/۳۳۰	۰/۶۰۵	-۰/۱۰۶	۰/۱۵۰	-۰/۲۹۰	۱۵	SOI	
۲	۰/۱۲۲	۰/۳۱۱	۰/۱۸۵	۰/۲۶۸	۰/۰۲۳	۰/۴۴۶*	۰/۰۰۴	-۰/۵۴۹**	۳۲	بارندگی	بهار
--	۰/۴۴۳	-۰/۱۵۷	۰/۴۸۱	-۰/۱۴۵	۰/۸۹۱	۰/۰۲۸	۰/۳۰۴	۰/۲۱۰	۴۹	دما	
--	۰/۵۹۳	-۰/۱۱۰	۰/۵۴۵	-۰/۱۲۴	۰/۷۳۶	-۰/۰۶۹	۰/۵۱۲	-۰/۱۳۵	۱۶	SOI	
۱	۰/۳۲۵	۰/۲۰۱	۰/۳۷۳	-۰/۱۸۲	۰/۰۴۳	۰/۴۰۰*	۰/۳۸۲	۰/۱۷۹	۳۳	بارندگی	تابستان
--	۰/۱۶۸	۰/۲۷۹	۰/۳۲۲	-۰/۲۰۲	۰/۱۱۰	۰/۳۲۱	۰/۶۴۹	۰/۰۹۴	۵۰	دما	
--	۰/۱۸۲	-۰/۲۷۰	۰/۲۲۵	-۰/۲۴۶	۰/۹۶۴	۰/۰۰۹	۰/۲۰۰	-۰/۲۶۰	۱۷	SOI	
۳	۰/۰۱۹	۰/۴۵۶*	۰/۰۰۶	۰/۵۲۴**	۰/۲۰۲	۰/۲۵۹	۰/۰۰۱	۰/۶۰۴**	۳۴	بارندگی	سال
۴	۰/۰۰۱	۰/۶۱۸**	۰/۰۰۷	۰/۵۱۶**	۰/۰۰۱	۰/۶۱۲**	۰/۰۰۱	۰/۵۹۲**	۵۱	دما	
	۳۰	۵	۷	۷	۱۱	تعداد همبستگی‌های معنی‌دار					

** معنی‌دار در سطح ۰/۰۱، * معنی‌دار در سطح ۰/۰۵

همین ترتیب از جدول ۲ ملاحظه می‌شود که بیشترین مقدار همبستگی سالانه دما ۰/۵۹۲ برای گندم دیم و ۰/۵۱۶ برای جو دیم است. از آن جایی که کشت گندم و جو در پائیز انجام می‌شود و دانه‌ها برای جوانه‌زنی (ورنالیزه شدن) نیاز به

از طرفی بیشترین همبستگی معنی‌دار بین عملکرد با دمای ماه اسفند برای گندم و جو آبی و برای گندم و جو دیم به- ترتیب ۰/۵۳۲ و ۰/۴۴۱ به‌دست آمد و این به دلیل نیاز سرمایی محصولات کشت پاییزه برای جوانه‌زنی است. به-

SOI با عملکرد محصولات است. به عبارت دیگر با افزایش SOI عملکرد محصولات به‌ویژه محصولات دیم کاهش می‌یابد. علت این امر را می‌توان در کاهش بارندگی‌ها و افزایش دمای هوا در صورت افزایش مقادیر SOI دانست که در مطالعات ناظم‌السادات و همکاران (۱۳۸۴) و معتمدی و همکاران (۱۳۸۶) گزارش شده است. به‌منظور نشان دادن دقیق‌تر تأثیر پدیده انسو بر عملکرد محصولات مورد مطالعه، میانگین عملکرد هر محصول در دو فاز از شاخص SOI محاسبه و در جدول ۳ آورده شد.

سرما زمستانه دارند بنابراین همبستگی عملکرد با دمای ماه اسفند برای جوانه‌زدن بذور ضروری و منطقی است (عوض کوچکی، ۱۳۷۲).

با در نظر گرفتن قدرمطلق ۲، بیشترین ضریب همبستگی SOI با عملکرد در تمامی حالات از ۰/۴۵۶- در ماه فروردین برای محصول جو دیم و کمترین آن ۰/۱۳۷+ در ماه اسفند برای محصول گندم آبی متغیر بود که گویای ارتباط مناسب بین شاخص SOI و عملکرد می‌باشد. بررسی‌های جزئی‌تر جدول ۲ نشان می‌دهد در ۸۱ درصد موارد جهت همبستگی‌های SOI منفی است که به معنی همبستگی معکوس شاخص

جدول ۳- متوسط عملکرد گندم و جو در فازهای انسو

فاز	محدوده	گندم (کیلوگرم در هکتار)		جو (کیلوگرم در هکتار)		بارش سالانه (میلی‌متر)	دما (درجه سلسیوس)
		آبی	دیم	آبی	دیم		
الینو	SOI < -۵	۲۲۷۱/۱	۳۶۵/۲	۱۹۵۹/۱	۵۰۹/۱	۳۴۸/۴	۱۱/۵۲
لاتینا	SOI > ۵	۲۶۳۹/۸	۷۹۰	۳۰۱۱	۹۹۰/۵	۴۶۳/۲	۱۰/۵۸
درصد کاهش الینو نسبت به نرمال		-۱۶/۷۴	-۵۱/۹۱	-۲۶/۸۸	-۳۶/۴۲	-۲۴/۸۹	۳/۲۳
درصد کاهش لاتینا نسبت به نرمال		-۳/۲۲	۴/۰۳	۱۲/۳۸	۲۳/۷۲	-۰/۱۱	-۵/۲

کاهش بارش و افزایش دما (جدول ۳) در فاز الینو قابل توجه است. کاهش عملکرد محصولات زراعی در سال‌های الینو در مطالعات لانسینگان و همکاران (۲۰۰۰) برای برنج و هانسن و همکاران (۲۰۰۴) برای محصول گندم گزارش شده است که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. معادله همبستگی بین عوامل مختلف اقلیمی و عملکرد محصولات مورد مطالعه با اجرای روش حذف گام به گام عوامل، در نرم‌افزار SPSS به دست آمد. در مجموع چهار معادله برآورد عملکرد دو محصول گندم و جو در دو نوع کشت آبی و دیم با بیشترین ضریب تعیین و کمترین خطای NRMSE به دست آمد (جدول ۴).

با توجه به جدول ۳ عملکرد محصول در فاز الینو نسبت به فاز لاتینا کاهش یافته است. با توجه به کاهش ۲۵ درصدی سطح نزولات جو و افزایش ۳ درصدی دمای هوا در فاز الینو نسبت به لاتینا انتظار کاهش عملکرد منطقی به نظر می‌رسد. ضمن آن که بیشترین کاهش عملکرد متوجه گندم دیم با ۵۲ درصد کاهش بوده است. این بدان علت است که طول دوره رشد گندم در حدود ۲۰ الی ۳۰ روز طولانی‌تر از طول دوره رشد جو است و تغییرات عوامل اقلیمی برای گندم موثرتر بوده است (خداپنده‌لو، ۱۳۶۴). لذا کاهش بیشتر عملکرد گندم به دلیل بیشتر بودن دوره رشد آن نسبت به جو،

جدول ۴- معادلات رگرسیونی برآورد عملکرد محصولات زراعی از متغیرهای مورد استفاده

معادله	r ²	NRMSE	معادله رگرسیونی پیشنهادی
(۴)	۰/۶۶	۰/۱۹	$Y = 111/28X_{F7} + 14/22X_{F3} - 12/43X_{F2} + 373/22$ عملکرد گندم آبی
(۵)	۰/۸۶	۰/۱۷	$Y = 176X_{F3} + 49/56X_{F4} - 8/78X_{F1} + 61/41X_{F6} + 2/28X_{F5} - 7/98X_{F1} - 646/56$ عملکرد گندم دیم
(۶)	۰/۷۲	۰/۲۸	$Y = 129/01X_{F8} - 42/83X_{F2} - 13/24X_{F3} + 144/33X_{F9} - 626/62$ عملکرد جو آبی
(۷)	۰/۷۴	۰/۱۵	$Y = 3/03X_{F2} + 95/62X_{F8} - 22/52X_{F7} + 22/7X_{F2} - 1087/53$ عملکرد جو دیم

مهر و شهریور در ترکیب با دمای ماه‌های اسفند و آبان و بارش‌های سالانه و اردیبهشت ماه بیشترین تأثیر را دارد. طبق معادله ۷، نقش شاخص SOI در عملکرد جو دیم نیز مشهود است به طوری که شاخص SOI در ماه‌های آبان و فروردین به همراه بارش سالانه و دمای فصل پاییز، ترکیب

همان‌گونه که از معادله ۴ استنباط می‌شود، در مدل رگرسیون چند متغیره تخمین عملکرد گندم آبی، ترکیب سه پارامتر بارش ماه‌های آذر و اردیبهشت و دمای سالانه، با در نظر گرفتن ضرایب ثابت، مناسب‌ترین ترکیب است. در حالی که برای گندم دیم (معادله ۵)، شاخص SOI ماه‌های

با صفر فرض نمودن متغیرهای مستقل، سطح عملکرد در هر دو محصول منفی است. منفی بودن سطح عملکرد می-تواند به معنای عدم وجود هرگونه عملکردی حتی با فراهم بودن سایر شرایط نظیر مدیریت غذایی و مدیریت تکنولوژی باشد. این نتیجه بیانگر وابستگی عملکرد دیم به رطوبت کافی و دمای مناسب در مقایسه با عوامل دیگر مانند دانش فنی و زراعی است.

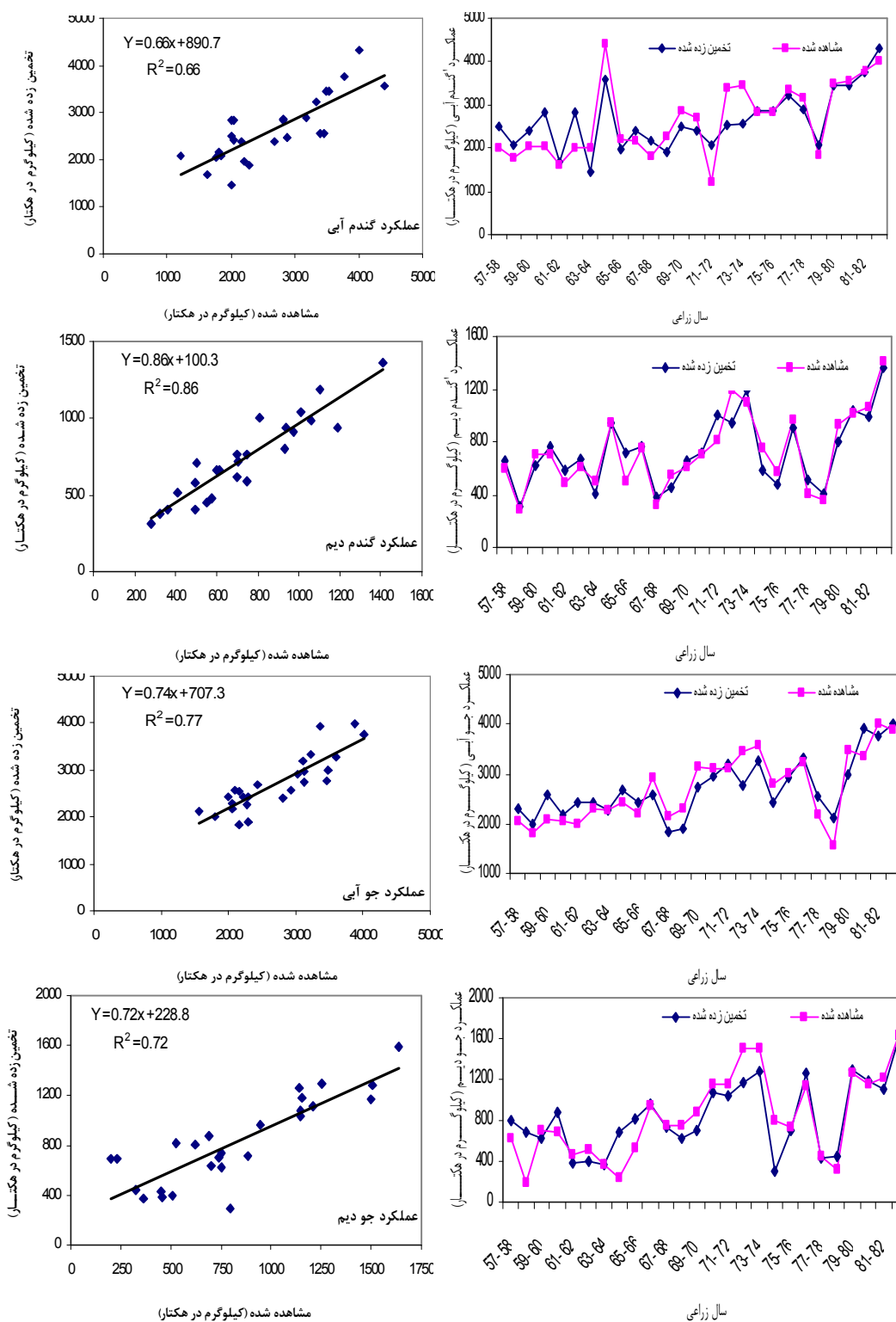
برای مشخص شدن توانایی هر یک از چهار مدل رگرسیونی پیشنهادی، عملکرد محصولات گندم و جو آبی و دیم پیش‌بینی شده توسط مدل‌ها با عملکرد اندازه‌گیری شده مقایسه شد. نتیجه این مقایسه در شکل ۴ به صورت روند تغییرات زمانی در طول دوره آماری و برآزش یک مدل خطی نشان داده شده است.

شکل ۴ نشان می‌دهد، عملکرد گندم دیم برآوردی از مدل رگرسیونی در بیشتر سال‌ها، هم‌خوانی مناسبی با مقادیر مشاهداتی دارد و حتی در برخی سال‌ها مقادیر برآوردی با مقادیر مشاهداتی یکسان است. بالا بودن ضریب تبیین و کم بودن میانگین خطا نیز موید مطلب فوق است.

طبق نتایج شکل ۴، حدود ۶۶ درصد تغییرات عملکرد محصول گندم آبی و ۷۴ درصد از عملکرد جو آبی به دلیل تغییرات متغیرهای مستقل معادله رگرسیونی پیشنهادی است. به همین ترتیب ۸۶ درصد از تغییرات عملکرد گندم دیم و ۷۲ درصد از تغییرات عملکرد جو دیم با تغییر برخی متغیرهای مستقل قابل توجه است. به عبارت دیگر بیش از نیمی از عملکرد گندم و جو آبی و دیم منطقه همدان ناشی تغییرات سه عامل دما، بارندگی و شاخص SOI است. در مجموع از نتایج این تحقیق و نیز تحقیقات قبلی از قبیل قربانی و همکاران (۱۳۸۷) و بازگیر و کمالی (۱۳۸۷) می-توان نتیجه گرفت که وارد کردن شاخص SOI به عنوان متغیر مستقل، برآورد متغیر وابسته عملکرد را بهبود بخشد. در این خصوص می‌توان به نتایج ژانگ و همکاران (۲۰۰۴) و سان و همکاران (۲۰۰۷) نیز اشاره نمود که نقش پدیده انسو در عملکرد برنج و ذرت را گزارش نمودند.

مناسبتی در تخمین عملکرد جو دیم است. در مجموع می-توان نقش پدیده انسو در عملکرد محصولات دیم منطقه را تایید کرد. معادلات ۴ تا ۷ نشان می‌دهند، اثر بارندگی‌های کوتاه‌مدت ماهانه و فصلی بر عملکرد محصولات مورد بررسی بیش از دوره‌های بلندمدت سالانه است. علت این امر را می‌توان در تر یا خشک بودن چند ماه یا فصل از یک سال دانست که در مقیاس سالانه مشخص نمی‌شود. به-عبارت دیگر یک سال پرآب می‌تواند متشکل از یک یا چند فصل تر و خشک باشد که ریزش زمانی مناسب بارش‌ها، عملکرد خوبی از محصولات دیم را به دنبال خواهد داشت. بنابراین افزایش SOI در زمان‌های مقارن با بارش‌های عمومی منطقه مانند فصول زمستان و بهار به دلیل کاهش نزولات جوی اثر معکوسی بر عملکرد محصولات زراعی دارد. در این بررسی همچنین مشاهده شد که دمای ماه-های فصل سرد سال به منظور انجام عمل جوانه‌زنی و حفظ پوشش گیاهی زیر لایه‌ای از برف بر عملکرد نقش مثبتی دارد. بیشترین افزایش عملکرد به مقدار ۱۸۱/۳ کیلوگرم در هکتار از عامل دمای پاییزه ($X_{۴۱}$) برای محصول گندم آبی، ۱۴۴/۳ کیلوگرم در هکتار از عامل دمای فصل بهار ($X_{۴۹}$) و ۱۲۹ کیلوگرم از عامل دمای زمستان ($X_{۴۸}$) برای محصول جو آبی است. احتمالاً تأثیر زیاد دما در مقابل عامل بارندگی به این دلیل است که افزایش دما طول دوره رشد را کاهش می‌دهد. کم شدن اثر بارندگی به دلیل توسعه روش‌های آبیاری، مدیریت بهره‌برداری از آب (باران) و استفاده از گونه‌های مقاوم به خشکی است (حسین و مدسیر، ۲۰۰۷؛ کوکیک و همکاران، ۲۰۰۵).

همان گونه که از معادلات ۴ تا ۷ مشخص است، عرض از مبدا عملکردهای کشت آبی مثبت و عرض از مبدا عملکردهای کشت دیم منفی است. به عبارت دیگر در صورت صفر فرض کردن تأثیر متغیرهای مستقل، عملکرد گندم و جو آبی به ترتیب برابر ۳۷۳/۵ و ۴۲۶/۶ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. بدین ترتیب در کشت‌های آبی در صورت فراهم بودن شرایط حداقل رشد (تامین آب و مواد غذایی)، انتظار عملکرد محصول وجود دارد. اما در مدل‌های عملکرد دیم



شکل ۴- مقایسه مقادیر مشاهده شده و برآورد شده عملکردهای گندم و جو با استفاده از مدل‌های رگرسیون پیشنهادی

نتیجه‌گیری

۵- روحانی س. ۱۳۸۴. تعیین الگوی زراعی بهینه با تاکید بر پایداری منابع آب: مطالعه موردی دشت همدان بهار. پایان‌نامه دکتری، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، دانشگاه تهران، ص. ۲۰۵.

۶- زارع ابیانه ح. عبدالصالحی ا. و کاظمی آ. ۱۳۸۹. مطالعه خوردگی و رسوب‌گذاری آب‌های زیرزمینی دشت همدان بهار. علوم و تکنولوژی محیط زیست. شماره ۲: ۸۹-۱۰۱.

۷- عزیزی ق. ۱۳۷۹. ال‌نینو و دوره‌های خشکسالی-ترسالی در ایران. پژوهش‌های جغرافیایی. ۳۸: ۸۴-۷۱.

۸- عزیزی ق. و یاراحمدی د. ۱۳۸۲. بررسی ارتباط پارامترهای اقلیمی و عملکرد گندم با استفاده از مدل رگرسیونی (مطالعه موردی دشت سیلاخور). پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۴: ۲۹-۲۳.

۹- عوض کوچکی م. ح. ۱۳۷۲. معادله آب و خاک در گیاهان زراعی. جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۶۰ صفحه.

۱۰- فرج‌زاده اصل، م.، کاشکی، ع. و شایان، س. ۱۳۸۸. تحلیل تغییرپذیری عملکرد محصول گندم در رویکرد تغییرات اقلیمی (منطقه مورد مطالعه استان خراسان رضوی). فصلنامه مدرس علوم انسانی. ۱۳ (۳): ۲۲۷-۲۵۶.

۱۱- قاسمی ع. زارع ابیانه ح. امیری چاپچان ر. محمدی ک. معروفی ص. و احمدی م. ۱۳۸۶. مقایسه تبخیر و تعرق (ETO) برآوردی از روش‌های تجربی و شبکه‌های عصبی مصنوعی با داده‌های لایسیمیتری. مجله پژوهش کشاورزی. ۷ (۳): ۲۴۵-۲۵۸.

۱۲- قربانی خ. خلیلی ع. و ایران نژاد پ. ۱۳۸۷. تخمین منطقه ای عملکرد گندم در استفاده از داده‌های بارندگی (مطالعه موردی استان قزوین). مجله فن آوری زیستی در کشاورزی. ۸ (۱): ۸۹-۱۰۲.

۱۳- مساعدی ا. و کاهه م. ۱۳۸۷. بررسی تاثیر بارندگی بر عملکرد محصولات گندم و جو در استان گلستان. علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۵ (۴): ۲۰۶-۲۱۷.

۱۴- معتمدی م. احترامیان ک. و شهاب‌فرع ر. ۱۳۸۶. بررسی ارتباط از دور سیگنال هواشناسی ENSO با نوسانات بارندگی و دما در استان خراسان. علوم محیطی. ۴ (۴): ۷۵-۹۰.

نتایج این مطالعه نشان داد، همبستگی‌های معنی‌داری بین دما، بارش و شاخص SOI با عملکرد محصولات گندم و جو آبی و دیم در منطقه همدان وجود دارد. برای محصولات آبی همبستگی معنی‌داری بین عملکرد و بارش در دوره‌های ماهانه مشاهده نشد. در حالی‌که عامل دمای ماه اسفند بیشترین همبستگی معنی‌دار را برای گندم آبی و جو آبی داشت. مقایسه عملکرد محصولات در فازهای انسو نیز نشان داد میزان عملکرد در فاز انینو نسبت به فاز لانینا کاهش یافته است. ضمن آن‌که بیشترین کاهش عملکرد متوجه گندم دیم با ۵۲ درصد کاهش بوده است.

معادلات رگرسیونی برازش داده شده برای تخمین عملکرد حاکی از آن بود که، در مدل رگرسیون چند متغیره برای تخمین عملکرد گندم آبی، ترکیب سه پارامتر بارش ماه‌های آذر و اردیبهشت و دمای سالانه، مناسب‌ترین ترکیب است. در حالی‌که برای گندم دیم، شاخص SOI ماه‌های مهر و شهریور در ترکیب با دمای ماه‌های اسفند و آبان و بارش‌های سالانه و اردیبهشت ماه بیشترین تاثیر را دارد. نقش شاخص SOI در عملکرد جو دیم نیز مشهود بود به‌طوری‌که شاخص SOI در ماه‌های آبان و فروردین به‌همراه بارش سالانه و دمای فصل پاییز، ترکیب مناسبی در تخمین عملکرد جو دیم بود. در مجموع می‌توان نقش پدیده انسو در عملکرد محصولات دیم منطقه را تأیید کرد.

منابع

۱- اشرف طلایی ع. و بهرامی ن. ۱۳۸۲. بررسی تاثیر بارندگی و درجه حرارت بر عملکرد گندم دیم در استان کرمانشاه. دو فصلنامه علوم خاک و آب. ۱۷ (۱): ۱۱۲-۱۰۶.

۲- بازگیر س. و کمالی غ. ع. ۱۳۸۷. پیش‌بینی عملکرد گندم دیم با استفاده از شاخص‌های هواشناسی کشاورزی در برخی از مناطق غرب کشور. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۵ (۶۴): ۱۱۳-۱۲۱.

۳- حق‌نگهدار ا. ثقفیان ب. و اخترى ر. ۱۳۸۶. بررسی میزان تاثیر پدیده انینو- نوسانات جنوبی بر سیلاب‌های حداکثر سالانه جنوب غرب ایران. آب و فاضلاب. ۶۴: ۶۶-۷۸.

۴- خدابنده‌لون ن. ۱۳۶۴. زراعت غلات. مرکز نشر سپهر. ۴۰۱ صفحه.

- 22-Li A. Liang S. Wang A. and Qin J. 2007. Estimating crop yield from multi-temporal satellite data using multivariate regression and neural network techniques. *Photogrammetric engineering of remoted sensing*, 73 (10): 1149-1157.
- 23-Lobell, D. 2005. Analysis of wheat yield and climatic trend in Mexico, *field crops research*, 94: 250-256.
- 24-Mc.Bride. G. 2005. Using statistician methods for water quality management. John Wiley & Sons, New York.
- 25-Sun L. Li H. and Ward M.N. 2007. Climate Variability and Corn Yields in Semiarid Cearl, Brazil, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 46(2):226-240.
- 26-Tsubo M. and Walker S. 2007. An assessment of productivity of maize grown under water harvesting system in a semi – arid region with special reference to ENSO. *Journal of Arid Environments*, 71: 299-311.
- 27-Troup J.A. 1965. The southern oscillation. *Quart J. Roy. Met. Soc.* 91: 490-506.
- 28-Zhang T. Zhu J. Yang X. and Zhang X. 2008. Correlation changes between rice yield in North and Northwest China and ENSO from 1960 to 2004. *Agricultural and forest Meteorology*, 148:1021-1033.
- 29-Zhang T. Zhu J. Yang X. and Zhang X. 2004. Correlation changes between rice yield in North and Northwest China and ENSO from 1960 to 2004. *Agricultural and forest Meteorology*, 148:1021-1033.
- ۱۵- ناظم‌السادات س.م.ج. سامانی ن. و مولایی نیکو، م. ۱۳۸۴. تغییر اقلیم در جنوب و جنوب غرب ایران از دیدگاه مشاهدات بارش، برهمکنش با پدیده النینو نوسانات جنوبی. *مجله علمی کشاورزی*. ۲۸(۳):۸۱-۹۷.
- ۱۶- ناظم‌السادات س.م.ج. انصاری بصیر م. و پیشوایی م. ۱۳۸۶. ارزیابی سطح معنی داری برای پیش بینی دوران خشکسالی و ترسالی فصل پاییز و شش ماهه سرد ایران براساس وضعیت فازهای تابستانه ENSO. *تحقیقات منابع آب ایران*. ۲۴(۳):۱-۱۲.
- 17-Jones J.w. Hansent J.W. Royce F.C. and Messina C.D. 2000. Potential benefits of climate forecasting to agriculture" *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 82:169- 184.
- 18-Hussain S.S. and Mudasser M. 2007. Prospects for wheat production under changing climate in mountain areas of Pakistan – An econometric analysis. *Agricultural Systems*, 94: 494-501.
- 19- Hansen J.W. Potgieter A. and Tippett M. 2004. Using a general circulation model to forecast regional wheat yields in northeast Australia. *Agricultural and Forest Meteorology*, 127: 77-92.
- 20-Kokic P. Heaney A. Pechey L. Crimp S. and Fisher B.S. 2005. Predicting the impacts on agriculture: a case study. *Climate change* 12 (1): 12-28.
- 21-Lansigan F.P. de los Santos W.L. and Coladilla J.O. 2000. Agronomic impacts of climate variability on rice production in the Philippines. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 82: 129-137.