تعیین مدل تولید اقلیمی عملکرد گندم دیم شمال استان خوزستان

امیر ناصرین[۱]، سید محمد سعید موسوی[۲]

تاریخ ارسال: ۱۳۹۵ /۱۰/۱۸
تاریخ پذیرش:۱۳۹۶/۰۴/۱۹

چکیده

امنیت غذایی به تولید محصولات اساسی کشاورزی از جمله گندم بستگی دارد. در کشت گندم به صورت دیم، پارامترهای اقلیمی همچون دما و بارش تاثیر زیادی بر میزان تولید دارند. در این پژوهش به منظور تعیین توابع اقلیمی در شمال خوزستان از آمار چندساله پارامترهای هواشناسی و نیز عملکرد گندم دیم در شهرستان های دزفول، شوشتر، اندیمشک و مسجدسلیمان استفاده شد. برای تعیین میزان تاثیر پارامترهای مختلف هواشناسی بر عملکرد گندم از روش رگرسیون خطی در مقیاس محلی و منطقه ای استفاده شد. نتایج نشان داد که برای تخمین میزان محصول گندم دیم در شمال خوزستان، مدل های محلی نسبت به مدل منطقه ای به داده های کمتری نیاز دارند. اما، مدل های منطقه ای نسبت به مدل های محلی شهرستان های مختلف دقت کمتری داشتند. همچنین، تحلیل حساسیت انجام شده نشان داد که میانگین دمای حداکثر و بارش در ماه های فصل زمستان نسبت به سایر عوامل اقلیمی حساسیت بیشتری دارند. به علاوه، با افزایش بارش در منطقه میزان محصول افزایش داشت. اما، بهره وری بارش در منطقه در سال های مختلف نوسانات زیادی بین ۰/۰۷ تا ۰/۳۹ کیلوگرم بر متر مکعب بارش داشت. این موضوع لزوم توجه به سایر عوامل مانند عوامل زراعی برای افزایش بهره وری را نشان می دهد.

واژه های کلیدی: بهره وری بارش، تحلیل حساسیت، دما، رگرسیون چند متغیره، ساعات آفتابی

[۱] استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، ۰۹۱۶۹۱۶۳۶۶۵، (amir8480@gmail.com و a.naserin@ramin.ac.ir)، (نویسنده مسئول)

[۲] دانشجوی دکتری، گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران، ۰۹۱۶۰۰۸۶۶۸۶، saeedmoosavi61@yahoo.com

مقدمه

گندم مهمترین محصول در جهت تامین نیاز غذایی است. با توجه به رشد جمعیت در سال‌های آینده نیاز کشور به این ماده تا سال ۱۴۰۰ بیش از ۲۰ میلیون تن در سال تخمین زده شده است که حدود ۳۰ الی ۳۵ درصد آن باید از اراضی دیم و بقیه نیاز از اراضی فاریاب تامین شود (زارع فیض آبادی و همکاران، ۱۳۸۵). میزان تولید گندم در شرایط آبی و دیم به عوامل مختلفی بستگی دارد. با وجود اینکه در کشت گندم آبی مدیریت زراعی مهمترین عامل در تولید محصول به شمار می رود (Lobell et al., 2002). اما، در تولید گندم دیم، عوامل مختلف دیگری مانند ذخیره عناصر غذایی، عوامل فیزیولوژیکی گیاه، مدیریت زراعی و اراضی و عوامل اقلیمی نقش اساسی در عملکرد محصول دارند (Sadras and McDonald., 2012). در این میان، عوامل اقلیمی اهمیت ویژه ای دارند.

با توجه به اهمیت تولید گندم در تامین نیاز غذایی، محققین و متخصصین بسیاری به بررسی تاثیر عوامل اقلیمی بر اجزاء عملکرد گندم پرداخته‌اند. بررسی‌های جامع نشان داده است که در کشت دیم محصولات مختلف، از جمله گندم، تغییرات اقلیمی تا میزان ۸۰ درصد بر میزان محصول تولیدی موثر می‌باشند (Hoogenboom., 2000). در تحقیقی تاثیر پارامترهای اقلیمی بر گندم دیم در کانزاس ایالات متحده بررسی و بیان شد که در مقایسه با سایر پارامترها، تبخیر و بارش تاثیر معنی‌داری بر فرآیند رشد گندم دیم دارد (Norwood., 2000). در ایران هم پژوهش‌هایی در مناطق مختلف انجام شده است. نصابیان و صدرالاشرافی (۱۳۸۳) طی تحقیقی به بررسی تاثیر بارندگی و دما بر عملکرد چند محصول استراتژیک در مناطق مختلف کشور پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که محصول گندم، جو و پنبه آبی به ترتیب در استان‌های لرستان، خراسان و فارس بیشترین واکنش را در برابر افزایش یک درجه سانتی-گراد دما و در خراسان و فارس بیشترین واکنش را در برابر افزایش یک میلی متری بارش دارند.

هاشمی‌نسب خبیصی و همکاران (۱۳۹۲) اثر بارش را بر تولید گندم دیم در ۶ ایستگاه استان های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد میزان بارش تاثیر زیادی بر تولید گندم دیم در منطقه داشته است. این محققان تاکید داشتند که میزان تولید گندم به جز بارش تحت تاثیر عوامل محدود کننده دیگر از جمله دما قرار دارد.

تغییر اقلیم پدیده‌ای جهانی است که کشور ایران هم در معرض وقوع آن قرار دارد. اغلب پیش‌بینی‌های بروز تغییر اقلیم در ایران بیانگر کاهش میزان عملکرد گندم در سال‌های آینده است. در یکی از این موارد با استفاده از روش ریکاردین به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر جنبه‌های اقتصادی تولید گندم در ایران پرداخته شد. برآورد حاصل از پیش‌بینی‌های این تحقیق نشان داد تا ۱۰۰ سال آینده، افزایش دما و کاهش بارش موجب کاهش ۴۱ درصدی در بازده کشت گندم در سطح کشور خواهد شد (واثقی و اسماعیلی، ۱۳۸۷). بنابراین، با توجه ویژه به اهمیت عوامل اقلیمی موثر بر کشت، می‌توان دقت سایر مدل‌های پیش‌بینی را افزایش داد.

به دلیل بالا بودن اهمیت گندم در تامین امنیت غذایی تحقیقات زیادی در زمینه تاثیر پارامترهای اقلیمی در ایران صورت گرفته است. در تحقیقی که در دشت سیلاخور استان لرستان انجام شد تاثیر برخی پارامترهای اقلیمی فصل مرطوب بر گندم دیم را در دشت سیلاخور استان لرستان بررسی شد. از بین این پارامترها، عملکرد گندم با میزان بارش پاییزه و بهاره و تعداد روزهای بارانی دوره مرطوب سال رابطه مستقیم وجود داشت. در حالیکه بین عملکرد گندم دیم و تعداد روزهای یخبندان بهاری و تاخیر در شروع بارش پاییزه ارتباط معکوس وجود داشت (عزیزی و یار احمدی، ۱۳۸۲). همچنین، در پژوهشی دیگر، فیضی اصل و همکاران (۱۳۸۹)، در منطقه مراغه، اثرات عوامل اقلیمی بر عملکرد دانه گندم دیم را با استفاده از ضرایب همبستگی، رگرسیون ساده، رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت بررسی کردند. هر یک از روش‌ها تاثیرات مختلف عوامل اقلیمی را نشان می‌داد.

به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که متوسط دمای سالانه و مجموع بارندگی سال زراعی تاثیر مثبت و تبخیر از تشتک کلاس A و متوسط حداکثر دمای سالیانه تاثیر منفی بر عملکرد گندم داشته است (۹).

در بررسی تاثیرات پارامترهای اقلیمی بر گندم فقط از روش‌های معمول آماری استفاده نشده است. شبکه-های عصبی مصنوعی از جمله روش‌هایی هستند که در پیش‌بینی پدیده های مختلف از جمله تولید محصولات مختلف کشاورزی کاربرد فراوانی دارند. در مقایسه‌ای بین دو روش رگرسیون چند متغیره و شبکه عصبی مصنوعی برای پیش‌بینی عملکرد گندم در قروه استان کردستان مشخص شد که مقدار و نحوه پراکنش بارش و میانگین دمای روزانه مهمترین عوامل در افزایش میزان عملکرد هستند. به نحوی که کوچکترین تغییرات در میزان این پارامترها منجر به ایجاد تغییرات زیاد در عملکرد گندم می شود. همچنین، دقت شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی مقدار محصول گندم تولیدی تایید شد (حسینی و همکاران، ۱۳۸۶). همچنین، در تحقیقی دیگر، در مناطق کوهستانی پاکستان، با استفاده از روش حداقل مربعات تاثیر دو پارامتر اقلیمی بارش و دما را بر عملکرد گندم بررسی شد. نتایج این پژوهش نشان داد افزایش دما تاثیر مثبت بر عملکرد در مناطق با ارتفاع بیشتر داشته و تاثیر منفی بر عملکرد در مناطق با ارتفاع کمتر داشت. همچنین، به‌دلیل فقدان توسعه روش‌های مناسب آبیاری، بارندگی تاثیر مثبتی بر میزان گندم تولیدی داشته است. گرچه، این تاثیر ناچیز بوده است Hussain and Mudassar (2007).

با توجه به شرایط فنولوژیک رشد گندم تفکیک عوامل اقلیمی به دوره‌های مختلف زمانی، امکان بررسی و برآورد بهتری را برای نتیجه‌گیری و تعمیم نتایج مطالعه فراهم می کند. گرچه، در این زمینه به اندازه کافی مطالعات در ایران انجام نشده است. در یکی از این نمونه پژوهش ها، در استان کردستان دوره‌های فنولوژیک رشد گندم بررسی شده و عملکرد آن را با توجه به مراحل مختلف رشد در نقاط مختلف استان را مدلسازی و پیش‌بینی کردند. بنا به نتایج این پژوهش، برای پیش‌بینی عملکرد گندم در هر منطقه، می‌توان مراحل مختلف فنولوژیک را ملاک عمل قرار داد (فرج زاده اصل و همکاران، ۱۳۹۰).

با وجود اینکه گندم از گیاهانی است که در شرایط مختلف اقلیمی قابلیت رشد و نمو دارد، اما معمولاً وجود هوای خنک همراه با رطوبت قابل توجه در اوایل دوره رشد و هوای گرم و خشک در انتهای دوره رشد از نیازهای اقلیمی مورد نیاز آن است (سجادی، ۱۳۶۱). این شرایط در مناطقی همچون خوزستان، با زمستانی خنک و همراه با بارش‌های قابل ملاحظه و بهاری نسبتاً خشک و گرم مهیا است. بنا بر این، با توجه به نوسانات اقلیمی، ممکن است در سال‌هایی این شرایط مناسب، با اختلالاتی همراه شود (پرهمت و همکاران، ۱۳۹۴).

بسیاری از مدل‌های ارائه شده در تحقیقات پیشین به پارامترهای زیادی نیاز دارند که تهیه آن‌ها دشوار و گاهی غیر ممکن است. زودیافت بودن و حداقل نیاز به اطلاعات ورودی در هر مدل، از ویژگی‌هایی ست که استفاده از آن را اقتصادی می‌نماید. بنابراین، تعیین و حذف پارامترهای غیرموثر، راه‌کاری مناسب برای بهینه سازی مدل‌های اقلیمی می‌باشد.

هدف از انجام این تحقیق، تعیین پارامترهای اقلیمی موثر بر تولید گندم دیم در شرایط آب و هوایی شمال خوزستان و ارائه مناسب‌ترین تابع جهت پیش-بینی میزان گندم دیم تولیدی است.

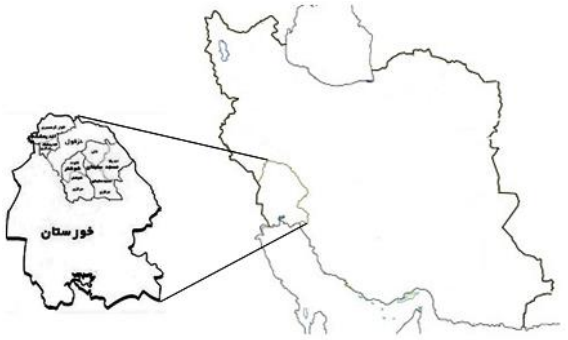
مواد و روش ها

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش، شامل چهار شهر دزفول، شوشتر، مسجدسلیمان و اندیمشک است که در شمال استان خوزستان واقع شده‌اند. در جدول (۱) مختصات شهرهای مورد مطالعه و نیز سال‌های آماری مورد استفاده در دوره محاسبات ارائه شده است. آمار عملکرد تولید گندم دیم و تاریخ‌های معمول کاشت و برداشت از اداره جهاد کشاورزی خوزستان و نیز داده-های اقلیمی از سازمان هواشناسی تهیه شد. در برخی سال‌ها داده‌های عملکرد برخی شهرها موجود نبود. لذا،

از داده‌های اقلیمی سال‌های مذکور در تهیه تابع استفاده نشد. همچنین، به دلیل نزدیکی، داده‌های اقلیمی شهرستان دزفول برای مدلسازی عملکرد گندم در شهرستان اندیمشک استفاده شد. در شکل (۱) موقعیت استان خوزستان و شهرهای مورد مطالعه نشان داده شده است.

جدول (۱): مختصات جغرافیایی شهرهای شمال خوزستان و دوره آماری مورد استفاده

شهرستان	مختصات		ارتفاع از سطح دریا (متر)	دوره آماری (سال)
	طول	عرض		
دزفول	۳۲-۳۸	۴۸-۳۹	۱۴۳	۱۴
شوشتر	۳۲-۰۳	۴۸-۸۳	۶۷	۸
مسجدسلیمان	۳۱-۹۳	۴۹-۲۸	۳۲۰	۱۵
اندیمشک	۳۲-۴۶	۴۸-۳۶	۱۷۴	۱۴



شکل (۱): موقعیت محدوده مورد مطالعه در ایران و استان خوزستان

آمار هواشناسی مورد بررسی شامل دمای حداکثر (T_{max})، دمای حداقل (T_{min})، دمای متوسط (T_{mean})، رطوبت نسبی متوسط (RH_{mean})، ساعات آفتابی (N)، مجموع بارش سالیانه (P_{total})، کل بارش پاییزه (P_{aut})، کل بارش زمستانه (P_{win})، کل بارش بهاره (P_{spr})، شماره روز از شروع سال آبی تا نخستین بارش ۱۰ میلی‌متری (P_{start})، شماره روز از شروع سال آبی تا آخرین بارش ۱۰ میلی‌متری (P_{end})، حداقل‌دمای مطلق ($T_{min-abs}$)، حداکثر دمای مطلق ($T_{max-abs}$)، بارش در ماه‌های آبان، آذر، دی، بهمن، اسفند، فروردین و اردیبهشت (به ترتیب با نمادهای P_{Aban}، P_{Azar}، P_{Dey}، P_{Bah}، P_{Esf}، P_{Far} و P_{Ord})، دماهای حداکثر آبان، آذر، دی، بهمن، اسفند، فروردین و اردیبهشت (به ترتیب با نمادهای $T_{max-Aban}$، $T_{max-Azar}$، $T_{max-Dey}$، $T_{max-Bah}$، $T_{max-Esf}$، $T_{max-Far}$ و $T_{max-Ord}$)، کمبود فشار بخار سالانه و دوره رشد محصول (به ترتیب VPD و VPD_{CS}) بودند.

پس از جمع‌آوری داده‌های مذکور، جهت تولید توابع اقلیمی از روش تجزیه علیت به مولفه‌های اصلی و غیراصلی استفاده شد. به این منظور از بین چند روش رگرسیونی چند متغیره خطی و غیرخطی، روش‌های گام به گام، پیشرو و پسرو استفاده شد. این روش‌ها برای انتخاب مهمترین زیرمجموعه از میان متغیرها در مدل‌های خطی چند متغیره به کار برده می‌شوند. این روش‌ها، ترکیب‌های متفاوت ممکن از متغیرهای پیش-بینی کننده را تولید و بهترین مدل را انتخاب و معرفی می‌کنند.

آماره های مورد استفاده در سنجش خطای مدل

برای تعیین بهترین و مناسب‌ترین معادله از آماره-های مختلفی استفاده می‌شود. در پژوهش حاضر، دقت و صحت معادلات تولیدی با استفاده از آماره‌های ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، کارآیی مدل (EF)، میانگین خطای مطلق (MAE)، میانگین خطای اریبی (MBE) و ضریب تبین (R^2) ارزیابی شد. برای تعیین آماره‌های مذکور از روابط ۱ تا ۵ به شرح زیر استفاده-شد:

$$RMSE = \left(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i-P_i)^2}{n}}\right) \times \frac{100}{\bar{O}} \quad (۱)$$

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n}|O_i - P_i| \quad (۲)$$

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i-\bar{O})^2 - \sum_{i=1}^{n}(O_i-P_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i-\bar{O})^2} \quad (۳)$$

$$MBE = \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n}(O_i - P_i) \quad (۴)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=0}^{n}(P_i-O_i)^2}{\sum_{i=0}^{n}(P_i-\bar{O}_i)^2} \quad (۵)$$

در این روابط، P_i، O_i و $\bar{O}_i$ به ترتیب، مقدار برآورد شده، مقدار واقعی و میانگین مقادیر واقعی عملکرد محصول و n تعداد مشاهدات است.

نتایج و بحث

در جدول (۲) مقادیر میانگین و انحراف معیار پارامترهای مورد استفاده در تحقیق، ارائه شده است. با توجه به مقادیر انحراف معیار ارائه شده در این جدول، بسیاری از پارامترها به ویژه بارش دارای تغییرات بسیاری در طول سال‌های تحقیق بوده‌اند. کاشت گندم در استان خوزستان از نیمه‌های آبان تا اواخر آذر انجام می‌شود و فصل رشد گندم تا اواسط اردیبهشت ادامه دارد. لذا، توزیع بارش‌ها در فصول مختلف بر مراحل مختلف رشد گندم تاثیر زیادی دارند. متوسط بارش سالیانه ۴۳۳/۸ میلی‌متر بود که بارش‌های پاییزه، زمستانه و بهاره در محدوده مورد تحقیق به ترتیب ۱۸/۹، ۵۵/۲ و ۲۵/۹ درصد از بارش‌های سالانه را تشکیل می‌دهند. این موضوع نشان دهنده تمرکز بارش‌ها در فصل زمستان است.

بررسی تاریخ شروع بارش‌ها نشان می‌دهد که به‌طور میانگین بارش‌های بیش از ۱۰ میلی‌متر از اوایل آذر ماه شروع شده و تا دهم فروردین‌ماه به پایان می‌رسند. بنابراین، تاریخ‌های مذکور را می‌توان به عنوان زمان‌هایی مناسب برای اتمام کاشت و شروع برداشت معرفی کرد.

جدول(۲): مقادیر میانگین و انحراف استاندارد پارامترهای اقلیمی مورد استفاده در برآورد مدل اقلیمی شمال خوزستان

پارامتر	میانگین	انحراف	پارامتر	میانگین	انحراف
T_{max}	۳۲/۳	۱/۱	P_{Bah}	۱۰۷/۹	۵۲/۳
T_{min}	۱۷/۹	۱/۷	P_{Esf}	۵۲	۴۱/۸
T_{mean}	۲۵/۱	۱/۱	P_{Far}	۷۶	۷۵/۹۸
$T_{max\text{-}abs}$	۴۹/۶	۱/۱	$T_{max\ Abn}$	۳۲/۸۶	۳/۸
$T_{min\text{-}abs}$	۰/۹۵	۱/۹	$T_{max\ Azr}$	۲۴/۶	۳/۲
N (hr)	۲۹۶۷	۲۱۳	$T_{max\ Dey}$	۱۹/۶	۲/۷
RH_{mean}	۴۵/۲	۶/۱	$T_{max\ Bah}$	۱۷/۲	۱/۶
P_{total}	۴۳۳/۸	۱۵۲/۶	$T_{max\ Esf}$	۱۹/۷	۱/۳
P_{autumn}	۸۳/۹	۹۴	$T_{max\ Far}$	۲۵/۳	۴/۶
P_{winter}	۲۳۹/۶	۱۰۵/۸	VPD cs	۶۱/۳	۱۲/۶
P_{Aban}	۱۵/۸	۲۵/۵	VPD	۳۲۱/۱	۴۷/۶
P_{Azar}	۶۷/۸	۸۷/۱	P_{start}	۶۵	۲۲/۱
P_{Dey}	۹۳/۳	۷۲/۶	P_{end}	۱۹۰	۲۶/۱

برای تعیین تاثیر پارامترهای اقلیمی ذکر شده بر میزان عملکرد گندم دیم از روش رگرسیون چندمتغیره استفاده شد. بدین منظور از روش گام به گام (Stepwise) بهره‌گیری شد. تجزیه واریانس انجام شده نشان دهنده معنی‌داری رگرسیون خطی در سطح یک درصد است (جدول ۳). با توجه به ضریب تبیین ارائه شده در این جدول می‌توان نتیجه گرفت که پارامترهای منتخب می‌توانند بیش از ۸۵ درصد از تغییرات عملکرد دانه گندم را پیش‌بینی نماید.

جدول(۳): تجزیه واریانس رگرسیون چند متغیره برای مدل منطقه ای تولید گندم شهرهای شمال خوزستان (آزمون یک طرفه)

متغیر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F
رگرسیون	۳۷۰۴۰۰۸	۶	۶۱۷۳۳۴	۱۵/۴۴†
باقیمانده	۱۲۳۹۳۲۱	۳۱	۳۹۹۷۸	
کل	۴۹۴۳۳۲۹	۳۷		
R^2_{adj}=۰/۸۵	R^2=۰/۹۰	† در سطح یک درصد معنی داری		

با توجه به اینکه شهرستان‌های شمال خوزستان شرایط اقلیمی متفاوتی دارند، بررسی تاثیر عوامل اقلیمی بر هر یک از این عوامل ضروری است. بنابراین، با استفاده از آزمون‌های آماری، به تفکیک اثر مستقیم این پارامترها در شهرستان‌های دزفول، شوشتر، مسجدسلیمان و اندیمشک بررسی خواهد شد.

تابع تولید شهرستان دزفول:

$$Yield_{Dezfoul} = 6086 - 109.31\ T_{max\text{-}Bah} - 8.41\ P_{start} - 128.24\ T_{max\text{-}Abn} + 0.55\ N \quad (۶)$$

بررسی‌های انجام شده نشان داد که رابطه همبستگی میان پارامترهای دمای حداکثر دی‌ماه (*۰/۶۱-) و دمای حداکثر بهمن‌ماه (*۰/۷۲۴-) با عملکرد دانه، منفی و در سطح پنج درصد معنی‌دار بودند.

تابع تولید شهرستان شوشتر:

$$Yield_{Shoushtar} = 4371.34 - 12.5\ P_{start} - 80.5\ T_{max\ Far} + 2.3\ P_{Dey} \quad (۷)$$

رابطه همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح (٪۱) بین مجموع بارش سالیانه (**۰/۹۲۹) با عملکرد و همچنین رابطه منفی و معنی‌داری (*۰/۸۵۷-) بین شماره روز از شروع سال آبی تا نخستین بارش ۱۰ میلی‌متری (P_{start}) و عملکرد مشاهده شد. در سایر عوامل رابطه معنی‌داری با عملکرد دانه مشاهده نشد. ضریب رابطه رگرسیونی شوشتر نشان داد که ۹۴ درصد تغییرات عملکرد دانه با آن قابل توجیه است. این رابطه از لحاظ آماری معنی‌دار بود. آزمون t برای ضرایب مختلف موجود در این رابطه نشان داد که بین ضرایب شماره روز از شروع سال آبی تا نخستین بارش ۱۰ میلی‌متری (P_{start}) و دمای حداکثر فروردین در سطح یک درصد و بارش دی ماه در سطح پنج درصد رابطه معنی‌دار وجود دارد.

تابع تولید شهرستان مسجد سلیمان:

$$Yield_{Masjed\text{-}soliman} = 8727.284 - 230.119\ T_{max-Abn} - 166.162 T_{max-Bah} + 132 T_{max-esf} + 3.718\ P_{start} - 1.22\ P_{Bah} \quad (۸)$$

بین دمای حداکثر مطلق (**۰/۸۶۲-)، دمای حداکثر آبان‌ماه (*۰/۷۳۶-)، دمای حداکثر دی‌ماه (*۰/۶۶۱-)، دمای حداکثر بهمن ماه (**۰/۷۴۵-)، دمای حداکثر فروردین ماه (*۰/۷۳۲-)، کمبود فشار بخار سالانه و دوره رشد محصول (**۰/۸۰۶-) ، دمای حداقل مطلق (*۰/۶۷۳-) و دمای حداکثر (*۰/۶۵-) با عملکرد دانه رابطه منفی و معنی‌دار و بین بارش دی‌ماه (*۰/۶۳۶+)، کل بارش سالیانه (**۰/۷۹۴+)، بارش پاییزه (*۰/۶۴۸+) و بارش زمستانه (*۰/۷۳۳+) رابطه مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. سایر پارامترها رابطه معنی‌داری با عملکرد نداشتند. با توجه به ضریب تبیین تصحیح شده (۹۹/۵ درصد) این رابطه قابلیت زیادی در تخمین عملکرد با پارامترهای معرفی شده دارد. همچنین نتایج آزمون t نشان داد که ضریب ثابت و ضرایب دماهای حداکثر آبان، بهمن و اسفند و همچنین شماره روز از اول مهرماه تا اولین بارش ۱۰ میلی متری در سطح یک درصد و بارش بهمن ماه در سطح پنج درصد معنی دار هستند.

تابع تولید شهرستان اندیمشک:

$$Yield_{Andimeshk} = 8291.9 - 309.438\ T_{min-abs} - 23.6\ VPD + 1.07\ N - 86.13\ T_{max-abs} - 0.347 P_{Far} + 31.63\ T_{max-Esf} \quad (۹)$$

نتایج نشان داد که در شهرستان اندیمشک رابطه مثبت و معنی‌داری میان متغیر بارش پاییزه (*۰/۶۳۶+) با عملکرد دانه و همچنین رابطه منفی و معنی‌دار میان دمای میانگین (*۰/۶۹۳-)، دمای حداقل (*۰/۷۵-) و کمبود فشار بخار سالانه (*۰/۶۴۸-) با عملکرد دانه گندم وجود دارد. نتایج آزمون آماری نشان داد که ضریب ثابت و ضرایب همه پارامترهای مذکور در سطح یک درصد معنی‌دار هستند.

تابع تولید منطقه ای

$$Yield_{N\text{-}Khouz} = -17.282 + 2.964\ P_{Abn} + 1.302\ P_{total} - 2.449\ P_{Bah} - 165.3\ T_{max-Bah} + 174.05\ T_{max-Esf} - 2.22\ P_{Esf} \quad (۱۰)$$

در مدل منطقه‌ای، رابطه همبستگی میان دمای متوسط (*۰/۳۲۹-)، دمای حداکثر مطلق (*۰/۳۷۷-)، دمای حداقل مطلق (**۰/۴۳۰-)، دمای حداکثر آبان ماه (*۰/۳۷۹-)، دمای حداکثر دی ماه (**۰/۵۴۶-)، دمای حداکثر بهمن ماه (**۰/۵۲۶-)، کمبود فشار بخار دوره رشد محصول (*۰/۳۵۴-) و شماره روز از اول مهرماه تا اولین بارش ۱۰ میلی متری (**۰/۴۷۰-) با عملکرد منفی و معنی‌دار و همچنین رابطه کل بارش سالانه (**۰/۵۱۶+)، بارش پاییزه (**۰/۵۵۱+)، بارش آبان ماه (**۰/۵۵۵+) و بارش دی ماه (*۰/۳۹۶+) با عملکرد مثبت که به لحاظ آماری معنی‌دار بود. سایر متغیرهای اقلیمی همبستگی معنی‌داری با عملکرد نداشتند. نتایج حاصل از همبستگی‌ها نشان داد که مهمترین پارامتر هواشناسی که تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر افزایش عملکرد محصول گندم دیم دارد، بارش آبان ماه است. همچنین پارامترهای دمای حداقل مطلق، دمای حداکثر دی و بهمن ماه رابطه معکوس با عملکرد نشان دادند. بالاترین همبستگی میان بارش آبان ماه و عملکرد حاصل شد.

با انجام آزمون آماری t، ضریب ثابت و ضرایب عوامل هواشناسی بررسی شدند. نتایج نشان داد ضرایب

مجموع بارش سالانه، بارش بهمن، دمای حداکثر بهمن و دمای حداکثر اسفند در سطح یک درصد و بارش اسفند در سطح پنج درصد معنی‌دار بودند. همچنین بارش آبان غیرمعنی‌دار بود. نتایج این آزمون در جدول (۴) ارائه شده است.

جدول (۴): ضرایب تابع اقلیمی گندم و اثر مستقیم و آزمون آماری برای منطقه شمال خوزستان

Sig	T	Standardized Coefficients	Unstandardized Coefficients		Model
		Beta	Std Error	B	
۰/۹۷۷	-۰/۰۲		۶۰۲/۰۹۶	-۱۷/۲۸۲	(Constant)
۰/۰۹۳	۱/۷۳	۰/۱۸۶	۱/۷۱۱	۲/۹۶۴	P_{aban}
۰/۰۰۰	۴/۶۸	۰/۵۴۱	۰/۲۷۸	۱/۳۰۲	P_{total}
۰/۰۰۲	-۳/۳۹	-۰/۳۳۸	۰/۷۲۲	-۲/۴۴۹	P_{bah}
۰/۰۰۰	-۴/۸۳	-۰/۷۱۷	۳۴/۱۶۶	-۱۶۵/۳	$T_{max\text{-}bah}$
۰/۰۰۰	۴/۷۴	۰/۶۱	۳۶/۶۹۶	۱۷۴/۰۵	$T_{max\text{-}esf}$
۰/۰۲۵	-۲/۳۵	-۰/۲۵۹	۰/۹۴۶	-۲/۲۲	P_{esf}

تحلیل حساسیت مدل منطقه‌ای

برای بررسی میزان حساسیت عملکرد نسبت به عوامل اقلیمی، ضرایب حساسیت محاسبه شد. عموماً نتایج حاصل از تحلیل حساسیت به صورت جداول و یا نمودارهایی که بیانگر تغییرات خروجی نسبت به تغییرات ورودی مدل باشند، ارائه می‌شوند. در مدل-های چند متغیره، متغیرهای مختلف، ابعاد متفاوتی دارند. بنابراین، مقایسه نتایج حاصله با استفاده از مشتقات جزئی کاری دشوار است. برای حل این مساله، از ضریب حساسیت بی بعد به صورت زیر استفاده می‌شود:

$$Sv_i = \lim_{\Delta V_i \to 0} \left(\frac{\Delta Yield/Yield}{\Delta V_i/V_i} \right) = \frac{\partial Yield}{\partial V_i} \times \frac{V_i}{Yield} \quad (11)$$

در این رابطه، Svi ضریب حساسیت برای متغیر iام و V متغیر اقلیمی تحلیل شده هستند. برای بررسی مقدار حساسیت خروجی‌های مدل منطقه‌ای نسبت به داده‌های ورودی در حالت‌های تغییر داده‌های ورودی به میزان ۵±، ۱۰± و ۲۰± درصد و ثابت در نظر گرفتن بقیه مولفه‌ها، مقدار خروجی مدل محاسبه شدند (جدول ۵).

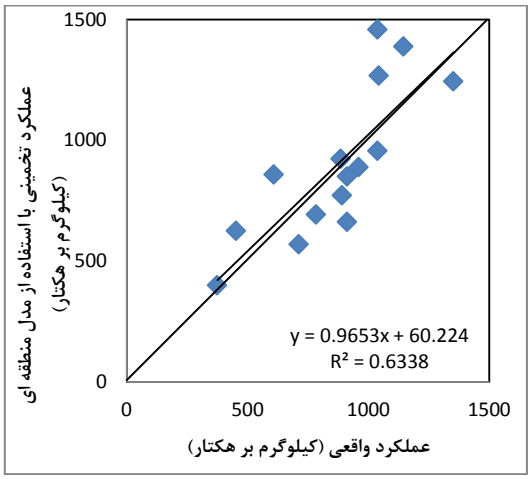
با بررسی نتایج تحلیل حساسیت مدل منطقه‌ای، می‌توان نتیجه گرفت که این مدل نسبت به دمای حداکثر بهمن و اسفند و نیز بارش اسفند ماه بیشترین حساسیت را دارد. پس از آن، به ترتیب مجموع بارش سالانه و بارش بهمن ماه از حساسیت کمتری برخوردارند. همچنین، به‌طور کلی، مدل منطقه‌ای هیچگونه حساسیتی نسبت به بارش آبان ماه نشان نداد. لذا، عدم دقت در سنجش باران و دمای حداکثر اسفند ماه منجر به ایجاد خطای بزرگی در برآورد محصول گندم دیم تولیدی خواهد شد.

جدول(۵): میزان ضریب حساسیت مدل منطقه ای نسبت به پارامترهای ورودی

-۲۰	-۱۰	-۵	۲۰	۱۰	۵	
۰/۶	۰/۷	۰/۶	۰/۸	۰/۸	۰/۸	P_{total}
-۰/۲	-۰/۳	-۰/۳	-۰/۴	-۰/۴	-۰/۳	P_{bah}
۵/۵	۴/۶	۲/۱	۳/۵	۳/۷	۴/۳	P_{esf}
۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	P_{Aban}
-۲/۱	-۲/۷	-۱۱/۰	-۶/۵	-۴/۷	-۳/۷	$T_{max\text{-}bah}$
۵/۸	۴/۸	۲/۲	۳/۶	۳/۸	۴/۴	$T_{max\text{-}esf}$

کارآیی مدل های اقلیمی محلی و منطقه ای

استفاده از یک مدل بدون در نظر گرفتن و بررسی خطاهای حاصله امکانپذیر نیست. میزان خطاهای حاصل از استفاده مدل های اقلیمی محلی و منطقه ای شمال خوزستان در جدول (۶) ارائه شده است. گرچه هر دو نوع مدل قابلیت خوبی در برآورد میزان عملکرد گندم دیم داشتند. اما، با توجه به نتایج ارائه شده در این جدول، عموماً، خطاهای حاصل از مدل‌های محلی کمتر از خطاهای ناشی از مدل منطقه‌ای است. نتیجه مشابهی در منطقه کوهدشت و پلدختر لرستان، برای پیش‌بینی میزان جو دیم به دست آمده است. میانگین مقدار تولید گندم دیم این منطقه در دوره مورد بررسی ۷۹۱ کیلوگرم در هکتار بود (توکلی و همکاران، ۱۳۹۲). شوشتر با ۸۷۹ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را داشت. میزان بهره وری بارش در منطقه بین ۰/۰۷ تا ۰/۳۹ کیلوگرم بر متر مکعب مشاهده شد. البته، میانگین آن ۰/۱۹ بود. در بین شهرستان-های مورد بررسی، به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار بهره‌وری بارش در شوشتر، با حدود ۰/۲۷ کیلوگرم بر متر مکعب و مسجدسلیمان با حدود ۰/۱۵ کیلوگرم بر متر مکعب حاصل شد. میانگین بهره‌وری آب در منطقه بسیار کمتر از مقدار متوسط کشوری (۰/۲۹۲ کیلوگرم بر متر مکعب) است (توکلی و همکاران، ۱۳۹۲). مقایسه بین مقادیر پیش‌بینی شده و مقادیر واقعی عملکرد گندم دیم در منطقه شمال خوزستان در شکل (۲) نشان داده شده است.



شکل (۲): مقایسه عملکرد واقعی و عملکرد پیش بینی شده با مدل منطقه ای شمال خوزستان

صحت‌سنجی کارآیی مدل‌های اقلیمی محلی و منطقه‌ای

برای ارزیابی کارآیی مدل‌های منطقه‌ای و محلی از آماره‌های MBE ، R^2، MAE، RMSE و EF استفاده شد. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول (۷)، به طور کلی در همه آماره‌ها مدل‌های محلی بهتر از مدل منطقه‌ای میزان عملکرد محصول گندم دیم را برآورد می‌کند. وجود ناهمگنی‌ها در شرایط اقلیمی و توپوگرافی موجب بروز ناهمگنی در مدل‌ها شده است. به نحوی که در شرایط مشابه، میزان محصول تولیدی ارائه شده توسط مدل منطقه‌ای بسیار کمتر از مدل محلی مشاهده بود. بر اساس این برآورد، مدل‌های محلی در همه شهرستان‌های شمال خوزستان کارآیی مناسبی در تخمین عملکرد محصول گندم داشتند.

جدول (۶): خطای ناشی از به کارگیری مدل های اقلیمی محلی و منطقه ای تولید گندم دیم در شهرهای شمال خوزستان

سال زراعی	شهرستان	بارش	عملکرد (کیلوگرم بر هکتار)	بهره وری بارش (Kg/m^3)	بر مبنای مدل محلی			بر مبنای مدل منطقه ای		
					عملکرد تخمینی (Kg/ha)	اختلاف عملکرد واقعی و تخمینی	درصد خطای نسبی	عملکرد تخمینی (Kg/ha)	اختلاف عملکرد واقعی و تخمینی	درصد خطای نسبی
۱۳۷۵-۷۶	دزفول	۴۶۴/۷	۵۰۶	۰/۱۱	۴۹۷	۹	۲	۴۳۳/۸	۷۳	۱۴
۱۳۷۶-۷۷	دزفول	۶۸۸/۴	۱۱۶۳	۰/۱۷	۱۱۸۴	-۲۱	-۲	۱۳۰۸/۸	-۱۴۶	-۱۳
۱۳۷۷-۷۸	دزفول	۵۰۵/۲	۳۶۲	۰/۰۷	۳۵۶	۶	۲	۴۴۸/۱	-۸۶	-۲۴
۱۳۷۸-۷۹	دزفول	۲۲۸/۳	۴۷۰	۰/۲۱	۵۶۱	-۹۱	-۱۹	۳۵۱/۲	۱۱۹	۲۵
۱۳۷۹-۸۰	دزفول	۴۵۷/۸	۸۷۴	۰/۱۹	۸۷۷	-۳	۰	۸۸۲/۲	-۸	-۱
۱۳۸۰-۸۱	دزفول	۴۸۱/۱	۱۱۳۷	۰/۲۴	۱۰۵۸	۷۹	۷	۱۲۵۹/۵	-۱۲۳	-۱۱
۱۳۸۱-۸۲	دزفول	۲۷۴/۶	۶۰۵	۰/۲۲	۶۳۸	-۳۳	-۵	۷۴۱/۷	-۱۳۷	-۲۳
۱۳۸۲-۸۳	دزفول	۴۳۲/۵	۵۳۷	۰/۱۱	۵۱۸	-۲۳	-۵	۳۵۷/۴	۱۳۸	۲۸
۱۳۸۳-۸۴	دزفول	۴۶۱	۷۶۲	۰/۱۷	۶۷۲	۹۰	۱۲	۷۲۴/۲	۳۸	۵
۱۳۸۴-۸۵	دزفول	۴۳۲/۵	۶۷۹	۰/۱۱	۵۱۸	-۲۳	-۵	۳۵۷/۴	۱۳۸	۲۸
۱۳۸۵-۸۶	دزفول	۴۴۳	۱۰۴۶	۰/۲۴	۱۱۰۰	-۵۴	-۵	۱۲۷۶/۸	-۲۳۱	-۲۲
۱۳۷۴-۷۵	شوشتر	۴۰۰	۸۵۹	۰/۲۱	۸۱۱	۴۸	۶	۶۶۱	۱۹۸	۲۳
۱۳۷۵-۷۶	شوشتر	۲۳۸	۶۲۵	۰/۲۶	۶۶۲	-۳۷	-۶	۳۵۴	۲۷۱	۴۳
۱۳۷۶-۷۷	شوشتر	۴۴۹	۱۴۶۱	۰/۳۳	۱۴۷۹	-۱۸	-۱	۱۴۳۶	۲۶	۲
۱۳۷۷-۷۸	شوشتر	۳۳۶	۶۵۶	۰/۲۰	۶۶۸	-۱۲	-۲	۵۷۴	۸۱	۱۲
۱۳۷۸-۷۹	شوشتر	۱۳۳	۳۱۷	۰/۲۴	۳۰۶	۱۰	۳	۵۲۹	۲۱۲	-۶۷
۱۳۷۹-۸۰	شوشتر	۳۱۷	۷۸۸	۰/۲۵	۷۹۲	-۳	۰	۸۴۳	-۵۵	۷-
۱۳۸۰-۸۱	شوشتر	۳۷۴	۱۴۴۸	۰/۳۹	۱۴۳۱	۱۶	۱	۱۱۸۷	۲۶۰	۱۸
۷۰- ۱۳۶۹	مسجد سلیمان	۳۲۹	۶۲۴	۰/۱۹	۶۰۱	۲۳	۴	۳۸۸	۲۳۶	۳۸
۱۳۷۰-۷۱	مسجد سلیمان	۵۴۲/۲	۱۲۷۹	۰/۲۴	۱۲۷۹	۰	۰	۱۱۰۱	۱۷۸	۱۴
۱۳۷۱-۷۲	مسجد سلیمان	۹۰۷	۸۶۷	۰/۱۰	۸۷۰	-۳	۰	۱۰۷۳	-۲۰۶	-۲۴
۱۳۷۲-۷۳	مسجد سلیمان	۲۸۶	۳۴۶	۰/۱۲	۳۵۳	-۷	-۲	۳۹۵	-۴۸	-۱۴
۱۳۷۳-۷۴	مسجد سلیمان	۶۲۹	۷۵۴	۰/۱۲	۷۳۰	۲۳	۳	۹۶۰	-۲۰۷	-۲۷
۱۳۷۴-۷۵	مسجد سلیمان	۵۴۴	۸۳۲	۰/۱۵	۸۳۲	۰	۰	۶۶۶	۱۶۷	۲۰
۱۳۷۵-۷۶	مسجد سلیمان	۳۵۸	۵۹۲	۰/۱۷	۶۱۸	-۲۷	-۴	۴۴۵	۱۴۶	۲۵
۱۳۷۶-۷۷	مسجد سلیمان	۵۹۸	۸۴۵	۰/۱۴	۸۵۴	-۹	-۱	۱۰۰۷	-۱۶۲	-۱۹
۱۳۷۷-۷۸	مسجد سلیمان	۴۱۱	۴۲۸	۰/۱۰	۴۱۳	۱۵	۳	۳۱۹	۱۰۹	۲۵
۱۳۷۸-۷۹	مسجد سلیمان	۲۰۵	۳۳۷	۰/۱۶	۳۴۶	-۹	-۳	۴۳۵	-۹۸	-۲۹
۱۳۷۳-۷۴	اندیمشک	۴۹۵	۸۶۲	۰/۱۷	۸۶۲	۰	۰	۹۶۱	-۹۹	-۱۱
۱۳۷۴-۷۵	اندیمشک	۴۷۹	۸۷۵	۰/۱۸	۸۸۲	-۶	-۱	۸۹۱	-۱۵	-۲
۱۳۷۵-۷۶	اندیمشک	۴۶۵	۳۸۸	۰/۰۸	۳۹۵	-۷	-۲	۵۵۷	-۱۷۰	-۴۴
۱۳۷۶-۷۷	اندیمشک	۶۸۸	۱۵۹۰	۰/۲۳	۱۵۹۹	-۹	-۱	۱۲۹۲	۲۹۸	۱۹
۱۳۷۷-۷۸	اندیمشک	۵۰۵	۳۶۱	۰/۰۷	۳۷۰	-۱۰	-۳	۴۱۴	-۵۳	-۱۵
۱۳۷۸-۷۹	اندیمشک	۲۲۸	۴۲۵	۰/۱۹	۱۶۲	۲۶۳	۶۲	۶۲۴	-۱۹۹	-۴۷
۱۳۷۹-۸۰	اندیمشک	۴۵۸	۷۲۶	۰/۱۶	۷۳۴	-۸	-۱	۷۸۵	-۵۹	-۸
۱۳۸۰-۸۱	اندیمشک	۴۸۱	۱۵۵۶	۰/۳۲	۱۵۶۷	-۱۱	-۱	۱۱۳۵	۴۲۱	۲۷
۱۳۸۱-۸۲	اندیمشک	۲۷۵	۸۳۴	۰/۳۰	۸۴۲	-۸	-۱	۶۴۹	۱۸۵	۲۲
۱۳۸۲-۸۳	اندیمشک	۴۳۲	۳۸۲	۰/۰۹	۴۰۱	-۱۹	-۵	۴۸۳	-۱۰۰	-۲۶

جدول (۷): مقدار آماره های ارزیابی مدل های محلی و منطقه ای شمال استان خوزستان

	RMSE	EF	MAE	MBE	R2
دزفول	۶/۷۷	۰/۹۶۴	۳۷/۰۳	۱/۰۸	۰/۹۶۴
شوشتر	۲/۸۹۹	۰/۹۹۵	۲۰/۷۸	۰/۶۲۲	۰/۹۹۵
مسجد سلیمان	۲/۱۷	۰/۹۹۷	۱۱/۶۶	۰/۷۸۶	۰/۹۹۶
اندیمشک	۱/۲۲	۰/۹۹۹	۸/۲۸	-۸/۲۸	۰/۹۹۹
منطقه‌ای	۲۳/۰۸	۰/۷۰۷	۱۵۰/۵۴	-۱۹/۳۶	۰/۶۰۰

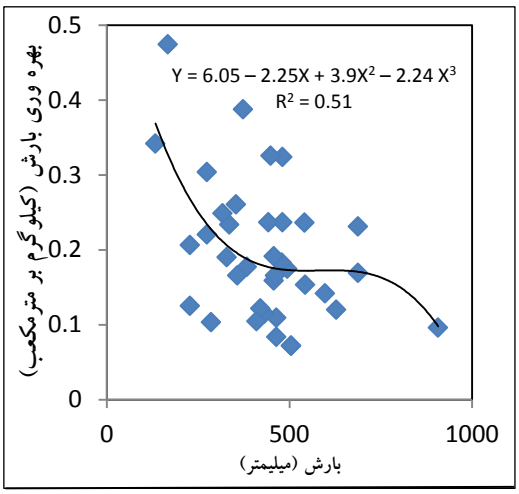
همچنین، برای آزمون مدل، در شهرهای دزفول، مسجدسلیمان و اندیمشک چهار سال و در شهرستان شوشتر سه سال عملکرد زراعی گندم دیم در خارج از سال های مورد استفاده در تولید مدل مورد استفاده قرار گرفت.

جدول(۸): کاربرد مدل شمال استان خوزستان برای پیش بینی عملکرد گندم دیم داده های خارج از دوره آماری رگرسیون گیری

شهرستان	سال زراعی	عملکرد واقعی (Kg/ha)	عملکرد تخمینی (Kg/ha)	خطای نسبی (درصد)
اندیمشک	۸۶-۸۵	۱۲۴۴	۱۳۵۳	-۹
اندیمشک	۸۷-۸۶	۱۳۸۸	۱۱۴۵	۱۸
اندیمشک	۸۸-۸۷	۱۴۵۹	۱۰۳۹	۲۹
اندیمشک	۸۹-۸۸	۶۶۲	۹۱۲	-۳۸
مسجدسلیمان	۸۰-۷۹	۶۹۳	۷۸۴	-۱۳
مسجدسلیمان	۸۱-۸۰	۱۲۶۸	۱۰۴۳	۱۸
مسجدسلیمان	۸۲-۸۱	۵۷۰	۷۱۳	-۲۵
مسجدسلیمان	۸۳-۸۲	۴۰۰	۳۷۵	۶
دزفول	۷۴-۷۳	۸۸۹	۹۶۱	-۸
دزفول	۷۵-۷۴	۷۷۲	۸۹۱	۱۵
دزفول	۸۷-۸۶	۹۵۶	۱۰۳۹	-۹
دزفول	۸۸-۸۷	۸۵۰	۹۱۲	-۷
شوشتر	۸۲-۸۱	۸۵۹	۶۹	۲۹
شوشتر	۸۳-۸۲	۶۲۵	۴۵۳	۲۷
شوشتر	۸۴-۸۳	۹۲۴	۸۸۶	۴

همانطور که در جدول (۸) ملاحظه می شود، مقدار عملکرد برآورد شده در شهرستان های مورد مطالعه قدری با مقادیر واقعی تفاوت دارد. شهرستان دزفول به طور میانگین برآورد های بهتری نسبت به سه شهرستان دیگر داشت و برآوردها در شهرستان اندیمشک دقت کمتری داشت. همچنین، کمترین مقدار خطای پیش بینی مدل در شهرستان شوشتر و سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳ به میزان فقط ۴ درصد بود.

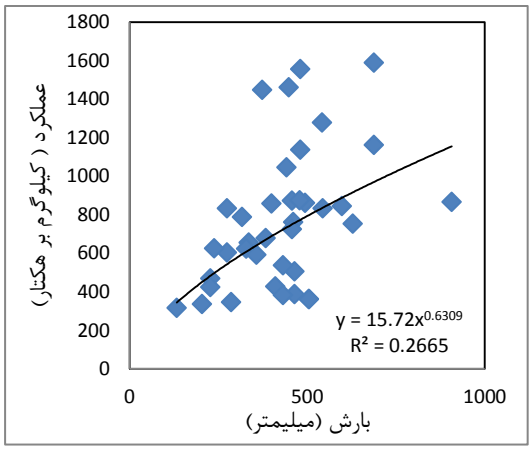
بهره وری بارش به مقولات بسیاری بستگی دارد. مدیریت زراعی، به ویژه عملیات خاک ورزی، تاثیر به سزایی در استفاده بهینه از نزولات جوی دارند. در شکل (۳) رابطه بین بارش و بهره وری بارش نشان داده شده است. بر این اساس، در صورت کمبود بارش و میل آن به سمت صفر (نه عدم بارش) بهره وری زیاد شده است. زیرا گرچه محصول تولیدی کم است، اما چون در بارش های کم رواناب به حداقل می رسد، بیشتر بارش دریافتی به مصرف گیاه خواهد رسید. در بارش های متوسط بهره وری حالت میانه را داشته و بعد به تدریج با افزایش بارش به دلیل تبدیل بارش به رواناب، حجم قابل توجهی از بارش دریافتی به رواناب تبدیل شده و از دسترس گیاه خارج خواهد شد.



شکل (۳): رابطه بین بارش و بهره وری بارش

با افزایش بارش در منطقه شمال خوزستان عملکرد گندم دیم به صورت خطی افزایش یافته است (شکل ۴). گرچه، پراکنش داده ها موجب شده تا ضریب همبستگی پایینی حاصل شود. با توجه به اینکه در این منطقه فصل کشت دیم با دوره بارش غالب همزمان است، افزایش بارش موجب افزایش تامین آب

مورد نیاز گیاه می شود. به علاوه، چون به لحاظ آماری با افزایش میزان بارش بر مقدار پراکنش آن در زمان نیز افزوده می شود، افزایش بارش موجب تامین آب در دوره زمانی بیشتری خواهد شد. علاوه بر تامین آب بیشتر برای رشد گیاه، افزایش بارش ها با کاهش ساعات آفتابی تناسب داشته و سبب کاهش تبخیر خواهد شد.



شکل (۴): رابطه بین بارش سالانه و عملکرد گندم دیم در شمال خوزستان

پارامترهای اقلیمی نوسانات زیادی دارند و پیش بینی برخی از آنها همچون بارندگی دشوار است. در چنین شرایطی عملکرد محصول هم در سال های مختلف و حتی متوالی هم دچار تغییرات زیادی می شود. از بین این پارامترها، اجزا پارامتر دما تاثیر زیادی بر توابع محلی داشته اند. به گونه ای که تقریبا در همه توابع اجزا دما حضور دارند و در این توابع بارش تاثیرگذاری کمتری دارد. علیرغم وجود این موضوع، در تابع منطقه ای علاوه بر اجزا دما، اجزا بارش هم موثر هستند. این موضوع نشان می دهد که تغییر در اندازه گستره جغرافیایی موجب تغییر در برآورد اجزا تاثیرگذار بر تابع اقلیمی خواهد شد. با توجه به خطای نسبی بیشتر تابع منطقه ای نسبت به تابع محلی، استفاده از تابع تولید محلی اولویت دارد. دلیل بروز این خطا ناهمگنی در شرایط جغرافیایی و خاک علیرغم نزدیکی این مناطق است.

پارامترهای مختلف اقلیمی بر رشد اندام‌های مختلف گندم و در نهایت عملکرد آن موثر هستند. اما، بارش و دمای هوا با تاثیر بر رطوبت و دمای خاک بیش از سایر اجزا می تواند عملکرد گندم دیم را تحت تاثیر قرار دهند (طلیعی، ۱۳۷۸). به طور کلی، درجه حرارت و بارش با تاثیر بر رشد اندام‌های رویشی و نیز زایشی بویژه ریشه، بر جذب آب و مواد غذایی توسط گندم تاثیر دارند. با توجه به عدم وجود یخبندان های شدید در منطقه، بارش ها در کل دوره کشت مورد استفاده گیاه قرار گرفته و به رشد گیاه کمک می کند. از این رو، علیرغم اینکه تاخیر در بارش در مناطق دارای یخبندان بر عملکرد گندم دیم تاثیرگذار است (عزیزی و یار احمدی، ۱۳۸۲)، اما در این منطقه تاخیر در بارش های پاییزه منجر به تاثیر زیادی بر محصول در منطقه نشده است.

نتیجه گیری

استفاده از توابع اقلیمی در امور مختلف، به ویژه کشاورزی، موجب تسهیل امر پیش بینی تولید و برنامه‌ریزی برای تامین مواد غذایی می شود. گندم به عنوان اصلی ترین ماده غذایی در ایران بیش از سایر محصولات کشاورزی مورد توجه است. با توجه به اینکه بخش بزرگی از گندم به صورت دیم تولید شده و وابسته به عوامل اقلیمی است، تهیه تابع اقلیمی در سطح محلی و منطقه ای امکان پیش‌بینی در سطح شهرستان‌های شمال‌استان‌خوزستان را فراهم می کند. نتایج تحقیق نشان داد که در همه شهرستان ها، توابع تولید محلی نسبت به تابع منطقه‌ای به داده‌های ورودی کمتری نیاز دارند. به علاوه، این توابع با دقت بیشتری نسبت به تابع منطقه ای عملکرد گندم دیم را برآورد می‌کنند. همچنین، در هر یک از توابع، عوامل مختلف اقلیمی دخالت داشته‌اند که بیشترین آنها را اجزا دما تشکیل داده‌اند. تحلیل حساسیت صورت گرفته نشان داد که دمای‌حداکثر و بارش اسفند ماه و دمای حداکثر بهمن ماه بیشترین تغییرات را در تابع اقلیمی منطقه ای ایجاد خواهند کرد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از معاونت پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان به دلیل حمایت‌هایشان تشکر به عمل می آورند.

منابع

پرهمت، ج.، ط. رضیئی، و س. رحیمی بندرآبادی. ۱۳۹۴. بررسی توزیع زمانی و مکانی خشکسالی هواشناسی در جنوب غرب کشور؛ مطالعه موردی حوضه کرخه. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال ۵، شماره ۱۹، ص ۷۹-۶۰.

توکلی، ع.، ع. لیاقت، و ز. اکبری. ۱۳۹۲. بررسی نقش پارامترهای اقلیمی بر عملکرد دانه گندم در مناطق دیم کوهدشت و پلدختر استان لرستان. مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، شماره ۵۴ (۴)، ص ۱۴-۱.

توکلی، ع.، ع. لیاقت، و ا. علیزاده. ۱۳۹۲. توابع تولید برای برآورد عملکرد دانه گندم دیم در مناطق سرد و نیمه سرد استان لرستان. مجله پژوهش آب در کشاورزی(ب) جلد ۲۷، شماره۱، ص ۱۷-۱.

حسینی، س. م. ط.، ع. سی و سه مرده، پ. فتحی، و م. سی و سه مرده. ۱۳۸۶. کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی و رگرسیون چند متغیره در برآورد عملکرد گندم دیم منطقه قروه استان کردستان. پژوهشهای کشاورزی: آب، خاک و گیاه در کشاورزی، شماره ۷(۱)، ص ۵۴-۴۱.

زارع فیض آبادی، ا.، ع. کوچکی و م. نصیری. ۱۳۸۵. بررسی روند ۵۰ ساله تغییرات سطح زیر کشت، عملکرد و تولید غلات در کشور و پیش بینی وضعیت آینده. مجله پژوهشهای زراعی ایران. شماره ۴(۱)، ص ۷۰-۴۹.

سجادی، ا.، ۱۳۶۱. فیزیولوژی رشد و نمو گندم .مؤسسه تحقیقات خاک و آب .نشریه شماره ۶۲۲. ۳۳ صفحه.

طلیعی، ع. ا. ۱۳۷۸. گزارش نهایی الگو و احتمالات ریزش بارندگی و تاثیر آن بر عملکرد دیمزارها. انتشارات مرکز تحقیقات کشاورزی کرمانشاه. ۷۰ صفحه.

عزیزی، ق.، و د. یاراحمدی. ۱۳۸۲. بررسی ارتباط پارامترهای اقلیمی و عملکرد گندم با استفاده از مدل رگرسیون. مطالعه موردی دشت سیلاخور. پژوهش های جغرافیایی. شماره ۴۴، ص ۲۹-۲۳.

فرج زاده اصل، م.، ا. خورانی، س. بازگیر و پ. ضیائیان. ۱۳۹۰. مدل سازی و پیشبینی عملکرد گندم دیم با توجه به دوره های فنولوژیکی رشد گیاه. (مطالعه ی موردی: استان کردستان). پژوهش های جغرافیای طبیعی. شماره ۷۶، ص ۳۴-۲۱.

فیضی اصل، و.، ج. جعفرزاده، ب. عبدالرحمنی، س. ب. موسوی و ا. کریمی. ۱۳۸۹. مطالعه اثرات عوامل اقلیمی بر روی عملکرد دانه گندم دیم رقم سرداری در منطقه مراغه. نشریه پژوهشهای زراعی ایران. شماره ۸ (۱)، ص ۱۱-۱.

نصابیان، ش و م. صدرالاشرافی. ۱۳۸۳. بررسی تأثیر بارندگی و دما بر عملکرد محصولات استراتژیک زراعی. مجله علوم کشاورزی. شماره ۱۰، ص۵۰-۳۵.

واثقی، ا و ع. اسماعیلی. ۱۳۸۷. بررسی اثر اقتصادی تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی ایران: روش ریکاردین (مطالعه موردی: گندم). مجله علوم و فنون طبیعی و منابع کشاورزی. شماره ۱۲(۴۵)، ۶۹۶-۶۸۵.

هاشمی نسب خبیصی، ف.، م. موسوی بایگی، ب. بختیاری و م. بنایان اول. ۱۳۹۳. اثر بارش بر عملکرد گندم دیم و شاخص رضایتمندی نیاز آبی در مقیاس زمانی مختلف. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال ۵، شماره ۱۷، ص ۱۳-۱.

Gong, L., C. Y. Xu, D. Chen, S. Halldin, and Y. D. Chen. 2006. Sensitivity of the Penman–Monteith reference evapotranspiration to key climatic variables in the Changjiang (Yangtze River) basin. Hydrology, 329(3): 620–629.

Hoogenboom, G. 2000. Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its applications. Agricultural and Forest Meteorology.,103:137–157.
Hussain, S. S. and M. Mudassar. 2007. Prospects for wheat production under changing climate in mountain areas of Pakistan – An econometric analysis. Agricultural Systems, 94: 494–501.
Lobell, D. B., J. I. Ortiz-Monasterio, C. L. Adams and G. P. Asner. 2002. Soil, climate and management impacts on regional wheat productivity in Mexico from remote sensing. Agricultural and Forest Meteorology, 114: 31-43.
Norwood, C. A. 2000. Dry land Winter Wheat as Affected by Previous Crops. Agronomy Journal, 23: 48-53.
Sadras, V. O. and G. McDonald. 2012. Water use efficiency of grain crops in Australia: principles, benchmarks and management. CSIRO, Australia. 27 pp.

Determining Climatic Model of Rain-fed Wheat Yield at North of Khouzestan Province

Amir Naserin[1], Seyed Mohammad saeed Mousavi[۲]

Abstract:

Food security depends on production of basic agricultural crops such as wheat. In rain-fed wheat cultivation, climatic parameters such as temperature and rainfall have much effect on the wheat production. In this research, multi-year meteorological parameters and rain-fed wheat production data of Dezful, Shooshtar, Andimeshk and Masjed-Soleiman counties were used to determine the climatic model production at north of Khouzestan province. To estimate the amount of the effect of different meteorological factors on wheat yield, the linear regression methods at the local and regional scales were used. The findings showed that for estimation of wheat yield, local models need less data model than the regional ones. However, in comparison the local models had more accuracy than the regional model. Also, sensitivity analysis showed that, the mean of maximum temperature and that of precipitation of winter months were most sensitive parameters on wheat yield. In addition, wheat yield increases by the increase in the rain fall. But, rainwater productivity has had wide fluctuation between 0.07 to 0.39 kg/m3 in various years in the region. This shows that more attention should be paid to other factors such as farming factors for increasing rainwater productivity.

Keywords: Analysis Sensitivity, Multivariate Regression, Rain Water Productivity, Sunshine-Duration, Temperature.

[1] Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Rural Development, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, amir8480@gmail.com & a.naserin@ramin.ac.ir (Corresponding Author)

[2] PhD Student at Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Water Science Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran, saeedmoosavi61@yahoo.com