

## تخمین منطقه‌ای عملکرد گندم دیم با استفاده از داده‌های بارندگی (مطالعه موردی استان قزوین)

خلیل قربانی<sup>۱\*</sup>، علی خلیلی<sup>۲</sup> و پرویز ایران‌نژاد<sup>۳</sup>

### چکیده

تغییرات شدید در وضع هوا و اقلیم موجب تغییرات عمده در میزان بازده محصول می‌شود. تحقیقات بسیاری در زمینه نقش هر یک از عناصر جوی روی عملکرد و اجزاء عملکرد توسط پژوهش‌گران مختلف با دیدگاه هواشناسی کشاورزی انجام پذیرفته است. بررسی روابط بین محصول و عوامل جوی موضوعی است که از گذشته مورد توجه پژوهش‌گران بوده است و امروزه از چنین روابطی برای پیش‌بینی عملکرد استفاده می‌شود. در پژوهش حاضر که بر روی واحدهای شهرستان استان قزوین طی یک دوره آماری ۱۱ ساله بین سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۸۱ انجام شده است، تاثیر مقدار بارش در مقاطع زمانی مختلف بر عملکرد گندم دیم مورد بررسی قرار گرفته است. به این صورت که بر اساس داده‌های بارش روزانه ایستگاه‌های هواشناسی موجود در منطقه ضمن تهیه نقشه‌های هم‌بارش و استفاده از نقشه‌های کاربری اراضی در محیط GIS، مقدار بارش روی واحدهای زراعی شهرستان‌های مورد مطالعه محاسبه گردید. در مرحله بعد، در طول فصل رشد گندم، مقدار بارندگی طی دوره‌های مشخص از فصل رشد گندم به صورت متغیر تعریف گردید. به این ترتیب جمعاً ۷۶ متغیر بارش تعریف شد و همبستگی بین میزان عملکرد و این متغیرها در هر شهرستان تحت آزمون قرار گرفت. بررسی نشان می‌دهد که متغیرهایی که مجموع بارش شش ماه اول سال زراعی را تا ۲۰ روز بعد از آن شامل بودند بهترین همبستگی را برای بیان تغییرات عملکرد با بارش عاید می‌سازند.

واژه‌های کلیدی: عملکرد گندم دیم، قزوین، نقشه‌های هم‌بارش، واحدهای زراعی، GIS

۱ و ۲. به ترتیب دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی و استاد گروه آبیاری، دانشکده مهندسی آب و خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج

۳. استادیار گروه فیزیک فضا، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران

\* نویسنده مسوول

تخمین منطقه‌ای عملکرد گندم دیم با استفاده از داده‌های بارندگی ...

نتیجه گرفتند که تغییرات بارش بزرگ‌ترین عامل تغییرات محصول می‌باشد.

بالا و همکاران (۱۹۷۵) طی سال‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۰ در منطقه مارتون واسار مجارستان اثر متغیرهای اقلیمی را بر عملکرد گندم زمستانه مورد بررسی قرار دادند. این متغیرها شامل بارندگی و ساعات آفتابی در منطقه مطالعاتی بود. نتایج این پژوهش نشان داد که یک همبستگی منفی بین بارندگی و عملکرد محصول وجود دارد و با ساعات آفتابی همبستگی معنی‌داری نشان نداد. سیف و پدرسون (۱۹۷۸) و واینن (۱۹۸۴) همبستگی بالایی بین عملکرد گندم بهاره با بارش بهاره در والز جنوبی گزارش کردند.

گلانت (۱۹۹۶) رابطه بین عملکرد گندم زمستانه را با بارندگی و درجه حرارت طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۶ مورد بررسی قرار داد و به وجود یک همبستگی منفی بین میانگین درجه حرارت سالانه و عملکرد گندم پی برد و نتیجه گرفت که بارش سالانه و ماهانه هیچ تاثیری بر عملکرد ندارد.

چمیلوسکی و بوتس (۱۹۹۶) رابطه بین متغیرهای اقلیمی نظیر حداکثر، متوسط و حداقل ماهانه درجه حرارت و نیز بارندگی ماهانه با عملکرد گندم را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که بارندگی مهم‌ترین عامل در تولید دانه گندم است و در تمام ماه‌های سال بین بارندگی و عملکرد همبستگی منفی وجود دارد.

لاندا<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۰) در طی پژوهش‌های خود به اثرات منفی بارش قبل و در طول دوره گلدهی و نیز دوره پرشدن دانه، خطر یخبندان‌های بهاری، اثر مثبت دما در دوره پرشدن دانه و اثر مثبت تابش در طول دوره گلدهی اشاره دارد.

در ایران نیز هاشمی (۱۳۵۲)، مجموع بارش شهریور تا اوائل تیر، بارش از هنگام کاشت گندم تا اوائل تیر، بارش موثر (بارانی است که بعد از حذف مقدار آبی از بارندگی که در سطح جاری می‌شود و نیز مقدار آبی که به داخل زمین نفوذ می‌کند به‌جای باقی می‌ماند) و توازن آبی را برای پیش‌بینی عملکرد گندم دیم به کار برد

در بسیاری از کشورهای جهان از روابط بین محصول و عوامل جوی استفاده می‌کنند و با شناسایی متغیرهای اقلیمی تاثیر گذار بر میزان عملکرد محصول و تعیین میزان اهمیت هر یک از آن‌ها مدل‌هایی تهیه می‌کنند که برای تخمین میزان عملکرد محصول به کار می‌رود. در این مدل‌ها روابط بین عناصر جوی و عملکرد نهایی مورد توجه قرار می‌گیرد. از تحقیقاتی که در این زمینه انجام شده است می‌توان به مدل شرایط جوی-بازده گندم (رابرتسون<sup>۱</sup>، ۱۹۷۴)، مدل پیش‌بینی عملکرد گندم (فیرهرم<sup>۲</sup> و همکاران، ۱۹۸۱)، مدل رگرسیون چندگانه واکنش عملکرد گندم به شرایط محیطی (لاندا<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۰)، مدل پیش‌بینی عملکرد گندم (ری<sup>۴</sup> و همکاران، ۱۹۹۷)، تعیین عملکرد گندم دیم با استفاده از مدل ساده بیلان آب-خاک (ویکتور<sup>۵</sup> و همکاران، ۱۹۸۷)، مدلسازی میزان عملکرد محصول گندم دیم با توجه به پارامترهای اقلیم‌شناسی کشاورزی (زرین، ۱۳۷۹)، پیش‌بینی عملکرد گندم دیم با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی (صفا و خلیلی، ۱۳۸۲) اشاره کرد.

تخمین منطقه‌ای تولید گندم یکی از نیازهای اساسی برنامه‌ریزی‌های اقتصادی برای موازنه تولید و واردات و در برخی از کشورها صادرات آن می‌باشد. راهکارها و روش‌های مختلفی برای حصول به این منظور ارائه شده است که در بسیاری از آن‌ها بارش به عنوان یکی از متغیرهای اساسی در نظر گرفته شده است. به طوری که کرنیش (۱۹۵۰) نشان داد که حدود ۶۵ درصد از تغییرات عملکرد سالانه گندم در جنوب استرالیا با مجموع بارش از ماه آوریل تا اکتبر قابل تفسیر است. هم‌چنین سینگ و همکاران تغییر پذیری عملکرد گندم را در ۵۷ کشور و در طول مدت ۳۵ سال (۱۹۵۱-۱۹۸۶) مورد تجزیه و تحلیل قرار داده‌اند و با محاسبه ضریب تغییرات، تغییرپذیری عملکرد را تخمین زده و

1. Robertson
2. Feyerherm
3. Lunda
4. Ray
5. Victor

6. Landau

محصول آرایه کند. مدل مدیوای اصلاح شده با استفاده از اطلاعات مربوط به رقم الموت ارزیابی شد و به‌طور کلی جواب رضایت بخشی نیز برای این رقم نشان داد. با توجه به اهمیت تغییرات میزان محصول گندم در اثر عامل بارندگی، هدف این پژوهش بررسی تاثیر بارش بر عملکرد گندم در طول مدت رویش در مناطق مطالعاتی شامل شهرستان‌های قزوین و تاکستان می‌باشد تا در صورت وجود رابطه‌ای معنی‌دار، از آن برای تخمین عملکرد گندم استفاده گردد.

### مواد و روش‌ها

#### جمع‌آوری داده‌ها

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش واحدهای زراعی شهرستان‌های قزوین و تاکستان واقع در استان قزوین بود که برای تعیین واحدهای زراعی هر شهرستان، از نقشه کاربری اراضی که با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ترسیم شده‌اند و مشخص کننده محدوده زمین‌های زراعی دیم و آبی است استفاده گردید (شکل ۱).

هر چه تعداد ایستگاه‌های هواشناسی دارای آمار معتبر، بیشتر باشد برآورد منطقه‌ای بارش با دقت بالاتری انجام می‌گیرد. بر این اساس از داده‌های تمام ایستگاه‌های موجود در منطقه، پس از کنترل کیفیت آن‌ها، استفاده شده است. ایستگاه‌های مورد مطالعه در این پژوهش عبارت بودند از: ایستگاه‌های سینوپتیک و اقلیم شناسی متعلق به سازمان هواشناسی کشور و ایستگاه‌های باران‌سنجی مربوط به وزارت نیرو (جدول ۱ و شکل ۱).

داده‌های عملکرد گندم از واحد آمار وزارت کشاورزی و اطلاعات مرتبط با تاریخ کشت، فصل رشد گندم و تاریخ مراحل مختلف فنولوژی گندم (جدول ۲) از واحد طرح گندم وزارت کشاورزی برای واحدهای مطالعاتی تهیه شد.

و نتیجه گرفت که بالاترین ضریب همبستگی وقتی که عملکرد به بارندگی مدت رویش ربط داده شده است و کوچک‌ترین ضریب همبستگی در رابطه بین عملکرد و توازن آبی به‌دست می‌آید.

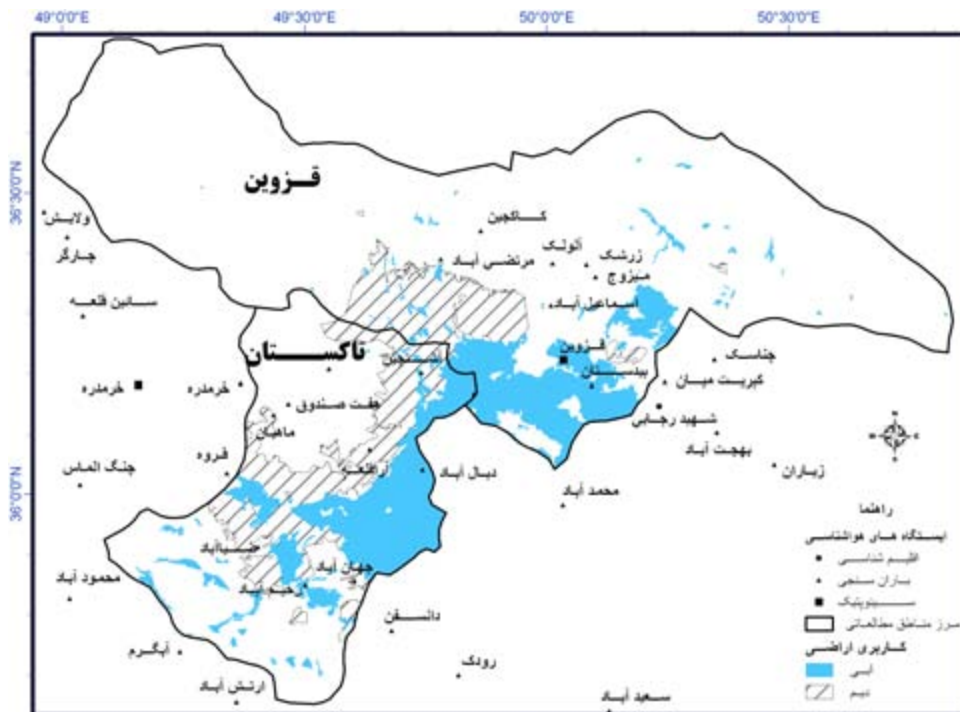
مظفری (۱۳۸۰) به ارزیابی قابلیت‌های محیطی کشت گندم دیم از دیدگاه اقلیم شناسی کشاورزی در استان کرمانشاه پرداخت. نتایج حاصل از همبستگی بین عناصر و پارامترهای هواشناسی هر مرحله با میزان عملکرد گندم نشان داد که بیشترین میزان تاثیر شرایط جوی در عملکرد گندم دیم به میزان بارش سه مرحله رویشی ساقه رفتن، گلدهی و خوشه‌رفتن وابسته است. میزان همبستگی بارش مراحل رویشی ساقه‌رفتن و گلدهی با عملکرد به ترتیب ۰/۸۵ و ۰/۸۵ در سطح اطمینان ۹۹ درصد و با میزان بارش مرحله خوشه‌دهی ۰/۷۳۳ در سطح اطمینان ۹۵ درصد است.

اشرف طلایی و بهرامی (۱۳۸۲) تاثیر بارندگی و دما بر عملکرد گندم دیم را در استان کرمانشاه بررسی کردند و دریافتند که بارندگی بیش از دما بر عملکرد گندم دیم موثر است و افزایش بارندگی در اواخر دوره رشد اثر بیشتری نسبت به افزایش بارندگی در اوایل دوره رشد دارد. به‌طوری‌که میزان بارندگی فروردین و اردیبهشت نیمی از تغییرات عملکرد گندم دیم در این منطقه را توجیه می‌کند.

سپاسخواه و همکاران (۱۳۸۵) طی پژوهشی در سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۱ در منطقه‌ی مراغه، به آزمون و اصلاح مدل مدیوای<sup>۱</sup> برای گندم زمستانه رقم سبلان (دیم و آبی) اقدام نمودند. مدل مدیوای برای مواقعی که میزان بارش (بهاره و تابستانه تا زمان برداشت) بیش از حد معینی باشد احتمالاً به‌دلیل بروز بیماری‌های گیاهی مانند زنگ گندم جواب رضایت بخشی از خود نشان نداد. مقادیر این حد آستانه ۱۴۰ میلی‌متر شناخته شد و مدل برای این منظور نیز اصلاح گردید. بدین ترتیب، مدل اصلاح شده توانست برای گندم آبی و دیم سبلان در منطقه مراغه حتی در سال‌هایی که بروز بیماری احتمالاً باعث کاهش عملکرد می‌شود پیش‌بینی خوبی از میزان

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	نوع ایستگاه	ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	نوع ایستگاه
۱	آبگرم	۴۹/۳۰	۳۵/۷۵	باران‌سنجی	۲۰	زرشک	۵۰/۱۰	۳۶/۴۲	باران‌سنجی
۲	آراقعه	۴۹/۶۷	۳۶/۱۰	باران‌سنجی	۲۱	زیاران	۵۰/۵۰	۳۶/۱۰	باران‌سنجی
۳	آشتجین	۴۹/۷۷	۳۶/۲۳	باران‌سنجی	۲۲	سائین قلعه	۴۹/۰۷	۳۶/۳۰	باران‌سنجی
۴	آلولک	۵۰/۰۳	۳۶/۴۲	باران‌سنجی	۲۳	سعید آباد	۵۰/۱۸	۳۵/۶۸	باران‌سنجی
۵	ارتش آباد	۴۹/۴۲	۳۵/۶۷	باران‌سنجی	۲۴	شهید رجایی	۵۰/۲۵	۳۶/۱۸	اقلیم‌شناسی
۶	اسماعیل آباد	۴۹/۸۸	۳۶/۲۰	باران‌سنجی	۲۵	ضیاآباد	۴۹/۴۵	۳۵/۹۳	باران‌سنجی
۷	اسماعیل آباد	۵۰/۰۳	۳۶/۳۵	باران‌سنجی	۲۶	قروه	۴۹/۳۸	۳۶/۰۵	باران‌سنجی
۸	بهجت آباد	۵۰/۳۸	۳۶/۱۵	باران‌سنجی	۲۷	قزوين	۵۰/۰۵	۳۶/۲۵	سینوپتیک
۹	بیدستان	۵۰/۱۲	۳۶/۲۲	باران‌سنجی	۲۸	کاکجین	۴۹/۸۸	۳۶/۴۷	باران‌سنجی
۱۰	جهان آباد	۴۹/۶۵	۳۵/۸۸	باران‌سنجی	۲۹	کانشکین	۴۹/۵۸	۳۶/۲۳	باران‌سنجی
۱۱	چارگر	۴۹/۰۳	۳۶/۴۳	باران‌سنجی	۳۰	کبریت میان	۵۰/۲۷	۳۶/۲۳	باران‌سنجی
۱۲	چناسک	۵۰/۳۷	۳۶/۲۷	باران‌سنجی	۳۱	ماهیان	۴۹/۴۷	۳۶/۱۵	باران‌سنجی
۱۳	چنگ الماس	۴۹/۰۸	۳۶/۰۲	باران‌سنجی	۳۲	محمد آباد	۵۰/۰۷	۳۶/۰۲	باران‌سنجی
۱۴	خرمدره	۴۹/۴۰	۳۶/۲۰	باران‌سنجی	۳۳	محمود آباد	۴۹/۰۷	۳۵/۸۳	باران‌سنجی
۱۵	خرمدره	۴۹/۱۸	۳۶/۱۸	سینوپتیک	۳۴	مرتضی آباد	۴۹/۸۰	۳۶/۴۲	باران‌سنجی
۱۶	دانسفن	۴۹/۷۳	۳۵/۸۰	باران‌سنجی	۳۵	میزوج	۵۰/۱۲	۳۶/۴۰	باران‌سنجی
۱۷	دیال آباد	۴۹/۷۸	۳۶/۰۷	باران‌سنجی	۳۶	ولایش	۴۹/۹۸	۳۶/۴۷	باران‌سنجی
۱۸	رحیم آباد	۴۹/۵۵	۳۵/۸۷	باران‌سنجی	۳۷	هفت صندوق	۴۹/۵۰	۳۶/۱۷	باران‌سنجی
۱۹	رودک	۴۹/۸۷	۳۵/۷۳	باران‌سنجی					



شکل ۱: نقشه شبکه ایستگاه‌های هواشناسی و کاربری اراضی شهرستان قزوین و تاکستان

جدول ۲: تاریخ مراحل فنولوژی گندم در شهرستان‌های قزوین و تاکستان

مراحل فنولوژی گندم	کاشت	شروع پنجه زنی	شروع ساقه دهی	خوشه دهی	رسیدگی کامل
تاریخ مراحل فنولوژی گندم	بیستم مهر	بیست و پنجم آبان	بیستم فروردین	بیست و پنجم اردیبهشت	دهم تیر

شروع ساقه دهی، از شروع ساقه دهی تا خوشه دهی و از خوشه دهی تا رسیدگی کامل دانه) در نظر گرفته شد (جدول ۲) و متوسط بارش هر دوره و دوره‌های متوالی آن‌ها محاسبه گردید. به این ترتیب نه متغیر بارش بر اساس دوره‌های فنولوژی تعریف شد (جدول ۳).

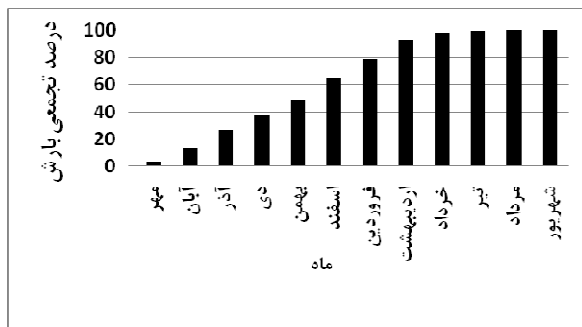
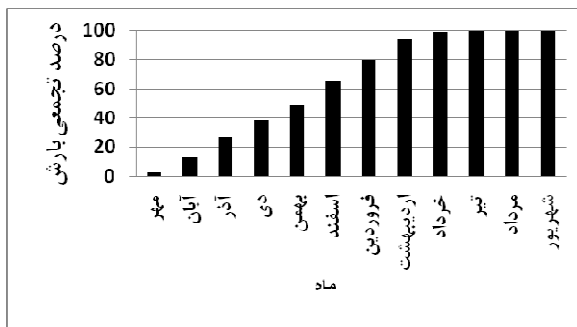
تعیین متغیرهای بارش بر مبنای رژیم‌های دمایی معین یک گروه دیگر از متغیرهای بارش تحت رژیم‌های دمایی معین تعریف گردید. به این ترتیب تاریخ متوسط عبور از دمای حداقل صفر به عنوان مبدا بارش موثر اختیار شد و متغیرهای بارش به شکل سه تا نه دهه (ده روز) متوالی از مبدأ مذکور تعریف شدند. همچنین بر مبنای تاریخ حقیقی عبور از دمای حداقل صفر در هر سال نیز متغیرهای دیگری از بارش بر اساس رژیم‌های دمایی تعیین شدند (به‌طور متوسط، حداقل دمای روزانه در مناطق دیم‌کاری شهرستان‌های قزوین و تاکستان به- ترتیب از دهه سوم اسفند و دهه دوم اسفند به بالاتر از صفر می‌رسد). با توجه به این‌که بارندگی قبل از شروع رشد موثر می‌تواند در تامین رطوبت خاک برای دوره‌های بعدی مفید باشد، بارندگی‌های یک تا سه دهه قبل از شروع فعالیت حیاتی مذکور نیز منظور گردید و به این ترتیب گروه جدیدی از متغیرهای بارش تعریف شد.

### استخراج میانگین بارش ۱۰ روزه برای واحدهای زراعی هر شهرستان

بر اساس مختصات جغرافیایی (طول و عرض جغرافیایی) ایستگاه‌ها، نقشه شبکه ایستگاه‌های هواشناسی در محیط GIS تهیه گردید و نقشه‌های هم‌بارش ده روزه با توجه به کوچک بودن مقیاس زمانی و عدم برقراری رابطه معنی‌داری بین بارش ده روزه با ارتفاع با استفاده از روش درونیابی (عکس مجذور فاصله‌ها) ترسیم شد. برای هر سال زراعی ۳۶ نقشه هم-بارش ده روزه (۴۵۰ نقشه برای کل دوره مطالعاتی) در فرمت رستر (گرید) تهیه و با تلاقی این نقشه‌ها با نقشه کاربری اراضی، مقدار متوسط بارندگی دوره‌های ده روزه برای واحدهای زراعی دیم و آبی هر شهرستان برآورد گردید. بر این اساس، میانگین منطقه‌ای بارش بر روی واحدهای زراعی دیم طی دروره مطالعاتی در شهرستان قزوین ۳۴۰ و شهرستان تاکستان ۲۸۰ میلی‌متر در سال برآورد گردید. الگوی بارش در مناطق مطالعاتی طبق شکل ۲ از نوع مدیترانه‌ای که فصل بارش مطابق با فصول سرد سال و تابستان فصل خشک می‌باشد.

### تعریف متغیرهای بارش از دوره‌های مختلف فصل رشد

تعیین متغیرهای بارش بر اساس دوره‌های فنولوژی بر اساس اطلاعات موجود چهار دوره رشد گندم (از کاشت تا شروع پنجه دهی، از شروع پنجه دهی تا



شکل ۲: درصد تجمعی بارش ماهانه منطقه‌ای شهرستان قزوین (سمت چپ) و شهرستان تاکستان (سمت راست)

تخمین منطقه‌ای عملکرد گندم دیم با استفاده از داده‌های بارندگی ...

منظور شده است، متغیرهایی که ترکیب دوره‌های متوالی فنولوژی را شامل می‌شوند هم‌چنین متغیری که بر اساس بارش کل سال زراعی تعریف شده است بالاترین ضرایب همبستگی را با عملکرد دارند. بررسی متغیرهایی که بر اساس دوره‌های فنولوژی تعریف شده‌اند نشان می‌دهد که به ترتیب بارش‌های دوره‌های دوم، سوم و اول فنولوژی بیش‌ترین همبستگی و دوره چهارم فنولوژی کم‌ترین همبستگی را با عملکرد دارند. هم‌چنین با بررسی ضرایب همبستگی عملکرد با متغیرهایی که بر اساس دوره‌های متوالی فنولوژی تعریف شده‌اند متوجه می‌شویم که متغیرهایی که در ترکیب خود از بارش دوره چهارم فنولوژی استفاده کردند (مانند متغیرهای T234 و T1234) از همبستگی‌شان با عملکرد کاسته می‌شود. این نتیجه خوبی است چون چند ماه قبل از برداشت محصول می‌توان عملکرد گندم را تخمین زد. البته باید متذکر شد که بیش از ۹۰ درصد بارش سالانه (سال آبی) مطابق شکل ۲ طی دوره اول تا سوم فنولوژی صورت می‌گیرد و بارش دوره چهارم فنولوژی کمتر از ۱۰ درصد بارش سالانه می‌باشد. در بین متغیرهای که تحت رژیم‌های دمایی معین تعریف شدند همبستگی قابل قبولی با عملکرد مشاهده نشد زیرا این متغیرها حجم زیادی از بارش دوره دوم فنولوژی را که بالاترین همبستگی را با عملکرد دارد در بر نمی‌گیرند لذا اهمیت بارش طی دوره رویش گیاه مشخص می‌شود.

متغیرهای بارش از شش ماه اول سال زراعی تا پایان فصل رشد

بارش شش ماه ابتدای سال زراعی (از اول مهر تا آخر اسفند) بعنوان یک متغیر دیگر تعریف شد. سپس با افزودن بارش دوره‌های ده روزه (تا نه دوره که برابر سه ماه فرض شده است) بعد از آن به بارش شش ماه ابتدای سال زراعی، متغیرهای جدید تعریف گردید. در پایان، بارش کل سال زراعی نیز به عنوان متغیری دیگر در نظر گرفته شد. به این ترتیب، در مجموع ۷۶ متغیر بارش تعریف شد. هدف مطالعه حاضر جستجوی متغیر بارشی از میان متغیرهای تعریف شده است که بهترین رابطه را با بازده (عملکرد) محصول بدست دهد.

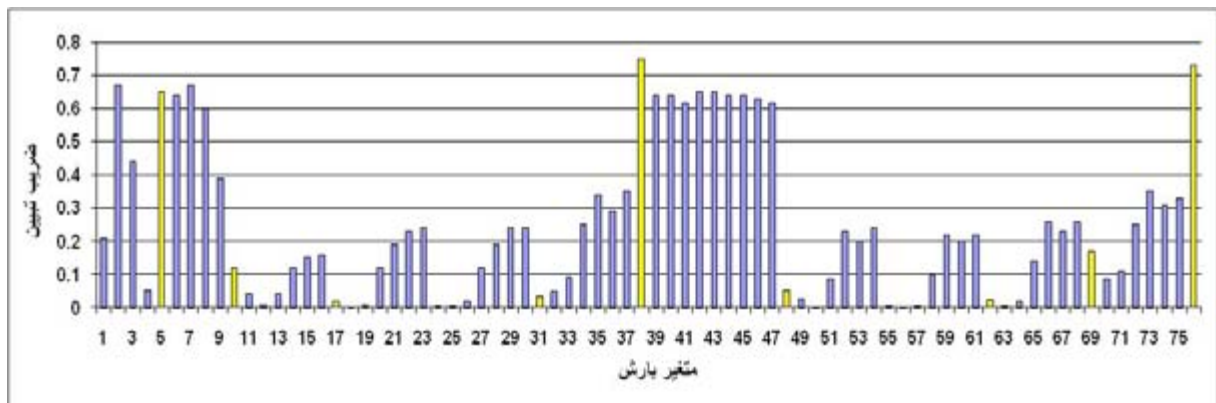
### تحلیل آماری

برای برقراری رابطه بین عملکرد و هر یک از متغیرهای بارش تعریف شده، با در نظر گرفتن بعد فیزیکی مسئله، از روش رگرسیون درجه دو استفاده شده است. سپس برای هر واحد زراعی، متغیرهایی که بالاترین همبستگی را با عملکرد داشتند و در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بودند، انتخاب گردیدند.

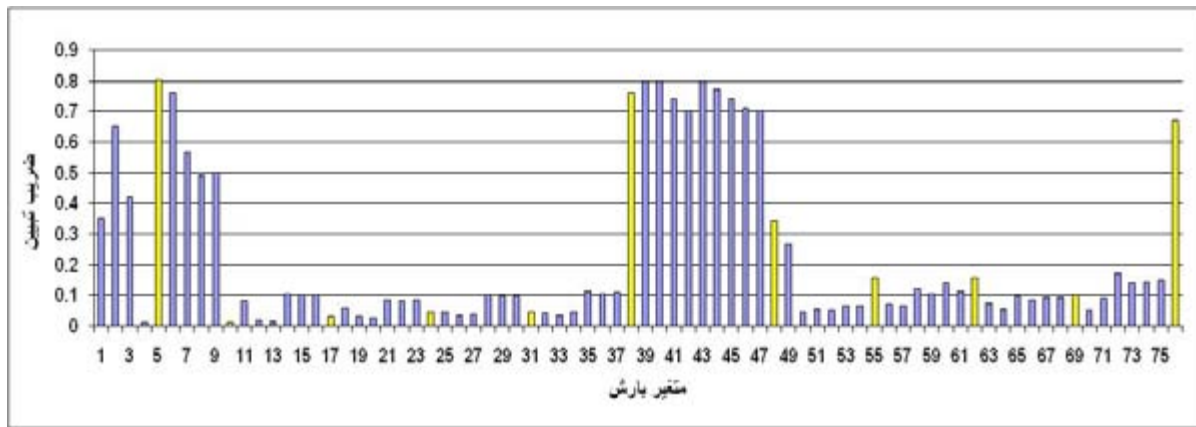
### نتایج و بحث

#### تعیین متغیرهای بهینه بارش

با بررسی ضرایب همبستگی بین عملکرد و هر یک از متغیرها (شکل‌های ۳ و ۴) مشخص شد که متغیرهایی که بارش شش ماه اول سال زراعی در آن‌ها



شکل ۳: مقایسه ضرایب تبیین روابط رگرسیونی بین متغیرهای تعریف شده با عملکرد گندم دیم تاکستان



شکل ۴: مقایسه ضرایب تبیین روابط رگرسیونی بین متغیرهای تعریف شده با عملکرد گندم دیم قزوین

ماه اول سال زراعی مشاهده نشده است که بخواهیم کاهش عملکرد را داشته باشیم. در واقع می‌توان نتیجه گرفت که منحنی تغییرات عملکرد با بارش، یک منحنی درجه دو می‌باشد که میزان بارش منطقه طی سال‌های مختلف مشخص می‌کند که آیا منحنی فقط شاخه صعودی خود را طی کرده و همبستگی مثبت را نشان می‌دهد (منحنی تغییرات عملکرد گندم دیم شهرستان تاکستان؛ مظفری، ۱۳۸۰)، یا این‌که فقط شاخه نزولی خود را طی کرده و همبستگی منفی را نشان می‌دهد (چمپلوسکی و بوتس، ۱۹۹۶؛ لاند، ۲۰۰۰) و یا این‌که هر دو شاخه صعودی و نزولی را شامل می‌باشد (منحنی تغییرات عملکرد گندم دیم شهرستان قزوین؛ هاشمی، ۱۳۵۲). می‌دانیم هر گیاهی برای انجام فعالیت‌های حیاتی و ادامه رشد به یک مقدار آب نیاز دارد که در صورت فراهم بودن آن، با حداکثر توانایی به رشد خود ادامه داده و محصول تولید می‌کند. در صورتی‌که نیاز آبی تامین نشود از فعالیت و پتانسیل تولید کاسته می‌شود. هم‌چنین آب مازاد بر نیاز نیز باعث بروز مشکلاتی از جمله اشباع شدن محیط ریشه، کمبود اکسیژن در محیط ریشه و کاهش فعالیت ریشه و رشد ساقه می‌شود که باعث می‌شود تا گیاه تحت تنش قرار بگیرد و باعث کاهش تولید شود (کولاکو و هریسون، ۲۰۰۲). بارش مازاد بهاره و تابستانه تا زمان برداشت نیز احتمالاً به دلیل بروز بیماری‌های گیاهی مانند زنگ گندم باعث کاهش عملکرد می‌گردد (سپاسخواه و همکاران، ۱۳۸۵). با توجه به اینکه گندم گیاهی است که در بیشتر نقاط دنیا با شرایط اقلیمی مختلف از خط استوا تا

همان‌طور که ذکر شد نتایج متفاوتی از تاثیر بارش بر عملکرد به دست آمده است به طوری‌که گروهی از پژوهش‌گران همبستگی مثبت (سیف و پدرسون، ۱۹۷۸؛ واینن، ۱۹۸۴؛ مظفری، ۱۳۸۰)، گروهی همبستگی منفی (بالا و همکاران، ۱۹۷۵؛ چمپلوسکی و بوتس، ۱۹۹۶) و گروهی دیگر عدم همبستگی بارش با عملکرد گندم (گالانت، ۱۹۹۶) را گزارش کردند. منحنی تغییرات عملکرد با بارش، دو نوع روند تغییرات را نشان می‌دهد در شهرستان قزوین منحنی افزایشی-کاهشی (شکل ۵) و در شهرستان تاکستان منحنی پیوسته افزایشی (شکل ۶) می‌باشد. منحنی تغییرات عملکرد با بارش در منطقه قزوین نشان می‌دهد که بارش تا حدود ۲۷۰ میلی‌متر باعث افزایش عملکرد و سپس تا حدود ۳۰۰ میلی‌متر تغییر آن‌چنانی دیده نمی‌شود ولی بارش بیش از ۳۰۰ میلی‌متر باعث کاهش عملکرد می‌شود و در منطقه تاکستان افزایش بارش باعث افزایش عملکرد شده است و عملکرد با بارش همبستگی مثبت را نشان می‌دهد. با مقایسه بارش مناطق مذکور که متوسط بارندگی سالانه در مناطق دیم‌کاری قزوین و تاکستان به ترتیب ۳۴۰ و ۲۸۰ میلی‌متر می‌باشد در توجیه این نتایج می‌توان گفت که چون بارش در شهرستان قزوین حدود ۶۰ میلی‌متر در سال بیشتر از بارش در شهرستان تاکستان می‌باشد و در سال‌هایی که بارش از اول مهر تا اواخر فروردین (دوره‌ای که بالاترین همبستگی را با عملکرد دارد) در شهرستان قزوین به بیش از ۳۰۰ میلی‌متر می‌رسد کاهش عملکرد را داریم ولی در شهرستان تاکستان بارش بیش از ۳۰۰ میلی‌متر طی ۶

تخمین منطقه‌ای عملکرد گندم دیم با استفاده از داده‌های بارندگی ...

بارش کمتر از نیاز آبی باشد کاهش عملکرد داریم. بنابراین نتایجی که از این تحقیق گرفته شد قابل توجیه است.

نزدیکی‌های قطب که به تبع آن این مناطق الگوی بارش متفاوتی نیز دارند کشت می‌شود. در مناطق پر باران و مرطوب در طی سال‌هایی که بارش بیشتر از نیاز آبی باشد و در مناطق خشک و کم‌باران در طی سال‌هایی که

جدول ۳: شماره و نام سناریوهای تعریف شده بارش

شماره	علامت متغیر	شرح سناریو
۱	T1	مجموع بارندگی دوره اول فنولوژی
۲	T2	مجموع بارندگی دوره دوم فنولوژی
۳	T3	مجموع بارندگی دوره سوم فنولوژی
۴	T4	مجموع بارندگی دوره چهارم فنولوژی
۵	T12	مجموع بارندگی دوره اول و دوم فنولوژی
۶	T123	مجموع بارندگی دوره اول ، دوم و سوم فنولوژی
۷	T23	مجموع بارندگی دوره دوم و سوم فنولوژی
۸	T234	مجموع بارندگی دوره دوم ، سوم و چهارم فنولوژی
۹	T1234	مجموع بارندگی دوره اول ، دوم ، سوم و چهارم فنولوژی
۱۰	A3	مجموع بارندگی ۳ دهه بعد از عبور از دمای آستانه ( میانگین ۱۰ روزه دمای حداقل بالاتر از صفر درجه )
۱۱	A4	مجموع بارندگی ۴ دهه بعد از عبور از دمای آستانه
۱۲	A5	مجموع بارندگی ۵ دهه بعد از عبور از دمای آستانه
۱۳	A6	مجموع بارندگی ۶ دهه بعد از عبور از دمای آستانه
۱۴	A7	مجموع بارندگی ۷ دهه بعد از عبور از دمای آستانه
۱۵	A8	مجموع بارندگی ۸ دهه بعد از عبور از دمای آستانه
۱۶	A9	مجموع بارندگی ۹ دهه بعد از عبور از دمای آستانه
۱۷	1A3	مجموع بارندگی ۳ دهه بعد و یک دهه قبل از عبور از دمای آستانه
۱۸	1A4	مجموع بارندگی ۴ دهه بعد و یک دهه قبل از عبور از دمای آستانه
۱۹	1A5	مجموع بارندگی ۵ دهه بعد و یک دهه قبل از عبور از دمای آستانه
۲۰	1A6	مجموع بارندگی ۶ دهه بعد و یک دهه قبل از عبور از دمای آستانه
۲۱	1A7	مجموع بارندگی ۷ دهه بعد و یک دهه قبل از عبور از دمای آستانه
۲۲	1A8	مجموع بارندگی ۸ دهه بعد و یک دهه قبل از عبور از دمای آستانه
۲۳	1A9	مجموع بارندگی ۹ دهه بعد و یک دهه قبل از عبور از دمای آستانه
۲۴	2A3	مجموع بارندگی ۳ دهه بعد و دو دهه قبل از عبور از دمای آستانه
۲۵	2A4	مجموع بارندگی ۴ دهه بعد و دو دهه قبل از عبور از دمای آستانه
۲۶	2A5	مجموع بارندگی ۵ دهه بعد و دو دهه قبل از عبور از دمای آستانه

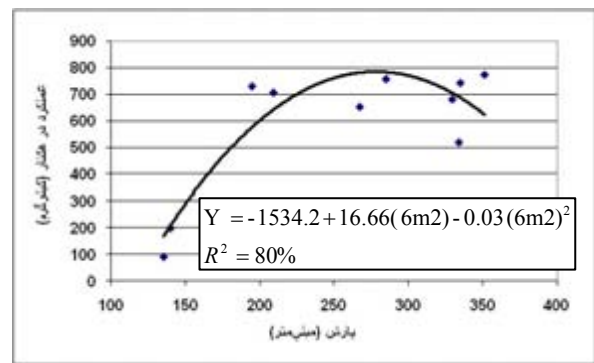
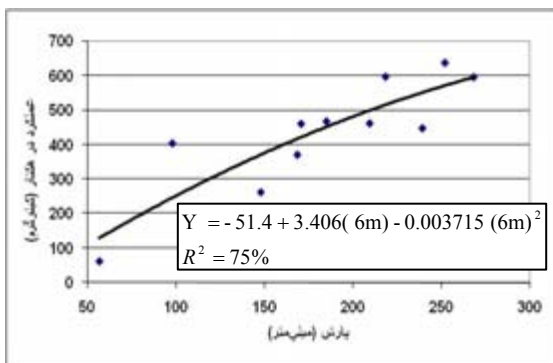


## ادامه جدول ۳

شماره	علامت متغیر	شرح سناریو
۲۷	2A6	مجموع بارندگی ۶ دهه بعد و دو دهه قبل از عبور از دمای آستانه
۲۸	2A7	مجموع بارندگی ۷ دهه بعد و دو دهه قبل از عبور از دمای آستانه
۳۰	2A9	مجموع بارندگی ۹ دهه بعد و دو دهه قبل از عبور از دمای آستانه
۳۱	3A3	مجموع بارندگی ۳ دهه بعد و سه دهه قبل از عبور از دمای آستانه
۳۲	3A4	مجموع بارندگی ۴ دهه بعد و سه دهه قبل از عبور از دمای آستانه
۳۳	3A5	مجموع بارندگی ۵ دهه بعد و سه دهه قبل از عبور از دمای آستانه
۳۴	3A6	مجموع بارندگی ۶ دهه بعد و سه دهه قبل از عبور از دمای آستانه
۳۵	3A7	مجموع بارندگی ۷ دهه بعد و سه دهه قبل از عبور از دمای آستانه
۳۶	3A8	مجموع بارندگی ۸ دهه بعد و سه دهه قبل از عبور از دمای آستانه
۳۷	3A9	مجموع بارندگی ۹ دهه بعد و سه دهه قبل از عبور از دمای آستانه
۳۸	6m	مجموع بارندگی از اول مهر ماه تا آخر اسفند ماه
۳۹	6m1	مجموع بارندگی از اول مهر ماه تا آخر اسفند ماه بعلاوه بارندگی یک دهه بعد
۴۰	6m2	مجموع بارندگی از اول مهر ماه تا آخر اسفند ماه بعلاوه بارندگی دو دهه بعد
۴۱	6m3	مجموع بارندگی از اول مهر ماه تا آخر اسفند ماه بعلاوه بارندگی سه دهه بعد
۴۲	6m4	مجموع بارندگی از اول مهر ماه تا آخر اسفند ماه بعلاوه بارندگی چهار دهه بعد
۴۳	6m5	مجموع بارندگی از اول مهر ماه تا آخر اسفند ماه بعلاوه بارندگی پنج دهه بعد
۴۴	6m6	مجموع بارندگی از اول مهر ماه تا آخر اسفند ماه بعلاوه بارندگی شش دهه بعد
۴۵	6m7	مجموع بارندگی از اول مهر ماه تا آخر اسفند ماه بعلاوه بارندگی هفت دهه بعد
۴۶	6m8	مجموع بارندگی از اول مهر ماه تا آخر اسفند ماه بعلاوه بارندگی هشت دهه بعد
۴۷	6m9	مجموع بارندگی از اول مهر ماه تا آخر اسفند ماه بعلاوه بارندگی نه دهه بعد
۴۸	a3	مجموع بارندگی سه دهه بعد از عبور از دمای آستانه متوسط سال‌های آماری
۴۹	a4	مجموع بارندگی چهار دهه بعد از عبور از دمای آستانه متوسط سال‌های آماری
۵۰	a5	مجموع بارندگی پنج دهه بعد از عبور از دمای آستانه متوسط سال‌های آماری
۵۱	a6	مجموع بارندگی شش دهه بعد از عبور از دمای آستانه متوسط سال‌های آماری
۵۲	a7	مجموع بارندگی هفت دهه بعد از عبور از دمای آستانه متوسط سال‌های آماری
۵۳	a8	مجموع بارندگی هشت دهه بعد از عبور از دمای آستانه متوسط سال‌های آماری
۵۴	a9	مجموع بارندگی نه دهه بعد از عبور از دمای آستانه متوسط سال‌های آماری
۵۵	1a3	مجموع بارندگی یک دهه قبل و سه دهه بعد از عبور از دمای آستانه متوسط سال‌های آماری
۵۶	1a4	مجموع بارندگی یک دهه قبل و چهار دهه بعد از عبور از دمای آستانه متوسط سال‌های آماری
۵۷	1a5	مجموع بارندگی یک دهه قبل و پنج دهه بعد از عبور از دمای آستانه متوسط سال‌های آماری
۵۸	1a6	مجموع بارندگی یک دهه قبل و شش دهه بعد از عبور از دمای آستانه متوسط سال‌های آماری
۵۹	1a7	مجموع بارندگی یک دهه قبل و هفت دهه بعد از عبور از دمای آستانه متوسط سال‌های آماری

ادامه جدول ۳

شماره	علامت متغیر	شرح سناریو
۶۰	1a8	مجموع بارندگی یک دهه قبل و هشت دهه بعد از عبور از دمای آستانه متوسط سال‌های آماری
۶۱	1a9	مجموع بارندگی یک دهه قبل و نه دهه بعد از عبور از دمای آستانه متوسط سال‌های آماری
۶۲	2a3	مجموع بارندگی دوده قبل و سه دهه بعد از عبور از دمای آستانه متوسط سال‌های آماری
۶۳	2a4	مجموع بارندگی دوده قبل و چهار دهه بعد از عبور از دمای آستانه متوسط سال‌های آماری
۶۴	2a5	مجموع بارندگی دوده قبل و پنج دهه بعد از عبور از دمای آستانه متوسط سال‌های آماری
۶۵	2a6	مجموع بارندگی دوده قبل و شش دهه بعد از عبور از دمای آستانه متوسط سال‌های آماری
۶۶	2a7	مجموع بارندگی دوده قبل و هفت دهه بعد از عبور از دمای آستانه متوسط سال‌های آماری
۶۷	2a8	مجموع بارندگی دوده قبل و هشت دهه بعد از عبور از دمای آستانه متوسط سال‌های آماری
۶۸	2a9	مجموع بارندگی دوده قبل و نه دهه بعد از عبور از دمای آستانه متوسط سال‌های آماری
۶۹	3a3	مجموع بارندگی سه دهه قبل و سه دهه بعد از عبور از دمای آستانه متوسط سال‌های آماری
۷۰	3a4	مجموع بارندگی سه دهه قبل و چهار دهه بعد از عبور از دمای آستانه متوسط سال‌های آماری
۷۱	3a5	مجموع بارندگی سه دهه قبل و پنج دهه بعد از عبور از دمای آستانه متوسط سال‌های آماری
۷۲	3a6	مجموع بارندگی سه دهه قبل و شش دهه بعد از عبور از دمای آستانه متوسط سال‌های آماری
۷۳	3a7	مجموع بارندگی سه دهه قبل و هفت دهه بعد از عبور از دمای آستانه متوسط سال‌های آماری
۷۴	3a8	مجموع بارندگی سه دهه قبل و هشت دهه بعد از عبور از دمای آستانه متوسط سال‌های آماری
۷۵	3a9	مجموع بارندگی سه دهه قبل و نه دهه بعد از عبور از دمای آستانه متوسط سال‌های آماری
۷۶	Total P	مجموع بارش سال آبی



شکل ۶: روند کاملاً افزایشی تغییرات عملکرد گندم دیم شهرستان تاکستان با مجموع بارش شش ماه اول سال زراعی (6m)

شکل ۵: روند افزایشی-کاهشی تغییرات عملکرد گندم دیم شهرستان قزوین با مجموع بارش از ابتدای مهر ماه تا دهه دوم فروردین (6m<sup>2</sup>)

اول مهر ماه تا آخر اسفند ماه به‌علاوه بارندگی دو دهه بعد) نشان می‌دهد. مقایسه مقادیر برآورد شده عملکرد گندم دیم با مقادیر مشاهده شده (جدول ۴) خطای

روابط پیش‌بینی عملکرد گندم دیم عملکرد گندم دیم در شهرستان قزوین بالاترین ضریب همبستگی را با متغیر 6m<sup>2</sup> (مجموع بارندگی از

جدول ۵: مقایسه بین مقادیر مشاهده شده و محاسبه شده عملکرد گندم دیم (حسب کیلوگرم در هکتار) شهرستان تاکستان

مقدار مشاهده شده	مقدار محاسبه شده	خطای پیش بینی
۴۶۱	۴۲۲	۳۹
۴۶۲	۴۹۹	-۳۷
۵۹۸	۵۱۶	۸۲
۶۳۸	۵۷۱	۶۷
۵۹۶	۵۹۵	۱
۴۴۸	۵۵۱	-۱۰۳
۶۲	۱۳۰	-۶۸
۴۶۸	۴۵۲	۱۶
۲۶۳	۳۷۱	-۱۰۸
۳۷۱	۴۱۷	-۴۶

### نتیجه نهایی

در این پژوهش تاثیر مقدار بارش در دوره‌های مختلف رشد گندم بررسی شد و بر این اساس متغیرهایی بر اساس مقدار بارش طی این دوره‌ها تعریف شد. بین این متغیرهای تعریف شده با عملکرد با توجه به ماهیت فیزیکی مسئله روابط رگرسیونی درجه یک و دو برقرار گردید. نتایج این مدل‌های رگرسیونی بر اساس ضرایب همبستگی و در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه گردید و مشخص شد اول این‌که بارش تاثیر بسزایی بر تغییر عملکرد دارد به طوری که تغییرات بارش در شهرستان قزوین و تاکستان بترتیب حدود ۸۰٪ و ۷۵٪ از تغییرات عملکرد گندم را توجیه می‌کند. دوم این‌که متغیرهایی که مجموع بارش شش ماه اول سال زراعی را تا حدود ۲۰ روز بعد از آن شامل بودند بهترین نتایج را برای بیان تغییرات عملکرد با بارش نشان دادند که نشان دهنده اهمیت بارش طی دوره رویش گیاه می‌باشد و سوم این‌که با در نظر گرفتن اوایل تیرماه، موقع برداشت گندم، و بهترین رابطه بین عملکرد با بارش از ابتدای سال زراعی تا اواسط فروردین یعنی حدود چهار ماه قبل از برداشت گندم، می‌توان عملکرد گندم را چهار ماه قبل از برداشت تخمین زد. و از نتایج این پیش‌بینی در برنامه‌ریزی‌های مدیریتی و اقتصادی استفاده کرد.

میانگین (مقدار محاسبه شده - مقدار مشاهده شده) ۸۶ کیلوگرم در هکتار با بیشینه مقدار خطای ۱۶۴ کیلوگرم در هکتار را بدست می‌دهد.

رابطه عملکرد گندم دیم شهرستان قزوین با بارش (رابطه ۱) نشان می‌دهد که متغیر 6m2 به تنهایی می‌تواند ۸۰٪ واریانس مشاهده شده عملکرد گندم دیم در شهرستان قزوین را توجیه کند:

$$Y = -1534.2 + 16.66(6m2) - 0.03(6m2)^2 \quad (1)$$

$$R^2 = 0.8$$

جدول ۴: مقایسه بین مقادیر مشاهده شده و محاسبه شده عملکرد گندم دیم (حسب کیلوگرم در هکتار) شهرستان قزوین

مقدار مشاهده شده	مقدار محاسبه شده	خطای پیش بینی
۵۱۹	۶۸۳	-۱۶۴
۷۵۷	۷۷۷	-۲۰
۶۸۱	۶۹۸	-۱۷
۷۷۴	۶۱۵	۱۵۹
۷۴۳	۶۷۹	۶۳
۹۱	۱۶۸	-۷۷
۶۵۳	۷۷۶	-۱۲۳
۱۹۹	۲۰۸	-۹
۷۰۶	۶۳۸	۶۹
۷۳۰	۵۷۲	۱۵۸

عملکرد گندم دیم در شهرستان تاکستان بالاترین ضریب همبستگی را با متغیر 6m (مجموع بارندگی از اول مهر ماه تا آخر اسفند ماه بر حسب میلی‌متر) نشان می‌دهد. شکل ۶ نمودار پراکنش و منحنی رگرسیونی عملکرد گندم دیم نسبت به متغیر 6m در شهرستان تاکستان را نشان می‌دهد. مقایسه مقادیر برآورد شده عملکرد گندم دیم با مقادیر مشاهده شده (جدول ۵) خطای میانگین ۵۷ کیلوگرم در هکتار با بیشینه مقدار خطای ۱۰۸ کیلوگرم در هکتار را بدست می‌دهد. ۷۴/۴٪ واریانس مشاهده شده عملکرد گندم دیم در شهرستان تاکستان توسط متغیر 6m قابل توجیه است (رابطه ۲).

$$Y = -51.4 + 3.406(6m) - 0.003715(6m)^2 \quad (2)$$

$$R^2 = 0.75$$

## منابع

- اشرف طلیعی، ع. و بهرامی، ن. ۱۳۸۲. بررسی تاثیر بارندگی و درجه حرارت بر عملکرد گندم دیم در استان کرمانشاه. دوفصلنامه علوم خاک و آب، ج ۱۷، ش ۱، ص ۱۱۲-۱۰۶.
- زرین، آ. و فرج زاده، م. ۱۳۸۱. مدلسازی میزان عملکرد محصول گندم دیم با توجه به پارامترهای اقلیم‌شناسی کشاورزی در استان آذربایجان غربی. مجله مدرس علوم انسانی، ش ۲۵، ۹۷-۷۷.
- سپاسخواه، ع.، آقایی، ف. و توکلی، ع. ۱۳۸۵. آزمون و اصلاح مدل MEDIWY برای شبیه سازی عملکرد گندم دیم و آبی در منطقه مراغه، فصلنامه مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، ج ۷، ش ۲۸، ۱۵۰-۱۳۳.
- صفا، ب.، خلیلی، ع. و لیاقت، ع. ۱۳۸۲، پیش بینی عملکرد گندم دیم با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی. مجله نیوار، ص ۴۷-۶۲.
- مظفری، غ. ۱۳۸۰. ارزیابی قابلیت‌های محیطی کشت گندم دیم اقلیم‌شناسی کشاورزی، مطالعه موردی کرمانشاه. دانشگاه تربیت مدرس، پایان نامه دکتری، ۲۸۸ صفحه.
- هاشمی، ف. ۱۳۵۲. پیش‌بینی مقدار اولیه تولید محصول گندم ایران با استفاده از اطلاعات هواشناسی. نشریه هواشناسی، سازمان هواشناسی کل کشور.
- Balla, L., Szunics, L. and Pletserr, J. 1975. Effect of meteorological factors on the yield of winter wheat at Martovansar. Acta Agronomica Academiae Scietiarum Hungaricae 21:386-390.
- Chmielewski, F. M. and Potts, J. M. 1996. The relationship between crop yields from on experiment in Southern England and long-term climate variation. Agri and Forest Met 73:43-66.
- Collaku, A. and Harrison, S. A. 2002. Losses in Wheat Due to Waterlogging. Crop Sci 42:444-450.
- Cornish, E. A. 1950. The influence of rainfall on the yield of wheat in South Australia. Aust. J. Sci. Res. (Ser. B) 3: 178-218.
- Feyerherm, A. M. and Paulsem, G. M. 1981. Development of a wheat yield prediction model, Agronomy Journal 73: 277-282.
- Galant, H. 1996. The yield of some crop plants versus meteorological conditions in czeslawice in the year 1986-1990. Third symposium on climate of the cultivated fild. 405:77-80.
- Landau, A. 2000. A parsimonious, multiple-regression model of wheat yield response to environment. Agri and forest Met 101: 151-160.
- Rai, T., Swarup, O. and Chandarhas. 1998. Yield forecast model for wheat (*triticum asetivum*) crop. Indian. J. of Agr. Sci 68(4): 206-208.
- Seif, e. and Pederson, D.G. 1978. Effect of rainfall on the grain yield of spring wheat with an application to the analysis of adaptation. Aust. J. Agric. Res 29: 1107-1115.
- Singh, N. and Mulye, S. 1991. On the relation of the rainfall variability and distribution with the mean rainfall over India, Theore and Appl. Climatology 44(4): 209-221.
- Victor, U. A., Srivatsava, N. and Ramana, B. 1988. Quantification of crop yields under rainfed conditions using a simple soil water balance model. Theor. Appl. Clim 39(2):73 (one page).
- Wynen, E. 1984. Variables affecting wheat yields in New South Wales. J. Aust. Inst. Agric. Sci 50:167-172.

## Regional Estimation of Rainfed Wheat Yield Based on Precipitation Data

Ghorbani<sup>1\*</sup>, Kh., Khalili<sup>2</sup>, A. and Iran Nejad<sup>3</sup>, P.

### Abstract

Severe variations of the weather condition can greatly affect crop yield. Many researches have been done to determine the role of different atmospheric variables on crop yield, from agrometeorological view point. These studies have resulted in relationships that are being used to predict the crop yield based on atmospheric data. In the present study, the effect of precipitation amount on rainfed wheat yield is studied at farm units in an eleven years period between 1992 to 2002 in the province of Ghazvin. The isohyte maps of the region is produced, based on the daily precipitation data from all the meteorological stations. The land-use map of the region is, then, used in the GIS environment to estimate precipitation amount in each farm unit of different cities of the porovince. Precipitation amounts during different stages of the growing season of wheat were also estimated. This resulted in 76 precipitation variables. The correlation between the rainfed wheat yield and verified 76 precipitation variables were tested. The results indicate that the precipitation variables which contain the total precipitation of the fiest six months of water year (October- March) and twenty days ofterward, suggests the best correlation between the wheat yield and precipitation. Investigation shows that the variables which includes the total amount of precipitation during the first 6 month Agricultural year plus 20 days after make the highest correlation to demonstrate the variation of yield via precipitation.

**Keywords:** Rainfed wheat yield, Farm units, Isohyte maps, GIS, Ghazvin

---

1 and 2. Ph.D Student of Agrometeorology and Professor of Irrigation, respectively, Department of Water and Soil Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, Tehran University. Karaj

3. Assistant Professor, Institute of Geophysics, Tehran University

\*: *Corresponding Author*

-----

-----