

ارتباط الگوهای همدید بارش مؤثر با تاریخ کشت و عملکرد گندم در کرمانشاه

سعید بازگیر* - استادیار گروه جغرافیای طبیعی دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
مصطفی کریمی احمدآباد- استادیار گروه جغرافیای طبیعی دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران
ایوب جعفری- دانشجوی دکتری گروه جغرافیای طبیعی دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۸/۷

چکیده

این پژوهش با هدف مطالعه ارتباط الگوهای همدید اولین بارش مؤثر در زمان کاشت (اولین بارش با مجموع حداقل ۵ میلی‌متر طی ۲۴ یا ۴۸ ساعت) و عملکرد گندم در کرمانشاه انجام شده است. در این مطالعه، از تاریخ‌های مراحل نمو گندم رقم آذر ۲ و داده‌های بارش ایستگاه تحقیقات هواشناسی کشاورزی سرارود از سال زراعی ۱۳۸۴-۱۳۸۳ تا ۱۳۹۵-۱۳۹۴ استفاده شده است. با استفاده از داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل، باد، و رطوبت تراز ۵۰+ و ۸۵+ هکتوپاسکال اخذشده از داده‌های واکاوی NCEP/NCAR، الگوهای همدید بارش‌های مؤثر شناسایی شد. نتایج نشان داد که تاریخ مناسب کشت گندم در کرمانشاه در بازه زمانی ۳ تا ۱۴ آبان است. همچنین، الگوهای همدید بارش‌های با آستانه بیش از ۵ میلی‌متر در دوره مطالعاتی شامل ناوه فرعی، ناوه مدیترانه، بندال امگا، و کم‌ارتفاع بریده بوده‌اند. نتایج این تحقیق نشان داد که کمترین عملکرد محصول نسبت به میانگین بلندمدت (۲۱۱۳ کیلوگرم در هکتار) در سال‌هایی رخ داده است که الگوی همدید بارشی نوع ۴ وجود داشته است. از طرف دیگر، بیشترین عملکرد گندم در سال‌هایی رخ داده که الگوهای بارشی ۲ و ۳ با یکدیگر اتفاق افتاده است.

واژگان کلیدی: اقیانوس هند، شرایط اقلیمی، کرمانشاه، کشت گندم.

مقدمه

سطح زیر کشت گندم در کشور حدود ۶/۲ میلیون هکتار است که بیش از ۵۰ درصد زراعت کشور را به خود اختصاص می‌دهد. گندم آبی با مساحت حدود ۲/۲ میلیون هکتار ۳۵ درصد و سطح زیر کشت گندم دیم ۴ میلیون هکتار در حدود ۶۵ درصد زراعت گندم کشور را تشکیل می‌دهد؛ در این میان، استان کرمانشاه رتبه چهارم تولید گندم دیم را در کشور داراست و شهرستان کرمانشاه با ۳۵ درصد بیشترین سطح زیر کشت گندم دیم را در سطح استان داراست (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۴). شناخت پارامترهای اقلیمی و اثرهای آن بر رشد گیاهان زراعی یکی از مهم‌ترین موضوعات آب و هواشناسی کشاورزی است. هدف از این شناخت افزایش عملکرد محصول و به تبع آن بالابردن تولید است. این موضوع به‌ویژه در کشت گندم دیم حائز اهمیت است؛ زیرا کشت این محصول در مناطق نامساعد اقلیمی سبب تخریب منابع طبیعی و هدررفت سرمایه‌های ملی می‌شود (بازگیر، ۱۳۷۸). موقعیت ایران و ویژگی‌های جغرافیای طبیعی آن سبب تنوع آب و هوایی و فصلی منحصربه‌فردی در آن شده است. این تنوع در هر فصل شرایط متفاوتی را برای محصولات کشاورزی به‌وجود آورده است. از بین عناصر اقلیمی، مقدار و توزیع زمانی بارش و نوسانات دمایی در مراحل مختلف رشد بیشترین تأثیر را در عملکرد محصولات کشاورزی به‌خصوص کشت دیم دارد. در بین مراحل مختلف رشد کشت دیم، تاریخ کشت و اولین بارش مؤثر یک عامل مهم محیطی- مدیریتی در تولید است. زیرا همراه تغییر در تاریخ کشت، تأثیر

پارامترهای جوی روی گیاه، به علت تغییر تاریخ‌های شروع و خاتمه مراحل رشد نیز تغییر می‌کند (خیچر و نیواس، ۲۰۰۶). همچنین، برای کشت و جوانه‌زنی گندم دیم، مقدار اولین بارندگی باید به اندازه‌ای باشد که بتواند رطوبت خاک را تأمین کند و شرایط لازم را برای سایر مراحل از جمله سبزشدن تا زمان بارش بعدی فراهم نماید (قربانی و همکاران، ۱۳۸۹). این بارش با مقدار حداقل ۵ میلی‌متر طی ۲۴ یا ۴۸ ساعت می‌تواند ۵ سانتی‌متر از خاک را (عمق کاشت بذر) خیس کند که به آن اولین بارش مؤثر برای جوانه‌زنی گفته می‌شود (کمالی، ۱۳۷۶). جدا از تنش‌های محیطی حاصل از آفت و بیماری، عامل محدودکننده کشت گندم دیم وجود بارش مؤثر برای جوانه‌زنی بذر است. پس از این مرحله مراحل دیگری مانند گل‌دهی و شیری‌شدن دانه نیز به تنش آبی حساس‌اند (بازگیر، ۱۳۷۸؛ فرج‌زاده و تکلوی بیغش، ۱۳۸۰).

پژوهش‌های زیادی در ایران با تأکید بر تعیین تاریخ کشت محصولات زراعی و نقش بارش مؤثر در تاریخ شروع جوانه‌زنی کشت گندم دیم انجام گرفته است (کمالی، ۱۳۷۶؛ کاظمی راد و علیجانی، ۱۳۷۷؛ نوحی، ۱۳۸۴؛ کمالی و همکاران، ۱۳۸۷؛ خسروی، ۱۳۸۹؛ موسوی بایگی و همکاران، ۱۳۹۲؛ احمدالی و همکاران، ۱۳۹۴؛ کابوسی و مجیدی، ۱۳۹۶). در رابطه با تحلیل همدید بارش مؤثر به هنگام جوانه‌زنی، می‌توان به مطالعه خوشحال دستجردی و همکاران (۱۳۹۴) اشاره کرد. ایشان با هدف ارائه یک تقویم زراعی برای کشاورزان گندم‌کار در مناطق دیم گنبد کاووس به مطالعه بارش‌های بیش از ۵ میلی‌متر در زمان کاشت و کمتر از ۱ میلی‌متر در زمان برداشت محصول پرداختند. از نتایج این مطالعه می‌توان به معرفی یک تقویم زراعی کاربردی به کمک قانون احتمالات و تحلیل آماری - همدید اشاره کرد. همچنین، یاراحمدی (۱۳۸۰) در خصوص اهمیت توزیع زمانی بارش و اثر آن در عملکرد محصول به مطالعه‌ای در دشت سیلاخور لرستان پرداخت. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که هر روز تأخیر در بارش پاییزه به کاهش ۰/۶۷ کیلوگرم در هکتار عملکرد منجر خواهد شد.

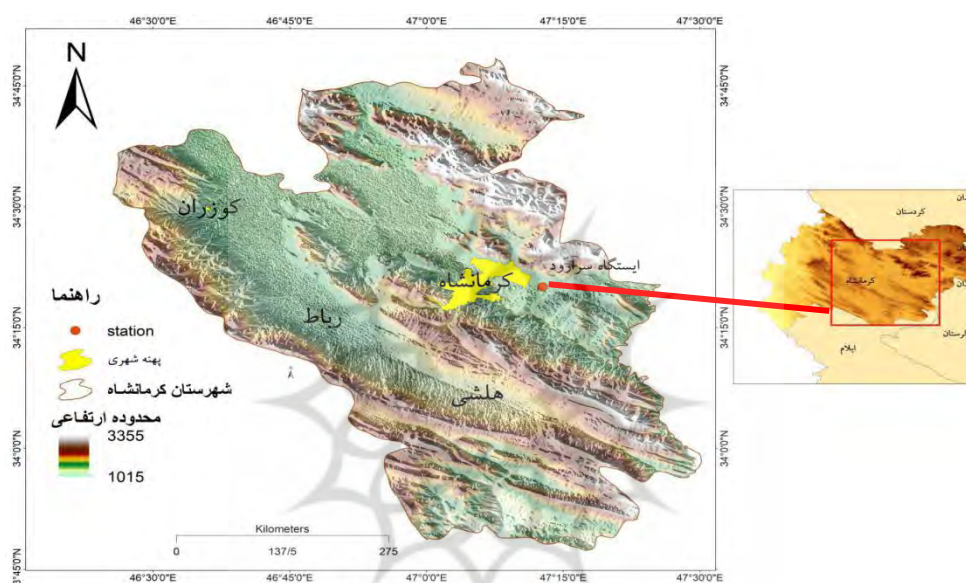
در تحقیق دیگری و در همین راستا مظفری (۱۳۸۰) قابلیت‌های محیطی کشت گندم دیم سرداری را در منطقه صحنه کرمانشاه ارزیابی کرد و به این نتیجه رسید که، به‌رغم تأمین حداقل بارش سالانه مورد نیاز عملیات کشت دیم (۲۵۰ میلی‌متر) در سطح منطقه، توزیع زمانی بارش به‌جز مرحله جوانه‌زنی در سایر مراحل رشد هم‌زمان با نیاز آبی گیاه نبوده و تنش آبی و درنهایت کاهش عملکرد محصول را به دنبال داشته است.

اگرچه در اغلب مطالعات انجام‌شده در سایر کشورها بیشتر به شبیه‌سازی مراحل رشد و پیش‌بینی عملکرد محصول گندم پرداخته شده (زانگ، ۱۹۹۴؛ مارلتو و همکاران، ۲۰۰۷؛ آلوس، ۲۰۰۸؛ بکله و همکاران، ۲۰۱۷)، برخی مطالعات نیز در زمینه اهمیت بارش پاییزه و اثر آن در تاریخ کشت دیم انجام یافته است (مارتا و همکاران، ۲۰۱۵؛ دوهر و همکاران، ۲۰۱۶؛ تسیمبا و همکاران، ۲۰۱۷).

بر همین اساس، مارتا و همکاران (۲۰۱۵)، در تحقیق خود، پیش‌بینی عملکرد نهایی گندم دوروم در تاسکنی ایتالیا را بررسی کردند. اساس این مطالعه تأثیر متغیرهای اقلیمی بر عملکرد و کارایی شاخص سطح برگ برای توصیف تأثیرات محیطی در محصول از طریق مدل CERES-Wheat است. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد بین عملکرد و بارندگی در مرحله پنجه‌زنی رابطه معنی‌داری وجود داشته است. با بررسی تحقیقات انجام‌شده و اهمیت توزیع زمانی بارش چه در مرحله جوانه‌زنی چه در مراحل دیگر رشد و همچنین اهمیت اولین بارش مؤثر در جوانه‌زنی بذر و اثر آن بر نوسانات عملکرد، هدف از اجرای این مطالعه شناسایی الگوهای همدید بارش مؤثر در طول فصل رشد و تأثیر آن بر تاریخ کشت و عملکرد گندم دیم در شهرستان کرمانشاه بوده است. قابل ذکر است که نوآوری این مطالعه در بررسی الگوهای همدید بارش مؤثر بیش از ۵ میلی‌متر در زمان جوانه‌زنی و همچنین اثرهای تقدم و تأخر این الگوها بر عملکرد گندم دیم در کرمانشاه است.

منطقه مورد مطالعه

شهرستان کرمانشاه (شکل ۱) در مرکز استان کرمانشاه با ارتفاع متوسط ۱۳۲۲ متری از سطح دریا قرار گرفته است. این شهرستان دارای میانگین سالانه بارش ۴۲۹ میلی‌متر است که بیشترین مقدار ماهانه آن در اسفند و کمترین آن در ماه‌های گرم تیر و مرداد رخ می‌دهد. ایستگاه تحقیقات هواشناسی کشاورزی سرارود کرمانشاه (شکل ۱) در سال ۱۳۶۵ به منظور مطالعه اثرهای عوامل آب و هوایی روی غلات در ۳۰ کیلومتری شهرستان کرمانشاه تأسیس شده است. از مشخصات اقلیمی این ایستگاه می‌توان به میانگین دمای سالیانه ۱۵/۱، بیشینه مطلق ۴۲/۵، کمینه مطلق ۲۴/۴- درجه سلسیوس، تعداد روزهای یخبندان ۸۰ روز، و میانگین بارش سالیانه ۴۳۳ میلی‌متر با متوسط ۷۴ روز بارش در دوره آماری ۱۳۶۶-۱۳۹۴ اشاره کرد (ایستگاه تحقیقات هواشناسی کشاورزی سرارود کرمانشاه، ۱۳۸۷).



شکل ۱. نقشه شهرستان کرمانشاه و موقعیت ایستگاه هواشناسی کشاورزی سرارود

مواد و روش‌ها

رویکرد مطالعاتی این پژوهش محیطی به گردشی است. برای رسیدن به این هدف، اطلاعات مربوط به تاریخ‌های شروع و خاتمه مراحل رشد گندم دیم (رقم آذر ۲) از مرکز تحقیقات هواشناسی کشاورزی سرارود و داده‌های بارش از ایستگاه همیدی سرارود از سال زراعی ۱۳۸۳-۱۳۸۴ تا ۱۳۹۴-۱۳۹۵ اخذ شده است. جدول ۱ عملکرد گندم دیم و مقدار بارش سال‌های مورد مطالعه در ایستگاه هواشناسی کشاورزی سرارود را نشان می‌دهد. همچنین، برای شناسایی الگوهای همید رخدادهای بارش مؤثر و ترسیم نقشه‌های همید مورد نظر، داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل متر، رطوبت ویژه، و مؤلفه مداری و نصف‌النهاری باد در ترازهای ۸۵۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال در محدوده صفر تا ۸۰ درجه شرقی و ۱۰ تا ۶۰ درجه شمالی با دقت مکانی ۲/۵ درجه قوسی از مرکز ملی پیش‌بینی محیطی آمریکا/ مرکز ملی پژوهش‌های جوی، NCEP/NCAR اخذ شد. قابل ذکر است که در بین سال‌های مورد مطالعه، دو سال از تحلیل‌های آماری و محاسبات حذف شده‌اند. در سال زراعی ۱۳۸۶-۱۳۸۷ (۲۰۰۸-۲۰۰۹)، به دلیل کاهش بارش، محصولی برداشت نشده (ایستگاه تحقیقات هواشناسی کشاورزی سرارود کرمانشاه، ۱۳۸۷) و در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۵ (۲۰۰۵-۲۰۰۶) به دلیل عملکرد بسیار بالای محصول نسبت به میانگین بلندمدت (۳۵۳۵ نسبت به ۲۱۱۳ کیلوگرم در هکتار، جدول ۱).

جدول ۱. مقادیر عملکرد و مقدار بارش سالیانه در طول رشد گندم (ایستگاه هواشناسی کشاورزی سرارود)

سال زراعی	عملکرد (kg/ha)	بارش سالانه (mm)
۱۳۸۳-۱۳۸۴	۱۹۱۹	۴۲۴/۵
۱۳۸۴-۱۳۸۵	۳۵۳۵	۵۱۵/۱
۱۳۸۵-۱۳۸۶	۲۸۸۸	۵۵۲
۱۳۸۶-۱۳۸۷	۰	۱۵۹/۲
۱۳۸۷-۱۳۸۸	۲۰۵۰	۲۵۹/۲
۱۳۸۸-۱۳۸۹	۲۱۵۰	۴۸۴/۳
۱۳۸۹-۱۳۹۰	۲۰۵۰	۳۴۲/۵
۱۳۹۰-۱۳۹۱	۱۶۷۵	۳۰۲/۸
۱۳۹۱-۱۳۹۲	۱۷۶۰	۳۹۴/۵
۱۳۹۲-۱۳۹۳	۱۴۵۵	۴۰۱/۳
۱۳۹۳-۱۳۹۴	۲۴۸۶	۲۸۹/۷
۱۳۹۴-۱۳۹۵	۲۷۰۰	۷۲۴/۷

تعیین مناسب‌ترین تاریخ کشت

تعیین زمان مناسب تاریخ کشت به دو روش انجام گرفته است:

۱. تاریخ کشت گندم براساس تاریخ‌های شروع اولین بارش مؤثر تعیین شد. بر این اساس، تاریخ کشت زمانی است که بارش مؤثر رخ داده باشد. براساس مطالعات انجام‌شده (اشترن، ۱۹۸۲؛ کمالی، ۱۳۷۶؛ بازگیر، ۱۳۷۸؛ مظفری، ۱۳۸۰)، مجموع بارش یک یا دو روز متوالی، که حداقل ۵ میلی‌متر بوده و پس از آن در فاصله زمانی کمتر از ۱۰ روز نیز یک روز بارشی رخ داده باشد، به‌عنوان بارش مؤثر در کشت گندم دیم محسوب می‌شود. بارش ۵ میلی‌متر برای عمق کشت ۵ سانتی‌متری، با فرض اینکه در یک خاک با بافت متوسط (لومی) هر میلی‌متر آب باران ۱ سانتی‌متر از خاک را خیس کند، در نظر گرفته شده است (کمالی، ۱۳۷۶). براساس این تعریف، تاریخ‌های کشت مشخص و سپس بر مبنای اول مهر به هر یک از تاریخ‌های مشخص شده یک عدد تخصیص داده شد. در ادامه، اعداد یادشده از کم به زیاد مرتب و به هر یک از آن‌ها شماره ردیف داده شد و براساس فرمول ویبول ($P = \frac{m}{n+1} * 100$) (علیزاده، ۱۳۷۴) شروع کشت با احتمال ۷۵ درصد (سه سال موفقیت از چهار سال) تعیین شده است (معادله ۱).

در این رابطه، P = احتمال وقوع، m = شماره ردیف، و n = تعداد داده‌ها است.

۲. روش دوم، تعیین تاریخ کشت براساس تاریخ‌های ثبت‌شده مراحل کشت و جوانه‌زنی در ایستگاه تحقیقات هواشناسی کشاورزی سرارود در سال‌های مورد مطالعه است. برای بررسی این روش، نخست تاریخ‌های ثبت‌شده بر مبنای اول مهر به عدد تبدیل و سپس مانند روش اول، تاریخ کشت گندم دیم براساس میانگین اقلیمی و توزیع ویبول در سطح احتمال ۷۵ درصد مشخص شد.

شناسایی الگوهای همدید

در این پژوهش، الگوهای همدید رخداد بارش مؤثر بیش از ۵ میلی‌متر در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با استفاده از روش مبتنی بر همبستگی استخراج شده است. به‌منظور تعیین الگوها، ماتریسی از داده‌های روزانه جوی ذکرشده در بالا در ابعاد 68×693 (ماتریس T) تشکیل شد. در طبقه‌بندی و استخراج الگوهای نقشه‌ای به روش همبستگی، نخست ضریب

همبستگی محاسبه می‌شود که این ضریب معرف درجهٔ همانندی بین هر زوج نقشه است (یارنال، ۱۹۹۳). مقدار یا آستانهٔ ضریب همبستگی مناسب یکی از مهم‌ترین بخش‌های این روش است، زیرا مقدار ضریب همبستگی آستانه به افزایش یا کاهش گروه‌ها و تغییر واریانس درون‌گروهی منجر می‌شود. بر این اساس، محققان بسته به هدف مطالعه، ضرایب گوناگونی ارائه کرده‌اند که، با توجه به زمان، مکان، و سطح مورد مطالعه متفاوت است (همان منبع). برای تعیین ضریب همبستگی آستانهٔ مناسب، نخست با ضرایب ۰/۱ تا ۰/۹۵ تعداد خوشه‌ها استخراج و نقطهٔ برخورد تعداد خوشه‌ها و مقادیر ضریب همبستگی به‌عنوان ضریب همبستگی بهینه (۰/۵۷) انتخاب شد (کریمی احمدآباد و همکاران، ۱۳۹۵). در ادامه، با بهره‌گیری از تحلیل خوشه‌ای مبتنی بر فاصلهٔ مقادیر همبستگی در محیط نرم‌افزار متلب، الگوها استخراج شد. در گام نهایی الگوهای استخراجی با روش چشمی پس‌پردازش شد و درنهایت با محاسبهٔ ماتریس همبستگی درون‌گروهی روزهای نمایندهٔ هر الگو برای نمایش شرایط همید و سازوکار رخداد بارش استخراج و نقشه‌های همیدی ترسیم گردید.

یافته‌های پژوهش

بررسی شرایط اقلیمی تاریخ کشت گندم دیم

همان‌طور که در بخش‌های قبل ذکر شد، شرایط اقلیمی مساعد کشت گندم پاییزه وابسته به دو متغیر بارندگی و دماست. با توجه به مناسب بودن شرایط دمایی در منطقهٔ مورد مطالعه در مراحل مختلف رشد (کمالی، ۱۳۷۶؛ بازگیر، ۱۳۷۸) برای تعیین تاریخ کشت گندم، فقط بر عنصر بارش مؤثر تأکید شده است. در جدول ۲، تاریخ اولین روزهای بارش ۵ میلی‌متر و بیشتر طی ۲۴ یا ۴۸ ساعت به‌عنوان بارش مؤثر آورده شده است.

همچنین، نتایج به‌دست‌آمده از محاسبهٔ احتمال وقوع ۷۵ درصد به کمک توزیع ویبول و میانگین اقلیمی تاریخ روزهایی با بارش مؤثر و تاریخ روزهای کشت ثبت‌شده در ایستگاه هواشناسی کشاورزی سرارود، نشان داد که تاریخ‌های مناسب کشت گندم دیم در منطقهٔ مورد مطالعه، در بازهٔ زمانی ۲۵ اکتبر (۳ آبان) تا ۵ نوامبر (۱۴ آبان) است. در جدول ۲، اختلاف تاریخ کشت (با در نظر گرفتن ۲۵ اکتبر به‌عنوان شروع کشت پیشنهادی در منطقه) با تاریخ‌های کشت ثبت‌شده در ایستگاه هواشناسی کشاورزی سرارود در کرمانشاه آورده شده است.

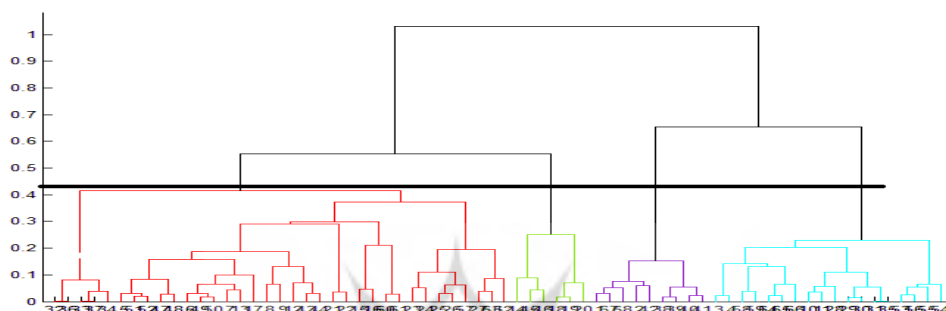
جدول ۲. تاریخ بارش مؤثر (احتمال ۷۵ درصد) و اختلاف زمانی آن با تاریخ‌های کشت گندم دیم در سرارود (منبع: نتایج تحقیق)

سال زراعی	تاریخ شروع بارش مؤثر	فاصلهٔ زمانی (روز)
۱۳۸۳-۱۳۸۴	۲۰۰۴/۱۱/۰۳	قبل
۱۳۸۴-۱۳۸۵	۲۰۰۵/۱۱/۱۶	-
۱۳۸۵-۱۳۸۶	۲۰۰۶/۱۰/۱۶	۲
۱۳۸۶-۱۳۸۷	-	-
۱۳۸۷-۱۳۸۸	۲۰۰۸/۱۰/۲۵	۴
۱۳۸۸-۱۳۸۹	۲۰۰۹/۱۰/۲۳	-
۱۳۸۹-۱۳۹۰	۲۰۱۰/۱۱/۰۱	-
۱۳۹۰-۱۳۹۱	۲۰۱۱/۱۰/۲۷	۰
۱۳۹۱-۱۳۹۲	۲۰۱۲/۱۰/۲۵	۱
۱۳۹۲-۱۳۹۳	۲۰۱۳/۱۱/۰۲	-
۱۳۹۳-۱۳۹۴	۲۰۱۴/۱۰/۱۵	۱۱
۱۳۹۴-۱۳۹۵	۲۰۱۵/۱۰/۲۲	-

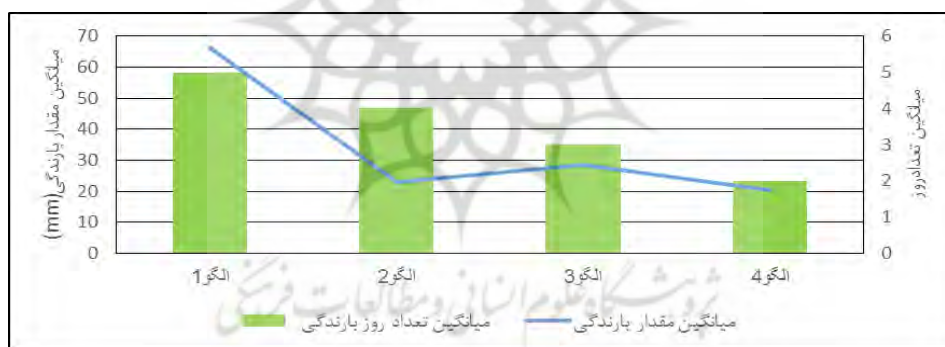
بررسی الگوهای همید بارش مؤثر تاریخ کشت گندم

شناسایی الگوهای همید بارش مؤثر تاریخ کشت برای اولین روز بارشی یا دو روز متوالی با مقدار ۵ میلی‌متر و بیشتر به شرط رخداد حداقل یک روز بارشی در فاصله ده روز پس از آن از تاریخ ۱۵ اکتبر (۲۳ مهر) تا ۵ نوامبر (۱۴ آبان) انجام شده است.

در این پژوهش با تعیین ضریب همبستگی آستانه (۰/۵۷)، چهار الگوی کلی تشکیل شد (شکل ۲). شکل ۳ میانگین مقدار بارش مؤثر و فراوانی روزهای رخداد هر الگو و در جدول‌های ۳ و ۴ کل الگوهای بارشی وارد شده و روز نماینده هر الگو در بازه زمانی مرحله کشت (قبل از جوانه‌زنی) را نشان می‌دهد.



شکل ۲. نمودار درختی گروه‌ها براساس ضریب همبستگی آستانه ۰/۵۷ (خط ضخیم بیانگر فاصله بین خوشه‌های مبتنی بر ضریب همبستگی ۰/۵۷ است)



شکل ۳. نمودار میانگین تعداد روز و میانگین بارش مؤثر هر الگو در زمان کشت قبل از جوانه‌زنی (منبع: یافته‌های تحقیق)

جدول ۳. الگوهای بارشی بیش از ۵ میلی‌متر در زمان کشت قبل از جوانه‌زنی (منبع: یافته‌های تحقیق)

سال زراعی	اولین الگو	دومین الگو	سومین الگو	چهارمین الگو
۲۰۰۵-۲۰۰۴	الگوی ۴ (۲۳)*			
۲۰۰۷-۲۰۰۶	الگوی ۱ (۶/۵)	الگوی ۲ (۱۷/۲)	الگوی ۳ (۴۳)	الگوی ۱ (۲۱)
۲۰۰۹-۲۰۰۸	الگوی ۳ (۲۶)	الگوی ۴ (۱۵)	الگوی ۳ (۳۰/۶)	
۲۰۱۰-۲۰۰۹	الگوی ۲ (۲۳)	الگوی ۱ (۶۲/۱)		
۲۰۱۱-۲۰۱۰	الگوی ۴ (۲۳/۶)			
۲۰۱۲-۲۰۱۱	الگوی ۱ (۹۴/۳)			
۲۰۱۳-۲۰۱۲	الگوی ۲ (۳۵/۳)	الگوی ۲ (۶)		
۲۰۱۴-۲۰۱۳	الگوی ۴ (۷)	الگوی ۲ (۱۲)		
۲۰۱۵-۲۰۱۴	الگوی ۳ (۷)	الگوی ۲ (۲۴/۴)	الگوی ۳ (۲۸)	الگوی ۱ (۴۸/۸)
۲۰۱۶-۲۰۱۵	الگوی ۲ (۷/۸)	الگوی ۱ (۱۶۷/۱)	الگوی ۳ (۵/۶)	

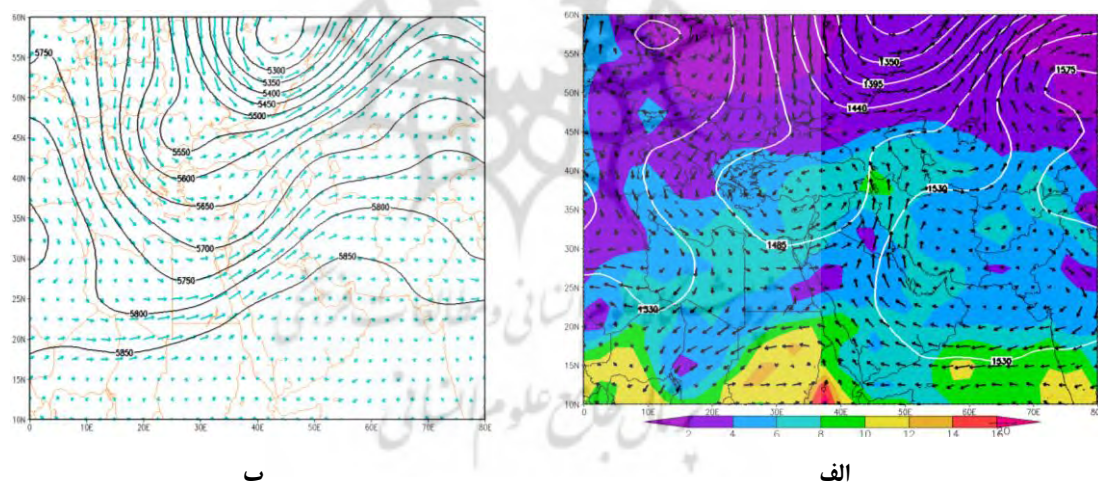
* اعداد داخل پرانتز بیانگر مقدار بارش ثبت‌شده در ایستگاه بر اثر الگوی مورد نظر است.

جدول ۴. ویژگی الگوهای گردشی بارش مؤثر در طول دوره مطالعاتی (منبع: یافته‌های تحقیق)

الگوی گردشی	درصد	تعداد عضو	فراوانی	روز نماینده
الگوی اول	۳۸٫۲	۲۶	۶	۲۰۰۹/۱۰/۳۰
الگوی دوم	۲۸٫۴	۱۸	۷	۲۰۱۴/۱۰/۱۷
الگوی سوم	۲۰٫۶	۱۴	۶	۲۰۱۴/۱۰/۲۱
الگوی چهارم	۱۴٫۷۰	۱۰	۴	۲۰۱۰/۱۱/۰۲

بررسی الگوی همدید ۱

این الگو دارای ۲۶ عضو است که اولین بارش‌های مؤثر در سال‌های زراعی ۲۰۰۶-۲۰۰۷ و ۲۰۱۱-۲۰۱۲ با این الگو آغاز شده است. با توجه به همبستگی میان روزهای این الگو، روز ۳۰ اکتبر ۲۰۰۹ به‌عنوان نماینده این الگو انتخاب شد که دارای همبستگی ۰٫۷۸ با روزهای دیگر است. در نقشه ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۴-ب)، ناوهای به نسبت عمیق از عرض‌های ۶۰ درجه تا عرض‌های ۲۰ درجه شمالی کشیده شده است. پشته اروپای شرقی باعث ریزش هوای سرد عرض‌های بالا بر روی دریای سیاه و مدیترانه شده و سبب تقویت ناوه و فعال شدن چرخندزایی شرق مدیترانه شده است (شکل ۴-الف و ب). منطقه مورد مطالعه بین منحنی‌های پربندی ۵۷۵۰ و ۵۸۰۰ ژئوپتانسیل متر و در قسمت جلوی محور ناوه قرار دارد. جریان تراز سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۴-الف)، مانند تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، با فرارفت هوای گرم و مرطوب جنوبی به وسیله پُرافتخا عربستان، که در این زمان با پُرافتخا تبت یکی شده، همراه جریان مرطوب و سردتر مدیترانه‌ای سبب تمرکز رطوبت در غرب ایران و به‌خصوص در شمال غرب شده است.

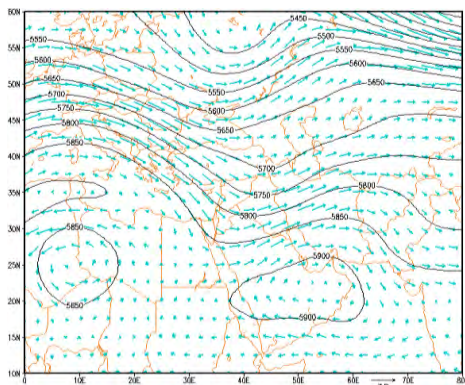


شکل ۴-الف: نقشه ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل متر تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (کتور)، نم و بیه (g/kg) (بهنه رنگی)، و بردارهای سمت و سرعت باد (m/s) تاریخ ۲۰۰۹/۱۰/۳۰؛ ب: نقشه ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل متر تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (کتور) و بردارهای باد (m/s) تاریخ ۲۰۰۹/۱۰/۳۰

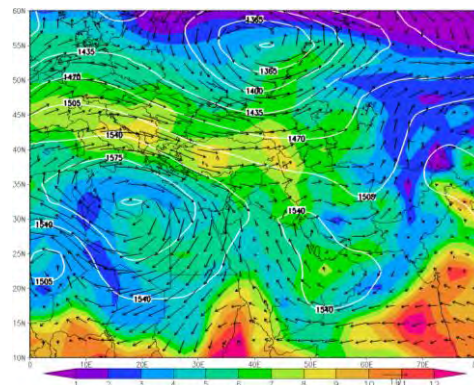
بررسی الگوی همدید ۲

این الگو دارای ۱۸ عضو است که اولین بارش‌های مؤثر در سال‌های زراعی ۲۰۰۹-۲۰۱۰، ۲۰۱۲-۲۰۱۳، و ۲۰۱۵-۲۰۱۶ با این الگو آغاز شده است. با توجه به همبستگی میان روزهای این الگو، روز ۱۷ اکتبر ۲۰۱۴ به‌عنوان نماینده این الگو انتخاب شد که دارای همبستگی ۰٫۷۸ با روزهای دیگر است. در این الگو، در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۵-ب)، منطقه مورد مطالعه در جلوی ناوه مدیترانه و بین منحنی‌های پربندی ۵۷۰۰ و ۵۸۰۰ ژئوپتانسیل متر واقع شده است. در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۵-الف)، زبانه کم‌ارتفاعی از عرض‌های بالا به سمت مناطق شمال و شرق ایران کشیده

شده است. در این تراز مانند تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال وجود پشته اروپا سبب ریزش هوای سرد شده که همراه فرارفت هوای گرم و مرطوب از دریاهای جنوبی توسط واچرخند جنوب شرق عربستان سبب تقویت ناپایداری شده است.



ب

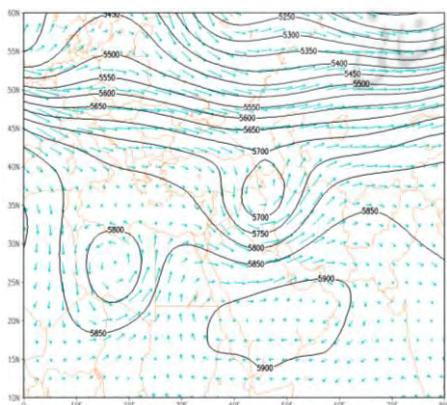


الف

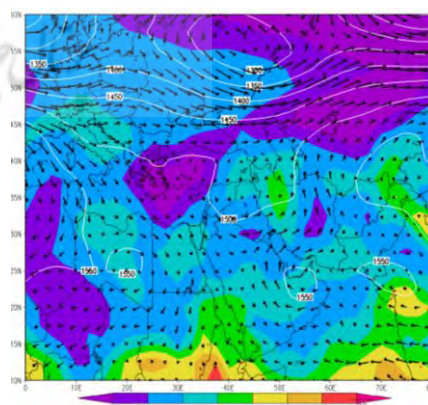
شکل ۵- الف: نقشه ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل متر تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (کتور)، نم و بزه (g/kg) (پهنه رنگی)، و بردارهای سمت و سرعت باد (m/s) تاریخ ۲۰۱۴/۱۰/۱۷؛ ب: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل متر (کتور) تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و بردارهای سمت و سرعت باد (m/s) تاریخ ۲۰۱۴/۱۰/۱۷

بررسی الگوی همدید ۳

این الگو دارای ۱۴ عضو است که اولین بارش‌های مؤثر در سال‌های زراعی ۲۰۰۸-۲۰۰۹ و ۲۰۱۴-۲۰۱۵ با این الگو آغاز شده است. با توجه به همبستگی میان روزهای این الگو، روز ۲۱ اکتبر ۲۰۱۴ به‌عنوان نماینده این الگو انتخاب شد که دارای همبستگی ۰/۸۴ با روزهای دیگر است. در نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۶- ب) مشاهده می‌شود بخش جنوب غربی کم‌فشار بریده (سردچال) روی منطقه واقع شده است. در نقشه ژئوپتانسیل متر تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۶- الف)، یک ناهه در شرق دریای مدیترانه واقع شده که مناطق غرب و شمال غرب ایران را دربر گرفته است. در این تراز مانند تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال واچرخندهای شکل گرفته بر روی دریای عمان، عرب، خلیج فارس، و عربستان سبب فرارفت هوای گرم و مرطوب به روی غرب ایران شده که همراه ریزش هوای سرد غرب اروپا سبب تقویت ناپایداری‌ها و ریزش بارش شده است.



ب



الف

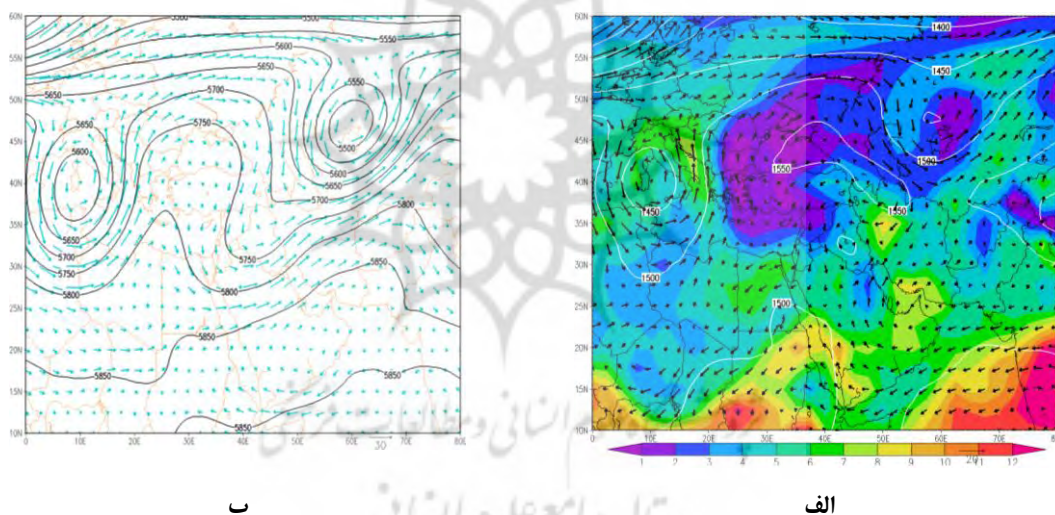
شکل ۶- الف: نقشه ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل متر تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (کتور)، نم و بزه (g/kg) (پهنه رنگی)، و بردارهای سمت و سرعت باد (m/s) تاریخ ۲۰۱۴/۱۰/۲۱؛ ب: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل متر (کتور) تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و بردارهای سمت و سرعت باد (m/s) تاریخ ۲۰۱۴/۱۰/۲۱

بررسی الگوی همدید ۴

این الگو دارای ۱۰ عضو است که اولین بارش‌های مؤثر در سال‌های زراعی ۲۰۰۴-۲۰۰۵ و ۲۰۱۳-۲۰۱۴ با این الگو آغاز شده است. با توجه به همبستگی میان روزهای این الگو، روز ۲ نوامبر ۲۰۱۰ به‌عنوان نماینده این الگو انتخاب شد که دارای همبستگی ۰/۷۶ با روزهای دیگر است.

نقشه ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۷-ب) مشخص‌کننده الگوی بندال امگایی است و بارش منطقه بیشتر تحت تأثیر ناوه سمت راست آن قرار گرفته است. در این الگو، پشته‌ای بر روی شمال آفریقا و مرکز مدیترانه تشکیل شده و این پشته در جنوب اروپا، به‌صورت یک سامانه مانع، سبب انحراف بادهای غربی از مسیر حرکتشان شده است.

در نقشه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۷-الف)، سمت جریان‌های منطقه جنوب و جنوب غربی است. در این الگو، برخلاف سایر الگوها، به‌دلیل کشیده شدن پشته اروپا روی دریای سیاه و مدیترانه، چرخندزایی روی مدیترانه متوقف شده و این پشته نیز مناطق شمالی ایران را دربر گرفته که سبب ریزش هوای سرد عرض‌های بالا به روی ایران شده است. در این الگو، واچرخند عربستان به سمت جنوب دریای عرب عقب‌نشینی کرده و واچرخند روی آفریقا نیز به سمت شمال شرق آفریقا جابه‌جا شده است. ریزش هوای سرد از مناطق شمالی ایران و تزریق هوای گرم و مرطوب ناشی از حرکت واچرخندی روی دریای عربی و خلیج فارس بر میزان ناپایداری‌ها و بارش در غرب کشور افزوده است.



شکل ۷- الف: نقشه ترکیبی ارتفاع ژئوپتانسیل متر تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (کنتور)، نم و بیه (g/kg) (پهنه رنگی)، و بردارهای سمت و سرعت باد (m/s) تاریخ ۲۰۱۰/۱۱/۰۲؛ ب: نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل متر (کنتور) تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و بردارهای سمت و سرعت باد (m/s) تاریخ ۲۰۱۰/۱۱/۰۲

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، با توجه به اهمیت بارش مؤثر در تعیین تاریخ کشت و تأثیر آن بر رشد و نمو گندم دیم، به بررسی بارش‌های مؤثر در زمان جوانه‌زنی (اولین بارش بیش از ۵ میلی‌متر) در شهرستان کرمانشاه پرداخته شد و سپس الگوهای همدید رخداد این بارش‌ها بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که زمان مناسب برای کشت گندم دیم در شهرستان کرمانشاه ۲۵ اکتبر (۳ آبان) تا ۵ نوامبر (۱۴ آبان) بوده و الگوهای همدید ایجادکننده بارش‌هایی با آستانه بیش از ۵ میلی‌متر در دوره مطالعاتی شامل ناوه فرعی، ناوه مدیترانه، بندال امگا، و کم‌ارتفاع بریده بوده‌اند. نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که الگوهای شناسایی شده دارای ویژگی‌های زیر بوده‌اند:

۱. الگوی ۱ دارای بیشترین فراوانی رخداد بارش‌های مؤثر و تداوم روزهای بارشی بوده و همچنین این الگو با بارندگی‌های شدیدی همراه بوده است.

۲. الگوی ۲ پس از الگوی ۱ بیشترین فراوانی روزهای بارشی را داشته، اما میزان بارندگی و تداوم روزهای بارشی آن نسبت به سایر الگوها کمتر بوده است.

۳. الگوهای ۳ و ۴ الگوهایی هستند با ویژگی‌هایی چون فراوانی رخداد کم، تعداد روزهای بارشی محدود، با بارندگی‌های روزانه شدید همراه.

مطالعات همدید الگوهای جوی نشان داد که منبع رطوبت هر چهار الگو دریا‌های شمالی اقیانوس هند (دریا‌های عرب و سرخ) بوده و الگوی ۱، به سبب دسترسی بیشتر به رطوبت و شرایط ناپایداری حاصل از ریزش هوای سرد، روزهای بارشی با تداوم زمانی چندروزه همراه داشته و، با تأمین رطوبت خاک، شرایط لازم برای جوانه‌زنی به موقع گندم را فراهم خواهد کرد. پس از الگوی ۱، بارش‌های حاصل از الگوهای ۲، ۳، و ۴ در رخداد بارش‌های مؤثر در زمان کشت به ترتیب در الویت بعد قرار گرفته‌اند.

در خصوص نوسانات عملکرد گندم دیم و ارتباط آن با الگوهای بارشی، نتایج این تحقیق نشان داد که کمترین عملکرد محصول نسبت به میانگین بلندمدت (۲۱۱۳ کیلوگرم در هکتار) در سال‌هایی رخ داده است که الگوی بارشی نوع ۴ وجود داشته است. برای نمونه می‌توان به سال‌های ۲۰۰۴-۲۰۰۵ و ۲۰۱۳-۲۰۱۴ به ترتیب با عملکردهای ۱۹۱۹ و ۱۴۵۵ کیلوگرم در هکتار اشاره کرد. از طرف دیگر، بیشترین عملکرد گندم دیم در سال‌هایی رخ داده که الگوهای بارشی ۲ و ۳ با یکدیگر اتفاق افتاده‌اند. در این خصوص می‌توان سال‌های ۲۰۰۶-۲۰۰۷، ۲۰۱۴-۲۰۱۵، و ۲۰۱۵-۲۰۱۶ را به ترتیب با عملکردهای ۲۸۸۸، ۲۴۸۶، و ۲۷۰۰ کیلوگرم در هکتار نام برد. همچنین، تأثیر الگوهای همدید اولین بارش مؤثر در سال‌های زراعی مورد مطالعه نشان داد که در سال‌هایی که اولین بارش مؤثر به ترتیب با الگوهای ۱، ۲، ۳، و ۴ شروع شده‌اند، مرحله جوانه‌زنی به طور میانگین به ترتیب با ۴، ۱۰، ۳، و ۵ روز تأخیر شروع شده است. در راستای مقایسه نتایج پژوهش حاضر با مطالعات دیگر پژوهشگران (باراحمدی، ۱۳۸۰؛ کمالی و همکاران، ۱۳۸۷)، زمان مناسب کشت گندم دیم هم‌زمان با شروع بارش‌های پاییزه با حداقل مقدار ۵ میلی‌متر به دست آمد. همچنین، در مقایسه با مطالعه جهان‌بخش اصل (۱۳۷۴) و خوشحال دستجردی و همکاران (۱۳۹۴)، نتایج این تحقیق نیز نشان داد که با استفاده از تاریخ‌های شروع اولین بارش مؤثر طی سال‌های گذشته می‌توان مقادیر بارش و مسیر سامانه‌های بارش‌زا را در ابتدا و انتهای فصل کشت گندم دیم تعیین کرد. به علاوه، نتایج طبقه‌بندی الگوهای همدید این مطالعه از نظر ماندگاری و منطقه اثرگذار با نتایج محمدی و مسعودیان (۱۳۸۶)، امیدوار و همکاران (۱۳۸۹)، رفعتی و همکاران (۱۳۹۳)، و خورشیددوست و همکاران (۱۳۹۵) مطابقت داشت. در یک جمع‌بندی کلی، می‌توان اذعان کرد که با شناسایی الگوهای بارش مؤثر در بازه زمانی کشت و شروع جوانه‌زنی، می‌توان با ارائه تقویم زراعی فصل رشد، ضمن کاهش اثرهای زیان‌بار حاصل از نوسانات بارش، عملکرد گندم دیم را در منطقه افزایش داد. در پایان ذکر این نکته ضروری است که کوتاه‌بودن آمار مربوط به عملکرد محصول و تاریخ‌های شروع و خاتمه مراحل مختلف رشد گندم دیم از محدودیت‌های این تحقیق بود که روی دقت نتایج تأثیرگذار بود؛ امید است با گذشت زمان و داشتن آمار بلندمدت به نتایج دقیق‌تری در این زمینه رسید.

منابع

- احمدالی، خ.، حسینی‌پژوه، ن. و لیاقت، ع. (۱۳۹۴). تعیین زمان بهینه کشت گندم دیم در استان کردستان، نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی)، ۱۰۹: ۹-۱۸.
- امیدوار، ک.؛ صفرپور، ف.؛ محمودآبادی، م. و الفتی، س. (۱۳۸۹). تحلیل همیددی اثرهای سردچال در وقوع بارش‌های شدید در نواحی مرکز و جنوب غرب ایران، فصل‌نامه برنامه‌ریزی و آمایش فضا، ۴: ۱۶۱-۱۸۹.
- ایستگاه تحقیقات هواشناسی کشاورزی سرارود کرمانشاه (۱۳۸۷). بولتن های هفتگی هواشناسی کشاورزی گندم دیم.
- بازگیر، س. (۱۳۷۸). بررسی پتانسیل اقلیمی زراعت گندم دیم مطالعه موردی استان کردستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- جهان‌بخش اصل، س. (۱۳۷۴). استفاده از داده‌های آگروکلیمایی و پیش‌بینی هوا در فراوری‌های کشاورزی، نشریه دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز، ش ۲.
- خسروی، و. (۱۳۸۹). تعیین پتانسیل کشت ارقام مختلف گندم و تعیین مناسب‌ترین تاریخ کشت آن‌ها در منطقه کرمان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه آبیاری، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- خورشیددوست، ع.م.؛ مفیدی، ع.؛ رسولی، ع.ا. و آزم، ک. (۱۳۹۵). تحلیل همیددی سازوکارهای وقوع بارش‌های سنگین بهاره در شمال غرب ایران، مجله مخاطرات محیط طبیعی، ۸: ۵۳-۸۲.
- خوشحال دستجردی، ج.؛ نظری، ع.؛ قانقرمه، ع. و فلاحی، ح. (۱۳۹۴). پیش‌بینی همید آماری وقوع ریزش باران در زمان کاشت و برداشت گندم دیم در شهرستان گنبد کاووس، مجله آمایش جغرافیایی فضا، ۱۶: ۱۶۹-۱۸۴.
- رفعتی، س.؛ حجازی‌زاده، زهرا. و کریمی، م. (۱۳۹۳). تحلیل همیددی شرایط رخداد سامانه‌های همرفتی با بارش بیش از ۱۰ میلی‌متر در جنوب غرب ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۲: ۱۳۷-۱۵۶.
- سازمان هواشناسی کشور (۱۳۸۰). گزارش فنی گدھا و روش‌های دیدبانی پارامترهای هواشناسی.
- علیزاده، ا. (۱۳۷۴). اصول هیدرولوژی کاربردی، چ ۲۲، انتشارات دانشگاه اما رضا (ع).
- فرچ‌زاده، م. و تکلو بیغش، ع. (۱۳۸۰). ناحیه‌بندی آگروکلیمایی استان همدان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی با تأکید بر گندم دیم، پژوهش‌های جغرافیایی، ۳۳ (۴۱): ۹۳-۱۰۵.
- قربانی، خ. (۱۳۸۵). پیش‌بینی منطقه‌ای تولید گندم براساس داده‌های بارندگی و ارائه نتایج در محیط GIS (مطالعه موردی شمال مرکزی ایران)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
- قربانی، م.ح.؛ هارطونیان، ه.؛ سلطانی، ا. و کامکار، ب. (۱۳۸۹). نقش پنجه‌ها بر عملکرد گندم در شرایط کشت دیم و خاک شور در فواصل ردیف و تراکم‌های مختلف، مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، ۳ (۴): ۱۲۵-۱۴۲.
- کابوسی، ک. و مجیدی، ع. (۱۳۹۶). پهنه‌بندی تاریخ‌های کاشت و برداشت و طول مراحل رشد گندم دیم براساس داده‌های بارش و دما در استان گلستان، زراعت دیم ایران، ۱: ۱۰۳-۱۲۰.
- کاظمی راد، مظفر. و علیجانی، ب. (۱۳۷۷). تعیین زمان و منطقه مساعد کشت گندم دیم در آذربایجان غربی براساس توزیع دما و بارش، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی دانشگاه خوارزمی.

- کریمی احمدآباد، م.؛ خوش‌اخلاق، ف.؛ بازگیر، س. و جعفری، م. (۱۳۹۵). نقش گردش و ردسپهر زیرین پُرفشار عربستان در بارش ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴: ۵۶۹-۵۸۷.
- کمالی، غ.ع. (۱۳۷۶). تعیین مناسب‌ترین تاریخ کشت گندم در مناطق دیم‌خیز غرب کشور با استفاده از داده‌های اقلیمی و شروع بارندگی، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، ۴۵: ۲۴-۱۳.
- کمالی، غ.ع.؛ صدقیان‌پور، ع.؛ صداقت‌کردار، ع. و عسگری، ا. (۱۳۸۷). بررسی پتانسیل اقلیمی کشت گندم دیم در استان آذربایجان شرقی، مجله آب و خاک، ۲: ۴۸۳-۴۶۷.
- محمدی، ب. و مسعودیان، س. ا. (۱۳۸۶). ارتباط تیپ‌های همید هوای ایستگاه سنندج با الگوهای گردشی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، مجله جغرافیا و توسعه، ۱۹: ۳۹-۵۶.
- مظفری، غ.ع. (۱۳۸۰). ارزیابی قابلیت‌های محیطی کشت گندم دیم در استان کرمانشاه، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.
- موسوی بایگی، م.؛ اشرف، ب. و رمضان‌زاده، ه. ف. (۱۳۹۲). شناسایی مناطق مستعد و تعیین تاریخ کشت مناسب گندم در مناطق دیم‌کاری استان خراسان رضوی، فصل‌نامه پژوهش‌های کاربردی زراعی، ۹۹: ۱۳۱-۱۴۱.
- نوحی، ک. (۱۳۸۴). تحلیل بارندگی کرج به‌منظور تعیین تاریخ کاشت گندم دیم، مجله نیوار، ۵۸: ۹۵-۱۰۳.
- وزارت جهاد کشاورزی (۱۳۹۴). گزارش محصولات زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۴ معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات.
- یاراحمدی، د. (۱۳۸۰). بررسی تأثیر اقلیم بر کشاورزی دشت سیلاخور با تأکید بر کشت گندم دیم، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه تهران.
- یارنال، ب. (۱۳۸۵). اقلیم‌شناسی همید و کاربرد آن در مطالعات محیطی، ترجمه سیدابوالفضل مسعودیان، انتشارات دانشگاه اصفهان.
- Agrometeorological Research Station of Sararood, Kermanshah (2008). Agrometeorological weekly bulletin for rain-fed wheat.
- Ahmadali, Kh.; Hossaini Pazoh, N. and Liaghat, A. (2015). Determination of optimum time for rain-fed wheat cultivation in Kordistan province, Journal of Agronomy, 109: 9-18.
- Alizadeh A. (2007). The principal of applied hydrology, Emam Reza University Publishing, 22nd Edition.
- Alvares, R. (2008). Predicting average regional yield and production of wheat in Argentine pampas by an artificial neural net work approach, European Journal of Agronomy, 47: 239-253.
- Bazgeer, S. (1999). The investigation of climatic potential of rain-fed wheat cultivation in Kordistan Province, MSc Thesis, University of Tehran.
- Bekele, F.; Korecha, D. and Negatu, L. (2017). Demonstrating effect of rainfall characteristics on wheat yield: Case of Sinana District, SouthEastern Ethiopia, Agricultural Sciences, 8: 371-384.
- Dobor, L.; Barcza, Z.; Hlásny, T.; Árendás, T.; Spitkó, T. and Fodor, N. (2016). Crop planting date matters: Estimation methods and effect on future yields, Agricultural and Forest Meteorology, 223: 103-115.
- Farajzadeh, M. and Takaloo Bighash, A. (2001). Agroclimatic regionalization in Hamadan Province using geographic information system with emphasis on rain-fed wheat, Physical Geography Research Quarterly, 33: 93-105.

- Ghorbani, KH. (2006). Regional prediction of wheat production on the basis of rainfall data in GIS environment (A case study, central North of Iran), MSc thesis, University of Tehran.
- Islamic Republic of Iran Meteorological Organization, IRIMO (2001). The technical report of codes and methods of meteorological parameters observation.
- Jahanbakhsh Asl, S. (1995). Using agroclimatic data for weather prediction and agricultural production, Journal of College of Human and Social, University of Tabriz, No. 2.
- Kamali, GH. A. (1997). Determination of optimum planting date of wheat in rain-fed region of west of country using climatic data and commencement of rainfall, Geographical Research Quarterly Journal, 45: 13-24.
- Kamali, GH. A.; Sadighianpoor, A.; Sedaghatkerdar, A. and Asgari, A. (2008). Investigation of climatic potential of rain-fed wheat in East Azarbayjan, Journal of Water and Soil, 22: 467-483.
- Kaboosi, K. and Majidi, A. (2017). Zoning of planting and harvesting dates and duration of rain-fed wheat growth stages according to precipitation and temperature data in Golestan Province, Iranian Journal of Dryland Agriculture, 1: 103-120.
- Karimi Ahmadabad, M.; Khoshakhlagh, F.; Bazgeer, S. And Jafari, M. (2016). The influence of lower tropospheric circulation of Arabian high pressure on Iran precipitation, Physical Geography Research Quarterly, 4: 569-587.
- Kazemi Rad, M. and Alijani, B. (1998). Determination of optimum date and region for rain-fed wheat in west Azarbayjan according to distribution of temperature and precipitation, MSc Thesis, Kharazmi University.
- Khoshhal Dastjerdi, J.; Nazari A.; Ghangharmeh A. and Falahi H. (2015). Statistically synoptic prediction of occurrence of falling precipitation during planting and harvesting of rain-fed wheat in Gonbad Kavos Township, Geographical Planning of Space Quarterly Journal, 16: 169-184.
- Khosravi, V. (2010). Determination of potential of different wheat varieties and optimum planting dates in Kerman Region, MSc Thesis, Shahid Bahonar University of Kerman.
- Khorshiddost, A.M.; Mofidi, A.; Rasooli, A.A. and Azarm, K. (2016). Synoptic analysis of mechanism of occurrence of spring heavy precipitation in northwest of Iran, Journal of Natural Environment Hazards, 8: 53-82.
- Marletto, V.; Ventura, F.; Fontana, G. and Tomei, F. (2007). Wheat growth simulation and yield prediction with seasonal forecasts and a numerical model, Agricultural and Forest Meteorology, 147: 71-79.
- Marta, A.D.; Orlando, F.; Mancini, M.; Guasconi, F.; Motha, R.; Qu, J. and Orlandini, S. (2015). A simplified index for an early estimation of durum wheat yield in Tuscany (Central Italy), Field Crops Research, 170: 1-6.
- Mohammadi, B. and Masoudian, S.A. (2007). The study on relationship of the synoptic weather types of Sanandaj station with circulation patterns of 500 hPa, Geography and Development Iranian Journal, 9: 39-56.
- Mosavi Baygi, M.; Ashraf, B. and Ramazanzadeh, H.F. (2013). The recognition of suitable region and determination of planting date of wheat in rain-fed region in Khorasan Razavi Province, Field Crops Research, 99: 131-141.
- Mozafari, Gh. A. (2001). The assessment of environmental suitability of rain-fed wheat cultivation in Kermanshah province, PhD dissertation, Tarbiat Modares University.
- Noohi, K. (2005). Analysis of precipitation of Karaj for determination of planting date for rain-fed wheat, Nivar Journal, 58: 95-103.

- Omidvar K.; Safarpour F.; Mahmoodabadi, M. and Olfati, S. (2010). Synoptic analysis of cut-off Low in occurrence of severe precipitation in the central and South West of Iran, *Geographical Planning of Space Quarterly Journal*, 4: 161-189.
- Rafati, S.; Hejazizadeh, Z. and Karimi, M. (2014). Synoptic analysis of occurrence conditions of convective systems with precipitation more than 10 millimeters in South-West of Iran, *Physical Geography Research Quarterly*, 2: 137-156.
- Stern, R.D.; Dennett, M.D. and Dale, I.C. (1982). Analyzing daily rainfall measurements to give agronomically useful results, I. Direct methods, *Experimental Agriculture*, 18: 223-236.
- Tsimba, R.; Edmeade, G.O.; Millner, J.P. and Kemp, P.D.C. (2017). The effect of planting date on maize grain yields and yield components, *Field Crops Research*, 150: 135-144.
- Vezārat-e Jahād-e Keshāvarzī (The Ministry of Agriculture) (2015). The report of agricultural crops, Deputy of planning and economic, The center for technology and communications information.
- Yarahmadi, D. (2001). The investigation of climatic impact on agricultural activity in Silakhor plain with emphasis on rain-fed wheat planting, MSc Thesis, University of Tehran.
- Yarnal, B. (1993). *Synoptic climatology in environmental analysis*, Translated by Masoudian, S.A. (2006), Published by University of Isfahan.
- Zhang, Y. (1994). Numerical experiments for the impacts of temperature and precipitation on the growth and development of winter wheat, *Journal of Environment science*, 5: 194-200.

