سال پنجم • شماره هفدهم • پاییز ۱۳۹۳

# اثر بارش بر عملکرد گندم دیم و شاخص رضایتمندی نیاز آبی در مقیاس زمانی مختلف

فریده السادات هاشمی نسب خبیصی[۱]، محمد موسوی بایگی[۲]، بهرام بختیاری[۳]، محمد بنایان اول[۴]

تاریخ دریافت:۱۳۹۲/۰۶/۱۰
تاریخ پذیرش:۹۲/۱۲/۱۰

## چکیده

گندم از مهم‌ترین محصولات استراتژیک جهان می‌باشد که از اهمیت ویژه‌ای در غذای مردم برخوردار است. در زراعت دیم گندم بارش یکی از ارکان اصلی است به‌طوری که این پارامتر به‌عنوان تنها منبع تأمین آب در دیم‌کاری محسوب می‌شود. مطالعه حاضر بر روی ۶ ایستگاه سینوپتیک در استان‌های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی صورت گرفته است. در این پژوهش از ۲۵ سال داده‌های هواشناسی ۶ ایستگاه سینوپتیک خراسان بزرگ و عملکرد گندم از سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۶۲ استفاده شده است. در ابتدا به بررسی میزان بارش در طول دوره رشد گندم پرداخته شد و سپس با محاسبه شاخص رضایتمندی نیازآبی (WRSI) در منطقه رضایت محصول از بارش و تبخیر-تعرق مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصله میانگین دراز مدت این شاخص در ایستگاه بیرجند ۴۴/۷۲ درصد می‌باشد که در میان ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای کمترین مقدار است و بر اساس این شاخص منطقه مورد مطالعه جهت کشت گندم دیم مناسب نمی‌باشد و کاشت آن همراه با ریسک بالایی خواهد بود. از میان ایستگاه‌های مورد مطالعه دو ایستگاه مشهد و قوچان با میانگین دراز مدت ۹۲/۸۷ و ۹۲/۲۷ درصد دارای بیشترین مقدار این شاخص بودند، بر این اساس، این مناطق برای کشت گندم دیم بسیار مناسب بوده و از ریسک بسیار پایینی برای کشت گندم دیم برخوردار می‌باشند.

**واژه‌های کلیدی: بارش، خراسان، دیم، ریسک، شاخص رضایتمندی نیازآبی، عملکرد.**

[۱] دانشجوی دکترا هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران (نویسنده مسئول: (Farideh_hasheminasab@yahoo.com
[۲] استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
[۳] استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
[۴] دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

## مقدمه

گندم از مهم‌ترین محصولات استراتژیک جهان است که هم از لحاظ وزنی و هم مقدار، قابل توجه بوده و مورد استفاده انسان و حیوان است. تولید سالانه گندم حدود ۶۰۰ میلیون تن می‌باشد که تقریباً ۲۰٪ انرژی و ۲۵٪ نیازهای پروتئینی جمعیت جهان را فراهم می‌کند (ردی و هودس، ۲۰۰۰). زراعت گندم دیم با توجه به گستردگی سطح آن در حدود بیش از ۴ میلیون هکتار در سطح کشور از ویژگی‌ها و خصوصیات متفاوتی در مقایسه با زراعت گندم آبی برخوردار می‌باشد. بدین جهت با برنامه‌ریزی دقیق و استفاده اصولی از امکانات موجود، فناوری‌های نوین و به کارگیری مکانیزاسیون مناسب می‌توان افزایش و پایداری تولید محصول استراتژیک را قوت بخشیده و از منابع موجود بهره‌وری بهینه را به عمل آورد (قربانی و دیبایی، ۱۳۸۹).

در ایران موسوی بایگی و همکاران (۱۳۹۲) به شناسایی مناطق مستعد و تعیین تاریخ کشت مناسب گندم در مناطق دیم‌کاری استان خراسان رضوی پرداخته و با توجه به فراهم بودن دمای مناسب جوانه زنی گندم پاییزه در خراسان رضوی، مناطق مستعد تنها با تأکید بر عنصر بارش و در نظر گرفتن آستانه ۳۰۰ میلی‌متر را شناسایی و پهنه بندی نمودند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که شهرستان‌های قوچان و نیشابور مستعدترین مناطق استان بوده و سایر شهرستان‌ها به جز گناباد و سرخس جزء مناطق نیمه مستعد جهت کشت گندم دیم محسوب می‌شوند. عزیزی و یاراحمدی (۱۳۸۲) با استفاده از مدل رگرسیونی ارتباط بین پارامترهای اقلیمی و عملکرد گندم دیم را در دشت سیلاخور استان لرستان مورد بررسی و مطالعه قرار دادند. آن‌ها با به کارگیری پارامترهای میزان بارش پاییزه و بهاره، تعداد روزهای یخبندان بهاری، اولین بارش پاییزه و تعداد روزهای بارانی بالای یک میلی‌متر دوره مرطوب سال، نشان دادند که بین عملکرد گندم دیم و متغیرهای میزان بارش پاییزه و همچنین تعداد روزهای بارانی دوره مرطوب سال، ارتباط مستقیم و بین تعداد روزهای یخبندان بهاری و تأخیر در اولین بارش پاییزه، ارتباط معکوسی برقرار است. کمالی و همکاران (۱۳۸۷) با بررسی پارامترهای اقلیمی مؤثر در کشت گندم در استان آذربایجان شرقی با استفاده از داده‌های بارش تاریخ شروع کشت و مراحل مختلف کشت گندم دیم و دما در دوره جوانه زنی و تنش‌های دمایی نشان داد که بیشتر مناطق استان آذربایجان شرقی از نظر اقلیمی مناسب کشت گندم دیم می‌باشد.

نورود (۲۰۰۰) تأثیر پارامترهای اقلیمی را بر روی مناطق کشت گندم دیم در دشت‌های بزرگ ایالت کانزاس آمریکا مورد بررسی قرار داد. وی با تحلیل داده‌های اقلیمی نظیر بارندگی، دما، تبخیر و خاک، نواحی مناسب برای کشت گندم دیم را شناسایی و به این نتیجه رسید که تبخیر و بارندگی نسبت به سایر عناصر اقلیمی، بیشترین تأثیر را در طول مراحل رشد گندم دیم دارند. مولتسی و واکر (۲۰۱۲) در آفریقای جنوبی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و مدل ناسا شاخص رضایتمندی نیازآبی محاسبه شده با معادله هارگریوز-سامانی را با شاخص رضایتمندی محاسبه شده با استفاده از معادله پنمن-مانتیث مورد مقایسه قرار داده و نشان دادند که شاخص رضایتمندی نیازآبی شبیه‌سازی شده توسط داده‌های ماهواره‌ای اختلاف کمی با شاخص محاسبه شده با استفاده از داده‌های هواشناسی دارد. وردین و کلور (۲۰۰۲) از یک شبکه سلولی، با متغیرهای سنجش از دور بارش و مدل-های هواشناسی و نقشه‌های دیجیتال خاک، شاخص رضایتمندی نیازآبی را برای ذرت در طول فصل رشد در جنوب آفریقا محاسبه و با شاخص رضایتمندی نیاز آبی محاسبه شده با داده‌های ایستگاه مورد مقایسه قرار دادند که میزان آن‌ها با هم دارای اختلاف کمی بود و استفاده از داده‌های سنجش از دور و مدل‌های خاک برای مناطق با داده‌های هواشناسی ناقص مناسب ارزیابی شد. راجاول و همکاران (۲۰۱۲) بازده مصرف آب و شاخص رضایتمندی نیازآبی ارقام توتون و تنباکو را در منطقه راجاندری هند مورد مطالعه قرار داده و نشان دادند که عملکرد توتون با مقدار بارندگی، مصرف آب و شاخص رضایتمندی نیازآبی ارتباط قابل توجهی را داراست.

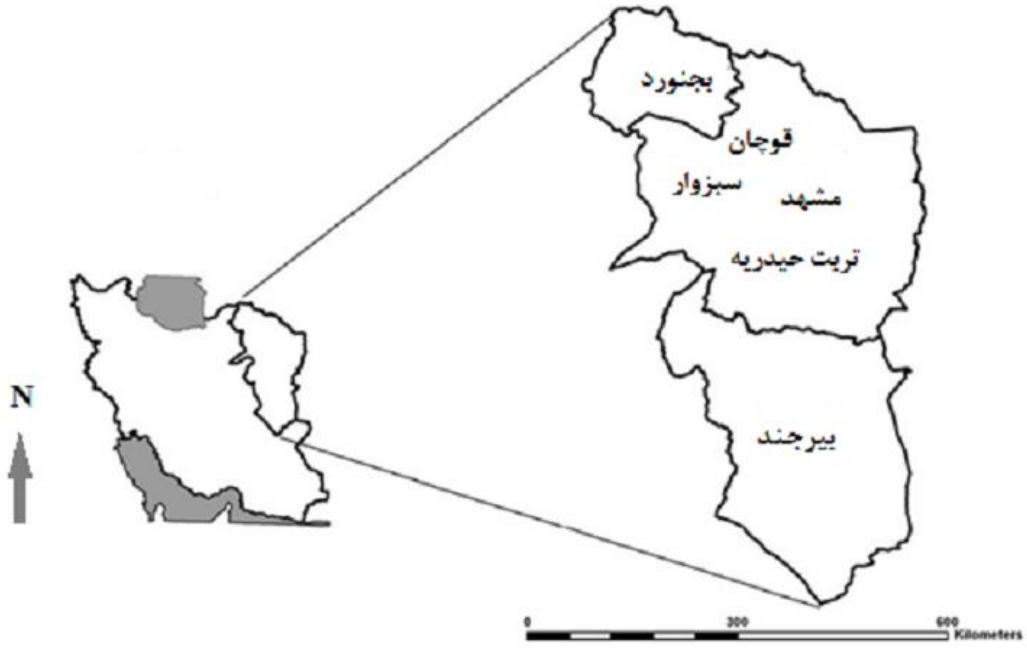
بررسی مطالعات گذشته نشان می‌دهد که بارش و تبخیر-تعرق بر عملکرد محصولات دیم اثرات قابل ملاحظه‌ای دارد و شاخص رضایتمندی نیاز آبی شاخصی مناسب برای بررسی اثر این پارامترها می‌باشد. این شاخص

در هیچ یک از مناطق کشت گندم دیم کشور مورد مطالعه قرار نگرفته است لذا بررسی آن ضروری به نظر می رسد تا بر اساس آن مناطق مستعد کشت دیم گندم مشخص شوند.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

مطالعه حاضر بر روی ۶ ایستگاه سینوپتیک استان‌های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی در شمال شرق کشور صورت گرفته است که این ایستگاه‌ها دارای آمار بلند مدت پارامترهای اقلیمی و عملکرد محصول گندم می‌باشند. اقلیم شمال شرق کشور به طور معمول خشک و نیمه‌خشک است. مشخصات جغرافیایی و ویژگی‌های اقلیمی و نیز نوع اقلیم و خاک ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. لازم به ذکر است ایستگاه‌هایی که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته‌اند، دارای داده‌های طولانی مدت می‌باشد و سایر ایستگاه‌های سینوپتیک موجود در سطح منطقه به دلیل کم بودن تعداد سال‌های آماری، قابل استناد نبوده و لذا در این پژوهش مورد استفاده قرار نگرفته‌اند.




**شکل (۱): موقعیت مناطق مورد مطالعه در کشور**

**جدول (۱): موقعیت جغرافیایی و مشخصات اقلیمی ایستگاه‌های مورد مطالعه**

| نام ایستگاه | طول جغرافیایی (شرقی) دقیقه درجه | عرض جغرافیایی (شمالی) دقیقه درجه | ارتفاع از سطح دریا (متر) | بارش سالانه (میلیمتر) | اقلیم منطقه (طبقه بندی اقلیمی دومارتن) | خاک منطقه |
|---|---|---|---|---|---|---|
| بجنورد | ۱۹ ۵۷ | ۲۸ ۳۷ | ۱۰۹۱ | ۲۷۲/۴ | نیمه خشک | لومی |
| بیرجند | ۱۲ ۵۹ | ۵۲ ۳۲ | ۱۴۹۱ | ۱۷۱ | خشک | لومی |
| تربت حیدریه | ۱۳ ۵۹ | ۱۶ ۳۵ | ۱۴۵۰/۸ | ۲۷۹/۴ | نیمه خشک | لومی |
| سبزوار | ۴۳ ۵۷ | ۱۲ ۳۶ | ۹۷۷/۶ | ۱۸۹/۱ | خشک | لومی |
| قوچان | ۳۰ ۵۸ | ۰۴ ۳۷ | ۱۲۸۷ | ۳۰۱ | نیمه خشک | شنی- لومی |
| مشهد | ۳۸ ۵۹ | ۱۶ ۳۶ | ۹۹۹/۲ | ۲۵۷/۵ | نیمه خشک | رسی- لومی |

**داده‌های مورد استفاده**

داده‌های مورد نیاز در این مطالعه شامل سرعت باد، رطوبت نسبی، دمای کمینه، دمای بیشینه، بارندگی و ساعت آفتابی در مقیاس روزانه، برای ۲۵ سال آماری (۱۳۸۷-۱۳۶۲) می‌باشد که از بخش خدمات ماشینی سازمان هواشناسی کشور تهیه شد. در بخش خدمات ماشینی بر روی داده‌ها کنترل کیفی صورت گرفته و کلیه آزمون‌های همگنی با رسم نمودار پراکنش، استقلال با استفاده از آزمون Runs و کیفیت داده‌ها با محاسبه ضریب تعیین و آماره F انجام شده است (میان‌آبادی، ۱۳۸۷). همچنین داده‌های عملکرد سالانه محصول گندم دیم و داده‌های مورد نیاز برای خاک منطقه شامل حد ظرفیت مزرعه (FC) و نقطه پژمردگی دائم (PWP) و بافت خاک برای ایستگاه‌های مورد نظر از مرکز تحقیقات کشاورزی استان خراسان رضوی، شمالی و جنوبی تهیه گردید. در این مطالعه بارندگی دو دهه اول کشت به‌عنوان بارش آغاز فصل رشد درنظر گرفته شد. عملکرد محصول علاوه بر بارش و ذخیره آب خاک، با پارامترهای هواشناسی مانند تابش و درجه حرارت نیز در ارتباط می‌باشد.

**شاخص رضایتمندی نیازآبی[1]**

یکی از نیازهای اساسی کشت دیم توزیع و تنوع بارش در طول فصل رشد می‌باشد علاوه بر آن استفاده از مدل-های فرایند یک ابزار مفید برای بررسی پاسخ عملکرد محصول به مدیریت مزرعه و شرایط محیطی می‌باشد. شاخص رضایتمندی نیازآبی (WRSI) یک شاخص عملکرد محصول بر اساس آب در دسترس محصول در طول فصل رشد است که تابعی از بارش، تبخیر- تعرق، نوع خاک و نوع محصول می‌باشد.

این شاخص وابسته به آب مورد نیاز محصول است و به‌صورت درصدی از آب مورد نیاز محصول در هر مرحله از رشد، محاسبه می‌گردد. این شاخص بر اساس تقاضا و مصرف آب محصول در دهه‌های رشد با فرمول ۱ تعریف می‌شود (وردین و کلور، ۲۰۰۲):

$$WRSI = \left( \sum_{d=1}^{d=15} \frac{ET_a}{ET_c} \Big/ 18 \right) \times 100 \qquad (۱)$$

که در آن $ET_a$ تبخیر-تعرق واقعی و $ET_c$ تبخیر-تعرق استاندارد محصول با توجه به میزان تبخیر محصولات می‌باشد که با وجود آب کافی در خاک، مدیریت خوب و شرایط محیطی مساعد افزایش می‌یابد. برای محاسبه مقدار تبخیر- تعرق استاندارد، از روش پنمن-مونتیث برای به دست آوردن مقدار تبخیر تعرق گیاه مرجع ($ET_o$) و ضرایب محصول گندم در طول فصل رشد ($K_c$) استفاده شد (فرمول۲):

$$ET_c = ET_o \times K_c \qquad (۲)$$

برای محاسبه $ET_o$ با معادله پنمن-مونتیث از داده‌های تابش، دمای هوا، رطوبت هوا و سرعت باد استفاده شده است (فائو، ۱۹۹۸). جهت تعیین ضرایب $K_c$ با توجه به دستورالعمل های فائو عمل شده است (فائو، ۱۹۷۷ و۱۹۷۹).

تبخیر- تعرق واقعی ( $Et_a$)بر اساس فرمول ۳ ارائه شده توسط الگامن (۱۹۷۱) محاسبه شده و تابع چندجمله‌ای بر اساس تابع ارائه شده توسط افهولدر (۱۹۹۷) می‌باشد:

$$ET_a = 0.732 - 0.05ET_c + (4.97ET_c - 0.66ET_c^{\ 2}) \times MR - (8.57ET_c - 1.56ET_c^{\ 2}) \times MR^2 + (4.35ET_c - 0.88ET_c^{\ 2}) \times MR^3 \qquad (۳)$$

آب در دسترس خاک با نسبت رطوبت (MR[2])بر اساس فرمول ۴ محاسبه شده است که مقدار آن بین ۰ تا ۱ می‌باشد:

$$MR = R / \mathrm{AWC} \qquad (۴)$$

که در آن AWC[3]، حداکثر ظرفیت آب در دسترس، تابع عمق ریشه محصول در خاک می‌باشد (وردین و کلور، ۲۰۰۲)R، بارش بر اساس گام زمانی محاسبه شده است. مدل بر اساس گام زمانی دهه‌ای می‌باشد. بدین منظور همه ورودی‌های آب و هوا در مدل (بارندگی و$ET_o$) به‌صورت دهه‌ای خلاصه و طول فصل رشد ۱۸ دهه در نظر گرفته شد. نسبت $ET_a/ET_o$ برای هر کدام از دهه‌ها از دهه

[1] Water Requirement Satisfaction Index

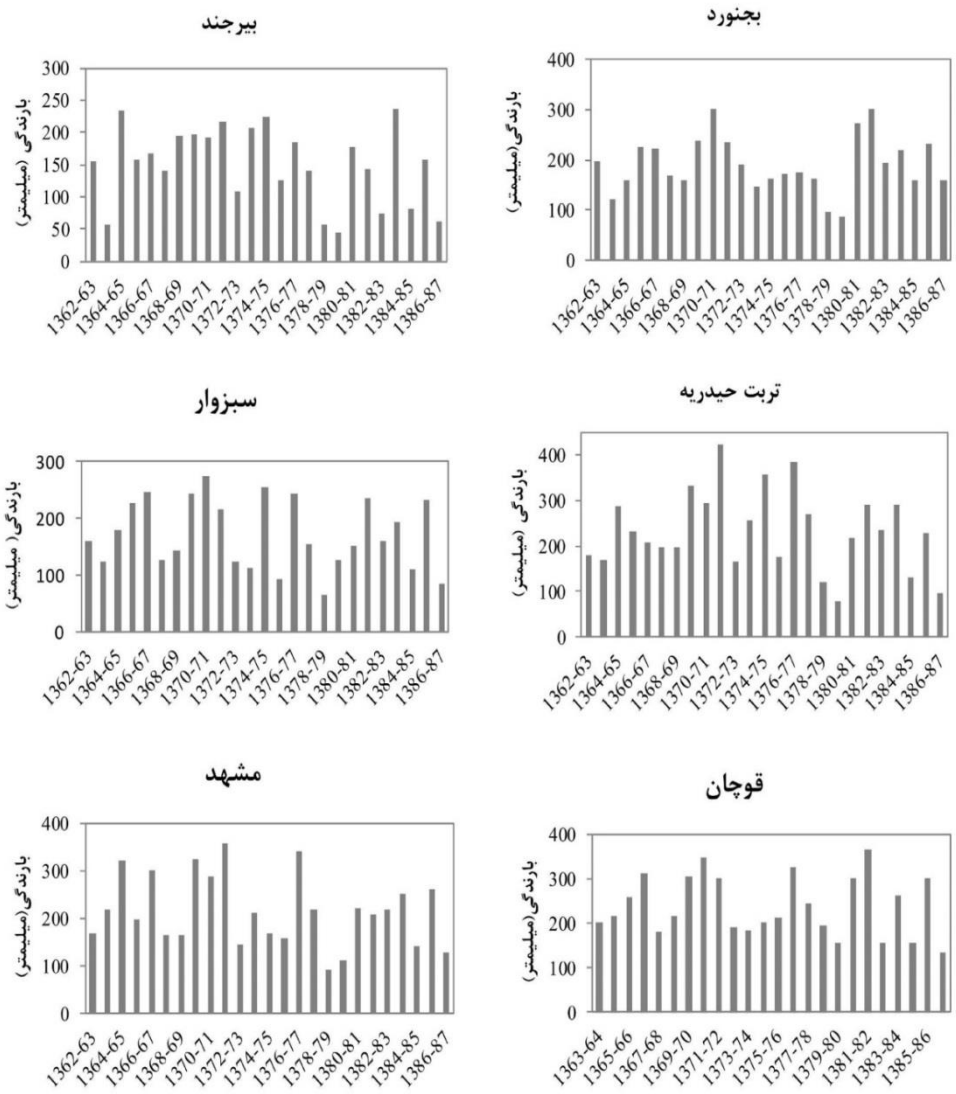
[2] Moisture Ratio

[3] Available Water Capacity

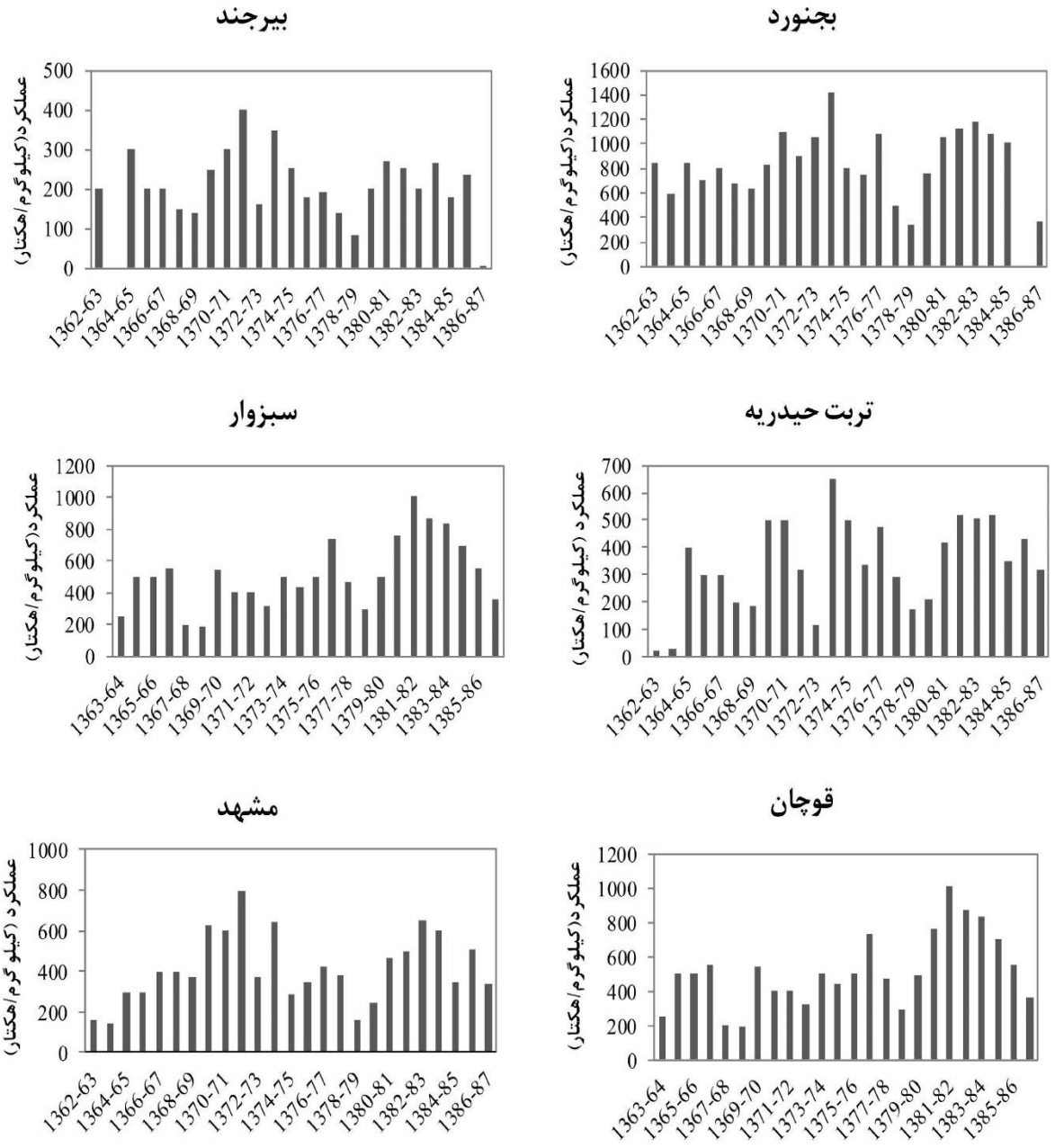
اول(d=1) تا دهه آخر (d=18) محاسبه و سپس مقدار WRSI برای هر ۱۸ دهه محاسبه شد. مقدار WRSI از صفر (که مقدار آب مورد نیاز محصول هرگز تأمین نمی-شود) تا ۱۰۰٪ (تأمین نیاز آبی محصول به‌صورت کامل) متغیر می‌باشد (سلطان و همکاران، ۲۰۱۰).

## نتایج و بحث

در شکل ۲ و ۳ نمودارهای بارندگی و عملکرد گندم در طول فصل رشد در ۶ ایستگاه سینوپتیک را نشان داده است که هر یک از ایستگاه‌ها در طول دروه آماری ۱۳۶۲-۱۳۸۷ دارای بارش و عملکرد متفاوتی می‌باشند. همان طور که در نمودارهای بارش (شکل ۲) مشاهده می‌شود میزان بارش در طول سال‌های مختلف مقادیر متفاوتی دارد و دارای نوسانات زیادی می‌باشد، بارش از جمله پارامترهای اقلیمی است به دلیل عوامل مؤثر فراوان بر روی آن دارای نوسانات زیادی در طول سال‌های مختلف می‌باشد. شکل ۳ نمودارهای عملکرد گندم در طی ۲۵ سال را نشان می‌دهد که در هر کدام از این مناطق سطح زیر کشت متفاوتی بوده و در میان ایستگاه‌های مورد مطالعه، بیرجند از عملکرد بسیار پایین‌تری نسبت به سایر مناطق برخوردار است که علت آن را می‌توان سطح زیر کشت پایین و اقلیم خشک منطقه دانست.

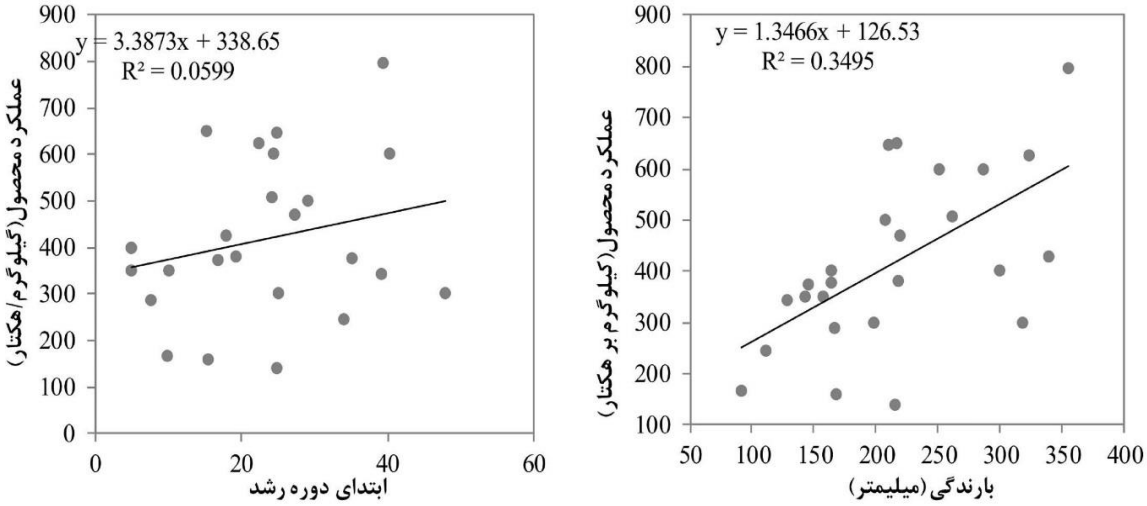



**شکل (۲): نمودارهای بارش در ایستگاه‌های سینوپیک مورد مطالعه**




**شکل (۳): نمودارهای عملکرد گندم دیم در ایستگاه‌های سینوپیک مورد مطالعه**

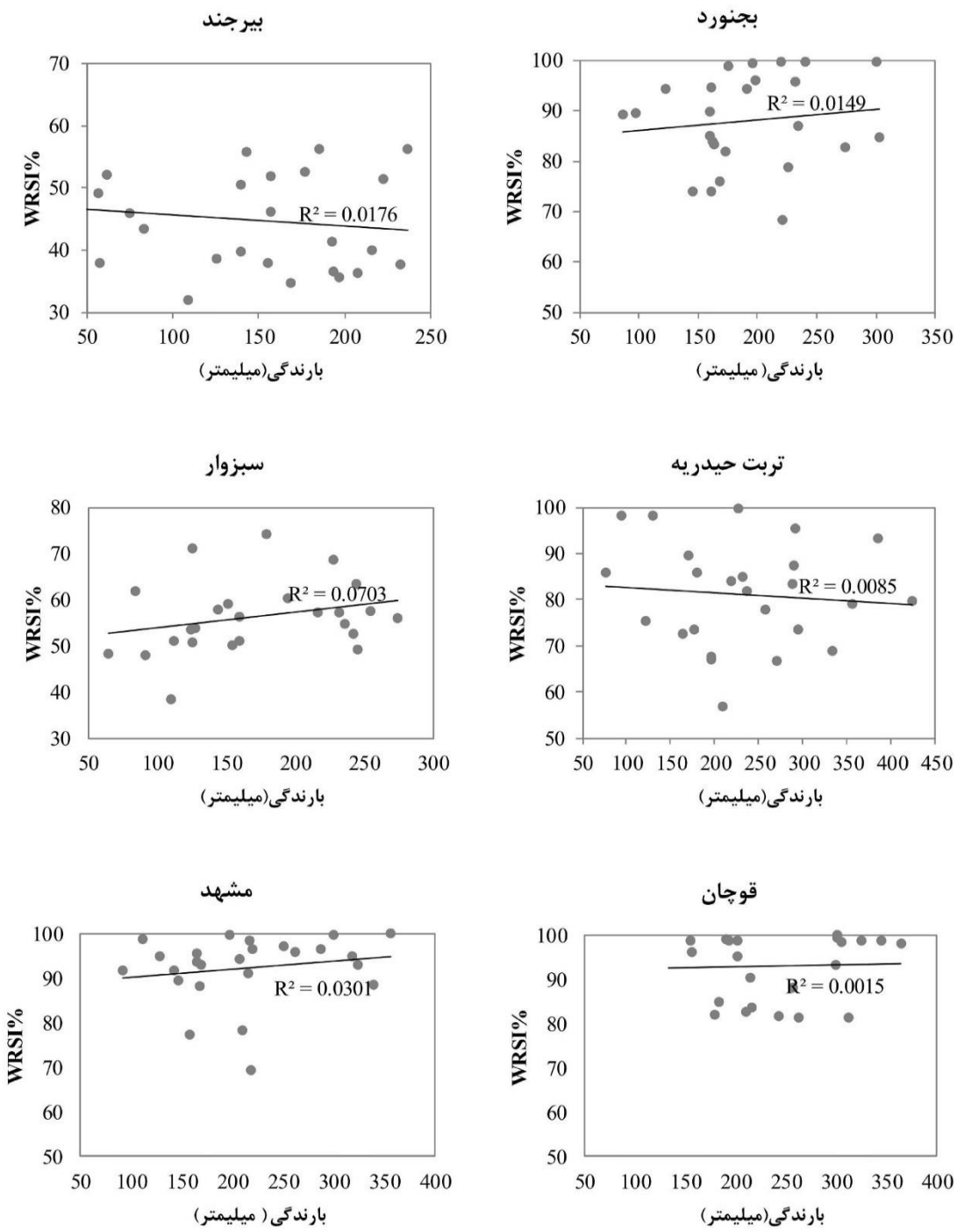
شکل ۴ میزان عملکرد گندم را برای ۲۵ سال نشان داده است که محور عمودی آن عملکرد گندم دیم و محور افقی آن در نمودار سمت راست بارندگی در طول دوره رشد و نمودار سمت چپ بارندگی در ابتدای دوره رشد برای ایستگاه مشهد می‌باشد. در سایر ایستگاه‌ها نیز نتایج به همین صورت بود. پراکندگی داده‌ها نشان دهنده تغییرات بارش در طی سال‌های مختلف می‌باشد. از عوامل کم بودن ضریب همبستگی می‌توان به سطح زیر کشت متفاوت در سال‌های مختلف و همچنین به سایر عوامل مؤثر در کشت دیم مانند دمای کمینه که از جمله عوامل محدود کننده در کشت دیم می‌باشد، اشاره نمود.




**شکل (۴): نمودار بارش در طول دوره رشد و در ابتدای دوره رشد با عملکرد محصول ایستگاه مشهد**

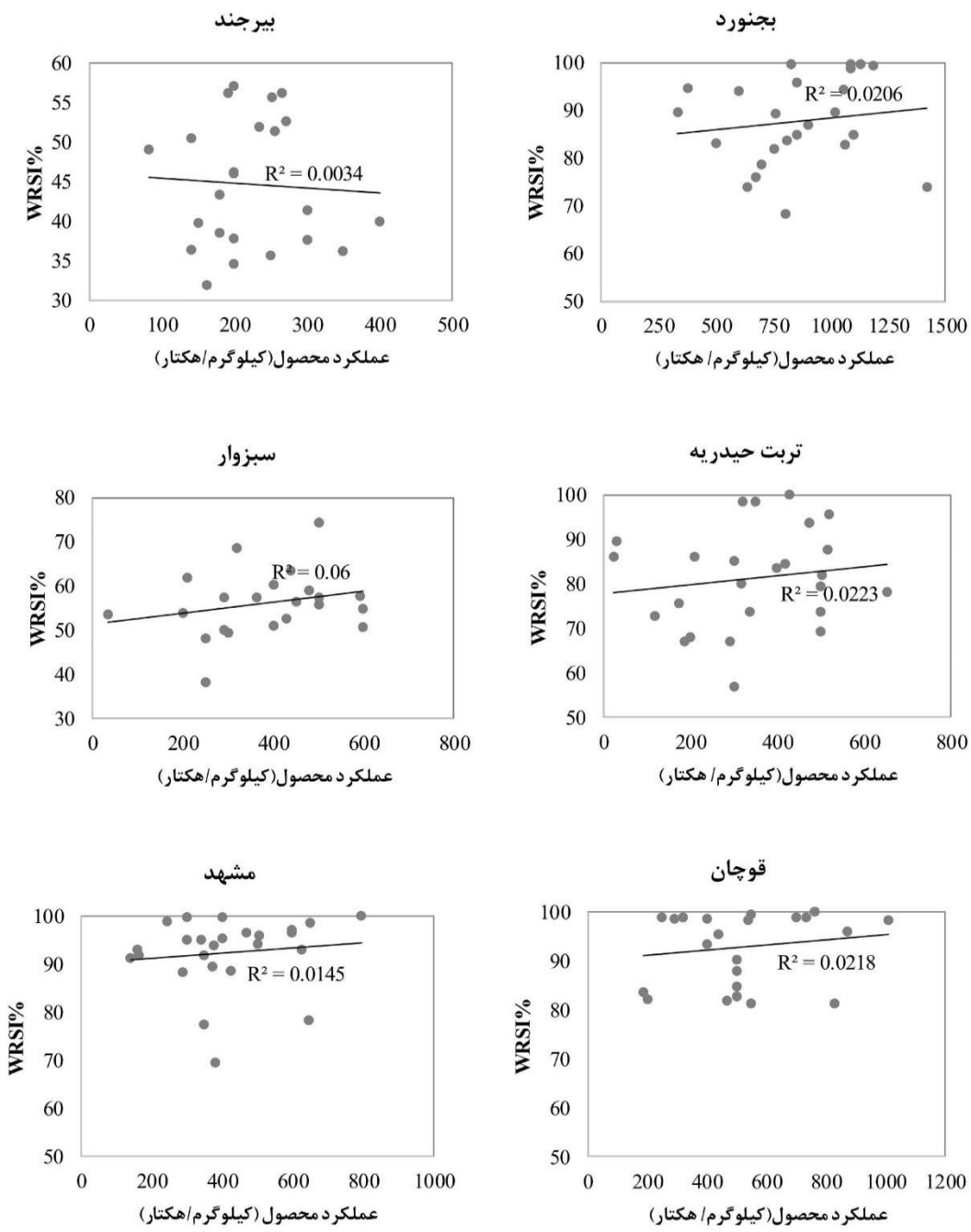
شاخص WRSI در سه دسته تقسیم‌بندی می‌شود: دسته اول ٪۵۰ <WRSI دارای ریسک اقلیمی پایین؛ دسته دوم ٪۴۰<WRSI<٪۵۰ دارای ریسک اقلیمی متوسط؛ و دسته سوم ٪۴۰>WRSI دارای ریسک اقلیمی بالا می باشد (سیلوا و همکاران، ۲۰۱۰).

در شکل ۵ نمودارها شاخص رضایتمندی نیاز آبی را در ۲۵ سال گذشته شبیه سازی شده است، در این نمودارها محور عمودی درصد WRSI و محور افقی میزان بارندگی در طول دوره رشد می‌باشد. دوره رشد در هر یک از این مناطق بسته به اقلیم آن‌ها متفاوت بود و تاریخ شروع کشت بسته به منطقه از اواسط آبان تا اواسط آذر ماه و تاریخ برداشت از اواسط اردیبهشت تا ابتدای خرداد ماه متفاوت بوده است. مقدار WRSI ٪۱۰۰ نشان دهنده تأمین نیازآبی برای رشد محصول می‌باشد. در مناطق نیمه‌خشک مانند بجنورد و قوچان و مشهد مقدار WRSI در اغلب سال‌ها بالاتر از ۷۰ درصد می‌باشند که برای کشت گندم دارای ریسک اقلیمی پایین و مناسب کشت گندم دیم می‌باشند. در تربت حیدریه و سبزوار با توجه به اینکه شاخص در اغلب موارد بالاتر از ۵۰ درصد می‌باشند از نظر اقلیمی دارای ریسک پایینی در کشت گندم می‌باشد و در بیرجند با توجه به اینکه شاخص WRSI در اغلب موارد بین ۴۰ تا ۵۰ درصد می‌باشند در دسته دوم قرار گرفته و دارای ریسک اقلیمی متوسطی برای کشت دیم گندم می‌باشند. به این ترتیب مناطق با ریسک اقلیمی پایین قوچان و مشهد مناسب‌تر برای کشت گندم دیم می‌باشند.



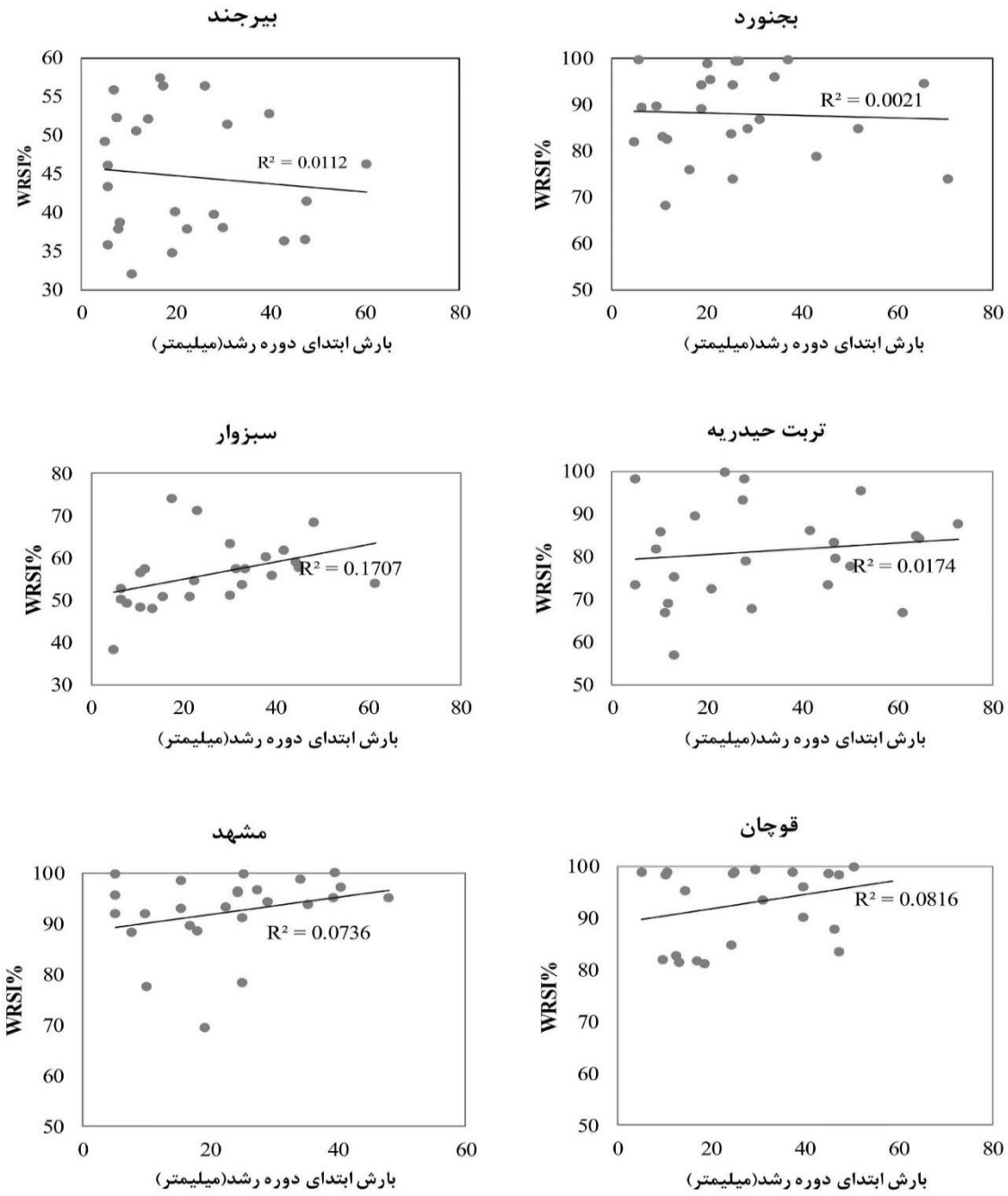

**شکل (۵): نمودار بارش در طول دوره رشد و شاخص رضایتمندی نیازآبی**

شکل ۶ ارتباط میزان WRSI را طی ۲۵ سال گذشته با عملکرد محصول را نشان می‌دهد. نمودارها به ترتیب مربوط به بجنورد، بیرجند، تربت حیدریه، سبزوار، قوچان و مشهد می‌باشند که در این میان بیرجند دارای عملکرد پایین‌تری نسبت به سایر مناطق بوده که یکی از عوامل آن اقلیم خشک این منطقه و سطح کشت پایین آن نسبت به مناطق دیگر می‌باشد و با توجه به این شاخص دارای ریسک اقلیمی متوسطی برای کشت گندم به‌صورت دیم می‌باشد. یکی از عوامل پایین بودن همبستگی نمودارها میزان سطح زیر کشت متفاوت در ایستگاه‌های مورد مطالعه در طول سال‌های آماری مورد استفاده می‌باشد.




**شکل (۶): نمودار عملکرد و شاخص رضایتمندی نیازآبی**

شکل ۷ نشان دهنده ارتباط میان بارش در ابتدای دوره رشد و شاخص رضایتمندی نیازآبی می باشد. در این نمودارها بارش در ابتدای دوره رشد در محور افقی و شاخص رضایتمندی نیازآبی در محور عمودی قرار گرفته است، میزان بارش ابتدای دوره رشد در طول سال‌های مختلف از میزان متفاوتی برخوردار می‌باشد. در کشت دیم گندم علاوه بر بارش عامل محدود کننده دیگر از جمله دمای کمینه وجود دارد. همچنین مناطق مورد مطالعه، دارای سطح زیر کشت متفاوتی می‌باشند و در سال‌های مختلف تولید متفاوتی داشته است. در محاسبه شاخص رضایت مندی با توجه به اینکه از معادله پنمن- مانتیث استفاده شده است و در آن پارامترهای مؤثر زیادی علاوه بر بارش وجود دارد که می‌تواند از عوامل پایین بودن ضریب همبستگی در نمودارها باشد.

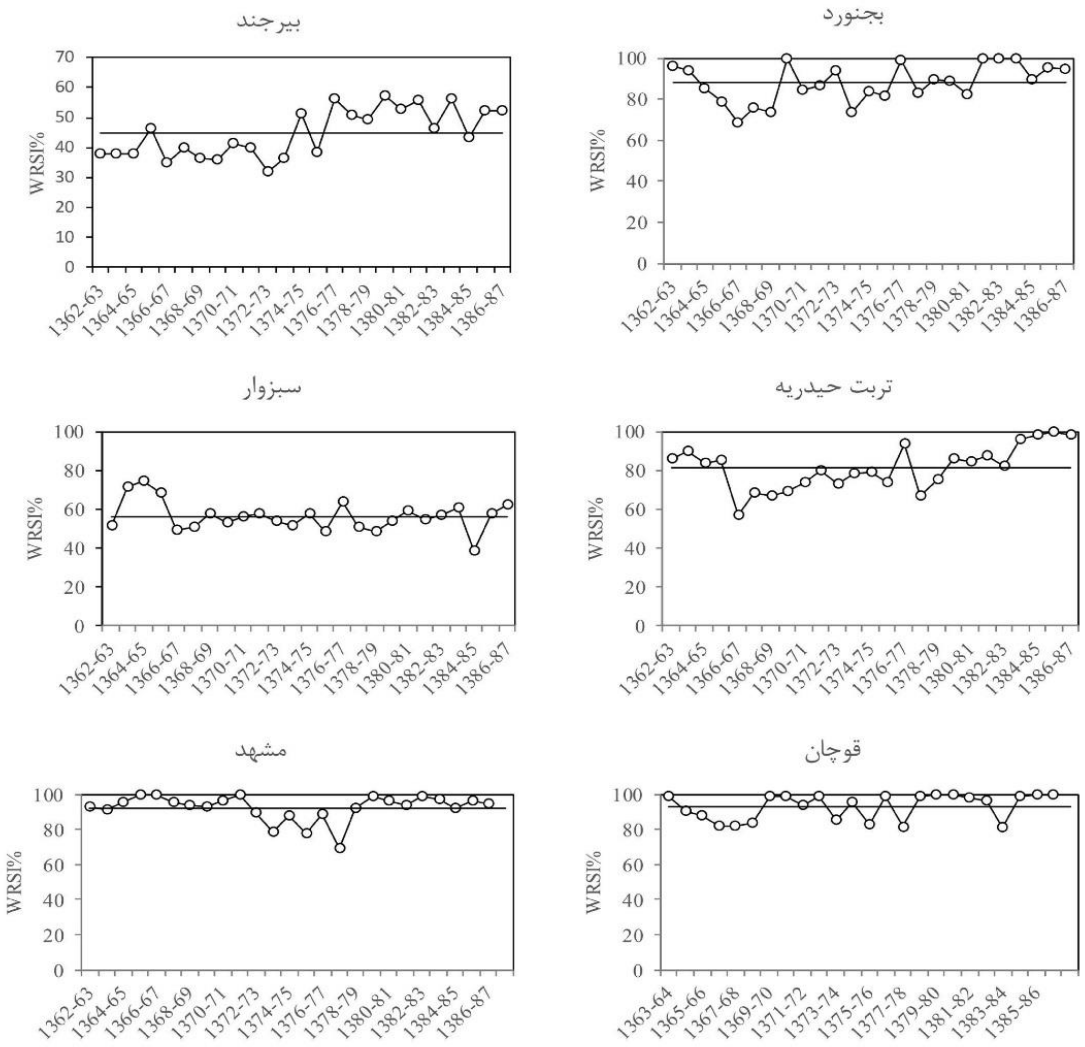



**شکل (۷): نمودار بارش ابتدای دوره رشد و شاخص رضایتمندی نیازآبی**

جدول ۲ میانگین سالانه شاخص رضایتمندی نیاز آبی برای دوره ۲۵ ساله را بیان می‌کند. بر اساس آن ایستگاه بیرجند دارای کمترین میزان این شاخص و ایستگاه مشهد داری بیشترین مقدار می‌باشد. شکل ۸ نشان دهنده نمودارهای تغییرات WRSI در طول ۲۵ سال می‌باشد. نمودارها نشان می‌دهند که میزان تغییرات در طول سال‌های مختلف متفاوت است و بسته به اقلیم منطقه تغییر می‌کنند و در مناطقی مانند مشهد و قوچان میزان میانگین سالانه این شاخص بالاتر از ۹۰ درصد می‌باشد و مناسب کشت دیم ارزیابی شده‌اند؛ اما در مناطقی با اقلیم خشک مانند بیرجند مقدار آن نسبت به مناطق نیمه‌خشک بسیار کمتر می‌باشد.

**جدول (۲): میانگین شاخص رضایتمندی نیاز آبی در ۶ ایستگاه مورد مطالعه**

| نام ایستگاه | میانگین سالانه WRSI% |
|---|---|
| بجنورد | ۸۸/۰۰ |
| بیرجند | ۴۴/۷۴ |
| تربت حیدریه | ۸۱/۱۷ |
| سبزوار | ۵۶/۲۲ |
| قوچان | ۹۲/۸۷ |
| مشهد | ۹۲/۲۷ |




**شکل (۸): نمودارهای تغییرات شاخص WRSI در ایستگاه‌های مورد مطالعه**

## نتیجه گیری

در این مطالعه ابتدا تغییر پذیری پارامتر بارش و عملکرد گندم دیم در طول دوره آماری ۲۵ سال (۱۳۸۷-۱۳۶۲) در ۶ ایستگاه مورد بررسی قرار گرفت و در آن ارتباط میان بارش در طول دوره رشد و عملکرد گندم دیم مناسب ارزیابی شد. سپس شاخص رضایتمندی نیازآبی محاسبه شد و ارتباط میان عملکرد و بارش با شاخص رضایتمندی نیاز آبی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و به این بررسی مناطق مستعد کشت گندم دیم پرداخته شد. بر اساس شاخص مورد مطالعه ۴ ایستگاه مشهد، قوچان، بجنورد و تربت‌حیدریه برای کشت دیم گندم بسیار مناسب ارزیابی شده و دارای ریسک اقلیمی بسیار پایینی بوده و کشت دیم گندم در این مناطق با محدودیت مواجه نمی‌باشد، اما ایستگاه‌های سبزوار و بیرجند دارای ریسک

اقلیمی بالایی بوده و کشت گندم در منطقه بیرجند با توجه به تبخیر- تعرق بالا و بارش کم توصیه نمی‌شود. مقایسه این تحقیق با مطالعات مشابه در سایر نقاط جهان مانند وردین و کلور (۲۰۰۲) و مولتسی و والکر (۲۰۱۲) نشان می‌دهد که بارش و مصرف آب و تبخیر-تعرق بر عملکرد محصولات دیم، اثرات قابل ملاحظه‌ای خواهد داشت. بر این اساس شاخص رضایتمندی نیاز آبی می‌تواند شاخصی برای شناسایی مناطق اقلیمی مناسب کشت گندم دیم باشد، به این ترتیب با استفاده از این شاخص مناطقی که برای کشت گندم دیم انتخاب می‌شوند از ریسک اقلیمی پایین‌تری برخوردار خواهند بود. بر اساس نتایج حاصله باید توجه داشته باشیم که علاوه بر بارش عوامل محدود کننده دیگر از جمله دما در ابتدای دوره رشد می‌تواند در عملکرد گندم دیم مؤثر باشد.

## منابع


۱- عزیزی، ق. و د. یاراحمدی. ۱۳۸۲. بررسی ارتباط پارامترهای اقلیمی و عملکرد گندم با استفاده از مدل رگرسیونی (مطالعه موردی دشت سیلانخور). فصلنامه پژوهش های جغرافیایی، شماره ۴۴، ص ۲۳-۲۹.

۲- قربانی، م. و م. ح. دیبایی. ۱۳۸۹. اثر مدیریت در بهینه سازی نهاده های کشاورزی در کشت گندم دیم. پنجمین همایش ملی ایده های نو در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان اصفهان.، ۲۷-۲۸ بهمن سال ۱۳۸۹.

۳- کمالی، غ.ع.، ع. صدقیانی پور و ع. صداقت کردار. ۱۳۸۷. بررسی پتانسیل اقلیمی کشت گندم دیم در استان آذربایجان شرقی. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۲، شماره ۲، ص ۴۶۷-۴۸۳.

٤- موسوی بایگی، م.، ب. اشرف و ف. رمضان زاده هژبر. ۱۳۹۲. شناسایی مناطق مستعد و تعیین تاریخ مناسب کشت گندم در منازق دیم کاری استان خراسان رضوی. نشریه زراعت، شماره ۹۹، ص ۱۳۱-۱۴۰.

٥- میان آبادی، آ. ۱۳۸۷. شناسایی و نقشه برداری مخاطرات استان خراسان رضوی، پایان نامه کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

6- Affholder, F. 1997. Empirically modelling the interaction between intensification and climatic risk in semi-arid regions. Field Crops Research 52: 79–93.

7- Eagleman, J.R. 1971. An experimentally derived model for actual evapotranspiration. Agricultural and Forest Meteorology 8: 385–394.

8- FAO. 1977. Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24, by Doorenbos J and W.O. Pruitt. FAO, Rome.

9- FAO. 1979. Agrometeorological Crop Monitoring and Forecasting. FAO Plant Production and Protection paper No. 17, by M. Fr`ere and G.F. Popov. FAO, Rome.

10- FAO. 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome.

11- Moeletsi, M.E. and S. Walker 2012, Evaluation of NASA satellite and modelled temperature data for simulating maize water requirement satisfaction index in the Free State Province of South Africa, Physics and Chemistry of the Earth 50-52, pp157-164.

12- Norwood, C. 2000. A dry land winter wheat as affected by previous crops, Agronomy Journal.

13- Rajavel, M., R.P. Samui and K.G. Kanade 2012. Assessment of water requirement of tobacco at Rajamundry (Andhra Pradesh). MAUSAM. 63. 2: 231-238.

14- Reddy, K.H., and H.F. Hodges. 2000. "Climate change and global crop productivity". UK, Wallingford.

15- Richards, L.A. and C.H. Wadleigh. 1952. Soil water and plant growth. In Soil Physical Conditions and Plant Growth, American Society of Agronomy Series Monographs, vol. II. Shaw BT (ed). Academic Press: New York:74–251.

16- Silva, V., J. Campos., M.T. Silva and P.V. Azevedo. 2010. Impact of global warming on cowpea bean cultivation in northeastern Brazil. Agricultural Water Management 97: 1760-1768.

17- Sultan, B., M. Bella-Medjo., A. Berg., P. Quirion and S. Janicot. 2010. Multi-scales and multi-sites analyses of the role of rainfall in cotton yields in West Africa. Int. J. Climatol. 30: 58–71.

18- Verdin, J. and R. Klaver. 2002. Grid-cell-based crop water accounting for the famine early warning system. Hydrol. Process. 16: 1617-1630.

# The Effects of Rainfall on Dryland Wheat Yield and Water Requirement Satisfaction Index at Different Time Scales

Farideh sadat Hasheminasab[1], Mohammad Mousavi baygi[2], Bahram bakhtiari[3], Mohammad Bannayan[4]

## Abstract

Wheat is the world's most important strategic products that are of particular importance in the diet. Wheat in rain fed agriculture is of main pillars so that these parameters can be fed as the only source of water. This study on 6 synoptic Station the provinces of North, Razavi and South Khorasan. In this study are used of 25 years of 6 synoptic stations meteorological data of Khorasan and wheat yield the years 1362 to 1387. First, Evaluation of rainfall data during wheat the growth period and water requirement satisfaction index (WRSI) in the area of precipitation and Evaluation evapotranspiration product. The results of the long-term average of Birjand station 44.72 percentage, that the lowest among the studied stations on the appropriate region of wheat planting is not dryland has been accompanied by high risk. The stations studied the long-term average of Mashhad and Ghochan 92.87 and 92.27% of the highest value of this index are based on these regions are highly suitable for dryland wheat and low risk are important for dryland cultivation of wheat.

**Keywords: Performance, farming, water requirement satisfaction index, risk, Rainfall, Khorasan**.

[1] PhD Student of Agrometeorology, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (Corresponding Author Email: Farideh_hasheminasab@yahoo.com)
[2] Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
[3] Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Shahid bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
[4] Associated Professors, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.