تحلیل تغییرپذیری عملکرد محصول گندم دیم با رویکرد تغییرات اقلیمی (منطقه مورد مطالعه استان خراسان رضوی)

منوچهر فرج‌زاده اصل[1*]، عبدالرضا کاشکی[2]، سیاوش شایان[3]

۱- دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۳- استادیار گروه جغرافیا و سنجش از دور، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

دریافت: ۸۶/۸/۱۹ پذیرش: ۸۷/۲/۲۴

چکیده

تغییر اقلیم تأثیرات مستقیم و غیرمستقیمی بر میزان رشد محصولات کشاورزی دارد، گندم یکی از محصولات استراتژیک جهان می‌باشد که تحت تأثیر پدیده تغییر اقلیم قرار دارد. تحقیق حاضر در استان خراسان رضوی به منظور مطالعه تغییرپذیری میزان عملکرد گندم دیم با توجه به میزان تغییر پارامترهای اقلیمی از جمله دما و بارش صورت گرفته است که برای همین منظور از داده‌های یازده ایستگاه هواشناسی استفاده شد. پارامترهای اقلیمی مذکور برای دوره رویش گندم از اکتبر تا ژوئن، برای دوره آماری از سال ۱۹۸٤ تا ۲۰۰۳ بر مبنای دسترسی به داده‌های میزان عملکرد گندم در نظر گرفته شد. برای هر ایستگاه، میزان ضریب همبستگی بین عملکرد گندم و پارامترهای اقلیمی محاسبه شد و نهایتاً مدل رگرسیونی برای ایستگاهها به منظور شناسایی پارامترهای اقلیمی مؤثر در برآورد میزان عملکرد گندم محاسبه شد. شش ایستگاه منطقه دارای مدل رگرسیونی معنی‌دار بوده و سایر ایستگاههای منطقه در دوره آماری فاقد مدل می‌باشند. پیرو انجام مدل نقطه‌ای، مدل منطقه‌ای عملکرد نیز برای استان محاسبه شد و با مدلهای ایستگاهی مقایسه شد. در مدل منطقه‌ای پارامترهای مجموع بارش ماه ژانویه، فوریه، میانگین دمای ماه ژانویه، میانگین حداکثر دمای ژانویه و حداقل دمای ماه مارس در میزان عملکرد گندم دیم بیشترین تأثیر را دارند. نتایج اخذ شده نشان می‌دهد که پارامترهای مقدار بارش و میزان دمای دوره سرد سال در تعیین میزان عملکرد گندم دیم در منطقه خیلی مؤثر

* نویسنده مسؤول مقاله: E-mail: farajzam@modares.ac.ir

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

است. در نهایت سناریوهای پیش‌بینی برای مدل منطقه‌ای و ایستگاههایی که دارای مدل بودند، محاسبه شده و میزان تغییرپذیری عملکرد گندم با توجه به تغییر پارامترهای اقلیمی از میانگین نرمال محاسبه شد. نتیجه نشان می‌دهد که عملکرد محصول گندم در شهرستانهای استان خراسان رضوی براساس تغییرات داده‌های بارش و دما بین ۲۰۰ تا ٥٣٤ کیلوگرم در هکتار در مدل منطقه‌ای قابل تغییر است.

کلیدواژه‌ها: تغییرات اقلیمی، تغییرپذیری، عملکرد گندم دیم، مدلهای رگرسیونی، مدل فضایی.

۱- مقدمه

گندم از مهمترین محصولات استراتژیک جهانی است که هم از لحاظ وزنی و هم از لحاظ مقدار، قابل توجه بوده و مورد استفاده انسان و حیوان است. تغییر اقلیم جهانی احتمالاً بیشترین تأثیر را بر تولید گندم و در نتیجه بر منابع غذایی بشر خواهد داشت. تولید سالیانه گندم حدود ٦۰۰ میلیون تن می‌باشد و تقریباً ۲۰٪ انرژی و ۲۵٪ نیازهای پروتئینی جمعیت جهان را فراهم می‌کند. از دیگر عوامل مهم تغییرات سالانه تولید محصول حتی در محیط‌های با فناوری و بازده بالا آب و هوا می‌باشد. امروزه نگرانی مهمی در مورد وقوع تغییرات اقلیمی به وسیله فعالیتهای بشر بوجود آمده است، زیرا هر گونه تغییر در آب و هوا بر تولیدات کشاورزی نیز تأثیر خواهد گذاشت. از این رو تغییرات اقلیمی یکی از عوامل مؤثر بر تولیدات محصولات کشاورزی در آینده خواهد بود[۱].

برای برآورد میزان عملکرد محصولات کشاورزی با توجه به مقدار تغییر پارامترهای اقلیمی از مدلهای زیادی استفاده می‌شود. مدلهای تغییر اقلیم به‌منظور تخمین اثرات این پدیده بر عملکرد محصولات زراعی و تجارت غذا طراحی شده‌اند. یک مدل تغییر اقلیم عبارت است از یک پروژه با اعمال بعضی تغییرات فیزیکی در عوامل هواشناسی که براساس سطح پذیرفته شده Co_2 کار می‌کند. تاکنون مدلهای زیادی طراحی شده‌اند تا تمام اثرات ممکن را در نظر بگیرند. تمامی مدلهای مذکور از قبیل (GCM)[1]،(UKMO)[2]، (GFDL)[3] و (GISS)[4]

1. Global circulation model
2. United kingdom meteorological organization
3. Geophysical Fluid Dynamic Laboratory
4. Godard institute for space studies

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

تغییرات دما، دی‌اکسید کربن، بارش و سایر عوامل را پذیرفته‌اند. خروجی مدلها با توجه به نوع داده‌های مورد استفاده در مکانهای مختلف، نتایج متفاوتی را دربرداشته است[۲].

مطالعات نشان می‌دهد که در اقلیم مناطق معتدله و عرضهای بالا که کشورهای پیشرفته در آن قرار دارند، افزایش دما باعث طولانی‌تر شدن دوره رشد بعضی محصولات می‌شود، ولی در عین حال افزایش میزان دما باعث رشد بیشتر گونه‌ها در این مناطق می‌شود[۳]. بررسی سناریوهای اقلیمی نشان می‌دهد که میزان بارش در برخی نواحی کم و در بعضی نواحی زیاد خواهد شد، از اینرو برای بررسی تأثیر این پارامتر در مدلها از سِریهای زمانی بارش استفاده می‌کنند تا دریابند که روند بارش نزولی یا صعودی، چه تأثیری بر عملکرد گندم دیم خواهد داشت[٤].

تأثیر افزایش میزان Co_2 همراه با افزایش متوسط دمای سالیانه بر گندم در هند تجزیه و تحلیل شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که با دو برابر شدن میزان Co_2، عملکرد گندم در هند ۳۵ تا ٤۰ درصد افزایش و دما نیز حدود ٤ درجه افزایش پیدا می‌کند[٥]. ماوی و همکاران (۱۹۹۳) ارزیابی تأثیر تغییرات اقلیم بر عملکرد محصول گندم در پنجاب را از طریق تکنیک شبیه‌سازی انجام دادند. در تحقیق فوق از داده‌های روزانه آب و هوایی از ماه نوامبر تا آوریل (فصل معمول رشد گندم در این ایالت) که شامل تشعشعات خورشیدی، حداقل و حداکثر دما و بارندگی می‌باشد، برای میانگین دوره سی ساله استفاده شده است[٥].

تأثیر تغییرات اقلیم بر میزان عملکرد محصول گندم در کشور بلغارستان به‌وسیله الکساندر و هوگن بوم (۲۰۰۰) مطالعه شده است. هدف این مطالعه بررسی تغییرپذیری عوامل اقلیمی در طول قرن بیستم بر محصولات کشاورزی از جمله گندم در بلغارستان می‌باشد. نتایج مطالعه آنها نشان می‌دهد که در میانگین دمای منطقه تغییری مشاهده نشده و عموماً مقدار کل بارش در نیمه گرم سال، کاهش پیدا کرده است. همچنین آنها از مدلهای رگرسیونی چندگانه آماری برای توصیف ارتباط بین عملکرد محصول و میزان بارندگی و دما با به‌کارگیری مدلهای (GCM)[1] استفاده کردند[٦]. نتایج مطالعات لوبل و همکاران (۲۰۰٥) روند تغییرات اقلیمی را در مورد عملکرد گندم در مکزیک نشان می‌دهد که از دهه ۱۹۸۰ به بعد افزایش عملکرد گندم بخاطر شرایط اقلیمی (دما، بارش) بوده است[۷]. لاندو و همکاران

1. Global climate models

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

(۲۰۰۰) به بررسی مدلهای رگرسیون چندگانه برای برآورد محصول گندم تحت تأثیر شرایط محیطی پرداخته و مدل مناسب آن را ارائه کرده‌اند[۸]. ایلسیاس و همکاران نیز به بررسی تأثیر تغییرات اقلیم بر کشاورزی اسپانیا پرداخته و نقش آن را تبیین کرده‌اند[۹]. در بررسی عملکرد محصول گندم در شرایط خشکسالی به‌وسیله لیلا و الخاطب (۲۰۰۵) به این نتیجه رسیدند که در شرایط خشکسالی عملکرد محصول دچار تغییرات آشکار می‌شود[۱۰].

در ایران، فرج‌زاده و زرین (۱۳۸۱) میزان عملکرد گندم دیم را با توجه به پارامترهای اقلیمی و کشاورزی در آذربایجان‌غربی مدل‌سازی کرده و توابع تحلیلی عملکرد گندم را برای منطقه ارائه نمودند[۱۱].

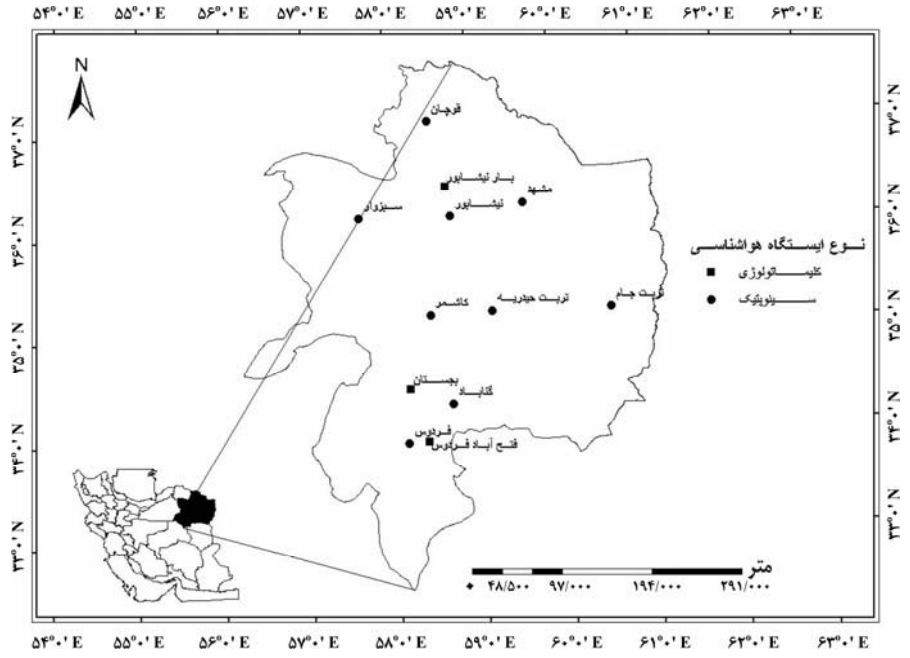
قائمی و مظفری (۱۳۸۱) نیز قابلیتهای محیطی کشت گندم دیم را در کرمانشاه ارزیابی و مدل عملکرد گندم دیم را با توجه به پارامترهای بارش، یخبندان و غیره تهیه کردند[۱۲]. عزیزی و یاراحمدی (۱۳۸۲) نیز میزان عملکرد گندم دیم را در دشت سیلاخور باتوجه به پارامترهای اقلیمی چون میزان بارش پاییزه و بهاره، تعداد روزهای یخبندان بهاری، اولین روز بارندگی پاییزه و تعداد روزهای بارانی بیش از یک میلیمتر، با استفاده از مدل رگرسیونی محاسبه و نتایج مربوط به آن را ارائه کرده‌اند[۱۳].

مطالعات مذکور نشان می‌دهد که ارزیابی اثر تغییرپذیری بر عملکرد محصول، هدف مطالعات متعددی بوده است. طراحی یک مدل فضایی برای برآورد عملکرد محصول از نکات بسیار مهمی است که می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. با توجه به این موضوع در پژوهش حاضر سعی شده است تا ضمن بررسی اثر تغییرپذیری داده‌های ماهانه دما (میانگین ماهانه دما، میانگین حداقل و حداکثر ماهانه دما و حداقل و حداکثر مطلق دما) و بارش بر میزان عملکرد گندم دیم در استان خراسان رضوی، مدل فضایی نیز محاسبه و ارائه شود.

۲- منطقه مورد مطالعه

استان خراسان رضوی با مساحتی بالغ بر ۱۲۷/۶۰۰ کیلومتر مربع در شمال شرقی ایران قرار گرفته و حدود ۷/۷ درصد از مساحت کشور را شامل می‌شود و چهارمین استان کشور از نظر وسعت است. همان‌طور که در شکل ۱ مشخص است، این استان بین ۳٤ تا ۳۸ درجه عرض شمالی و ۵۷ تا ٦۱ درجه طول شرقی قرار دارد.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی استان خراسان رضوی

این استان به علت داشتن آب و هوای مناسب برای کشت گندم دیم در برخی از دشت‌های استان مانند دشت‌نیشابور، دشت‌مشهد، کلات، دره کشف‌رود، دشت‌جوین و شمال سبزوار در تولید و مصرف گندم از سابقه دیرینه‌ای برخوردار است. از لحاظ توپوگرافی، استان خراسان رضوی به بخش‌های نواحی کوهستانی و سرزمینهای هموار تقسیم شده و اختلاف ارتفاع بلندترین و پست‌ترین نقطه استان بیش از ۳۰۰۰ متر است. میزان بارش منطقه از شمال به سمت جنوب کاهش پیدا می‌کند و بیشترین میزان بارش مربوط به ایستگاههای قوچان و درگز با حدود ۳۰٤/۹ میلیمتر و کمترین آن در ایستگاههای گناباد و تایباد با میزان ۱٤۳/۹ بوده و ایستگاه تربت‌حیدریه این نظم کاهشی را به علت ارتفاع زیاد به هم زده است. دمای منطقه در طی دوره مورد مطالعه از شمال به جنوب روند افزایشی دارد. کمترین میزان دما مربوط به شمال استان در ایستگاههای قوچان و درگز بوده که میانگین آن حدود ۱۲/۷ درجه

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

سانتیگراد می‌باشد و بیشترین میزان دمای میانگین استان مربوط به جنوب و شرق منطقه است که ایستگاه سبزوار با دمای میانگین ۱۸/۲ درجه بیشترین دما را در منطقه دارد. دما و بارش در منطقه، تابعی از عرض جغرافیایی، ارتفاع و شرایط اقلیمی ایستگاه است.

۳- مواد و روشها

۳-۱- داده‌های مورد استفاده در پژوهش

در این پژوهش از داده‌های ماهانه بارش و دمای (میانگین ماهانه دما، میانگین حداقل و حداکثر ماهانه دما و حداقل و حداکثر مطلق دما) ۹ ایستگاه سینوپتیک و همچنین از داده‌های ۳ ایستگاه کلیماتولوژی برای بازسازی آمار ایستگاههای سینوپتیک از سال ۲۰۰۳-۱۹۸٤ استفاده شد. مشخصات جغرافیایی ایستگاهها در جدول ۱ آمده است[۱].

جدول ۱ مشخصات جغرافیایی ایستگاههای هواشناسی مورد استفاده در استان

نوع ایستگاه	نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع (متر)
ایستگاههای سینوپتیک	مشهد	۳٦/۱٦	٥۹/۳۸	۹۹۹/۲
	سبزوار	۳٦/۱۲	٥۷/٤۳	۹۷۷/٦
	تربت‌حیدریه	۳٥/۱٦	٥۹/۱۳	۱٤٥۰/۸
	قوچان	۳۷/۰٤	٥۸/۳۰	۱۲۸۷
	کاشمر	۳٥/۱۲	٥۸/۲۸	۱۱۰۹/۷
	فردوس	۳٤/۰۱	٥۸/۱۰	۱۲۹۳
	گناباد	۳٤/۲۱	٥۸/٤۱	۱۰٥٦
	نیشابور	۳٦/۱٦	٥۸/٤۸	۱۲۱۳
	تربت‌جام	۳٥/۱٥	٦۰/۳٥	۹٥۰/٤
ایستگاههای کلیماتولوژی	بارنیشابور	۳٦/۲۹	٥۸/٤۲	۱٥۲۰
	فتح‌آباد فردوس	۳٤/۰۷	٥۸/۲۳	۱۸٤۰
	بجستان	۳٤/۳۱	٥۸/۱۱	۱۳۷۰

برای شهرستانهای درگز و تایباد بخاطر فقدان ایستگاههای هواشناسی و بدلیل نزدیکی و مشابهت بترتیب از آمار ایستگاه‌های قوچان و گناباد استفاده شد. در دوره آماری ذکرشده، ایستگاههای مشهد، سبزوار، تربت‌حیدریه و قوچان دارای آمار کامل بوده و سایر ایستگاهها

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

دارای کمبود آمار بودند که با استفاده از آزمون همبستگی مورد بازسازی قرار گرفتند. ازآنجا که هدف از شناسایی ویژگیهای اقلیمی در این تحقیق، بررسی تأثیر آنها بر میزان عملکرد گندم دیم است، از آمار داده‌های اقلیمی ماههای اکتبر، نوامبر و دسامبر یک سال قبل از دوره آماری یعنی سال ۱۹۸۳ نیز استفاده شد؛ به عبارت دیگر از آمار سال زراعی که از اکتبر شروع می‌شود، استفاده شد و از آمار داده‌های ماههای تابستان صرفنظر شد[جدول۲].

جدول ۲ علائم مربوط به پارامترهای اقلیمی مورد استفاده در تحقیق

نام متغیر	علامت متغیر	نام متغیر	علامت متغیر	نام متغیر	علامت متغیر
دمای حداکثر مطلق ماه فوریه	$X_{۴۱}$	میانگین حداقل دمای ماه دسامبر	$X_{۲۱}$	بارش ماه اکتبر	$X_{۱}$
دمای حداکثر مطلق ماه مارس	$X_{۴۲}$	میانگین حداقل دمای ماه ژانویه	$X_{۲۲}$	بارش ماه نوامبر	$X_{۲}$
دمای حداکثر مطلق ماه آوریل	$X_{۴۳}$	میانگین حداقل دمای ماه فوریه	$X_{۲۳}$	بارش ماه دسامبر	$X_{۳}$
دمای حداکثر مطلق ماه مه	$X_{۴۴}$	میانگین حداقل دمای ماه مارس	$X_{۲۴}$	بارش ماه ژانویه	$X_{۴}$
دمای حداکثر مطلق ماه ژوئن	$X_{۴۵}$	میانگین حداقل دمای ماه آوریل	$X_{۲۵}$	بارش ماه فوریه	$X_{۵}$
دمای حداقل مطلق ماه اکتبر	$X_{۴۶}$	میانگین حداقل دمای ماه مه	$X_{۲۶}$	بارش ماه مارس	$X_{۶}$
دمای حداقل مطلق ماه نوامبر	$X_{۴۷}$	میانگین حداقل دمای ماه ژوئن	$X_{۲۷}$	بارش ماه آوریل	$X_{۷}$
دمای حداقل مطلق ماه دسامبر	$X_{۴۸}$	میانگین حداکثر دمای ماه اکتبر	$X_{۲۸}$	بارش ماه مه	$X_{۸}$
دمای حداقل مطلق ماه ژانویه	$X_{۴۹}$	میانگین حداکثر دمای ماه نوامبر	$X_{۲۹}$	بارش ماه ژوئن	$X_{۹}$
دمای حداقل مطلق ماه فوریه	$X_{۵۰}$	میانگین حداکثر دمای ماه دسامبر	$X_{۳۰}$	میانگین دمای ماه اکتبر	$X_{۱۰}$
دمای حداقل مطلق ماه مارس	$X_{۵۱}$	میانگین حداکثر دمای ماه ژانویه	$X_{۳۱}$	میانگین دمای ماه نوامبر	$X_{۱۱}$
دمای حداقل مطلق ماه آوریل	$X_{۵۲}$	میانگین حداکثر دمای ماه فوریه	$X_{۳۲}$	میانگین دمای ماه دسامبر	$X_{۱۲}$
دمای حداقل مطلق ماه مه	$X_{۵۳}$	میانگین حداکثر دمای ماه مارس	$X_{۳۳}$	میانگین دمای ماه ژانویه	$X_{۱۳}$
دمای حداقل مطلق ماه ژوئن	$X_{۵۴}$	میانگین حداکثر دمای ماه آوریل	$X_{۳۴}$	میانگین دمای ماه فوریه	$X_{۱۴}$
		میانگین حداکثر دمای ماه مه	$X_{۳۵}$	میانگین دمای ماه مارس	$X_{۱۵}$
		میانگین حداکثر دمای ماه ژوئن	$X_{۳۶}$	میانگین دمای ماه آوریل	$X_{۱۶}$
		دمای حداکثر مطلق ماه اکتبر	$X_{۳۷}$	میانگین دمای ماه مه	$X_{۱۷}$
		دمای حداکثر مطلق ماه نوامبر	$X_{۳۸}$	میانگین دمای ماه ژوئن	$X_{۱۸}$
		دمای حداکثر مطلق ماه دسامبر	$X_{۳۹}$	میانگین حداقل دمای ماه اکتبر	$X_{۱۹}$
		دمای حداکثر مطلق ماه ژانویه	$X_{۴۰}$	میانگین حداقل دمای ماه نوامبر	$X_{۲۰}$

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

بخاطر سادگی در انجام آنالیز و مدل‌سازی، داده‌های بارش (اکتبر تا ژوئن) از X_1 تا X_9 و پارامترهای دمایی شامل میانگین ماهانه دما، میانگین حداقل و حداکثر ماهانه دما و حداکثر و حداقل مطلق دما (اکتبر تا ژوئن) به ترتیب از X_{10} تا X_{54} نمادگذاری شدند و در نهایت پایگاه داده‌ها تشکیل شد.

نکته مهمی که استفاده از داده‌های طولانی‌مدت اقلیمی را ناممکن ساخته بود، فقدان داده‌های عملکرد گندم دیم طولانی‌مدت بود که در نتیجه جمع‌آوری آنها را برای ۲۰ سال زراعی، از سال ۲۰۰۳-۱۹۸٤ مشکل می‌ساخت. مسلماً هر چه طول دوره آماری پارامترهای اقلیمی و زراعی بیشتر باشد، دقت مدل‌سازی بیشتر خواهد بود.

۳-۲- روشها

برای تشکیل پایگاه داده‌ها، ابتدا بازسازی داده‌های اقلیمی و کشاورزی به‌روش همبستگی در نرم‌افزار SPSS انجام شد. سپس برای آزمون تصادفی بودن داده‌ها، از آزمون ران‌تست[1] استفاده شد و آزمون روندمن‌کندال نیز برای بررسی روند داده‌های اقلیمی و کشاورزی در نرم‌افزار SPSS انجام شد. برای بررسی ارتباط بین داده‌های اقلیمی و کشاورزی در ایستگاههای منطقه همبستگی داده‌ها به‌روش پیرسون[2] در نرم‌افزار SPSS محاسبه شد. برای مدل‌سازی ایستگاهی بین داده‌های اقلیمی و کشاورزی از انواع روشهای رگرسیون خطی مانند اینتر[3]، استپ‌وایز[4]، ریمو[5]، بک‌وارد[6] و فروارد[7] استفاده شد که در نهایت روش استپ‌وایز با توجه به معیارهایی که برای انتخاب مدل وجود دارد، به کار برده شد. در محاسبه مدل منطقه‌ای نیز انواع مدلهای رگرسیونی به داده‌ها برازش داده شد و با توجه به ملاکهای معنی‌داری مدل رگرسیونی، مدل بک‌وارد به‌عنوان مناسبترین مدل انتخاب شد.

مقایسه ضریب همبستگی داده‌های عملکرد محاسباتی حاصل از مدل منطقه‌ای با داده‌های

1. Run Test
2. Pearson
3. Enter
4. Stepwise
5. Remove
6. Backward
7. Forward

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

عملکرد مشاهداتی در هر یک از ایستگاههای مورد نظر در کل دوره آماری از سال ۱۹۸٤ تا ۲۰۰۳ ، در نیمه اول دوره آماری (از سال ۱۹۸٤ تا ۱۹۹۳) و در نیمه دوم دوره آماری (از سال ۱۹۹٤ تا ۲۰۰۳) انجام شد تا میزان سازگاری و تطابق مدل منطقه‌ای با مدل ایستگاهی در دوره‌های مختلف آماری سنجیده شود و اطمینان استفاده از مدل بالاتر رود. گام نهایی این تحقیق ارائه مدل پیش‌بینی توزیع فضایی حاصل از مدل نهایی منطقه‌ای عملکرد گندم دیم در سطح منطقه است، بنابراین لایه‌های مربوط به پارامترهای $X_{٤}$ ، $X_{٥}$ ، $X_{١٣}$ ، $X_{٣١}$ و $X_{٥١}$ به عنوان متغیرهای اقلیمی مستقل و ییلد[1] بعنوان متغیر وابسته در نرم‌افزار ArcGIS9.0، برای پایگاه اطلاعاتی استان تهیه شد، سپس این لایه‌ها به نرم‌افزار ایدریسی[2] برده شد، آنگاه با استفاده از ماژول (رگرسیون چندگانه)[3]، مدل رگرسیون فضایی برای پیش‌بینی عملکرد گندم دیم در منطقه محاسبه شد. سرانجام تغییرپذیری عملکرد گندم دیم در ایستگاه‌هایی که دارای مدل بودند و همچنین در مدل منطقه‌ای با توجه به تغییر پارامترهای اقلیمی تأثیرگذار در مدل، در طول دوره آماری محاسبه شد.

۴- نتایج و بحث

۴-۱- روند داده‌های عملکرد گندم دیم و پارامترهای اقلیمی

۴-۱-۱- روند داده‌های عملکرد گندم دیم

آزمون روند کندال‌تاو[4] در نرم‌افزار SPSS برای تشخیص و آشکارسازی روند (مثبت یا منفی) داده‌های عملکرد گندم در طی دورهٔ آماری در ایستگاهها مورد استفاده قرار گرفت. از کل ایستگاههای موردنظر در منطقه فقط چهار ایستگاه دارای روند افزایشی (مثبت) در میزان عملکرد گندم در طی دورهٔ آماری در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ می‌باشد و سایر ایستگاهها دارای روند غیرمعنی‌دار است. ایستگاههایی که دارای روند در میزان عملکرد گندم در طول دوره آماری هستند، عبارتند از: ایستگاه تربت‌جام که میزان عملکرد آن دارای روند افزایشی (مثبت) در میزان عملکرد گندم در طی دورهٔ آماری در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ می‌باشد و سایر

1. Yield
2. Idrisi
3. Multiregression
4. Kendall tau test

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

ایستگاهها دارای روند غیرمعنی‌دار است. ایستگاههایی که دارای روند در میزان عملکرد گندم در طول دوره آماری هستند، عبارتند از: ایستگاه تربت‌جام که میزان عملکرد آن دارای روند افزایشی در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ بوده و میزان آن ۰/۳۵۱+ است. ایستگاه تایباد نیز دارای روند صعودی در میزان عملکرد گندم دیم بوده و مقدار آن در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ برابر با ۰/۳۵۷+ می‌باشد. ایستگاه کاشمر نیز دارای روند افزایشی در میزان عملکرد گندم بوده است و مقدار آن ۰/۳۳۸+ می‌باشد. ایستگاه قوچان نیز در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ دارای روند افزایشی در داده‌های عملکرد گندم بوده و مقدار آن حدود ۰/۳۳۸+ می‌باشد.

۴-۱-۲- روند داده‌های بارش

آزمون روند کندال تاو برای بررسی روند داده‌های بارش ایستگاههای مورد مطالعه در نرم‌افزار SPSS انجام شد. نتیجه آزمون حاکی از آن است که فقط متغیر میانگین بارش ماه نوامبر در ایستگاههای قوچان و درگز دارای روند معنی‌دار افزایشی در سطح ۰/۰۵ و مقادیر افزایش آنها ۰/۳۲۸+ است. در ایستگاههای دیگر هیچ روند معنی‌داری برای متغیر بارش در ماه‌های گوناگون مشاهده نشد.

۴-۱-۳- روند داده‌های دما

آزمون روند کندال تاو در نرم‌افزار SPSS برای ۵ پارامتر دما (میانگین ماهانه دما، میانگین حداکثر ماهانه دما، میانگین حداقل ماهانه دما، حداقل مطلق ماهانه دما و حداکثر مطلق ماهانه دما) انجام شد. متغیرهای دمایی ماهانه که در ایستگاههای مورد مطالعه دارای روند هستند در جدول ۳ نمایش داده شده است. متغیرهای دمایی که روند افزایشی آنها در اکثر ایستگاههای منطقه دیده می‌شود به ترتیب عبارتند از متغیرهای X_{19} ، X_{10} ، X_{48} . آن متغیرهای دمایی که فقط در یک ایستگاه روند افزایشی آنها وجود دارد، متغیرهای X_{16} ، X_{21} ، X_{28} ، X_{38} و X_{42} هستند. ایستگاهی که متغیرهای اقلیمی بیشتری در آن روند افزایشی دارند ایستگاه فردوس بوده و ایستگاهی که کمترین و فقط یک متغیر اقلیمی در آن وجود دارد که دارای روند معنی‌دار است، ایستگاه نیشابور می‌باشد.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

جدول ۳ پارامترهای دمایی که در طول دوره آماری در ایستگاهها دارای روند می‌باشند

ایستگاه / پارامترها	کاشمر	قوچان	فردوس	درگز	تایباد	نیشابور	گناباد	مشهد	تربت‌جام	تربت‌حیدریه	سبزوار
X_{10}	σ*	√*	√	√	√	σ	√	√	√	σ	√
X_{14}	σ	σ	√	σ	√	σ	√	σ	√	σ	σ
X_{16}	σ	σ	√	σ	σ	σ	σ	σ	σ	σ	σ
X_{19}	√	√	√	√	√	σ	√	√	σ	√	√
X_{21}	σ	σ	√	σ	σ	σ	σ	σ	σ	σ	σ
X_{22}	√	√	√	√	√	σ	√	σ	σ	σ	√
X_{25}	σ	σ	√	σ	σ	σ	σ	√	σ	σ	√
X_{28}	σ	σ	√	σ	σ	σ	σ	σ	σ	σ	σ
X_{32}	σ	σ	√	σ	σ	σ	√	σ	√	√	σ
X_{38}	σ	σ	σ	σ	σ	σ	σ	σ	σ	√	σ
X_{39}	σ	σ	σ	σ	√	σ	√	σ	σ	σ	σ
X_{40}	σ	√	σ	√	σ	√	σ	√	σ	σ	σ
X_{42}	σ	σ	σ	σ	σ	σ	σ	√	σ	σ	σ
X_{46}	√	σ	√	σ	√	σ	√	√	σ	σ	σ
X_{48}	√	√	√	√	σ	σ	σ	√	σ	√	√

* علامت √ پارامترهای دمایی دارای روند و علامت σ پارامترهای دمایی بدون روند معنی‌دار را نشان می‌دهد.

۴-۲- مدلسازی عملکرد گندم با توجه به پارامترهای اقلیمی

۴-۲-۱- همبستگی داده‌های اقلیمی و عملکرد گندم دیم

ضریب همبستگی بین داده‌های اقلیمی و میزان عملکرد گندم دیم در ایستگاههای مورد نظر در طی دورهٔ آماری از ۱۹۸٤ تا ۲۰۰۳، ۱۰ سال اول دوره آماری از سال ۱۹۸٤ تا ۱۹۹۳، ۱۰ سال دوم دوره آماری از سال ۱۹۹٤ تا ۲۰۰۳، ٥ سال اول دورهٔ آماری از سال ۱۹۸٤ تا سال ۱۹۸۸، ٥ سال دوم دورهٔ آماری از سال ۱۹۸٤ تا ۱۹۹۳، ٥ سال سوم دورهٔ آماری از سال ۱۹۹٤ تا ۱۹۹۸ و ٥ سالهٔ آخر دوره از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۳ در جدول ٤ نشان داده شده است.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

جدول ۴ ضریب همبستگی بین داده‌های اقلیمی و میزان عملکرد گندم دیم در ایستگاههای منطقه در طی دوره‌های متفاوت آماری

نام ایستگاه	کل دوره آماری(۲۰سال) از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۰۳	۱۰ سال اول دوره آماری از سال ۱۹۸۴ تا ۱۹۹۳	۱۰ سال دوم دوره آماری از سال ۱۹۹۴ تا ۲۰۰۳	۵ سال اول دوره آماری از سال ۱۹۸۴ تا ۱۹۸۸	۵ سال دوم دوره آماری از سال ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۳	۵ سال سوم دوره آماری از سال ۱۹۹۴ تا ۱۹۹۸	۵ سال چهارم دوره آماری از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۳
قوچان	X_{10}(.488*) X_{13}(.523*) X_{14}(.448*) X_{19}(.568**) X_{22}(.562**)	X_{14}(.784**) X_{23}(.762*) X_{32}(.746*) X_{41}(.701*) X_{50}(.802**)	X_3(.752*)	X_7(-.952*) X_{35}(.946*) X_{46}(.916*) X_{50}(.909*)	NA	X_9(.960**) X_{30}(.887*)	NA
درگز	X_7(.500*) X_8(.606**)	X_{13}(.682*) X_{22}(.768**)	X_3(.705*) X_8(.738*)	X_{49}(.899*) X_{53}(-.906*)	X_{41}(.900*) X_{42}(-.892*)	X_6(.895*) X_{15}(-.961**) X_{27}(.910*) X_{33}(-.928*) X_{35}(-.885*) X_{49}(-.947*)	NA
کاشمر	X_{38}(-.481*) X_{51}(-.590**)	X_{51}(-.649*)	NA	NA	X_{13}(.924*) X_{22}(.978**)	NA	X_3(.917*)
تربت‌حیدریه	X_5(-.464*) X_{13}(.456*) X_{22}(.454*)	NA	NA	X_{52}(.994**)	X_{31}(.898*)	X_{10}(-.881*) X_{53}(.908*)	X_3(.970**)
تربت‌جام	X_5(-.476*) X_{41}(.454*)	X_{51}(-.802**)	X_{41}(.671*)	NA	X_{51}(-.901*)	NA	X_{51}(-.879*)
گناباد	X_4(.659**) X_{14}(.453*) X_{22}(.528*) X_{23}(.445*) X_{38}(-.517*) X_{47}(.496*)	X_4(.703*) X_{38}(-.743*)	X_4(.833**)	NA	X_8(-.947*) X_{13}(.908*) X_{22}(.958*) X_{53}(.888*)	NA	X_4(.988**) X_5(.895*) X_6(.895*) X_{37}(.899*) X_{47}(.946*) X_{50}(.898*)
فردوس	NA	NA	X_{12}(.674*) X_{30}(.726*) X_{39}(.680*)	X_{23}(.987**)	X_{14}(-.913*) X_{32}(-.916*) X_{41}(-.909*) X_{52}(-.916*)	X_8(.901*) X_{14}(-.919*)	X_2(-.889*) X_5(.918*) X_6(.882*) X_{14}(.991*) X_{23}(.955*) X_{25}(-.928*) X_{29}(.958*) X_{32}(.962**) X_{37}(.980**)
تایباد	NA	X_{20}(-.638*) X_{44}(.654*)	NA	X_1(.923*) X_8(-.925*) X_{10}(-.895*) X_{28}(-.951*) X_{45}(.916*) X_{46}(-.884*) X_{47}(-.952*)	X_{13}(.879*) X_{22}(.961**)	X_{23}(-.954*)	NA
نیشابور	NA	X_{11}(-.637*) X_{29}(-.652*)	X_2(.662*) X_3(.656*) X_{33}(.684*) X_{42}(.680*)	X_8(.884*) X_{20}(-.887*) X_{40}(.937*)	X_{13}(.977**) X_{22}(.879*)	X_{13}(.972**) X_{22}(.898*) X_{49}(.887*)	X_3(.990**) X_5(-.953*) X_{15}(.949*) X_{33}(.910*) X_{52}(.882*)
مشهد	NA	X_{19}(.660*) X_{54}(.672*)	NA	X_{29}(-.880*)	X_5(-.950*)	X_{26}(.904*) X_{44}(-.926*)	X_{12}(-.895*) X_{30}(-.954*)
سبزوار	NA	X_{27}(.698*) X_{54}(.680*)	X_3(.697*)	X_{37}(-.889*) X_{45}(.993**)	NA	X_{30}(.922*)	NA

* معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد ** معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد (NA) : متغیری شناسایی نشد

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

با توجه به جدول ضریب همبستگی بین داده‌های اقلیمی (دما و بارش ماهانه) از اکتبر تا ژوئن و میزان عملکرد گندم دیم در طی دورهٔ آماری از ۱۹۸٤ تا ۲۰۰۳ در ایستگاههای سبزوار، مشهد، نیشابور، تایباد و فردوس رابطه معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ یا ۰/۰۵ وجود ندارد. در سایر ایستگاههای منطقه مانند قوچان، درگز، کاشمر، تربت حیدریه، تربت‌جام و گناباد این رابطه همبستگی بین پارامترها در طی دورهٔ آماری مورد نظر، وجود دارد.

۴-۲-۲- مدلهای ایستگاهی پیش‌بینی عملکرد گندم دیم

در این بخش انواع مدلهای رگرسیونی مانند اینتر، بکوارد، استپوایز، ریمو و فروارد برای ایستگاههای مورد نظر در دورهٔ آماری ۲۰ ساله از سال ۱۹۸٤ تا ۲۰۰۳، مورد برازش قرار گرفت. در ایستگاههای فردوس، مشهد، نیشابور، سبزوار و تایباد هیچ مدل رگرسیونی یافت نشد. برای ایستگاههای درگز، قوچان، گناباد، کاشمر، تربت‌حیدریه و تربت‌جام از مدل استپوایز بعنوان بهترین مدل استفاده شد.

میزان همبستگی بین عملکرد محصول گندم محاسباتی و عملکرد محصول مشاهداتی و مدل پیش‌بینی استپوایز برای ایستگاههایی که دارای مدل هستند، در جدول ۵ آمده است.

جدول ۵ میزان همبستگی بین عملکرد محصول محاسباتی و عملکرد محصول مشاهداتی و مدل پیش‌بینی به روش استپوایز در ایستگاهها

ایستگاههای مورد مطالعه	R	R^2	انحراف از معیار	مدل پیش‌بینی میزان عملکرد گندم دیم در ایستگاهها
درگز	۰/٦۰٦**	۰/۳٦۷	۲۷۵/۰۰۲	$Y = ۳۲۸/۷ + ۸/۱۵۳X_{۸}$
قوچان	۰/۷۰۲**	۰/٤۹۳	۱٦۱/۸٤۱	$Y = ۱۱۸/۵۳۴ + ۵۹/۹۷۵X_{۱۹} + ۴۶/۹۴۴X_{۱۳}$
گناباد	۰/۹۰۹**	۰/۸۲٦	٦۵/۹۳۷	$Y = ۵۱۵/۲۸۱ + ۶/۳۴۱X_{۴} + ۴۸/۵۲۹X_{۲۲} - ۱۹/۰۴۵X_{۵۰} - ۱۴/۴۹۲X_{۴۳}$
کاشمر	۰/۹۲۱**	۰/۸٤۸	٦۲/٤۸۷	$Y = -۱۴۶۵/۸۹۲ - ۵۴/۴۷۶X_{۵۱} + ۸۵/۳۴۷X_{۱۸} + ۹۶/۲۰۸X_{۲۲} - ۲۰/۶۳۳X_{۲۹} - ۴۸/۶۹۵X_{۳۱}$
تربت‌حیدریه	۰/٦۳٦**	۰/٤۰٤	۱۱۷/۷۹٦	$Y = ۶۸۵/۵۹۷ - ۱/۷۷۴X_{۵} + ۱۹/۵۱۲X_{۴۹}$
تربت‌جام	۰/٦٦۳**	۰/٤۳۹	۱۲۷/۷٦۳	$Y = ۳۲۷/۹۶۶ - ۴/۷۰۶X_{۵} - ۲۸/۲۶۲X_{۵۱}$

**: همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

با بررسی انجام‌شده درباره مدلهای پیش‌بینی، مشاهده می‌شود که بیشترین همبستگی بین میزان عملکرد محصول مشاهداتی و پیش‌بینی‌شده در ایستگاه کاشمر با حدود ۰/۹۲۱ می‌باشد. ایستگاه گناباد با حدود ۰/۹۰۹ همبستگی در سطح دوم قراردارد که در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار می‌باشد. کمترین میزان همبستگی بین عملکرد محصول مشاهداتی و پیش‌بینی‌شده در ایستگاه درگز با حدود ۰/٦۰٦ بوده که در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.

۴-۲-۳- مدل منطقه‌ای پیش‌بینی عملکرد گندم دیم

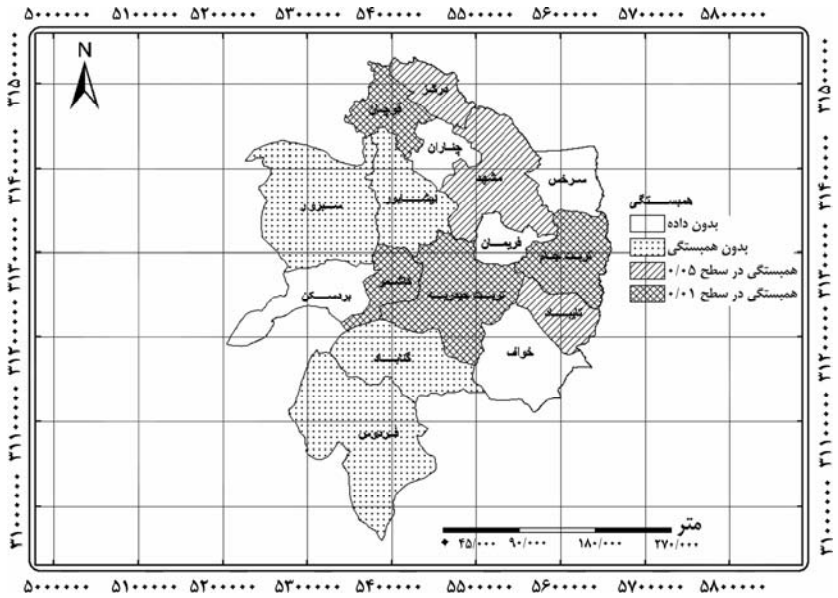
در مدل منطقه‌ای که از میانگین داده‌های اقلیمی و داده‌های عملکرد استفاده شد از روش بکوارد برای مدل منطقه‌ای به عنوان بهترین مدل استفاده شد که عبارت است از:

$$Y = ۱۲۰۳/۰۵۴ - ۴/۶۷۵X_{۴} - ۲/۳۷۶X_{۵} + ۱۹۲/۶۳۵X_{۱۳} - ۱۵۷/۸۱۳X_{۳۱} - ۲۲/۹۴۶X_{۵۱}$$ رابطه (۱)

که در این رابطه، Y: میزان عملکرد گندم دیم محاسباتی، عرض از مبدأ معادله برابر ۱۲۰۳/۰٥٤، اعداد ذکر شده در معادله ضرایب ثابت هستند، $X_{٤}$: مجموع بارش ماه ژانویه، $X_{٥}$: مجموع بارش ماه فوریه، $X_{۱۳}$: میانگین دمای ماه ژانویه، $X_{۳۱}$: میانگین حداکثر دمای ماه ژانویه و $X_{٥۱}$: حداقل دمای ماه مارس می‌باشد. میزان همبستگی بین داده‌های عملکرد محاسباتی و مشاهداتی در مدل منطقه‌ای برابر ۰/۸۳٦ می‌باشد که در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار بوده و در نتیجه همبستگی قوی بین داده‌های عملکرد محاسباتی و مشاهداتی برقرار است. میزان R-Square مدل منطقه‌ای نیز برابر ۰/٦۹۹ است؛ به این معنی که میزان تغییرات عملکرد محاسباتی در مدل منطقه‌ای تا ۰/٦۹ وابسته به پارامترهای اقلیمی وارد شده در مدل می‌باشد و ۰/۳۱ تغییرات عملکرد محاسباتی نیز مربوط به سایر پارامترها است.

پارامترهای مؤثر در مدل در سطح منطقه بیشترین تأثیر را بر میزان عملکرد گندم دیم دارند. میزان انحراف از معیار مدل نیز ۷۰/٥٤ بوده که میزان آن چشمگیر نمی‌باشد. برای اطمینان بیشتر استفاده از مدل منطقه‌ای، همبستگی بین داده‌های عملکرد محاسباتی مدل منطقه‌ای در هر یک از ایستگاهها با داده‌های عملکرد مشاهداتی در ایستگاهها برای کل دورهٔ آماری از سال ۱۹۸٤ تا ۲۰۰۳، ۱۰ سال اول دورهٔ آماری از سال ۱۹۸٤ تا ۱۹۹۳ و ۱۰ سال دوم دوره آماری از سال ۱۹۹٤ تا ۲۰۰۳ محاسبه شد[شکل ۲].

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]



شکل ۲ ایستگاهها دارای همبستگی یا فاقد همبستگی با مدل منطقه‌ای در کل دوره آماری

با توجه به شکل (۲) مشخص می‌شود که بیشترین همبستگی بین داده‌های عملکرد محاسباتی مدل منطقه‌ای در ایستگاهها با داده‌های عملکرد مشاهداتی هر یک از ایستگاههای مورد مطالعه، در کل دورهٔ آماری از سال ۱۹۸٤ تا ۲۰۰۳، مربوط به ایستگاه قوچان با میزان ۰/۷۳٤ بوده که در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است و در ایستگاههای نیشابور، سبزوار، گناباد و فردوس همبستگی معنی‌داری بین مدل منطقه‌ای با داده‌های عملکرد مشاهداتی دیده نشد و حتی مدل منطقه‌ای با داده‌های عملکرد مشاهداتی در ایستگاه فردوس، همبستگی منفی دارند. به این معنی که مدل منطقه‌ای قابلیت کاربرد برای این ایستگاه را ندارد.

در ۱۰ سال اول دورهٔ آماری از سال ۱۹۸٤ تا ۱۹۹۳، ایستگاه کاشمر بیشترین همبستگی را با مدل منطقه‌ای دارد که میزان آن حدود ۰/۸۱٤ و در سطح ۰/۰۱ درصد معنی‌دار است. ایستگاه تربت جام نیز با مدل منطقه‌ای حدود ۰/۷۹۷ همبستگی دارد که در سطح ۰/۰۱ درصد معنی‌دار است. در دیگر ایستگاههای منطقه در این دورهٔ آماری هیچ رابطه همبستگی

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

معنی‌داری بین مدل منطقه‌ای و داده‌های عملکرد مشاهداتی ایستگاهها وجود ندارد و حتی ایستگاه فردوس در این دورهٔ آماری رابطه منفی با مدل منطقه‌ای دارد که میزان آن ۰/۵۰۰- می‌باشد.

در ۱۰ سال دوم دوره آماری از سال ۱۹۹٤ تا ۲۰۰۳، ایستگاه تایباد بیشترین همبستگی را با مدل منطقه‌ای داشته که میزان آن حدود ۰/۸۹۳ بوده و در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است. ایستگاه قوچان نیز دارای همبستگی بالایی با مدل منطقه‌ای است که میزان آن ۰/۷۸۷ بوده و در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است. در ایستگاه درگز نیز همبستگی بین داده‌های عملکرد محاسباتی مدل منطقه‌ای با داده‌های عملکرد مشاهداتی حدود ۰/۷۵۱ بوده که این همبستگی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است. در ایستگاه تربت‌حیدریه هم داده‌های عملکرد مشاهداتی با مدل منطقه‌ای حدود ۰/۷۳۵ همبستگی دارند و این رابطه در سطح ۰/۰۵ معنی دار بوده که نشان از همبستگی بالای مدل منطقه‌ای با مدل ایستگاهی تربت‌حیدریه است. در ایستگاه سبزوار نیز این میزان همبستگی برابر ۰/۷۳۲ است که در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار می‌باشد. ایستگاه نیشابور نیز دارای همبستگی ۰/۷۳۱ بین داده‌های عملکرد مشاهداتی و مدل منطقه‌ای است که این رابطه نیز در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار بوده و نشان از همبستگی قوی داده‌های ایستگاهی نیشابور با مدل منطقه‌ای دارد. البته در دیگر ایستگاههای منطقه هیچ رابطه معنی‌داری بین داده‌های عملکرد مشاهداتی و مدل منطقه‌ای وجود ندارد و حتی در ایستگاه گناباد این رابطه منفی می‌باشد.

همان طور که مشخص است، عملکرد گندم دیم در چهار رده، طبقه بندی شده است، که عبارتند از ۲۹۵/۱-۲۲۰/۷ کیلوگرم بر هکتار بعنوان گروه خیلی کم، ۳٦۹/٦-۲۹۵/۱ کیلوگرم بر هکتار بعنوان گروه کم، ٤٤٤/۱-۳٦۹/٦ کیلوگرم بر هکتار بعنوان گروه مبه وسیله و ٥۱۸/٦-٤٤٤/۱ بعنوان گروه مناسب شناسایی شده است. میانگین فضایی عملکرد گندم گروهی که بعنوان طبقهٔ مناسب شناسایی شده در شمال منطقه قرار دارد که شامل ایستگاههای درگز، قوچان و نیشابور می‌شود. در این منطقه بیشترین میزان عملکرد گندم دیم مشاهداتی نیز دیده می‌شود.

گروه دوم میانگین فضایی عملکرد گندم دیم پیش‌بینی شده در نواحی شمالی منطقه شامل ایستگاه‌های مشهد و شمال سبزوار قرار دارد. گروه سوم میانگین فضایی عملکرد گندم

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

محاسباتی در منطقه نیز در مناطق مرکزی و جنوبی دیده می‌شود که شامل ایستگاههای تربت جام ، تربت حیدریه و فردوس است، گروه چهارم میانگین فضایی عملکرد گندم محاسباتی در منطقه در ایستگاههای کاشمر، گناباد و تایباد دیده می‌شود که میانگین عملکرد در آنها ۲۹۵/۱-۲۲۰/۷ کیلوگرم برهکتار می‌باشد و به عنوان طبقهٔ خیلی کم در منطقه معرفی می‌شود، میانگین عملکرد مشاهداتی نیز در ایستگاههای یاد شده بسیار ناچیز بوده و از لحاظ میزان بارش و دما نیز مساعد کشت گندم دیم نمی‌باشند.

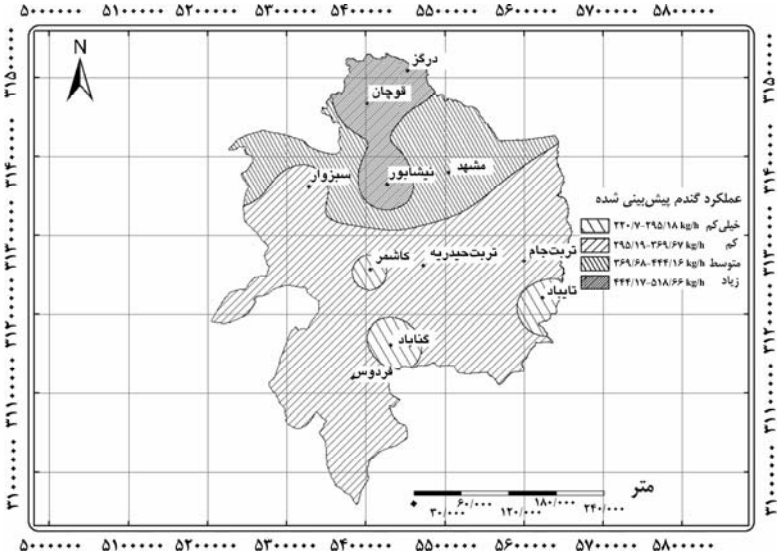
۴-۲-۴- مدل رگرسیون فضایی منطقه

میانگین فضایی پارامترهای اقلیمی بعنوان پارامترهای مستقل و داده‌های عملکرد گندم دیم بعنوان پارامتر وابسته در مدل منطقه‌ای در نرم‌افزار ArcGIS9.0 برای منطقه محاسبه گردید، آنگاه لایه‌ها از نرم‌افزار ArcGIS به نرم‌افزارایدریسی جهت انجام عملیات رگرسیون فضایی در سطح منطقه برده شد و در نهایت مدل فضایی برای منطقه به شرح ذیل ارائه شد:

$$Y = ۲۲۰/۶۹۷۲ + ۵/۸۸۹۱X_{۴} - ۷/۱۹۵۵X_{۵} + ۸۵/۷۱۰۵X_{۱۳} - ۴۰/۴۶۶۳X_{۳۱} - ۷۲/۳۳۳۷X_{۵۱}$$ رابطه (۲)

که در آن: Y : میزان عملکرد گندم دیم پیش‌بینی‌شده، عدد ۲۲۰/۶۹۷۲: عرض از مبدأ معادله، $X_{٤}$: مجموع بارش ماه ژانویه، $X_{۵}$: مجموع بارش ماه فوریه، $X_{۱۳}$: میانگین دمای ماه ژانویه، $X_{۳۱}$: میانگین حداکثر دمای ماه ژانویه ، $X_{۵۱}$: حداقل دمای ماه مارس و اعداد کنار پارامترهای اقلیمی ضرایب ثابت معادله هستند. ضریب همبستگی این معادله حدود ۰/۸۹۲ می‌باشد که در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است و همبستگی قوی را در سطح منطقه نشان می‌دهد. R-Square معادله نیز برابر ۰/۷۹٦ است، به این معنی که ۰/۷۹ درصد تغییرات میزان عملکرد فضایی گندم دیم پیش‌بینی‌شده در استان مربوط به ۵ پارامتر اقلیمی وارد شده در این مدل فضایی می‌باشد و ۲۱ درصد تغییرات دیگر عملکرد فضایی گندم دیم مربوط به دیگر پارامترهای اقلیمی و غیراقلیمی است. میانگین فضایی عملکرد گندم دیم محاسباتی در سطح منطقه که از مدل فضایی منطقه‌ای (رابطه ۲) حاصل شد، در شکل ۳ نشان داده شده است.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]



شکل ۳ میانگین فضایی عملکرد گندم دیم محاسباتی در سطح منطقه

همان‌طور که مشخص است، عملگرد گندم دیم در چهار رده طبقه‌بندی شده است که عبارتند از ۲۵۹/۱-۲۲۰/۷ کیلوگرم بر هکتار بعنوان گروه خیلی کم، ۳۶۹/۶-۲۹۵/۱ کیلوگرم بر هکتار بعنوان گروه کم، ٤٤٤/١-٣٦٩/٦ کیلوگرم بر هکتار بعنوان گروه متوسط و ٥١٨/٦-٤٤٤/١ بعنوان گروه مناسب شناسایی شده است. میانگین فضایی عملکرد گندم گروهی که بعنوان طبقهٔ مناسب شناسایی شده است در شمال منطقه قرار دارد که شامل ایستگاههای درگز، قوچان و نیشابور می‌شود. در این منطقه بیشترین میزان عملکرد گندم دیم مشاهداتی نیز دیده می‌شود. گروه دوم میانگین فضایی عملکرد گندم دیم پیش‌بینی‌شده در نواحی شمالی منطقه شامل ایستگاههای مشهد و شمال سبزوار قرار دارد. گروه سوم میانگین فضایی عملکرد گندم محاسباتی در منطقه نیز در مناطق مرکزی و جنوبی دیده می‌شود که شامل ایستگاههای تربت‌جام، تربت‌حیدریه و فردوس است. گروه چهارم میانگین فضایی عملکرد گندم محاسباتی در منطقه در ایستگاههای کاشمر، گناباد و تایباد دیده می‌شود که میانگین عملکرد در آنها ۲۹۵/۱-۲۲۰/۷ کیلوگرم بر هکتار می‌باشد و به‌عنوان طبقهٔ خیلی کم

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

در منطقه معرفی می‌شود. میانگین عملکرد مشاهداتی نیز در ایستگاههای یاد شده بسیار ناچیز بوده و از لحاظ میزان بارش و دما نیز مساعدت کشت گندم دیم نمی‌باشند.

۴-۳- تغییرپذیری[1] عملکرد محصول گندم دیم با توجه به پارامترهای اقلیمی مؤثر

برای بررسی میزان تغییرپذیری عملکرد گندم دیم با توجه به پارامترهای اقلیمی مؤثر در هر ایستگاه، ابتدا ویژگیهای آماری پارامترهای اقلیمی تأثیرگذار در مدل شناسایی شد. ویژگیهای آماری شامل مقادیر حداکثر، حداقل، میانگین، انحراف از معیار، ضریب تغییرات و آزمون روند من کندال می‌باشد. خصوصیات آماری در هر ایستگاه برای هر پارامتر اقلیمی مؤثر در مدل شناسایی شد. دوره‌های آماری ایستگاهها متفاوت است، مثلاً دوره آماری ایستگاه تربت حیدریه ٤٥ سال، ایستگاه قوچان و درگز ۲۰ سال، استان خراسان رضوی ۲۰ سال، ایستگاه کاشمر ۱۸ سال، ایستگاه گناباد ۱۷ سال و دوره آماری ایستگاه تربت جام ۱۱ سال است. سناریوهایی که برای پیش‌بینی استفاده می‌شود شامل سناریوهای افزایش و کاهش در میزان مبه وسیله داده‌های مؤثر در هر مدل ایستگاهی است. سناریوهای افزایشی شامل افزایش ۱۰ و ۲۰ درصد مبه وسیله پارامترهای اقلیمی مؤثر در هر مدل ایستگاهی است و سناریوی کاهشی نیز شامل کاهش ۱۰ و ۲۰ درصدی در میزان میانگین پارامترهای اقلیمی مؤثر در مدل ایستگاهی می‌باشد، با کاهش یا افزایش ۱۰ و ۲۰ درصدی در میانگین پارامترهای اقلیمی تأثیرگذار در هر مدل ایستگاهی، میزان عملکرد گندم دیم نسبت به میانگین تغییر خواهد کرد.

۴-۳-۱- تغییرپذیری عملکرد گندم دیم با توجه به پارامترهای اقلیمی مؤثر در مدل منطقه‌ای

پارامترهای اقلیمی مؤثر بر میزان عملکرد گندم دیم در مدل منطقه‌ای شامل میزان بارش ماه ژانویه، میزان بارش ماه فوریه، میانگین دمای ماه ژانویه، میانگین حداکثر دمای ماه ژانویه و پارامتر حداقل دمای ماه مارس است. ویژگیهای آماری پارامترهای اقلیمی تأثیرگذار در مدل منطقه‌ای در جدول ٦ نمایش داده شده است.

1. Variability

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

جدول ۶ ویژگیهای آماری پارامترهای اقلیمی تأثیرگذار در مدل و سناریوهای پیش‌بینی در مدل منطقه‌ای

پارامترهای اقلیمی مؤثر در مدل		حداقل دمای ماه مارس (سانتیگراد)	میانگین حداکثر دمای ماه ژانویه (سانتیگراد)	میانگین دمای ماه ژانویه (سانتیگراد)	بارش ماه فوریه (میلیمتر)	بارش ماه ژانویه (میلیمتر)	میزان عملکرد گندم دیم پیش‌بینی شده کیلوگرم در هکتار
ویژگیهای آماری پارامترها	حداکثر	-۰/٤۱	۱۱/۳	٥/۱	۸۹/۷	٥۹/٤	
	حداقل	-۸/۸	٤/٤	-۰/٥٦	٥/۰۳	۸/٤	
	میانگین	-٤/۰۳	۸/۱٦	۳/۰٤	۳٦/۳	۲۹/۷	
	انحراف از معیار	۲/۱۳	۱/۹۱	۱/٥۲	۲۳/٦٥	۱٤/۱۱	
	ضریب تغییرات	٥۲/٦۸	۲۳/۳٥	٥۰/۰٥	٦٥/۱۰	٤۷/٤۰	
	آزمون روندمنکندال	۰/۱٤۲	۰/۰۹٥	۰/۱۷۹	-۰/۱٤۷	۰/۱۱٦	
سناریوهای پیش‌بینی	افزایش ۱۰ درصد	-٤/٤٤	۸/۹۸	۳/۳٥	۳۹/۹٦	۳۲/۷٦	۲۸٥
	افزایش ۲۰ درصد	-٤/۸٤	۹/۸۰	۳/٦٥	٤۳/٥۹	۳٥/۷۳	۲۰۰
	کاهش ۱۰ درصد	-۳/٦۳	۷/۳٥	۲/۷٤	۳۲/٦۹	۲٦/۸۰	٤٥۱/۲۷
	کاهش ۲۰ درصد	-۳/۲۳	٦/٥۳	۲/٤۳	۲۹/۰٦	۲۳/۸۲	٥۳٤/۳٦

با توجه به میزان میانگین پارامترهای اقلیمی مؤثر در مدل منطقه‌ای در ۲۰ سال دوره آماری، میزان مبه وسیله عملکرد گندم محاسبه شده، ۳٦۸/۳ کیلوگرم در هکتار است. حال با توجه به جدول (٦) اگر پارامترهای اقلیمی تأثیرگذار در مدل منطقه‌ای به میزان ۱۰ درصد افزایش پیدا کند، عملکرد گندم دیم ۲۲/٥درصد نسبت به میانگین عملکرد محاسباتی کاهش نشان خواهد داد. اگر میزان افزایش پارامترهای اقلیمی مؤثر در مدل منطقه‌ای ۲۰ درصد باشد، در این صورت میزان عملکرد گندم محاسباتی ۲۰۰ کیلوگرم درهکتار خواهد بود که نسبت به میانگین عملکرد محاسباتی حدود ۱٦۸ کیلوگرم یا ٤٥/٦ درصد کاهش پیدا می‌کند که در این صورت میزان کاهش خیلی محسوس خواهد بود. حال اگر بر عکس، میزان میانگین پارامترهای اقلیمی در مدل منطقه‌ای حدود ۱۰ درصد کاهش پیدا کند، در این صورت میزان عملکرد گندم محاسباتی حدود ٤٥۱/۲۷ کیلوگرم خواهد بود که نسبت به میانگین عملکرد حدود ۸۳/۲۷ کیلوگرم یا ۲۲/٦ درصد افزایش نشان می‌دهد. اگر این میزان کاهش پارامترهای اقلیمی حدود ۲۰ درصد فرض شود، در این صورت میزان عملکرد حدود ٥۳٤/۳٦ کیلوگرم

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

خواهد بود که نسبت به میانگین عملکرد حدود ۱٦٦/۳ کیلوگرم یا ٤٥/۲ درصد افزایش خواهد داشت و در صورت وقوع این حالت، افزایش میزان عملکرد گندم چشمگیر است. پس در صورتی که میزان پارامترهای اقلیمی تأثیرگذار در مدل تا ۱۰ ± درصد تغییر پیدا کند، میزان عملکرد گندم نیز تا ۲۲/٥ ±درصد تغییر خواهد داشت و اگر میزان تغییر پارامترهای اقلیمی ۲۰ ± درصد شود، میزان عملکرد نیز تا ٤٥/٥ ±درصد تغییر خواهد کرد که تغییرپذیری عملکرد گندم در این صورت بسیار چشمگیر خواهد بود.

۴-۳-۲- تغییرپذیری عملکرد گندم با توجه به تأثیر پارامترهای اقلیمی در مدل ایستگاهی

پارامتر اقلیمی تأثیرگذار بر میزان عملکرد گندم دیم در ایستگاه درگز، متغیر مجموع بارش ماه مه است. متغیر میزان بارش ماه مه مهمترین عامل اقلیمی تأثیرگذار در مرحله خمیری‌شدن و پرشدن دانه گندم می‌باشد. هر چه میزان بارش در این مرحله بیشتر باشد، میزان عملکرد گندم افزایش می‌یابد و بالعکس. ویژگیهای آماری پارامتر میزان بارش ماه مه در جدول ۷ نمایش داده شده است.

جدول ۷ ویژگیهای آماری پارامتر اقلیمی تأثیرگذار در مدل و سناریوهای پیش‌بینی در ایستگاه درگز

پارامترهای اقلیمی مؤثر در مدل		بارش ماه مه (میلیمتر)	میزان عملکرد گندم دیم پیش‌بینی‌شده(کیلوگرم در هکتار)
ویژگیهای آماری پارامترها	حداکثر	۷۳/۸	
	حداقل	۱	
	میانگین	۳۰/۷۰٥	
	انحراف از معیار	۲٤/۹۹	
	ضریب تغییرات	۸۱/۳۹	
	آزمون روندمن کندال	۰/۱٦۸	
سناریوهای پیش‌بینی	افزایش ۱۰ درصد	۳۳/۷۸	٦۰٤/۱۰
	افزایش ۲۰ درصد	۳٦/۸٥	٦۲۹/۱۳
	کاهش ۱۰ درصد	۲۷/٦۳	٥٥۳/۹٦
	کاهش ۲۰ درصد	۲٤/٥٦	٥۲۸/۹۳

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

میزان میانگین عملکرد محاسباتی در ایستگاه درگز حدود ۵۷۹ کیلوگرم در هکتار است. با توجه به جدول (۷) در صورت تغییر ۱۰ ± درصد پارامتر مجموع بارش ماه مه، میزان عملکرد گندم حدود ٤/۳ ±درصد نوسان خواهد داشت و اگر میزان تغییر پارامتر مجموع بارش ماه مه ۲۰ ±درصد فرض شود، در این صورت میزان عملکرد حدود ۸/٦ ±درصد تغییر نشان خواهد داد که در نتیجه تغییرپذیری میزان عملکرد گندم دیم نسبت به پارامتر فوق زیاد محسوس نمی‌باشد.

در مدل ایستگاه قوچان، پارامترهای اقلیمیِ میانگین حداقل دمای اکتبر و میانگین دمای ماه ژانویه بر میزان عملکرد گندم دیم مؤثر هستند. متغیر میانگین حداقل دمای ماه اکتبر در هنگام کاشت و میانگین دمای ماه ژانویه در فصل زمستان (دوره سرما) مهمترین عوامل تأثیرگذار بر میزان عملکرد گندم هستند. خصوصیات آماری متغیرهای میانگین دمای ماه ژانویه و میانگین حداقل دمای ماه اکتبردر جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول ۸ ویژگیهای آماری پارامترهای اقلیمی تأثیرگذار در مدل و سناریوهای پیش‌بینی در ایستگاه قوچان

پارامترهای اقلیمی مؤثر در مدل		میانگین دمای ماه ژانویه (سانتیگراد)	میانگین حداقل دمای ماه اکتبر (سانتیگراد)	میزان عملکرد گندم دیم پیش‌بینی شده (کیلوگرم در هکتار)
ویژگیهای آماری پارامترها	حداکثر	۳/۸	۹/٤	
	حداقل	-¼	۳/٤	
	میانگین	۰/٤۱	٦/۲٥	
	انحراف از معیار	۱/۹۳	۱/٦٥	
	ضریب تغییرات	٤۷۱/۸۸	۲٦/۳٦	
	آزمون روندمن کندال	۰/۲۱۸	۰/٤٥۹**	
سناریوهای پیش‌بینی	افزایش ۱۰ درصد	۰/٤٥	٦/۸۸	٥٥۲/۲۸
	افزایش ۲۰ درصد	۰/٤۹	۷/٥	٥۹۱/۳٤
	کاهش ۱۰ درصد	۰/۳۷	٥/٦۳	٤۷۳/٥٥
	کاهش ۲۰ درصد	۰/۳۳	٥	٤۳۳/۹

**: در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار است.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

میزان متوسط عملکرد محاسباتی گندم در ایستگاه قوچان با توجه به میانگین پارامترهای اقلیمی وارد شده در مدل، حدود ٥١٢/٦ کیلوگرم است. با توجه به جدول (٨) در صورت تغییر ١٠ درصد پارامترهای اقلیمی مؤثر بر میزان عملکرد گندم دیم در ایستگاه قوچان، میزان عملکرد گندم حدود ٧/٦ ± درصد نوسان خواهد داشت و اگر میزان تغییر این پارامترها حدود ٢٠ ± درصد فرض شود، میزان عملکرد گندم دیم حدود ١٥/٣ درصد تغییر خواهد کرد. پارامترهای مجموع بارش ماه ژانویه، حداقل دمای ماه فوریه، میانگین حداقل دمای ماه ژانویه و پارامتر حداکثر دمای ماه آوریل در میزان عملکرد گندم دیم در ایستگاه گناباد مؤثر هستند. میزان مبه وسیله عملکرد گندم محاسباتی در ایستگاه گناباد حدود ٢٩٤/١٣ کیلوگرم است. ویژگیهای آماری پارامترهای اقلیمی مؤثر در میزان عملکرد گندم دیم در ایستگاه گناباد در جدول ٩ آمده است.

جدول ٩ ویژگیهای آماری پارامترهای اقلیمی تأثیرگذار در مدل و سناریوهای پیش‌بینی در ایستگاه گناباد

پارامترهای اقلیمی مؤثر در مدل		حداکثر دمای ماه آوریل (سانتیگراد)	میانگین حداقل دمای ماه ژانویه (سانتیگراد)	حداقل دمای ماه فوریه (سانتیگراد)	بارش ماه ژانویه (میلیمتر)	میزان عملکرد گندم دیم پیش‌بینی شده (کیلوگرم درهکتار)
ویژگیهای آماری پارامترها	حداکثر	٣٦/٢	١/٤	-١/٨	٦٣/٨	
	حداقل	٢٨/٦	-٤/٦	-١١/٢	٣/٩	
	میانگین	٣٢/٣٩	-١/٠١	-٥/٢٦	٢٢/٧	
	انحراف از معیار	٢/٣٧	١/٦٠	٢/٢٤	١٧/٩١	
	ضریب تغییرات	٧/٣٣	١٥٨/٢٩	٤٢/٦٩	٧٨/٨٧	
	آزمون روندمن کندال	٠/٠٤٥	٠/٣٢٦	٠/١٩٣	٠/٠٧٤	
سناریوهای پیش‌بینی	افزایش ١٠ درصد	٣٥/٦٣	-١/١١	-٥/٧٨	٢٤/٩٨	٢٦١/٨٦
	افزایش ٢٠ درصد	٣٨/٨٧	-١/٢١	-٦/٣١	٢٧/٢٥	١٨٦/٢٢
	کاهش ١٠ درصد	٢٩/١٥	-٠/٩١	-٤/٧٣	٢٠/٤٤	٢٦٨/٣٧
	کاهش ٢٠ درصد	٢٥/٩١	-٠/٨١	-٤/٢١	١٨/١٦	٢٩٥/٨٢

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

در صورت افزایش ۱۰ درصدی در میزان پارامترهای اقلیمی مؤثر بر میزان عملکرد گندم در ایستگاه گناباد میزان عملکرد ۱۰/۹ درصد کاهش پیدا می‌کند و اگر میزان افزایش به ۲۰ درصد برسد، باعث کاهش ۳٦/٦ درصدی در میزان عملکرد می‌شود که تغییر محسوسی نشان می‌دهد. در صورت کاهش میزان پارامترهای اقلیمی مؤثر بر میزان عملکرد گندم دیم در ایستگاه گناباد به مقدار ۱۰ درصد، عملکرد ۸/۷ درصد کاهش پیدا می‌کند و در صورت وقوع ۲۰ درصد کاهش در مقدار پارامترهای اقلیمی مؤثر در مدل ایستگاه گناباد، میزان عملکرد ۰/۵۷ درصد افزایش پیدا خواهد کرد که بسیار اندک است. پارامترهای مجموع بارش ماه فوریه، حداقل دمای ماه ژانویه در میزان عملکرد گندم دیم در ایستگاه تربت‌حیدریه تأثیر دارند. میزان مبه وسیله عملکرد گندم محاسباتی در ایستگاه تربت‌حیدریه حدود ۳۵۳/۹٦ کیلوگرم است. خصوصیات آماری متغیرهای اقلیمی مؤثر برمیزان عملکرد گندم دیم در ایستگاه تربت‌حیدریه در جدول ۱۰ آمده است.

جدول ۱۰ ویژگیهای آماری پارامترهای اقلیمی تأثیرگذار و سناریوهای پیش‌بینی در ایستگاه تربت‌حیدریه

پارامترهای اقلیمی مؤثر در مدل		حداقل دمای ماه ژانویه (سانتیگراد)	بارش ماه فوریه (میلیمتر)	میزان عملکرد گندم دیم پیش‌بینی‌شده (کیلوگرم در هکتار)
ویژگیهای آماری پارامترها	حداکثر	-٥	۱۳۲/۲	
	حداقل	-۲۰	۲	
	میانگین	-۱۲/۳۰	٥۱/٦٦	
	انحراف از معیار	۳/۹٦	۳۳/٤۸	
	ضریب تغییرات	۳۲/۲۰	٦٤/۸۲	
	آزمون روندمن کندال	۰/۰٤۰	۰/۰۷۳	
سناریوهای پیش‌بینی	افزایش ۱۰ درصد	-۱۳/٥۳	٥٦/۸۲	۳۲۰/۸۱
	افزایش ۲۰ درصد	-۱٤/۷٦	٦۱/۹۹	۲۸۷/٦۳
	کاهش ۱۰ درصد	-۱۱/۰۷	٤٦/٤۹	۳۸۷/۱۳
	کاهش ۲۰ درصد	-۹/۸٤	٤۱/۳۲	٤۲۰/۳۰

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

در صورت تغییر و نوسان پارامترهای مجموع بارش ماه فوریه و حداقل دمای ماه ژانویه بمیزان ۱۰ درصد در ایستگاه تربت‌حیدریه، میزان عملکرد گندم در این ایستگاه ۹/۳ درصد تغییر پیدا می‌کند و اگر میزان تغییر این پارامترهای اقلیمی حدود ۲۰ درصد فرض شود، میزان عملکرد گندم در این ایستگاه ۱۸/۷ درصد نوسان خواهد داشت.

پارامترهای مجموع بارش ماه فوریه و حداقل دمای ماه مارس بر میزان عملکرد گندم در ایستگاه تربت‌جام تأثیر دارند. میزان میانگین عملکرد گندم محاسباتی در طی دوره آماری در ایستگاه تربت‌جام ۳۰۲/۳ کیلوگرم است. ویژگیهای آماری پارامترهای اقلیمی مؤثر بر میزان عملکرد گندم دیم در ایستگاه تربت‌جام در جدول ۱۱ بیان شده است.

جدول ۱۱ ویژگیهای آماری پارامترهای اقلیمی تأثیرگذار و سناریوهای پیش‌بینی در ایستگاه تربت‌جام

پارامترهای اقلیمی مؤثر در مدل		حداقل دمای ماه مارس (سانتیگراد)	بارش ماه فوریه (میلیمتر)	میزان عملکرد گندم دیم پیش‌بینی‌شده (کیلوگرم در هکتار)
ویژگیهای آماری پارامترها	حداکثر	-۰/۲	۷۵/۳	
	حداقل	-۱۲/۸	۱/۹	
	میانگین	-٤/٥۳	۳۲/٦٥	
	انحراف از معیار	۳/۲٦	۲۲/۰۹	
	ضریب تغییرات	۷۲/۰۸	٦۷/٦٤	
	آزمون روندمن کندال	-۰/۳۸۹	-۰/۳۳٦	
سناریوهای پیش‌بینی	افزایش ۱۰ درصد	-٤/۹۸	۳٥/۹۲	۲۹۹/٦۸
	افزایش ۲۰ درصد	-٥/٤۳	۳۹/۱۹	۲۹۷
	کاهش ۱۰ درصد	-٤/۰۷	۲۹/۳۹	۳۰٤/٦۹
	کاهش ۲۰ درصد	-۳/٦۲	۳٦/۱۲	۳۰۷/۳٤

با توجه به سناریوی پیش‌بینی اگر میزان پارامترهای مجموع بارش ماه فوریه و حداقل دمای ماه مارس بمیزان ۱۰ درصد افزایش پیدا کند، میزان عملکرد گندم برابر ۲۹۹/٦۸ کیلوگرم خواهد شد که حدود ۲/٦ کیلوگرم یا ۰/۸۷ درصد کاهش نشان می‌دهد. اگر میزان

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

افزایش پارامترهای اقلیمی مؤثر بر میزان عملکرد گندم دیم در ایستگاه تربت‌جام ۲۰ درصد باشد، میزان عملکرد گندم محاسباتی حدود ۲۹۷ کیلوگرم خواهد شد که بمیزان ۵/۳ کیلوگرم یا ۱/۷ درصد کاهش نشان می‌دهد و میزان این کاهش خیلی محسوس نیست.

حال اگر بر عکس، میزان پارامترهای مجموع بارش ماه فوریه و حداقل دمای ماه مارس بمیزان ۱۰ درصد کاهش پیدا کند، در این صورت میزان عملکرد گندم ۳۰٤/٦۹ کیلوگرم خواهد شد که حدود ۲/۳٦ کیلوگرم یا ۰/۷۸ درصد افزایش پیدا می‌کند. اگر میزان پارامترهای اقلیمی مؤثر بر میزان عملکرد گندم دیم در ایستگاه تربت‌جام حدود ۲۰ درصد کاهش پیدا کند، در این صورت میزان عملکرد گندم حدود ۳۰۷/۳٤ کیلوگرم خواهد بود که بمیزان ۵/۰۱ کیلوگرم یا ۱/٦ درصد نسبت به مبه وسیله عملکرد گندم محاسباتی افزایش دارد.

نقش حساسیت اقلیمی در میزان نوسان عملکرد گندم دیم در ایستگاه تربت‌جام خیلی اندک است و میزان این تغییر محسوس نیست. متغیرهای حداقل دمای ماه مارس، میانگین دمای ماه ژوئن، میانگین حداقل دمای ماه ژانویه، حداکثر دمای ماه دسامبر و میانگین حداکثر دمای ماه ژانویه بر میزان عملکرد گندم دیم در ایستگاه کاشمر مؤثر هستند. میزان مبه وسیله عملکرد گندم محاسباتی در ایستگاه کاشمر حدود ۲۳۰/۷ کیلوگرم است. خصوصیات آماری پارامترهای اقلیمی مؤثر در میزان عملکرد گندم دیم در ایستگاه کاشمر در جدول ۱۲ آمده است.

اگر پارامترهای اقلیمی مؤثر بر میزان عملکرد گندم دیم در ایستگاه کاشمر به میزان ۱۰ درصد تغییر پیدا کند، میزان عملکرد گندم دیم در این ایستگاه به اندازه ۷٤ درصد نوسان خواهد داشت و اگر پارامترهای اقلیمی مؤثر بر میزان عملکرد گندم دیم در این ایستگاه به میزان ۲۰ درصد تغییر داشته باشد، میزان عملکرد گندم دیم به مقدار ۱٤۹ درصد نوسان خواهد داشت. نقش حساسیت اقلیمی در تغییرپذیری میزان عملکرد گندم دیم در ایستگاه کاشمر بسیار چشمگیر است.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

جدول ۱۲ ویژگیهای آماری پارامترهای اقلیمی تأثیرگذار در مدل و سناریوهای پیش‌بینی در ایستگاه کاشمر

پارامترهای اقلیمی مؤثر در مدل		میانگین حداکثر دمای ماه ژانویه (سانتیگراد)	حداکثر دمای ماه دسامبر (سانتیگراد)	میانگین حداقل دمای ماه ژانویه (سانتیگراد)	میانگین دمای ماه ژوئن (سانتیگراد)	حداقل دمای ماه مارس (سانتیگراد)	میزان عملکرد گندم دیم پیش‌بینی‌شده (کیلوگرم در هکتار)
ویژگیهای آماری پارامترها	حداکثر	۱۲/۲	۲٤/٤	۱/۹	۲۹/۸	۱/٤	
	حداقل	۵/۷	۱۳/۲	-۲/٤	۲۷/۳	-٤/۸	
	میانگین	۸/۹۲	۱۷/۹٤	۰/۳۳	۲۸/۲۷	-۱/۵۹	
	انحراف از معیار	۱/۹۱	۲/۷۷	۱/۲۹	۰/۸۹	۱/۸۰	
	ضریب تغییرات	۲۱/٤۵	۱۵/٤۳	۳۹۱/۵۳	۳/۱۵	۱۱۳/٤٦	
	آزمون روندمن کندال	۰/۲۰٦	-۰/۳۱۳	۰/۲۹۰	۰/۱۰۹	-۰/۱۷۱	
سناریوهای پیش‌بینی	افزایش ۱۰ درصد	۹/۸۲	۱۹/۷٤	۰/۳٦	۳۱/۰۹	-۱/۷۵	٤۰۲/۰۲
	افزایش ۲۰ درصد	۱۰/۷۱	۲۱/۵۳	۰/٤۰	۳۳/۹۲	-۱/۹۱	۵۷۵/۸۵
	کاهش ۱۰ درصد	۸/۰۳	۱٦/۱۵	۰/۳۰	۲۵/٤٤	-۱/٤۳	۵۷/۸٤
	کاهش ۲۰ درصد	۷/۱٤	۱٤/۳٦	۰/۲٦	۲۲/٦۱	-۱/۲۷	۰

۵- نتیجه‌گیری

همانطور که در بحث مدلسازی نیز ذکر شد، در پنج مورد از ایستگاههای استان خراسان رضوی در ۲۰ سال دوره آماری هیچ مدلی شناسایی نشد، بنابراین عوامل اقلیمی نقش کمتری در میزان عملکرد گندم در این ایستگاهها ایفا می‌کنند یا نقش پارامترهای اقلیمی پیچیده است. اثر تغییرپذیری عوامل اقلیمی بر میزان عملکرد گندم اندک است، در این ایستگاهها نقش عوامل غیراقلیمی مانند خاک، کود و نهاده های کشاورزی مهمتر از عوامل اقلیمی می‌باشند.

اما در سایر ایستگاههای منطقه مانند درگز، قوچان، گناباد، تربت‌حیدریه، کاشمر و استان خراسان رضوی نقش عوامل اقلیمی در میزان عملکرد گندم مهم و مؤثر بوده و میزان تغییر

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

پارامترهای اقلیمی در این ایستگاهها باعث تغییرپذیری عملکرد گندم دیم خواهد شد. در این پژوهش میزان تغییرپذیری عملکرد گندم دیم با توجه به پارامترهای اقلیمی مؤثر بر میزان عملکرد گندم در ایستگاههای استان خراسان رضوی برآورد شده و میزان تغییرپذیری پارامترهای اقلیمی، از میانگین نرمال این پارامترها در طول دوره آماری ارزیابی شده است. مدلهایی که برای پیش‌بینی میزان پارامترهای اقلیمی مؤثر بر مقدار عملکرد گندم دیم در ایستگاهها استفاده می‌شود، میزان تغییر ۱۰ و ۲۰ درصد پارامترهای اقلیمی را از میانگین نرمال دوره آماری ایستگاه بیان می‌کند.

با توجه به نتایج حاصل شده، کمترین نقش حساسیت پارامترهای اقلیمی مؤثر بر میزان تغییرپذیری عملکرد گندم دیم در ایستگاه تربت‌جام است، بطوری که اگر میزان پارامترهای مجموع بارش ماه فوریه و حداقل دمای ماه مارس به میزان ۱۰ درصد نسبت به میانگین آنها دارای تغییر شوند، میزان تغییرپذیری عملکرد گندم در این ایستگاه تا میزان ۰/۷۸ درصد خواهد شد و اگر میزان این تغییر ۲۰ درصد نسبت به مبه وسیله پارامترها باشد، میزان تغییرپذیری عملکرد گندم تا میزان ۱/۷ درصد خواهد شد که میزان این تغییرپذیری اندک است.

بیشترین حساسیت پارامترهای اقلیمی مؤثر بر میزان تغییرپذیری عملکرد گندم در ایستگاه کاشمر وجود دارد، بطوری که اگر پارامترهای اقلیمی مؤثر در میزان عملکرد گندم در ایستگاه کاشمر بمیزان ۱۰ درصد تغییر داشته باشد، میزان تغییرپذیری عملکرد گندم دیم ۷٤/۲ درصد خواهد بود که این میزان تغییرپذیری چشمگیر است و اگر پارامترهای اقلیمی مؤثر در میزان عملکرد گندم در این ایستگاه به اندازه ۲۰ درصد تغییر کند، میزان تغییرپذیری و نوسان عملکرد گندم حدود ۱٤۹ درصد خواهد شد که میزان این تغییرپذیری چشمگیرتر خواهد بود.

۶- منابع

[1] Reddy K.H., Hodges, H.F.; "Climate change and global crop productivity". UK, Wallingford, 2000.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

[۲] بزاز، ف.، سامبروک، و. " اثر تغییر اقلیم جهانی بـر تولیـدات کـشاورزی"، ترجمـه: مهدی نصیری محلاتی، علیرضا کوچکی و پرویز رضوانی مقدم، مـشهد: دانـشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۱.

[3] Wolfe D.W., "Potential impact of climate change on agriculture and food supply", Sustainable development and global climate change conference, 2006.

[4] Motroni A.; "Effect of future climatic Variability on agriculture in mediterreanean Region", Agrometeorological service, 2006.

[5] Mavi H. S., Mathauda R., Singh, G.S., Mahi O.P.; "Climate change and wheat yield in the Punjab(India)", Proc. Symp. On Climate Change, Natural Disasters and Agricultural Strategies. BAU, Beijing: 58-65,1993.

[6] Alexandrov V.A., Hoogenboom, G.; "The Impact of climate variability and change on crop yield in Bulgaria", Agricultural and forest meteorology, No .104. pp. 315- 327, 2000.

[7] Lobell, D.; "Analysis of wheat yield and climatic trend in mexico", Field crops research, No. 94, pp. 250-256, 2005.

[8] Landau S., Mitchell R.A.C., Barnett V., Colls J.H., Craigon J., Payne R.W.; "A parsimonious, multiple regression model of wheat yield response to environment; Agricultural and Forest Meteorology", No. 101, pp. 151-161, 2000.

[9] Iglesias A. Rosenzweig C., Pereira D.; "Agricultural impacts of climate change in Spain: developing tools for a spatial analysis, Global Environment change", No. 10, pp. 69-80, 2000.

[10] Leilah A.A., Al-Khateeb S.A.; "Statistical analysis of wheat yield under drought conditions, Journal of Arid Environment", No. 61, pp. 483-496, 2005.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

[۱۱] فرج‌زاده اصل، م.، زرین، الف؛ " مدلسازی میزان عملکرد محصول گندم دیم با توجه به معیارهای اقلیم شناسی کشاورزی در استان آذربایجان‌غربی"، مدرس، د ٦، ش ۲، صص ۹٦-۷۷، ۱۳۸۱.

[۱۲] قائمی، ه.، مظفری، غ. ، " تحلیل شرایط بارش در سطح نواحی دیم‌خیز (شرق کرمانشاه)"، پژوهشهای جغرافیایی، ش ٤۲، صص ۱۱۹-۱۰۳، ۱۳۸۱.

[۱۳] عزیزی، ق.، یاراحمدی د.، "بررسی پارامترهای اقلیمی و عملکرد گندم دیم با استفاده از مدل رگرسیونی(مطالعه موردی: دشت سیلاخور)" ، پژوهشهای جغرافیایی، ش٤٤، صص ۲۹-۲۳، ۱۳۸۲.

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

مدرس علوم انسانی
مجله علمی پژوهشی دانشکدهٔ علوم انسانی
دانشگاه تربیت مدرس

علاقه‌مندان دریافت مجله مدرس علوم انسانی می‌توانند با تکمیل و ارسال برگه پیوست (یا تصویر آن)، به جمع مشترکان مجله بپیوندند. شایان ذکر است مجله مدرس در سه موضوع حقوق، مدیریت و جغرافیا به صورت ۶ شماره در سال منتشر خواهد شد.

راهنمای اشتراک

- حق اشتراک سالیانه سازمانها و مؤسسات (با احتساب هزینه ارسال) ۱۹۲۰۰۰ ریال؛
- حق اشتراک سالیانهٔ دانشجویان (با ارسال تصویر کارت دانشجویی) ۹۶۰۰۰ ریال؛

لطفاً وجه مورد نظر را به حساب جاری شمارهٔ ۱۴۳۳۹۵۳۱۶ بانک تجارت شعبه دانشگاه تربیت مدرس به نام تمرکز درامدهای دانشگاه تربیت مدرس- فصلنامهٔ مدرس علوم انسانی (قابل پرداخت در تمام شعبه‌های بانک تجارت ایران) واریز و اصل رسید بانکی را به انضمام برگهٔ تکمیل شدهٔ اشتراک به نشانی ذیل ارسال فرمایید:

- تهران – تقاطع بزرگراههای شهید چمران و آل احمد – دانشگاه تربیت مدرس، دفتر نشر آثار علمی دانشگاه واحد فروش کتاب – صندوق پستی ۱۱۱- ۱۴۱۱۵
  تلفن: ۸۲۸۸۳۰۹۶ – دورنگار ۸۲۸۸۳۰۳۲

برگهٔ اشتراک مجله مدرّس علوم انسانی

نام ..... نام خانوادگی .....
میزان تحصیلات ..... رشته و گرایش .....
شغل ..... نام مؤسسه .....
اشتراک از شمارهٔ ..... تا ..... تعداد مورد نیاز از هر شماره ..... نسخه
نشانی ..... کدپستی .....
صندوق پستی ..... شماره تلفن .....
تاریخ و امضا .....

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]

[Downloaded from hsmsp.modares.ac.ir on 2025-04-11]