



ارزیابی اثرات تغییر آب و هوا بر عملکرد محصول گندم ایران

منوچهر فرج‌زاده^{۱*}، یوسف قویدل رحیمی^۲، بهروز اسدزاده^۳

^۱استاد آب و هواشناسی گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تربیت مدرس

^۲دانشیار آب و هواشناسی گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تربیت مدرس

^۳کارشناسی‌ارشد آب و هواشناسی گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۹۹/۹/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۱/۱

چکیده

به منظور مطالعه تغییرپذیری میزان عملکرد گندم آبی و دیم با توجه به تغییر پارامترهای اقلیمی از جمله دما و بارش، سی ایستگاه انتخاب شد. هدف اصلی پژوهش بررسی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد محصول گندم در ایران می باشد پارامترهای اقلیمی و همچنین داده‌های میزان عملکرد گندم برای ۲۵ سال دوره آماری از سال ۱۹۸۲ تا ۲۰۰۶ به ترتیب از سایت سازمان هواشناسی و وزارت جهاد کشاورزی اخذ گردید و آزمون run test برای تصادفی بودن داده‌ها در نرم افزار SPSS انجام شد و سپس آزمون بازسازی نیز در مورد داده‌های ناقص و مفقوده انجام گرفت. در هر ایستگاه میزان ضریب همبستگی در سطح ۰,۰۵ و ۰,۰۱ بین عملکرد گندم و پارامترهای اقلیمی محاسبه شد و در نهایت مدل رگرسیونی بصورت رگرسیون گام به گام برای ایستگاهها به منظور شناسایی پارامترهای اقلیمی موثر در برآورد میزان عملکرد گندم انجام گرفت. در گندم آبی همه ایستگاهها به جز ایستگاه گرگان دارای مدل رگرسیونی بوده در گندم دیم ایستگاههای ارومیه، تهران، ساری، یاسوج، سمنان، خرم آباد فاقد مدل رگرسیونی بوده اند و مدل منطقه‌ای نیز برای کشور محاسبه شد و با مدل‌های ایستگاهی در نرم افزار ARG GIS مورد مقایسه قرار گرفت که میزان عملکرد گندم آبی در کل نتایج مدل رگرسیونی نشان داد که در گندم آبی قسمت شرقی، مرکزی، شمال شرقی و قسمتی از جنوب غرب کشور با کاهش ۳۵-۲۰ درصد عملکرد مواجه خواهند بود، در بحث گندم دیم همه ایستگاههای واقع در شمالغرب ۳۷-۳۰ درصد، قسمتی از جنوب غرب و جنوب کشور با ۳۵-۲۸ درصد روند کاهش عملکرد مواجه خواهند بود و نیمه جنوب شرق و شمال شرق ۴۷-۴۲ درصد با افزایش عملکرد مواجه خواهند بود. در گندم آبی بیشترین عملکرد پیش بینی شده برای ایستگاه اصفهان و در گندم دیم بیشترین مقدار عملکرد پیش بینی شده برای ایستگاه زاهدان خواهد بود. بطور کلی کاهش عملکرد گندم در مناطق شمال غربی و جنوب غربی نسبت به نواحی غربی بیشتر خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، عملکرد گندم، ضریب همبستگی، مدل رگرسیونی، ایران

مقدمه

دما، بارندگی و سرعت و جهت باد طی یک یا چند سال را می‌توان دلیلی بر تغییر اقلیم آن منطقه دانست فرج‌زاده و همکاران (۱۳۹۹) که بخش کشاورزی یکی از اصلی ترین بخش‌های متاثر از تغییر اقلیم است و امروزه تغییر اقلیم یکی از مهم ترین چالش‌های زیست محیطی می‌باشد که پیامدهای اقتصادی جدی به دنبال دارد و باتوجه به افزایش جمعیت جهان و نیاز به تولیدات بخش کشاورزی شناخت عوامل تغییر اقلیم موثر بر بخش کشاورزی ضروری به نظر می‌رسد به

تغییر اقلیم یکی از عمده‌ترین چالش‌های پیش روی بشر در زمان حاضر است. پارامترهای مختلف اقلیمی نظیر دما، بارش و باد در یک محل از عواملی هستند که بر اقلیم آن منطقه تاثیر گذار بوده و شناخت آنها تعیین کننده اقلیم آن منطقه می‌باشند. وقوع پدیده‌هایی از قبیل افزایش یا کاهش ناگهانی

*نویسنده مسئول: farajzam@modares.ac.ir

میلیونها سال گذشته تغییرات اساسی کرده است که طی آنها دوره‌های گرم جای خود را به دوره‌های سرد داده‌اند و دوره‌های خشک و مرطوب پیوسته با دوره‌های سرد و خشک در تناوب بوده‌اند. نوسان‌های اقلیمی، حتی در ۲۰۰ سال اخیر که آمار و داده‌های هواشناسی در مورد آن موجود است، بسیار ملموس بوده‌اند بعضی از اقلیم‌شناسان نوسان‌های اقلیمی را به تلاطم و امواج سطح دریایی تشبیه می‌کنند که حرکت واقعی آن را تغییرات حقیقی اقلیم- نظیر گذار از دوره‌های یخچالی و بین‌یخچالی- تشکیل می‌دهند (علیجانی و کاویانی، ۱۳۷۸).

با مطالعه و بررسی فسیل‌های مرجانی دریاها و توده‌های یخچالی به روشنی می‌توان تغییرات دوره‌های در میزان دما و بارش، در نتیجه وقوع آتشفشان‌ها در مقیاس وسیع، تغییر در انرژی ژئوترمال، تغییر زاویه محور زمین و غیره طی هزاران سال تشخیص داد که در واقع تایید کننده افزایش دما و وقوع تغییر یا نوسان اقلیم در سیستم طبیعی کره زمین باشد.

همچنین با توجه به اهمیت تغییرات آب و هوا در کشاورزی و وابستگی میزان عملکرد محصولات کشاورزی به نزولات جوی بویژه محصولات زراعی، ارائه اطلاعات صحیح در زمینه متغیرهای اقلیمی مانند بارندگی و دما در طی چندین سال گذشته مفید به نظر می‌رسد؛ زیرا با اطلاع از چگونگی تولید محصولات زراعی بدون مقایسه متغیرهای جوی که از عناصر مهم در عملکرد محصولات می‌باشد نمی‌توان علل کاهش یا افزایش عملکرد محصولات را توجیه نمود (علیجانی و همکاران، ۱۳۹۰) کوچکی و همکاران (۱۳۸۲) با ارزیابی شاخص‌های اقلیمی-کشاورزی ایران نشان دادند که در طی ۲۰ سال آینده میانگین درجه حرارت ماهانه تقریباً در تمامی مناطق کشور افزایش خواهد یافت و افزایش تبخیر و تعرق یکی از مهمترین پی‌آمدهای این گرمایش است. به طور کلی در عرض‌های جغرافیایی میانه به ازاء هر درجه سانتیگراد افزایش میانگین درجه حرارت سالانه، تبخیر به میزان ۵ درصد افزایش می‌یابد.

طور کلی می‌توان گفت که پدیده تغییر اقلیم از دو عامل بارش و دما است، که با تغییر هر یک از عوامل تغییرات آب و هوایی اتفاق می‌افتد. و به دنبال آن چگونگی زندگی انسان تغییر می‌پذیرد و یکی از مهم‌ترین اثرات آن آسیب‌های ایجاد شده در بخش کشاورزی می‌باشد و همواره فاکتورهای اقلیمی باعث تغییر در عملکرد محصولات کشاورزی گردیده و از این طریق عرضه محصولات کشاورزی را تحت تاثیر قرار می‌دهد و شواهد محکمی مبنی بر این که کشورهای در حال توسعه بیش از کشورهای توسعه یافته خسارت خواهند دید. تغییر اقلیم ممکن است اثرات غیر مستقیمی نیز بر الگوی تجاری بین‌المللی، توسعه و امنیت غذایی داشته باشد. بخش کشاورزی به سبب تعاملات گسترده با محیط بیشترین تاثیر را از فرآیندهای پدیده تغییر اقلیم می‌پذیرد.

کوچکی و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از مدل گردش عمومی شاخص‌های اقلیمی کشاورزی ایران را برای سال ۲۰۵۰ میلادی (۱۴۳۰ شمسی) پیش‌بینی کرده و نشان دادند که میانگین دمای سالانه مناطق مختلف کشور تا ستال هدف بین ۳/۵ تا ۴/۵ درجه سانتیگراد افزایش می‌یابد در حالی که میانگین بارش سالانه بین ۷ تا ۱۴ درصد کاهش خواهد یافت. به علاوه این تغییرات از غرب به شرق و از شمال به جنوب کشور شدیدتر خواهد بود. بدون تردید بروز این تغییرات قابل توجه اقلیمی، پیامدهایی را بر تولید محصولات زراعی در کشور به دنبال دارد که در مقیاس ملی کمتر مورد بررسی قرار گرفته و از سوی دیگر روش‌های مقابله با این شرایط نیز به درستی مطالعه نشده است.

در توجیه اقلیم و مقایسه آن با وضع هوا و دوره‌های اقلیمی باید گفت که اقلیم یا آب و هوا وضعیت کلی هوای یک منطقه را نشان می‌دهد، کمتر دستخوش تغییرات واقع می‌شود و مستقل از زمان است. این نکته در مورد فرایندهای کوتاه مدت صادق است، اما در مورد فرایندهای دراز مدت اعتبار چندانی ندارد، زیرا دستاوردهای علوم دیگر و نیز اسناد تاریخی نشان می‌دهند که آب و هوا در طول هزارها و

نیاز دارد. در رشته برق نیز برای تحلیل ساختار مدارها به کار می رود (خلیلی و همکاران، ۱۳۸۲).

مطالعات نشان می دهد که اهمیت نسبی برخی گیاهان زراعی در بعضی از مناطق احتمالا به دلیل گرم شدن کره زمین تغییر کرده و عوامل اقتصادی این تغییرات را تعیین خواهند کرد و کشاورزی به عنوان یک نظام زیست فیزیکی، وابسته به منابع اقلیمی است و میتواند از طریق تغییر عملکرد، تولید محصولات زراعی را تحت تاثیر قرار دهد. از آنجا که کاربرد فناوری در کشاورزی عامل مهمی به شمار میرود، در نتیجه به کار بردن این فناوریها می تواند نقش مهمی مقابله با تغییرات اقلیمی در سازگاری کشاورزی به تغییرات اقلیمی داشته باشد (Reilly, 2007).

از دیگر روشها و گزینههای که برای برآورد عملکرد گندم دیم مورد استفاده قرار می گیرد. استفاده از دادههای سنجش از دور و تصاویر ماهواره ای می باشد، که بر اساس شاخص سبزیگی عملکرد محصول را پیش بینی می کنند. یک کاربرد پیشرفته تر در این مورد، ارتباط و اتصال مدل های فیزیکی سنجش از دور با مدل های شبیه سازی محصول می باشد (هوگن بوم، ۲۰۰۰). واسن آر و همکاران (۱۹۹۹) اثرات تغییر اقلیم ناحیه ای را بر عملکرد گندم در جنوب فرانسه بررسی کردند. آنها در این بررسی از نقشه اقلیمی محل همچنین از پارامترهای بارش ماهانه و میانگین حداقل و حداکثر دما و تابش استفاده کردند و نقشه همباران و همدمایا را ترسیم کردند. آنها همچنین از پراکندگی خاک در منطقه و انواع خاک و از نقشه خاک نیز استفاده کردند. علاوه بر اینها، آنها از آب قابل دسترس خاک نیز استفاده کردند. آنها با استفاده از نقشه های اقلیمی (هم بارش، هم دما و...) نقشه خاک (کم عمق، عمیق و نیمه عمیق) را روی هم انداختند و منحنی های هم عملکرد را با توجه به ترکیب این نقشه ها در روی نقشه رسم کردند. سپس از سه سناریوی انتشار CO_2 (LOW, MID, HIGH) استفاده کردند. که به ترتیب در سناریوی Low تغییرات دما کم و بارش نیز کم و در سناریوی MID، تغییرات بارش و دما متوسط در سناریوی HIGH،

در ایران کشت گندم دیم بیشتر در مناطقی که بارندگی سالیانه آن ۲۵۰ میلی متر باشد، کشت می شود. بیشتر سطح دیم کاری در ایران با بارندگی سالیانه بین ۲۵۰ تا ۴۰۰ میلی متر در طی ماه های سپتامبر تا ژوئن (مهر تا خرداد) می باشند. نیسازهای اقلیمی گندم به شرایط آب و هوایی برای سه دوره عمده رویش مخصوص محصولات زمستانی دوره پاییز، دوره فصل زمستان، دوره تجدید رویش (فصل بهار) تا مرحله رسیدن محصول است.

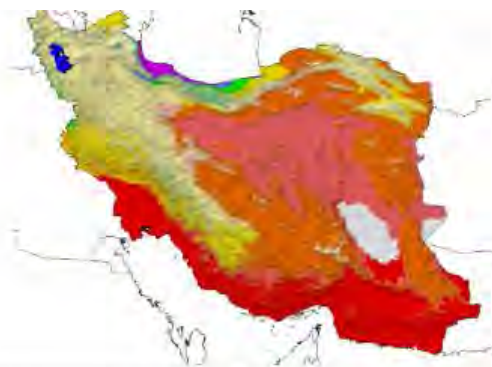
مطالعات مختلفی در زمینه موضوع تحقیق انجام شده است. فرج زاده و زرین (۱۳۸۱) از روش مدل سازی رگرسیون چند متغیره برای برآورد عملکرد گندم دیم در منطقه شمال غرب کشور با توجه به پارامترهای اقلیمی تأثیرگذار استفاده کردند و برای هر شهرستان آذربایجان غربی مدل رگرسیونی با توجه به پارامترهای اقلیمی موثر در عملکرد گندم دیم، ارائه دادند. برای استان نیز یک مدل کلی ارائه کردند و پارامترهای کم اهمیت را به روشهای گوناگون حذف کردند تا مدل دقیق تر و عینی تر ارائه شود. هاولیک (۱۹۸۵) از طریق روش تجزیه و تحلیل همبستگی، تأثیر آب و هوا را بر عملکرد محصولات زراعی بر اساس انحراف عملکرد از خط رگرسیون بررسی کرد (کافی، ۱۳۷۹). یکی دیگر از روش های پیش بینی عملکرد گندم دیم با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی می باشد. در چند سال اخیر کاربرد شبکه های عصبی مصنوعی به عنوان ابزار قوی که قادر به حل معادلات بسیار پیچیده و تحلیل عددی با مناسب ترین تقریب می باشد، گسترش روز افزون یافته است. یکی از کاربردهای شبکه های عصبی مصنوعی در پیش بینی عملکرد محصول گندم دیم می باشد. امروزه مدل های پیش بینی عملکرد محصول گوناگون مورد استفاده قرار می گیرد که به طور کلی می توان آنها را به دو دسته مدل های آماری و مدل های شبیه سازی محصول قرار داد. این شبکه های عصبی مصنوعی بر اساس کارکرد سیستم عصبی مغز انسان ساخته شده اند و در آنها از ماتریس داده های اقلیمی و محصول استفاده می شود و روابط و معادلات پیچیده

می‌شود که در بین ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی و بین ۴۴ تا ۶۴ درجه طول شرقی واقع شده است. از شمال با ارمنستان، آذربایجان، و ترکمنستان هر سه از جمهوریهای شوروی سابق و دریای خزر، از مشرق با افغانستان و پاکستان، از مغرب با ترکیه و عراق و از جنوب با خلیج فارس و دریای عمان همسایه است. کشور ایران سرزمینی نسبتاً مرتفع است. به طوری که ارتفاع آن از سطح دریا به‌طور متوسط بیش از ۱۰۰۰ متر است. این سرزمین مرتفع از طرف غرب و جنوب غرب به وسیله رشته کوه‌های موآزی و مرتفعی از نواحی پست و خشک عراق جدا می‌شود و در شمال و شمال شرق نیز به وسیله یک سلسله از کوه‌های مرتفع تر، از قفقاز و حوزه دریای خزر و ریگزارهای خشک و بی آب و علف ترکمنستان جدا می‌شود. در شرق و جنوب شرقی نیز کوه‌های کم ارتفاع تری که پیوستگی آنها به یکدیگر به مراتب کمتر از کوه‌های شمال و غرب است، کشور ما را از همسایگان شرقی جدا می‌کند. بر مبنای سه معیار اصلی طبقه‌بندی یونسکو یعنی رژیم رطوبتی، تیپ زمستان و تابستان، ۲۸ پهنه اقلیمی کشاورزی در ایران قابل تشخیص می‌باشد که نشانگر تنوع قابل ملاحظه آب و هوایی ایران می‌باشد. از این تعداد ۶ ناحیه (منطقه خشک با زمستان خنک و تابستان گرم، منطقه خشک با زمستان خنک و تابستان خیلی گرم، منطقه نیمه‌خشک با زمستان معتدل و تابستان خیلی گرم، منطقه نیمه‌خشک با زمستان سرد و تابستان گرم، منطقه نیمه‌خشک با زمستان خنک و تابستان گرم، منطقه نیمه‌خشک با زمستان سرد و تابستان معتدل) بیش از ۹۰ درصد کشور را شامل می‌شود.

تغییرات دما و بارش زیاد بود، که با استفاده از این سناریوی تغییرات عملکرد را برای سال‌های آینده پیش‌بینی کردند که سناریوی HIGH بیشترین تأثیر را بر کاهش عملکرد گندم در منطقه داشت. موترونی و همکاران (۲۰۰۵) نیز تأثیر تغییرات اقلیمی را بر روی کشاورزی (محصول گندم) در ناحیه مدیترانه در کشور ایتالیا (جزیره ساردینیا) بررسی کردند. آنها با استفاده از نرم افزار ArcGIS، نقشه‌های خاک، پوشش اراضی، قابلیت اراضی و نقشه‌های اقلیمی (دما و بارش) را ترکیب کردند و نواحی مساعد کشت محصولات کشاورزی را مشخص کردند، سپس از سری‌های زمانی دما و بارش برای پیدا کردن روند استفاده کردند. واثقی و اسماعیلی (۱۳۸۷) در مطالعه‌ای به اندازه‌گیری اثرات اقتصادی تغییر اقلیم بر تولید محصول گندم با استفاده از روش ریکاردین پرداختند. نتایج مطالعه نشان داد که متغیرهای اقلیمی آثار معنادار و غیرخطی بر درآمد خالص به ازای هر هکتار کشت گندم دارند. Olesen and Bindi (2010) در مطالعه‌ای در شمال اروپا نشان دادند کمبود منابع و تغییرات شدید آب و هوایی ممکن است به کاهش کشت قابل برداشت و کاهش نواحی مستعد برای کشت‌های سنتی و معمول منجر خواهد شد. سوابق موجود بیانگر اهمیت مطالعات تغییرات عملکرد محصول استراتژیک گندم در طی سالهای آتی در جهان است که با توجه به اهمیت موضوع در امنیت غذایی، ضرورت مطالعه آن در کشور وجود دارد که هدف مقاله حاضر را تشکیل می‌دهد.

منطقه مورد مطالعه

ایران با ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع مساحت را شامل



COLOUR	Symbol	Moisture regime	Aridity Index	Temperature regime winter	Range_Winter	Temperature regime summer	Range_Sum	No. grid cells	% of country	approx. area (sq.km)
	HA-M-VW	Hyper-arid	< 0.03	Mild	10° - 20°C	Very warm	> 30°C	55598	2.5%	41647
	HA-C-VW	Hyper-arid	< 0.03	Cool	0° - 10°C	Very warm	> 30°C	4944	0.2%	3687
	A-M-VW	Arid	0.03 - 0.2	Mild	10° - 20°C	Very warm	> 30°C	374998	16.7%	286822
	A-M-W	Arid	0.03 - 0.2	Mild	10° - 20°C	Warm	20° - 30°C	12534	0.6%	9705
	A-C-VW	Arid	0.03 - 0.2	Cool	0° - 10°C	Very warm	> 30°C	419665	18.7%	305814
	A-C-W	Arid	0.03 - 0.2	Cool	0° - 10°C	Warm	20° - 30°C	586071	26.2%	429257
	A-C-M	Arid	0.03 - 0.2	Cool	0° - 10°C	Mild	10° - 20°C	15	0.0%	11
	A-K-W	Arid	0.03 - 0.2	Cold	<= 0°C	Warm	20° - 30°C	50902	2.3%	36485
	A-K-M	Arid	0.03 - 0.2	Cold	<= 0°C	Mild	10° - 20°C	3680	0.2%	2758
	SA-M-VW	Semi-arid	0.2 - 0.5	Mild	10° - 20°C	Very warm	> 30°C	7350	0.3%	5380
	SA-C-VW	Semi-arid	0.2 - 0.5	Cool	0° - 10°C	Very warm	> 30°C	36238	1.6%	26454
	SA-C-W	Semi-arid	0.2 - 0.5	Cool	0° - 10°C	Warm	20° - 30°C	163123	7.3%	117526
	SA-C-M	Semi-arid	0.2 - 0.5	Cool	0° - 10°C	Mild	10° - 20°C	10	0.0%	8
	SA-K-W	Semi-arid	0.2 - 0.5	Cold	<= 0°C	Warm	20° - 30°C	385312	17.2%	271593
	SA-K-M	Semi-arid	0.2 - 0.5	Cold	<= 0°C	Mild	10° - 20°C	67638	3.0%	47039
	SH-C-VW	Sub-humid	0.5 - 0.75	Cool	0° - 10°C	Very warm	> 30°C	483	0.0%	344
	SH-C-W	Sub-humid	0.5 - 0.75	Cool	0° - 10°C	Warm	20° - 30°C	12000	0.5%	8300
	SH-K-W	Sub-humid	0.5 - 0.75	Cold	<= 0°C	Warm	20° - 30°C	17389	0.8%	12248
	SH-K-M	Sub-humid	0.5 - 0.75	Cold	<= 0°C	Mild	10° - 20°C	22140	1.0%	15529
	SH-K-C	Sub-humid	0.5 - 0.75	Cold	<= 0°C	Cool	0° - 10°C	48	0.0%	33
	H-C-W	Humid	0.75 - 1	Cool	0° - 10°C	Warm	20° - 30°C	6740	0.3%	4682
	H-K-W	Humid	0.75 - 1	Cold	<= 0°C	Warm	20° - 30°C	573	0.0%	395
	H-K-M	Humid	0.75 - 1	Cold	<= 0°C	Mild	10° - 20°C	598	0.0%	419
	H-K-C	Humid	0.75 - 1	Cold	<= 0°C	Cool	0° - 10°C	77	0.0%	53
	PH-C-W	Per-humid	> 1	Cool	0° - 10°C	Warm	20° - 30°C	12319	0.5%	8502
	PH-K-W	Per-humid	> 1	Cold	<= 0°C	Warm	20° - 30°C	70	0.0%	48
	PH-K-M	Per-humid	> 1	Cold	<= 0°C	Mild	10° - 20°C	11	0.0%	8
	PH-K-C	Per-humid	> 1	Cold	<= 0°C	Cool	0° - 10°C	27	0.0%	19

شکل ۱- نقشه پهنه‌بندی اقلیم کشاورزی کشور با روش یونسکو و راهنمای نقشه با درصد پوشش هر یک از مناطق (غفاری و همکاران، ۱۳۹۴).

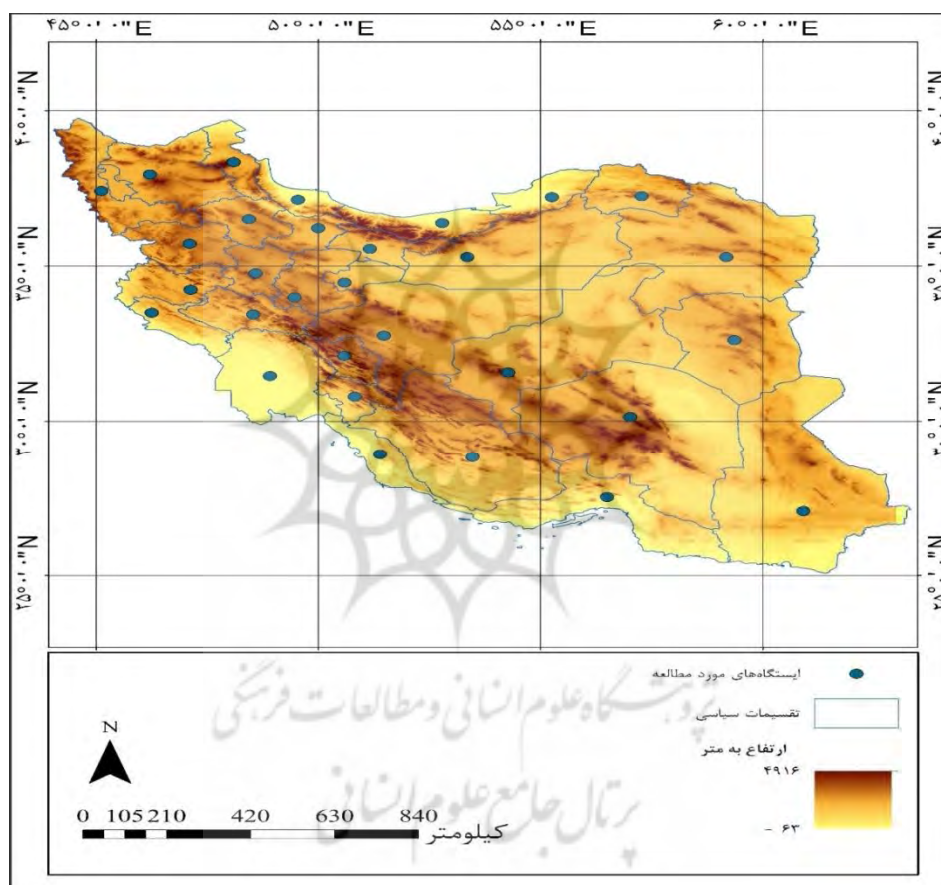
روش تحقیق

مطلق، میانگین حداکثر دمای مطلق) و میزان عملکرد گندم دیم و آبی، برای کشور در طی دوره آماری ۱۹۸۲ تا ۲۰۰۶ به مدت ۲۵ سال محاسبه شد. آنگاه پایگاه داده‌ها در نرم‌افزار SPSS تشکیل شد و متغیر عملکرد به‌عنوان متغیر وابسته و پارامترهای اقلیمی به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شد. برای محاسبه تغییرات بارش و دما برای سال هدف از سایت <http://www.cccsn.ec.gc.ca> داده‌های مذکور با استفاده از مدل HDCM3 از سناریو A2 اخذ گردید که داده‌های پایه از سال ۱۹۶۱ تا سال ۱۹۹۰ استفاده گردید سپس برای سال هدف که سال ۲۰۵۰ می‌باشد داده دما و بارش گرفته شد که سپس مقدار

پژوهش حاضر برای پیش‌بینی میزان عملکرد محصول گندم دیم و آبی با توجه به متغیرهای تاثیرگذار اقلیمی مورد استفاده در منطقه است. این مدل منطقه‌ای بایستی معنی‌دار بوده و بتواند با هر یک از مدل‌های ایستگاهی موجود در منطقه سازگار باشد. بایستی ضریب همبستگی بین داده‌های عملکرد مشاهداتی در ایستگاهها با داده‌های عملکرد محاسباتی حاصل از مدل منطقه‌ای بالا و معنی‌دار باشد. برای این منظور ابتدا میانگین پارامترهای اقلیمی چون بارش و دما (میانگین دمای سالانه و ماهانه، حداقل دمای مطلق، حداکثر دمای مطلق، میانگین حداقل دمای

مقدم بر آن، موجب بیشترین افزایش در مقدار ضریب تعیین می‌شود. در این روش، ورود متغیرها به مدل را یک به یک و تا زمانی انجام می‌دهیم که معنی داری متغیر به ۹۵ درصد برسد. یعنی سطح خطا ۵ درصد گردد. سپس عملیات متوقف می‌شود (منصورفر، ۱۳۸۵: ۱۷۳) که شکل ۱ موقیعت سی ایستگاه مورد مطالعه که در واقع مراکز استان‌ها می‌باشد را نشان می‌دهد.

انحراف داده‌های پایه و شبیه سازی محاسبه شد و بعد از آن متغیرهای مورد نظر در مدل رگرسیونی جاگذاری گردید سپس ارقام عملکرد برای سال هدف محاسبه شد روش ورود متغیرهای مستقل به مدل رگرسیونی به صورت گام به گام می‌باشد، در واقع این روش متغیرها را یک به یک وارد مدل می‌کند، یعنی ابتدا متغیری که بیشترین همبستگی را با متغیر وابسته دارد، انتخاب می‌کند. دومین متغیری که وارد تحلیل می‌شود، متغیری است که پس از تفکیک متغیر



شکل ۲- موقیعت ایستگاههای مورد مطالعه

میزان عملکرد را در طول دوره آماری داشته است. مقدار انحراف از معیار میزان عملکرد در این ایستگاه ۵۸۹ کیلوگرم می‌باشد، که نشان دهنده تغییرپذیری ناحیه و نوسانات زیاد عملکرد گندم آبی تحت تأثیر متغیرهای اقلیمی می‌باشد. کمترین مقدار میانگین عملکرد گندم آبی نیز در طول دوره آماری در ایستگاه رشت، که این میزان حدود ۱۷,۳ کیلوگرم در هکتار

نتایج و بحث

با توجه به نتایج بدست آمده بیشترین مقدار میانگین عملکرد گندم آبی در طول دوره آماری در منطقه مربوط به ایستگاه اصفهان است، که حدود ۳۹۷۴ کیلوگرم در هکتار می‌باشد، در این شهرستان سال ۲۰۰۵ با ۵۰۶۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین و سال ۱۹۹۹ با ۲۹۹۵,۷ کیلوگرم در هکتار کمترین

کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد را داشته است و بیشترین عملکرد مربوط به سال ۱۹۸۵ با ۷۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده است و دارای انحراف معیار ۱۴۲ بوده که این مقدار نشان دهنده تغییرات سال به سال میزان عملکرد گندم دیم با توجه به پارامترهای اقلیمی از جمله دما و بارش در این ایستگاه می باشد. بعد از ایستگاه گرگان، ایستگاه ساری نیز مقام دوم میزان عملکرد را در منطقه دارد و میانگین عملکرد آن در طول دوره آماری ۲۵ ساله حدود ۱۹۲۱ کیلوگرم در هکتار است؛ بیشترین مقدار عملکرد گندم دیم در این ایستگاه با مقدار ۲۴۰۹٫۲ در سال ۲۰۰۱ بوده است و کمترین مقدار عملکرد در این ایستگاه با مقدار ۱۲۱۳٫۲ در سال ۲۰۰۴ بوده است. میزان انحراف از میانگین عملکرد گندم در این ایستگاه حدود ۳۴۰ کیلوگرم می باشد که نشان دهنده تغییرات زیاد عملکرد گندم تحت تأثیر تغییرات پارامترهای اقلیمی چون بارش و دما می باشد

با توجه به نتایج بدست آمده ضریب همبستگی بین داده های اقلیمی (دما و بارش ماهانه) از اکتبر تا ژوئن و میزان عملکرد گندم آبی و دیم در طی دوره آماری از ۱۹۸۲ تا ۲۰۰۶ در همه ایستگاهها رابطه معنی داری در سطح ۰/۰۱ یا ۰/۰۵ وجود دارد که بیشترین مقدار همبستگی عملکرد گندم آبی بین متغیر اقلیمی در استان کرمان با ۰/۸۱۶ بوده است و در گندم دیم بیشترین مقدار همبستگی در گندم دیم با پارامترهای اقلیمی در استان خراسان شمالی با ۰/۶۸۵ بوده است.

برای پیش بینی میزان عملکرد گندم دیم و آبی با توجه به پارامترهای اقلیمی و تغییرات آن در یک منطقه روشهای گوناگونی وجود دارد. یکی از این روشها برای پیش بینی میزان عملکرد گندم دیم استفاده از روشها و مدلهای رگرسیونی می باشد. لازمه وجود رابطه رگرسیونی خطی یا مناسب ترین خط برازش یافته برای داده ها، وجود رابطه همبستگی بین داده ها می باشد. مدلهای آماری چند متغیره (رگرسیونی) خطی، ارتباط خطی بین متغیر وابسته و

می باشد. در این شهرستان سال ۱۹۹۹ با میزان عملکرد ۱۸۱۲۴ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد را داشته است. این میزان نشان دهنده تغییرات زیاد عملکرد گندم می باشد که تحت تأثیر تغییرات پارامترهای اقلیمی چون بارش و دما می باشند.

بطور کلی در غرب منطقه میزان انحراف از میانگین عملکرد گندم از سالی به سال دیگر بیشتر از شرق کشور است. این امر در نتیجه تغییرات زیاد در متغیرهای اقلیمی چون دما، بارش سایر پارامترهای اقلیمی است. بطور کلی آب و هوای غرب منطقه تغییرپذیری بیشتری نسبت به شرق منطقه دارد که دلیل آن تأثیر عبور سیستم های مختلف جوی می باشد که باعث تغییرات زیادی در پارامترهای اقلیمی و در نهایت تغییر در میزان عملکرد گندم در سالهای مختلف می شود. ممکن است طی سالهایی بدلیل ورود کمتر سیستم های مختلف جوی از جمله موج بادهای غربی که به همراه خود سیستم های سینوپتیک جوی را می آورند.

در کل میزان عملکرد گندم آبی در طول دوره آماری مورد بررسی در سطح کشور ۲۸۱۲٫۵ کیلوگرم در هکتار بوده است با توجه به نتایج بدست آمده به طور کلی عملکرد گندم آبی از شمال به جنوب و از غرب به شرق کشور کاسته می شود و همچنین در گندم دیم بیشترین مقدار میانگین عملکرد گندم دیم در طول دوره آماری در منطقه مربوط به ایستگاه گرگان است، که حدود کیلوگرم ۲۱۶۵ در هکتار می باشد، در این شهرستان سال ۱۹۹۷، با ۳۴۷۶٫۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین و سال ۱۹۸۲ با ۱۳۷۵٫۵ کیلوگرم در هکتار کمترین میزان عملکرد را در طول دوره آماری داشته است. مقدار انحراف از معیار میزان عملکرد در این ایستگاه ۴۵۴ کیلوگرم می باشد. که نشان دهنده تغییرپذیری ناحیه و نوسانات زیاد عملکرد گندم آبی تحت تأثیر متغیرهای اقلیمی می باشد. کمترین مقدار میانگین عملکرد گندم دیم نیز در طول دوره آماری در ایستگاه یزد، که این میزان حدود ۲۹ کیلوگرم در هکتار می باشد. در این ایستگاه در همه سالها بجز سال ۱۹۸۵ با میزان عملکرد صفر

پایگاه داده‌ها تشکیل شد که این داده‌ها شامل Y : به عنوان داده عملکرد، داده‌های بارش ۹ ماه از سال از اکتبر تا ژوئن (دوره رویش گندم) به سال زراعی (X_1) تا (X_9) و داده‌های میانگین ماهانه دما، میانگین حداقل ماهانه دما، میانگین حداکثر ماهانه دما، دمای حداکثر مطلق ماهانه و دمای حداقل مطلق ماهانه از اکتبر تا ژوئن (به ترتیب از X_{10} تا X_{54}) می‌باشد.

متغیرهای مستقل را توصیف می‌کند. این رابطه رگرسیونی را به صورت زیر بیان می‌کنند:

$$Y_i = A_0 + B_1 X_1 + \dots + B_n X_n + E_i \quad \text{رابطه ۱:}$$

که در این رابطه Y_i : مقدار متغییر وابسته، n : تعداد متغیرهای مستقل، A_0 : ضریب ثابت معادله (عرض از مبدأ)، B_1 : ضریب معادله یا شیب خط رگرسیونی، X_1 تا X_n : متغیرهای مستقل و E_i : مقدار خطا استاندارد در مشاهدات می‌باشد. در این تحقیق برای هر ایستگاه

جدول ۱- مدل رگرسیون چند متغیره پیش بینی شده برای عملکرد گندم آبی

نام ایستگاه	مدل پیش بینی میزان عملکرد گندم آبی در ایستگاهها
تبریز	$Y = 1467.9 + (107.9X_{45})$
ارومیه	$Y = 1605.4 + (167.4X_{42})$
تهران	$Y = -1064.1 + (314.5X_{20})$
قزوین	$Y = 3617.3 + (-128.7X_{39})$
ایلام	$Y = 4949.7 + (-164X_{28})$
اهواز	$Y = 1483.1 + (269.5X_{32})$
کرمانشاه	$Y = -8481.6 + (685X_{11})$
سنندج	$Y = -5079.3 + (499X_{11})$
رشت	$Y = -666.1 + (17.3X_3)$
ساری	$Y = 3739 + (-61X_{49})$
گرگان	متغییری شناسایی نشد
مشهد	$Y = 3958.2 + (886.2X_{44})$
زاهدان	$Y = -2737.4 + (218.2X_{17})$
کرمان	$Y = 4873.3 + (-115.7X_{38})$
یاسوج	$Y = -6397 + (533.1X_{11})$
شیراز	$Y = 2000.3 + (320.4X_{24})$
شهرکرد	$Y = 2000.5 + (-135.7X_{30})$
زنجان	$Y = 994.7 + (153.4X_{43})$
بوشهر	$Y = 7680.6 + (-211.5X_{38})$
بندرعباس	$Y = -581 + (221.3X_{24})$
اراک	$Y = -3330.5 + (242.2X_{53})$
همدان	$Y = -1607.9 + (437.4X_{28})$
یزد	$Y = 1461 + (303.4X_{21})$
سمنان	$Y = -185.3 + (171.1X_{11})$
اصفهان	$Y = 6184.7 + (-136.1X_{39})$
خرم آباد	$Y = -75.1 + (187.9X_{27})$
اردبیل	$Y = 3547.2 + (153.6X_{14})$
بیرجند	$Y = -12981.5 + (809X_{49})$
بجنورد	$Y = 2088 + (1.28X_{21})$
قم	$Y = 6155 + (-455X_6)$

این مطالعه کاهش متغیرها و تعیین متغیرهای تاثیرگذار در مدل است، لذا از این مدل استفاده نگردید. روش Stepwise که روش مدلسازی گام به گام است و ترکیبی از روش‌های Forward و Backward استفاده شد.

دوره آماری از سال ۱۹۸۲ تا ۲۰۰۶ به مدت ۲۰ سال می‌باشد. متغیر عملکرد گندم دییم و آبی (Y) به عنوان متغیر وابسته و متغیرهای اقلیمی شامل بارش ماهانه و پنج پارامتر دمای ماهانه به عنوان متغیرهای مستقل در هر ایستگاه استفاده شد ولی چون هدف

جدول ۲- مدل رگرسیون چند متغیره پیش بینی شده برای عملکرد گندم دییم

نام ایستگاه	مدل پیش‌بینی میزان عملکرد گندم دییم در ایستگاهها
تبریز	$Y = -249.6 + (73.1X_{11})$
ارومیه	متغیری شناسایی نشد
تهران	متغیری شناسایی نشد
قزوین	$Y = 130.9 + (39.4X_{42})$
ایلام	$Y = 1018.1 + (31.4X_{31})$
اهواز	$Y = 272.1 + (24.1X_{25})$
کرمانشاه	$Y = -463.3 + (65.4X_{48})$
سنندج	$Y = 1002.6 + (42.1X_{23})$
رشت	$Y = -2326.2 + (259.5X_{43})$
ساری	متغیری شناسایی نشد
گرگان	$Y = -283.8 + (72.3X_{47})$
مشهد	$Y = 8899.1 + (2373.6X_{23})$
زاهدان	$Y = 5899.9 + (-134.8X_{54})$
کرمان	$Y = 471.6 + (70X_{20})$
یاسوج	متغیری شناسایی نشد
شیراز	$Y = -298.4 + (55.8X_{42})$
شهرکرد	$Y = 594.9 + (-63X_{30})$
زنجان	$Y = -1022.6 + (67.8X_{53})$
بوشهر	$Y = 444.9 + (-3.7X_6)$
بندرعباس	$Y = -829.6 + (76.3X_{21})$
اراک	$Y = -1725.4 + (93.2X_{53})$
همدان	$Y = -575.6 + (64.3.1X_{38})$
یزد	$Y = 332.3 + (-37.2X_{13})$
سمنان	متغیری شناسایی نشد
اصفهان	$Y = -2997.3 + (94.1X_{53})$
خرم آباد	متغیری شناسایی نشد
اردبیل	$Y = 701.6 + (12.6X_4)$
بیرجند	$Y = 1537.8 + (93X_{49})$
بجنورد	$Y = 9556 + (-379X_{21})$
قم	$Y = 355 + (-500X_6)$

در میزان عملکرد گندم در هنگام برداشت مؤثر هستند. همانطور که گندم به یک میزان معینی از گرمای بهاره نیازمند است تا مراحل رشد آن کامل

در کل با توجه به نتایج مدل رگرسیون چند متغیره چون که یکی از عوامل تأثیر گذار در عملکرد گندم میزان کافی بودن سرمای زمستانه می‌باشد که

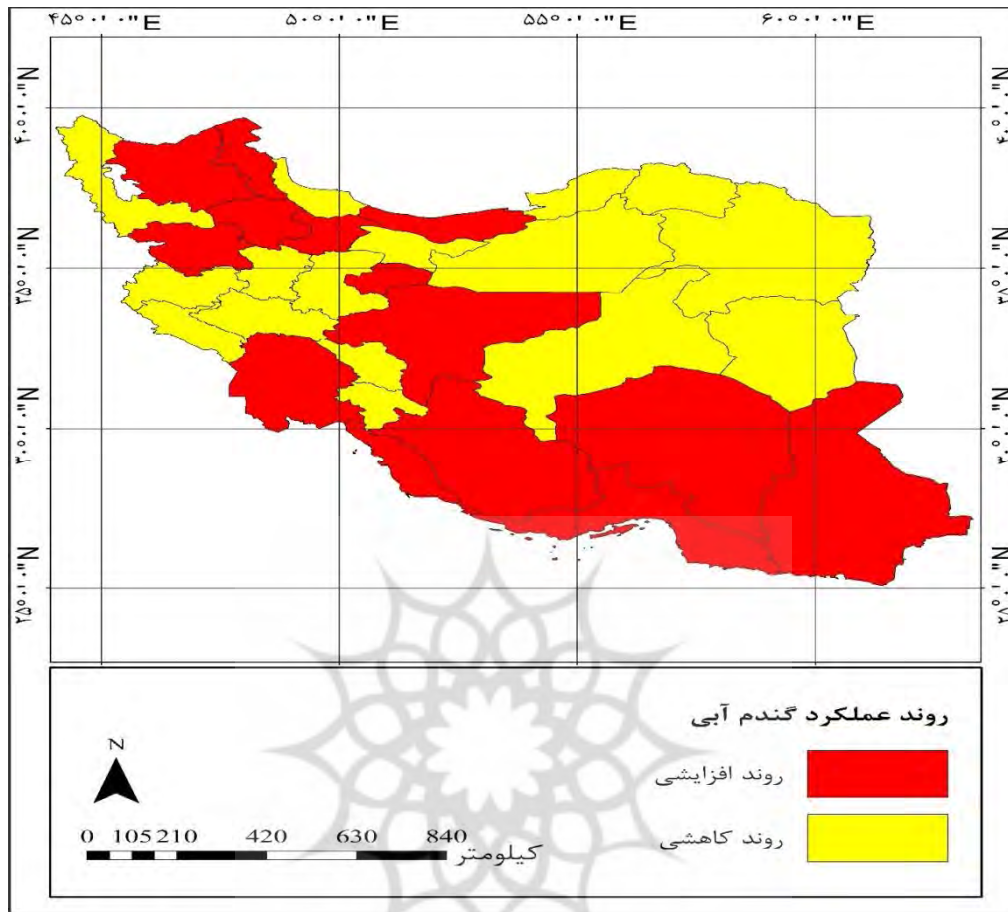
شود به حداقل سرمای زمستانه نیز نیازمند است. بنابراین گندم برای عملکرد مطلوب به حداقل سرمای زمستانه احتیاج دارد. لذا هر چه دمای حداقل ماه ژانویه افزایش یابد (یعنی زمستان‌ها گرم‌تر شوند) تأثیر زیادی بر میزان عملکرد دارد. حداکثر دمای ماه ژانویه در ایستگاه‌های شمالی منطقه افزایش یافته است، این روند گرم شدن بر میزان عملکرد گندم نیز مؤثر است، زیرا گندم به حداقل سرمای زمستانه احتیاج دارد. متغیر حداکثر دمای ماه مارس نیز در بعضی ایستگاه‌ها دارای روند می‌باشد. سرمای بیش از حد در زمستان و یخبندان‌های طولانی و سخت باعث نابودی و به تأخیر افتادن مراحل آبی رشد گندم می‌شود. بنابراین افزایش اندک یا تعدیل دمای ماه فوریه (که جزو سردترین ماه‌های ایستگاه می‌باشد) تا میزانی که حداقل سرمای مورد نیاز گیاه گندم فراهم شود، باعث افزایش عملکرد شده و افزایش فراتر از آن باعث کاهش میزان عملکرد خواهد می‌شود. همبستگی مثبت بین حداکثر دمای ماه فوریه با میزان عملکرد گندم در این ایستگاه تا حدودی این روند تعدیل سازی را در میزان دمای این ماه می‌رساند. بارش ماه فوریه که اکثراً برف و یا به شکل باران می‌باشد، بر شدت یخبندانها می‌افزاید، بنابراین افزایش بارش ماه فوریه باعث افزایش بارش برف، در نتیجه افزایش سرما و یخبندان می‌شود که در نهایت باعث نابودی و کاهش میزان عملکرد گندم می‌شود. همبستگی منفی بین میزان بارش ماه فوریه و عملکرد گندم نیز این تأثیر معکوس بارش ماه فوریه را بر میزان عملکرد گندم می‌رساند، البته حداقل بارش زمستانی گندم لازم است. بارش فصل گرم بخصوص بارش اوایل فصل بهار بیشتر مورد نیاز گیاه گندم می‌باشد. لذا افزایش سرما و کاهش دما باعث نابودی و کاهش میزان عملکرد گندم می‌شود. بنابراین بایستی دمای فصل سرد سال بخصوص دمای ماه فوریه، ژانویه و نوامبر تعدیل شود. البته روند تعدیل شدن بایستی تا حدی باشد که حداقل سرمای زمستانی گیاه گندم فراهم شود، در این صورت باعث افزایش میزان عملکرد می‌شود و اگر روند تعدیل سازی بیش از حد صورت گیرد، باعث کاهش میزان عملکرد گندم می‌شود.

همبستگی مثبت بین دمای ماه فوریه، ژانویه و نوامبر به این نکته اشاره دارد که این پارامتر تأثیر مستقیم بر روی میزان عملکرد دارند. البته پارامتر حداکثر دمای ماه نوامبر تأثیر معکوس بر روی میزان عملکرد گندم در گناباد دارد، علامت منفی در رابطه همبستگی به این رابطه معکوس اشاره دارد. افزایش این پارامتر باعث کاهش میزان عملکرد شده و کاهش پارامتر فوق باعث افزایش میزان عملکرد گندم می‌شود. پارامتر حداکثر دمای ماه نوامبر رابطه معکوس با میزان عملکرد گندم دارد، یعنی افزایش حداکثر دمای ماه نوامبر باعث کاهش عملکرد گندم شده و کاهش میزان دمای ماه نوامبر باعث افزایش میزان عملکرد گندم می‌شود. علامت منفی در رابطه همبستگی نیز این رابطه معکوس را نشان می‌دهد. ماه اکتبر و نوامبر موقع مرحله جوانه زنی گندم است و اگر میزان حداکثر دمای ماه نوامبر خیلی بالا باشد و همچنین مقدار بارندگی کم باشد، باعث نابودی یا عقیم شدن گیاه گندم می‌شود. لذا دمای حداکثر ماه نوامبر فراتر از حد قابل تحمل برای مرحله جوانه‌زنی گندم است، در نتیجه با کاهش آن میزان عملکرد گندم افزایش می‌یابد. البته میزان کاهش نیز نباید از آستانه رشد گندم فراتر رود، در این صورت نیز باعث نابودی گندم و کاهش میزان عملکرد می‌شود در ماه مارس دوره گرمای ایستگاهها شروع می‌شود و مرحله پنجه زنی گندم نیز انجام می‌شود، بنابراین بایستی دما نیز مطلوب برای این مرحله از رشد گندم باشد. اگر میزان دما بالا باشد، اثر معکوس بر میزان عملکرد دارد و باعث عقیم شدن گندم می‌شود، بخصوص اگر باران نیز در این موقع از سال اندک باشد

با توجه به شکل ۳ مشاهده می‌شود استان‌های واقع در شمال شرق کشور (مشهد، بیرجند، گرگان) روند کاهشی در عملکرد گندم آبی خواهند داشت در قسمت جنوب غربی (ایلام، کرمانشاه، همدان، مرکزی، لرستان، یاسوج، شهرکرد) با روند کاهش محصول مواجه خواهند بود. در استان واقع در مرکز کشور روند افزایشی خواهیم داشت که فقط ایستگاه یزد این پراکنش را برهم زده است. در شمال کشور ایستگاه

مراکز (تبریز، اردبیل، زنجان، کردستان) روند افزایشی خواهند داشت.

رشت با روند کاهشی مواجه خواهیم بود در شمالغرب کشور فقط ایستگاه ارومیه روند کاهشی داشته و بقیه



شکل ۳- روند عملکرد گندم آبی برای سال ۲۰۵۰.

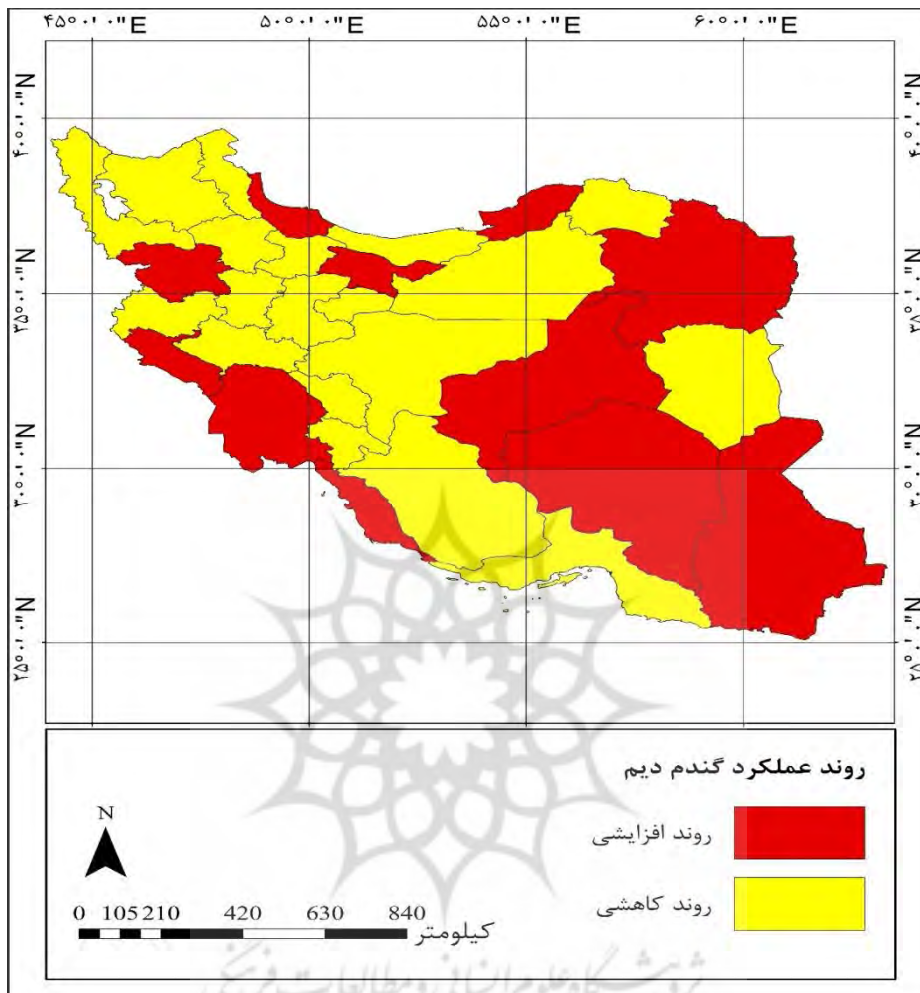
خواهیم بود؛ در این بین فقط ایستگاه مشهد با کاهش عملکرد مواجه خواهد بود. در ایستگاههای واقع مرکز کشور به جز ایستگاه یزد بقیه مراکز با کاهش عملکرد مواجه می‌شوند، که کاهش نسبت به شمالغرب و جنوب غرب کشور بیشتر خواهد بود

با توجه به نمودار ۱ پیش بینی عملکرد گندم آبی مشاهده می‌شود بیشترین مقدار عملکرد گندم در ایستگاه اصفهان و قرار خواهد داشت و ایستگاههای شیراز، کرمان، اردبیل در رتبه‌های بعدی قرار خواهند داشت که این عملکرد گندم آبی در مراکز یاد شده به ترتیب بیشترین تاثیر را از پارامتر اقلیمی میانگین حداکثر دمای ماه دسامبر، میانگین حداقل دمای ماه مارس، میانگین حداقل دمای ماه فوریه و میانگین

با توجه به شکل ۴ متوجه می‌شویم که تمامی ایستگاههای واقع در شمال غرب کشور روند کاهش عملکرد را خواهند داشت که ایستگاه سنندج این الگوی فضایی منظم را برهم زده است. در ایستگاههای واقع در شمال کشور ایستگاه گرگان، رشت روند افزایشی خواهد داشت و ایستگاه ساری با کاهش عملکرد مواجه خواهد بود. در ایستگاههای واقع در جنوب و جنوب غرب کشور استانهای بوشهر، اهواز، ایلام، روند افزایشی را خواهند داشت و بقیه مراکز روند با روند کاهش عملکرد مواجه خواهند شد که این روند کاهش عملکرد نسبت به شمالغرب و مرکز کشور کمتر خواهد بود. در ایستگاههای واقع در شرق، جنوب شرق و شمالشرق با روند افزایش گندم دیم مواجه

ماه مه تاثیر می‌پذیرند که در اینجا نقش حداقل و حداکثرهای دمایی را در میزان عملکرد گندم آبی را نشان می‌دهد.

حداکثر دمای ماه نوامبر خواهند پذیرفت و کمترین میزان عملکرد در ایستگاه کرمانشاه و اراک که از پارامترهای میانگین دمای ماه نوامبر و حداکثر مطلق



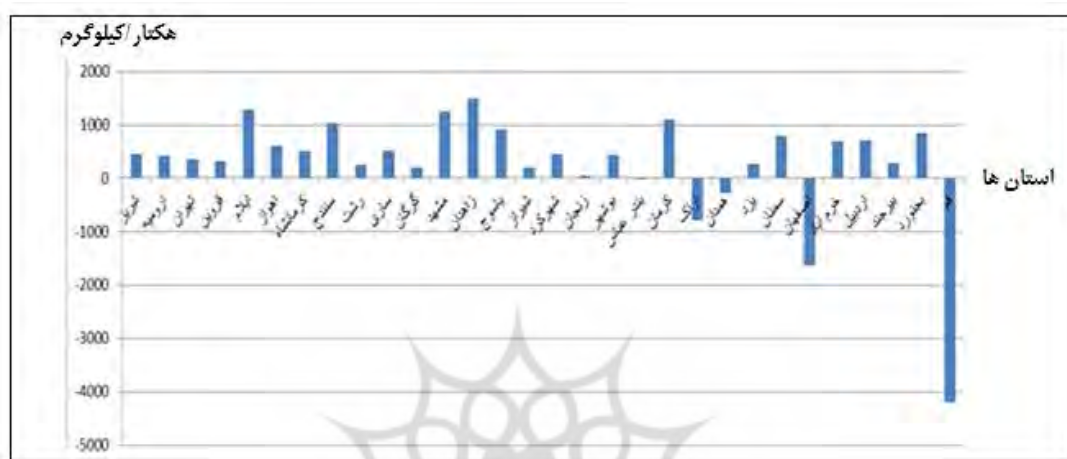
شکل ۴- روند عملکرد گندم دیم برای سال ۲۰۵۰



نمودار ۱- عملکرد گندم آبی پیش‌بینی شده.

میانگین حداقل دمای ماه فوریه و میانگین حداقل دمای ماه نوامبر خواهند پذیرفت و کمترین میزان عملکرد در ایستگاه قم و اصفهان که از پارامترهای میانگین دمای ماه مارس و حداکثر مطلق ماه مه تاثیر می پذیرند که در اینجا نقش حداقل و حداکثرهای دمایی را در میزان عملکرد گندم آبی را نشان می دهد.

با توجه به نمودار ۲ پیش‌بینی عملکرد گندم آبی مشاهده می‌شود بیشترین مقدار عملکرد گندم در ایستگاه زاهدان قرار خواهد داشت و ایستگاههای ایلام، مشهد، کرمان در رتبه‌های بعدی قرار خواهند داشت که این عملکرد گندم آبی در مراکز یاد شده به ترتیب بیشترین تاثیر را از پارامتر اقلیمی حداکثر مطلق دمای ماه ژوئن، حداقل مطلق دمای ماه ژانویه،



نمودار ۲- عملکرد گندم دیم پیش بینی شده

شد علت استفاده از سناریو A2 وجود داده‌های در دسترس آن بود مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده بارش، دمای حداقل و حداکثر و ساعت آفتابی نشان داد که همبستگی بالایی بین مقادیر مشاهداتی و تولید شده توسط مدل وجود دارد و همچنین مقادیر دمای حداقل و حداکثر بیشترین میزان همبستگی را داشته و مقادیر مربوط به ساعت آفتابی کمترین همبستگی را داراست که با مطالعات باباییان و نجفی نیک در سال ۱۳۸۹ مطابقت داشت. هم چنین با مقایسه میانگین‌های ماهانه پارامترهای مذکور با استفاده از آزمون T student این نتیجه حاصل شد که در سطح اطمینان ۹۹ درصد تفاوت معنی داری بین داده‌های شبیه‌سازی شده و داده‌های مشاهداتی در دوره پایه وجود نداشته و میانگین پارامترهای اقلیمی داده‌های شبیه‌سازی شده و داده‌های واقعی شبیه به هم بوده و همبستگی بالایی بین آنها وجود دارد

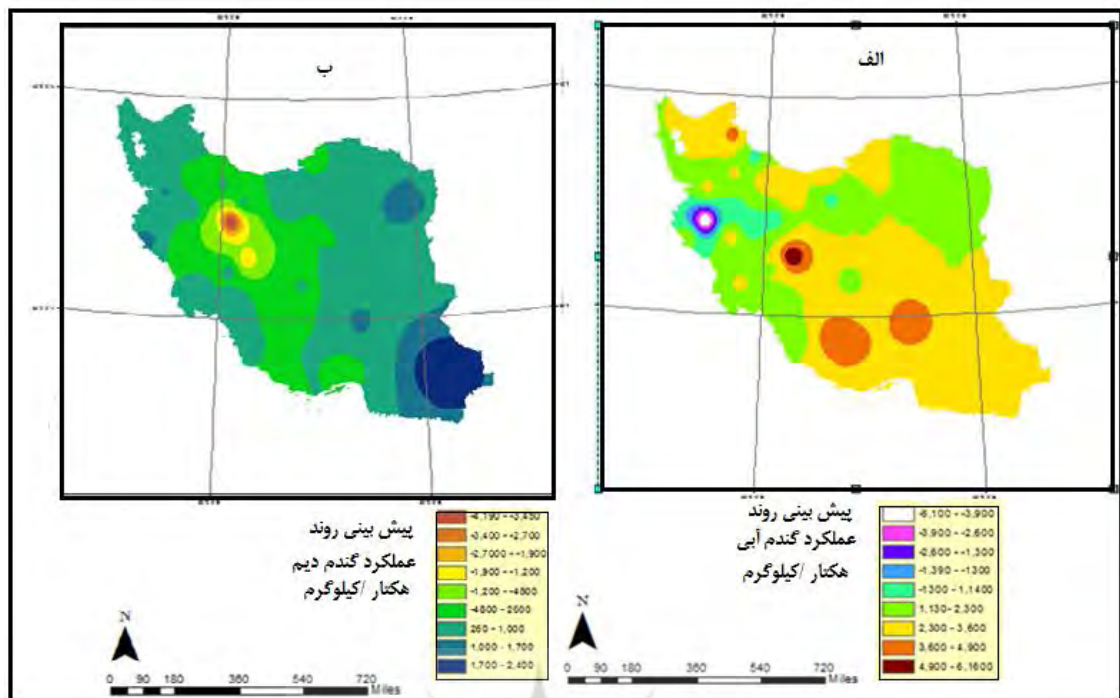
در تحقیق حاضر ابتدا داده‌های روزانه ساعت آفتابی، بارش، دمای حداقل و حداکثر ایستگاههای مراکز سی استان در دوره ۱۹۸۶-۲۰۰۶ به‌عنوان داده‌های ورودی به مدل WG-LARS وارد شد و با کمک مدل داده‌های روزانه متغیرهای هواشناسی مذکور در همین دوره تولید گردید. مقایسه میانگین‌های ماهانه مشاهداتی و تولید شده متغیرهای هواشناسی بارش، دمای حداقل و حداکثر و ساعت آفتابی با استفاده از پارامترهای آماری MAE، RMSE و R^2 نشان داد که مدل کارایی لازم را جهت تولید داده‌های روزانه پارامترهای ذکر شده در ایستگاههای استان را دارا بوده و می‌توان با طراحی سناریو اقدام به پیش‌بینی داده‌های هواشناسی بارش، دمای حداقل و حداکثر و ساعت آفتابی، با استفاده از این مدل نمود. در مرحله بعد با کمک مدل LARS-WG داده‌های روزانه پارامترهای هواشناسی مذکور برای سناریوی A2 مدل HadCM3 برای ۵۰ سال آتی شبیه‌سازی

جدول ۲- نتایج بدست آمده از مدل HDCM3 برای داده‌های دما و بارش از سناریو A2 و تاثیر آن بر عملکرد گندم ۲۰۵۰

ایستگاه	دما	بارش	گندم آبی kg/hc	گندم دیم kg/hc
تبریز	+۱,۸	-۱۷,۶	۳۵۱۸	۴۶۰,۳
ارومیه	+۱,۹	-۱۸,۳	۲۱۷۴,۱	۴۳۳,۶
تهران	+۱,۷	-۲۱,۹	۳۲۴۳,۱	۳۳۰
قزوین	+۱,۴	-۳۰,۴	۳۶۸۱,۶	۳۲۷,۱
ایلام	+۱,۶	-۲۵,۲	۱۹۸۰	۱۲۹۱,۲
اهواز	+۲,۱	-۳۱,۷	۲۵۳۴,۱	۶۱۵,۷
کرمانشاه	+۱,۴	-۲۳,۷	-۵۱۹۳	۵۰۲
سنندج	+۱,۵	-۲۴,۱	۲۶۸۴	۱۰۴۰
رشت	+۱,۹	-۲۵,۴	۶۴۸,۱	۲۴۹,۷
ساری	+۱,۸	-۲۶,۹	۲۹۱۰	۵۱۰
گرگان	+۱,۹	-۲۹,۷	۲۴۰۰	۲۰۰
مشهد	+۲,۲	-۲۸,۹	۱۱۷۷	۱۲۵۳
زاهدان	+۲,۹	-۲۶,۹	۳۵۹۰	۲۴۸۹,۵
کرمان	+۲,۱	-۲۵,۹	۴۰۵۱	۱۱۰۱
یاسوج	+۱,۹	-۲۳,۶	۲۰۲۰	۹۵۳
شیراز	+۲,۲	-۲۵,۶	۴۷۸۷,۷	۲۹۶
شهرکرد	+۱,۷	-۲۴,۶	۲۳۱۲,۶	۴۵۰
زنجان	+۱,۶	-۲۴,۷	۲۵۴۰	۴۸,۶
بوشهر	+۱,۴	-۲۶,۹	۸۵۴	۴۴۰
بندرعباس	+۲,۸	-۲۹,۳	۲۸۵۲	-۵
اراک	+۲,۱	-۲۷,۱	-۱۲	-۷۷۵
همدان	+۱,۹	-۲۱,۳	۲۹۴۱,۴	-۲۶۷
یزد	+۲,۳	-۲۵,۶	۲۱۵۸,۸	۲۷۷,۵
سمنان	+۲,۲	-۲۴,۶	۷۹۰	۴۶۳
اصفهان	+۱,۸	-۲۵,۹	۶۱۸۱	-۱۶۳۲
خرم آباد	+۱,۷	-۲۱,۱	۸۲۶,۸	۷۰۰
اردبیل	+۱,۴	-۱۶,۷	۳۹۶۱,۹	۷۱۰,۳
بیرجند	+۲,۱	-۲۸,۴	۳۳۷	۲۸۶
بجنورد	+۱,۹	-۲۷,۹	۲۱۰۰	۸۰۰
قم	+۲,۲	-۲۶,۷	۲۰۰	-۴۲۰۰

شرق، جنوب غرب، قسمتی از شمال غرب و جنوب کشور دارای عملکرد مشابهی خواهند داشت و با نگاهی به شکل ۵ (ب) به مقدار پیش‌بینی گندم دیم متوجه می‌شویم که بیشترین میزان عملکرد گندم دیم در ایستگاه زاهدان، مشهد خواهد بود بعد ایستگاه‌های واقع در شمالغرب، شرق، شمالشرق، قسمتی از جنوب غرب بیشترین عملکرد را خواهند داشت. کمترین میزان عملکرد گندم دیم در ایستگاه اصفهان خواهد بود.

با نگاهی به شکل ۵ (الف) متوجه می‌شویم که بیشترین میزان عملکرد گندم آبی در ایستگاه اصفهان، شیراز، کرمان خواهد بود که بعد از این ایستگاه، ایستگاه‌های واقع در شمالغرب و شمال کشور بیشترین عملکرد را خواهند داشت، ایستگاه‌های واقع در جنوب غرب کشور دارای الگوی منظمی از عملکرد خواهند بود که فقط ایستگاه کرمانشاه این الگو را برهم زده که کمترین مقدار عملکرد گندم برای سال هدف در این ایستگاه خواهد بود. ایستگاه‌های واقع در شمال



شکل ۵- پیش‌بینی عملکرد گندم آبی و دیم

نتیجه‌گیری

تأثیر تغییرات اقلیمی از بر پارامترهای اقلیمی موثر بر محصولات کشاورزی استراتژیک از جمله گندم یکی از چالش‌های مهم جهان امروز است. محصول گندم یکی از مهمترین محصولات عمده برای مصرف مردم جهان است، لذا میزان تغییرات عملکرد این محصول خیلی مهم است. یکی از مهمترین عواملی که بر روی تغییرپذیری عملکرد گندم مؤثر است، میزان تغییرات پارامترهای اقلیمی صورت گرفته می‌باشد. اگر بتوان میزان تغییرات پارامترهای اقلیمی را ارزیابی کرد، می‌توان میزان عملکرد را با توجه به میزان تغییر این پارامترها پیش‌بینی کرد. حال هر چه روشی که برای پیش‌بینی میزان تغییرات پارامترهای اقلیمی به کار برده می‌شود، دارای اطمینان بیشتری باشد، میزان عملکرد گندم را صحیح‌تر می‌توان برآورد کرد. در این پژوهش میزان تغییرپذیری عملکرد گندم آبی و دیم با توجه به پارامترهای اقلیمی موثر در میزان عملکرد گندم در مراکز ایستگاههای کشور ایران برآورد شده و میزان تغییرپذیری پارامترهای اقلیمی، از میانگین نرمال این پارامترها در طول دوره آماری ارزیابی شد.

سناریوهایی که برای پیش‌بینی میزان پارامترهای اقلیمی موثر در مقدار عملکرد گندم آبی و دیم در ایستگاهها استفاده می‌شود، میزان تغییر ± 10 و ± 20 درصد پارامترهای اقلیمی را از میانگین نرمال دوره آماری ایستگاه بیان می‌کند. بطور کلی کاهش عملکرد گندم در مناطق شمال غربی و جنوب غربی نسبت به نواحی غربی بیشتر خواهد بود. این امر با نتایج مربوط به به الگوهای تغییر درجه حرارت و بارندگی در کشور انطباق داشته و به نظر میرسد مناطق تولید گندم واقع در قسمتهای شمال شرق کشور، برای مثال بجنورد و شیروان در استان خراسان نسبت به مناطق غربی در شرایط اقلیمی آینده کاهش عملکرد بیشتری را تجربه خواهند کرد بطوریکه این میزان برای بجنورد ۲۳ درصد برای سال (۲۰۵۰) پیش‌بینی شده است در این تحقیق تأثیر تغییرات آینده اقلیمی بر رشد و عملکرد گندم دیم در مقیاس ملی مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در طی ۱۵ سال آینده عملکرد این محصول در مناطق دیم خیز کشور کاهش خواهد یافت. البته کاهش پیش‌بینی شده بدون احتساب

جهانی میباشد نتایج این تحقیق مشابه با نتایج عینی و همکاران (۱۳۹۴) تحت شرایط تغییر اقلیم آینده عملکرد دانه گندم در شرایط پتانسیل روند افزایشی خواهد داشت (از ۱۲ تا ۲۴ درصد). این افزایش عملکرد برآیند دو عامل افزایش دما و دی اکسید کربن خواهد بود. به طوریکه در برخی مناطق مورد مطالعه اثرات مثبت افزایش غلظت دی اکسید کربن توسط افزایش دمای بیش از حد مطلوب برای رشد و نمو گندم، خنثی شد.

راهکارهای سازگاری و با فرض تداوم مدیریت‌های زراعی فعلی صورت گرفته است. بررسی‌های انجام شده در اغلب مناطق جهان مویید آن است که با اتخاذ راهکارهای مناسب سازگاری نظیر اصلاح ارقام جدید و تغییر روشهای زراعی، پی آمدهای تغییر اقلیم به میزان قابل ملاحظه ای کنترل خواهد شد. با این وجود از آنجا که اجرایی شدن راهکارهای سازگاری به زمان نسبتاً طولانی نیاز دارد مواجهه با اقلیم آینده مستلزم تداوم مطالعات گسترده بر روی این پدیده

منابع

- مدلهای عمومی گردش، مجله بیابان، جلد ۸، شماره ۲، ۱۷۸-۱۹۰.
۱۰. کوچکی، علیرضا، نصیری مهدی، ۱۳۷۸. تأثیر تغییر اقلیم همراه با افزایش غلظت CO₂ بر عملکرد گندم در ایران و ارزیابی راهکارهای سازگاری، پژوهش‌های زراعی ایران، (۲) ۱۵۳-۱۳۹.
 ۱۱. منصورفر، کریم، ۱۳۹۲. روش‌های آماری، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول.
 ۱۲. واتقی الهه، اسماعیلی عبدالکریم، ۱۳۸۷. بررسی اثرات اقتصادی تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی: روش ریکاردین (مطالعه موردی: گندم). علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۵ (ب): ۶۹۶-۶۸۵.
 13. Hoogenboom, G. 2000. Contribution of Agrometeorology to the Simulation of Crop Production and its Applications, Agricultural and forest meteorology 103. p 137-157.
 14. Kirby, E.J.M. 1990. Number of main shoot leaves in wheat as affected by temperature. Journal of Agricultural Science (Camb.), 45: 270-279.
 15. Koocheki A.M., Nassiri, G.A., Kamali and Shahandeh, H. 2006. Potential impacts of climate change on agrometeorological indicators in Iran. Arid Land Research and Management, 20: 245-259.
 16. Koocheki, A.M., Nassiri, A., Soltani, H., Sharifi, and Ghorbani, R. 2006. Effects of climate change on growth criteria and yield of sunflower and chickpea crops in Iran. Climate Research 30: 247-253.
 17. Ludwig, F. and Asseng, S. 2006. Impacts and adaptation to climate change in Western Australian wheat
۱. خلیلی، علی، ۱۳۸۲. پیش‌بینی عملکرد گندم دیم با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی، نیوار، بهار و تابستان، ص ۶۱-۴۷.
 ۲. علیجانی، فرهاد، کرباسی، علی، و مظفری محسن. ۱۳۹۰. بررسی اثر درجه حرارت و بارندگی بر عملکرد گندم آبی ایران، مجله اقتصاد کشاورزی و توسعه، دوره ۱۹ (۷۶): ۹۰-۷۶.
 ۳. علیجانی، بهلول و کاویانی، محمدرضا، ۱۳۷۸. مبنای آب و هواشناسی، تهران، انتشارات سمت، چاپ ششم.
 ۴. عینی نرگسه حامد، دیهیم فرد رضا، صوفی‌زاده سعید، نوری امید، ۱۳۹۴. نشریه تولید گیاهان زراعی، جلد هشتم، شماره چهارم، زمستان ۹۴: ۲۰۳-۲۲۴.
 ۵. غفاری عبدعلی، قاسمی وحید رضا، دیپائو وادی، ۱۳۹۴. نشریه زراعت دیم ایران دوره ۴، شماره ۱.
 ۶. فرج زاده، منوچهر و زرین، آذر، ۱۳۸۱. مدلسازی میزان عملکرد محصول گندم دیم با توجه به معیارهای اقلیم شناسی کشاورزی در استان آذربایجان غربی، مدرس، دوره ۶، شماره ۲، ص ۹۶-۷۷.
 ۷. فرج زاده، منوچهر، الهی سینا، ۱۳۹۹. تحلیل تغییرات آب و هوایی در غرب کشور (مطالعه موردی: ایستگاه سینوپتیک سنندج)، نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی، دوره ۱، شماره ۳، شماره پیاپی ۳ پاییز ۱۳۹۹، صفحه ۵۲-۶۴.
 ۸. کوچکی علیرضا، و نصیری مهدی، ۱۳۷۰. اکولوژی گیاهان زراعی: روابط گیاهان و محیط، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
 ۹. کوچکی، علیرضا، نصیری محلاتی مهدی، کمالی غلامعلی، ۱۳۸۲. شبیه‌سازی تغییرات آب و هوایی ایران در شرایط دو برابر شدن غلظت CO₂ بوسیله

- Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. *Glob. Environ. Change*, 14: 53–67.
23. Reilly, J., Paltsev, S., Felzer, B., Wang, X., Kicklighter, D., Mellilo, J., Prinn, R., Sarofim, M., Sokolov, A., and Wang, C. 2007. Global economic effect Of changes in crops, pasture, and forests due to changing climate, carbon dioxide, and ozone, *Energy Policy*, 35: 5370-5383
24. Wassenaar, T., Lagacherie, P., Legros, J.P. and Rounsevell, M.D.A. 1999. Modelling Wheat Yield Responses to Soil and Climate Variability at the Regional Scale. *Climate Research*. 11: 209-220.
- cropping systems. *Agri. Syst.* 90: 159–179.
18. Menzel, A. and Fabian, P. 1999. Growing season extended in Europe. *Nature*, 397: 659.
19. Monteith, J.L. 1981. Climatic variation and the growth of crops. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 107: 749-774. 33
20. Motroni, A. 2006. Effect of Future Climatic Variability on Agriculture in Mediterranean Region. *Agrometeorological service*.
21. Parry, M.C., Rosenzweig, A., Inglesias, G., Fischer and M., Livermore, 1999. Climate change and world food security: a new assessment. *Global Environ. Change*, 9: S51–S67.
22. Parry, M.C., Rosenzweig, A., Inglesias, M., Livermore and Gischer, G. 2004.





پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی