نشریه هواشناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۶، صص.۲۵-۱۵

Journal of Agricultural Meteorology
Vol. 5, No. 1, Spring &Summer 2017, pp. 15-25

بررسی تأثیرات خشکسالی‌های هواشناسی بر عملکرد دو محصول گندم و جو دیم (مطالعه موردی: استان خراسان رضوی)

مصطفی آراسته[۱]، سید حسن کابلی*[۲]، محمد یزدانی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۱/۳۱

چکیده

پدیده خشکسالی صدمات قابل ملاحظه‌ای به بخش کشاورزی به خصوص عملکرد غلات دیم وارد می‌سازد. در این پژوهش تأثیر عوامل هواشناختی خشکسالی در غالب نمایه‌های خشکسالی هواشناسی بر عملکرد گندم و جو دیم و همزمانی آن‌ها ارزیابی شد. داده‌های ۱۹ ساله (۱۳۹۱-۱۳۷۳) ایستگاه‌های هواشناسی استان خراسان رضوی شامل بارندگی، دما، ساعت آفتابی، تبخیر و رطوبت نسبی تهیه و پردازش‌های لازم صورت گرفت. نمایه‌های استاندارد بارش، بارش استاندارد شده، درصد از نرمال و نمایه دهک محاسبه شدند. همچنین عملکرد گندم و جو در سال‌های مذکور گردآوری و روابط آماری بین عملکرد و نمایه‌های خشکسالی به کمک آزمون‌های همبستگی و رگرسیون تحلیل گردید. نتایج نشان داد در سال زراعی ۷۹-۷۸، در ایستگاه‌های مشهد، سرخس، سبزوار، گناباد، کاشمر، نیشابور، گلمکان، کمترین مقدار بارندگی ثبت شده و به دنبال آن خشکسالی هواشناسی خیلی شدید و شدید اتفاق افتاده است. کمترین عملکرد گندم و جو دیم در طول دوره مطالعاتی، با انطباق زمانی کامل، در همان سال ۷۹-۷۸ ثبت شده است. در سال زراعی ۸۷-۸۶ در ایستگاه‌های تربت‌جام، قوچان، تربت‌حیدریه، کمترین مقدار بارندگی و به دنبال آن خشکسالی خیلی شدید و شدید اتفاق افتاده است ولی انطباق با عملکرد گندم و جو دیم نداشت. بر اساس همبستگی بین عملکرد گندم و جو دیم و پارامترهای هواشناسی نقش بارندگی و رطوبت نسبی از سایر عوامل بیشتر بود.روابط رگرسیونی متغیرهای اقلیمی با عملکرد گندم و جو دیم در اغلب موارد معنی‌دار بود. نتایج نشانگر انطباق نسبی خشکسالی کشاورزی با نمایه های خشکسالی هواشناسی بود ولی این انطباق در مناطق با بارش کم، ناچیز بوده است.

واژه‌های کلیدی: بارندگی، خشکسالی، دیمکاری، خراسان

مقدمه

کشور ایران در پهنه‌ای از مناطق خشک و نیمه‌خشک واقع شده و وقوع خشکسالی با تاریخ منطقه عجین و آیین‌های باران‌خواهی با سابقه هفت‌هزار ساله، مؤید این نکته است (پاپلی یزدی، ۱۳۷۸). خشکسالی پدیده طبیعی خزنده با اثراتی در سطوح گسترده جغرافیایی است که شروع و پایان آن دقیقاً مشخص نبوده و برنامه‌ریزی را با مشکل مواجه می‌سازد. بارش عمده‌ترین متغیری است که در تعریف خشکسالی بکار رفته است، یعنی خشکسالی و ترسالی در مقایسه با کمتر یا بیشتر بودن ریزش‌های جوی از میانگین بارندگی سنجیده می‌شود (زارع ابیانه و محبوبی، ۱۳۸۳). کمبود آب غالباً یکی از مهم‌ترین علل کاهش عملکرد در واحد سطح مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌آید (متلون[۴]، ۱۹۹۰). ورگینی و تودیسکو[۵] (۲۰۱۱) گزارش نمودند که بخش کشاورزی نخستین بخشی است که تحت تأثیر خشکسالی قرار گرفته و بیشترین صدمه را از آن متحمل می‌شود. با توجه به اثرات منفی گسترده خشکسالی، شناخت و پایش آن اهمیت بسزایی دارد و نمایه‌های متنوعی جهت ارزیابی آن ارایه شده است. مک کی و همکاران[۶] (۱۹۹۳) نمایه بارش استاندارد شده را برای پایش خشکسالی ارائه داده و از این نمایه برای پایش خشکسالی در کلرادو استفاده نمودند. لوکاس و همکاران[۷] (۲۰۰۳) به محاسبه سه نمایه عدد، ناهنجاری بارش،

[۱] دانشجوی کارشناس ارشد هواشناسی کشاورزی، دانشگاه سمنان
[۲] استادیار گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده کویر شناسی، دانشگاه سمنان
(*نویسنده مسئول: hkaboli@semnan.ac.ir)
[۳] دانشیار گروه بیابان‌زدایی، دانشکده کویر شناسی، دانشگاه سمنان

[4] Matlon
[5] Vergni and Todisco
[6] Mckee et al.
[7] Loukas et al.

بارش استاندارد در مقیاس‌های زمانی متفاوت در یونان پرداختند که هر سه روند مشابهی در مقیاس ۱۲ ماهه داشتند. خوش‌اخلاق (۱۳۷۶) برای شناسایی دوره‌های خشک و مرطوب سالانه از ضرایب آماری به‌ویژه نمایه استاندارد بارش ۳۷ ایستگاه سینوپتیک استفاده کرد و الگوهای ماهانه خشکسالی و ترسالی ایران را تحلیل کرد. خلیلی و بذرافشان (۱۳۸۲) گزارش کردند نمایه‌های خشکسالی و ترسالی در اقالیم مختلف ایران طی یک دوره بلندمدت نشان‌دهنده خشکسالی شدید یا بسیار شدید است که در منطقه اتفاق افتاده است. نتایج این پژوهش نشان‌دهنده دقت نمایه نمرات نرمال شده بارش و نمایه SPI[1] نسبت به سایر نمایه‌ها بوده است. صفدری و همکاران (۱۳۸۲) با توجه به فراوانی خشکسالی های به وقوع پیوسته در حوزه کارون با استفاده از نمایه SPI به پهنه‌بندی خشکسالی پرداخته‌اند. انصافی مقدم (۱۳۸۶) در ارزیابی نمایه خشکسالی اقلیمی و تعیین مناسب‌ترین نمایه در حوضه دریاچه نمک به این نتیجه رسید که نمایه SPI و دهک‌ها، مقارن با سال وقوع کمینه بارندگی، رخداد خشکسالی شدید و بسیار شدید است و کارایی بیشتری نسبت به سایر نمایه‌ها از جنبه نمایش خشکسالی بسیار شدید دارند. بداق جمالی و جوانمرد (۱۳۸۱) پایش و پهنه‌بندی خشکسالی استان خراسان را با استفاده از نمایه SPI انجام دادند و نقشه‌های پهنه‌بندی خشکسالی استان را با استفاده از دو مدل عکس فاصله وزنی و کریجینگ به دست آوردند. کنسلیر و همکاران[2] (۲۰۰۷) خشکسالی‌های ماهانه را با توابع انتقال احتمال، شاخص‌های SPI و فرض بهنجار بودن داده‌های بارندگی ماهانه پیش‌بینی کردند. گمرکچی و همکاران (۱۳۸۸) ارزیابی خشکسالی و تاثیر آن بر عملکرد گندم دیم استان قزوین را انجام داند و گزارش کردند که نمایه خشکسالی بارش استانداردشده در ایستگاه معرف بهترین نمایه در بررسی اثرات خشکسالی بوده و این نمایه با مقیاس سالانه بیشترین همبستگی با عملکرد گندم دیم دارد. میردار سلطانی (۱۳۹۱) ایستگاه‌های هواشناسی استان مازندران را از نظر احتمال بالقوه خشکسالی رتبه‌بندی نمود و نشان داد که مشخصه‌های خشکسالی‌ها از شرق به غرب افزایش می‌یابند. زارع‌ابیانه (۱۳۹۲) به بررسی نقش عوامل اقلیمی و خشکسالی بر تغییرپذیری عملکرد چهار محصول دیم در مشهد و بیرجند پرداخت و برای پیش‌بینی عملکرد محصولات مدل چند متغیره با ساختار اطلاعاتی همه عوامل شامل پارامترهای هواشناسی و مقادیر کمی شده نمایه خشکسالی را توصیه کرد. نصرالهی و همکاران (۱۳۹۴) به تهیه الگوهای زمانی و مکانی نمایه خطر خشکسالی در استان سمنان پرداختند که در گام زمانی ۱۲ ماهه مناطق جنوبی استان از خطر خشکسالی بیشتری برخوردار بودند. احمدی و فلاح قالهری (۱۳۹۴) به طبقه‌بندی اقلیم کشاورزی منطقه شمال شرق بر اساس نمایه‌های اکولوژیکی پرداختند که با توجه به شرایط گرمایی و رطوبتی، منطقه در طبقات اقلیمی بری بیابانی، بیابانی و نیمه‌خشک بری قرار گرفت. رجبی (۲۰۱۶) با استفاده از نمایه SPI و مدل LARS-WG به بررسی اثر تغییرات آب و هوایی در خشکسالی در کرمانشاه پرداخت و گزارش کرد که تغییرات بارش به دلیل تنوع آب‌وهوا در آینده افزایش در شدت خشکسالی متوسط و شدید ایجاد نمی‌کند. گندم و جو از محصولات دارای اهمیت و در اولین گروه محصولات متأثر از خشکسالی قرار دارند. در پژوهش حاضر انطباق نمایه‌های خشکسالی هواشناسی با عملکرد محصول دیم گندم و جو به عنوان نمایه خشکسالی کشاورزی مورد ارزیابی قرار گرفت تا ضمن ارزیابی روابط متغیرهای هواشناسی با تغییرات عملکرد محصول، کارایی نمایه‌های مختلف در تعیین واقعی شرایط خشکسالی مشخص گردد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه از داده‌های ده ایستگاه هواشناسی واقع در استان خراسان رضوی مطابق با جدول ۱ استفاده شده است. همچنین داده‌های مربوط به عملکرد محصول گندم و جو دیم از سازمان جهاد کشاورزی استان اخذ شد (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۱؛ سالنامه آماری هواشناسی، ۱۳۹۱). اطلاعات هواشناسی شامل بارندگی، دما، ساعات آفتابی، تبخیر از تشت و رطوبت نسبی از سازمان هواشناسی اخذ گردید و متوسط دمای سالیانه و رطوبت نسبی و مجموع سالانه ساعات آفتابی و تبخیر از تشت و بارندگی بر اساس سال زراعی در دوره مشترک آماری ۱۹ ساله از سال زراعی ۷۳-۷۴ تا ۹۱-۹۲ برای ایستگاه‌ها استخراج گردید.

[1] Standard Precipitation Index
[2] Cancelliere et al.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک

نام ایستگاه	ارتفاع (متر)	عرض جغرافیایی N دقیقه	عرض جغرافیایی N درجه	طول جغرافیایی E دقیقه	طول جغرافیایی E درجه
قوچان	۱۲۸۷	۱۰	۳۷	۳۰	۵۸
سرخس	۲۸۰	۳۲	۳۶	۰۸	۶۱
سبزوار	۹۴۳	۱۰	۳۶	۵۷	۳۹
گلمکان	۱۱۷۶	۲۹	۳۶	۱۷	۵۹
مشهد	۹۹۹/۲	۱۶	۳۶	۳۸	۵۹
نیشابور	۱۲۱۳	۱۶	۳۶	۴۸	۵۸
تربت‌حیدریه	۱۴۵۱	۱۶	۳۵	۱۳	۵۹
کاشمر	۱۱۱۰	۱۲	۳۵	۲۸	۵۸
گناباد	۱۰۵۶	۲۱	۳۴	۴۱	۵۸
تربت‌جام	۹۵۰	۱۵	۳۵	۳۵	۶۰

نمایه‌های خشکسالی هواشناسی

نمایه درصدی از بارش نرمال

این نمایه از تقسیم میزان بارندگی رخداده بر مقدار بارندگی نرمال میانگین درازمدت به دست می‌آید و حسب درصد بیان می‌شود. نمایه Z استاندارد[1] از ضرایب آماری است که به احتمال وقوع و عدم وقوع خشکسالی می‌پردازد. نمایه دهک[2] مرتب کردن داده‌های بارندگی ماهانه یا سالانه برحسب دهک‌ها و بر اساس توزیع نرمال، یکی دیگر از روش‌های پایش خشکسالی است. اساس کار **نمایه** SPI احتمالات بارندگی برای هر مقیاس زمانی است. طبق این روش دوره خشکسالی هنگامی اتفاق می‌افتد که SPI به‌طور مستمر منفی و به مقدار ۱- یا کمتر برسد و هنگامی پایان می‌یابد که SPI مثبت گردد. داده‌های بارندگی به‌عنوان داده اصلی برای تعیین نمایه‌های خشکسالی، نسبت به نرمال بودن و همگنی (تصادفی بودن) آن‌ها به ترتیب با آزمون کلمگروف اسمیرونوف و آزمون ران تست در نرم‌افزار SPSS(16) بررسی شد. داده‌های بارندگی وارد محیط نرم‌افزار Excel و با فرمت text وارد نرم‌افزار DIP(2) شده و نمایه‌های DI، Z، SPI و PN[3] محاسبه شدند. همبستگی با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون بین عملکرد گندم و جو دیم با عوامل هواشناسی (بارندگی، دما، تبخیر از تشت، مجموع سالانه ساعت آفتابی و رطوبت نسبی) و نمایه‌های خشکسالی (DI، SPI، PN و Z) به‌عنوان متغیر مستقل با کمک نرم‌افزار SPSS(16) محاسبه شد. فرضیه‌های اصلی مدل رگرسیونی شامل نرمال بودن، خطّی بودن، ثابت بودن واریانس و فرض استقلال خطاها مورد بررسی و تأیید قرار گرفته و بررسی رگرسیون صورت گرفت. روش رگرسیون گام‌به‌گام برای مدل‌سازی معادله‌های رگرسیونی برای پیش‌بینی عملکرد گندم و جو دیم انتخاب شد. پهنه‌بندی و ترسیم نقشه‌ها به کمک نرم‌افزار ArcGIS(10.2) انجام گردید. اطلاعات سطح و عملکرد محصولات مربوط به دو بخش از منطقه پژوهش (به عنوان نمونه) به تفکیک سال زراعی در جدول ۲ و ۳ ارائه و میانگین بلندمدت تمام مناطق در جدول ۴ درج شده است.

نتایج و بحث

میزان متوسط بارندگی در استان خراسان رضوی ۲۰۵/۶ میلی‌متر بوده که از متوسط جهانی کمتر است و توزیع بارش از شمال به جنوب استان کاهش می‌یابد. این استان دارای تابستان‌های گرم و زمستان‌های نسبتاً سرد است. میانگین دمای سالانه از شمال به جنوب افزایش می‌یابد. به استناد آمار ثبت شده، بیشترین و کمترین میزان عملکرد گندم و جو دیم در دوره آماری به ترتیب در قوچان و گناباد حاصل شده است. استان خراسان رضوی در طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن جزو مناطق خشک کشور به شمار می‌رود. از نظر فراوانی خشکسالی‌های ایستگاه‌ها بر مبنای کمتر از میانگین درازمدت بارندگی، بر اساس نمایه Z، سبزوار و گناباد با یازده سال و قوچان، سرخس و مشهد با هشت سال دارای بیشترین و کمترین تعداد خشکسالی بوده‌اند. شایان ذکر است که طبق جدول ۵ نمایه PN کمترین فراوانی و نمایه Z بیشترین فراوانی خشکسالی‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. تغییرات عملکرد گندم و جو دیم در این دوره مشهود بوده (شکل۱) و در ارتباط با نمایه‌های خشکسالی قرار داشته است. در سال‌هایی که نمایه‌ها، خشکسالی را تأیید کردند، عملکرد محصولات نسبت به سال قبل کاهش چشمگیری داشت. در شکل‌های ۲ و ۳ پهنه‌بندی میزان متوسط عملکرد گندم و جو دیم بیانگر کاهش عملکرد از شمال به جنوب استان است.

[1] Z-Score Index
[2] DI: Deciles of precipitation Index
[3] PN: Percent of Normal

جدول ۲- اطلاعات زراعی و پارامترهای محاسبه‌شده هواشناسی محدوده شهرستان مشهد

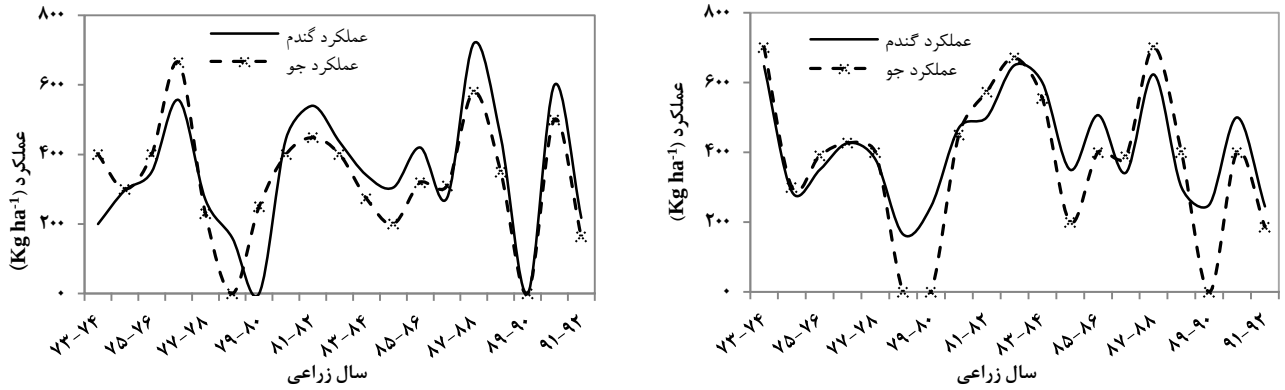
سال	جو دیم		گندم دیم		رطوبت نسبی (٪)	ساعات آفتابی (مجموع سالانه)	تبخیر از تشت (mm)	دما (°C)	بارش (mm)
	سطح (ha)	عملکرد ($Kg\ ha^{-1}$)	سطح(ha)	عملکرد ($Kg\ ha^{-1}$)					
۱۳۷۳	۳۵۰۰۰	۷۰۰	۴۲۰۰۰	۶۴۶/۶۷	۴۹	۲۱۲۱/۹	۱۸۵۹/۵	۱۵/۵	۲۶۱/۸
۱۳۷۴	۱۰۰۰۰	۳۰۰	۵۹۹۰۰	۲۸۷/۰۸	۵۵	۲۹۰۱/۹	۱۶۶۴/۴	۱۴/۵	۱۷۴
۱۳۷۵	۱۸۰۰۰	۳۹۰	۶۷۰۰۰	۳۵۰	۵۴	۳۰۵۸/۱	۱۷۸۲/۳	۱۵/۴	۲۰۲/۴
۱۳۷۶	۱۷۰۳۱	۴۲۶/۸۷	۶۲۹۳۵	۴۲۶/۵۲	۵۷	۲۸۸۷/۶	۱۹۲۰/۷	۱۵/۰	۳۹۴/۸
۱۳۷۷	۲۱۴۷۲	۴۰۰/۰۱	۳۶۸۵۵	۳۸۰	۵۳	۳۰۷۹/۶	۱۸۷۴/۵	۱۶/۱	۲۳۴/۹
۱۳۷۸	۰	۰	۱۸۵۰	۱۶۴/۸۶	۴۷	۳۱۴۴/۳	۱۹۵۰/۶	۱۶/۱	۱۰۴/۷
۱۳۷۹	۰	۰	۱۰۰۸	۲۴۵/۰۴	۴۵	۳۰۳۶/۲	۱۹۸۲/۵	۱۶/۰	۱۵۷/۸
۱۳۸۰	۲۰۰۰	۴۵۰	۳۱۲۰۰	۴۷۰	۴۶	۲۸۸۶/۶	۱۸۴۷/۹	۱۶/۳	۲۵۳/۱
۱۳۸۱	۷۲۲۰	۵۷۳/۲۷	۲۶۰۸۸	۵۰۰	۶۰	۲۷۸۷/۹	۱۷۷۴/۲	۱۵/۳	۲۳۱/۲
۱۳۸۲	۱۵۹۱۱	۶۷۱/۱۱	۲۵۰۸۰	۶۴۹/۵۲	۵۳	۲۹۷۶/۹	۱۶۱۵/۷	۱۵/۹	۲۷۰/۹
۱۳۸۳	۱۳۸۰۰	۵۵۴/۷۱	۲۷۵۰۰	۶۰۰	۵۱	۲۹۴۲/۴	۱۸۹۲/۶	۱۵/۶	۲۸۰/۶
۱۳۸۴	۳۳۰۰	۲۰۰	۷۴۰۰	۳۵۰	۴۶	۳۱۳۳/۱	۲۱۸۵/۹	۱۶/۴	۱۶۵/۵
۱۳۸۵	۱۰۸۵۰	۴۰۰	۲۱۷۰۰	۵۰۶/۴۵	۵۱	۲۹۸۲/۴	۱۹۰۸/۱	۱۶/۰	۲۸۵/۶
۱۳۸۶	۲۴۲۸	۳۸۷/۵۶	۹۰۶۰	۳۴۱/۶۱	۴۴	۳۰۹۷/۹	۲۱۶۸/۷	۱۵/۱	۱۳۹/۵
۱۳۸۷	۱۷۰۰۰	۷۰۰	۳۹۲۱۵	۶۲۲/۹۲	۵۳	۲۸۴۲/۷	۱۸۱۳/۲	۱۵/۵	۲۹۲/۴
۱۳۸۸	۷۰۰۰	۴۰۰	۲۷۰۰۰	۳۰۰	۴۷	۲۹۰۰	۱۷۳۹	۱۶/۲	۱۷۴/۹
۱۳۸۹	۱۲۰۰	۰	۱۳۰۰۰	۲۵۰	۴۵	۳۱۲۳/۵	۱۹۴۱/۵	۱۶/۸	۱۲۰/۱
۱۳۹۰	۹۰۰۰	۴۰۰	۳۱۰۰۰	۵۰۰	۴۶	۲۹۵۸/۳	۱۸۳۹/۱	۱۴/۸	۲۹۷/۶
۱۳۹۱	۷۵۵۷	۱۸۶/۴	۲۳۶۵۶	۲۴۵/۲	۴۵	۳۰۷۸/۴	۱۸۶۲/۹	۱۶/۲	۲۵۸

جدول ۳- اطلاعات زراعی و پارامترهای محاسبه‌شده هواشناسی محدوده شهرستان تربت‌جام

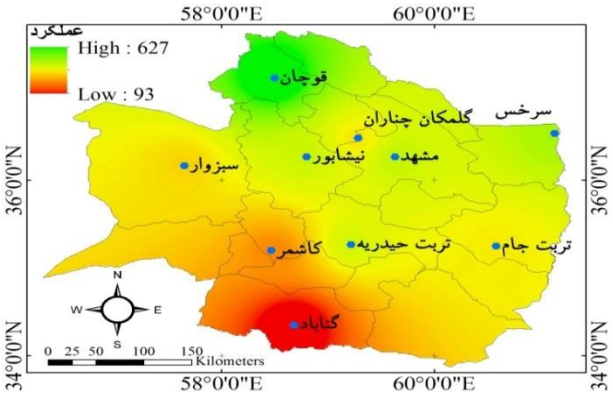
سال	جو دیم		گندم دیم		رطوبت درصد (٪)	ساعات آفتابی (مجموع سالانه)	تبخیر از تشت (mm)	دما (°C)	بارش (mm)
	سطح (ha)	عملکرد ($Kg\ ha^{-1}$)	سطح (ha)	عملکرد ($Kg\ ha^{-1}$)					
۱۳۷۳	۳۰۰۰	۴۰۰	۲۰۰۰۰	۲۰۰	۴۴	۲۰۶۱	۲۵۲۰/۳	۱۵/۵	۱۸۹
۱۳۷۴	۶۵۰۰	۳۰۰	۳۰۰۰۰	۲۹۷	۴۵	۲۷۸۵/۱	۲۴۹۳/۷	۱۴/۶	۱۴۸/۹
۱۳۷۵	۷۰۰۰	۴۰۰	۳۰۰۰۰	۳۵۰	۴۶	۲۸۷۶/۱	۲۳۷۷/۳	۱۵/۳	۱۸۹/۶
۱۳۷۶	۵۶۶۸	۶۶۳/۹	۲۹۰۹۶	۵۵۶/۷	۵۰	۳۱۹۹/۴	۲۳۶۴/۸	۱۶/۴	۳۰۴/۸
۱۳۷۷	۷۵۰۰	۲۳۰	۲۰۰۰۰	۲۷۰	۴۸	۳۲۵۹/۵	۲۷۱۹/۸	۱۶/۱	۲۱۸/۷
۱۳۷۸	۰	۰	۵۰۰	۱۶۰	۴۵	۳۳۹۱/۸	۶۴۴۴/۶	۱۵/۹	۸۶/۶
۱۳۷۹	۴۰	۲۵۰	۰	۰	۴۵	۳۳۱۰/۳	۲۶۴۵	۱۵/۹	۲۱۶/۴
۱۳۸۰	۵۱۰۰	۴۰۰	۱۳۲۰۰	۴۴۵	۴۵	۳۱۳۶/۴	۲۷۴۵/۹	۱۶/۵	۱۴۵
۱۳۸۱	۵۰۵۰	۴۴۸/۵	۱۴۶۰۰	۵۴۰	۴۶	۳۰۷۳/۴	۲۴۸۸/۱	۱۵/۶	۲۰۲/۸
۱۳۸۲	۵۱۸۴	۴۰۰/۱	۱۱۳۰۰	۴۳۵/۷	۴۴	۳۲۱۳/۲	۲۷۱۹/۴	۱۶/۲	۱۶۹/۹
۱۳۸۳	۵۰۴۰	۲۷۳	۱۳۱۰۰	۳۴۰	۴۸	۳۱۰۰/۱	۲۵۹۸/۳	۱۵/۶	۱۷۲/۴
۱۳۸۴	۷۵۰	۲۰۰	۲۴۰۰	۳۰۵	۴۳	۳۳۳۸/۵	۲۸۳۸/۵	۱۶/۱	۱۰۷/۲
۱۳۸۵	۵۳۵۰	۳۱۹/۱	۲۷۰۰۰	۴۲۰	۵۱	۳۱۴۹/۵	۲۶۲۴/۹	۱۶/۱	۲۲۴/۴
۱۳۸۶	۱۲۰۰	۳۱۰	۳۰۰۰	۲۷۵	۴۵	۳۲۸۱/۶	۲۸۸۷/۹	۱۵/۰	۶۷/۹
۱۳۸۷	۴۷۰۰	۵۸۰	۱۹۰۰۰	۷۲۰	۵۳	۲۹۸۲/۹	۲۴۱۲/۱	۱۵/۶	۲۴۱/۵
۱۳۸۸	۳۳۰۰	۳۵۰	۱۱۶۱۸	۴۵۰	۴۸	۳۲۴۶/۷	۲۴۵۳/۸	۱۶/۳	۱۹۳
۱۳۸۹	۷۰۰	۰	۰	۰	۴۳	۳۶۴۶/۱	۳۲۱۶/۵	۱۶/۶	۹۲
۱۳۹۰	۲۰۰۰	۵۰۰	۴۰۰۰	۶۰۰	۴۵	۳۱۶۸/۹	۲۵۹۹/۶	۱۵/۱	۱۲۴/۵
۱۳۹۱	۱۲۳۷	۱۶۳/۳	۴۴۴۷	۲۱۷/۹	۴۶	۳۲۶۰/۵	۲۵۰۹	۱۶/۳	۱۴۶/۶

جدول ۴- سطح و عملکرد محصولات و پارامترهای هواشناسی در دوره آماری ۱۹ ساله

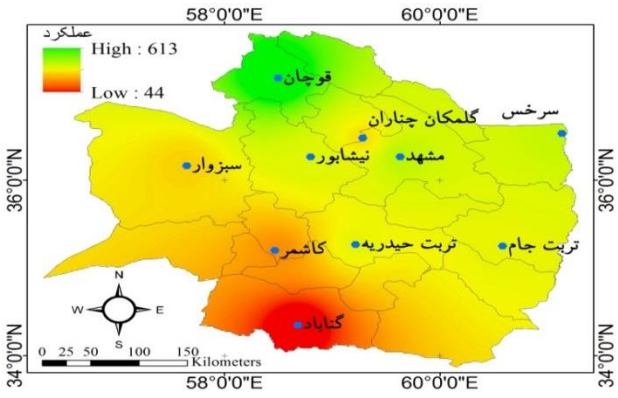
ایستگاه	جو		گندم		رطوبت نسبی (٪)	ساعات آفتابی (مجموع سالانه)	تبخیر از تشت (mm)	دما (°C)	بارش (mm)
	سطح (ha)	عملکرد ($Kg\ ha^{-1}$)	سطح (ha)	عملکرد ($Kg\ ha^{-1}$)					
مشهد	۱۰۴۶۱/۵	۳۷۵/۸	۲۹۱۲۸/۸	۴۱۲/۴	۵۰	۲۹۴۴/۲	۱۸۷۴/۹	۱۵/۷	۲۲۶/۳
تربت جام	۳۶۴۸/۴	۳۲۵/۷	۱۳۳۲۹/۵	۳۴۶/۴	۴۶	۳۱۳۰/۶	۲۸۲۴/۲	۱۵/۸	۱۷۰/۶
سرخس	۱۹۶۶/۸	۳۶۵/۱	۱۷۲۲۸/۲	۴۳۹/۲	۵۰	۲۹۷۷/۳	۲۳۳۳/۸	۱۸/۵	۱۷۸/۳
سبزوار	۲۸۰۸/۸	۲۷۱/۸	۱۱۷۴۵/۹	۳۲۵/۱	۴۱	۳۱۴۳/۰	۲۰۷۲/۲	۱۸/۳	۱۷۹/۸
گناباد	۲۹/۵	۴۴/۵	۳۷۶/۵	۹۳/۵	۳۹	۳۲۸۴/۹	۲۶۵۶/۷	۱۷/۶	۱۲۳/۶
کاشمر	۵۶۶/۷	۲۰۶/۹	۱۶۶۸/۲	۲۵۳/۱	۴۱	۳۲۰۲/۶	۲۳۹۶/۳	۱۸/۰	۱۸۱/۹
نیشابور	۲۲۲۶/۷	۳۳۷/۱	۱۵۸۵۲/۲	۴۰۲/۷	۵۰	۳۰۷۳/۸	۲۰۶۲/۵	۱۴/۵	۲۲۷/۸
قوچان	۱۲۲۲۱/۰	۶۱۴/۰	۳۵۶۶۵/۴	۶۲۸/۳	۵۷	۲۸۸۹/۴	۱۴۹۰/۰	۱۲/۹	۳۱۶/۶
گلمکان	۲۵۹۵/۱	۲۸۷/۱	۶۶۴۰/۰	۳۴۱/۵	۵۰	۲۹۹۱/۰	۱۸۰۳/۸	۱۳/۸	۲۰۵/۴
تربت حیدریه	۳۹۲۱/۸	۳۲۵/۱	۱۵۷۷۵/۹	۳۹۵/۷	۴۶	۳۲۵۴/۱	۲۶۷۷/۸	۱۴/۴	۲۴۶/۲
قوچان	۱۲۲۲۱/۰	۶۱۴/۰	۳۵۶۶۵/۴	۶۲۸/۳	۵۷	۲۸۸۹/۴	۱۴۹۰/۰	۱۲/۹	۳۱۶/۶



شکل ۱- تغییرات عملکرد گندم و جو دیم در دو شهرستان مشهد (راست) و تربت جام (چپ) در دوره آماری



شکل ۲- پهنه‌بندی میزان متوسط عملکرد گندم دیم ($Kg\ ha^{-1}$)



شکل ۳- پهنه‌بندی میزان متوسط عملکرد جو دیم ($Kg\ ha^{-1}$)

ارتباط عملکرد گندم و جو دیم با عوامل و نمایه‌ها

ضریب همبستگی پیرسون بین عملکرد گندم و جو دیم با عوامل هواشناسی (بارندگی، دما، تبخیر از تشت، مجموع سالانه ساعت آفتابی و رطوبت نسبی) و نمایه‌های خشکسالی (نمایه‌های DI و SPI، PN و Z) بررسی و نتایج دو شهرستان مشهد و تربت جام در جدول ۸ و نتایج بررسی همبستگی در جدول ۹ ارائه گردید. بر اساس جدول‌های ۶ و ۷، در سال‌های ۷۹-۷۸، ۸۵-۸۴ و ۸۷-۸۶ در کل ایستگاه‌ها خشکسالی رخ داده است. سال ۷۹-۷۸ و ۸۷-۸۶ مطابق با سال‌های کمینه بارندگی است و در سال ۸۰-۷۹ به جز تربت‌جام و در سال ۹۰-۸۹ به جز سبزوار در بقیه ایستگاه‌ها خشکسالی رخ‌داده است. نمودار پهنه‌بندی این ۵ سال با توجه به نمایه SPI که به عنوان برترین نمایه پژوهش در شکل ۴ ترسیم شده است. بر اساس نتایج، کاهش عملکرد گندم و جو دیم در سال‌های خشک مشهود است.

جدول ۵- تعداد فراوانی خشکسالی‌ها

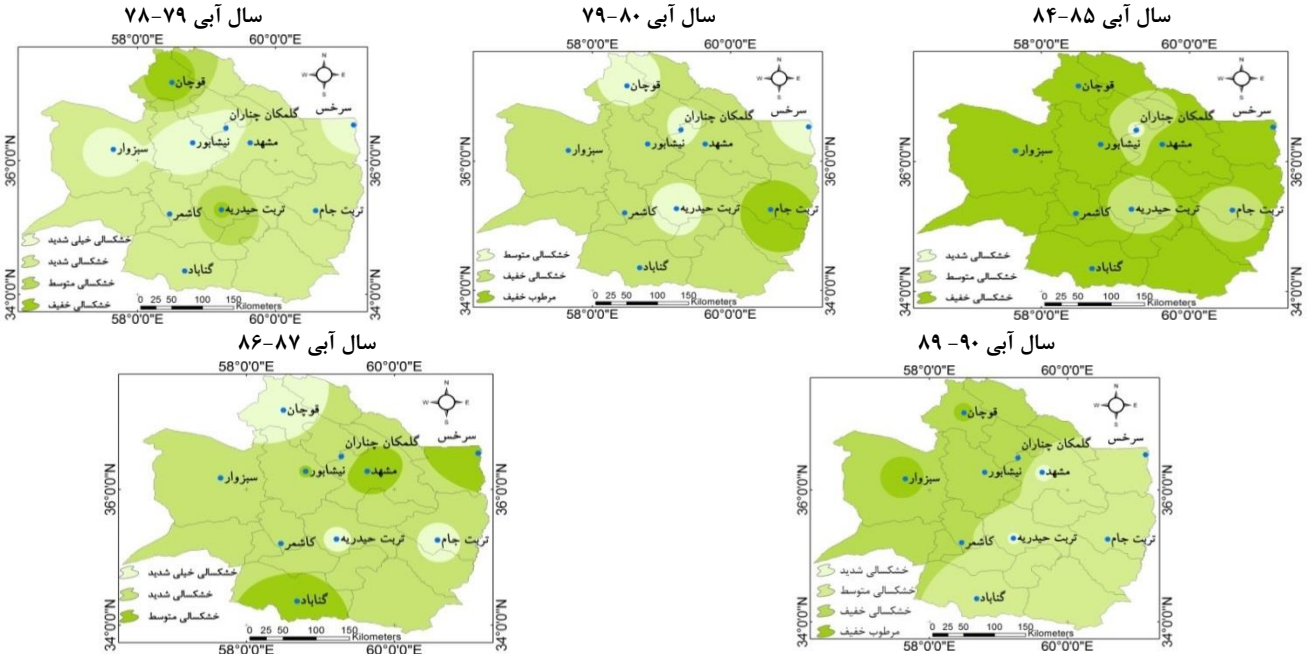
ایستگاه	Z	SPI	PN	DI	ایستگاه	Z	SPI	PN	DI
مشهد	۸	۷	۷	۸	کاشمر	۹	۷	۶	۶
تربت‌جام	۹	۹	۵	۸	نیشابور	۱۰	۹	۳	۹
سرخس	۸	۷	۵	۶	قوچان	۸	۷	۴	۷
سبزوار	۱۱	۱۱	۴	۹	گلمکان	۹	۸	۴	۷
گناباد	۱۱	۱۱	۷	۷	تربت‌حیدریه	۹	۸	۵	۶

جدول ۶- سال وقوع کمینه بارندگی و شدت خشکسالی در آن

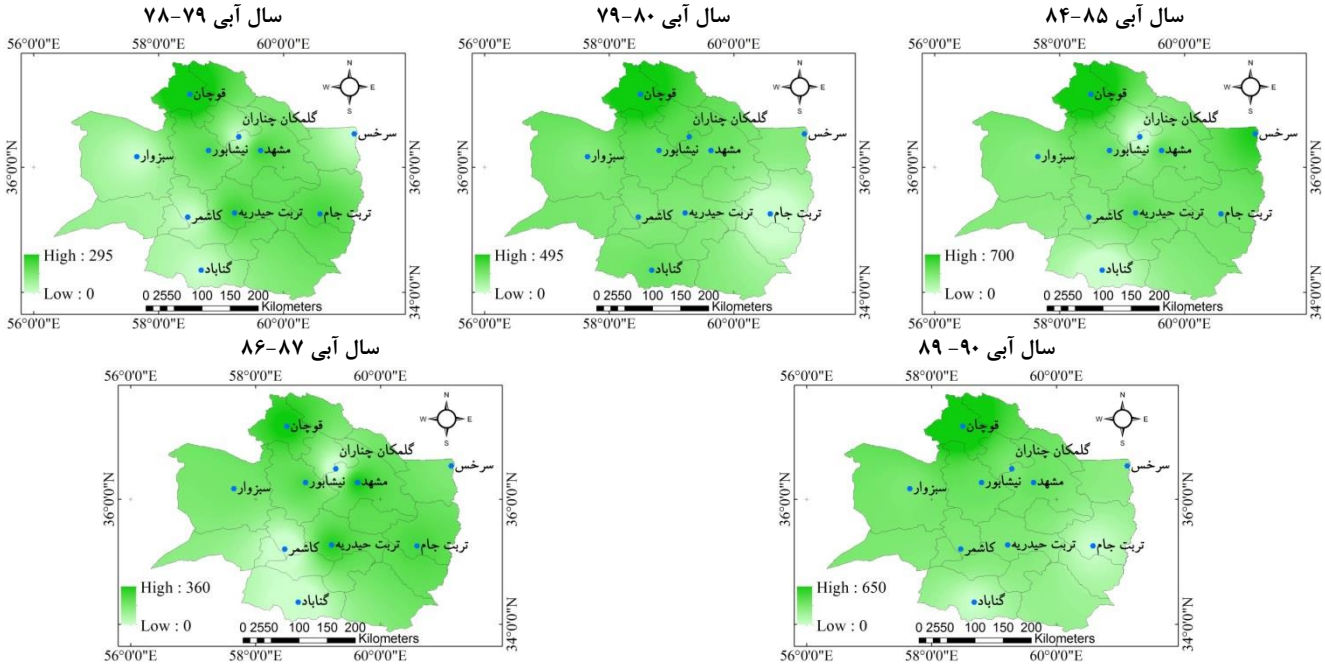
ایستگاه	سال وقوع	کمینه بارش	Z	SPI	PN	DI
مشهد	۷۸	۱۰۴/۸	شدید	شدید	شدید	خیلی شدید
تربت‌جام	۸۶	۶۷/۹	شدید	خیلی شدید	خیلی شدید	خیلی شدید
سرخس	۷۸	۷۷/۵	شدید	خیلی شدید	شدید	خیلی شدید
سبزوار	۷۸	۸۲/۷	شدید	خیلی شدید	شدید	خیلی شدید
گناباد	۷۸	۴۷/۳	متوسط	شدید	خیلی شدید	خیلی شدید
کاشمر	۷۸	۷۸/۸	شدید	شدید	شدید	خیلی شدید
نیشابور	۷۸	۹۳/۷	شدید	خیلی شدید	شدید	خیلی شدید
قوچان	۸۶	۱۴۷/۹	شدید	خیلی شدید	شدید	خیلی شدید
گلمکان	۷۸	۱۰۷/۴	شدید	خیلی شدید	شدید	خیلی شدید
تربت‌حیدریه	۸۶	۹۷/۲	شدید	خیلی شدید	خیلی شدید	خیلی شدید

جدول ۷- تعداد خشکسالی‌های ایستگاه‌ها بر مبنای بارش کمتر از میانگین (نمایه Z)

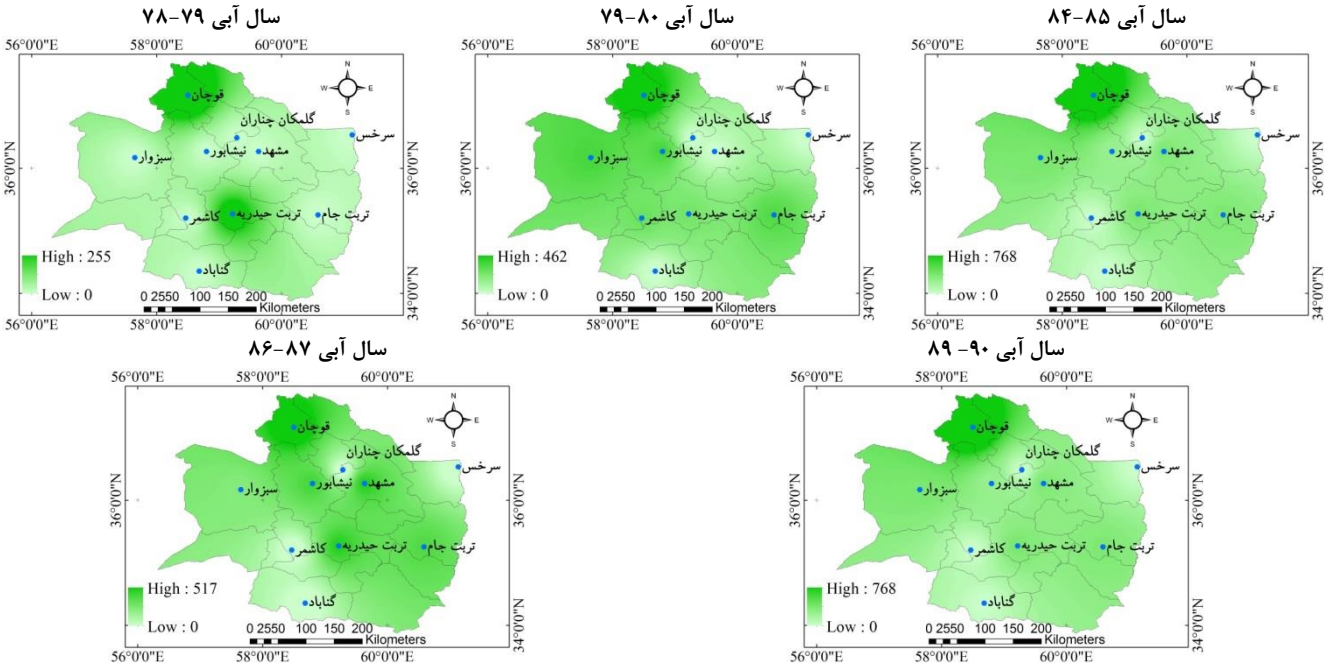
سال	۷۳	۷۴	۷۵	۷۶	۷۷	۷۸	۷۹	۸۰	۸۱	۸۲	۸۳	۸۴	۸۵	۸۶	۸۷	۸۸	۸۹	۹۰	۹۱	مجموع
مشهد		*	*			*	*					*		*		*	*			۸
تربت‌جام		*				*		*		*		*		*			*	*	*	۹
سرخس		*			*	*	*					*		*			*		*	۸
سبزوار	*		*		*	*	*	*		*		*		*	*				*	۱۱
گناباد			*			*	*	*	*			*		*	*	*	*	*		۱۱
کاشمر			*			*	*				*	*		*		*	*	*		۹
نیشابور	*	*	*		*	*	*	*				*		*			*			۱۰
قوچان	*	*			*	*	*					*		*			*			۸
گلمکان		*			*	*	*	*				*		*			*		*	۹
تربت‌حیدریه			*			*	*	*				*		*		*	*		*	۹



شکل ۴- نقشه پهنه بندی خشکسالی در پنج سال آبی با نمایه SPI در سطح استان



شکل ۵- نقشه پهنه بندی عملکرد گندم دیم (Kg ha^{-1}) در پنج سال آبی با وضعیت خشکسالی در سطح استان



شکل ۶- نقشه پهنه بندی عملکرد گندم جو (Kg ha^{-1}) در پنج سال آبی با وضعیت خشکسالی در سطح استان

نتایج روش رگرسیونی به روش گام به گام در تمام ایستگاه‌ها بررسی شد. جهت تلخیص در ارائه مطالب نتایج دو ایستگاه مشهد و قوچان در جدول ۱۰ ارائه شده است که در آن r بارندگی، t دما، m رطوبت، PN نمایه درصد نرمال، e تبخیر از تشت، sd ساعات آفتابی، SPI نمایه بارش استاندارد، Z نمایه استاندارد، R ضریب همبستگی، w عملکرد جو دیم، y عملکرد گندم دیم، DI نمایه دهک، significant معنی‌داری و R^2 ضریب تبیین است. نتایج همبستگی چندگانه به این صورت است که مقدار R میزان همبستگی را نشان می‌دهد و R^2 نشان می‌دهد که چه مقدار از متغیر وابسته یعنی عملکرد گندم و جو دیم، می‌تواند توسط متغیر مستقل یعنی، عوامل هواشناسی (بارندگی، دما، تبخیر از تشت، مجموع سالانه ساعت آفتابی و رطوبت نسبی) و از نمایه‌های خشکسالی (نمایه‌های DI، SPI، PN و Z) تبیین شود.

جدول ۸- بررسی همبستگی بین عملکرد گندم و جو دیم باعوامل هواشناسی

		ایستگاه مشهد				ایستگاه تربت‌جام			
		گندم		جو		گندم		جو	
		correlation	p-value	correlation	p-value	correlation	p-value	correlation	p-value
عامل هواشناسی	بارندگی	۰/۶۸۷	**	۰/۶۴۵	**	۰/۴۳۱	*	۰/۶۵۲	**
	دما	-۰/۲۶۷	ns	-۰/۴۰۴	**	-۰/۱۳۶	ns	-۰/۲۱۲	ns
	تبخیر از تشت	-۰/۳۲۱	*	-۰/۴۳۳	*	-۰/۳۵۴	*	-۰/۵۹۲	**
	ساعت آفتابی	-۰/۵۹۳	**	-۰/۶۱۹	**	-۰/۱۶۸	ns	-۰/۴۳	**
	رطوبت نسبی	۰/۳۹۹	*	۰/۵۲۷	**	۰/۵۸۹	۰/۰۰۴	۰/۴۹۵	*
نمایه خشکسالی	DI	۰/۷۶۳	*	۰/۷۰۷	**	۰/۴۴۴	۰/۰۲۸	۰/۶۵۰	**
	PN	۰/۶۸۷	**	۰/۶۴۴	**	۰/۴۳۱	۰/۰۳۳	۰/۶۵۲	**
	SPI	۰/۷۲۰	**	۰/۶۸۹	**	۰/۴۲۶	۰/۰۳۴	۰/۶۳۴	**
	Z	۰/۶۸۷	**	۰/۶۴۴	**	۰/۴۳۱	۰/۰۳۳	۰/۶۵۲	**
		ایستگاه سرخس				ایستگاه سبزوار			
		گندم		جو		گندم		جو	
		correlation	p-value	correlation	p-value	correlation	p-value	correlation	p-value
عوامل هواشناسی	بارندگی	۰/۶۵۱	۰/۰۰۱	۰/۷۲۹	۰	۰/۶۶۲	۰/۰۰۱	۰/۴۸۸	۰/۰۱۷
	دما	-۰/۱۶۵	۰/۲۵	-۰/۲۴۳	۰/۱۵۹	-۰/۱۸۴	۰/۲۲۵	-۰/۲۵۳	۰/۱۴۸
	تبخیر از تشت	-۰/۳۰۱	۰/۱۰۵	-۰/۵۵۷	۰/۰۰۷	-۰/۲۲۳	۰/۱۸	-۰/۱۶۹	۰/۲۴۴
	ساعت آفتابی	-۰/۶۳۸	۰/۰۰۲	-۰/۶۱۹	۰/۰۰۲	-۰/۴۶۱	۰/۰۲۳	-۰/۵۰۷	۰/۰۱۳
	رطوبت نسبی	۰/۶۸۳	۰/۰۰۱	۰/۵۱	۰/۰۱۳	۰/۴۷۵	۰/۰۱۷	۰/۴۹۹	۰/۰۱۶
نمایه خشکسالی	DI	۰/۷۲۱	۰	۰/۷۸۶	۰	۰/۶۵۳	۰/۰۰۱	۰/۴۸۸	۰/۰۱۷
	PN	۰/۶۵۰	۰/۰۰۱	۰/۷۲۹	۰	۰/۶۶۲	۰/۰۰۱	۰/۴۸۸	۰/۰۱۷
	SPI	۰/۶۵۰	۰/۰۰۱	۰/۷۲۸	۰	۰/۶۸۹	۰/۰۰۱	۰/۵۰۱	۰/۰۱۴
	Z	۰/۶۵۰	۰/۰۰۱	۰/۷۲۸	۰	۰/۶۶۲	۰/۰۰۱	۰/۴۸۸	۰/۰۱۷

علایم اختصاری: correlation : ضریب همبستگی، p-value: سطح معنی داری رابطه، ** سطح یک درصد، * سطح پنج درصد، non significant: معنی دار نیست (**ns**)

جدول ۹- بررسی همبستگی بین عملکرد گندم و جو دیم با عوامل هواشناسی و نمایه‌ها در استان

		گندم		جو	
		correlation	p-value	correlation	p-value
عوامل هواشناسی	بارندگی	۰/۸۲۷	**	۰/۷۶۴	۰
	دما	-۰/۱۷۲	۰/۲۴۰	-۰/۳۳۳	*
	تبخیر از تشت	-۰/۶۳۲	**	-۰/۴۹۷	*
	ساعت آفتابی	-۰/۴۰۳	۰/۰۴۴	-۰/۴۲۰	*
	رطوبت نسبی	۰/۸۸۷	**	۰/۸۵۷	**
نمایه خشکسالی	DI	۰/۸۵۶	**	۰/۸۰۶	**
	PN	۰/۸۲۷	**	۰/۷۶۴	**
	SPI	۰/۸۳۶	**	۰/۷۶۹	**
	Z	۰/۸۲۷	**	۰/۷۶۴	**

علایم اختصاری: correlation : ضریب همبستگی، p-value: سطح معنی داری رابطه، ** سطح یک درصد، * سطح پنج درصد، non significant: معنی دار نیست (**ns**)

جدول ۱۰- رابطه عملکرد گندم و جو دیم با عوامل هواشناسی در دو منطقه

ایستگاه	محصول	R	R^2	significant	مدل پیش‌بینی عملکرد ($Kg\ ha^{-1}$)
مشهد	گندم	۰/۷۷۷	۰/۶۰۴	*	y=۱/۱۰۳r-۰/۲۶۱ sd+۹۳۰/۴۳
	جو	۰/۷۶۴	۰/۵۸۳	*	w=۱/۴۴۳r -۰/۴۳۲sd +۱۳۲۱/۱
	گندم	۰/۷۶۳	۰/۵۸۳	**	y=۴۵/۹DI+۴۱۷/۲
	جو	۰/۷۰۷	۰/۵	**	w=۶۲/۶DI+۳۸۲/۳
قوچان	گندم	۰/۷۷۷	۰/۶۰۴	*	y=۱/۱۰۳r-۰/۲۶۱ sd+۹۳۰/۴۳
	جو	۰/۷۶۴	۰/۵۸۳	*	w=۱/۴۴۳r -۰/۴۳۲sd +۱۳۲۱/۱
	گندم	۰/۷۶۳	۰/۵۸۳	**	y=۴۵/۹DI+۴۱۷/۲
	جو	۰/۷۰۷	۰/۵	**	w=۶۲/۶DI+۳۸۲/۳

رابطه بین عملکرد و عوامل هواشناسی

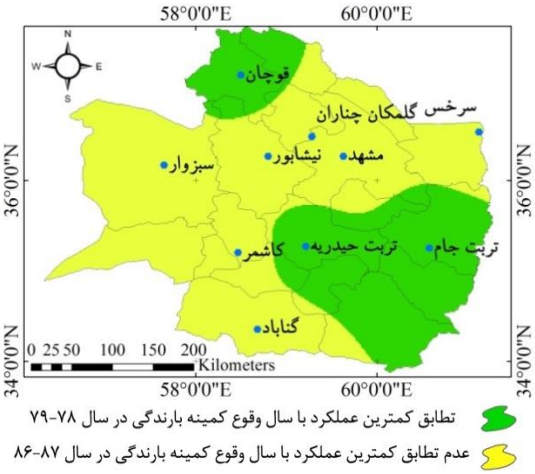
در ایستگاه مشهد به عنوان معرف شرایط اقلیمی محدوده شهرستان، بررسی روابط داده‌ها با عملکرد گندم دیم به دو مدل منجر شد که مدل اول تک متغیره (بارندگی) و مدل دوم از نوع دو متغیره (بارندگی و ساعت آفتابی) بودند. بررسی‌ها در مشهد برای عملکرد جو دیم منجر به ارائه دو مدل شد که مدل اول فقط شامل بارندگی (۰/۰۵) و در مدل دوم بارندگی و ساعت آفتابی در سطح (۰/۰۵) به‌عنوان متغیر تأثیرگذار تعیین شد. در قوچان عملکرد گندم دیم با دو مدل قابل برآورد بود که مدل اول فقط بارندگی را شامل (۰/۰۵) و مدل دوم بارندگی در سطح (۰/۰۵) و ساعت آفتابی در سطح ۰/۰۱ به‌عنوان متغیر تأثیرگذار تعیین شد. در قوچان برای عملکرد جو دیم به یک مدل منجر شد که در آن ساعت آفتابی در سطح (۰/۰۱) به‌عنوان متغیر تأثیرگذار تعیین شد.

رابطه بین عملکرد و نمایه‌های خشکسالی

نتایج معادلات رگرسیونی نشان داد در ۵ ایستگاه مشهد، سرخس، قوچان، گلمکان، تربت‌حیدریه نمایه DI در مدل برآورد عملکرد گندم دیم به معادله معنادار منجر شد (۰/۰۵) و در ۳ ایستگاه سبزوار، کاشمر، نیشابور، نمایه SPI در مدل برآورد عملکرد گندم به معادله معنادار منجر شد (۰/۰۵) و در ایستگاه گناباد و تربت‌جام به مدلی منجر نشد. نتایج معادلات رگرسیونی نشان داد در ۶ ایستگاه مشهد، سرخس، قوچان، گلمکان، تربت‌حیدریه، کاشمر نمایه DI در مدل برآورد عملکرد جو دیم به معادله معنادار منجر شد (۰/۰۵) و در ۲ ایستگاه سبزوار، نیشابور، نمایه SPI در مدل برآورد عملکرد جو دیم به معادله معنادار منجر شد (۰/۰۵) و در ایستگاه تربت‌جام نمایه Z در مدل برآورد عملکرد جو دیم به معادله معنادار منجر شد (۰/۰۵) و در ایستگاه گناباد به مدلی منجر نشد. نتایج معادلات رگرسیونی نشان داد در استان خراسان رضوی نمایه DI در مدل برآورد عملکرد گندم و جو دیم به معادله معنادار منجر شد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که عملکرد محصولات زراعی گندم و جو دیم (خشکسالی کشاورزی) در ارتباط مستقیم با نمایه‌های خشکسالی است. در سال‌هایی که نمایه‌ها، خشکسالی را تأیید کرده و عملکرد محصولات نسبت به سال قبل کاهش چشم‌گیری داشت. نمایه‌های مورد استفاده بر مبنای بارندگی محاسبه شده بود که مؤثرترین عامل بر عملکرد محصول است. بررسی‌های خشکسالی‌ها که نشان می‌دهد در سال زراعی ۷۹-۷۸، در ایستگاه‌های مشهد، سرخس، سبزوار، گناباد، کاشمر، نیشابور، گلمکان، کمترین مقدار بارندگی و به دنبال آن خشکسالی در طول دوره آماری ۱۹ ساله اتفاق افتاده است و گندم و جو دیم کمترین عملکرد را در طول دوره آماری در همان سال ۷۹-۷۸، داشته است. در همین راستا پیری و همکاران (۱۳۹۲) بر اساس نمایه‌های PN و RAI در استان سیستان و بلوچستان در کل شهرهای استان خشکسالی شدید و بسیار شدید گزارش کردند که بیانگر خشکسالی گسترده در این سال است. در سال زراعی ۸۷-۸۶ در ایستگاه‌های تربت‌جام، قوچان، تربت‌حیدریه، کمترین مقدار بارندگی در طول دوره آماری ۱۹ ساله و به دنبال آن خشکسالی اتفاق افتاده است، اما گندم و جو دیم کمترین عملکرد را در طول دوره آماری در همان سال ۸۷-۸۶، نداشته است. با توجه به شکل ۷، به دلیل اینکه در سال قبل یعنی ۸۶-۸۵ برای کلیه ایستگاه‌ها از جمله در ایستگاه‌های تربت جام، قوچان و تربت‌حیدریه سال مرطوبی بوده و احتمالاً رطوبت خاک سال قبل تا حدودی حفظ شده است و لذا کمترین عملکرد در آن سال نبوده است.



شکل ۷-تطابق عملکرد با سال وقوع کم‌ترین بارندگی

در مدل برآورد عملکرد گندم و جو دیم در معادلات معنادار بیشترین نمایه تأثیرگذار نمایه DI و پس از آن نمایه SPI بود و همبستگی معنادار در نتایج مشهود بود. از نمایه‌های خشکسالی هواشناسی بر اساس بارش در کنار عوامل هواشناسی تبخیر از تشت، مجموع سالانه ساعات

آفتابی، رطوبت نسبی و دما به‌عنوان عوامل تأثیرگذار در بحث خشکسالی کشاورزی که بر مبنای رطوبت خاک می‌باشد و اندازه‌گیری آن مشکل است می‌توان بهره برد؛ نمایه SPI را می‌توان به‌عنوان برترین نمایه در نظر گرفت چون این نمایه از لحاظ فراوانی خشکسالی، به نمایه Z که بیشترین فراوانی خشکسالی را داراست نزدیک است و در مقارن با سال وقوع کمینه بارندگی، بعد از نمایه DI که شدت خشکسالی همه سال‌های وقوع کمینه بارندگی را خیلی شدید تعیین کرده تعداد خشکسالی‌ها را با شدت خیلی شدید، بعد از نمایه DI، بیشتر نشان داده است یعنی مبالغه در بزرگ‌نمایی خشکسالی‌ها در نمایه DI وجود دارد و در مواردی که عملکرد کاهش داشته خشکسالی را بهتر نشان داده است. گمرکچی و همکاران (۱۳۸۸) در ارزیابی خشکسالی و تأثیر آن بر عملکرد گندم دیم در استان قزوین نشان دادند که نمایه خشکسالی SPI با مقیاس سالانه بهترین معادله همبستگی با عملکرد گندم دیم از خود نشان می‌دهد. پیری و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که به رغم استفاده همه گیر از شاخص SPI، شاخص مزبور برای تعیین شدت خشکسالی در استان سیستان و بلوچستان مناسب نمی باشد. دربندی و همکاران (۱۳۸۶) و مقدسی و همکاران (۱۳۸۴) نشان دادند از نظر شدت خشکسالی‌ها نمایه SPI در برآورد عملکرد گندم و جو دیم نتایج بهتری داشته است و این در حالی است که در بین نمایه‌های مبتنی بر بارش نمایه SPI یکی از پرکاربردترین نمایه‌های بررسی خشکسالی هواشناسی در جهان و ایران محسوب می‌شود. این نمایه از برازش توزیع گاما به داده‌های بارندگی مقادیر بی‌بعدی را ارائه می‌کند که خود حالت نرمال دارد نمایه استاندارد بارش در مقیاس‌های زمانی متفاوتی در مناطق متخلف بررسی‌شده بررسی‌ها نشان از بالا بودن میزان دقت نمایه در مقیاس‌های زمانی بلندت مدت ازجمله سالانه می‌باشد. تحقیقات صمدی نقاب (۱۳۸۶) نشان می‌دهد تغییرات عوامل هواشناسی تا حد زیادی بیانگر تغییرات خشکسالی نیز هست و عوامل هواشناسی هر منطقه، بخش عمده‌ای از ویژگی‌های خشکسالی آن منطقه را نمایندگی می‌نماید. همین امر می‌تواند توجیه‌کننده نقش عوامل هواشناسی و خشکسالی در عملکرد محصولات کشاورزی و به‌عنوان متغیرهای مستقل در مدل‌های رگرسیونی باشد. نتایج نشان داد بیشترین همبستگی مستقیم بین عملکرد گندم و جو دیم به‌عنوان متغیر وابسته با عوامل هواشناسی (بارندگی، دما، تبخیر از تشت، مجموع سالانه ساعات آفتابی و رطوبت نسبی) بارندگی و رطوبت وجود داشت، یعنی با افزایش آن‌ها عملکرد افزایش‌یافته است. ضمن اینکه ضریب همبستگی عملکرد گندم و جو دیم با نمایه‌های خشکسالی (DI، SPI، PN و Z) در همه ایستگاه‌ها به جز گناباد معنی‌دار بود. در این رابطه مساعدی و همکاران (۱۳۹۴) شاخص‌های خشکسالی و متغیرهای هواشناسی را مبنای مدلسازی عملکرد گندم و جو دیم قرار داده و کارایی استفاده همزمان از این متغیرها را گزارش نمودند. نتایج معادلات رگرسیونی نشان داد که بارندگی تأثیرگذارترین عامل هواشناسی بود و پس از آن مجموع سالانه ساعت آفتابی و رطوبت نسبی و فقط یک مورد متغیر دما در مدل برآورد عملکرد جو دیم در تربت‌حیدریه به معادله منجر شد و در واقع تبخیر از تشت و دما در معادلات رگرسیونی برای برآورد عملکرد گندم و جو دیم نقش معنی‌دار نداشتند. همانگونه که ذکر شد شاخص‌های خشکسالی اقلیمی در اغلب موارد در ارتباط با شاخص‌های خشکسالی کشاورزی یعنی کاهش محصولات دیم داشته‌اند ولی در سال‌های که خشکسالی پس از ترسالی اتفاق افتاده بود عملکرد این محصولات که در کشت پاییزه کاشته می‌شوند تا حدی تحت تأثیر رطوبت ذخیره شده خاک قرار گرفته و نسبت به حداقل‌های بلند مدت مقادیر بیشتری داشت.

منابع

احمدی، ح.، فلاح قالهری، غ. ۱۳۹۴. طبقه‌بندی اقلیم کشاورزی منطقه شمال شرق بر اساس شرایط گرمایی و رطوبتی. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۳(۱):۶۷-۸۱.

انصافی‌مقدم، ط. ۱۳۸۶. ارزیابی چند نمایه خشکسالی اقلیمی و تعیین مناسب‌ترین نمایه در حوضه دریاچه نمک. تحقیقات مرتع و بیابان، ۱۴(۲): ۲۷۱-۲۷۸.

آمارنامه کشاورزی. ۱۳۹۱. عملکرد محصولات زراعی سال ۱۳۷۳-۱۳۹۱. سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی.

بداق جمالی، ج. جوانمرد، س. ۱۳۸۱. پایش و پهنه‌بندی وضعیت خشکسالی استان خراسان با استفاده از نمایه استاندارد شده بارش. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۱۷(۴): ۴-۲۱.

پاپلی یزدی، م. ۱۳۷۸. آیین‌های باران خواهی در زمان خشکسالی. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، (۵۴ و ۵۵): ۱۸۶-۲۱۱.

پیری، ح.، عباس زاده، م.، راهداری، و.، ملکی، س. ۱۳۹۲. ارزیابی تطبیقی ۴ نمایه خشکسالی هواشناسی با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای (مطالعه موردی استان سیستان و بلوچستان). نشریه مهندسی منابع آب، ۶(۳): ۲۵-۳۶.

خوش‌اخلاق، ف. ۱۳۷۶. تحقیق در خشکسالی‌های فراگیر ایران با استفاده از تحلیل سینوپتیکی، پایان‌نامه دکترای جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز.

خلیلی، ع.، بذرافشان، ج. ۱۳۸۲. ارزیابی کارایی چند نمایه خشکسالی هواشناسی در نمونه‌های اقلیمی مختلف ایران. نشریه نیوار، (۴۸ و ۴۹): ۷۹-۹۳.

دربندی، ص. کاوه، ف. فاخری فرد، ا. صدقی، ح. کمالی، غ. ۱۳۸۶. معرفی یک نمایه جدید برای ارزیابی شدت خشکسالی کشاورزی بر پایه عملکرد نسبی محصول. نشریه علوم کشاورزی، ۱۳(۴): ۱۰۷-۱۲۳.

زارع ابیانه، ح. ۱۳۹۲. نقش عوامل اقلیمی و خشکسالی بر تغییرپذیری عملکرد چهار محصول دیم در مشهد و بیرجند. نشریه دانش آب و خاک، ۲۳(۱): ۲۹-۵۶.

زارع ابیانه، ح. محبوبی، ع. ۱۳۸۳. بررسی وضعیت خشکسالی و روند آن در منطقه همدان بر اساس نمایه‌های آماری خشکسالی. نشریه پژوهش و سازندگی، ۶۴(۳): ۲-۷.

سالنامه آماری هواشناسی. ۱۳۹۱. اداره کل هواشناسی استان خراسان رضوی.

صفدری، ع. ا.، محسنی ساروی، م.، ثقفیان، ب.، مهدوی، م. ۱۳۸۲. پهنه‌بندی فراوانی خشکسالی‌های حوزه کارون به کمک نمایه بارش استاندارد (SPI) در محیط GIS. سومین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، اصفهان.

صمدی نقاب، س. ۱۳۸۶. پیش‌بینی خشکسالی با روش ریزگردانی خروجی الگوهای GCM. نشریه جغرافیا و توسعه روستا، ۸(۱): ۱۹۳-۲۱۲.

گمرکچی، ی. قربانیان، د. جمشیدی، ا. ۱۳۸۸. ارزیابی خشکسالی و تأثیر آن بر عملکرد گندم دیم در استان قزوین. همایش منطقه‌ای بحران آب و خشکسالی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر ری، ۳۲۰-۳۲۶.

مساعدی، ا. محمدی مقدم، س. قبائی سوق، م. ۱۳۹۴. مدل‌سازی عملکرد گندم و جو دیم بر اساس شاخص‌های خشکسالی و متغیرهای هواشناسی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۹(۳): ۷۳۰-۷۴۹.

مقدسی، م. مرید، قائمی، ه.، محمدولی سامانی، ج. ۱۳۸۴. پایش روزانه خشکسالی در استان تهران. نشریه علوم کشاورزی ایران، ۳۷(۱): ۵۱-۶۲.

میردار سلطانی، ش. ۱۳۹۱. رتبه‌بندی ایستگاه‌های هواشناسی از نظر استعداد خشکسالی با استفاده از روش TOPSIS در استان مازندران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

نصرالهی، م. خسروی، ح. مقدم نیا، ع. ملکیان، ا. ۱۳۹۴. ارزیابی خطر خشکسالی استان سمنان با استفاده از نمایه SPI. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۳(۱): ۵۷-۶۶.

Cancelliere, A., Mauro, G., Bonaccorso, B. Rossi, G. 2007. Drought forecasting using the standarized precipition index. J. Water Resour. Manage., 21(1): 801- 819.

Loukas, A., Vasiliades, L. N. R., Dalezios, N. R. 2003. Intercomparison of meteorological drought indices for drought assessment and monitoring in Greece. Proceeding of the 8th international conferences on Environmental Science and Technology. Lemons Island, Greece, 8–10.

Matlon, P. J. 1990. Improving productivity in sorghum and pearl millet in semi-arid Africa. Food Research Institute Studies, 22(1): 1-43.

Mckee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints 8th Conference on Applied Climatology, 179-184.

Rajabi, A. 2016. Analysis of SPI Drought Class Transitions Due to Climate Change. Case Study: Kermanshah (Iran). Water Resour., 43 (1): 238–248.

Vergni, L., Todisco, F. 2011. Spatio-temporal variability of precipitation, temperature and agricultural drought indices in Central Italy. Agric. Forest Meteorol., 151(1): 301-311.

Journal of Agricultural Meteorology
Vol. 5, No. 1, Spring &Summer 2017, pp. 15-25

نشریه هواشناسی کشاورزی
جلد ۵، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۶، صص.۲۵-۱۵

Assessing the impacts of meteorological drought on yield of rainfed wheat and barley (Case study: Khorasan Razavi province)

M. Araste[1], S. H. Kaboli[2]*, M. Yazdani[3]

Received: 20/02/2016
Accepted: 20/04/2017

Abstract

The drought causes severe damages to agricultural sector especially rainfed crops production. In this study, the impacts of meteorological drought, in terms of some common indices, on rainfed wheat and barley were assessed. 19 years (1995-2013) weather data including rainfall, temperature, sundial, evaporation and relative humidity of meteorological stations in Khorasan Razavi province, north east of Iran, were collected and examined. Several drought indices namely, The Standardized Z index, Standardized Precipitation Index, Percentage of normal and Deciles were worked out. The statistical relation of both crops' yield with meteorological data was determined. During the cropping year 2000-2001, Mashhad, Sarakhs, Sabzevar, Gonabad, Kashmar, Nishapur and Golmakan stations, had the lowest amount of rainfall which led to severe and extreme drought. The minimum amount of the crops yield was recorded at the same year. For the rest of stations, i.e. Torbatjam, Ghoochan and Torbat Heydarieh stations, the driest year was 2007-2008 followed by an intense to extreme drought but the lowest yield was not observed in the same year. The most significant variables affecting the yield were found to be rainfall and relative humidity. The relations between yield and meteorological variables were significant in most of the cases. In general, the agricultural and meteorological droughts occurred almost simultaneously, except for the regions with very low rainfall.

Keywords: Rainfall, Drought, Rainfed cropping, Khorasan province

[1] M.Sc. Student of Agricultural Meteorology, Semnan University, Semnan, Iran
[2] Assistant Professor, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Semnan, Iran
(*Corresponding author's email address Hkaboli@semnan.ac.ir)
[3] Associate Professor, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Semnan, Iran