

## مطالعه تطبیقی چهار نمایه خشکسالی هواشناسی بر پایه عملکرد نسبی

### محصول گندم دیم در استان همدان

حمید زارع ایبانه\* - استادیار گروه مهندسی آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا  
وحید یزدانی - دانشجوی کارشناسی ارشد رشته آبیاری و زهکشی، گروه مهندسی آبیاری، دانشگاه بوعلی سینا  
خلیل اژدری - استادیار گروه مهندسی آبیاری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود

پذیرش مقاله: ۱۳۸۷/۱۰/۲۵ تأیید نهایی: ۱۳۸۸/۵/۲۸

#### چکیده

برای سنجش کمی خشکسالی هواشناسی از شاخص‌های استاندارد بارش (Z)، ناهنجاری بارش (RAI)، بارش استاندارد شده (SPI) و درصدی از نرمال (PNPI) براساس بارش‌های فصلی و سالانه ۱۵ ایستگاه هواشناسی استان همدان استفاده شد. در بررسی تأثیرات خشکسالی هواشناسی بر کشاورزی نیز از شاخص عملکرد نسبی محصول گندم دیم استفاده گردید. بررسی‌ها نشان داد که شاخص‌های Z، RAI و SPI در مقیاس فصلی و سالیانه و شاخص PNPI در مقیاس فصلی، برآوردهای خوبی از شدت و تداوم خشکسالی‌ها ارائه دادند. شدت خشکسالی‌های رخ داده - فارغ از نوع شاخص - بیشتر در حد متوسط و خفیف بود. شاخص‌های Z، RAI و SPI روندی همسو با شاخص زراعی عملکرد نسبی گندم داشته است، اما شاخص SPI از نظر شدت خشکسالی‌های برآوردی با شاخص زراعی عملکرد نسبی همخوانی مطلوب‌تری داشت. نتایج نشان داد که منطقه همدان در هر ۱۰ سال یک دوره خشکی دوسالانه داشته و در ۳۰ سال گذشته نیز یک خشکسالی سخت و شدید را پشت سر گذاشته است. تعداد بالای خشکسالی می‌تواند ناشی از افزایش تعداد خشکسالی‌های کم‌شدت به واسطه کوتاه شدن دوره بازگشت باشد.

کلیدواژه‌ها: شاخص خشکسالی، خشکسالی هواشناسی، خشکسالی کشاورزی، گندم دیم، همدان.

#### مقدمه

خشکسالی، پدیده‌ای طبیعی و نامحسوس است که در پی کاهش بارندگی در طی یک دوره ممتد کوتاه یا طولانی روی می‌دهد (Hardy, 2003, 39). این پدیده به‌عنوان یکی از محدودیت‌های خاص طبیعت برای هر اقلیمی تکرارپذیر و پیش‌آمدنی است، که تقوی و محمدی (۱۳۸۶، ۱۸) از آن به‌عنوان ناهنجاری اقلیمی یاد کرده‌اند. کردوانی (۱۳۸۰، ۳۰) نمونه‌های زیادی از خشکسالی را در ایران و جهان و اثرهای آن در کشورهایی که از لحاظ اقلیمی شرایط بهتر از کشور ما دارند، ذکر کرده است. اظهارنظر کارشناسان گویای آن است که ایران در ۲۲ سال گذشته ۱۳ خشکسالی را پشت سر گذاشته است (تقوی و محمدی، ۱۳۸۶، ۱۵). برای مطالعه و ارزیابی خشکسالی، شاخص‌های متعددی ارائه شده است.

هیتم (2002, 1160) معتقد است برخی شاخص‌ها (پالمر) دارای قالب نسبتاً پیچیده‌ای هستند که فقدان آمار طولانی‌مدت، کاربرد آن را (در ایران) محدود کرده است. کمبود اطلاعات سبب روی آوردن پژوهشگران به جایگزین‌های ساده‌تر بر پایه بارش شده است (Guttman, 1998, 2). بارندگی به‌عنوان بی‌ثبات‌ترین متغیر اقلیمی در مناطق خشک و نیمه‌خشک اهمیت فراوانی دارد. تغییرات بارش به‌طور مستقیم در رطوبت خاک، جریان‌های سطحی و زیرزمینی انعکاس می‌یابد. به همین دلیل بارش اولین برداری است که می‌تواند در بررسی هر حالتی از خشکسالی مورد توجه قرار گیرد (نوحی و عسگری، ۱۳۸۴، ۵۹). در ایران با وجود حاکم بودن شرایط خشکی، میزان انحراف واقعی بارش نسبت به مقادیر متوسط ماهانه، فصلی یا سالانه می‌تواند بیان‌کننده خشکسالی باشد. خشکسالی کشاورزی تأثیرات ویژگی‌های مختلف هواشناسی را به کشاورزی مرتبط می‌سازد و حساسیت گیاه را در مراحل مختلف رشدی می‌سنجد.

مطالعات نشان داده که در سال‌های منتهی به ۲۰۰۱ در ۹ استان کشور خشکسالی وجود داشته است (تقوی و محمدی، ۱۳۸۶، ۱۷). پژوهشگران در مورد شدت خشکسالی‌های رخ داده مطالعاتی داشته‌اند که در این خصوص می‌توان به تحقیقات لشنی‌زند و خرمیان (۱۳۸۰، ۱۱۳)، نساجی‌زواره و صانعی (۱۳۸۰، ۲۳۸)، اختری و همکاران (۱۳۸۵، ۳۵) و مقدسی و همکاران (۱۳۸۴، ۲۱۲) اشاره داشت، که تحقیقات‌شان بر پایه به‌کارگیری بارش بوده است. در حیطه خشکسالی کشاورزی، مقدار بارندگی با مقادیر تبخیر و تعرق مقایسه می‌شود تا سرعت (نرخ) تخلیه رطوبت خاک تعیین شود. چنین مقایسه‌هایی می‌تواند برحسب میزان تأثیرات خشکسالی بر رشد و عملکرد گیاه بیان گردد. تعاریفی نظیر این مورد را می‌توان در ارزیابی عملی شدت و تأثیرات خشکسالی براساس متغیرهای هواشناسی، رطوبت خاک و شرایط گیاه در طول فصل رشد، مورد استفاده قرار داد و به‌طور مستمر تأثیر بالقوه این شرایط را بر عملکرد نهایی ارزیابی کرد.

شاید بتوان گفت جز در موارد نادر، مطالعه مشخصی در مورد خشکسالی کشاورزی صورت نگرفته است. دربندی و همکاران (۱۳۸۶ و ۱۲۰) از عملکرد نسبی محصول دیم در ارزیابی خشکسالی کشاورزی در کنار شاخص‌های خشکسالی هواشناختی بهره گرفتند. یاراحمدی و نصیری (۱۳۸۳، ۱۸۸) نیز در مطالعه‌ای مشابه برای استان لرستان نشان دادند که ۷۱/۵۷ درصد از عملکرد گندم دیم به تعداد و مقدار بارش‌های روزانه در فصل رشد و بارش‌های پاییزه وابسته است. برونینی و همکاران (2001, 92) نشان دادند از ترکیب شاخص استاندارد شده بارش<sup>۱</sup> (SPI) با معادله بیلان آب، می‌توان کمبود و مازاد رطوبتی در مراحل مختلف رشدی گیاه را تعیین کرد، تا با تغییر در تاریخ کشت، گیاهان از صدمات خشکسالی مصون بمانند. ادوارد (1993, 3) به‌کارگیری SPI را در مقیاس زمانی از یک ماه تا چندین سال فاقد محدودیت برمی‌شمارد، درحالی‌که محسنی‌ساروی و همکاران (۱۳۸۳، ۶۱۷) ضمن تأیید مزیت فوق از آن به‌عنوان عیب شاخص مذکور یاد کرده‌اند، زیرا شاخص SPI در ماه‌های با بارش صفر ناکارآمد است. سبزی‌پرور و همکاران (۱۳۸۸) نیز ارزیابی‌های شاخص فوق را در زمان‌های کمتر از ۱ ماه - به علت چولگی داده‌ها - مقبول نمی‌دانند. کمال (۱۳۷۶، ۲۲) زمان مناسب کاشت گندم دیم در مناطق غرب کشور را برحسب تاریخ شروع بارش و عزیزی (۱۳۷۹، ۱۲۲) برحسب میزان بارش تعیین می‌کند. مظفری و قائمی (۱۳۸۱، ۱۱۷) در تحلیل موازنه آبی گندم دیم استان کرمانشاه نشان دادند که مرحله رشد رویشی گندم دیم، به وجود بارش کاملاً حساس است.

استان همدان با واقع شدن در کمربند خشک و نیمه خشک جهان و توزیع نامناسب بارندگی‌ها همواره شدت‌های مختلفی از خشکسالی را به خود دیده است. وجود دیم‌زارهای فراوان منطقه می‌تواند تأثیرات خشکسالی هواشناختی را به‌عنوان خشکسالی کشاورزی در قالب تغییرات عملکرد محصولات دیم نشان دهد. هدف پژوهش حاضر، ارزیابی خشکسالی هواشناختی منطقه همدان بر پایه بارش و ارتباط آن با عملکرد محصول گندم است.

## مواد و روش‌ها

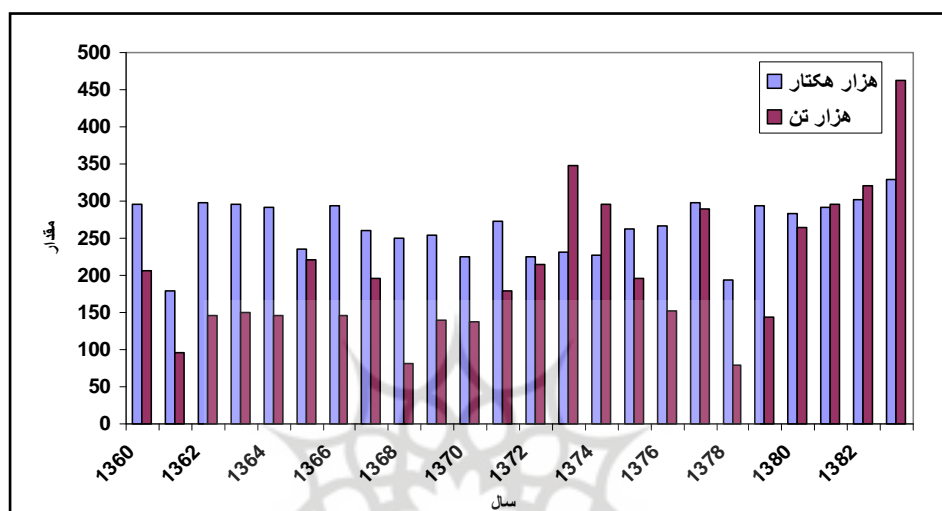
### داده‌های مورد نیاز

استان همدان از شمال به استان‌های زنجان و قزوین، از شرق به استان مرکزی، از جنوب به استان لرستان و از غرب به استان‌های کرمانشاه و کردستان محدود است. وسعت این استان ۱۹۴۹۳ کیلومتر مربع با میانگین بارش ۳۳۸/۴ میلی‌متر و اقلیم آن به شیوه دوماترن، سرد نیمه خشک است (سبزی‌پرور و همکاران، ۱۳۸۷، ۳ و چمنی و همکاران، ۱۳۸۴، ۴۰). در این مطالعه با انتخاب داده‌های ماهیانه اندازه‌گیری شده بارش تمامی ایستگاه‌های منطقه، مقادیر فصلی و سالیانه آن استخراج گردید. حجم نمونه پژوهش ۱۵ ایستگاه متعلق به سازمان هواشناسی و شرکت آب منطقه‌ای و جامعه آماری آن، بارندگی فصلی و سالیانه با طول سری آماری ۳۱ ساله (۱۳۸۴-۱۳۵۴) براساس توصیه‌های سازمان جهانی هواشناسی بود (علیزاده، ۱۳۸۴، ۶۹۰). پژوهشگران تعداد داده‌ها را در یافته‌ها و نتایج فرض‌های تحقیق مؤثر می‌دانند (محمدی و جاوری، ۱۳۸۵، ۹۰) بدین ترتیب با مشارکت دادن طول مناسبی از سری داده‌ها و سطح کل استان در تحلیل خشکسالی، ارباب زمانی سری داده‌ها و مکانی سطح مطالعاتی حذف گردید. نام و مختصات جغرافیایی ایستگاه‌ها، ارتفاع از سطح دریا و میانگین بارش ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

ردیف	نام ایستگاه	مختصات جغرافیایی			متوسط بارش (میلی‌متر)
		طول	عرض	ارتفاع (متر)	
۱	نوژه	۴۸°۴۳'۰"	۳۵°۱۲'۰"	۱۶۷۹	۳۲۸/۱۷
۲	سد اکباتان	۴۸°۳۶'۶۱"	۳۴°۴۵'۳۵"	۱۹۲۰	۳۳۴/۵۵
۳	آغاچانپلاغی	۴۸°۳'۱۵"	۳۴°۵۰'۴۲"	۱۷۸۰	۳۰۲/۳۲
۴	ملایر	۴۸°۴۹'۰"	۳۴°۱۷'۰"	۱۹۲۵	۳۱۲/۳۰
۵	بهدر بیگ	۴۸°۱۹'۲۵"	۳۴°۵۷'۹"	۱۷۸۰	۳۱۸/۳۶
۶	خسروآباد	۴۸°۲'۵۱"	۳۴°۳۷'۵۳"	۱۵۰۴	۳۲۳/۹۸
۷	خیرآباد	۴۸°۳'۸"	۳۴°۲۷'۵۶"	۱۷۴۰	۳۵۷/۷۳
۸	خمینگان	۴۸°۱'۱۲"	۳۵°۲۲'۵"	۱۸۴۰	۲۸۱/۸۶
۹	کهریز (قره)	۴۸°۲۵'۰"	۳۵°۴۵'۰"	۱۷۴۰	۳۱۶/۷۹
۱۰	وسج	۴۸°۱۳'۲۲"	۳۴°۱۹'۲۳"	۱۵۴۵	۳۵۶/۲۳
۱۱	ورآینه	۴۸°۲۴'۵۵"	۳۴°۴'۴۵"	۱۷۶۰	۵۴۳/۹۲
۱۲	عمرآباد	۴۸°۱۴'۴۴"	۳۵°۵'۲۸"	۱۵۹۰	۵۴۳/۹۲
۱۳	آران	۴۸°۵۵'۳۴"	۳۴°۲۴'۴۰"	۱۴۳۷	۴۴۳/۱۶
۱۴	قه‌اوند	۴۸°۰'۸"	۳۴°۵۱'۳۷"	۱۶۲۳	۲۲۲/۴۰
۱۵	درگزین	۴۸°۰'۴"	۳۵°۲۱'۳۵"	۱۸۷۰	۳۵۵/۲۸

اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت و عملکرد ۲۴ ساله گندم دیم با توجه به اهمیت آن در مقوله خودکفایی و غلبه کشت گندم در سطح منطقه، از مطالعات روحانی (۱۳۸۴، ۲۰) و سازمان جهاد کشاورزی استان همدان دریافت گردید. کاشت گندم دیم در منطقه از نیمه دوم مهرماه تا نیمه اول آبان ماه و برداشت آن در تیرماه سال بعد انجام می‌شود. شمای مختصری از سطح زیر کشت و عملکرد گندم دیم طی سال‌های ۶۰-۱۳۵۹ الی ۸۳-۱۳۸۲ در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. سطح زیر کشت و عملکرد گندم دیم منطقه همدان

## آماده‌سازی داده‌ها

در تحلیل داده‌های فضایی مانند بارش، مفروضات بنیادی نظیر نرمال بودن، خلأهای آماری و وجود داده‌های پرت (ناهمخوان با سایر داده‌ها) باید مورد بررسی قرار گیرد، زیرا تحلیل خشکسالی بر پایه این مفروضات بنا نهاده شده است. پس از آماده‌سازی زمانی داده‌های هر ایستگاه، مشخص شد که برای دو ایستگاه وسج و ملایر در برخی از سال‌ها کمبود محدود آماری وجود داشت که از روش حداقل مربعات و رگرسیون، سری داده‌ها تکمیل گردید. تبعیت داده اصلی (بارش) از توزیع نرمال، به وسیله آزمون کلمگروف اسمیرونوف<sup>۱</sup> و همگنی آن از طرق آزمون ران<sup>۲</sup> بررسی شد.

## تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌های بارش در ساختار خشکسالی هواشناسی و در قالب شاخص‌های اقلیمی درصد نرمال بارندگی<sup>۳</sup> (PNPI)، توزیع استاندارد<sup>۴</sup> (Z)، بارش استاندارد شده (SPI) و ناهنجاری بارندگی<sup>۵</sup> (RAI) در مقیاس فصلی و سالیانه

1. Kolmogorov-Smirnov
2. Run test
3. Percent of Normal Precipitation Indices
4. Z Score
5. Rainfall Anomaly Indices

انجام شد. در شاخص PNPI، خشکسالی برای مقیاس زمانی سالانه (فصلی) از تقسیم بارندگی هر سال (فصل) آماری بر میانگین بلندمدت به دست می‌آید. به کارگیری این روش مستلزم انطباق میانگین بارندگی بر میانه و یا نرمال بودن توزیع آن است. مقادیر  $PNPI > 80\%$  بیانگر عدم خشکسالی و مقادیر  $PNPI \leq 80\%$  بیانگر خشکسالی با شدت‌های مختلف است (کاظمی، ۱۳۸۵، ۷۴). در شاخص توزیع استاندارد (معیار Z) اختلاف بارش هر دوره زمانی با میانگین بلندمدت آن نسبت به انحراف معیار نمونه سنجیده می‌شود. بر مبنای این روش، مقادیر  $Z > -0.25$  نشان‌دهنده وضعیت نرمال است و مقادیر  $Z \leq -0.25$  خشکسالی با شدت‌های مختلف را نشان می‌دهد. در شاخص SPI با محاسبه تابع احتمال تجمعی داده‌ها، از رابطه ۱ مقدار عددی به عنوان SPI از رابطه ۲ به دست می‌آید. این شاخص حاصل برازش توزیع آماری گاما بر سری بارندگی و محاسبه احتمالات توزیع تجمعی گاما است. برای رفع مشکل داده‌های صفر در ماه‌های فصل تابستان، مقدار بارش با توجه به دقت ثبت وسایل باران‌سنجی و مفید بودن آن در چرخه هیدرولوژی برای فصل تابستان  $0.1$  میلی‌متر لحاظ گردید. مقادیر مثبت SPI نشان‌دهنده بارش بیش از متوسط و مقادیر منفی آن نشانه خشکسالی با درجات مختلف است.

$$H(x) = q + (1-q)G(x) \quad (1)$$

که در آن:  $H(x)$  تابع احتمال تجمعی داده‌ها،  $q$  احتمال تجربی بارندگی صفر (معادل نسبت تعداد داده‌های صفر در سری داده‌ها به تعداد کل داده‌ها) و  $G(x)$  تابع توزیع گامای تجمعی است.

$$SPI = \pm \left[ t - \frac{C_0 + C_1 t + C_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right] \quad (2)$$

$$\text{if: } +, -0.5 < H(x) < 1 \quad t = \sqrt{\ln \left( \frac{1}{(1-H(x))^2} \right)}$$

$$\text{if: } -, 0 < H(x) \leq 0.5 \quad t = \sqrt{\ln \left( \frac{1}{(H(x))^2} \right)}$$

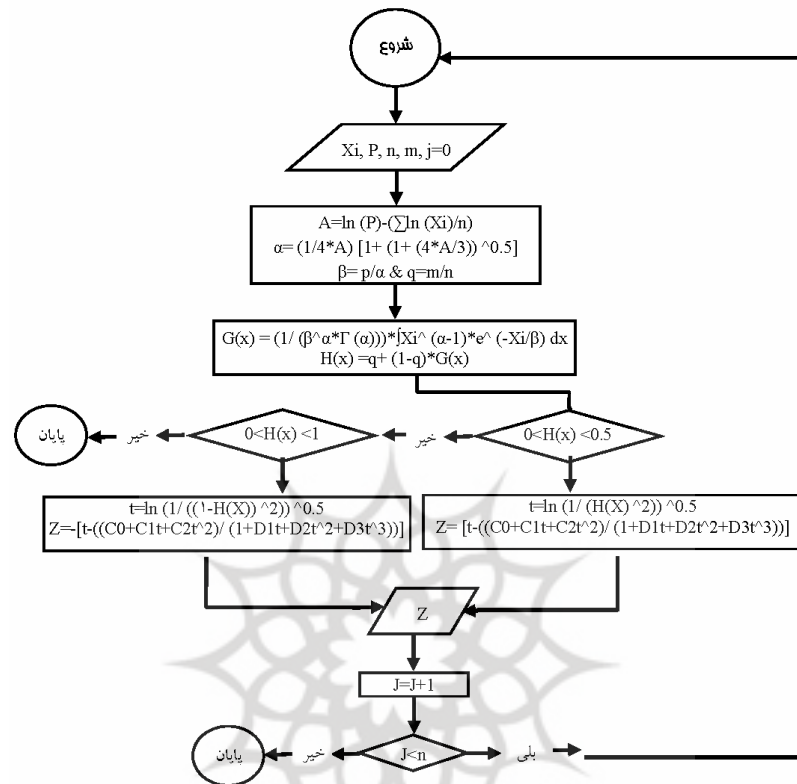
که در آن  $C$ ها و  $d$ ها ثابت‌های معادله و برابر  $C_0 = 2/515517$ ،  $C_1 = 0.802853$ ،  $C_2 = 0.10328$  و  $d_1 = 1/432788$ ،  $d_2 = 0.189269$  و  $d_3 = 0.001308$  هستند.

برای محاسبه SPI، برنامه رایانه‌ای در محیط ویژوال بیسیک نوشته شد که فلوچارت آن در شکل ۲ آورده شده است. در شاخص RAI، داده‌ها به صورت نزولی مرتب می‌شوند و سپس با انتخاب میانگین ۱۰ مورد از بزرگ‌ترین و ۱۰ مورد از کوچک‌ترین مقادیر بارندگی در طول دوره آماری خشکسالی براساس رابطه ۳ تفسیر می‌گردد. بر مبنای این روش  $RAI > -0.3$ ، نشان‌دهنده وضعیت نرمال است و  $RAI \leq -0.3$  خشکسالی با شدت‌های مختلف را نشان می‌دهد.

$$RAI = -3 \times ((P_i - P)/(x - P)) \quad \text{if: } P_i < P$$

$$RAI = 3 \times ((P_i - P)/(M - P)) \quad \text{if: } P_i > P \quad (3)$$

که در آن  $x$  میانگین ۱۰ مورد از کوچک‌ترین مقادیر بارندگی‌ها،  $M$  میانگین ۱۰ مورد از بزرگ‌ترین مقادیر بارندگی‌ها،  $P$  میانگین بلندمدت بارندگی و  $P_i$  مقادیر بارندگی‌هاست.



شکل ۲. فلوجارت نحوه محاسبه شاخص بارش استاندارد

پس از محاسبه خشکسالی برای تمامی ایستگاه‌ها، به منظور انتخاب شاخصی مناسب، از شاخص زراعی عملکرد گندم در منطقه استفاده شد. عملکرد نسبی، حاصل عملکرد محصول نسبت به میانگین بلندمدت آن است (دربندی و همکاران، ۱۳۸۶، ۱۱۲). انتخاب شاخص فوق بدان علت است که سطح زیر کشت گندم و عملکرد آن خصوصیات بارش را به شکلی مناسب نشان می‌دهند و به این ترتیب می‌توان به شاخص‌های خشکسالی مرتبط با محصولات گندم دست یافت. هرچند عملکرد می‌تواند تابع ویژگی‌های ارقام مورد کشت باشد اما به میزان بسیار زیاد تحت تأثیر از مقدار بارش و به تبع آن خشکسالی قرار دارد. ترسیم عملکرد محصول گندم به ازای سال‌های مختلف و برآزش مدل چندجمله‌ای درجه ۲ بر داده‌ها می‌تواند تأثیرپذیری عملکرد را از عوامل اقلیمی و سایر عوامل مانند ارقام زراعی، کود و مواد غذایی و عوامل انسانی نشان دهد (Ibid). با این حال، به کارگیری شاخص عملکرد نسبی تا حدود زیادی تأثیر عوامل غیراقلیمی را حذف می‌کند (دربندی و همکاران، ۱۳۸۶، ۱۱۲).

## یافته‌های تحقیق

متغیرهای اولیه مورد استفاده در پژوهش حاضر، عبارت‌اند از بارش ایستگاه‌ها و عملکرد گندم در سطح استان همدان،

به گونه‌ای که از هر ایستگاه، پارامتر بارش با قابلیت اندازه‌گیری در هر ۱۵ ایستگاه انتخاب گردید. اطلاعات میانگین فصلی، درصد فصلی و سالیانه بارش هر ایستگاه در جدول ۲ نشان داده شده است. براساس جدول ۲ در حدود ۱۳۵ میلی‌متر از بارش‌ها در فصل زمستان و در حدود ۳ میلی‌متر از بارش‌ها در فصل تابستان رخ داده است. مقدار ۲۷/۵ درصد تفاوت در بارش بین دو فصل بهار و تابستان، ضرورت بررسی خشکسالی در مقیاس فصلی را در این مطالعه تأیید می‌کند. ریزش حدود ۷۰ درصد از بارش‌ها در دو فصل منتهی به پایان سال، حکایت از رژیم برفی - بارانی دارد که با توجه به نامنظم بودن زمانی و مکانی ریزش‌ها در افزایش یا کاهش عملکرد محصولات دیم نقش اساسی ایفا می‌کند.

جدول ۲. میانگین (میلی‌متر) و درصد بارش در فصل‌های مختلف در دوره ۳۱ ساله

ایستگاه	بهار		تابستان		پاییز		زمستان	
	میانگین	درصد	میانگین	درصد	میانگین	درصد	میانگین	درصد
نوزه	۸۶/۰۴	۲۶/۲۲	۶/۶۰	۲/۰۰	۹۸/۸۰	۳۰/۱۱	۱۳۶/۷۹	۴۱/۶۸
آغاجانبلای	۹۵/۲۴	۳۱/۵۰	۱/۷۷	۰/۵۸	۸۹/۲۶	۲۹/۵۲	۱۱۶/۰۵	۳۸/۳۸
ملایر	۹۲/۹۶	۲۹/۷۷	۲/۶۷	۰/۸۵	۸۷/۳۲	۲۹/۹۶	۱۲۹/۳۴	۴۱/۴۲
بهدر بیگ	۹۶/۶۷	۳۰/۳۶	۲/۵۲	۰/۷۹	۱۰۱/۲	۳۱/۷۹	۱۱۸/۵۴	۳۷/۲۳
خسروآباد	۸۱/۸۹	۲۵/۲۸	۰/۷۷	۰/۲۴	۱۰۴/۰۱	۳۲/۱۱	۱۳۷/۳۱	۴۲/۳۸
خیرآباد	۱۰۹/۲۵	۳۰/۵۴	۱/۱۶	۰/۳۲	۱۱۵/۴	۳۲/۲۵	۱۳۱/۹۲	۳۶/۸۸
خمینگان	۸۵/۹۳	۳۰/۴۹	۵/۳۵	۱/۸۹	۸۰/۱۸	۲۸/۴۴	۱۱۰/۳۹	۳۹/۱۶
کهریز	۹۶/۶۶	۳۰/۵۱	۲/۵۲	۰/۷۹	۹۸/۲۴	۳۱/۰۱	۱۱۹/۳۶	۳۷/۶۸
سد اکباتان	۱۰۱/۸۱	۳۰/۴۳	۲/۸۵	۰/۸۵	۹۷/۸۱	۲۹/۲۳	۱۳۲/۰۷	۳۹/۴۷
وسج	۹۹/۸۳	۲۸/۰۲	۰/۲۷	۰/۷۷	۱۱۱/۷۶	۳۱/۳۷	۱۴۴/۳۶	۴۰/۵۲
ورآینه	۱۵۳/۰۶	۲۸/۱۴	۱/۵۵	۰/۲۸	۱۶۲	۲۹/۷۸	۲۲۸/۳۱	۴۱/۷۹
عمرآباد	۸۷/۱۴	۳۲/۲۸	۷/۹۳	۲/۸۴	۷۸/۷۱	۲۸/۲۴	۱۰۴/۸۴	۳۷/۶۳
آران	۱۱۲/۳۵	۲۵/۳۵	۲/۴۲	۰/۵۵	۱۳۶/۵۴	۳۰/۸۱	۱۹۱/۸۴	۴۳/۲۳
قهلوند	۷۵/۸۸	۳۴/۱۲	۳/۴۲	۱/۵۴	۶۵/۱۴	۲۹/۲۹	۷۷/۹۶	۳۵/۰۵
درگزین	۹۴/۷۹	۲۶/۶۹	۴/۱۹	۱/۱۸	۱۰۸/۲	۳۰/۴۵	۱۴۸/۰۹	۴۱/۶۸
میانگین	۸۴/۷۲	۲۹/۳۱	۳/۰۷	۱/۰۳	۹۶/۹۷	۳۰/۲۹	۱۳۵/۱۵	۳۹/۶۲

براساس شکل ۱ میانگین ۲۴ ساله عملکرد گندم دیم منطقه از سطح ۲۶۵ هزار هکتار، نزدیک به ۲۰۵ هزار تن است. حداکثر و حداقل سطح زیر کشت به ترتیب ۳۲۸/۳ و ۱۷۸/۷ هزار هکتار با ۴۶۲/۴ و ۹۶/۶ هزار تن عملکرد است. سطح زیر کشت از تغییرات ۸۳/۷ درصدی و عملکرد از ۳۷۸/۷ درصد تغییر تبعیت می‌کند. این ارقام تغییرات شدید عملکرد را در مقابل سطح زیر کشت و وابستگی آن را به ریزش‌های جوئی نشان می‌دهد، زیرا در کشت دیم فرض

می‌شود که منبع تأمین رطوبت خاک ریزش‌های آسمانی است و با بروز خشکسالی‌های هواشناسی کفایت رطوبت به خطر می‌افتد و عملکرد محصول کاهش می‌یابد.

با انجام آزمون کلمگروف اسمیرونوف مشاهده شد که پارامتر بارش اندازه‌گیری شده در هر ۱۵ ایستگاه دارای توزیع نرمال بود. لذا در پژوهش حاضر از میانگین بارش که بیان‌گر مقدار متوسط متغیر دارای توزیع نرمال است، استفاده گردید. نتایج ایستگاه سینوپتیک نوژه در مرکز استان همدان به‌عنوان نمونه در اینجا آورده شده است.

جدول ۳ بیان‌گر نتایج پایش خشکسالی در ایستگاه نوژه براساس چهار شاخص کمی  $PNPI$ ،  $Z$ ،  $SPI$  و  $RAI$  است.

این جدول براساس تعداد و درصد وقوع درجات مختلفی از خشکسالی برای چهار فصل سال و به‌صورت سالانه تنظیم شده است.

جدول ۳. تعداد و درصد و شدت خشکسالی‌های فصلی و سالیانه ایستگاه نوژه در طول دوره آماری

خشکسالی		بسیار شدید		شدید		متوسط		خفیف		شدت	
درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	فصل	شاخص
۳۸	۱۲	۶/۴۵	۲	۳/۲۲	۱	۱۶/۱۲	۵	۱۲/۹	۴	بهار	PNPI
۶۷	۲۱	۵۴/۸۳	۱۷	۶/۴۵	۲	۳/۲۲	۱	۳/۲۲	۱	تابستان	
۵۱	۱۶	۹/۶۷	۳	۶/۴۵	۲	۱۶/۱۲	۵	۱۹/۳۵	۶	پاییز	
۲۵	۸	۰	۰	۶/۴۵	۲	۱۶/۱۲	۵	۳/۲۲	۱	زمستان	
۱۳	۴	۰	۰	۰	۰	۶/۴۵	۲	۶/۵	۲	سالیانه	
۴۲	۱۳	۳/۲۲	۱	۳/۲۲	۱	۱۹/۳۵	۶	۱۶/۱۲	۵	بهار	Z
۶۴	۲۰	۰	۰	۰	۰	۳۸/۷۱	۱۲	۲۲/۸	۸	تابستان	
۵۴	۱۷	۳/۲۲	۱	۶/۴۵	۲	۲۲/۵۸	۷	۲۲/۵۸	۷	پاییز	
۳۵	۱۱	۹/۶۷	۳	۱۶/۱۲	۵	۳/۲۲	۱	۶/۴۵	۲	زمستان	
۴۲	۱۳	۶/۴۵	۲	۹/۶۷	۳	۱۲/۹	۴	۱۲/۹	۴	سالیانه	
۴۵	۱۴	۳/۲۲	۱	۳/۲۲	۱	۳/۲۲	۱	۳۵/۴۸	۱۱	بهار	SPI
۶۴	۲۰	۴۸/۳۵	۱۱	۰	۰	۶/۴۵	۲	۲۲/۵۸	۷	تابستان	
۵۸	۱۸	۳/۲۲	۱	۳/۲۲	۱	۳/۲۲	۱	۴۴/۳۸	۱۵	پاییز	
۵۲	۱۶	۰	۰	۹/۶۷	۳	۱۲/۹	۴	۲۹/۰۳	۹	زمستان	
۴۵	۱۴	۳/۲۲	۱	۳/۲۲	۱	۶/۴۵	۲	۳۲/۳	۱۰	سالیانه	
۵۱	۱۶	۹/۶۷	۳	۱۶/۱۲	۵	۱۶/۱۲	۵	۹/۶۷	۳	بهار	RAI
۶۷	۲۱	۳۸/۷۱	۱۲	۱۶/۱۲	۵	۹/۶۷	۳	۳/۲۲	۱	تابستان	
۵۸	۱۸	۹/۶۷	۳	۱۶/۱۲	۶	۱۶/۱۲	۵	۱۲/۹	۴	پاییز	
۵۱	۱۶	۱۹/۳۵	۶	۶/۴۵	۲	۹/۶۷	۳	۱۶/۱۲	۵	زمستان	
۴۸	۱۵	۱۲/۹	۴	۹/۶۷	۳	۱۹/۳۵	۶	۶/۵	۲	سالیانه	



جدول ۳ بیشترین تعداد و درصد خشکسالی‌ها را در فصل تابستان نشان می‌دهد. کمترین تعداد خشکسالی برای دو شاخص PNPI و Z در فصل زمستان، برای شاخص SPI در فصل بهار و برای شاخص RAI در فصل‌های بهار و زمستان بود، ضمن آنکه تعداد و نوع خشکسالی‌های فصلی هر شاخص بیشتر و متفاوت از سالیانه همان شاخص است. این نتیجه بیان‌گر آن است که یک سال خشک می‌تواند متشکل از یک یا چند فصل تر و خشک باشد و در مقیاس سالانه از تأثیرات خشکی کاسته شده باشد. لذا پایش خشکسالی به صورت فصلی می‌تواند جزئیات کامل‌تری را نشان دهد.

در مقیاس فصلی، نتایج تمامی شاخص‌ها از نظر تعداد تقریباً مشابه یکدیگرند، اما در مقیاس سالانه، نتایج سه شاخص Z، SPI و RAI با اندک تفاوت جزئی به یکدیگر نزدیک‌اند ولی با شاخص PNPI تفاوت دارند (جدول ۳). به نظر می‌رسد PNPI در برآوردهای سالیانه شاخص مناسبی نیست و افزایش بازه زمانی سبب اخلاص در برآوردهای PNPI می‌شود. مشابه چنین نتیجه‌ای را لشنی‌زند و خرمیان (۱۳۸۴، ۱۲۰) و ویلک و همکاران (1994, 502) نیز گزارش کرده‌اند. تمامی شاخص‌ها در مقیاس سالانه کمترین خشکسالی‌ها را از نظر تعداد و شدت نشان دادند، در صورتی که تعداد بیشتری از خشکسالی‌های شدیدتر در مقیاس فصلی مشاهده می‌شود. علت این امر را می‌توان به ریزش‌های حداکثری در دو فصل پایانی سال نسبت داد. براساس جدول ۳ شاخص PNPI کمترین تعداد خشکسالی (۴ مورد) معادل ۱۲/۹ درصد و شاخص RAI بیشترین تعداد خشکسالی را (۱۵ مورد) معادل ۴۸/۳۸ درصد نشان داده‌اند و وضعیت منطقه بیشتر از نوع خشکسالی با شدت‌های خفیف و متوسط برآورد شده است.

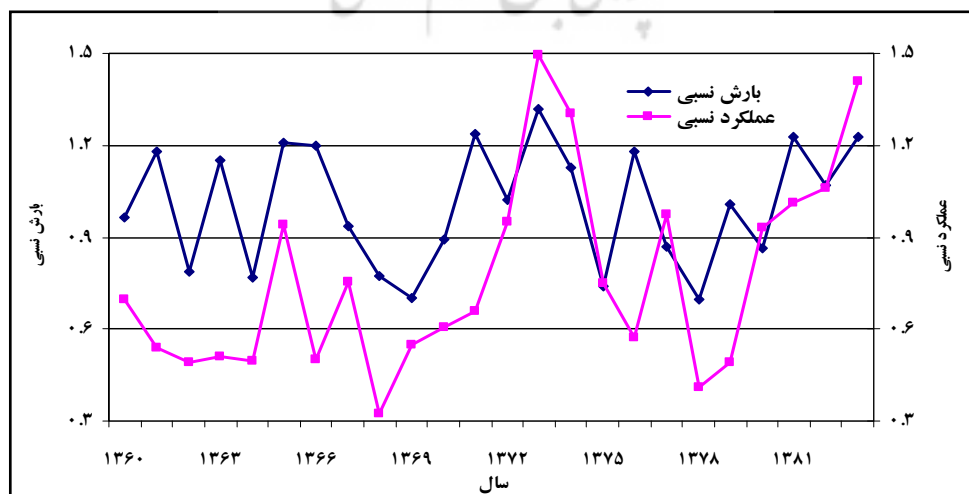
با شمارش و مقایسه تعداد، شدت و تکرار خشکسالی‌های رخ داده در ایستگاه نوژه، براساس هر چهار شاخص مشخص شد که شاخص‌های Z، SPI و RAI تقریباً در هر ده سال یک دوره دوسالانه خشکسالی (تقوی و محمدی، ۱۳۸۶، ۱۴) و SPI یک خشکسالی کشنده (کردوانی، ۱۳۸۰، ۲۳-۲۸) را نشان داده‌اند. نتایج جزئی‌تر در خصوص شاخص SPI خشکسالی‌های دوسالانه سال‌های ۱۳۵۴ و ۱۳۵۵، ۱۳۶۷ و ۱۳۶۸ و ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ و خشکسالی بسیار شدید سال ۱۳۷۵ بود. در نهایت به صورتی مشابه، تداوم خشکسالی تمامی ایستگاه‌ها براساس شاخص SPI شمارش گردید و در جدول ۴ آورده شد.

جدول ۴ نشان می‌دهد که منطقه همدان خشکسالی‌های زیادی را از نظر تعداد به خود دیده است، به طوری که خشکسالی‌ها از ۱۲ مورد در ایستگاه وسج تا ۲۳ مورد در ایستگاه آغا جان بلاغی برای یک دوره ۳۰ ساله تکرار شده است. وجود تعداد بالای خشکسالی با پیش‌بینی‌های زویرس (1994, 745) و پو و اولریچ (2001, 423) مبنی بر افزایش خشکسالی جهانی و افزایش تغییرات در عرض‌های میانه شمالی به علت کاهش پوشش برف همخوانی دارد. وجود تعداد زیاد خشکسالی (جدول ۴) و تکرار آن در فواصل زمانی کوتاه، نشان از کوتاه شدن دوره بازگشت خشکسالی دارد. لذا باید انتظار تغییرات وسیع‌تر اقلیم را در اثر کوتاه شدن دوره بازگشت و تأثیرات شدید بر فعالیت‌های انسانی و محیط زیست داشت (تقوی و محمدی، ۱۳۸۶، ۱۹).

جدول ۴. حداکثر تعداد و تداوم (سال) خشکسالی با شدت‌های مختلف در ایستگاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه	خفیف		متوسط		شدید		بسیار شدید		خشکسالی‌ها
	تداوم	تعداد	تداوم	تعداد	تداوم	تعداد	تداوم	تعداد	
نوژه	۳	۱۰	۱	۲	۱	۱	۱	۱	۱۴
سد اکباتان	۲	۹	۱	۵	۱	۲	۰	۰	۱۶
آغاجان‌بلاغی	۲	۱۶	۱	۶	۱	۱	۰	۰	۲۳
ملایر	۵	۱۵	۱	۲	۱	۲	۰	۰	۱۹
بهدر بیگ	۲	۸	۱	۴	۱	۱	۱	۱	۱۴
خسروآباد	۲	۸	۱	۳	۳	۴	۰	۰	۱۵
خیرآباد	۴	۱۳	۱	۱	۱	۲	۰	۰	۱۶
خمیگان	۱	۸	۱	۴	۱	۲	۰	۰	۱۴
کهریز	۲	۷	۱	۳	۳	۴	۰	۰	۱۴
وسج	۲	۸	۳	۴	-	-	۰	۰	۱۲
ورآینه	۲	۱۲	۱	۴	۱	۲	۰	۰	۱۸
عمرآباد	۳	۹	۱	۳	۰	۰	۲	۲	۱۴
آران	۳	۱۲	۱	۱	۱	۲	۱	۱	۱۶
قه‌اوند	۵	۱۶	۱	۳	۱	۱	۰	۰	۱۹
درگزین	۶	۱۵	۲	۵	۰	۰	۰	۰	۲۰

برای مقایسه برآورد شاخص‌های خشکسالی، از عملکرد نسبی دیم استفاده شد که وضعیت عملکرد گندم را براساس دو معیار بدون بُعد عملکرد نسبی و بارش نسبی نشان می‌دهد (شکل ۳).

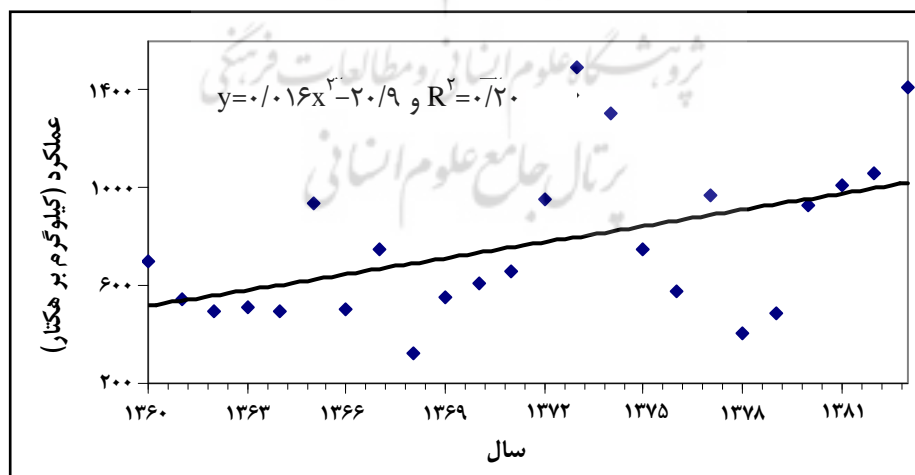


شکل ۳. ارتباط عملکرد نسبی گندم دیم با بارش‌های نسبی منطقه همدان

بر مبنای شکل ۳ روند افزایش عملکرد گندم در سال ۱۳۸۰ به بعد به خوبی مشهود است. چنین افزایشی می‌تواند ناشی از توجه دولت به مقوله خودکفایی گندم باشد. شکل ۳ وابستگی عملکرد به بارش و اهمیت فراوان آن را در منطقی بودن روند هر دو منحنی به خوبی نشان می‌دهد.

از نکات مهم درخور توجه می‌توان به زمان و مقدار ریزش نزولات جوی در زمان نیاز محصول و اطمینان به ریزش‌ها اشاره کرد. به عنوان مثال، افزایش عملکرد سال ۱۳۶۹ را با توجه به ریزش‌های کمتر این سال در مقایسه با سال ۱۳۶۸ و عدم تغییر محسوس در سطح زیرکشت را می‌توان به ریزش‌های مناسب در طی فصل رشد نسبت داد. نمونه‌ای دیگر، بارش و سطح زراعی سال ۱۳۶۶ است که نسبت به سال ۱۳۷۳ بیشتر بود. لیکن عملکرد نسبی سال ۱۳۶۶ کمتر بوده است که می‌تواند ناشی از نامناسب بودن زمان بارش‌ها باشد. حسینی و همکاران (۱، ۱۳۸۶) مقدار و نحوه پراکنش بارش را در عملکرد مطلوب گندم دیم بسیار با اهمیت می‌دانند، به گونه‌ای که کوچک‌ترین تغییر، عملکرد را به میزان زیادی دستخوش نوسان و دگرگونی می‌سازد.

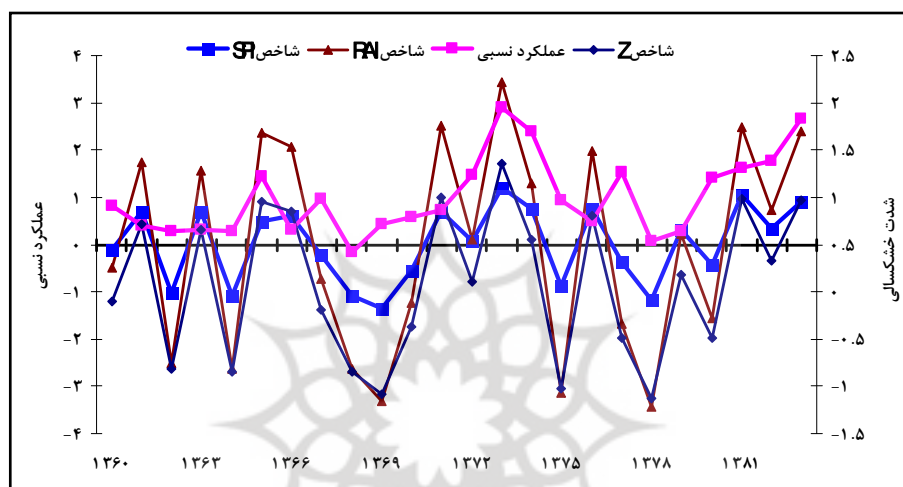
برای تشخیص میزان تأثیر عوامل اقلیمی در مقابل عوامل غیراقلیمی بر عملکرد گندم دیم، با ترسیم عملکرد در واحد سطح گندم به صورت متناظر با سال‌های زراعی، مشخص گردید که عملکرد دارای روندی افزایشی بوده ولی میزان افزایش در سال‌های مختلف به دلیل کم بودن ضریب همبستگی ( $R^2=0/2$ ) چندان زیاد نبوده است. کم بودن ضریب همبستگی می‌تواند دلیل بر عدم تأثیرپذیری عملکرد از عوامل زراعی باشد، که عدم نیاز به روندزدایی عملکرد را نشان می‌دهد. از این رو، انتخاب شاخص عملکرد نسبی‌ای که تا حدودی تأثیرات عوامل غیراقلیمی (زراعی، انسانی و رشد فناوری) را حذف می‌کند، مناسب به نظر می‌رسد.



شکل ۴. عملکرد در واحد سطح و روند آن در سال‌های مختلف زراعی برای منطقه همدان

در شکل ۵ برآوردهای سالیانه شاخص‌های خشکسالی در مقایسه با عملکرد نسبی گندم دیم نمایش داده شده است. شکل ۵ به خوبی نشان می‌دهد که شاخص‌های مطالعه شده، روند همسویی را در خصوص عملکرد نسبی گندم دیم و به طریق اولی بارش نسبی (شکل ۳) دارند، زیرا تمامی شاخص‌های انتخابی از نوع اقلیمی‌اند و برتری ذاتی به یکدیگر

ندارند. بر این مبنای تمامی شاخص‌ها تقریباً ۵ خشکسالی با شدت‌های مختلف را برای دهه ۷۰ و همین تعداد را برای دهه ۶۰ نشان می‌دهند. لیکن شاخص SPI در دهه ۷۰ خشکسالی‌های با شدت کمتری را نسبت به دیگر شاخص‌ها نشان داده است که می‌تواند توجیه‌گر افزایش ۱/۴۲ برابری عملکرد نسبی گندم در دهه ۷۰ در مقایسه با دهه ۶۰ باشد، زیرا افزایش نسبی عملکرد به شدت تابع طبیعت در ریزش‌های حجمی و متناسب با نیاز است. برتری شاخص SPI در تحقیقات لشنی‌زند و تلوری (۱۳۸۴، ۸۵) و مقدسی و همکاران (۱۳۸۴، ۲۱۸) و اختری و همکاران (۱۳۸۵، ۳۱) نیز بیان شده است.



شکل ۵. نمودار سری زمانی میانگین سالانه خشکسالی شاخص‌های مختلف منطقه مطالعاتی

از طرفی در جدول ۳ نشان داده شد که شاخص Z برای فصل تابستان هیچ‌گاه خشکسالی شدید و بسیار شدید را نشان نداده است. شاید این نتیجه قدری دور از واقعیت باشد، زیرا بر مبنای جدول ۲ منطقه همدان از بارش‌های فصل تابستان بی‌بهره است، که خود دلیلی بر وجود خشکسالی شدید یا بسیار شدید به‌شمار می‌آید. از طرفی، شاخص RAI بیشتر مشابه مدل‌های اقلیمی است که سعی دارد با در نظر گرفتن تغییرات حدی، خشکسالی را برآورد کند و تغییرات در میانه‌ها را در نظر نمی‌گیرد. این در حالی است که روند تغییرات کوچک فقط در شرایط میانه منجر به تغییرات بزرگ در فراوانی رویدادهای حدی می‌شود (تقوی و محمدی، ۱۳۸۶، ۱۸). بنابراین در صورت افزایش تغییرات مثبت یا منفی در میانه، شاخص RAI به سمت شدت‌های زیاد ترسالی یا خشکسالی میل می‌کند. شاید بتوان گفت شاخص RAI با در نظر گرفتن دامنه بارش‌های حداکثر و حداقل، بیشتر برای نشان دادن بزرگی تغییرات و مخاطرات ناشی از شرایط حدی به کار می‌آید. آنچه مسلم است، تغییر در فرکانس و شدت رویدادهای حدی در مقایسه با تغییرات در متوسط اقلیمی در کوتاه‌مدت آثار شدیدتری بر فعالیت‌های انسانی و محیط زیست بر جای می‌گذارد (بخش درون‌گروهی تغییر اقلیم، ۱۹۹۶، ۴۳۳). به این ترتیب می‌توان شاخص RAI را برای مناطق یا فصل‌های دارای نوسانات اقلیمی مناسب دانست.

## نتیجه گیری

بررسی انجام شده نشان داد که شاخص های  $Z$ ،  $RAI$  و  $SPI$  شدت و تداوم خشکسالی فصلی و سالیانه را در سطح منطقه همدان به خوبی برآورد کردند و شاخص  $PNPI$  در مقیاس فصلی نتایج مشابهی با سایر شاخص ها ارائه داد. ضمن آنکه شدت خشکسالی های رخ داده فارغ از نوع شاخص، بیشتر در حد متوسط و خفیف برآورد گردید. برآوردهای حاصل از  $SPI$  در بلندمدت در خصوص وجود یک خشکسالی سخت و شدید، در طی یک دوره ۳۰ ساله (ایران) با نتایج کار پژوهشگرانی نظیر کردوانی (۱۳۸۴، ۲۲) همخوانی دارد.

از دیدگاه کشاورزی نیز شاخص های  $Z$ ،  $RAI$  و  $SPI$  روندی همسو با شاخص زراعی عملکرد نسبی گندم دیم داشتند، لیکن شاخص  $SPI$  از نظر شدت خشکسالی های برآوردی با شاخص زراعی عملکرد نسبی گندم همخوانی مطلوب تری داشت که مشابه نتایج دربندی و همکاران (۱۳۸۶، ۱۱۲) است. لذا شاخص  $SPI$  از دیدگاه کشاورزی و حساسیت بیشتر و مناسب آن در مقیاس های زمانی کوتاه نظیر فصلی مناسب به نظر می رسد، ضمن آنکه شاخص  $SPI$  در مقیاس سالانه هم برآوردهای خوبی از شدت و تداوم خشکسالی داشت. بنابراین، از دیدگاه کشاورزی، شاخص  $SPI$  در مقیاس سالانه و فصلی با توجه به سازگاری با نتایج بانژاد و همکاران (۱۳۸۵، ۶۶)، لشنی زند و تلوری (۱۳۸۴، ۸۵) و مقدسی و همکاران (۱۳۸۴، ۲۱۸) پیشنهاد می گردد.

## منابع

- Agriculture Statistics, 2002, **Prominent Basis Statistics**, Jihad Agriculture Hamedan Organization.
- Akhtari, R., Mahdian, M.H. and Morid, S., 2007, **Assment of Spatial Analysis of SPI and EDI Drought Indices in Tehran Province**, Iran-Water Res, 2(3): 27-38.
- Alizadeh, A., 2005., **Principles of Applied Hydrology**, Ferdowsi University of Mashhad Publish, 17th Edition, pp. 816.
- Azizi Gh., 2000, **Estimate of Effective Rainfall in Related to Wheat Dry Farming (A Case Study of Khorram Abad Plain)**, Researches in Geography, No. 39: 115-123.
- Banejad, H., Zare Abyaneh, H., Nazarifar, M.H. and Sabziparvar, A., 2006, **Application of Standard Precipitation Index (SPI) with Geostatistic Method for Analyzing Meteorological Drought in Hamedan Province**, 6(2): 63-73.
- Brunini, O., Pinto, S., Zullo, J., Barbano, M.B.P., Camargo, A., Rogerio., B., Pedro, M. and Giuseppe P., 2000, **Drought Quantification and Preparedness in Brazil- the Example of Sao Paulo State**, Proceedings of an Expert Group Meeting, V.1, p.89 – 103.
- Chamani A., Makhdoum M., Jaffari M., Khorasani, N., Cheraghi, 2005, **Environmental Impact Assessment of Hamadan Province (W. Iran) by Degradation Model**, Journal of Environmental Studies, 37(31):35-44.
- Darbandi, S., Kaveh, F., Fakhery Fard, A., Sedgy, H. and Kamali, Gh., 2008, **Introducing of a**

- New Index for Agricultural Drought Severity Evaluating on the Basis of Relative Yield**, Journal of Agricultural Sciences Islamic Azad University 13(1):107-123.
- Edvard, D., 1993, **Methodology: Spi Defined**, Chapter 3 of Master's thesis, National Drought Mitigation center.
- Guttman, N., 1998, **Comparing the Palmer Drought Index and the Standardized Precipitation Index**, J. of Am. Water Resources Association, 34, PP.113-121.
- Hardy, J., 2003, **Climate Change, Causes, Effects and Solutions**, John Wiley Sons. Ltd, pp. 39.
- Heim, J., 2002, **A Review of Twentieth-century Drought Indices Used in the United States**, Bulletin of Am, Meteorological Society, 83(8), PP. 1149-1165.
- Hossini, M.T., Siosemarde, A., Fathi, P. and Siosemarde M., 2007, **Application of Artificial Neural Network (ANN) and Multiple for Estimation assessing the Performance of Dry Farming Wheat Yield in Ghorveh Region, Kurdistan Province**, Agricultural Research (Water, Soil & Plant Agriculture) 7(1): 41-54.
- Houghton, J., Meira, F., BA Callender, Harris, T., Kattenberg and Ken Maskell (Eds), 1995, **Second Assessment Report (SAR)**, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Climate Change 1995: The Science of Climate Change – Contribution of Working Group I, Cambridge University Press, p. 6 of summary for policy-makers, p. 572.
- Kamali, Gh.A., 1998, **Determination of the Most Suitable Data of Plantation for Wheat in Dry land of the Western Regions of Iran with Application of Climatic Potentials and Start of Rain**, Geographical Research, Tome, 45: 13-24.
- Kardavani P., 2001, **The Draught and Contrasting Styles with that in Iran**, Tehran University Press, Pp. 28-33.
- Kazemi A., 2006, **Evaluation of Indices Drought and Aridity in Climatic Condition Hamedan Province**, Msc. Thesis, Irrigation Department, College of Agriculture, Bu Ali Sina University, p. 99.
- Lashani Zand, M. and Telvari A., 2006, **An Investigation on Climatological Draught and its Prediction of Feasibility in Six Basin in West and North-West of Iran**, Geographical Research, tome 72:73-86.
- Lashni Zand, M. and Kharamian, N., 2001, **Continental Drought Zoning in Lorestan Province with Statistic Indexes**, Proceeding of the First National Conference on the Study of Combat Strategies in Water Crisis, Zabol University, pp. 109-121.
- Moghaddasi, M., Paymozd, Sh. And Saied, M., 2005, **Monitoring the Draught During 1998 to 2000 in Tehran Province, Using EDI, SPI, DI indices and Geographical Information System**, Modarres Human Sciences Quarterly Journal (Geography), Tome 9(1): 197-220.
- Mohammadi, H. and Javari, M., 2007, **Precipitation Changes of Iran**, Journal of Environmental Studies, 32 (40): 87-100.
- Mohseni Saravi, M., Safdari, A., Sghafian, B. and Mahdavi, M., 2005, **Severity, Frequency, Duration and Area Analysis of Karoon Basin Droughts Using the Standardized Precipitation Index (SPI)**, Iranian Journal Natural Research, 57(4): 607-620.

- Mozaffari, Gh. And Ghaemi H., 2003, **Rain Fall Condition Analysis in Dry Land Farming Area (Case Study: East of Kermanshah)**, Research in Geography, N. 42: 103- 119.
- Nasaji Zavare, M. and Sanee, M., 2002, **Appointment Period of Drought with Use of Drought Index SPI. Proceeding of the First National Conference on the Study of Combat Strategies in Water Crisis**, Zabol University, pp: 109-121.
- Noohi, K. and Asgari, A., 2006, **Study of Drought and Return Priod Drought in Qum Region, Agricultural Aridity and Drought**, Scientific and Extension Quarterly, Hahad Agriculture, No. 15. pp. 47-64.
- Puhe, H., Ulrich., B. and Achim D., 2001, **Global Climate Change and Human Impacts on Forest Ecosystems**, Springer Verlage Berlin eidolberge Germany, P. 592.
- Rouhani, S., 2006, **Determiation of Optimum Cropping Pattern with the Empasis on Sustainability of Water Resources: A Case study of Hamadan-Bahar Plain**, Ph.D. Thesise, University Colleges of Agriculture & Natural Resources, College if Agricultural Economics & Development, University of Tehran, Pp. 205.
- Sabziparvar A., Ghafouri M., Maryanaji Z., 2009, **Evaluation of Sensitivity of Some Existing Evapotranspiration Models of Climate Change Signals in Cold Semi-arid Climate of Hamedan**, Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources Special Issue Water, Soil and Resources, 12 (46B): 581-593.
- Sabziparvar, A., Kazemi, A., Maroufi, S., Bazrafshan J., Ghafouri, M., **Study of Seven Meteorological Drought Indices, Using Cluster Analysis Technique (Case Study: Hamedan Province)**. (In Peress).
- Taghavi, F. and Mohammadi, H., 2007, **Study the Return Period of Extreme Climate Events for Reduction of Environmental Impact**, Journal of Environmental Studies, 33(43): 11-20.
- Trnka, M., Hlavinka, P., Semerádová, D., Dubrovský, M., Žalud, Z., and Možný M., 2007, **Agricultural Drought and Spring Barley Yields**, PLANT SOIL ENVIRON, 53(7), 306-316.
- Willeke, G., Hosking, J., W, J. and Guttman, N., 1994, **The National Drought Atlas**, Institute for Water Resources Report 94-NDS-4, U.S. Army Corps of Engineers, P. 587.
- Yarahmady, D. and Nasiri, B., 2005, **Application of the Integrative Panel Model to Examine the Relationship between the Yield of Dry Wheat and the Parameters: Lorestan Province (Case Study)**, Modarres Human Sciences, Vol. 8. No. 4 (tome 35): 175-190.
- Zweirs, F., 1994, **Changes in Screen Temperature Extreme under a Doubling of Co2 in: Boer GJ ed Reasearch Activities in Atmospheric and Oceanic Modeling**, World Meteorological Organization thecnical document 592, WMO, Genva, CAS/JSC Working Group Numerical Experimentation, Report 19, February 1994, WMO/TD-No. 592, PP. 7.44-7.46.