

ارزیابی دوره‌ی بازگشت خشکسالی کشاورزی گندم در استان فارس با استفاده از شاخص RDI

حسین زندی لک^{۱*}، حمیدرضا فولادمند^۲، فردین بوستانی^۳

تاریخ دریافت: ۹۱/۷/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱/۲۵

چکیده

خشکسالی پدیده‌ای است طبیعی که فراوانی آن در مناطق خشک و نیمه خشک ایران، بویژه و استان فارس بسیار زیاد است. ارزیابی و پایش خشکسالی از نیازهای اساسی برنامه‌ریزیهای مدیریت کشاورزی و منابع آب برای کاهش اثرات آن به‌شمار می‌رود. بدین منظور، استفاده از شاخصهای خشکسالی پیشنهاد می‌شود. از جمله شاخصهای مزبور می‌توان به شاخص شناسایی خشکسالی (RDI) اشاره نمود. در این تحقیق، دوره‌ی بازگشت خشکسالی کشاورزی گندم در استان فارس بر مبنای شاخص RDI مورد ارزیابی قرار گرفت؛ و به این منظور، از داده‌های هواشناسی ۱۲ ایستگاه سینوپتیک با حداقل ۱۰ سال آمار در سطح استان مزبور استفاده شد. در این تحقیق روش پنمن - مانیتیت برای محاسبه‌ی تبخیر- تعرق به کار رفت. سپس شدت خشکسالی RDI بهنجار و معیار شده برای هر سال زراعی به دست آمد. پس از طبقه‌بندی شدت خشکسالی گندم مشخص شد که در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه، خشکسالی بهنجار بیشترین تداوم را داشته است. همچنین نقشه‌های پهنه‌بندی خشکسالی گندم با دوره‌های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ سال نیز تهیه گردید. نتایج حاکی از آنند خشکسالی کشاورزی گندم در دوره‌های بازگشت ۲ و ۵ سال، در کل استان فارس بهنجار می‌باشد، اما در دوره‌های بازگشت ۱۰، ۲۵ و ۵۰ سال شرایط متفاوتند.

واژه‌های کلیدی: استان فارس، تبخیر- تعرق، خشکسالی کشاورزی، دوره‌ی بازگشت، شاخص شناسایی خشکسالی.

^۱ - دانش آموخته‌ی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مرودشت

^۲ - دانشیار گروه آبیاری و زهکشی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مرودشت

^۳ - استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات فارس

* - نویسنده مسئول مقاله: h4zandi@gmail.com

مقدمه

خشکسالی وضعیتی از کمبود بارندگی و افزایش دماست که ممکن است در هر وضعیت اقلیمی رخ دهد (علیزاده، ۱۳۸۴). کمی بارش و نوسانهای شدید آن سبب عدم اطمینان جهت دریافت کمترین اندازه‌ی بارش مورد نیاز برای مصارف کشاورزی، تأمین جریان سطحی و تغذیه آبهای زیرزمینی و مصارف انسانی می‌شود (پیرمردیان و همکاران، ۱۳۸۷).

در مطالعات پایش خشکسالی، برای ارزیابی ساده از سه ویژگی خشکسالی یعنی شدت، مدت و گسترش استفاده می‌شود. همچنین، برای مقایسه‌ی خشکسالی از منطقه‌ای به منطقه دیگر در زمانهای مختلف، نیاز به کاربرد شاخص‌های خشکسالی می‌باشد. شاخص‌های خشکسالی عناصر مهم پایش و برآورد آن به‌شمار می‌روند. شاخصها اطلاعات مهم و مفیدی را برای برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت استفاده از منابع آب در اختیار کاربران قرار می‌دهند.

از جمله شاخص‌های خشکسالی کشاورزی می‌توان به شاخص شناسایی خشکسالی یا RDI^۱ اشاره نمود. این شاخص، بارندگی (P) را به عنوان ورودی و تبخیر- تعرق بالقوه (ET_p) را به عنوان خروجی در نظر می‌گیرد؛ لذا، در این حالت، به داده‌های هواشناسی و بارندگی نیاز است که تقریباً همه جا در دسترسند (اسدی زارچ و همکاران، ۱۳۸۸).

در همین زمینه، جمشیدی و همکاران (۱۳۸۸) از شاخص SPI^۲ و RDI جهت تحلیل بارش و خشکسالی در ایستگاههای منتخب سینوپتیک ایران استفاده کردند. نتایج نشان دادند که هر دو شاخص رفتار نسبتاً مشابهی داشته، ولی شاخص RDI، با توجه به شرایط آب و هوایی، می‌تواند از حساسیت بیشتری برخوردار باشد؛ افزون بر آن، از نقش تبخیر-تعرق در روند خشکسالی نمی‌توان صرف نظر کرد. زندی لک و همکاران (۱۳۹۱) رابطه‌ای را با استفاده از شاخص RDI، برای تخمین شدت خشکسالی گندم بر مبنای تبخیر-تعرق و بارندگی در سطح استان فارس ارائه کردند. کانللو و همکاران

(۲۰۰۸)، شاخص RDI را برای ارزیابی خشکسالی در یونان، مورد استفاده قرار دادند. ترسیم نقشه‌های خشکسالی در محیط GIS نشان داد که این شاخص ویژگیهای خشکسالی را به خوبی توصیف می‌کند. خلیلی و همکاران (۲۰۱۱) با ارزیابی دو شاخص SPI و RDI در ایستگاههای هواشناسی منتخب ایران به این نتیجه رسیدند که استفاده از آمار تبخیر-تعرق دقت و حساسیت تعیین خشکسالی را بیشتر می‌کند؛ افزون بر آن، کاربرد شاخص RDI در تعیین خشکسالی کشاورزی نتیجه بهتری را در پی دارد. شمس نیا و همکاران (۲۰۱۲)، با مقایسه‌ی شاخصهای SPI و RDI در چند منطقه‌ی استان فارس به این نتیجه رسیدند که در دوره‌های خشک و مرطوب، مقیاسهای زمانی کوتاه مدت، افزایش بارندگی به تبخیر-تعرق و دیگر فراسنجهای هواشناسی بستگی دارد.

با توجه به دلایل منطقی برای استفاده از تبخیر-تعرق بالقوه در برآورد شدت خشکسالی، برتری شاخص RDI در ارزیابی خشکسالی کشاورزی قابل تشخیص است. همچنین، بررسیها نشان داده‌اند که از این شاخص برای ارزیابی خشکسالی استان فارس کمتر استفاده شده است. با توجه به این نکته که گندم بیشترین سطح زیر کشت را در بین محصولات کشاورزی استان فارس دارا بوده، و همچنین، خشکسالیهای اخیر زیانهای زیادی را بر بخش کشاورزی و منابع آب بر جای گذاشته است، در این تحقیق ارزیابی دوره‌های بازگشت خشکسالی کشاورزی گندم در استان فارس بر مبنای شاخص RDI مورد توجه قرار گرفته است.

روش پژوهش

در مطالعات خشکسالی، داده‌های بارندگی و هواشناسی به عنوان مهمترین منبع اطلاعاتی به حساب می‌آیند. هر چه تراکم ایستگاهها در این گونه مطالعات بیشتر باشد، نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آمار و اطلاعات دقیقتر خواهند بود. در این تحقیق از داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های سینوپتیک استان فارس، که دارای حداقل ۱۰ سال آمار بوده، و از نظر موقعیت جغرافیایی و شرایط آب و هوایی از توزیع مناسبی در سطح استان برخوردار می‌باشند، استفاده شده است.

¹- reconnaissance drought index

²- standardized precipitation index

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در این تحقیق را نشان می‌دهد.
جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در این تحقیق

نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	سالهای آماری
آباده	۳۱ درجه و ۱۱ دقیقه	۵۲ درجه و ۴۰ دقیقه	۲۰۳۰ متر	۱۳۶۵-۱۳۸۸
داراب	۲۸ درجه و ۴۷ دقیقه	۵۴ درجه و ۱۷ دقیقه	۱۰۹۸ متر	۱۳۷۴-۱۳۸۸
سد درودزن	۳۰ درجه و ۱۳ دقیقه	۵۲ درجه و ۲۶ دقیقه	۱۶۲۰ متر	۱۳۶۶-۱۳۸۸
اقلید	۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه	۵۲ درجه و ۳۸ دقیقه	۲۳۰۰ متر	۱۳۷۴-۱۳۸۸
ایزدخواست	۳۱ درجه و ۳۲ دقیقه	۵۲ درجه و ۰۷ دقیقه	۲۱۸۸ متر	۱۳۷۸-۱۳۸۸
فسا	۲۸ درجه و ۵۸ دقیقه	۵۳ درجه و ۴۱ دقیقه	۱۲۸۸ متر	۱۳۶۴-۱۳۸۸
چهرم	۲۸ درجه و ۲۹ دقیقه	۵۳ درجه و ۳۲ دقیقه	۱۰۸۲ متر	۱۳۶۳-۱۳۸۸
لار	۲۷ درجه و ۴۱ دقیقه	۵۴ درجه و ۱۷ دقیقه	۷۹۲ متر	۱۳۷۰-۱۳۸۸
نی ریز	۲۹ درجه و ۱۲ دقیقه	۵۴ درجه و ۲۰ دقیقه	۱۶۳۲ متر	۱۳۷۹-۱۳۸۸
شیراز	۲۹ درجه و ۳۲ دقیقه	۵۲ درجه و ۳۶ دقیقه	۱۴۸۴ متر	۱۳۶۴-۱۳۸۸
تخت جمشید	۲۹ درجه و ۵۶ دقیقه	۵۲ درجه و ۵۴ دقیقه	۱۶۰۵ متر	۱۳۷۸-۱۳۸۸
زرقان	۲۹ درجه و ۴۷ دقیقه	۵۲ درجه و ۴۳ دقیقه	۱۵۹۶ متر	۱۳۶۶-۱۳۸۸

بدین شرح بود که ابتدا با استفاده از رابطه‌ی ۲ برای هر سال (i) از دوره‌ی آماری مورد مطالعه، مقداری با عنوان a_0 محاسبه شد (تیساکیریس و ونجلیس، ۲۰۰۵):

$$a_0^{(i)} = \frac{\sum_{j=1}^{12} P_{ij}}{\sum_{j=1}^{12} ET_{ij}} \quad (2)$$

که در آن

P : بارندگی؛ و

ET : تبخیر-تعرق بالقوه‌ی گندم در i امین ماه سال i می‌باشند.

مقدار i از یک تا N (تعداد سالهایی است که آمار آنها در دسترس است) تغییر خواهد کرد. چنانچه بارندگی و تبخیر-تعرق به صورت سالانه محاسبه شود، نیازی به جمع کردن مقادیر ماهانه در این رابطه نخواهد بود. گام بعدی تعیین شاخصی با عنوان RDI بهنجار (یا RDI_n) هر سال است که از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود (تیساکیریس و ونجلیس، ۲۰۰۵):

$$RDI_n^{(i)} = \frac{a_0^{(i)}}{\bar{a}_0} - 1 \quad (3)$$

که در آن \bar{a}_0 : میانگین حسابی اعداد a_0 هر سال می‌باشد. جهت محاسبه شاخص معیار شده RDI (یا RDI_s) از مقادیر سالانه‌ی a_0 لگاریتم طبیعی گرفته شد که عددی با عنوان y_i به دست آمد ($y_i = \ln(a_0^{(i)})$). سپس، میانگین حسابی و انحراف معیار معیار این اعداد

در این تحقیق، برای تعیین خشکسالی کشاورزی گندم از شاخص RDI استفاده شد که به دو فراسنج بارندگی و تبخیر-تعرق بالقوه گیاه وابسته است. برای محاسبه‌ی تبخیر-تعرق بالقوه گندم، ابتدا تبخیر-تعرق بالقوه‌ی گیاه مرجع با کاربرد روش پنمن-مانتیت (آلن و همکاران، ۱۹۹۸) به دست آمد. سپس مقادیر میانگین ضریب گیاهی گندم به صورت ماهانه، و بر اساس فصل رشد، در هر یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه محاسبه گردید. مقدار تبخیر-تعرق بالقوه‌ی گندم با کاربرد معادله‌ی زیر به دست آمد (فولادمند، ۱۳۸۸):

$$ET_P = K_C \times \quad (1)$$

ET_0

که در آن

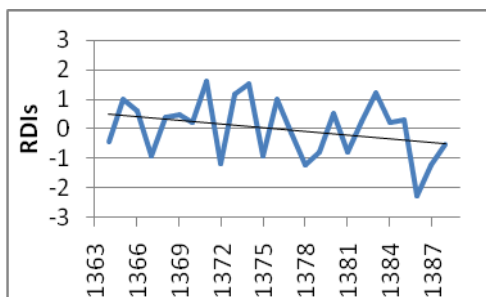
ET_P : تبخیر-تعرق بالقوه گندم،

ET_0 : تبخیر-تعرق بالقوه گیاه مرجع؛ و

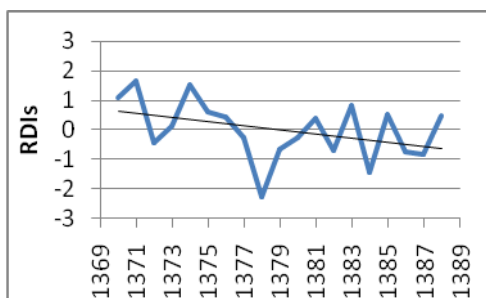
K_C : ضریب گیاهی گندم می‌باشند.

محاسبه و طبقه‌بندی شاخص RDI

این شاخص به‌وسیله‌ی تیساکیریس و ونجلیس (۲۰۰۵) ارائه شد. سپس توضیحات کاملتری در نشریات بعدی به‌وسیله‌ی تیساکیریس و همکاران (۲۰۰۷) عرضه گردید. برای تعیین خشکسالی با استفاده از شاخص RDI نیاز به داشتن آمار بارندگی و تبخیر-تعرق بالقوه ماهانه، و یا مجموع سالانه‌ی این دو فراسنج است. روش محاسبه



شکل ۲- تغییرات زمانی خشکسالی گندم بر اساس شاخص RDI_s در ایستگاه شیراز.



شکل ۳- تغییرات زمانی خشکسالی گندم بر اساس شاخص RDI_s در ایستگاه لار.

بررسی نمودارهای تغییرات خشکسالی گندم در ۱۲ ایستگاه نشان داد که روند کلی این پدیده منفی بوده است، که این موضوع با خشکسالی‌های اخیر استان فارس همخوانی دارد. همچنین، طبقه‌بندی خشکسالی گندم، بر اساس شاخص RDI_s نشان داد که خشکسالی با طبقه‌بندی بهنجار در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه، بیشترین تداوم را داشته است. در جدول‌های ۳ و ۴، به ترتیب، نتایج کلی بررسی خشکسالی و ترسالی در طول دوره‌ی آماری مورد مطالعه هر ایستگاه ارائه شده‌اند.

محاسبه، و به ترتیب \bar{y}_k و $\hat{\sigma}_{yk}$ نامیده شدند. نهایتاً شاخص معیار شده RDI در هر سال با کاربرد رابطه‌ی زیر محاسبه شد (تیساکیریس و ونجلیس، ۲۰۰۵):

$$RDI_s^{(i)} = \frac{y_k^{(i)} - \bar{y}_k}{\hat{\sigma}_{yk}} \quad (۴)$$

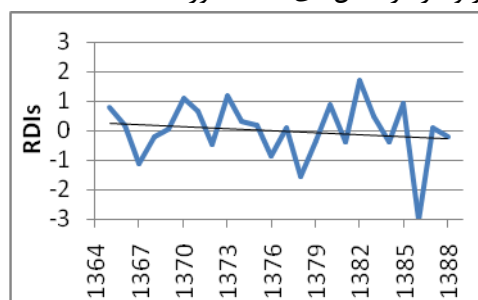
تفسیر مقادیر به دست آمده از این روش بر اساس جدول ۲ انجام گردید (تیساکیریس و ونجلیس، ۲۰۰۵).

جدول ۲- طبقه بندی شاخص RDI.

مقدار شاخص RDI	طبقه بندی خشکسالی
۲ و بیشتر	به شدت مرطوب
۱/۵۰ تا ۱/۹۹	خیلی مرطوب
۱/۰۰ تا ۱/۴۹	نسبتاً مرطوب
۰/۹۹ تا -۰/۹۹	متوسط (بهنجار)
-۱/۰۰ تا -۱/۴۹	نسبتاً خشک
-۱/۵۰ تا -۱/۹۹	خیلی خشک
-۲ و کمتر	به شدت خشک

نتایج و بحث

با استفاده از داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های نامبرده در جدول ۱ در کلیه‌ی سالهای دارای آمار، و پس از قرار دادن در رابطه‌ی پنمن-مانتیت، اندازه‌ی تبخیر-تعرق گیاه مرجع محاسبه گردید. سپس مقادیر RDI جهت تعیین شدت خشکسالی تمامی ایستگاه‌ها در طول دوره‌ی آماری مورد نظر محاسبه، و با استفاده از جدول طبقه‌بندی شاخص RDI، مقدار کمی این شاخص به مقادیر کیفی شدت خشکسالی تبدیل گردیدند. نمودار تغییرات زمانی شاخص RDI_s ایستگاه‌های آباد، شیراز و لار در شکل‌های ۱ تا ۳ آورده شده‌اند.



شکل ۱- تغییرات زمانی خشکسالی گندم بر اساس شاخص RDI_s در ایستگاه آباد.

جدول ۳- نتایج کلی بررسی خشکسالی در طول دوره آماری مورد مطالعه هر ایستگاه.

نام ایستگاه	سال‌های زراعی دچار خشکسالی	سال زراعی دچار شدیدترین خشکسالی
آباده	۶۷-۶۸ و ۷۸-۷۹ و ۸۶-۸۷	۸۶-۸۷
داراب	۷۸-۷۹ و ۷۹-۸۰ و ۸۴-۸۵ و ۸۶-۸۷	۸۶-۸۷
سد درودزن	۶۷-۶۸ و ۷۲-۷۳ و ۷۸-۷۹ و ۸۶-۸۷	۸۶-۸۷
اقلید	۷۸-۷۹ و ۸۶-۸۷	۸۶-۸۷
ایزدخواست	۸۶-۸۷	۸۶-۸۷
فسا	۶۷-۶۸ و ۷۸-۷۹ و ۷۹-۸۰ و ۸۶-۸۷ و ۸۸-۸۹	۸۶-۸۷
جهرم	۸۶-۸۷	۸۶-۸۷
لار	۷۸-۷۹ و ۸۴-۸۵	۷۸-۷۹
نی ریز	۸۶-۸۷	۸۶-۸۷
شیراز	۷۲-۷۳ و ۷۸-۷۹ و ۸۶-۸۷ و ۸۷-۸۸	۸۶-۸۷
تخت جمشید	۸۶-۸۷	۸۶-۸۷
زرقان	۶۷-۶۸ و ۷۸-۷۹ و ۸۶-۸۷	۸۶-۸۷

جدول ۴- نتایج کلی بررسی ترسالی در طول دوره آماری مورد مطالعه هر ایستگاه.

نام ایستگاه	سال‌های زراعی همراه با ترسالی	مرطوبترین سال زراعی
آباده	۷۰-۷۱ و ۷۳-۷۴ و ۸۲-۸۳	۸۲-۸۳
داراب	۷۴-۷۵ و ۸۳-۸۴	۷۴-۷۵
سد درودزن	۷۱-۷۲ و ۷۳-۷۴ و ۸۰-۸۱	۷۳-۷۴
اقلید	۸۰-۸۱ و ۸۲-۸۳	۸۲-۸۳
ایزدخواست	۸۰-۸۱ و ۸۲-۸۳ و ۸۵-۸۶	۸۲-۸۳
فسا	۶۵-۶۶ و ۷۱-۷۲ و ۷۳-۷۴ و ۷۴-۷۵ و ۸۳-۸۴	۷۴-۷۵
جهرم	۶۵-۶۶ و ۷۱-۷۲	۷۱-۷۲
لار	۷۰-۷۱ و ۷۱-۷۲ و ۷۴-۷۵	۷۱-۷۲
نی ریز	۸۳-۸۴	۸۳-۸۴
شیراز	۷۱-۷۲ و ۷۴-۷۵ و ۷۶-۷۷ و ۸۳-۸۴	۷۱-۷۲
تخت جمشید	۸۰-۸۱ و ۸۳-۸۴	۸۳-۸۴
زرقان	۷۱-۷۲ و ۷۳-۷۴ و ۷۴-۷۵ و ۷۶-۷۷ و ۸۳-۸۴	۷۴-۷۵

توزیع نامناسب بارندگی در نقاط مختلف استان فارس، مرطوبترین سال زراعی در تمام ایستگاه‌ها یکسان نیست؛ بطور مثال مرطوبترین سال زراعی ایستگاه‌های آباده، اقلید و ایزدخواست ۸۲-۸۳، و مرطوبترین سال زراعی ایستگاه‌های جهرم، لار و شیراز ۷۱-۷۲ می‌باشد. هم-چنین، ایستگاه‌های استان از سال زراعی ۸۴-۸۵ تا ۸۹-۸۸ همراه با ترسالی نبوده‌اند، که این نکته مهم نشان دهنده‌ی افزایش شدت خشکسالی در سال‌های اخیر می‌باشد.

هم‌چنین، از جدول ۳ می‌توان نتیجه گرفت که استان فارس بطور متوسط هر ۹ سال دچار خشکسالی در

با توجه به جدول ۳ مشاهده می‌شود که در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه، سال‌های زراعی ۶۷-۶۸، ۷۹-۷۸ و ۸۶-۸۷ دچار خشکسالی (با شدت نسبتاً خشک، خیلی خشک و به شدت خشک) بوده و شدیدترین خشکسالی استان فارس مربوط به سال زراعی ۸۶-۸۷ است.

از طرف دیگر، با توجه به جدول ۴، مشاهده می‌شود که در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه، سال‌های زراعی ۷۱-۷۲، ۷۳-۷۴، ۷۴-۷۵، ۸۰-۸۱ و ۸۳-۸۴ همراه با ترسالی (با شدت نسبتاً مرطوب، خیلی مرطوب و به شدت مرطوب) بوده‌اند. با توجه به اقلیم‌های متنوع و

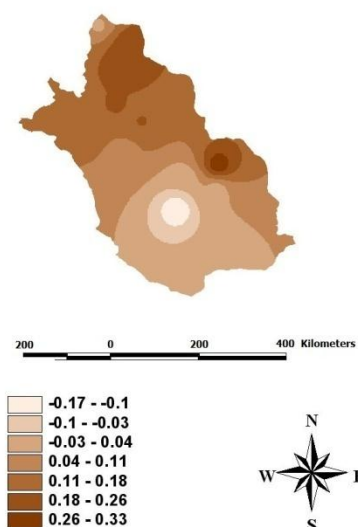
با استفاده از مقادیر محاسبه شده‌ی شاخص RDI_s هر ایستگاه، و با کمک نرم‌افزار SMADA دوره‌ی بازگشت خشکسالی ۲، ۵، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ سال هر ایستگاه به دست آمد. نتایج کلی محاسبات و طبقه‌بندی دوره‌ی بازگشت خشکسالی گندم استان فارس در جدول ۵ ارائه شده‌اند.

اکثر مناطق بوده، و ایستگاه‌های داراب، فسا و شیراز در طول سال‌های زراعی اخیر خشکسالی‌های بیشتری را نسبت به سایر ایستگاه‌ها داشته‌اند. نکته‌ی قابل توجه آن که با وجود اقلیم سرد منطقه‌های آباده، اقلید و ایزدخواست، این ایستگاه‌ها در سالهایی با خشکسالی خیلی خشک و به شدت خشک مواجه بوده‌اند.

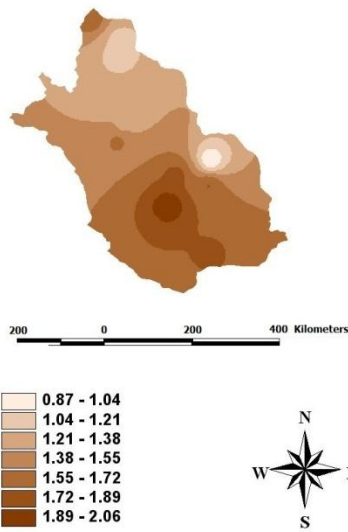
جدول ۵- نتایج کلی محاسبات و طبقه‌بندی مقادیر شاخص RDI_s دوره‌ی بازگشت خشکسالی گندم استان فارس.

نام ایستگاه	۲ سال	طبقه بندی	۵ سال	طبقه بندی	۱۰ سال	طبقه بندی	۲۵ سال	طبقه بندی	۵۰ سال	طبقه بندی
آباده	۰/۲۵	بهنجار	۰/۸۱	بهنجار	۱	نسبتا مرطوب	۱/۱۳	نسبتا مرطوب	۱/۱۹	نسبتا مرطوب
داراب	۰/۰۱	بهنجار	۰/۸۴	بهنجار	۱/۲۷	نسبتا مرطوب	۱/۷۳	خیلی مرطوب	۲/۰۲	به شدت مرطوب
سد درودزن	۰/۱۹	بهنجار	۰/۸۴	بهنجار	۱/۰۸	نسبتا مرطوب	۱/۲۸	نسبتا مرطوب	۱/۳۸	نسبتا مرطوب
اقلید	۰/۲۵	بهنجار	۰/۸۱	بهنجار	۱	بهنجار	۱/۱۲	نسبتا مرطوب	۱/۱۸	نسبتا مرطوب
ایزدخواست	۰/۰۳	بهنجار	۰/۸۵	بهنجار	۱/۲۶	نسبتا مرطوب	۱/۶۸	خیلی مرطوب	۱/۹۵	خیلی مرطوب
فسا	-۰/۰۲	بهنجار	۰/۸۴	بهنجار	۱/۲۹	نسبتا مرطوب	۱/۷۸	خیلی مرطوب	۲/۱۱	به شدت مرطوب
چهرم	-۰/۱۷	بهنجار	۰/۷۴	بهنجار	۱/۳۳	نسبتا مرطوب	۲/۰۶	به شدت مرطوب	۲/۵۸	به شدت مرطوب
لار	۰	بهنجار	۰/۸۴	بهنجار	۱/۲۸	نسبتا مرطوب	۱/۷۵	خیلی مرطوب	۲/۰۵	به شدت مرطوب
نی ریز	۰/۳۳	بهنجار	۰/۷۴	بهنجار	۰/۸۳	بهنجار	۰/۸۷	بهنجار	۰/۸۷	بهنجار
شیراز	۰/۰۷	بهنجار	۰/۸۵	بهنجار	۱/۲۳	نسبتا مرطوب	۱/۶۱	خیلی مرطوب	۱/۸۳	خیلی مرطوب
تخت جمشید	۰/۱۹	بهنجار	۰/۸۴	بهنجار	۱/۰۸	نسبتا مرطوب	۱/۲۸	نسبتا مرطوب	۱/۳۸	نسبتا مرطوب
زرقان	۰/۱۷	بهنجار	۰/۸۵	بهنجار	۱/۱۲	نسبتا مرطوب	۱/۳۶	نسبتا مرطوب	۱/۴۸	نسبتا مرطوب

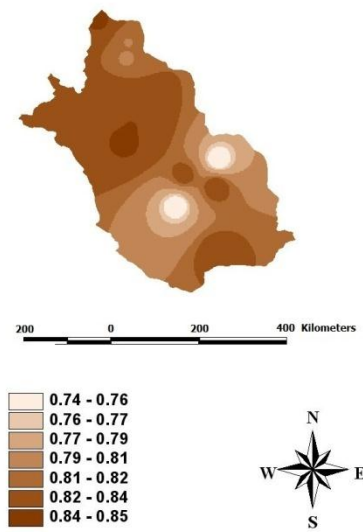
با توجه به نتایج این جدول مشاهده می‌شود که در دوره‌های بازگشت ۲ و ۵ سال، خشکسالی گندم در کل استان فارس بهنجار می‌باشد، اما در دوره‌های بازگشت ۱۰، ۲۵ و ۵۰ سال شرایط متفاوت است. با استفاده از داده‌های مکانی ایستگاه‌های هواشناسی، و مقادیر محاسبه شده، دوره‌ی بازگشت خشکسالی استان فارس بر اساس شاخص RDI_s نقشه‌های پهنه‌بندی با کاربرد نرم‌افزار Arc view رسم شدند. با توجه به این نقشه‌ها، تحلیل وضعیت خشکسالی در دوره‌های بازگشت مختلف انجام گردید. شکل‌های ۴ تا ۱۱ پهنه بندی خشکسالی گندم را در استان فارس در دوره‌های بازگشت مختلف نشان می‌دهد.



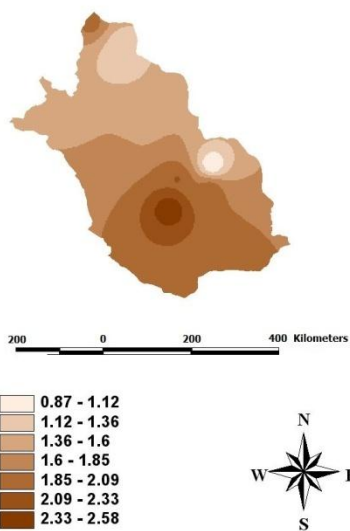
شکل ۴- پهنه‌بندی خشکسالی گندم در استان فارس با دوره‌ی بازگشت ۲ سال (بر اساس شاخص RDI_s).



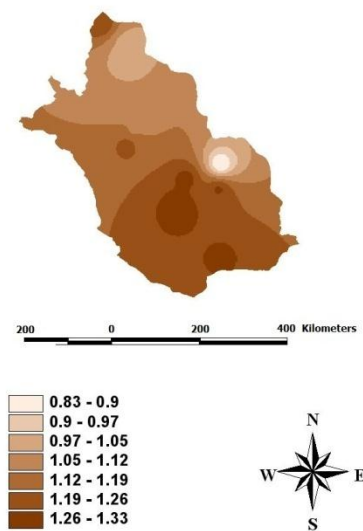
شکل ۷- پهنه‌بندی خشکسالی گندم در استان فارس با دوره‌ی بازگشت ۲۵ سال (بر اساس شاخص RDI_S).



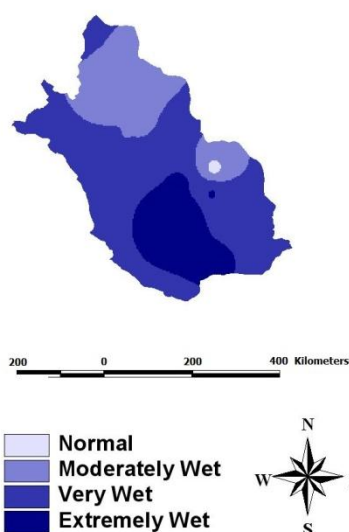
شکل ۵- پهنه‌بندی خشکسالی گندم در استان فارس با دوره‌ی بازگشت ۵ سال (بر اساس شاخص RDI_S).



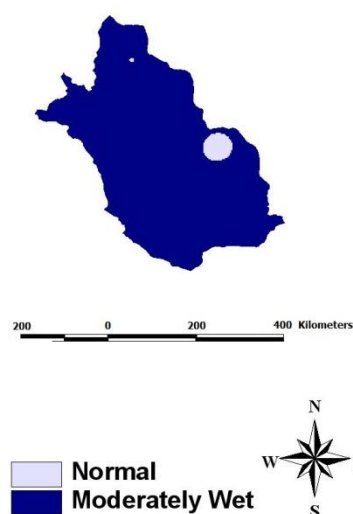
شکل ۸- پهنه‌بندی خشکسالی گندم در استان فارس با دوره‌ی بازگشت ۵۰ سال (بر اساس شاخص RDI_S).



شکل ۶- پهنه‌بندی خشکسالی گندم در استان فارس با دوره‌ی بازگشت ۱۰ سال (بر اساس شاخص RDI_S).



شکل ۱۱- پهنه‌بندی خشکسالی گندم در استان فارس با دوره‌ی بازگشت ۵۰ سال (بر اساس طبقه‌بندی شاخص RDI_S).



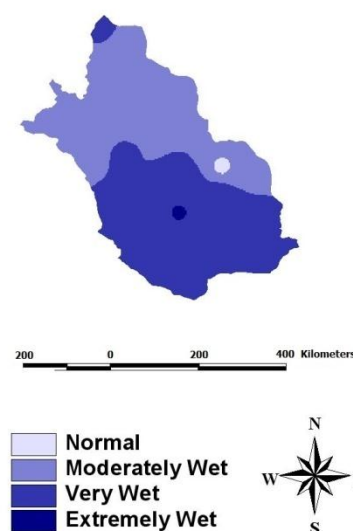
شکل ۹- پهنه‌بندی خشکسالی گندم در استان فارس با دوره‌ی بازگشت ۱۰ سال (بر اساس طبقه‌بندی شاخص RDI_S).

نتیجه‌گیری

با توجه به روند منفی خشکسالی در استان فارس، جدول طبقه‌بندی شاخص RDI_S ، و همچنین این نکته که خشکسالی با شدت بهنجار بیشترین تداوم را داشته است، می‌توان گفت که در صورت کمبود بارندگی و افزایش دمای هوا، و به دنبال آن افزایش تبخیر - تعرق در سالهای زراعی آینده، تغییر وضعیت خشکسالی از شدت بهنجار به شدت‌های خشکتر را شاهد خواهیم بود، که کمبود بارش، و خشکسالیهای ناشی از آن بر رطوبت خاک اثر گذاشته و خشکسالی کشاورزی را در پی دارد. از نظر تأثیرات و پیامدهای خشکسالی، منابع آب و سفره‌های آب زیرزمینی هم در معرض خطر قرار خواهند گرفت.

به علاوه، با بررسی جدول طبقه‌بندی دوره‌ی بازگشت خشکسالی گندم استان فارس نتایج زیر به دست آمدند:

- ۱- دوره‌ی بازگشت خشکسالی با شدت بهنجار در ایستگاههای مورد مطالعه، بطور متوسط بین ۲ تا ۱۰ سال متغیر می‌باشد.



شکل ۱۰- پهنه‌بندی خشکسالی گندم در استان فارس با دوره‌ی بازگشت ۲۵ سال (بر اساس طبقه‌بندی شاخص RDI_S).

منابع

- ۲- دوره‌ی بازگشت خشکسالی با شدت نسبتاً مرطوب در ایستگاه‌های مورد مطالعه، بطور متوسط بین ۱۰ تا ۵۰ سال متغیر است.
- ۳- دوره‌ی بازگشت خشکسالی با شدت خیلی مرطوب در ایستگاه‌های مورد مطالعه، بطور متوسط بین ۲۵ تا ۵۰ سال متغیر می‌باشد.
- نقشه‌های پهنه‌بندی خشکسالی گندم با دوره‌های بازگشت ۲ و ۵ سال خشکسالی کمتری را در نواحی شمالی استان فارس نسبت به نواحی جنوبی آن نشان می‌دهند، همچنین، مناطق شمال و شمال غرب استان وضعیت بهتری را از نظر کشت دیم نسبت به سایر مناطق دارند. نقشه پهنه‌بندی دوره‌ی بازگشت ۱۰ سال خشکسالی گندم وضعیت یکسان رطوبتی را در اکثر نقاط استان فارس نشان می‌دهد. با تحلیل نقشه‌های پهنه‌بندی دوره‌ی بازگشت ۲۵ و ۵۰ سال، وضعیت رطوبتی مناسبتری برای ایستگاه‌های داراب، فسا، جهرم و لار نسبت به سایر ایستگاه‌ها قابل پیش‌بینی است.
- همچنین، بررسی نتایج و نقشه‌های پهنه‌بندی نشان داد که در دوره‌های بازگشت مختلف خشکسالی گندم، ایستگاه نی ریز دارای وضعیت بهنجار است؛ لذا، با توجه به روند منفی خشکسالی، در صورت کمبود بارندگی و افزایش دمای هوا، احتمال وقوع خشکسالی‌های شدید در این منطقه از مناطق دیگر استان بیشتر است.
- پیشنهادها**
- با توجه به این که سازمان هواشناسی از طریق تجزیه و تحلیل داده‌های بلند مدت هواشناسی اقدام به تهیه الگوها و نقشه‌های پیش‌بینی وضعیت آب و هوایی مناطق مختلف کشور می‌کند، لذا به منظور مقابله با خشکسالی استفاده از این نقشه‌ها توصیه می‌شود. البته برای به کارگیری این روش لازم است که احداث ایستگاه‌های هواشناسی جدید در مناطق مرتفع دیم‌خیز در اولویت قرار گیرد، زیرا بیشتر ایستگاه‌های هواشناسی در شهرها و با ارتفاع پایین قرار دارند، در حالی که عمده‌ی مناطق دیم در نقاط مرتفع واقع شده و این مناطق از نظر آب و هوایی با ایستگاه‌های موجود در شهرها تفاوت زیادی دارند.
۱. اسدی زارچ، م. ا.، م.ح. مبین، ح. ملکی نژاد، م.ت. دستورانی، و س. رضایی زارچی. ۱۳۸۸. معرفی شاخص جدیدی برای تشخیص و تعیین خشکسالی و شدت، تداوم و وسعت آن در مناطق خشک ایران. پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
 ۲. پیرمردیان، ن.، س.ا. شمس نیا، ف. بوستانی، و م.ع. شاهرخ نیا. ۱۳۸۷. ارزیابی دوره‌ی بازگشت خشکسالی با استفاده از شاخص استاندارد شده بارش (SPI) در استان فارس. دانش نوین کشاورزی. ۴ (۱۳): ۷-۲۱.
 ۳. جمشیدی، ح.، د. خلیلی، ع.ا. کامگار حقیقی، و ش. زند پارسا. ۱۳۸۸. بررسی و مقایسه شاخص‌های خشکسالی SPI و RDI در ایستگاه‌های منتخب سینوپتیک کشور. دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان.
 ۴. زندی لک، ح. ۱۳۹۱. تعیین خشکسالی کشاورزی گندم در استان فارس با استفاده از شاخص RDI. پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت.
 ۵. زندی لک، ح.، ر. فولادمند، و ف. بوستانی. ۱۳۹۱. ارزیابی خشکسالی کشاورزی استان فارس با استفاده از شاخص RDI. همایش ملی پژوهش‌های راهبردی کشاورزی ایران. دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان.
 ۶. پایگاه سازمان هواشناسی کشور. www.weather.ir
 ۷. علیزاده، ا. ۱۳۸۴. اصول هیدرولوژی کاربردی. دانشگاه امام رضا (ع). چاپ هجدهم.
 ۸. فولادمند، ح. ر. ۱۳۸۸. اصول آبیاری. انتشارات نوید شیراز. چاپ اول.
9. Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration. Irrigation and Drainage Paper. No. 56. FAO. United

13. Shamsnia, S.A., H. Babazadeh, F. Boostani, and H.R. Matinfar. 2012. Comparison of RDI and SPI indices and correlation analysis of meteorological, spectral and thermal indices for drought monitoring in various areas. *Arch. Des. Sci.* 65: 365-378.
14. Tsakiris, G., D. Pangalou, and H. Vangelis. 2007. Regional drought assessment based on the reconnaissance drought index (RDI). *Water Resour. Manage.* 21: 821-833.
15. Tsakiris, G., and H. Vangelis. 2005. Establishing a drought index incorporating evapotranspiration. *Europ. Water.* 9/10: 3-11.
10. Kanellou, E., C. Domenikiotis, E. Tsiros, and N.R. Dalezios. 2008. Satellite-based drought estimation in Thessaly. *Europ. Water.* 23/24: 111-122.
11. Khalili, D., T. Farnoud, H. Jamshidi, A.A. Kamgar-Haghighi, and S. Zand-Parsa. 2011. Comparability analyses of the SPI and RDI meteorological drought indices in different climatic zones. *Water Resour. Manage.* 25: 1737-1757.
12. McKee, T., N. Doesken, and J. Kleist. 1995. Drought monitoring with multiple time scales. Reprints, 9th Conference on Applied Climatology, Dallas, 233-236.