

## بررسی ویژگی‌های خشکسالی حوضه آبخیز هنديجان - جراحی با استفاده از زمین آمار

فاطمه درگاهیان<sup>۱\*</sup>، سکینه لطفی نسب‌اصل<sup>۱</sup>، محمد خسروشاهی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>استادیار بخش تحقیقات بیابان، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران  
<sup>۲</sup>دانشیار بخش تحقیقات بیابان موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران  
تاریخ دریافت: ۹۷/۵/۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۸/۲۰

### چکیده

به منظور ارزیابی و شناخت ویژگی‌های خشکسالی حوضه آبخیز هنديجان - جراحی از بارش دوره آماری ۳۰ ساله استفاده شده است. با توجه به ماهیت داده‌ها از بین شاخص‌های مربوط به ارزیابی خشکسالی، شاخص‌های خشکسالی هواشناسی استفاده شد. برای تعیین بهترین شاخص خشکسالی هواشناسی در یک ماتریس همبستگی به روش ضریب همبستگی پیرسون مقادیر شاخص‌های MCZI، CZI، SZI، SPI، DI، PN با سطح اطمینان ۹۹٪ و ۹۵٪ بررسی و مقایسه گردید. شاخص‌های CZI، SZI، SPI همبستگی قوی بیش از ۰/۹ با هم داشتند که از بین آنها شاخص خشکسالی SPI که توانایی بهتری برای شناسایی شروع و پایان به موقع خشکسالی را دارد، انتخاب و بر اساس آن خشکسالی‌ها به ۴ گروه خشکسالی خفیف، متوسط، شدید و فوق العاده شدید تقسیم شد. بر اساس این شاخص ۵ ویژگی خشکسالی؛ فراوانی تعداد سال‌های همراه با خشکسالی، طولانی‌ترین تداوم، تعداد رخدادها، سال‌های مواجهه و فراوانی رخدادهای شدید و فوق العاده شدید، استخراج شد. برای نرمال‌سازی داده‌های خشکسالی از روش کاکس باکس استفاده شد. بین روش‌های درونیابی قطعی و زمین‌آمار از روش زمین‌آمار کریجینگ معمولی استفاده شد. سپس به منظور بررسی ارزیابی روش‌های برآورد و مدل‌سازی، از ترسیم و آنالیز سمی واریوگرام استفاده شد. برای تعیین اندازه گام، از تابع تحلیل گر مکانی GIS استفاده و اندازه آن بر اساس حداکثر فاصله بین ایستگاه‌ها ۰/۲۴۰۱۵ با ۱۲ گام برآورد گردید. بر اساس متدهای مختلف؛ اسفیریکال، نمایی و گوسی، ویژگی‌های واریو گرام بر اساس معیارهای اثر قطعه‌ای، مقدار آستانه، نسبت واریانس ساختار دار به غیرساختار دار، میانگین، ریشه مربع خطا، متوسط خطای استاندارد و ریشه مربع خطای استاندارد، متد مناسب برای پهنه‌بندی انتخاب گردید. نتایج نشان داد؛ بر اساس پنج ویژگی مورد مطالعه با توجه به اختلاف زیاد توپوگرافی و تنوع عوارض طبیعی و غیر طبیعی و تنوع اقلیمی، ویژگی‌های خشکسالی در حوضه از نظم خاصی تبعیت نمی‌کند؛ اما در مجموع فراوان‌ترین تعداد سال‌های همراه با خشکسالی و بیشترین رخدادهای خشکسالی شدید و فوق العاده شدید، در غرب حوضه آبخیز بیشتر از نیمه شرقی آن می‌باشد، که بیشتر در دهه اخیر رخ داده‌اند.

**واژه‌های کلیدی:** زمین آمار، حوضه آبخیز، هنديجان-جراحی، شاخص‌های خشکسالی

### مقدمه

کشاورزی و امنیت غذایی، تولید برق آبی و صنعت، سلامت انسان و حیوان و امنیت معیشت را با خطر جدی مواجه کند. برای شناسایی شروع، شدت، تداوم، محل، و توقف شرایط خشکسالی از نمایه‌ها یا شاخص‌های خشکسالی استفاده می‌شود. نمایه‌های مربوط به خشکسالی در پنج گروه هواشناسی، رطوبت خاک، آبشناسی، سنجش از دور و گروه ترکیبی، و از نظر سادگی محاسبات در سه طبقه مجزا، سبز (ساده)،

خشکسالی یک بخش طبیعی و جدا نشدنی از اقلیم است و می‌تواند در هر منطقه اقلیمی، بیابانی و حتی جنگلی رخ دهد. در بین بلایای طبیعی خشکسالی فراوان‌ترین بوده و به علت اثرات تدریجی پرهزینه‌ترین بلای طبیعی محسوب می‌شود. خشکسالی می‌تواند

\*نویسنده مسئول: fatemeh.dargahian@gmail.com

خشکسالی‌ها با استفاده از شاخص SPI شش ماهه و ارتباط آن با شاخص نوسان اطللس شمالی برای اروپا نشان داد که تضعیف گردش بادهای غالب غربی با شروع خشکسالی مرتبط است (Bonaccorso et al., 2015). در خاورمیانه بر اساس آمار بلندمدت ۵۰ ساله در مقیاس بزرگ، رخداد لایننا بویژه در سال‌ها ۲۰۰۱-۱۹۹۹ و ۲۰۰۸-۲۰۰۷ نقش مهمی در خشکسالی سراسر منطقه داشته است (Barlow et al., 2016). براساس مدل‌های مختلف اقلیمی و شاخص‌های خشکسالی در سال‌های آتی خشکسالی‌ها با شدت‌ها و ویژگی‌های متفاوت پیش بینی می‌شوند (Feng et al., 2017).

ویژگی‌های خشکسالی و دوره‌های مرطوب از نظر پوشش ناحیه‌ای، شدت، طول مدت، و تنوع در مقیاس فضا و زمان‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. این بینش نه تنها به‌عنوان چشم انداز تاریخی از شرایط ناهنجار خشک و مرطوب، بلکه به تغییر طولانی مدت از آب و هوا در ایالات متحده ارائه می‌شود. شاخص بارش استاندارد (SPI) به معنی تجزیه و تحلیل خشکسالی و دوره‌های مرطوب در مقیاس زمانی مختلف، یک چشم‌انداز است که با شاخص‌های خشکسالی معمول ارائه شده است (Edwards and McKee, 2015; Hao and AghaKouchak, 2014).

از شاخص SPI برای نشان دادن خشکسالی آب‌های زیرزمینی با استفاده از ۲۰۰۰ چاه در آلمان و هلند به عنوان یک شاخص خشکسالی زیرزمینی در هر دو مقیاس محلی و منطقه‌ای استفاده شده است (Musuuza et al., 2016). در بررسی خشکسالی یک منطقه، در بیشتر مطالعات استفاده از شاخص SPI بیشترین کاربرد را داشته است. در برخی مطالعات صرفاً از این شاخص به تنهایی (Farajzadeh and Ahmadian, 2014) و در سایر مطالعات استفاده از این شاخص و یک شاخص کمکی دیگر برای بهتر نشان دادن خشکسالی با توجه به منطقه مورد مطالعه و هدف مطالعه استفاده شده است (Naserzadeh and Usofi et al., 2015; Ahmadi, 2012; et al., 2015; Saraf). بنابراین شاخص SPI یک دانش تصویری و ابزاری جهت تجزیه و تحلیل خشکسالی هواشناسی

زرد و قرمز، توسط سازمان جهانی هواشناسی، با همکاری تعدادی از مراکز بین‌المللی؛ سازمان مشارکت جهانی آب در سال ۲۰۱۶ طبقه بندی شده است.

در محاسبه خشکسالی بر اساس پارامترهای هواشناسی از پارامترهایی نظیر بارش، دما، تبخیر و تعرق و غیره استفاده می‌شود؛ اما شاخص‌هایی وجود دارد که تنها بر اساس بارش محاسبه می‌شوند. شاخص‌های هواشناسی مبتنی بر بارش شامل PN, MCZI, CZI, SPI, SZI, DI هستند که شاخص SPI در بین همه عمومیت بیشتری دارد. در گذشته، به منظور ارزیابی رخداد خشکسالی و سایر ویژگی‌های آن تنها از یکی دو شاخص استفاده می‌شد؛ اما از دو دهه اخیر شاخص‌های متعددی برای ارزیابی خشکسالی با توجه به اهداف گوناگون آن توسعه پیدا کرده است. البته باید از طریق آزمون و خطا برای هر مکان یا منطقه بهترین شاخص را در طول زمان شناسایی و با ساده سازی و قابلیت دسترسی آسان، آن را برای منطقه بومی سازی کرد.

سیستم‌های هشدار دهنده خشکسالی با هدف پیگیری، ارزیابی و ارائه اطلاعات مربوط آب و هوا، شرایط هیدرولوژیکی و تامین آب و ارائه اطلاعات به موقع شروع زودرس خشکسالی براساس یک برنامه مدیریت ریسک، به عنوان وسیله‌ای برای کاهش اثرات بالقوه خشکسالی طراحی می‌شوند. در بیشتر سیستم‌های هشدار خشکسالی از شاخصی استفاده می‌شود که توانایی بهتری برای شناسایی شروع و پایان به موقع خشکسالی داشته باشد، لذا در تحقیق حاضر از شاخص SPI استفاده شده است؛ زیرا این شاخص می‌تواند با نظارت موثر و دقیق، به‌عنوان یک شاخص خشکسالی هواشناسی، کلید شناسایی ریسک و مدیریت اثر بخش یکپارچه خشکسالی باشد. (سازمان هواشناسی و سازمان مشارکت جهانی آب در سال ۲۰۱۶).

رخداد خشکسالی با گردش عمومی جو مرتبط می‌باشد (Kingston et al., 2015). به‌طوری که در مقیاس بزرگ با الگوهای بزرگ مقیاس آب و هوایی نظیر نوسان اطللس شمالی مرتبط است. رخداد

که توزیع و ساختار فضایی - مکانی پدیده‌ها را در نظر می‌گیرد، تقسیم می‌شوند. در مطالعات مربوط به توزیع مکانی بارش معمولاً از روش کریجینگ استفاده شده است. در مطالعه ارزیابی روش‌های زمین‌آمار در برآورد توزیع مکانی بارش استان همدان روش کریجینگ ساده با مدل دایره‌ای مناسب‌ترین روش درون‌یابی مقادیر حداکثر بارندگی می‌باشد (Mozafari et al., 2012). تعیین بهترین روش زمین‌آمار جهت تخمین توزیع بارندگی در استان اصفهان روش کریجینگ معمولی با مدل دایره‌ای مناسب‌ترین روش برای درون‌یابی اطلاعات مقادیر میانگین بارندگی سالانه از خود نشان داد (Mirrosavi et al., 2010). مقایسه روش‌های مختلف زمین‌آمار برای برآورد بارندگی در حوزه آبخیز حاجی قوشان نشان داد که روش کریجینگ معمولی و روش معکوس فاصله وزنی با توان ۵ مناسب‌ترین روش و در رابطه با مدل واریوگرام، مدل گوسی برای تحلیل داده‌های ماهانه و سالانه و حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته مناسب تشخیص داده شد (Nabipoor and Vafakhah, 2016). در مطالعات مربوط به آب‌های زیرزمینی چند روش درون‌یابی مکانی و انتخاب مناسب‌ترین روش برای پهنه‌بندی نیرتات و فسفات در آب زیرزمینی شهرکرد استفاده و روش کریجینگ معمولی به عنوان بهترین روش انتخاب گردید (Kuoeh et al., 2012). در مطالعات مربوط به الگوی تغییرات مکانی جنگل نیز از روش‌های قطعی و زمین‌آمار استفاده و از دو روش کریجینگ و IDW در پهنه‌بندی تراکم و تاج پوشش جنگل‌های شاخه‌زاد بلوط استفاده است (Akhavan et al., 2011).

تا کنون در بیشتر مطالعات پارامترهای اقلیمی نظیر بارش بیشتر از دیدگاه زمین‌آمار مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند و کمتر به مطالعه پدیده‌های اقلیمی نظیر خشکسالی که وابستگی مکانی شدیدی دارند، توجه شده است تنها در یک مورد و به صورت محدوده استانی از این روش برای پهنه‌بندی شدت خشکسالی استفاده شده است (Ghorbani and Motamed, 2016). در تحقیق حاضر از یک شاخص اقلیمی خشکسالی با استفاده از بهترین روش

است، توسط سازمان جهانی هواشناسی به عنوان شاخص پایش شروع خشکسالی انتخاب شده است و به عنوان یک پاسخ اورژانسی در عملیات محیطی است که اولین مزیت آن سهولت استفاده و عملکرد آن نسبت به سایر شاخص‌ها است.

تاکنون مطالعاتی که در زمینه خشکسالی و ویژگی‌های آن در کشور انجام شده است بیشتر یا دیدگاه ایستگاهی، داشته است؛ خشکسالی تالاب شادگان بر اساس داده‌های سه ایستگاه اهواز، آبادان و شادگان بر اساس شاخص SPI و PN (Afzali and Afzali, 2013) و یا دیدگاه استانی داشته‌اند (Afzali, 2013; Shayegh and Soltani, 2011; Broghani et al., 2015). و کمتر مطالعه‌ای به صورت حوضه آبخیزی انجام شده است و این در حالی است که بررسی خشکسالی از این دیدگاه به لحاظ مطالعه جامع حوضه آبخیز اهمیت زیادی دارد زیرا در یک حوضه آبخیز مناطق بالادست و مرتفع حوضه نسبت به مناطق پست و دشت‌های آن با ویژگی‌های مختلف اقلیمی شرایط رخداد خشکسالی متفاوت است و تصمیمات متخذه برای یک حوضه آبخیز نمی‌تواند یکسان باشد از طرفی با استفاده از یک شاخص خشکسالی که توانایی بهتری برای شناسایی شروع و پایان به موقع خشکسالی داشته باشد می‌توان خسارت ناشی از آن را کاهش داد.

به‌منظور، بررسی الگوی گسترش مکانی یا توزیع مکانی پدیده‌ها، از روش‌های درون‌یابی قطعی و زمین‌آمار مختلفی استفاده می‌شود. در بیشتر مطالعات مربوط به توزیع مکانی پدیده‌ها، بارندگی به دلیل ماهیت وابستگی مکانی بیشترین مطالعات را به خود اختصاص داده است (Mosaedi et al., 2012; Aevazi et al., 2012; Mosafari et al., 2012; Safarad et al., 2013). هر چند مطالعاتی هم در زمینه خاکشناسی با استفاده از تغییرات مکانی داده‌ها براساس زمین‌آمار انجام شده است (Mahmuodabadi et al., 2014; Fathi, Hafashjani et al., 2013). روش‌های درون‌یابی به دو دسته؛ روش‌های درون‌یابی قطعی که بیشتر بر روابط هندسی مانند فاصله بین پدیده‌ها استوار است و روش‌های زمین‌آمار

### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی وضعیت خشکسالی در حوضه آبخیز هنديجان و جراحی از آمار مربوط به ایستگاه‌های بارسنج شرکت آب منطقه‌ای وزارت نیرو، در طول دوره آماری ۶۶-۱۳۶۵ تا ۹۴-۱۳۹۵ استفاده شد. با توجه به هدف کار که پهنه‌بندی وضعیت و ویژگی‌های خشکسالی طی یک دوره اقلیمی کامل (۳۰ سال) در یک دوره آماری مشترک بود سایر ایستگاه‌ها با طول دوره آماری کمتر حذف و ۲۸ ایستگاه جهت مطالعه انتخاب گردید (جدول ۱).

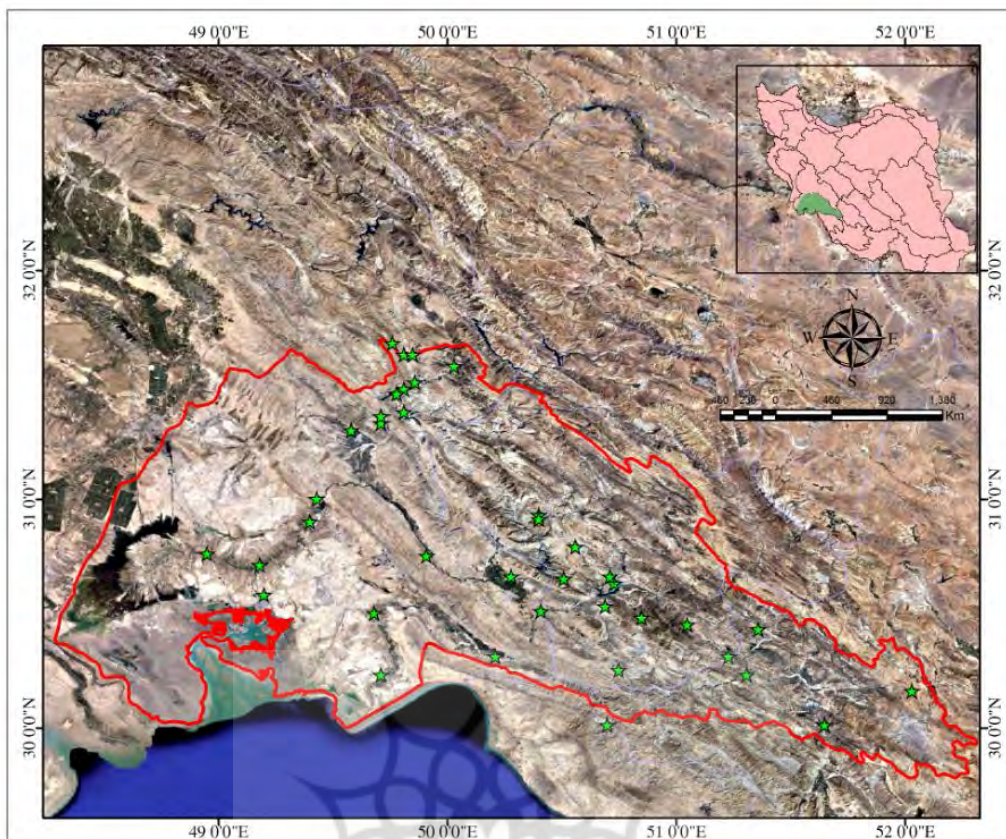
زمین‌آماری جهت پهنه‌بندی ویژگی‌های خشکسالی در محدوده حوضه آبخیز هنديجان - جراحی که بر اساس تقسیمات هیدرولوژیک یک حوضه درجه دو و زیر حوضه آبخیز اصلی خلیج فارس دریای عمان می باشد، استفاده شده است که هدف آن شناخت ویژگی‌های پدیده خشکسالی در حوضه آبخیز مذکور به منظور مدیریت و برنامه ریزی در استفاده از روش‌های مقابله و کاهش آثار خشکسالی در برنامه‌های یکپارچه مدیریت ریسک خشکسالی می‌باشد.

جدول ۱: موقعیت ایستگاه‌های بارانسنجی مورد استفاده

ارتفاع	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	نام ایستگاه	ارتفاع	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	نام ایستگاه
۹۳۰	۳۰،۴۳	۵۱،۳۶	گلبابکان	۱۰۴۰	۳۰،۴۵	۵۱،۰۵	آبدهگه
۴	۳۰،۲۳	۴۹،۷۱	هنديجان	۷۹۳	۳۰،۴۸	۵۰،۸۵	آبجیرک
۳۳۰	۳۱،۳۳	۴۹،۷۱	جوکنک	۳۸۰	۳۰،۵۱	۵۰،۴۱	آب شیرین
۳۰	۳۰،۷۱	۴۹،۱۸	کمپ جراحی	۷۱۷	۳۰،۲۵	۵۰،۷۵	بی بی جان آباد
۴	۳۰،۵۸	۴۹،۲۰	بندر ماهشهر	۶۷۵	۳۱،۵۱	۴۹،۸۶	باغ ملک
۱۸۰	۳۱،۵۸	۵۰،۰۳	مال آقا	۷۵۱	۳۰،۲۳	۵۱،۳۱	باتون
۳۴۵	۳۱،۳۶	۴۹،۷۱	ماشین	۶۷۰	۳۰،۰۱	۵۰،۷۰	بن پیر
۳۰	۳۱،۰۰	۴۹،۴۳	مشراگه	۸۲۰	۳۰،۶۵	۵۰،۵۱	بوبری
۲۶۰	۳۱،۳۸	۴۹،۸۱	میداوود	۱۹۰	۳۰،۷۵	۴۹،۹۱	چم نظام
۲۰۲۴	۳۰،۱۶	۵۲،۰۳	موروزه	۸۲۹	۳۰،۷۹	۵۰،۵۶	دهدشت
۶۵۰	۳۰،۶۳	۵۰،۷۳	نازماکان	۸۱۰	۳۱،۶۳	۴۹،۸۱	چشمه شیرین
۴۰	۳۱،۳۰	۴۹،۵۸	رامهرمز	۳۲	۳۰،۵۰	۴۹،۶۸	دهملا
۲۰	۳۰،۹۰	۴۹،۴۰	رامشیر	۴۵۰	۳۱،۴۸	۴۹،۸۱	ده سادات
۶۵۰	۳۰،۶۶	۵۰،۷۱	سیدآباد	۸۵۰	۳۱،۶۸	۴۹،۷۶	دلی بختیار
۳۳۳	۳۰،۶۶	۵۰،۲۸	بهبهان	۵۶۰	۳۰،۹۳	۵۰،۴۰	ایدنک
۱۱۲۲	۳۰،۵۳	۵۰،۶۹	تل چگاه	۷۴۰	۳۱،۴۶	۴۹،۷۸	گنداب
۷۵۰	۳۰،۳۱	۵۱،۲۳	تنگ بریم	۱۷	۳۰،۷۶	۴۸،۹۵	گرگر
۶	۳۰،۹۱	۵۰،۴۰	یوزی شادگان	۹۰۰	۳۱،۶۳	۴۹،۸۵	قلعه تل
۱۶۶	۳۰،۳۱	۵۰،۲۱	زیدون	۱۱۲۰	۳۰،۰۱	۵۱،۶۵	گوسنگان

در محدوده استان خوزستان قرار دارد که نیمه جنوبی استان را در می‌گیرد. ۲۶،۹ درصد در محدوده استان کهگیلویه و بویر احمد، ۱۳،۱ درصد در استان فارس و قسمت بسیار کوچکی کمتر از ۰،۱ درصد در استان بوشهر واقع شده است (**Error! Reference source not found.**).

**منطقه مورد مطالعه:** حوزه آبریز هنديجان - جراحی با مساحت ۴۰۷۹۰ کیلومترمربع، بین ۴۸ درجه و ۱۷ تا ۵۲ درجه ۱۹ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۰ درجه تا ۳۱ درجه و ۴۲ دقیقه عرض جغرافیایی در حوضه آبریز اصلی خلیج فارس دریای عمان واقع شده است (سالنامه آماری آب کشور سال ۹۱-۱۳۹۰). ۶۰ درصد از مساحت حوضه



شکل ۱: محدوده حوضه آبخیز هنديجان جراحی در بين حوضه‌های آبخیز درجه دو کشور

در نرم‌افزار DIP محاسبه شد و برای تعیین بهترین شاخص خشکسالی هواشناسی، مقادیر شاخص‌ها در یک ماتریس همبستگی، به روش ضریب همبستگی پیرسون با سطح اطمینان ۹۹٪ ( $p < .01$ ) و ۹۵٪ ( $p < .05$ ) بررسی و مقایسه شد (جدول ۲) و شاخص خشکسالی SPI انتخاب گردید.

به منظور بررسی درجه صحت و همگنی داده‌ها از آزمون ناپارامتری ران تست و درجه صحت و نرمال بودن از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف در نرم افزار SPSS استفاده شد. به منظور ارزیابی ویژگی‌های خشکسالی، ۶ شاخص خشکسالی هواشناسی DI، PN، SPI، CZI، SZI، MCZI که همه تنها بر اساس یک پارامتر اقلیمی؛ بارش، خشکسالی را محاسبه می‌کنند،

جدول ۲: مقایسه همبستگی بین شاخص‌های خشکسالی برای انتخاب بهترین شاخص ارزیابی خشکسالی

شاخص	DI	PN	SPI	ZSI	MCZI	CZI
DI	1	.742**	.934**	.961**	.051*	.971**
PN	.742**	1	.756**	.782**	.046	.766**
SPI	.934**	.756**	1	.967**	.030	.972**
ZSI	.961**	.782**	.967**	1	.050	.988**
MCZI	.051*	.046	.030	.050	1	.046
CZI	.971**	.766**	.972**	.988**	.046	1

\*\* معنی‌داری در سطح ۹۹٪؛ \* معنی‌داری در سطح ۹۵٪

نشان دهنده بارش کمتر از نرمال بلندمدت یا همان متوسط بلندمدت و یا درجات مختلف خشکسالی

مقادیر مثبت شاخص SPI نشان‌دهنده بارش بیش از متوسط و درجات مختلف ترسالی و مقادیر منفی آن

قطعه‌ای (Nagget C.)، که هرچه مقدار آن به صفر نزدیکتر باشد مدل بهینه‌تر است، مقدار آستانه (c.+c) Sill، نسبت واریانس ساختاردار به غیر ساختاردار  $C/(C.+C)$  Proportion، نسبت واریانس قطعه‌ای به آستانه یا واریانس کل شاخصی از قدرت ساختار مکانی در متغیرها می‌باشد. چنانچه این نسبت کمتر از ۰/۲۵ باشد نشان‌دهنده همبستگی مکانی قوی، بین ۰/۲۵ تا ۰/۷۵ وابستگی مکانی متوسط و اگر بیشتر از ۰/۷۵ باشد نشان‌دهنده وابستگی مکانی ضعیف خواهد بود. میانگین خطای تخمین که از مقایسه مقادیر مشاهداتی و مقادیر پیش بینی شده بدست می‌آید Mean، ریشه مربع خطا RMS، متوسط خطای استاندارد ASE و ریشه دوم میانگین استاندارد شده خطا RMSS که هرچه مقدار این پارامترها به سمت صفر میل کند همبستگی داده‌ها بیشتر و دقت مدل بیشتر است. به این ترتیب متد مناسب جهت پهنه‌بندی برای هر یک از ویژگی‌های خشکسالی، انتخاب گردید. پس از پهنه‌بندی مساحت هر یک از طبقات ابتدا به کیلومتر مربع و سپس به درصد محاسبه و به تجزیه و تحلیل نتایج پرداخته شد.

### نتایج

خشکسالی یک پدیده اقلیمی است که ویژگی‌های آن از یک منطقه به منطقه دیگر متفاوت است. به منظور شناخت ویژگی‌های خشکسالی در یک حوضه آبخیز با هدف مدیریت منابع آب، خاک و پوشش گیاهی در راستای کنترل بیابانزایی بویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، ویژگی‌های خشکسالی از قبیل طولانی‌ترین رخداد، فراوانی رخداد، تعداد سال‌های مواجه با خشکسالی و فراوانی خشکسالی مطالعه شود برای نیل به این هدف تمام ویژگی‌ها بر اساس همه شاخص‌ها محاسبه شد. در یک ماتریس همبستگی ارتباط بین شاخص‌ها نشان داد که شاخص MCZI با سایر شاخص‌ها همبستگی خوبی ندارد و شاخص‌های SPI، SZI، CZI همبستگی قوی بیش از ۰/۹ با هم داشتند که از بین آنها شاخص خشکسالی SPI انتخاب شد زیرا این شاخص برای تشخیص به

می‌باشد که در مطالعه حاضر مقادیر منفی شاخص به منظور بررسی ویژگی‌های خشکسالی مد نظر می‌باشد. در این پژوهش با توجه به موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز از همان طبقات کلی SPI تبعیت شده است اما یک طبقه دیگر نیز بعنوان خشکسالی خفیف یا ضعیف به آن اضافه شده است (مرکز ملی خشکسالی جدول ۳).

جدول ۳: طبقات خشکسالی بر اساس شاخص SPI

مقدار شاخص SPI	وضعیت خشکسالی
۰ تا -۰/۴۹	نزدیک به نرمال
-۰/۹۹ تا -۰/۵	خشکسالی خفیف
-۱ تا -۱/۴۹	خشکسالی معمولی یا متوسط
-۱/۵ تا -۱/۹۹	خشکسالی شدید
مساوی یا کوچکتر از -۲	خشکسالی فوق العاده شدید

بر اساس شاخص SPI ویژگی‌های خشکسالی شامل؛ طولانی‌ترین رخداد، فراوانی رخداد، تعداد سال‌های مواجه با خشکسالی و فراوانی خشکسالی استخراج شد. بر اساس خصوصیات آماری نظیر میانگین، انحراف معیار، چولگی و کشیدگی، نرمال بودن داده‌های مربوط به ۵ ویژگی استخراج شده، تست شد. چون داده‌ها نرمال نبودند قبل از ورود به مرحله انتخاب بهترین روش برای پهنه‌بندی، برای نرمال‌سازی آنها از روش نرمال‌سازی باکس کاکس استفاده شد.

به منظور تعیین بهترین الگوی توزیع مکانی پدیده خشکسالی از روش درون‌یابی کریجینگ معمولی در محیط نرم افزار GIS استفاده شد. سپس به منظور بررسی همبستگی مکانی بین داده‌های اندازه‌گیری شده و ارزیابی روش‌های برآورد و مدل‌سازی، از ترسیم و آنالیز نیم تغییر نما یا سمی واریوگرام استفاده شد. پس از انتخاب مدل تعیین اندازه شبکه که برای انجام روش زمین آمار مهم است، تعیین گردید. به منظور تعیین اندازه گام در این پژوهش از تابع تحلیل گر مکانی GIS استفاده شد و اندازه آن بر اساس حداکثر فاصله بین ایستگاه‌ها ۰/۲۴۰۱۵ با ۱۲ گام برآورد گردید. براساس متدهای مختلف؛ اسفیریکال، نمایی و گوسی، ویژگی‌های واریو گرام بر اساس معیارهای اثر

ماهیت داده‌ها و وابستگی آنها به مکان از روش زمین‌آمار درون‌یابی کریجینگ در محیط نرم‌افزار GIS استفاده شد؛ زیرا در روش کریجینگ وزن هر نمونه معلوم در تخمین نقطه مجهول بستگی کامل به ساختار مکانی متغییر مربوطه دارد در حالی که در روش‌های دیگر وزن‌ها فقط به یک مشخصه هندسی مانند فاصله بستگی دارند. در بین روش‌های مختلف کریجینگ؛ روش کریجینگ معمولی، ساده، لوگ نرمال، عام، شاخص، منفصل یا گسسته و کوکریجینگ؛ از کریجینگ معمولی استفاده شده است.

### فراوانی تعداد خشکسالی‌ها در حوضه آبخیز

**هندیجان - جراحی:** هر رخداد خشکسالی در کلیه طبقات مربوط به خشکسالی به عنوان یک سال همراه با خشکسالی در نظر گرفته شده است؛ یعنی وقوع پدیده خشکسالی از خشکسالی خفیف تا خشکسالی فوق‌العاده شدید برای هر ایستگاه شمارش و به عنوان تعداد فراوانی خشکسالی در طول دوره آماری مورد مطالعه در نظر گرفته شده است. به منظور پهنه‌بندی از روش کریجینگ معمولی استفاده شده است اما به منظور ارزیابی روش‌های برآورد و مدل‌سازی برای پهنه‌بندی بهینه با توجه به معیارهای جدول ۳ از روش‌های استفاده و پهنه‌بندی نهایی انجام شده است. همانطور که در **Error! Reference source not found.** نشان داده شده است در طی این دوره ۳۰ ساله، تنها ۱۳ درصد از مساحت کل حوضه ۶ تا ۷ سال همراه با خشکسالی داشته است. بیشترین مساحت حوضه با ۲۵ درصد دارای ۷ تا ۸ سال و ۴۳٫۵ درصد دارای ۸ تا ۹ سال و کمترین مساحت با ۱۸٫۵ درصد با ۹ تا ۱۰ سال همراه با خشکسالی همراه بوده است.

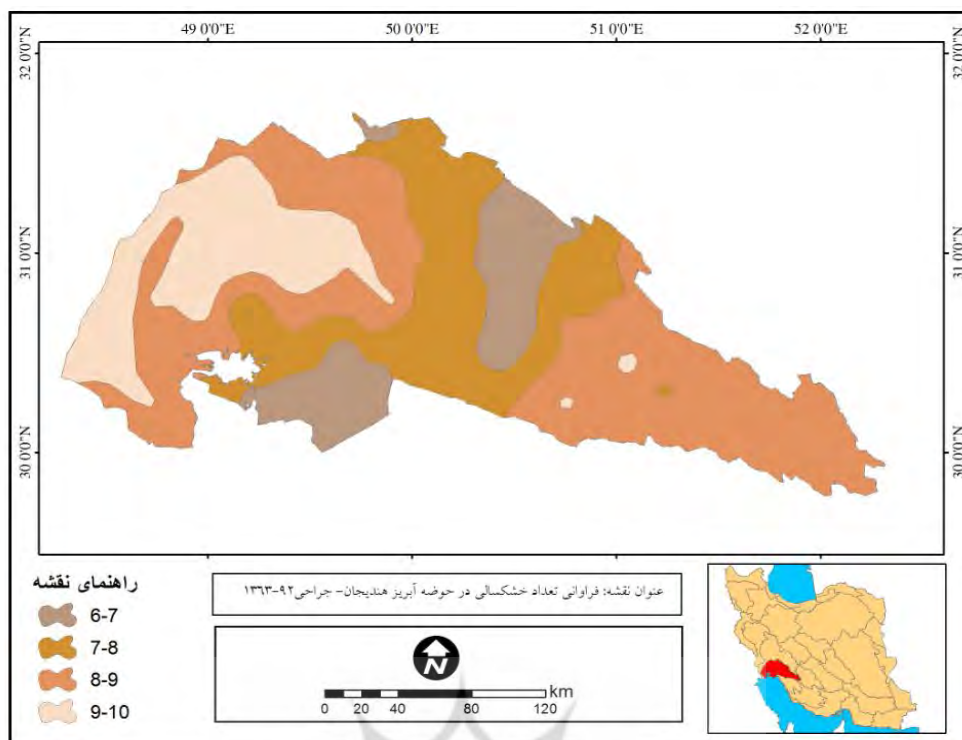
موقع خشکسالی مناسب است و جهت اعمال ارتباط مناسب و هماهنگی مقابله با خشکسالی و یا اقدامات برای تعدیل آن کمک می‌کند و توانایی آشکارسازی سطوح مختلف شدت را داشته و پاسخگوی مناسبی برای بازتاب اثرات خشکسالی رخ داده بر روی یک مکان مشخص یا منطقه می‌باشد. از طرفی این شاخص جهت پیاده‌سازی و مراحل اجرایی و عملیاتی آسان و ساده می‌باشد و در صورت دسترسی به روز به اطلاعات بهترین شاخص جهت مدیریت یکپارچه خشکسالی همزمان با وقوع رخداد خشکسالی است نه بعد از رخداد خشکسالی.

در بیشتر محاسبات و تخمین‌های آماری شرط نرمال بودن داده‌ها پایه و اساس کار آنالیز داده‌ها را تشکیل می‌دهد لزوم بررسی برخی از خصوصیات آماری نظیر میانگین، انحراف معیار، چولگی و کشیدگی در انجام آنالیزهای زمین‌آمار اولویت دارد چرا که اگر داده‌ها یا مقادیر ورودی به نرم افزار نرمال نباشد، مدل‌های مورد نظر کار ساز نخواهد بود (Khosravi and Abbasi, 2016). در بیشتر داده‌های اقلیمی مانند دما، بارش، رطوبت و غیره معمولاً داده‌ها دارای شرایط نرمال می‌باشند؛ اما زمانی که این پارامترها در غالب شاخص‌های گوناگون مانند شاخص‌های خشکسالی قرار می‌گیرند احتمال نرمال بودن داده‌ها کمتر است، لذا در مطالعاتی که از شاخص‌های مختلف بر اساس زمین‌آمار استفاده می‌شود باید بر اساس روش‌های مختلف با توجه به ماهیت داده‌ها آنها را نرمال کرد.

به منظور تعیین بهترین الگوی توزیع مکانی پدیده خشکسالی از بین روش‌های درون‌یابی قطعی؛ روش وزن دهی فاصله معکوس، توابع پایه شعاعی، میان‌یابی سراسری، میان‌یابی محلی و زمین‌آمار، با توجه به

جدول ۳: ارزیابی روش‌های برآورد و مدل‌سازی برای پهنه‌بندی فراوانی سال‌های همراه با خشکسالی

Mean	RMSS	ASE	RMS	Proportion (C/(C.+C))	مقدار آستانه Sill(c.+c)	اثر قطعه ای Nagget C.	مدل سمی واریوگرام
-0.043	0.92	0.95	0.90	0	1.006	0	نمایی
-0.089	0.93	0.97	0.90	0.42	0.5824	0.4254	گوسی
-0.090	0.98	0.95	0.89	0.17	0.8309	0.1755	کروی



شکل ۲: پهنه‌بندی فراوانی تعداد خشکسالی‌ها در حوضه آبریز هنديجان - جراحی

برای پهنه‌بندی بهینه از مدل نمایی بر اساس معیارهای جدول ۴ استفاده شده است.

نتایج پهنه‌بندی در شکل ۳ نشان می‌دهد که در ۲۱ درصد از مساحت حوضه طولانی‌ترین تداوم در طبقه ۲ تا ۳ سال واقع شده است و پس از آن تداوم ۳ تا ۴ سال با ۳۱ درصد بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده است و تداوم ۴ تا ۵ سال ۳۰ درصد مساحت را در برمی‌گیرد و ۱۶ درصد از حوضه، با تداوم طولانی ۵-۷ سال مواجه بوده است. بررسی آمار مربوط به تداوم نشان داد که طولانی‌ترین تداوم در سراسر حوضه در دهه اخیر رخ داده است.

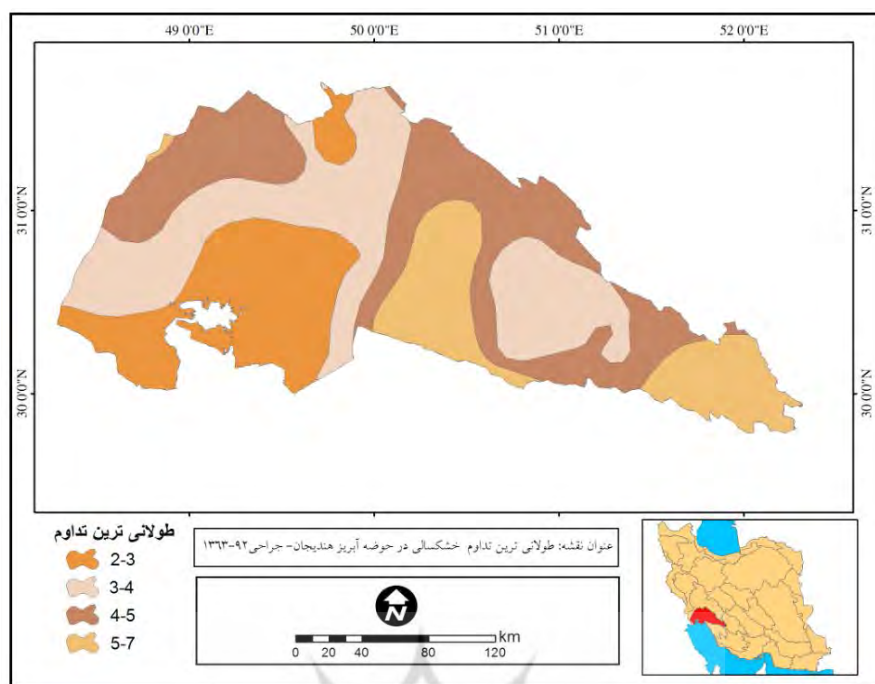
طولانی‌ترین تداوم رخداد خشکسالی در حوضه آبریز هنديجان - جراحی: یکی از ویژگی‌های خشکسالی بویژه در مناطق نیمه خشک تداوم‌های مختلف رخداد وقوع خشکسالی است. تداوم خشکسالی از اهمیت زیادی برخوردار است، زیرا اگر یک خشکسالی متوسط برای چند سال متوالی در یک منطقه رخ دهد، اثرات آن به مراتب مخرب‌تر از یک خشکسالی شدید است که تنها یک سال رخ داده است؛ زیرا تداوم خشکسالی می‌تواند منجر به خشکسالی هیدرولوژی هم در منابع آبهای سطحی و هم با یک تاخیر بیشتر در منابع آبهای زیرزمینی گردد. به منظور پهنه‌بندی ویژگی طولانی‌ترین تداوم خشکسالی‌ها در حوضه از روش کریجینگ معمولی

استفاده و برای ارزیابی روش‌های برآورد و مدل‌سازی

جدول ۴: ارزیابی روش‌های برآورد و مدل‌سازی برای پهنه‌بندی طولانی‌ترین تداوم رخداد خشکسالی

Mean	RMSS	ASE	RMS	Proportion (C/(C.+C))	مقدار آستانه Sill(c.+c)	اثر قطعه ای Nagget C <sub>0</sub>	مدل سمی وارپوگرام
-0.027	1.01	1.35	1.26	0.27	1.7781	0.6636	نمایی
-0.043	1.03	1.36	1.36	0.52	1.1724	1.2843	گوسی
-0.63	1.06	1.35	1.39	0.42	1.4021	1.0279	کروی





شکل ۳: پهنه‌بندی طولانی‌ترین تداوم رخداد خشکسالی در حوضه آبریز هنديجان-جراحی

استفاده از روش کریجینگ معمولی و ارزیابی روش‌های برآورد و مدل‌سازی برای پهنه‌بندی بر اساس معیارهای جدول ۵ با استفاده از مدل نمایی پهنه‌بندی شد. در شکل ۳ نتایج نشان داد بیشترین مساحت حوضه؛ ۳۴٫۳ درصد در طی ۳۰ سال با ۶ تا ۷ رخداد خشکسالی مواجه بوده ۱۷٫۵ درصد با ۳ تا ۴ سال، ۱۷ درصد با ۴ تا ۵ سال ۲۰ درصد با ۵-۶ سال و ۲۱٫۳ درصد نیز با ۷ تا ۸ رخداد مواجه بوده است.

**فراوانی تعداد رخدادها در حوضه آبریز هنديجان - جراحی:** زمانی که شاخص SPI در هر یک از طبقات خشکسالی منفی شود، به عنوان سال شروع خشکسالی در نظر گرفته می‌شود و تا زمانی که از حالت منفی خارج و مثبت شود، به عنوان یک رخداد خشکسالی در نظر گرفته می‌شود. هر رخداد از یک تا چند سال می‌توانست تداوم داشته باشد. بر این اساس تعداد رخدادها برای کل حوضه محاسبه و با

جدول ۵: ارزیابی روش‌های برآورد و مدل‌سازی برای پهنه‌بندی تعداد رخداد خشکسالی

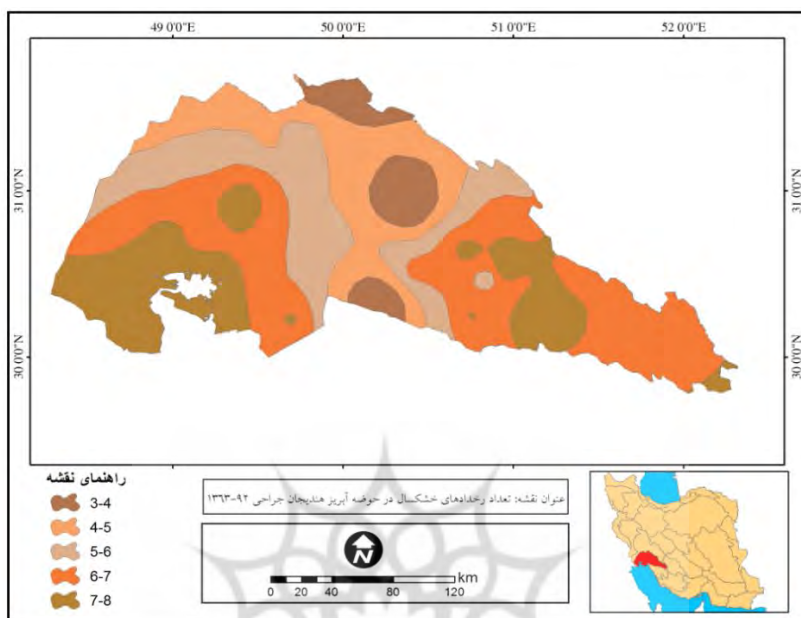
Mean	RMSS	ASE	RMS	Proportion (C/(C.+C))	مقدار آستانه Sill(c.+c)	اثر قطعه ای Nagget C <sub>0</sub>	مدل سمی واریوگرام
-0.023	1.01	1.12	1.19	0	1.8046	0	نمایی
-0.046	1.04	1.16	1.20	0.48	0.9547	0.9150	گوسی
-0.083	1.04	1.15	1.19	0.39	1.1238	0.7373	کروی

تعریف شد، سال‌های مواجه با خشکسالی با توجه به آن محاسبه شد؛ ملاحظه می‌شود که فراوانی سال‌های مواجه با خشکسالی از فراوانی سال‌های همراه با خشکسالی بیشتر است. پس از استخراج سال‌های مواجه با خشکسالی از روش کریجینگ معمولی و بر

**فراوانی تعداد سال‌های مواجه با خشکسالی در حوضه آبریز هنديجان - جراحی:** پس از بررسی ویژگی تعداد رخدادها، طول هر رخداد شمارش و به عنوان تعداد سال‌های مواجه با خشکسالی قلمداد شد بر اساس تعریفی که برای یک رخداد خشکسالی

۸۲ درصد و ۲۸,۳ درصد با ۸ تا ۱۰ سال و ۹ درصد هم با ۱۰ تا ۱۲ سال همراه با خشکسالی مواجه بوده است. شرق حوضه نسبت به غرب حوضه با خشکسالی‌های بیشتری مواجه بوده است.

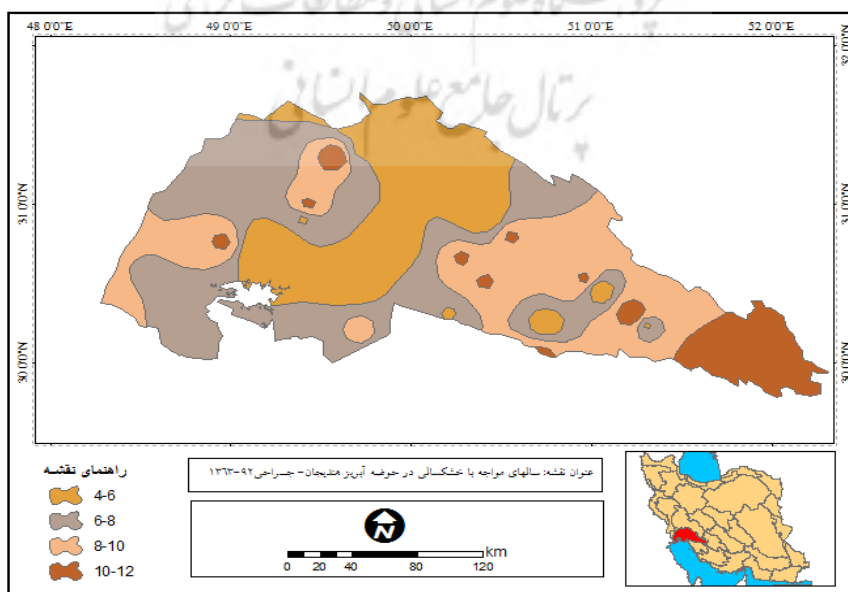
اساس معیارهای جدول ۶ برای ارزیابی روش‌های برآورد و مدل‌سازی برای پهنه‌بندی بهینه از مدل نمایی استفاده شد. در شکل ۵ نشان داده شد که ۲۶,۶ درصد حوضه با ۴ تا ۶ سال، ۳۶,۱ درصد با ۶



شکل ۳: پهنه‌بندی فراوانی تعداد رخدادها در حوضه آبریز هنديجان - جراحی

جدول ۶: ارزیابی روش‌های برآورد و مدل‌سازی برای پهنه‌بندی سال‌های مواجه

Mean	RMSS	ASE	RMS	Proportion (C/(C.+C))	مقدار آستانه Sill(c.+c)	اثر قطعه ای Nagget C <sub>0</sub>	مدل سمی واریوگرام
-0.073	0.92	1.47	1.41	43%	1.4033	1.068	نمایی
-0.093	0.98	1.50	1.46	0.49	0.7295	1.7334	گوسی
-0.093	0.97	1.50	1.44	0.61	.09301	1.5775	کروی



شکل ۵: پهنه‌بندی فراوانی تعداد سال‌های مواجه با خشکسالی در حوضه آبخیز هنديجان - جراحی

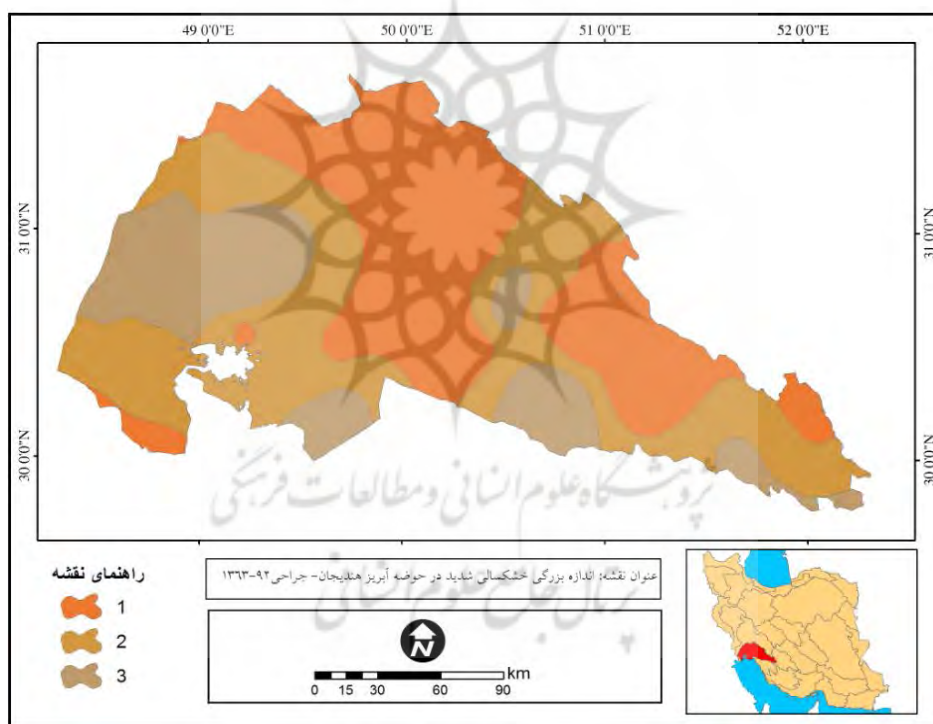
العاده شدید استخراج و با استفاده از روش زمین‌آمار کریجینگ معمولی و بر اساس معیارهای جدول ۷ با مدل نمایی پهنه‌بندی شد شکل ۴ نشان داد ۴۱ درصد از مساحت منطقه با یک رخداد ۳۷,۷ با ۲ رخداد و ۲۱,۳ درصد با ۳ رخداد شدید و فوق‌العاده شدید مواجه بوده است. در مجموع در غرب حوضه شدت خشکسالی بیشتر از شرق آن بوده است.

فراوانی تعداد خشکسالی‌های شدید و فوق‌العاده

شدید در حوضه آبخیز هنديجان - جراحی: از نظر شدت خشکسالی، در سال آبی ۸۷-۱۳۸۶ یک خشکسالی فوق‌العاده شدید فراگیر در کل حوضه رخ داده است. به علت فراوانی رخداد کم و اما با اهمیت از نظر خسارات چشمگیر به حوضه به علت تداوم خشکسالی‌های پس از آن خشکسالی‌های شدید و فوق

جدول ۷: ارزیابی روش‌های برآورد و مدل‌سازی برای پهنه‌بندی شدت خشکسالی

Mean	RMSS	ASE	RMS	Proportion (C/(C.+C))	مقدار آستانه Sill(c.+c)	اثر قطعه ای Nagget C <sub>0</sub>	مدل سمی واریوگرام
-0/08011	0.95	0.64	0.59	0	0.5019	0	نمایی
-0/01112	1.6	0.60	0.62	0	0.4968	0	گوسی
-0/08609	0.94	0.62	0.60	0	0.4967	0	کروی



شکل ۴: ارزیابی روش‌های برآورد و مدل‌سازی برای پهنه‌بندی شدت خشکسالی

موارد باید به صورت یکپارچه، همزمان و در ارتباط با هم مد نظر باشد. اطلاع از ویژگی‌های خشکسالی حوضه هنديجان جراحی با مساحت ۴۰۷۹۰ کیلومتر مربع می‌تواند اساس برنامه ریزی و مدیریت منابع آب حوضه باشد. به منظور پهنه‌بندی ویژگی‌های خشکسالی حوضه آبخیز

### بحث و نتیجه گیری

مدیریت جامع حوضه‌های آبخیز در کشور نیازمند دیدگاه برنامه ریزی یکپارچه و سیستمی می‌باشد لذا تمام مسائل مربوط به یک حوضه آبخیز از قبیل مدیریت آب و خشکسالی وسایر

هندیجان - جراحی به‌عنوان یکی از مهمترین حوضه‌های درجه دو کشور که زیر حوضه آبخیز اصلی خلیج فارس و دریای عمان می‌باشد، برای دستیابی به یک دوره اشتراک آماری از آمار بارندگی ایستگاه‌هایی که دارای ۳۰ سال طول دوره آماری بودند، استفاده شد. داده‌ها نرمال بوده و از همگنی کافی برخوردار بودند. با استفاده از این داده‌ها، بر اساس شاخص‌های مختلف خشکسالی هواشناسی وقوع رخداد‌های خشکسالی، ارزیابی و بهترین شاخص انتخاب شد بر اساس شاخص انتخاب شده ویژگی‌های خشکسالی استخراج گردید. داده‌های استخراجی مربوط به شاخص‌های مختلف نرمال نبود و برای نرمال‌سازی آنها از روش کاکس باکس استفاده شد. از سه روش برای ارزیابی روش‌های برآورد و مدل‌سازی استفاده و در نهایت تمام ویژگی‌ها بر اساس روش کریجینگ معمولی پهنه‌بندی و تجزیه و تحلیل شد.

یک حوضه آبخیز از نظر خط تقسیم آب می‌تواند یک واحد هیدرولوژی به حساب آید؛ اما از نظر شرایط اقلیمی و پدیده‌هایی نظیر خشکسالی دارای تنوع زیادی می‌باشد و از نظم خاصی تبعیت نمی‌کند. به منظور ارزیابی ویژگی‌های خشکسالی یک منطقه از شاخص‌های خشکسالی استفاده می‌شود؛ با وجودی که شاخص‌های جدید، در مقیاس‌های زمانی و مکانی متفاوت و بر اساس پارامترهای گوناگون به تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان و اخیراً سیاستگذاران قدرت انتخاب بیشتری داده‌اند؛ اما بیشتر آنها فاقد یک روش روشن و مشخص برای ترکیب نتایج در یک پیام ساده که بتواند سریعاً پاسخگوی مردم باشد، هستند؛ لذا یک شاخص ممکن است از پارامترهای ترکیبی بیشتری استفاده کند و دارای محاسبات پیچیده‌ای هم باشد اما برای اقدامات مدیریتی سردرگم کننده و نامناسب باشد (World Meteorological Organization and Global Water Partnership) لذا به منظور ارزیابی ویژگی‌های خشکسالی حوضه آبخیز هندیجان جراحی در تحقیق حاضر از شاخص SPI که توسط سازمان جهانی هواشناسی به عنوان شاخص پایش شروع خشکسالی انتخاب شده است و به‌عنوان

یک پاسخ اورژانسی در عملیات محیطی، با مزیت سهولت استفاده و عملکرد آن نسبت به سایر شاخص‌ها، استفاده شده است. در مطالعات مربوط به خشکسالی معمولاً وقوع خشکسالی در سه طبقه خشکسالی معمولی، شدید و فوق‌العاده شدید محاسبه شده است در تحقیق حاضر با توجه به موقعیت اقلیمی منطقه مورد مطالعه علاوه بر سه طبقه فوق، طبقه‌ای تحت عنوان خشکسالی خفیف که با تداوم خود بیشترین خسارت را به منطقه وارد کرده و اجازه جبران را به آن نمی‌دهد، انتخاب شده است. مرکز ملی خشکسالی و مدیریت کشور نیز برای تهیه گزارش مربوط به درصد مساحت حوضه‌های آبخیز اصلی و فرعی، تحت شرایط خشکسالی در مقیاس‌های زمانی متفاوت از این طبقه بندی استفاده می‌کند که با توجه به موقعیت ایران که در کمربند خشک دنیا واقع شده است، مناسب می‌باشد. بر اساس این چهار طبقه ویژگی‌های خشکسالی حوضه برای یک دوره اقلیمی، استخراج و با توجه به وسعت و تعداد زیاد ایستگاه‌ها به منظور توزیع مکانی ویژگی‌های خشکسالی با استفاده از روش زمین‌آمار پهنه‌بندی شدند. در مطالعات قبلی معمولاً یک پارامتر اقلیمی مانند بارش با استفاده از روش‌های زمین‌آمار پهنه‌بندی شده اما در این پژوهش به جای یک پارامتر یک پدیده اقلیمی با استفاده از یک شاخص استاندارد برآورد و پهنه‌بندی شده است. زمانی که پارامترها در غالب شاخص‌های گوناگون مانند شاخص‌های خشکسالی قرار می‌گیرند احتمال نرمال بودن داده‌ها کمتر است؛ در مطالعه حاضر که به منظور پهنه‌بندی ویژگی‌های خشکسالی حوضه آبخیز هندیجان جراحی است، چون توزیع داده‌ها در منطقه یکسان نبود از روش نرمال‌سازی باکس کاکس استفاده شد. در بیشتر مطالعات تنها یک ویژگی خشکسالی و برای یک سال پهنه‌بندی می‌شود و از یک یا دو معیار برای ارزیابی روش پهنه‌بندی استفاده می‌کنند. در مطالعه حاضر به منظور شناخت و ارزیابی ویژگی‌های خشکسالی یک حوضه آبخیز درجه ۲ با وسعت بیش از ۴۰ هزار کیلومتر مربع و با تعداد ۳۸ ایستگاه، ۵ ویژگی خشکسالی استخراج و بر اساس بهترین روش

در استفاده، از پارامترهای دما و تبخیر جهت بررسی ویژگی‌های خشکسالی استفاده شده باشد. مقاله مستخرج از طرح ملی مطالعه روند خشکیدگی تالاب‌ها و نقش آنها در تولید گردو غبار (حوضه آبخیز هندیدجان جراحی محدوده تالاب شادگان) با کد ۹۵۰۱۱۳۳-۹۵۰۰۶-۰۹-۰۰ می‌باشد.

### منابع

1. Aevazi, M., and Mosaedi, A. 2012. Study the spatial pattern of rainfall in Golestan province, using geostatistical and deterministic models, *Iranian Journal of Watershed Management*, 26(1): 53-64. (In Persian).
2. Akhavan, R., Karami, M., Sousani, J. (2011). The use of two kriging and IDW on zoning and density of the forest canopy of oak coppice, *Journal Forest Iran*, 3(4): 305-316. (In Persian).
3. Afzali, S.M., and Afzali, S.A. 2013. Check the status of Shadegan wetland drought, the first conference on the protection of wetlands and aquatic ecosystems Iran, Hamedan, (In Persian).
4. Bonaccorso, B., Cancelliere, A., and Rossi, G. 2015. Probabilistic forecasting of drought class transitions in Sicily (Italy) using standardized precipitation index and North Atlantic oscillation index. *Journal of Hydrology*, 526: 136-150.
5. Barlow, M., Zaitchik, B., Paz, S., Black, E., Evans, J., and Hoell, A. 2016. A review of drought in the Middle East and southwest Asia. *Journal of Climate*, 29(23): 8547-8574.
6. Broghani, M., Moradi, H.R., and Zanganeh Asadi, M.A. 2015. Zoning and determine the best indicator of drought in Khorasan Razavi, *Iranian Journal Studies of Arid Zones*, 5(19): 70-84. (In Persian).
7. Cambardella C.A., Moorman T.B., Novak J.M., Parkin T.B., Karlen D.L., Turco R.F., and Koropaka A.E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 1501-1511.
8. Edwards, D.C., and McKee, T.B. 2015. Characteristics of 20th century drought

زمین‌آمار و بهترین متد ارزیابی پهنه‌بندی پهنه، ویژگی‌های خشکسالی در یک حوضه آبخیز مورد مطالعه قرار گرفت. در بین روش‌های پهنه‌بندی روش کریجینگ معمولی و در بین متدهای مختلف ارزیابی و مدل‌سازی پهنه‌بندی، روش نمایی انتخاب شد. نتیجه پهنه‌بندی این ویژگی‌ها نشان داد که در طی این دوره آماری ۳۰ ساله، بیشترین مساحت حوضه با ۶۲ درصد دارای ۸ تا ۱۰ سال همراه با خشکسالی بوده است. در ۴۶ درصد از مساحت حوضه طولانی‌ترین تداوم ۴ تا ۷ سال بوده است. بیشترین مساحت حوضه؛ ۴۷،۲ درصد در طی ۳۰ سال با ۷ تا ۸ رخداد خشکسالی مواجه بوده و ۴۱،۳ درصد از مساحت حوضه با ۶ تا ۸ رخداد مواجه بوده است. از نظر تعداد سال‌های مواجه با خشکسالی بیشترین مساحت حوضه ۳۶،۳ درصد ۴-۶ سال با خشکسالی مواجه بوده است و ۳۶،۳ درصد از مساحت حوضه با ۸ تا ۱۲ سال خشکسالی مواجه بوده است. ۲۱،۳ درصد از حوضه با ۳ رخداد شدید و فوق‌العاده شدید مواجه بوده است. در مجموع ویژگی‌های خشکسالی در حوضه از نظم خاصی تبعیت نمی‌کند اما مجموع فراوانترین تعداد سال‌های همراه با خشکسالی و بیشترین رخدادهای خشکسالی شدید و فوق‌العاده شدید در غرب حوضه بیشتر از نیمه شرقی آن می‌باشد. و بیشترین فراوانی و شدیدترین رخداد خشکسالی در بین این سه دهه مورد بررسی در دهه اخیر رخ داده است.

### پیشنهادات

منطقه مورد مطالعه در کمربند خشک دنیا واقع شده است. که بر اساس مدل‌های مختلف اقلیمی و شاخص‌های خشکسالی، در سال‌های آتی خشکسالی‌ها با شدت‌ها و ویژگی‌های متفاوت برای آن پیش‌بینی می‌شود (Feng et al., 2017). با توجه به موقعیت حوضه آبخیز در عرض‌های پایین جغرافیایی و واقع شدن در کمربند خشک دنیا و در نتیجه آسیب‌پذیری و شکنندگی زیاد آن نسبت به وقوع و تکرارپذیری خشکسالی، پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی از روش‌هایی استفاده شود که با وجود سادگی و سهولت

- Agriculture, 16 (60): 239-250. (In Persian).
17. Mahmuodabadi, A., Sarmadian, F., and Savaghebi, G. 2013. Geostatistical study the spatial variability of soil physical and chemical properties influenced by the type of land use (case study of of Forest Park Cheetgar), Iranian Journal of Watershed Management, (100): 28-38. (In Persian).
  18. Maroufi, S., Golmohamadi, G., Mohammadi, K., Zare, and Abyaneh, H. 2009. Evaluation of geostatistical methods to estimate the spatial distribution of precipitation in the province, GIS environment, Iranian Journal of Knowledge of soil and water, 19(2): 147-164. (in Persian).
  19. Mozaffari, G., Mir Mousavi, H., and Khosravi, Y. 2012. Evaluation of geostatistical methods and linear regression to determine the spatial distribution of precipitation, Iranian Journal of Geography and Development, 10(27): 63-76. (in Persian).
  20. Moradi, H.R., Fazelpor, M.R., Sadeghi, H.R. and Hossini, Z. 2008. The study of land use change on desertification using remote sensing in Ardakan area, Iranian Journal of Range and Desert Researches, 15(1): 1-12. (in Persian).
  21. Musuuza, J.L., Van Loon, A.F., and Teuling, A.J. 2016. Multiscale evaluation of the Standardized Precipitation Index as a groundwater drought indicator. Hydrology and Earth System Sciences, 20(3): 11-17.
  22. Mir Mousavi, H., Mazidi, A., and Khosravi, Y. 2010. Statistics to estimate the distribution of precipitation to determine the best methods of using GIS Case Study: Isfahan Province, Iranian Journal of Geographical space, 10(30): 105-120. (In Persian).
  23. Nabipoor, Y., and Vafakhah, M. 2016. Three methods of geostatistics for estimation of rainfall in the catchment Haji Ghoshan, Iranian Journal of Range and Watershed, 69(2): 487-502. (In Persian).
  24. Naserzadeh, M.H., and Ahmadi, A. 2012. Meteorological drought indices in evaluating drought performance review and Zoning in Qazvin, Iranian Journal of in the United States at multiple time scales. Atmospheric science paper; no. 634.
  - a. Feng, S., Trnka, M., Hayes, M., and Zhang, Y. 2017. Why Do Different Drought Indices Show Distinct Future Drought Risk Outcomes in the US Great Plains? Journal of Climate, 30(1): 265-278.
  9. Fathi, Hafashjani, A., Bygi, H., Davuodyan, A., and Tabatabaee, H. 2014. Comparison of spatial interpolation methods and select the most appropriate method for zoning nitrate and phosphate in the Shahrekord, Iranian Journal of Irrigation and Water, 4(15): 51-63. (In Persian).
  10. Farajzadeh, M., and Ahmadian, K. 2014. Temporal and spatial analysis of drought using SPI index in Iran, Iranian Journal of natural environmental hazards, 3(4): 1-16. (In Persian).
  11. Ghorbani, N., and Motamed Vaziry, B. 2016. Statistics on land use zoning of drought severity watershed case study Ghezeloan, National Hydrology Conference semi-arid areas, Sanandaj, Kordestan province, (In Persian).
  12. Hao, Z., and AghaKouchak, A. (2014). A nonparametric multivariate multi-index drought monitoring framework. Journal of Hydrometeorology, 15(1): 89-101.
  13. Kingston, D.G., Stagge, J.H., Tallaksen, L.M., and Hannah, D.M. 2015. European-scale drought: understanding connections between atmospheric circulation and meteorological drought indices. Journal of Climate, 28(2): 505-516.
  14. Kohl, E., and Knox, J.A. 2016. My Drought is Different from Your Drought: A Case Study of the Policy Implications of Multiple Ways of Knowing Drought. Weather, Climate, and Society, 8(4): 373-388.
  15. Khosravi, Y., and Abbasi, E. 2016. Spatial analysis of environmental data with geostatistics, Zanjan, Azarkalak.
  16. Kuoeh, Y., Hossini, S.M., Mohammadi, J., and Hojjati, S.M. 2012. Evaluation of soil spatial structure in a beech forest biomass using geostatistics, Iranian Journal of Soil and Water Sciences

- severity in Fars province, Iranian Journal of Water Resources Engineering, 2(3): 31-36. (In Persian).
29. Steinemann, A., Iacobellis, S.F., and Cayan, D.R. 2015. Developing and evaluating drought indicators for decision-making. Journal of Hydrometeorology, 16(4): 1793-1803.
30. Usofi, H., Nowhegar, A., Khosravi, Z., and Azizabadi, M. 2015. Management and zoning of drought indices using SPI and RDI (Case Study: Central Province), Iranian Journal of echo Hydrology, 2(3): 344-337. (In Persian).
31. World Meteorological Organization (WMO) and Global Water Partnership (GWP), 2016: Handbook of Drought Indicators and Indices (M. Svoboda and B.A. Fuchs). Integrated Drought Management Programme (IDMP), Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2. Geneva
- Applied Research Geographical Sciences, 12(27): 141-162. (in Persian).
25. Saraf, B., Vaezi, A., Valaee, A., and Abtahi, V. 2016. Detection of hydrological and meteorological drought in South East Ourome Lake, Iranian Journal of natural environmental hazards, 5(10): 25-42. (In Persian).
26. Safar Rad, T., Faraji Sabokbar, H.A., Azizi, G., and Abbaspoor, R.A. 2013. Spatial analysis of precipitation changes in central Zagros through by geostatistical methods, Iranian Journal of Geography and Development, 11(31): 149-164. (In Persian).
27. Shayegh, A., and Soltani, A. 2011. Comparison meteorological drought indices in Yazd, Iranian Journal Soil and Water Sciences, 15(57): 231-249. (In Persian).
28. Shabani, M. 2009. Evaluating the use of geostatistical methods zoning of drought



