



دوره ۳۳، شماره ۲، شماره پیاپی ۱۲۷، تابستان ۱۳۹۹، صفحه‌های ۱۹-۲  
شناسه دیجیتال: 10.22092/wmej.2019.126446.1222

# پژوهش‌های آبخیزداری

## شناخت و تحلیل ظرفیت‌های منابع آب سطحی، پیش‌نیاز برنامه‌ریزی آمایش سرزمین در استان کرمان

رحیم کاظمی

(نویسنده مسئول)\* استادیار پژوهشکده‌ی حفاظت خاک و آبخیزداری- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

جهانگیر پرهمت

استاد پژوهشکده‌ی حفاظت خاک و آبخیزداری- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

فروید شریفی

استاد پژوهشکده‌ی حفاظت خاک و آبخیزداری- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

\*رایانامه‌ی نویسنده‌ی مسئول: ra\_hkazemi@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۲۶ آذر ۱۳۹۸

تاریخ دریافت: ۱۱ خرداد ۱۳۹۸

### چکیده

آب عنصر اصلی آمایش سرزمین و توسعه‌ی پایدار است، و شناخت و تحلیل ظرفیت‌های منابع آب، پیش‌نیاز برنامه‌ریزی آمایش سرزمین است. در این تحقیق، با بررسی داده‌های آب‌دهی روزانه‌ی ایستگاه‌های آب‌سنجی استان کرمان، ۴۳ ایستگاه با دوره‌ی مشترک داده برداری سال‌های ۱۳۵۵-۱۳۹۰ انتخاب شد. مهم‌ترین مولفه‌های منابع آب سطحی شامل اندازه و پراکندگی فراوانی آب پایه، شاخص‌های تداوم جریان، آب‌دهی‌های سیلابی، آستانه‌ی شروع روان‌آب، شدت سیل‌خیزی، ارتفاع توان خط برف و مولفه‌های بارش محاسبه و تحلیل شد. میانگین شاخص جریان پایه در حوزه‌های استان ۰/۶۱ است و شاخص جریان پایه در حدود ۰/۷۸٪ از حوزه‌ها بیش از ۰/۵۰ است. میانگین ضریب تغییر شاخص‌های تداوم جریان ۰/۱۱ است. روند تغییر توان خط برف در همه‌ی حوزه‌های منطقه یکی است. دامنه‌ی آستانه‌ی شروع روان‌آب از ۰ تا ۲۵ میلی‌متر است که بیش‌ترین فراوانی طبقه‌ی صفر تا پنج با ۴۴/۹٪ پوشش سطحی است. بیش از ۵۰٪ از زمین‌های استان در طبقه‌ی شدت سیل‌خیزی کم است. تعداد روزهای بارانی در حدود ۵۰٪ از حوزه‌های این منطقه بیش از ۵۰ است، و بارش متوسط سالانه‌ی ۴۵٪ از حوزه‌ها در بازه‌ی ۲۰۰-۳۰۰ میلی‌متر است. نتیجه‌ی شاخص‌های دسترسی به آب پایدار از جمله جریان پایه، ضریب تغییر تداوم جریان و توان خط برف توانایی مناسب حوزه‌های استان کرمان را برای بهینه‌سازی طرح‌های مرتبط با آب و مهار کردن فشار بر منابع آب‌های زیرزمینی در مناطق خشک نشان داد.

■ واژگان کلیدی: آبخیز، آستانه‌ی روان‌آب، آمایش منابع آب، جریان پایه، فراوانی سیل، منحنی تداوم جریان ■

## مقدمه

توجه به ضرورت برنامه‌ریزی فضایی (برنامه‌ریزی آمایش سرزمین) و اجتناب از روی‌کرد بخشی در پژوهش‌های توسعه‌ی از جمله در بخش آب، پیش‌نیاز طرح‌های مبتنی بر آب در حوزه‌های مختلف از جمله کشاورزی، شرب و صنعت است. به نظر بزرگ‌زاده و موسوی (۲۰۱۷) بی‌توجهی به این موضوع منجر به این شده است که بسیاری از پروژه‌های آب‌محور کشور بی‌ارتباط با طرح‌های آمایش سرزمین به انجام برسند. اهمیت آمایش بر مبنای آب دست‌رس به حدی است که در سند‌های بالادستی نظام جمهوری اسلامی توجه ویژه‌ی به آن شده است و به‌طور مجزا، بندی را به آن اختصاص داده‌اند. در بند ۸ «راه‌بردهای توسعه‌ی بلندمدت منابع آب کشور» که در ۱۳۸۲/۷/۲۷ به تصویب هیأت وزیران جمهوری اسلامی ایران رسیده است، تاکید شده است که «در تهیه‌ی طرح‌های توسعه‌ی کالبدی و آمایش سرزمین، به محدودیت منابع آب کشور از نظر کمی و کیفی و توزیع مکانی و زمانی آن از دیدگاه هزینه/فرصت و ارزش ذاتی آب، توجه و عمل شود و برنامه‌های توسعه‌ی بخش‌های آب و کشاورزی، صنعت و معدن، انرژی، عمران شهرها و روستاها و سایر بخش‌ها در هر یک از حوزه‌های آبخیز با رعایت ظرفیت تحمل آن‌ها تهیه (شود) و به اجرا درآید». در سایر بندها نیز نامستقیم، اهمیت آمایش منابع آب را در موضوع مدیریت منبع و مصرف و ارزش‌گذاری اقتصادی، متناسب با شرایط طبیعی و اقلیمی دسترسی به آب گوشزد می‌نماید. بیست‌ویک بند از ماده‌ی یک سند «جهت‌گیری‌های ملی آمایش سرزمین» مصوب ۲۰۱۷ به مقوله‌ی آب از دیدگاه‌های مختلف پرداخته و بر مدیریت یکپارچه بر منابع آب تاکید کرده است.

بر اساس تعریف مرکز ملی آمایش سرزمین ایران، تنظیم‌کردن کنش متقابل بین عوامل انسانی و عوامل محیطی برای ایجاد سازمان سرزمینی مبتنی بر بهره‌گیری بهینه از استعداد‌های انسانی و محیطی، آمایش سرزمین نامیده می‌شود. بر اساس تعریفی که سازمان فائو (۱۹۹۳) داده است، آمایش سرزمین، ارزیابی سامانه‌ی نظام‌مندی از توان‌های آب و زمین برای کاربردهای مختلف از زمین با در نظر گرفتن شرایط اقتصادی و اجتماعی برای انتخاب و اتخاذ بهترین گزینه‌ها برای کاربری زمین است. آمایش زمین و منابع آب ارتباط مستقیمی با یکدیگر دارد و تاثیر نوع زمین و شدت استفاده از آن بر منابع آب قوی است (تانگ و چن ۲۰۰۲؛ آهن و همکاران ۲۰۰۵). نکته‌ی مهم در آمایش منابع آب این است که مفهوم آمایش منابع آب، به خودی خود محصولی نیست که مشکلات را رفع کند،

بل که مجموعه‌ی از اصول، روش‌ها و رهنمودهایی است که برای مدیریت بهتر عرضه و تقاضای آب مطرح می‌شود (ژای ۲۰۰۶). مباحث اولیه و جدی در آمایش منابع آب در همایش محیط زیست سازمان ملل در استکهلم مطرح (مایر و همکاران ۲۰۰۸) و در همایش منابع آب در ۱۹۹۲ در دوبلین به‌شکل جدی پی‌گیری شد (پارتو و همکاران ۲۰۰۸). مفهوم آمایش منابع آب، برای بهینه‌سازی مصرف آب در دهه‌ی ۱۹۸۰ مطرح شد (لودویک و همکاران ۲۰۱۴) و هدف از آن نیز تعادل دادن بین منابع آب موجود با تقاضا برای منابع آب با توجه به منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی بود (مالینوس و همکاران ۲۰۱۴).

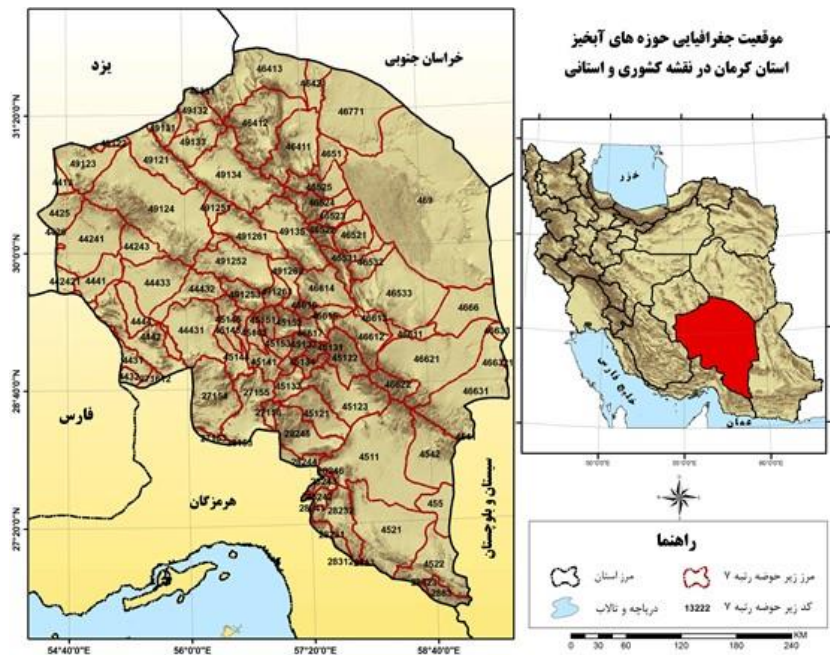
در دهه‌ی گذشته، محققان مختلفی به موضوع آمایش منابع آب پرداخته‌اند، و بیش‌تر آنان به کاربرد مدل‌ها و سامانه‌های پشتیبان تصمیم‌گیری را برای آمایش‌کردن بهینه‌ی منابع آب توصیه کرده‌اند (لچر و همکاران ۲۰۰۶؛ صفوی و همکاران ۲۰۱۵). برخی از محققان از جمله ونگ و همکاران (۲۰۱۰) برای آمایش‌کردن منابع آب، حالت‌های یکپارچه‌ی سیاست‌گذاری بر اساس تصمیم‌گیری چندمعیاره و در ارتباط با سنجه‌هایی مانند صرفه‌جویی آب، میزان برداشت از آب‌های زیرزمینی، میزان آب تصفیه نشده و غیره را مطرح نمودند. برخی نیز مانند دیویس و سیمونوویچ (۲۰۱۱) برای آمایش‌کردن منابع آب مدل‌های یکپارچه‌ی پویای منابع آب مرتبط با تغییرات محیط‌زیستی و اقتصادی و اجتماعی را توصیه کرده‌اند. توجه به توان محیطی، مولفه‌ی مهمی در آمایش منابع است و توسعه‌ی کشاورزی برای داشتن کارایی بیش‌تر و تناسب بیش‌تر با محیط‌زیست، نیازمند شناسایی علمی توان‌های محیطی است. منظور از توان‌های محیطی، مجموعه‌ی داده‌های محیطی است که در بهره‌وری‌های اقتصادی انسان از محیط موثر باشد و در راستای فعالیت‌های اقتصادی انسان در محیط کاربرد داشته باشد (نوری و همکاران ۲۰۱۰). مولفه‌ی اصلی در شناسایی توان‌های محیطی برای توسعه‌ی کشاورزی، منابع آب‌های سطحی است که در بیش‌تر پژوهش‌های مرتبط با آمایش به‌کاربرده و توصیه شده است. از جمله تحقیقات مرتبط با آمایش که منابع آب را محور قرار داده‌اند می‌توان به احمدی و همکاران (۲۰۱۲) اشاره کرد. ایشان مدل کیفی و کمی مدیریت جامع تخصیص منابع آب را در مقیاس حوزه توسعه دادند و ارتباط بین تصمیم‌گیران و تصمیم‌سازان را مدل‌سازی کردند. رودریگز و همکاران (۲۰۱۵) و تیان و کریستوف (۲۰۱۵) نیز در نتیجه‌گیری تحقیقات خود، توجه به تلفیق مدیریت منابع آب با آمایش سرزمین را توصیه کردند.

است. یکی از ابزارهای تدوین برنامه‌های منطبق با مدیریت جامع حوزه آبخیز، دسترسی به اطلاعات کامل از منابع حوزه است تا با توجه به این توان، تدبیرهای لازم برای تدوین کردن برنامه‌های متعدد مرتبط با مدیریت جامع حوزه اندیشیده شود. در کنار توجه ویژه به موضوع آمایش منابع آب در جهان و تدبیر متولیان قانون‌گذاری کشور در ایجاد کردن ظرفیت‌های قانونی در «سند جهت‌گیری‌های ملی آمایش سرزمین»، پژوهش جامع و کاملی بر آمایش منابع آب سطحی با هدف ایجاد بستر لازم برای آمایش سرزمین مشاهده نشد. از سوی دیگر رابطه‌ی نزدیک و متقابل منابع آب سطحی و زیرسطحی در منطقه‌های خشک از جمله استان کرمان، بسیار بارزتر از جاهای دیگر است. آمایش کردن سرزمین بی‌نگاه جامع به منابع آب، منجر به فشار آوردن بر منابع آب زیرزمینی در این مناطق می‌شود، که نتیجه‌ی بعدی آن برداشت بی‌رویه و افت کردن تراز منابع آب زیرزمینی است. هدف از این پژوهش، بررسی منابع و ظرفیت‌های آب سطحی است که نقشه‌ی راه و راهنمای بالادستی، و پیش‌نیاز آمایش سرزمین مبتنی بر آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور باشد.

### مواد و روش‌ها منطقه‌ی پژوهش

برای انجام پژوهش نیاز بود که منطقه‌ی از نظر وسعت و تعدد حوزه‌ها در نظر گرفته شود تا بتوان منطبق با تقسیم‌بندی آب شناسی سرزمین آن را آمایش کرد، و دست‌کم در یک استان انجام شود تا بتوان آن را با برنامه‌های آمایش استان در مراحل بعدی تطبیق داد. با این شرایط، استان کرمان که از یک طرف کم‌بود آب دارد و از طرف دیگر صنایع زیادی در آن توسعه یافته و یا در برنامه‌ریزی است انتخاب شد. استان کرمان با مساحتی در حدود ۱۸۱۷۳۷ کیلومترمربع بین ۲۵°۵۵ تا ۳۲° عرض شمالی و ۵۳°۲۶ تا ۵۹°۲۹ طول شرقی است. حد شمالی آن استان‌های خراسان و یزد، حد جنوبی آن استان هرمزگان، حد شرقی استان سیستان و بلوچستان و حد غربی آن استان فارس است. استان کرمان با حدود ۱۱٪ از مساحت کشور بخش وسیعی از پیکر جنوب شرقی فلات مرکزی ایران است. اقلیم این استان نیمه‌خشک بیابانی گرم است. متوسط بارندگی سالانه‌ی آن ۱۴۵ میلی‌متر (کازمی و شریفی ۲۰۱۷) و بارش بر پهنه‌ی استان نزدیک به ۲۷ میلیارد مترمکعب برآورد شده است. مشخصه‌های عمومی و شکل زمین در حوزه‌های پژوهش در جدول ۱ و نقشه‌ی منطقه در شکل ۱ آورده شده است (پرهمت ۲۰۱۸).

پالوم و همکاران (۲۰۱۷) به آمایش پایدار سرزمین در مناطق در برخورد سیل توجه کردند و جنبه‌های مختلف پدیده‌ی سیل، از جنبه‌های فنی و راهبردی، مدیریت و مهار و جایگاه آن در آمایش سرزمین را بررسی کردند. به جنبه‌های خطر خشک‌سالی و اجتماعی ناشی از خلاء بین حکمرانی آب و آمایش سرزمین در مکزیکوسیتی توجه شد (لرنر و همکاران ۲۰۱۸). ایشان نگاه جامع و یکپارچه به رهیافت‌های مدیریت جامع منابع آب را برای کاهش دادن آسیب‌پذیری در برابر سیل یا کم‌بود آب لازم دانستند. لانگات و همکاران (۲۰۱۹) درک روابط متقابل کاربری و پویایی منابع آب را در حوزه رودخانه‌ی آتی در کنیا بررسی کردند و نگاه جامع به مدیریت منابع آب و آمایش آب‌محور را چاره‌ی کار برای فرصت‌های توسعه‌ی متوازن دانستند. تلفیق آمایش سرزمین و مدیریت کیفیت آب‌های سطحی برای توسعه‌ی پایدار حوزه در تایلند نشان داد که رابطه‌ی بسیار مشخص و شفاف بین کاربری و کیفیت آب وجود دارد، که برای تهیه‌کردن نقشه‌های حفاظت از منابع و آمایش سرزمین برای مکان‌گزینی طرح‌های کشاورزی، جنگل‌کاری و جانمایی طرح‌های شهری به‌کار گرفته شد (گی یاولی ۲۰۱۹) به‌کار گرفته شد. در داخل کشور نیز می‌توان به ارزیابی کمی و کیفی منابع آب با دیدگاه آمایش در شهرستان گرگان (عادلی ۲۰۱۲) و بررسی الگوی زمانی مکانی بارش (آروین و همکاران ۲۰۱۲)، و در استان گلستان (عبداله‌ی نژاد ۲۰۱۵) اشاره کرد. منشی‌زاده و صالحیان‌بادی (۲۰۱۵) نیز نقش منابع آب در توسعه پایدار منطقه‌ی در بادرود شهرستان کاشان را بررسی و بر اهمیت توجه به آن از منظر آمایش تاکید کردند. هدایتی آق‌مشهدی و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی تاثیر آمایش سرزمین بر منابع آب در قالب تغییرات پوشش زمین در حوزه‌ی خزر پرداختند و عامل‌های فشار بر منابع آب را بررسی کردند و ارتباط تغییر پوشش زمین ناشی از آمایش سرزمین و مدیریت منابع آب را با وابستگی ۰/۶۴۵ نشان دادند. امینی و همکاران (۲۰۱۶) نقش منابع آب در آمایش سرزمین حوزه تلوار در استان کردستان را با تحلیل کاربری‌های فعلی و توان محیطی نشان دادند. علیپور و همکاران (۲۰۱۷) کیفیت آب زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران را بررسی کردند، و آن را پیش‌نیاز آمایش سرزمین دانستند. شعاعی (۲۰۱۹) ضمن بررسی اثرهای بی‌توجهی به آمایش منابع آب، و ایجاد پدیده‌های نوظهور مانند فرونشست و طوفان‌های گردوغبار که تاثیر بسیار بدی بر محیط زیست و زمین‌های کشاورزی دارد، نتیجه‌گیری کردند که آمایش سرزمین یکی از ضرورت‌های کلیدی و ابزاری اجتناب‌ناپذیر برای دستیابی به بسته‌های مدیریت جامع حوزه‌ی آبخیز



شکل ۱- وضعیت عمومی آبخیزهای پژوهش.

جدول ۱- مشخصه های آبخیزهای بررسی شده در استان کرمان.

مساحت (km <sup>2</sup> )	شیب (%)	طول آبراه اصلی (km)	ارتفاع متوسط (m)	شناسایی حوزه	ردیف	مساحت (km <sup>2</sup> )	شیب (%)	طول آبراه اصلی (km)	ارتفاع متوسط (m)	شناسایی حوزه	ردیف
۳۰/۹۲	۳۵۳/۳۷	۳۵۳	۱۵۸۰/۱۸	۴۵۱۲	۲۳	۱۱۳۸/۰۰	۲۱/۸۳	۴۸۰	۱۴۸۸/۰۱	۴۵۵	۱
۳۰/۹۵	۲۹۲/۲۸	۲۹۲	۱۴۴۵/۰۸	۴۵۱۳	۲۴	۱۸۷۹/۲۴	۲۷/۵۹	۸۱۷	۱۸۱۳/۰۰	۴۶۹	۲
۴۰/۵۸	۴۵۷/۴۶	۴۵۷	۱۹۱۳/۳۷	۴۵۱۴	۲۵	۱۶۹۱/۱۶	۱۸/۰۴	۶۶۶	۲۲۶۴/۶۵	۲۷۱۵	۳
۴۲/۴۱	۱۷۷/۸۳	۱۷۸	۱۹۶۳/۵۸	۴۵۱۵	۲۶	۱۶۷۳/۸۸	۱۶/۲۶	۶۸۱	۲۲۰۶/۴۵	۲۷۱۶	۴
۳۳/۸۸	۱۰۷/۳۳	۱۰۷	۱۸۶۳/۰۰	۴۵۲۱	۲۷	۱۶۰/۱۲	۲۵/۹۳	۱۲۰	۱۲۸۷/۳۲	۲۸۱۵	۵
۴۲/۸۲	۱۹۹/۸۲	۲۰۰	۲۰۸۶/۷۴	۴۵۲۲	۲۸	۴۵/۲۴	۲۰/۰۳	۳۶	۳۸۲/۷۳	۲۸۲۳	۶
۲۰/۷۳	۴۵۷/۹۲	۴۵۸	۱۴۷۶/۴۰	۴۵۴۱	۲۹	۱۰۶۸/۰۴	۲۸/۴۱	۵۱۰	۱۴۴۴/۰۰	۲۸۲۴	۷
۳۹/۶۰	۶۲۱/۶۳	۶۲۱	۱۶۴۵/۸۱	۴۵۴۲	۳۰	۷۵۲/۷۶	۹/۹۰	۴۰۸	۳۸۴/۴۶	۲۸۳۱	۸
۳۰/۰۳	۲۶۶/۵۶	۴۸۲	۱۹۱۲/۹۹	۴۶۳۳	۳۱	۷۳۶/۸۰	۱۹/۸۶	۳۹۴	۱۰۰۱/۹۶	۲۸۴۳	۹
۲۵/۹۱	۴۸۱/۹۲	۲۳۷	۱۸۷۸/۱۲	۴۶۴۱	۳۲	۱۲۴۹/۷۲	۳۵/۴۰	۵۷۲	۱۵۶۵/۷۳	۲۸۵۲	۱۰
۳۵/۵۸	۲۳۷/۰۱	۱۷۶۳	۱۹۲۴/۲۵	۴۶۴۲	۳۳	۱۲۳۹/۰۸	۳۸/۰۲	۵۳۶	۱۸۸۴/۲۶	۲۸۶۳	۱۱
۱۹/۵۰	۱۷۶۲/۷۰	۶۹۱	۱۸۵۲/۸۲	۴۶۵۱	۳۴	۱۸۹۹/۱۶	۱۵/۴۱	۸۵۹	۱۰۵۱/۹۹	۴۴۱۳	۱۲
۱۸/۴۱	۶۹۱/۱۸	۶۸۷	۲۰۶۱/۰۸	۴۶۵۲	۳۵	۶۸۸/۶۸	۱۵/۳۹	۴۰۰	۹۴۷/۴۰	۴۴۲۴	۱۳
۱۰/۳۹	۶۸۷/۱۰	۲۰۱	۱۷۴۲/۹۲	۴۶۵۳	۳۶	۱۶۴/۲۴	۹/۸۴	۱۷۶	۲۱۶/۳۲	۴۴۲۵	۱۴
۹/۳۸	۲۰۱/۳۸	۳۱۰	۱۸۵۱/۴۸	۴۶۶۱	۳۷	۱۹۲۴/۳۲	۲۲/۳۵	۷۲۲	۷۴۸/۴۱	۴۴۲۶	۱۵
۱۲/۴۱	۳۱۰/۳۷	۲۵۸	۲۰۶۷/۱۸	۴۶۶۲	۳۸	۲۱۳۳/۴۸	۱۴/۰۶	۹۸۱	۵۸۱/۵۷	۴۴۳۱	۱۶
۱۱/۷۲	۲۵۸/۱۵	۱۵۵۷	۲۰۲۵/۲۱	۴۶۶۳	۳۹	۳۰۰۵/۳۲	۱۳/۳۶	۱۰۳۰	۱۱۹۹/۷۹	۴۴۳۲	۱۷
۲۰/۱۶	۱۵۵۷/۰۸	۲۳۸	۲۲۸۴/۳۸	۴۶۶۶	۴۰	۳۲۰۹/۲۴	۱۲/۹۵	۱۵۲۲	۴۸۹/۸۸	۴۴۴۱	۱۸
۳۶/۳۲	۲۳۸/۰۹	۳۵۳	۲۷۰۹/۰۴	۴۶۷۷	۴۱	۱۴۱۸/۵۲	۶/۶۳	۱۴۱۳	۱۳۹۳/۰۰	۴۴۴۲	۱۹
۲۱/۷۹	۷۱۱/۷۹	۲۹۲	۲۱۶۶/۵۵	۴۹۱۲	۴۲	۳۷۰/۲۰	۳۰/۳۴	۲۰۲	۱۶۷۰/۵۰	۴۴۴۳	۲۰
۱۳/۷۴	۲۹۵/۸۹	۴۵۷	۱۷۰۳/۴۳	۴۹۱۳	۴۳	۶۷۳/۴۹	۲۹/۹۷	۳۲۳	۱۸۴۸/۳۹	۴۴۴۴	۲۱
						۴۴۹/۳۴	۲۸/۰۷	۳۰۸	۱۶۹۰/۵۷	۴۵۱۱	۲۲

### روش پژوهش

با بررسی داده‌های آب‌دهی روزانه‌ی ایستگاه‌های آب‌سنجی منطقه، ۴۳ ایستگاه با داده‌های مناسب و دوره‌ی مشترک داده‌برداری سال‌های ۱۳۵۵-۱۳۹۰ انتخاب شد. داده‌های ایستگاه‌های با کم‌بود داده بازسازی کرده شد. با نقشه‌ی پستی-بلندی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و تعیین کردن موقعیت ایستگاه‌ها، محدوده‌ی هر زیرحوزه مشخص و سنجه‌های اولیه‌ی حوزه با سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی استخراج کرده شد. برای برآورد کردن روان‌آب سطحی آبخیزها، اطلاعات آب‌دهی جریان ایستگاه‌های آب‌سنجی در استان تهیه شد. آستانه‌ی شروع روان‌آب با مدل بارش-روان‌آب (AWBM<sup>۱</sup>) شبیه‌سازی شد. برای کار با مدل ابتدا مدل در هر حوزه واسنجی و سنجه‌های بهینه‌ی مدل در هر حوزه مشخص شد. پیش‌بینی مدل از رفتار حوزه‌ها با داده‌هایی که در مرحله‌ی واسنجی به کار برده نشده بود ارزیابی، و با سنجه‌های محاسبه‌شده در مرحله‌ی قبل، روان‌آب خروجی هر حوزه به دست آمد. حساسیت مدل برای تعیین کردن سنجه‌های مؤثر مدل تحلیل شد. آبخیزها بر اساس مقدارهای به دست آمده از مدل پهنه‌بندی، و درصد پوشش سطحی حوزه‌ها با توجه به میزان آستانه‌ی شروع روان‌آب محاسبه شد. فراوانی سیلاب در همه‌ی ایستگاه‌ها تحلیل و آب‌دهی بیشینه‌ی روزانه در دوره‌ی برگشت‌های ۲ تا ۱۰۰ ساله برای ایستگاه‌های مختلف محاسبه شد. جریان پایه به روش فیلتر رقومی برگشتی لینه و هالیک استخراج شد. شاخص‌های منحنی تداوم جریان با داده‌های روزانه‌ی جریان و با نرم‌افزار Hydro Office 2015 محاسبه شد. متوسط سالانه‌ی تعداد روزهای بارانی و متوسط بارندگی نیز با داده‌های بارش و نقشه‌های هم‌باران محاسبه شد. توان خط برف حوزه‌های استان با رابطه‌های وایازی (رگرسیون) ارتفاع معادل دمای صفر درجه‌ی سانتی‌گراد محاسبه و نتایج تحلیل شد.

**درستی و همگنی داده‌های آب‌دهی بیشینه‌ی لحظه‌ی** برای شناسایی کردن داده‌های غلط و ناهمگن روش آزمون توالی یا دنباله‌ها<sup>۲</sup> به کار گرفته شد. بانرم افزار SPSS آزمون توالی برای داده‌های آب‌دهی بیشینه‌ی لحظه‌ی مشاهده‌ی ایستگاه‌های آب‌سنجی بررسی شد و آزمون داده‌های پرت<sup>۳</sup> برای آب‌دهی بیشینه‌ی لحظه‌ی انجام گرفت. داده‌های پرت

حذف شد و در تحلیل‌های بعدی به کار برده نشد. وضعیت یکنواختی داده‌های آب‌دهی بیشینه‌ی لحظه‌ی در منطقه با روش جرم مضاعف بررسی شد. با این روش داده‌های هر ایستگاه در طول دوره‌ی داده‌برداری با میانگین داده‌های متناظر در ایستگاه‌های هم‌جوار مقایسه و داده‌های پرت اصلاح شد.

### بازسازی داده‌های ناقص

در ایستگاه‌های آب‌سنجی که طول دوره‌ی داده‌برداری آن‌ها مناسب بود، بین آب‌دهی بیشینه‌ی لحظه‌ی و بیشینه‌ی روزانه در هر ایستگاه همبستگی برقرار شد. در سال‌هایی که داده‌های آب‌دهی بیشینه‌ی لحظه‌ی یا بیشینه‌ی روزانه ثبت نشده بود، با رابطه‌ی همبستگی نقص‌های آب‌دهی بیشینه‌ی لحظه‌ی و بیشینه‌ی روزانه تکمیل شد. رابطه‌های همبستگی به روش خطی، نمایی، لگاریتمی و توانی استخراج، و در هر ایستگاه رابطه‌ی که همبستگی آن بیش‌ترین بود انتخاب شد. آب‌دهی بیشینه‌ی لحظه‌ی و روزانه برای سال‌هایی که هیچ یک از داده‌های آب‌دهی ثبت نشده بود، با ماتریس همبستگی (رابطه‌ی ۱) از ایستگاه‌های دیگر تکمیل شد. آب‌دهی بیشینه‌ی روزانه و لحظه‌ی با دو روش فوق در طول دوره‌ی داده‌برداری مشترک بازسازی شد. در مواقعی که ایستگاه مینا نیز در سالی خاص داده نداشت، برای بازسازی داده‌های آن سال داده‌های ایستگاه‌های دیگر بر اساس ماتریس همبستگی به کار گرفته شد (خدمتی و همکاران، ۲۰۱۰).

$$N_e = \left( \frac{N}{1 + \frac{N-n}{n-2}(1-R^2)} \right) - n \quad (1)$$

$N_e$  تعداد سال بازسازی شده؛  $R$  ضریب همبستگی؛  $N$  تعداد سال با داده‌های مشاهده‌ی ایستگاه مینا، و  $n$  تعداد سال با داده‌های بازسازی شده‌ی ایستگاه است.

### تحلیل فراوانی سیلاب

پس از بازسازی آب‌دهی بیشینه‌ی لحظه‌ی و روزانه از ایستگاه‌های منتخب، برای تحلیل کردن فراوانی داده‌ها نرم‌افزار HYFA به کار گرفته شد. با توزیع‌های آماری

1 - Australian Water Balance Model (AWBM)

2 - Runs Test

3 - Out layer

Z ارتفاع از تراز دریا، A، B، C و D ضریب‌های معادله است. با توجه به این که هر حوزه‌ی اصلی چندین زیرحوزه دارد، برای همه‌ی واحدهای کاری یا زیرحوزه‌های اصلی، شیب دمای همان حوزه‌ی اصلی به‌کاررفت و دمای ماهانه‌ی آن‌ها استخراج شد.

### تعیین توان خط برف حوزه‌ها

برای تعیین کردن توان خط برف، ارتفاع معادل با دمای صفر درجه‌ی سانتی‌گراد با شیب دما برای هر زیرحوزه محاسبه شد. این ارتفاع تفکیک ذوب‌شدن برف (پایین‌دست خط یا دمای بیش‌تر از صفر)، و نشست برف (بالادست خط یا دمای زیر صفر) گرفته شد. این دو تراز در جی‌آی‌اس تعیین و میزان آن‌ها محاسبه شد. مختصات جغرافیایی نقطه‌ی هر حوزه به نرم‌افزار داده، و با عملیات کریجینگ محدوده‌های توان خط برف پیدا شد. با توجه به اقلیم منطقه، توان خط برف برای ماه‌هایی که احتمال برف آمدن و نشست آن بر سطح زمین هست، محاسبه شد.

### نتایج

شناخت کامل و هم‌زمان از مولفه‌های منابع آب سطحی می‌تواند، پیش‌نیاز سیاست‌گذاری آمایش و مدیریت جامع منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک باشد. هفت مولفه‌ی مهم‌تر آب‌های سطحی بررسی شد. بررسی ظرفیت‌های آب سطحی در آبخیزهای استان نشان داد که دامنه‌ی شاخص جریان پایه در حوزه‌های استان کرمان در دوره‌ی پژوهشی ۱۳۵۵-۱۳۹۰ در محدوده‌ی ۰/۳ تا ۰/۹ بود و شاخص جریان پایه در بیش از ۷۸٪ حوزه‌ها بیش‌تر از ۰/۵۰ بود، که سهم زیاد آب‌های زیرسطحی را در حوزه‌های استان نمایان می‌کند. ضریب تغییر شاخص‌های منحنی تداوم جریان ۰/۰۹ تا ۰/۱۷، و متوسط آن ۰/۱۱ است. علاوه بر این‌ها تشابه روند تغییر توان خط برف در همه‌ی حوزه‌های منطقه، و تعداد زیاد حوزه‌های با احتمال سیل‌خیزی، اهمیت توجه به شناخت ظرفیت‌های آبی در برنامه‌ریزی و آمایش سرزمین مبتنی بر آب را نشان می‌دهد. بیشینه‌ی شاخص جریان پایه در این منطقه ۰/۸۴ و کمینه‌ی آن ۰/۳۳ بود. توزیع شاخص جریان پایه‌ی سالانه مستخرج از روش تفکیک به‌کارگرفته شده در این پژوهش در حوزه‌های استان کرمان در شکل ۲ نشان داده شده است. شاخص جریان پایه‌ی بیش از ۳۶٪ از حوزه‌ها در محدوده‌ی ۰/۷-۰/۶، ۱۹٪ از آن‌ها در

براساس نتایج میانگین انحراف نسبی و مربع کای، آب‌دهی بیشینه‌ی روزانه در ایستگاه‌های موجود توزیع مناسب انتخاب شد. با توزیع یا توزیع‌های مناسب، فراوانی آب‌دهی بیشینه‌ی روزانه در دوره‌ی برگشت‌های ۲ تا ۱۰۰ ساله برای ایستگاه‌های مختلف تحلیل کرده شد.

### تفکیک جریان پایه به روش فیلتر رقومی برگشتی لینیه و هالیک<sup>۲</sup>

الگوریتم معرفی‌شده با رابطه‌ی ۲ (لینیه و هالیک ۱۹۷۹ توصیه‌شده‌ی کاظمی و قرمزچشمه ۲۰۱۶) توانایی عبور سه‌باره از داده‌های جریان را دارد. چند بار عبور کردن از داده‌های جریان باعث پایین‌آمدن جریان پایه می‌شود، و به استفاده‌کننده توانایی انعطاف‌پذیری در جدا کردن دقیق‌تر آب‌دهی پایه را می‌دهد. در این روش بیش‌ترین نتیجه‌ی پذیرفتنی آن است که سنججه‌ی فیلتر در دامنه‌ی ۰/۹۰-۰/۹۵ باشد. سنججه‌ی فیلتر بهینه‌ی به‌کاررفته در این پژوهش ۰/۹۲۵ تشخیص داده شد.

$$q_{f(i)} = \alpha q_{f(i-1)} + (q_{(i)} - q_{(i-1)}) \frac{1 + \alpha}{2} \quad (2)$$

$q_{f(i)}, q_{f(i)} \geq 0$  روان‌آب مستقیم تصفیه‌شده در مرحله‌ی زمانی  $i$ ،  $q_{f(i-1)}$  روان‌آب مستقیم تصفیه‌شده در مرحله‌ی زمانی  $i-1$ ،  $\alpha$  سنججه‌ی تصفیه‌ی مرتبط با حوزه،  $q_{(i)}$  جریان کل در مرحله‌ی زمانی  $i$ ، و  $q_{(i-1)}$  جریان کل در مرحله‌ی زمانی  $i-1$  است.

### تعیین شیب دمای حوزه‌ها

داده‌های همه‌ی ایستگاه‌های دماسنجی پس از تکمیل و بازسازی داده‌ها با دوره‌ی از داده‌برداری هم‌تراز شده به‌کار برده شد. شیب ماهانه‌ی دما با چهار سنججه‌ی برآوردکننده‌ی عرض جغرافیایی، طول جغرافیایی، و ارتفاع از تراز دریا، و سنججه‌های برآوردشده‌ی دما (میانگین دمای ماهانه‌ی ۳۰ ساله) برای هر حوزه جداگانه به‌کاررفت (معادله‌ی ۳).

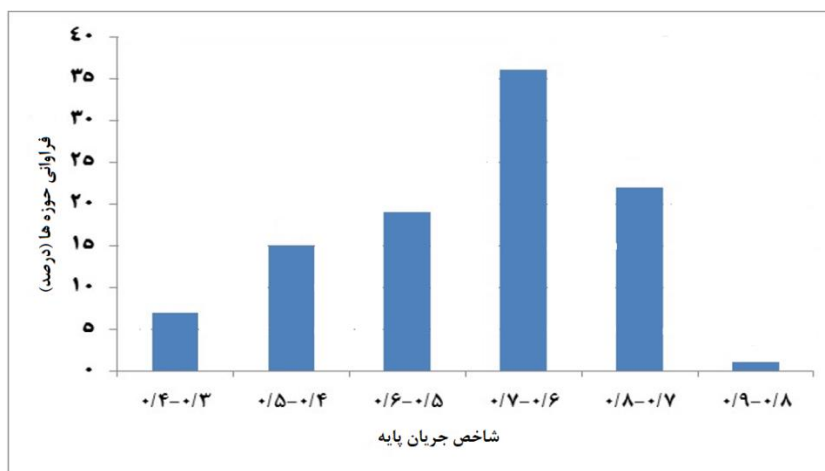
$$T = BX + CY + DZ + A \quad (3)$$

T دما به سانتی‌گراد؛ X طول جغرافیایی، Y عرض جغرافیایی،

## شناخت و تحلیل ظرفیت‌های منابع آب سطحی...

بیش از ۰/۵ است. میانگین شاخص جریان پایه در این منطقه نیز ۰/۶۱ است.

محدوده‌ی ۰/۵-۰/۶، ۲۲٪ در محدوده‌ی ۰/۸-۰/۷، ۷٪ در محدوده‌ی ۰/۳-۰/۴، ۱٪ و نیز در اندازه‌های بیش‌تر از ۰/۸ است. در مجموع شاخص جریان پایه در حدود ۷۸٪ از حوزه‌ها



شکل ۲- توزیع فروانی شاخص جریان پایه‌ی سالانه در حوزه‌های استان کرمان.

آب‌دهی‌های پرآبی (Q<sub>20</sub> تا Q<sub>20</sub>) بسیار نزدیک به هم و تقریباً برابر است (جدول ۲). از سوی دیگر میانگین ضریب تغییر همگی شاخص‌های منحنی تداوم جریان در حوزه‌ها نیز نزدیک به هم (۰/۱۱) است.

علاوه بر این نتیجه‌ی شاخص‌های روزانه‌ی تداوم جریان Q<sub>90</sub>, Q<sub>75</sub>, Q<sub>50</sub>, Q<sub>20</sub>, Q<sub>15</sub>, Q<sub>10</sub>, Q<sub>5</sub>, Q<sub>2</sub> در حوزه نشان داد که میانگین آب‌دهی با احتمال نبود تجاوز Q<sub>90</sub>, Q<sub>75</sub>, Q<sub>50</sub> (محدوده‌ی آب‌دهی‌های بهنجار(نرمال) و کم‌آبی) و

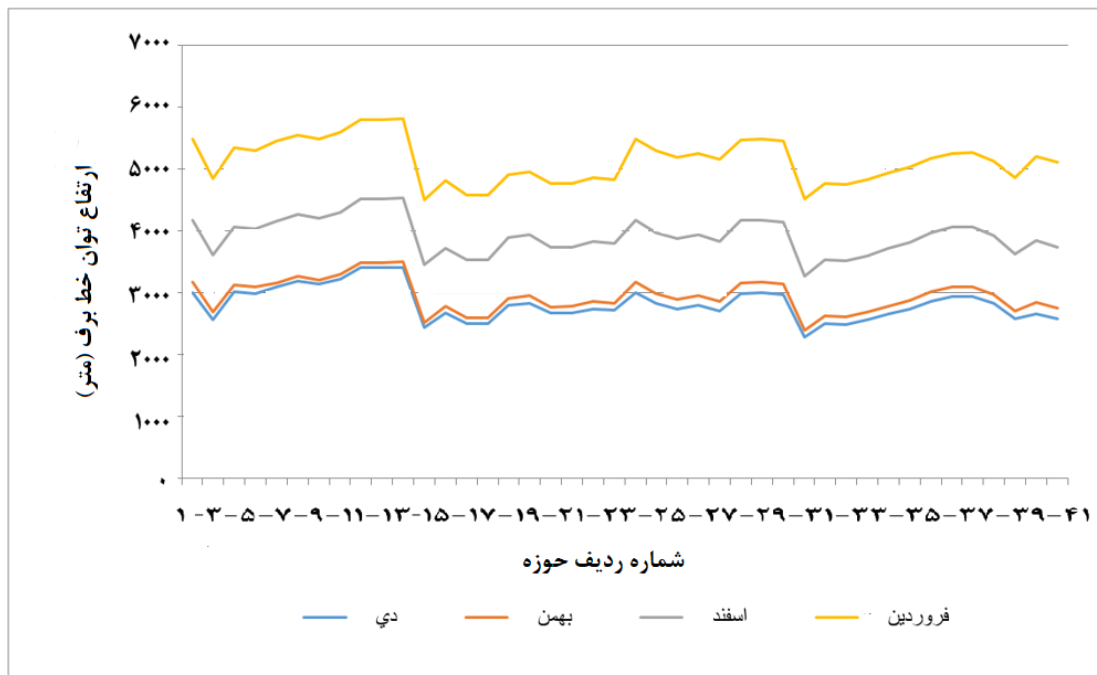
جدول ۲- مقایسه‌ی درصد آب‌دهی‌های مختلف در منطقه‌ی خشک.

صدک منحنی (مترمکعب بر ثانیه)								معیار
Q <sub>90</sub>	Q <sub>75</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>15</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>2</sub>	
۵۰	۵۲	۵۸	۸۵	۸۷	۸۷	۸۴	۸۸	میانگین
۶۸	۸۰	۷۹	۹۸	۹۸	۹۸	۹۸	۹۸	بیشینه
۲۷	۲۳	۳۰	۵۷	۵۱	۵۲	۳۸	۵۸	کمینه
۸/۹۰	۶/۷۳	۸/۳۸	۱۰/۴۷	۹/۵۳	۸/۰۸	۷/۸۴	۷/۸۸	انحراف معیار
۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹	ضریب تغییر (درصد)

فراز و فرود مشابهی است. مهم این‌که، ارتفاع توان خط برف لزوماً به معنای بودن ارتفاع معادل آن در طبیعت نیست، بل که نشان‌دهنده‌ی ارتباط شیب دمایی به‌دست آمده از رابطه‌ی دمایی متوسط و ارتفاع است، و لزوم توجه به احتمال شرایط نشست برف در ارتفاع‌های حوزه‌ها را نشان می‌دهد. آگاهی از این توان، به شناخت و آگاهی از شرایط تداوم‌یافتن جریان در منطقه کمک می‌کند و امکان برنامه‌ریزی برای آب پایدار را ایجاد می‌کند.

### توان خط برف

نتیجه‌ی محاسبه‌ی ارتفاع توان خط برف ماهانه در آبخیزهای استان کرمان در نمودار ۳ آورده شده است. توان نشست برف در فروردین، اسفند، بهمن و دی به‌ترتیب کم‌ترین و بیش‌ترین است. در واقع هر چه از فروردین به دی بگذرد، توان نشست برف افزایش می‌یابد. روند کمینه‌ی ارتفاع خط توان برف در ماه‌های مختلف از آبان تا بهمن کاهش می‌یابد، اما از اواخر بهمن به بعد در اسفند و فروردین افزایش می‌یابد. روند تغییر توان خط برف در همه‌ی حوزه‌های منطقه یکسان و با



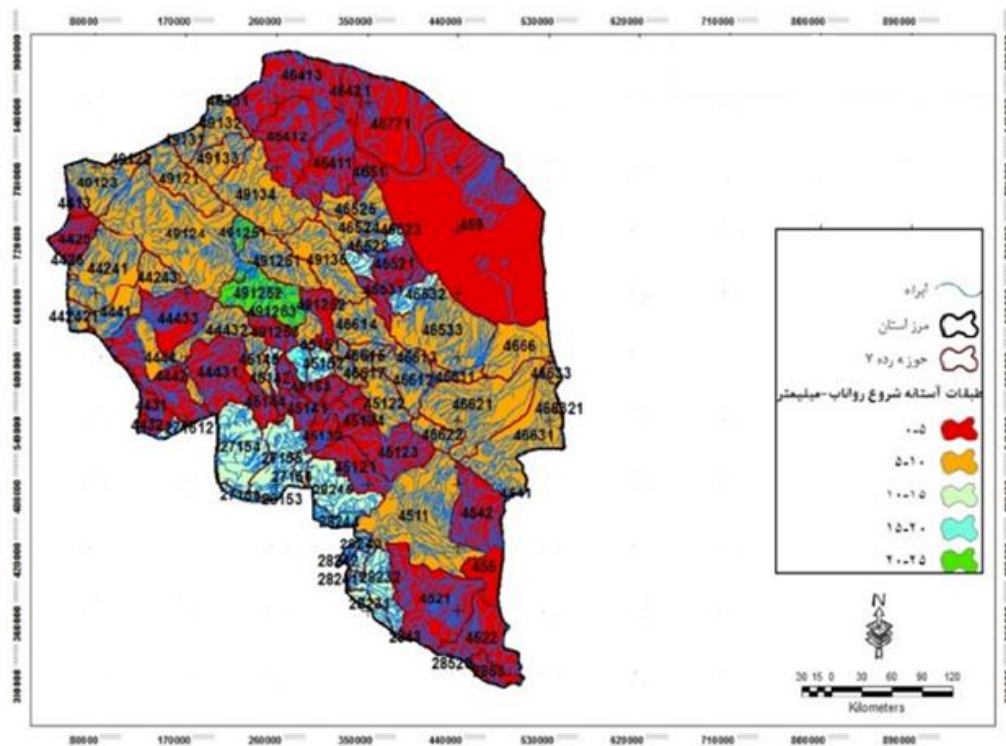
شکل ۳- روند تغییر ارتفاع توان خط برف در حوزه‌های استان کرمان.

می‌دهد که آستانه‌ی روان‌آب پهنه‌ی استان، عمدتاً طبقه‌ی صفر تا پنج میلی‌متر با  $44/9\%$  پوشش سطحی و عمدتاً در شمال و شمال شرق استان است. طبقه‌ی پنج تا ۱۰ میلی‌متر با پوشش سطحی  $43/65\%$  برآورد شد که در مرکز استان است. آستانه‌ی روان‌آب طبقه‌ی ۱۰ تا ۱۵ میلی‌متر با پوشش سطحی  $8/46\%$  در جنوب و جنوب غرب است. آستانه‌ی روان‌آب طبقه‌ی ۱۵-۲۰ با پوشش سطحی  $0/8\%$  و آستانه‌ی روان‌آب طبقه‌ی ۲۰-۲۵ و بیش‌تر با پوشش سطحی  $2\%$  نیز در مرکز استان است.

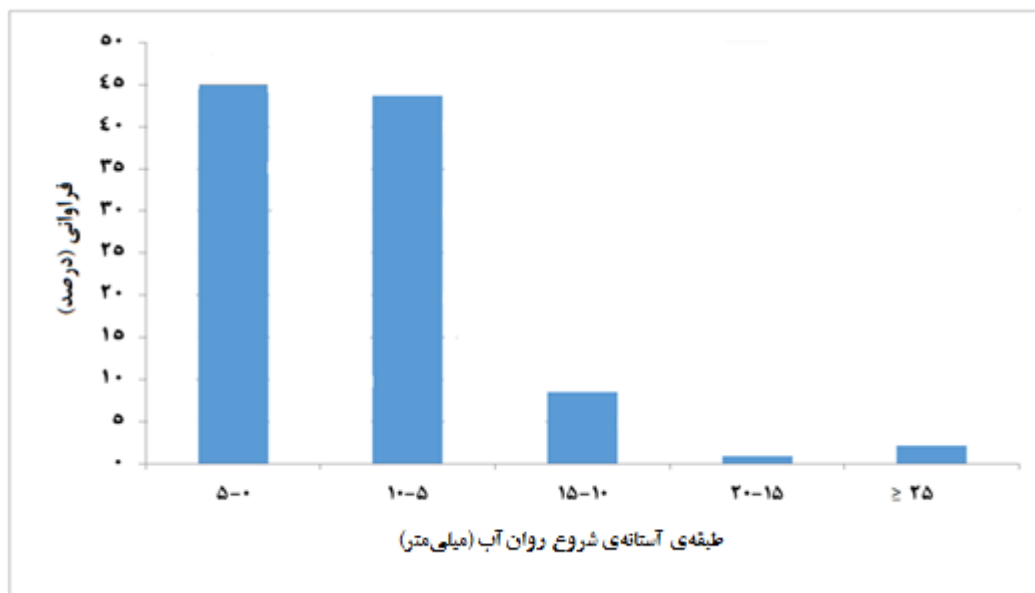
### آستانه‌ی شروع روان‌آب

خروجی مدل شبیه‌ساز نشان داد که دامنه‌ی آستانه‌ی شروع روان‌آب به‌دست آمده برای حوزه‌های این استان از ۰-۲۵ میلی‌متر است که در پنج رده‌ی ۰-۵، ۵-۱۰، ۱۰-۱۵، ۱۵-۲۰ و بیش از ۲۰ میلی‌متر تقسیم‌بندی شد. نقشه‌ی پهنه‌بندی آستانه‌ی روان‌آب استان به تفکیک در شکل ۴ و درصد پوشش سطحی طبقه‌های آستانه‌ی روان‌آب در استان در شکل ۵ آورده شده است. آستانه‌ی روان‌آب این استان نیز در دامنه‌ی ۰ تا ۲۵ میلی‌متر است. شکل ۴ نشان





شکل ۴- پهنه‌بندی طبقه‌های آستانه‌ی شروع روان‌آب در آبخیزهای استان کرمان.



شکل ۵- مساحت طبقه‌های آستانه‌ی شروع روان‌آب در آبخیزهای استان کرمان.

نه رده‌ی ناچیز، خیلی کم، کم، نسبتاً کم، متوسط، نسبتاً زیاد، زیاد، خیلی زیاد و طغیانی دسته‌بندی شد (جدول ۳؛ پرهت ۲۰۱۶). نتیجه‌ی طبقه‌بندی شدت سیل خیزی آبخیزهای استان کرمان در شکل ۶ آورده شده است. بیش از ۷۵٪ از مساحت زمین‌های استان در رده‌ی سیل خیزی کم است و در مجموع در ۲۵٪ از زمین‌های استان در رده‌های متوسط، زیاد و خیلی زیاد است.

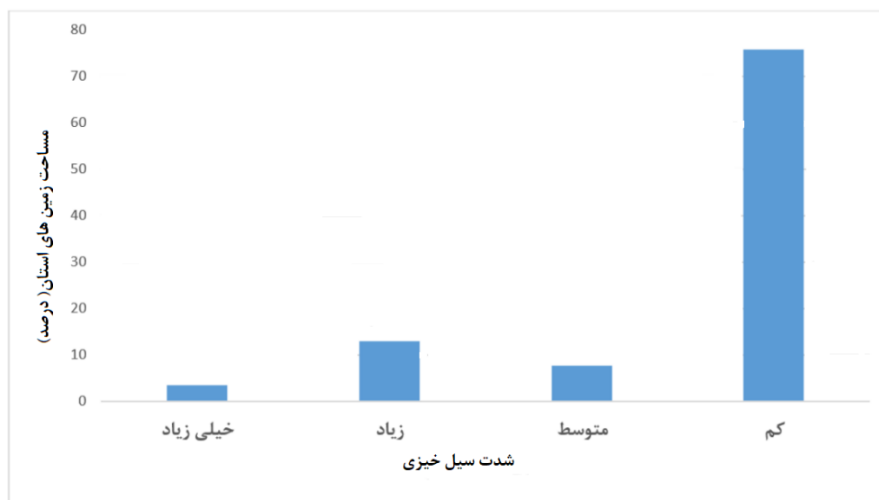
در حدود ۲۸٪ از تعداد حوزه‌های بررسی‌شده احتمال سیل خیزی با شدت متوسط، زیاد و خیلی زیاد است (شکل ۷).

### شدت سیل خیزی

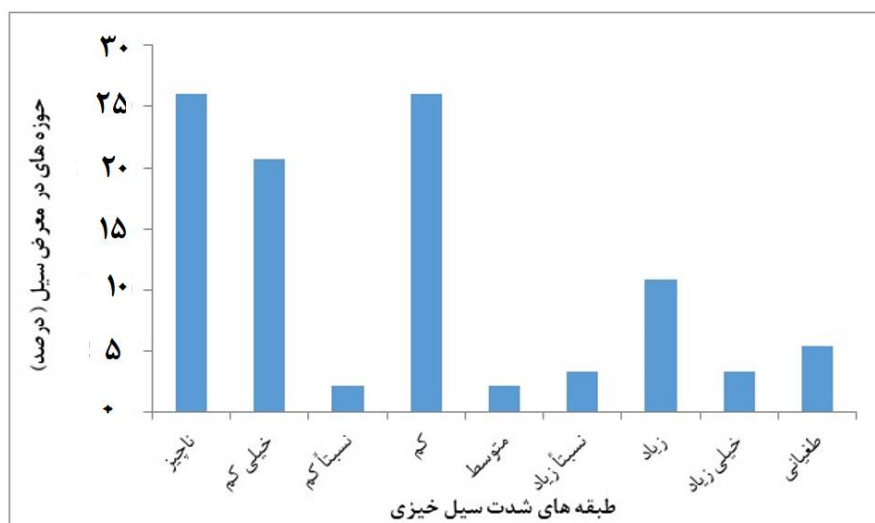
آب‌دهی بیشینه‌ی لحظه‌ی ویژه یکی از شاخص‌های مهم در آب‌شناسی و بیان‌گر سیل خیزی حوزه است. برای تعیین کردن شدت سیل خیزی، شاخص آب‌دهی اوج ویژه‌ی ایستگاه‌های آب‌سنجی به کار گرفته شد. در محل این ایستگاه‌ها، آب‌دهی بیشینه‌ی لحظه‌ی با دوره‌ی برگشت ۵۰ ساله برای حوزه‌های منطقه با تحلیل منطقه‌ی محاسبه و با تقسیم کردن آن بر مساحت حوزه، آب‌دهی ویژه‌ی زیر حوزه‌های استان محاسبه شد. شاخص شدت سیل خیزی در

جدول ۳- شاخص طبقه‌بندی شدت سیل خیزی آبخیزهای کشور (پرهت ۲۰۱۶).

محدوده‌ی تغییر شدت سیل خیزی (مترمکعب در ثانیه در کیلومتر مربع)	رده‌های شدت سیل - خیزی	محدوده‌ی تغییر شدت سیل خیزی (مترمکعب در ثانیه در کیلومتر مربع)	رده‌های شدت سیل خیزی
۰/۴۰۱ - ۰/۵۵	نسبتاً زیاد	۰ - ۰/۰۸۸	ناچیز
۰/۵۵۱ - ۰/۷	زیاد	۰/۰۸۸ - ۰/۰۱۶	خیلی کم
۰/۷۰۱ - ۱	خیلی زیاد	۰/۰۱۶۱ - ۰/۲۴	کم
> ۱	طغیانی	۰/۲۴۱ - ۰/۳۲	نسبتاً کم
		۰/۳۲۱ - ۰/۴	متوسط



شکل ۶- مساحت زمین‌های استان با شدت‌های مختلف سیل خیزی.

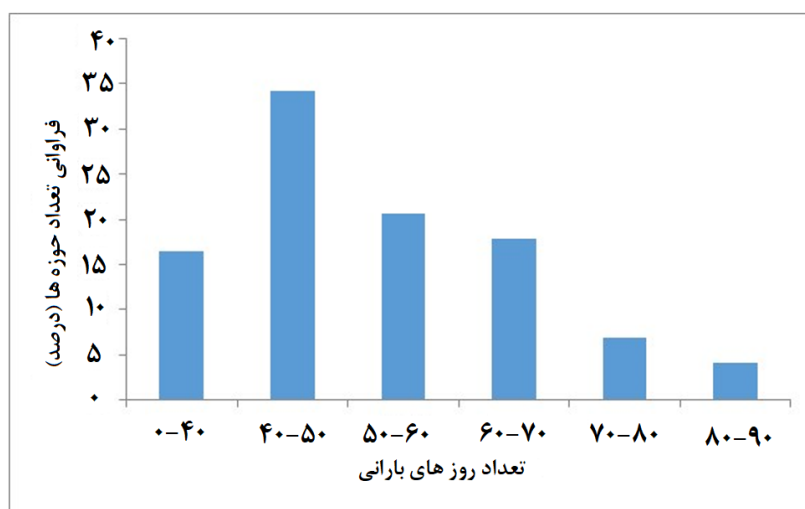


شکل ۷- فراوانی حوزه‌های با توان سیل خیزی.

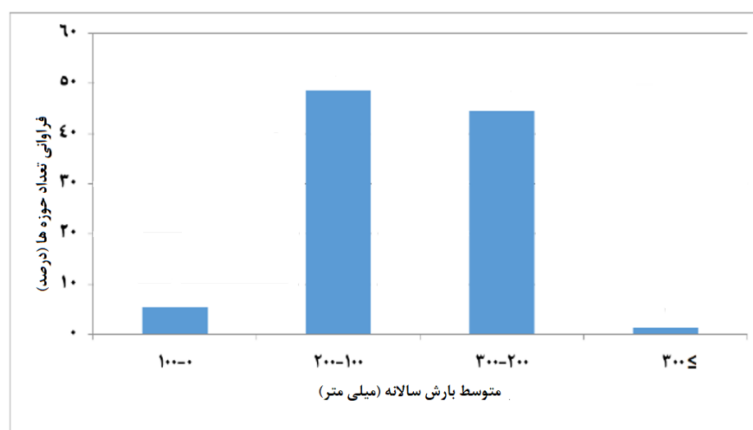
بارانی، پیش‌نیاز طرح‌های کشاورزی و پژوهش‌های تعیین الگوی کشت باشد. از دیدگاه توزیع بارش متوسط سالانه، بارش حوزه‌ها در بازه‌ی کم‌تر از ۱۰۰ میلی‌متر و تا بیش‌تر از ۳۰۰ میلی‌متر است (نمودار ۹)، که در حدود ۴٪ از آن‌ها بارش متوسط سالانه کم‌تر از ۱۰۰، و در ۱٪ نیز بیش از ۳۰۰ میلی‌متر در سال است. حدود ۴۹٪ از حوزه‌ها در بازه‌ی ۱۰۰-۲۰۰ و ۴۵٪ از آن‌ها نیز در بازه‌ی ۲۰۰-۳۰۰ میلی‌متر است. آگاهی از میزان بارش سالانه در کنار تعداد روزهای بارانی در سال، سنجشی تعیین‌کننده‌ی در مکان‌گزینی طرح‌های کشاورزی و تعیین زمان و نوع و الگوی کشت است.

#### مولفه‌های بارش

با داده‌های ایستگاه‌های باران‌سنجی، نقشه‌های هم‌باران تهیه و سنجه‌های بارش متوسط سالانه‌ی حوزه‌های استان، و تعداد روزهای بارانی (که عامل مهمی در مناطق خشک است) از داده‌های بارندگی ایستگاه‌ها استخراج شد (نمودار ۸ و ۹). تعداد روزهای بارانی حوزه‌های استان در بازه‌ی صفر تا ۹۰ روز، کم‌ترین فراوانی تعداد روزهای بارانی در حوزه‌ها ۸۰ تا ۹۰ روز (۴٪)، و بیشینه‌ی آن نیز در بازه‌ی ۴۰-۵۰ روز در سال (۳۴٪) است. تعداد روزهای بارانی در حدود ۵۰٪ از حوزه‌ها بیش از ۵۰ روز است؛ توجه به این مشخصه می‌تواند متناسب با میزان و تعداد روزهای



شکل ۸- فراوانی تعداد روزهای بارانی حوزه‌ها.



شکل ۹- فراوانی حوزه‌ها از دیدگاه بارش متوسط سالانه.

برای شناختن آب پایدار و دسترس، شاخص‌های منحنی تداوم جریان نیز بررسی شد. نتایج نشان داد که میانگین آب‌دهی با احتمال تجاوز نکردن  $Q_{75}$ ,  $Q_{90}$ ,  $Q_{50}$  (محدوده‌ی آب‌دهی بهنجار و کم‌آبی)، و پرابی ( $Q_{20}$  تا  $Q_{20}$ ) بسیار نزدیک به هم و تقریباً برابر است. این یافته نشان می‌دهد که بازه‌ی احتمال دراختیار بودن آب پایدار و سیلابی زیاد است. از سوی دیگر، میانگین ضریب تغییر همه‌ی شاخص‌های منحنی تداوم جریان در حوزه‌های پژوهش شده نزدیک به هم است (۰/۱۱). کم‌بودن ضریب تغییر شاخص‌ها در حوزه‌های استان و طولانی بودن بازه‌ی احتمال دراختیار بودن آب پایدار و سیلابی، امکان و توانایی برنامه‌ریزی را می‌دهد، و توجه به شناخت و تحلیل وضعیت شاخص‌های تداوم جریان را در طراحی‌های مبتنی بر آب، چه آب پایدار چه سیلابی نشان می‌دهد.

یکی دیگر از مولفه‌های موثر در منابع تامین‌کننده‌ی آب پایدار حوزه‌ها توان خط برف است. روند تغییر توان خط برف در همه‌ی حوزه‌های منطقه، یکی و با فراز و فرود مشابه است. آگاهی از این توان به شناخت و آگاهی یافتن از شرایط تداوم جریان در منطقه کمک، و امکان برنامه‌ریزی برای آب پایدار ایجاد می‌کند. شناخت روند خط توان برف در ماه‌های مختلف سال می‌تواند به شناخت منابع تغذیه‌کننده‌ی جریان‌های پایدار و برنامه‌ریزی شونده در حوزه‌ها منجر شود که به تهیه کردن برنامه‌های تامین آب و الگوی کشت کمک می‌کند.

تعیین آستانه‌ی شروع روان‌آب، پیش‌نیاز برآوردهای دقیق تر سیل طرح و تخمین پتانسیل تولید سیل است و اطلاع از میزان آن می‌تواند منجر به مدیریت کردن بهینه‌ی منابع آب و به کار بردن آن همچون لایه‌ی اطلاعاتی مهمی در آمایش

### بحث و نتیجه‌گیری

برای کاهش دادن فشارهای ناشی از بهره‌وری انسان از سرزمین، و فشارهای وارد شده بر منابع آب زیرسطحی در منطقه‌های خشک و نیمه‌خشک، برای بهره‌مندی متناسب و متوازن، نیاز به سیاست‌گذاری در آمایش و مدیریت منابع آب است. در این پژوهش به مهم‌ترین مولفه‌های منابع آب سطحی توجه شد: شناخت وضعیت توزیع فراوانی مولفه‌های آب پایه، شاخص‌های تداوم جریان، آب‌دهی‌های سیلابی، آستانه‌ی شروع روان‌آب، شدت سیل خیزی، ارتفاع توان خط برف و توزیع فراوانی مولفه‌های بارش. شناخت این عامل‌ها باید پیش‌نیاز طرح‌های آمایش مبتنی بر آب برای مکان‌گزینی طرح‌های کشاورزی دیم و آبی یا تعیین الگوی کشت، طرح‌های حوزه‌ی منابع طبیعی و آبخیزداری، جمع‌آوری آب باران، مهار سیل و طرح‌های عمرانی، صنعتی و گردشگری باشد.

توزیع شاخص جریان پایه‌ی سالانه‌ی حوزه‌های استان نشان‌دهنده‌ی ۷۸٪ فراوانی حوزه‌های با شاخص بیش از ۵۰٪ است. شاخص جریان پایه نماینده‌ی مشارکت منابع آب زیرسطحی در جریان رودخانه‌ها است، بنابراین میانگین ۶۱٪ این شاخص در استان بیانگر این است که در حوزه‌های این اقلیم خشک، آب‌های زیرسطحی نقش بیش‌تری در تامین جریان‌های سطحی دارند. از این رو برای مدیریت، حفظ، و صیانت کردن از منابع آب زیرسطحی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، توجه به این شاخص در آمایش سرزمین لازم و حیاتی است. شناخت توزیع شاخص جریان پایه و آگاهی از فراوانی حوزه‌های با شاخص جریان پایه‌ی زیاد، باید پیش‌نیاز برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری در طرح‌های مبتنی بر آب پایدار باشد.

بارش سالانه در کنار آگاهی از تعداد روزهای بارانی در سال، سنجهی تعیین‌کننده‌ی در مکان‌گزینی طرح‌های مرتبط با کشاورزی، و تعیین زمان، نوع و الگوی کشت است.

اغلب تحقیقات انجام‌شده از جمله هدایتی آق مشهدی و همکاران (۲۰۱۵)، امینی و همکاران (۲۰۱۶)، و علیپور و همکاران (۲۰۱۷) در آمایش، تنها به یک مولفه از منابع آب توجه کرده‌اند. در این پژوهش نگاه جامع‌تری شده است، و به هفت مولفه‌ی اصلی منابع آب سطحی موثر بر آمایش سرزمین، از دیدگاه زمانی و مکانی توجه شده است. دو مولفه‌ی جریان پایه و شاخص‌های منحنی تداوم جریان، به‌ویژه شاخص‌های کم‌آبی مرتبط با بخش انتهایی منحنی تداوم جریان (Q<sub>۷۵</sub>، Q<sub>۹۰</sub>)، اطلاعاتی از وضعیت منابع آب زیرسطحی و میزان مشارکت آب‌های زیرسطحی در جریان رودخانه را به ما نشان می‌دهد، که در واقع مولفه‌های اصلی و اولیه‌ی نگاه مدیریتی به بخش آب‌های زیرزمینی نیز هست. خطرهای منابع آب، ناشی از وقایع حدی سیل‌خیزی و خشک‌سالی آب‌شناسی نیز مولفه‌های سیل‌خیزی و نقشه‌های خروجی پهنه‌بندی وضعیت سیل‌خیزی در مکان‌گزینی طرح‌های توسعه‌ی، کمک زیادی به دقت و صحت آمایش می‌کند. تحلیل شاخص‌های کم‌آبی و شاخص جریان پایه به تحلیل وضعیت خشک‌سالی آب‌شناسی کمک می‌کند. نتیجه‌ی این پژوهش در آن‌جا که به توزیع زمانی-مکانی برخی مولفه‌ها از جمله بارش توجه کرده است، با نتیجه‌ی تحقیق عادل (۲۰۱۲) در توزیع زمانی-مکانی بارش در آمایش سرزمین استان گلستان مشابه است. نگاه هم‌زمان به مولفه‌های اصلی منابع آب در این پژوهش در راستای نتیجه و توصیه‌های رودریگز و همکاران (۲۰۱۵) و تیانا و کریستوف (۲۰۱۵) بر جامع‌نگری و تلفیق مدیریت منابع آب با آمایش سرزمین است.

شناخت و آگاهی از وضعیت منابع آب سطحی، محدودیت‌ها و توانایی‌های منابع را مشخص می‌کند، و توجه به آن می‌تواند منجر به بهینه‌شدن طرح‌های مرتبط با آب و مهارشدن فشار بر منابع آب‌های زیرزمینی در مناطق خشک شود. بنابراین پیشنهاد می‌شود، نگاه جامع و هم‌زمان به همه‌ی مولفه‌های منابع آب سطحی و زیرزمینی پیش‌نیاز برنامه‌ریزی آمایش سرزمین، و از ابزارهای تدوین برنامه‌های منطبق با مدیریت جامع دانسته شود.

سرزمین و مکان‌گزینی طرح‌های مختلف کشاورزی، صنعتی و شهرسازی شود. شناخت شدت سیل‌خیزی حوزه‌ها از دیدگاه آمایش سرزمین و مدیریت آب‌خیزداری اهمیت زیادی دارد، زیرا اهمیت حوزه‌های با سیل‌خیزی بیش‌تر، از نظر اقدام‌های پیش‌گیرانه از خسارت سیل، اجرای طرح‌های حفاظت خاک و آب، جمع‌آوری آب و اولویت‌بندی مکان‌گزینی طرح‌های اجرایی، بیش‌تر از حوزه‌های با سیل‌خیزی کم‌تر است. سیل‌خیزی حوزه به نوعی بیانگر توانایی تولید روان‌آب در حوزه است و هر چه ضریب تولید روان‌آب بیش‌تر باشد، نفوذپذیری و قدرت نگه‌داری آب در حوزه کم‌تر است و در نتیجه بارش به‌سرعت از حوزه خارج و به همراه آن خسارت‌های زیادی وارد می‌شود. توجه به نتیجه‌ی طبقه‌بندی شدت سیل‌خیزی نشان می‌دهد که از نظر مساحت بیش از ۷۵٪ از زمین‌های استان در رده‌ی شدت سیل‌خیزی کم است، و رده‌های متوسط، زیاد و خیلی زیاد در مجموع در ۲۵٪ از زمین‌های استان است. از نظر تعداد، حوزه‌های با شدت سیل‌خیزی متوسط، زیاد و خیلی زیاد حدود ۲۸٪ بود. از این رو اگرچه این منطقه خشک است، به دلیل تعداد زیاد حوزه‌های باتوان سیل‌خیزی، مزیتی در آن هست. بنابراین لازم است که از دیدگاه طرح‌های مهار و جمع‌آوری سیلاب، و طرح‌های مرتبط با مکان‌گزینی طرح‌های کشاورزی، صنعتی و عمرانی و شهرسازی به آن توجه شود.

شناخت مولفه‌های مختلف بارش مانند میزان، توزیع زمانی و مکانی، تعداد و فراوانی روزهای بارانی و سایر سنجه‌های آن ممکن است، پیش‌نیاز طرح‌های مرتبط با جمع‌آوری آب باران، پژوهش‌های مربوط به برآورد در حوزه‌های بی‌داده، طرح‌های کشاورزی آبی و دیم، تعیین الگوی کشت و طرح‌های آبی‌پروری شود. بررسی توزیع زمانی بارش نشان می‌دهد که در حدود ۵۰٪ از حوزه‌های این منطقه تعداد روزهای بارانی بیش از ۵۰ روز است. توجه به این مشخصه می‌تواند پیش‌نیاز طرح‌های کشاورزی، و پژوهش‌های مرتبط با تعیین الگوی کشت متناسب با میزان و تعداد روزهای بارانی باشد. بارش متوسط سالانه‌ی حوزه‌ها در بازه‌ی کم‌تر از ۱۰۰ میلی‌متر تا بیش‌تر از ۳۰۰ میلی‌متر است، که در حدود ۱٪ از حوزه‌ها کم‌تر از ۱۰۰ و در ۱٪ نیز بیش از ۳۰۰ میلی‌متر است. حدود ۴۹٪ از حوزه‌ها در بازه‌ی ۱۰۰-۲۰۰ و ۴۵٪ از آن‌ها نیز در بازه‌ی ۲۰۰-۳۰۰ میلی‌متر است. میزان

### سپاس‌گزاری

این پژوهش برگرفته از بخشی از طرح تحقیقاتی «ارزیابی پارامترهای هیدرولوژیکی در مناطق خشک استان کرمان» (۹۰۰۳-۹۰۱۵-۲۹-۲۹-۰۱۴) و «تهیه و توسعه‌ی اطلس و آماده‌سازی داده‌های زمانی و مکانی سیل در حوزه‌های

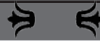
استان کرمان» (۹۴۰۰۱-۹۴۵۱-۲۹-۲۹-۰۱۴) است که با امکانات پژوهش‌شکده‌ی حفاظت خاک و آبخیزداری به‌انجام رسیده است. بدین وسیله از همراهی و مساعدت مسئولان محترم پژوهش‌شکده تشکر می‌کنیم.

- Abdolahnezhad K. 2015. Forecasting of monthly sum-raining by stochastic models in time series. *Geographical Planning of Space Quarterly Journal*. 5(17):15–25. (In Persian).
- Adeli M. 2012. Evaluation of ground water quality in Gorgan town ship using GIS and geostatistics. *Geographical Planning of Space Quarterly Journal*. 2(5):57–74. (In Persian).
- Ahearn DS, Sheibley RW, Dahlgren RA, Anderson M, Jonson J, Kenneth W.T. 2005. Land use and land cover influence on water quality in the last free-flowing river draining the western Sierra Nevada, California. *Journal of Hydrology*. 313 (3-4) 234–247.
- Ahmadi A, Karamouz M, Moridi A, Han D. 2012. Integrated planning of land use and water allocation on a watershed scale considering social and water quality issues. *Journal of Water Resources Planning and Management*. 138 (6): 671–681. (In Persian).
- Alipour A, Rahimi J, Azarnivand A. 2017. Groundwater quality analysis for drinking and agricultural purposes-a prerequisite for land use planning in the arid and semi-arid regions of Iran. *Journal of Range and Watershed Management*. 70(2): 423–434. (In Persian).
- Amini A, Haydari R, Hosseini M, Jalali N. 2016. The role of water resources in the land use planning in the Talvar Watershed, Kurdistan, Iran. *Watershed Engineering and Management*. 8(3):322–331. (In Persian).
- Arvin A, Mofidi Kh, Mazini F. 2012. Determination of spatio-temporal pattern of precipitation in Golestan province using cluster analysis. *Geographical Planning of Space Quarterly Journal*. 5(17):15–25. (In Persian).
- Bozorgzadeh A, Mosavi S. J. 2017. Management and development of planning of water resources. *Journal of Water and Sustainable Development*. 4 (2):179–180. (In Persian).
- Christophe B, Tina R. 2015. Integrating water resource management and land-use planning at the rural–urban interface: Insights from a political economy approach. *Water Resources and Economics*. 1(9): 45–59.
- Davies EG, Simonovic SP. 2011. Global water resources modeling with an integrated model of the social– economic–environmental system. *Advances in Water Resource*. 34(6): 684–700.
- FAO. 1993. Guidelines for land use planning. Development Series 1, FAO code: 59 AGRIS: E11, No. ISBN 92(5):103282–103283.
- Gyawali S. 2019. Integrating Land use planning and surface water quality management for sustainable development of river basin, a case study of U-tapao river basin, Ph.D. Dissertation, Prince of Songkla University, Thailand. 208 p.
- Hedayati-Aghmashhadi A, Jafari H, Mehrdadi N, Fahmi H, Farshchi P, Zahedi S. 2015. Land use planning and water resources management; resource planning instead of activities planning (Case study: Caspian Basin). *Journal of Environmental Science and Technology*. 17(3):66–86. (In Persian).
- Kazemi R, Ghermez-Cheshmeh B. 2016. Investigation of different base flow separation methods using flow duration indices (Case study: Khazar region). *Water and Soil Conservation*. 23(2): 131–146. (In Persian).
- Kazemi R, Sharifi F. 2017. Regional investigation and estimation of base flow index in homogeneous basins of Kerman Providence. *Watershed Engineering and Management*. 9(1):97–107. (In Persian).
- Khedmati H, manshori M, Heydarizadeh M,

- Sedghi H. 2010. Zonation and estimation of flood discharge in unguaged sites located in south-east basins of Iran using a combination of flood index and multivariable regression methods (Sistan and Baluchistan, Kerman, Yazd and Hormozgan Provinces), *Journal of Water and Soil*. 24(3):593–609. (In Persian).
- Langat PK, Kumar L, Koech R. 2019. Understanding water and land use within tana and Athi river basins in kenya: opportunities for improvement. *Sustainable Water Resources Management*. 5(3):977– 987.
- Lerner AM, Eakin HC, Tellman E, Bausch JC, Aguilar BH. 2018. Governing the gaps in water governance and land-use planning in a megacity: The example of hydrological risk in Mexico City. *Cities Journal*. 83(2): 61–70.
- Letcher RA, Croke BFW, Jakeman AJ, Merritt W S. 2006. An integrated modeling toolbox for water resources assessment and management in highland catchments: model description. *Agricultural Systems*. 89(1): 106–131.
- Ludwig F, Van Slobbe E, Cofino W. 2014. Climate change adaptation and integrated water resource management in the water sector. *Journal of Hydrology*. 518(2): 235–242.
- Lyne V, Hollick M. 1979. Stochastic time variable rainfall runoff modelling. *Hydrology and Water Resources Symposium Berth*, National Committee on Hydrology and Water Resources of the Institution of Engineers. Australia, 79(10):89–93.
- Meire P, Coenen M, Lombardo C, Robba M, Sacile R. 2008. Towards integrated water management. In: Meire P, Coenen, M, Lombardo C, Robba M, Sacile R. (Eds.), *Integrated water management*, (N.A.T.O, Science Series. IV. Earth and Environmental Sciences, Vol. 80. Springer, Netherlands). ISBN: 978-1-4020-6552-1.
- Molinos-Senante M, Hernandez- Sancho F, Mochol-Arce M, Sala- Garrido R. 2014. A management and optimization model for water supply planning in water deficit areas. *Journal of Hydrology*. 515(2): 139–146.
- Monshi Zade R, Salehian S. 2015. The Role of water resources in regional sustainable development (case study: Badrood, Isfahan). *Geographical Planning of Space Quarterly Journal*. 5(17):55–66. (In Persian).
- Nouri SH, Seidaiy SE, Kiani S, Soltani Z, Nooruzi-Avargani A. 2010. Assessment of ecologic environmental sources for determining rich farmland by GIS (central district of Kiar Sub County). *Geography and Environmental Space*. 21(1):33–46. (In Persian).
- Palom AR, Pujol DS, Cantos JO. 2017. Sustainable land use planning in areas exposed to flooding: Some international experiences. In *Floods; Vinet, F., Ed.; Volume 2 Risk management; Elsevier Ltd.: Amsterdam, The Netherlands*. 103–117.
- Porhemmat J. 2016. A model on investigation on flood hazard over watersheds of Iran. *Iran-Watershed Management Science & Engineering*. 10(34):1–14. (In Persian).
- Porhemmat J. 2018. Final report of research project: Development and preparation of atlas and spatiotemporal data of flood in 7th order watersheds of Iran, Ministry of Jihad-e-Agriculture Agricultural Research, Extension and Education Organization, Soil conservation & Watershed Management Research Institute Press, Tehran. 415 p. (In Persian).
- Porto M.F. A, Porto R.L.L. 2008. Gestão de bacias hidrográficas. *Estudos Avançados*, 22(63): 43–60.
- Rodríguez MI, Grindlay AL, Cuevas MM, Zamorano M. 2015. Integrating land use



- planning and water resource management: threshold scenarios—a tool to reach sustainability. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*. 192(1): 231–242.
- Safavi HR, Golmohammadi MH, Sandoval-Solis S. 2015. Expert knowledge-based modeling for integrated water resources planning and management in the Zayandehrud River Basin. *Journal of Hydrology*. 528(1): 773–789.
- Shoae Z. 2019. Environmental development using rainwater catchment systems. 7th National Conference on Rain Water Catchment System. Tehran, Iran. 1(1):46–60. (In Persian).
- Supreme Council of the landuse planning of Iran. 2017. National alignment of landuse planning, Approved on 2-5-2017.
- Tong S, Chen W. 2002. Modeling the relationship between land use and surface water quality. *Journal of Environmental Management*. 66(4): 377–393.
- Weng SQ, Huang GH, Li YP. 2010. An integrated scenario-based multi-criteria decision support system for water resources management and planning – a case study in the Haihe River Basin. *Expert System with Applications*. 37(12): 8242–8254.
- Xie M. 2006. Integrated water resources management (IWRM) – introduction to principles and practices. In Africa Regional Workshop on I.W.R.M, Nairobi.



## ***Watershed Management Research***

VOL. 33, No. 2, Ser. No: 127, Summer 2020, pp. 2 -19  
DOI: 10.22092/wmej.2019.126446.1222

### **Recognition and Analysis of Surface Water Resources Capacity, Prerequisite of Land Use Planning in the Province of Kerman**

#### **Rahim Kazemi**

(Corresponding Author)\* Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran

#### **Jahangir Porhemmat**

Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran

#### **Forood Sharifi**

Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran

\*Corresponding Author Email: ra\_hkazemi@yahoo.com

Received: 01 June 2019

Accepted: 17 December 2019

#### **Abstract**

Water is a key element of land use planning and sustainable development, and recognizing and analyzing of water resources capacity is a prerequisite for land use planning. By analyzing the daily stream flow data collected at the hydrometric stations, 43 stations with the common period between 1976 and 2011 in the Province of Kerman were selected. The most important components of the surface water resources including base flow, flow duration curve (FDC) indices, flood discharges, runoff threshold, flood intensity, potential snowfall elevation, and the rainfall components were analysed. The average base flow index in the catchments of the province was 0.61. About 78% of the catchments had a base flow index of more than 0.50. The mean coefficient of variation of the FDC indices was 0.11. Changes in the snow line potential in every catchment of the region followed the same trend. The runoff threshold range was 0 to 25 millimeters and a class of 0 to 5 with 44.9% of the surface coverage was the most frequent, covering the north and northeast of the province. More than 50% of the province land is in the low flood intensity. About 50% of the catchments had more than 50 rainy days and 45% of the catchments were in the range of 200-300 millimetres of average annual precipitation. Results of the sustainable water access indices including base flow index, coefficient of variation of FDC indices and snow line potential showed proper capability of watersheds of the Province of Kerman to optimize the water-related projects and control the overexploitation of the groundwater resources in the arid regions.

**Keywords:** Base flow index, catchment, flood frequency, flow duration curve, runoff threshold, water resources planning