



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری



نشریه فنی

**بررسی شاخص های هیدرولوژیکی مؤثر در
حفاظت آب و خاک در مقیاس حوزه آبخیز**

نویسندگان:
رحیم کاظمی، فرود شریفی

شماره ثبت: ۶۸۲۳۲

۱۴۰۴

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

نشریه فنی:

بررسی شاخص های هیدرولوژیکی مؤثر در حفاظت آب و خاک در مقیاس حوزه آبخیز

نویسندگان:

رحیم کاظمی، فرود شریفی

شماره فروست: ۶۸۲۳۲

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

عنوان: بررسی شاخص های هیدرولوژیکی مؤثر در حفاظت آب و خاک در مقیاس حوزه آبخیز

نویسندگان: رحیم کاظمی، فرود شریفی

ویراستار: سعید نبی پی لشکریان

صفحه آرای و طراحی جلد: عباس صدیق

ناشر: پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

شمارگان: ۱۰ نسخه

تاریخ انتشار: پاییز ۱۴۰۴

این اثر در مورخه ۱۴۰۴/۰۸/۰۷ با شماره ۶۸۲۳۲ در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است. حق چاپ محفوظ است. نقل مطلب، تصاویر، جداول، منحنی ها و نمودارها با ذکر مآخذ بلامانع است.

پیشگفتار

برای کاهش فشارهای ناشی از بهره‌وری انسان از سرزمین و کاهش فشارهای وارده بر منابع آب و خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک، سیاست‌گذاری آمایش پارامترهای هیدرولوژیکی مؤثر بر حفاظت آب و خاک و مدیریت منابع آب و خاک، برای بهره‌مندی متناسب و متوازن، مورد نیاز است. در این راستا شناخت کامل و هم‌زمان از مؤلفه‌های منابع آب سطحی و زیرسطحی و تعیین ظرفیت‌ها و پتانسیل‌های موجود، به‌عنوان پیش‌نیاز طرح‌های حفاظت آب و خاک، مطرح است. برای تأمین این پیش‌نیازها، مهم‌ترین مؤلفه‌های منابع آب سطحی در این نوشتار موردتوجه قرار گرفته‌اند. شناخت وضعیت توزیع فراوانی شاخص‌های جریان پایه، شاخص‌های تداوم جریان، دبی‌های سیلابی، آستانه شروع رواناب، شدت سیل‌خیزی، ارتفاع خط برف پتانسیل و مؤلفه‌های بارش، می‌تواند به‌عنوان پیش‌نیاز طرح‌های حفاظت آب و خاک، مکان‌گزینی طرح‌های کشاورزی، اعم از نوع کشاورزی دیم و آبی یا تعیین الگوی کشت، تدوین و اجرای طرح‌های حوزه منابع طبیعی و آبخیزداری، استحصال آب باران، کنترل سیل و طرح‌های عمرانی، صنعتی و گردشگری مورد استفاده قرار گیرد. نتایج بررسی دامنه شاخص‌های مختلف هیدرولوژیکی و شناخت پتانسیل‌ها، به آگاهی از میزان آب پایدار و تداوم جریان در منطقه منجر می‌شود و امکان برنامه‌ریزی برای استفاده متناسب از آب پایدار را فراهم می‌کند. همچنین شناخت وضعیت مؤلفه‌های بارش، پارامتر تعیین‌کننده در مکان‌گزینی طرح‌های مرتبط با کشاورزی و تعیین زمان، نوع و الگوی کشت است. همچنین تعیین آستانه شروع رواناب و آگاهی از وضعیت سیل‌خیزی و شدت سیل‌خیزی حوزه، قابل استفاده در طرح‌های مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز است.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
چکیده	۱
فصل اول - مقدمه و کلیات	۲
۱-۱- مقدمه	۲
فصل دوم- مواد و روش‌ها	۶
۱-۲- مواد و روش‌ها	۶
۱-۱-۲- انتخاب منطقه اجرا	۶
۱-۲-۳- بررسی درستی و همگنی داده‌های دبی بیشینه لحظه‌ای	۸
۱-۲-۹- شاخص‌های آستانه شروع رواناب و ضریب رواناب	۱۱
۱-۲-۱۰- تعیین گرادیان درجه حرارت حوضه‌ها	۱۲
فصل سوم- نتایج (نمونه اجرا شده)	۱۳
۱-۳- نمونه اجرا شده / این دستورالعمل	۱۳
۲-۳- نتایج	۱۵
۱-۲-۳- نتایج تفکیک جریان پایه	۱۵
۲-۲-۳- نتایج محاسبه شاخص‌های تداوم جریان	۱۶
۲-۴-۳- نتایج محاسبه آستانه شروع رواناب	۱۸
۲-۵-۳- نتایج بررسی شدت سیل خیزی	۲۰
۲-۶-۳- نتایج بررسی مؤلفه‌های بارش	۲۲
۳-۳- بحث و نتیجه‌گیری	۲۳
سیاسگذاری	۲۷
منابع:	۲۸
Abstract:	۳۱

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱- وضعیت عمومی حوزه‌های آبخیز مورد پژوهش.....	۱۴
شکل ۲- توزیع فروانی شاخص جریان پایه سالانه در حوزه‌های استان کرمان.....	۱۶
شکل ۳- روند تغییرات ارتفاع پتانسیل خط برف در حوزه‌های استان کرمان.....	۱۸
شکل ۴- نقشه پهنه‌بندی طبقات آستانه شروع رواناب در حوزه‌های آبخیز استان کرمان (کاظمی، ۱۳۹۸).....	۱۹
شکل ۵- نمودار درصد مساحت طبقات آستانه شروع رواناب در حوزه‌های استان کرمان.....	۲۰
شکل ۶- درصد اراضی تحت پوشش طبقات شدت سیل خیزی.....	۲۱
شکل ۷- فراوانی حوزه‌های با پتانسیل سیل خیزی.....	۲۲
شکل ۸- فروانی حوزه‌ها از منظر تعداد روزهای بارانی.....	۲۳
شکل ۹- فروانی حوزه‌ها از دیدگاه بارش متوسط سالانه.....	۲۳

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۱- مشخصات حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه در استان کرمان.....	۱۴
جدول ۲- نتایج آماری مقایسه درصد دبی‌های مختلف در منطقه خشک.....	۱۶
جدول ۳- شاخص طبقه‌بندی شدت سیل خیزی حوزه‌های آبخیز کشور (پرهت، ۲۰۱۶).....	۲۱

چکیده

شناخت پارامترهای مؤثر بر حفاظت آب و خاک، پیش‌نیاز طرح‌های حفاظت منابع در حوزه آبخیز است. بدین‌منظور نشریه حاضر که خروجی طرح‌های متعدد آمایش منابع آب سطحی و زیرسطحی تحت عنوان "بررسی پارامترهای هیدرولوژیکی در حوضه‌های آبخیز کشور" است، تدوین شده است. برای اجرای آزمایشی بررسی پارامترهای مؤثر بر حفاظت آب و خاک، حوضه‌های منطقه استان کرمان انتخاب شد. با بررسی داده‌های دبی روزانه ایستگاه‌های آب‌سنجی موجود در استان کرمان، تعداد ۴۳ ایستگاه با دوره مشترک آماری سال‌های ۱۳۵۵-۱۳۹۰ انتخاب شد. مهم‌ترین مؤلفه‌های منابع آب سطحی شامل: میزان و توزیع فراوانی آب پایه، شاخص‌های تداوم جریان، دبی‌های سیلابی، آستانه شروع رواناب، شدت سیل‌خیزی، ارتفاع خط برف پتانسیل و مؤلفه‌های بارش، محاسبه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که میانگین شاخص جریان پایه در حوضه‌های استان ۶۱ درصد است و حدود ۷۸ درصد از حوضه‌ها دارای شاخص جریان پایه بیش از ۵۰٪ هستند. میانگین ضریب تغییرات شاخص‌های تداوم جریان ۰/۱۱ است. تغییرات خط برف پتانسیل در تمامی حوضه‌های منطقه از یک روند تبعیت می‌کند. دامنه آستانه شروع رواناب از ۰-۲۵ میلی‌متر است که طبقه صفر تا پنج با ۴۴/۹ درصد پوشش سطحی، بیش‌ترین فراوانی را دارد. از نظر شدت سیل‌خیزی، بیش از ۵۰ درصد اراضی استان در طبقه شدت سیل‌خیزی کم قرار دارد. حدود ۵۰ درصد حوضه‌های این منطقه دارای تعداد روزهای بارانی بیش از ۵۰ روز هستند و از نظر بارش متوسط سالانه، ۴۵ درصد حوضه‌ها در بازه ۲۰۰-۳۰۰ میلی‌متر قرار دارند. نتایج کلی شاخص‌های دسترسی به آب پایدار از جمله: شاخص جریان پایه، ضریب تغییرات شاخص‌های تداوم جریان و خط برف پتانسیل، قابلیت مناسب حوضه‌های استان کرمان، برای بهینه‌سازی طرح‌های مرتبط با حفاظت آب و خاک و کنترل فشار بر منابع آب‌های زیرزمینی در مناطق خشک را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: آبخیز، برنامه‌ریزی منابع آب، پارامترهای هیدرولوژیکی، حفاظت آب و خاک.

فصل اول - مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

شناخت مؤلفه‌های هیدرولوژیکی مؤثر بر حفاظت آب و خاک، پیش‌نیاز طرح‌های مبتنی بر آب در حوزه‌های مختلف از جمله کشاورزی، شرب و صنعت است. به نظر بزرگ‌زاده و موسوی (۱۳۹۶) عدم توجه به این موضوع، منجر به این شده است که بسیاری از پروژه‌های آب محور کشور بدون ارتباط با طرح‌های آمایش مؤلفه‌های هیدرولوژیکی مؤثر بر حفاظت آب و خاک به انجام برسند. اهمیت شناخت این موضوع و آمایش بر مبنای آب در دسترس، به حدی است که در اسناد بالادستی نظام جمهوری اسلامی توجه ویژه‌ای به آن شده است و به‌طور مجزا، بندی را به آن اختصاص داده‌اند. در بند ۸ "راهبردهای توسعه بلندمدت منابع آب کشور" که در تاریخ ۱۳۸۲/۷/۲۷ به تصویب هیأت وزیران جمهوری اسلامی ایران رسیده است، تأکید شده است که "در تهیه طرح‌های توسعه کالبدی و آمایش سرزمین، محدودیت منابع آب کشور از نظر کمی و کیفی و توزیع مکانی و زمانی آن به لحاظ هزینه/فرصت و ارزش ذاتی آب، مورد توجه و عمل قرارگیرد و برنامه‌های توسعه 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 و به اجرا درآید". همچنین در سایر بندها نیز به‌طور غیرمستقیم، اهمیت آمایش منابع آب را در موضوع مدیریت منابع و مصارف و ارزش‌گذاری اقتصادی، متناسب با شرایط طبیعی و اقلیمی دسترسی به آب را گوشزد می‌نماید. همچنین تعداد ۲۱ بند از ماده یک سند "جهت‌گیری‌های ملی آمایش سرزمین" مصوب (۱۳۹۶) به مقوله آب از دیدگاه‌های مختلف پرداخته و بر مدیریت یکپارچه بر منابع آب، تأکید کرده است. بر اساس تعریف مرکز ملی آمایش سرزمین ایران، تنظیم کنش متقابل بین عوامل انسانی و عوامل محیطی به‌منظور ایجاد سازمان سرزمینی مبتنی بر بهره‌گیری بهینه از استعدادهای انسانی و محیطی، آمایش سرزمین نامیده می‌شود. همچنین براساس تعریفی که سازمان FAO (۱۹۹۳) ارائه داده است، آمایش سرزمین، یک ارزیابی سیستماتیک از پتانسیل‌های آب و زمین برای استفاده‌های مختلف از اراضی با در نظر گرفتن شرایط اقتصادی و اجتماعی به‌منظور انتخاب و اتخاذ بهترین گزینه‌ها برای کاربری اراضی است.

آمایش زمین و منابع آب دارای ارتباط مستقیمی با یکدیگر هستند و نوع زمین و شدت استفاده از آن دارای تأثیر قوی بر روی منابع آب است (Chen و Tong، ۲۰۰۲؛ Ahearn و همکاران، ۲۰۰۵). نکته قابل توجه در مورد آمایش منابع آب، این است که مفهوم آمایش منابع آب، به خودی خود یک محصول نیست که مشکلات را رفع نماید، بلکه مجموعه‌ای از اصول، روش‌ها و رهبردهایی است که برای مدیریت بهتر عرضه و تقاضای آب مطرح می‌شود (Xie، ۲۰۰۶). مباحث اولیه و جدی در خصوص آمایش منابع آب، در کنفرانس محیط زیست سازمان ملل در شهر استکهلم مطرح شد (Meire و همکاران، ۲۰۰۸). و سپس در کنفرانس منابع آب که در ۱۹۹۲ در دوبلین برگزار شد، به صورت جدی پیگیری شد (Porto و همکاران، ۲۰۰۸). مفهوم آمایش منابع آب، به منظور بهینه‌سازی مصرف آب در دهه ۱۹۸۰ توسط Ludwig و همکاران (۲۰۱۴) مطرح شد و هدف از آن نیز تعادل بین منابع آب موجود با تقاضا برای منابع آب با توجه به منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی بود. نقل از Molinos-Senante و همکاران (۲۰۱۴) در دهه گذشته، محققین مختلفی به موضوع آمایش منابع آب و بررسی پارامترهای هیدرولوژیکی مؤثر بر حفاظت آب پرداخته‌اند، و اکثر آنان استفاده از مدل‌ها و سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری را برای آمایش بهینه منابع آب توصیه کرده‌اند (Letcher و همکاران، ۲۰۰۶؛ Safavi و همکاران، ۲۰۱۵). برخی از محققین از جمله Weng و همکاران (۲۰۱۰) برای آمایش منابع آب، سناریوهای یکپارچه سیاست‌گذاری بر اساس تصمیم‌گیری چند معیاره و در ارتباط با پارامترهایی مانند صرفه جویی آب، میزان برداشت از منابع آب‌های زیرزمینی، میزان آب تصفیه‌نشده و غیره را مطرح کردند. برخی نیز مانند Davies و Simonovic (۲۰۱۱) برای آمایش منابع آب، مدل‌های یکپارچه دینامیکی منابع آب مرتبط با تغییرات محیط زیستی و اقتصادی و اجتماعی بود را توصیه کرده‌اند. توجه به توان محیطی، مؤلفه مهمی در شناخت مؤلفه‌های مؤثر بر حفاظت آب و خاک و آمایش منابع است و توسعه کشاورزی حفاظتی برای داشتن کارایی بالاتر و تناسب بیشتر با محیط زیست، نیازمند شناسایی علمی توان‌های محیطی است، منظور از توان-های محیطی، مجموعه داده‌های محیطی است که در بهره‌وری‌های اقتصادی از محیط توسط انسان مؤثر بوده و در راستای فعالیت‌های اقتصادی انسان در محیط کاربرد داشته باشد (نوری و همکاران، ۱۳۸۹). مؤلفه اصلی در شناسایی توان‌های محیطی به منظور توسعه کشاورزی حفاظتی، مؤلفه‌های مرتبط با منابع آب‌های سطحی

است که در بیشتر پژوهش های مرتبط با آمایش از آن استفاده و توصیه شده است. از جمله تحقیقات مرتبط با آمایش که منابع آب را محور قرار داده اند، می توان به تحقیقات Ahmadi و همکاران (۲۰۱۲) اشاره کرد. ایشان یک مدل مدیریت جامع تخصیص منابع آب در ابعاد کیفی و کمی در مقیاس حوضه را توسعه داده اند و ارتباط بین تصمیم گیران و تصمیم سازان را مدل سازی کرده اند. Rodríguez و همکاران (۲۰۱۵) و Christophe و Tina (۲۰۱۵) نیز در نتیجه گیری تحقیقات خود، توجه به تلفیق مدیریت منابع آب و خاک با آمایش سرزمین را توصیه کرده اند. آمایش پایدار سرزمین در مناطق در معرض سیل توسط Palom و همکاران (۲۰۱۷) مورد توجه قرار گرفته و وجوه مختلف پدیده سیل، اعم از جنبه های فنی و استراتژیک، مدیریت و کنترل و جایگاه آن در آمایش سرزمین و حفاظت آب و خاک مورد بررسی قرار گرفته است. جنبه های ریسک خشکسالی و اجتماعی ناشی از خلاء بین حکمرانی آب و آمایش سرزمین توسط Lerner و همکاران (۲۰۱۸) در مکزیکوسیتی مورد توجه و تحقیق قرار گرفته است. نتایج ایشان نگاه جامع و یکپارچه به رهیافت های مدیریت جامع منابع آب، برای کاهش آسیب پذیری منابع آب و خاک در برابر وقایع سیل یا کمبود آب را لازم دانسته اند. درک روابط متقابل کاربری و دینامیک منابع آب در حوضه رودخانه آتی در کنیا، توسط Langat و همکاران (۲۰۱۹) مورد بررسی قرار گرفته و نگاه جامع به مدیریت منابع آب و آمایش آب محور به عنوان فرصت های توسعه متوازن و استفاده پایدار از منابع آب و خاک را چاره کار دانسته اند. تلفیق آمایش سرزمین و مدیریت کیفیت آب های سطحی برای توسعه پایدار حوضه توسط Gyawali (۲۰۱۹) در کشور نپال مورد توجه قرار گرفته است. نتایج نشان داد که روابط بسیار مشخص و شفاف بین کاربری و کیفیت آب وجود دارد که از آن برای تهیه نقشه های حفاظت از منابع آب و خاک و آمایش سرزمین برای مکان گزینی طرح های کشاورزی، جنگل کاری و جانمایی طرح های شهری استفاده شد. در داخل کشور نیز می توان به ارزیابی کمی و کیفی منابع آب با دیدگاه آمایش توسط عادل (۱۳۹۱) در شهرستان گرگان و همچنین بررسی الگوی زمانی مکانی بارش توسط آروین و همکاران (۱۳۹۱) و همچنین تحقیق انجام شده در استان گلستان توسط عبدالله نژاد (۱۳۹۴) اشاره کرد. منشی زاده و صالحیان بادی (۱۳۹۴) نیز نقش شناخت مؤلفه های هیدرولوژیکی مؤثر بر حفاظت آب و خاک در توسعه پایدار منطقه ای در بادرود شهرستان کاشان را بررسی و بر اهمیت توجه بدان

از منظر آمایش تأکید کرده‌اند. هدایتی Aghmashhadi و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی تحت عنوان "آمایش سرزمین و مدیریت منابع آب؛ آمایش منابع به‌جای آمایش فعالیت‌ها" به بررسی تأثیر آمایش سرزمین بر روی منابع آب در قالب تغییرات پوشش زمین در حوضه خزر پرداخته و عوامل فشار بر منابع آب را مطالعه کرده و ارتباط تغییرات پوشش زمین ناشی از آمایش سرزمین و مدیریت منابع آب را با وابستگی ۰/۶۴۵ نشان داده‌اند. امینی و همکاران (۱۳۹۵) نقش منابع آب در آمایش سرزمین حوضه تلوار در استان کردستان را با استفاده از آنالیز کاربری‌های فعلی و توان محیطی نشان دادند. علیپور و همکاران (۱۳۹۶) کیفیت آب زیرزمینی در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران را مطالعه و آن را به‌عنوان پیش‌نیاز آمایش سرزمین مطرح کردند. شعاعی (۱۳۹۸) ضمن بررسی اثرات ناشی از عدم توجه به آمایش منابع آب، و ایجاد پدیده‌های نوظهور مانند فرونشست و طوفان‌های گردوغبار که تأثیر منفی بسیار شدیدی بر محیط زیست و اراضی کشاورزی دارد، نتیجه‌گیری کرده‌اند که آمایش سرزمین یکی از ضرورت‌های کلیدی و ابزاری اجتناب‌ناپذیر، برای دستیابی به بسته‌های مدیریت جامع حوزه آبخیز است. هم‌چنین اعلام کرده‌اند که یکی از ابزارهای تدوین برنامه‌های منطبق با مدیریت جامع حوزه آبخیز، دسترسی به اطلاعات کامل از منابع یک حوضه بوده تا با توجه به این پتانسیل تدابیر لازم برای تدوین برنامه‌های متعدد مرتبط با مدیریت جامع حوضه اتخاذ شود. در جمع‌بندی مرور منابع، قابل توجه این‌که، علی‌رغم توجه ویژه به موضوع آمایش مؤلفه‌های مؤثر بر حفاظت آب و خاک در جهان و همچنین تدبیر متولیان قانون‌گذاری کشور در ایجاد ظرفیت‌های قانونی در "سند جهت‌گیری‌های ملی آمایش سرزمین" در این نوشتار سعی شده است که با وام‌گیری از موضوع آمایش، شناخت و تحلیل مؤلفه‌های هیدرولوژیکی مؤثر بر حفاظت آب و خاک در حوزه آبخیز را به‌عنوان نقشه راه و راهنمای بالادستی و پیش‌نیاز طرح‌های مبتنی بر حفاظت آب و خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور معرفی کند.

فصل دوم- مواد و روش ها

۲-۱- مواد و روش ها

به منظور اجرای توصیه های ارائه شده در این گزارش فنی، لازم است که نمونه کامل و مرحله به مرحله ای از اجرای این توصیه ها برای یک منطقه ارائه شود. لذا حوزه های آبخیز استان کرمان به عنوان نمونه ای از مناطقی که دارای کلیه داده های لازم و در دسترس، برای این مطالعه باشد، انتخاب شد. در ادامه مراحل و روش اجرای این توصیه ها ارائه شده است.

۲-۱-۱- انتخاب منطقه اجرا

به منظور شناخت و تحلیل شاخص های هیدرولوژیکی مؤثر بر حفاظت آب و خاک، لازم است که منطقه ای از نظر وسعت و تعداد حوضه ها در نظر گرفته شود تا مصداق آمایش مؤلفه های هیدرولوژیکی مؤثر بر حفاظت آب و خاک برای آن منطبق با تقسیم بندی هیدرولوژیک سرزمین معنی پیدا کند. و نتایج آن قابلیت کاربرد در طرح های اجرایی مرتبط با حفاظت آب و خاک را داشته باشد. بدین منظور لازم است؛ این کار دست کم در سطح آبخیزهای اصلی یک استان انجام تا با برنامه های آمایش منابع آب و خاک استان در مراحل بعدی قابل تطبیق باشد.

۲-۱-۲- روش اجرا

برای شناخت و تحلیل شاخص های هیدرولوژیکی مؤثر بر حفاظت آب و خاک، تعداد ۱۴ مؤلفه هیدرولوژیکی پیشنهاد شده است که برای آمایش آن ها مراحل ذیل باید انجام شود:

- با بررسی داده های دبی روزانه ایستگاه های آب سنجی موجود در منطقه مورد نظر، تعداد دست کم ۳۰ ایستگاه آب سنجی با آمار مناسب و دوره مشترک آماری انتخاب شود.
- بازسازی آماری ایستگاه های دارای نقصان داده انجام شود.
- با استفاده از نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ و تعیین موقعیت ایستگاه ها، محدوده هر کدام از

زیرحوضه‌ها مشخص و پارامترهای اولیه حوضه با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی^۱ استخراج شود.

— به‌منظور برآورد رواناب سطحی حوزه‌های آبخیز، اطلاعات دبی جریان ایستگاه‌های آب‌سنجی تهیه شود.

— یک مدل بارش-رواناب (پیشنهاد این دستورالعمل) مدل (AWBM^۲) انتخاب شود، واسنجی مدل انجام و پارامترهای بهینه مدل در هر حوضه تعیین شود.

— آستانه شروع رواناب با استفاده از مدل بارش-رواناب منتخب، شبیه‌سازی شود.

— ارزیابی مدل^۳ در پیش‌بینی رفتار حوضه‌ها با استفاده از داده‌هایی که در مرحله واسنجی استفاده نشده، انجام و با استفاده از پارامترهای محاسبه شده در مرحله قبل، رواناب خروجی هر حوضه تعیین شود.

— تحلیل حساسیت مدل^۴ به‌منظور تعیین پارامترهای مؤثر مدل انجام شود.

— پهنه‌بندی حوزه‌های آبخیز بر اساس مقادیر به‌دست آمده از مدل انجام و درصد پوشش سطحی حوضه‌ها با توجه به میزان آستانه شروع رواناب محاسبه شود.

— تحلیل فراوانی سیلاب در کلیه ایستگاه‌ها انجام و دبی بیشینه روزانه در دوره برگشت‌های ۲ تا ۱۰۰ ساله برای ایستگاه‌های مختلف محاسبه شود.

— جریان پایه به روش فیلتر رقومی برگشتی لینه و هالیک تفکیک شود.

— شاخص‌های منحنی تداوم جریان با استفاده از داده‌های روزانه جریان محاسبه شود.

— متوسط سالانه تعداد روزهای بارانی از داده‌های ایستگاه‌های باران‌سنجی محاسبه شود.

— متوسط بارندگی با استفاده از آمار بارش و نقشه‌های هم‌باران محاسبه شود.

— خط برف پتانسیل حوضه‌های منطقه مورد نظر با استفاده از روابط رگرسیونی ارتفاع معادل دمای صفر درجه سانتی‌گراد، محاسبه شود.

^۱ Geographic Information System (GIS)

^۲ Australian Water Balance Model (AWBM)

^۳ Model Verification

^۴ Model Sensitivity Analysis

۱- نتایج تجزیه و تحلیل شود.

۳-۱-۲- بررسی درستی و همگنی داده های دبی بیشینه لحظه ای

بدین منظور گام های زیر توصیه می شود:

- برای شناسایی آمار غلط و ناهمگن از روش آزمون توالی یا دنباله ها^۱ استفاده شود.
- نرم افزار SPSS و آزمون توالی برای آمار دبی بیشینه لحظه ای مشاهده ای ایستگاه های آب سنجی توصیه می شود.
- آزمون داده های پرت^۲ برای دبی بیشینه لحظه ای انجام شود. در مواردی که داده های پرت وجود داشت، حذف و در تحلیل های بعدی مورد استفاده قرار نگیرد.
- وضعیت یکنواختی داده های دبی بیشینه لحظه ای در منطقه، با استفاده از روش جرم مضاعف بررسی شود. در این روش داده های هر ایستگاه در طول دوره آماری با میانگین داده های متناظر در ایستگاه های همجوار مقایسه و سپس داده های پرت اصلاح شد.

۳-۱-۴- بازسازی داده های ناقص

در ایستگاه های آب سنجی که دارای طول دوره آماری مناسبی بودند، بین دبی بیشینه لحظه ای و بیشینه روزانه در هر ایستگاه همبستگی برقرار شود. در سال هایی که داده های دبی بیشینه لحظه ای و یا بیشینه روزانه ثبت نشده بود، با استفاده از رابطه همبستگی نواقص دبی بیشینه لحظه ای و بیشینه روزانه تکمیل شود. لازم به ذکر است که روابط همبستگی به روش خطی، نمایی، لگاریتمی و توانی استخراج و در هر ایستگاه رابطه ای که دارای بالاترین همبستگی بود به عنوان رابطه منتخب استفاده شود. برای سال هایی که هیچ یک از داده های دبی بیشینه لحظه ای و روزانه ثبت نشده بود، با استفاده از ماتریس همبستگی از رابطه ۱ از ایستگاه های دیگر دبی بیشینه لحظه ای و روزانه تکمیل شود.

^۱ Runs Test

^۲ Out layer

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

در این رابطه: N_e : تعداد سال قابل بازسازی؛ R : ضریب همبستگی؛ N : تعداد سال آمار مشاهده‌ای ایستگاه مبنا و n : تعداد سال آمار بازسازی شده ایستگاه هستند.

۲-۱-۵- تحلیل فراوانی سیلاب

پس از بازسازی دبی بیشینه لحظه‌ای و روزانه از ایستگاه‌های منتخب، به‌منظور تحلیل فراوانی داده‌ها، نرم‌افزار HYFA توصیه می‌شود. سپس با استفاده از توزیع‌های آماری براساس نتایج میانگین انحراف نسبی و مربع کای دبی بیشینه روزانه در ایستگاه‌های موجود توزیع مناسب انتخاب شود. سرانجام با توزیع و یا توزیع‌های مناسب، تحلیل فراوانی دبی بیشینه روزانه در دوره برگشت‌های ۲ تا ۱۰۰ ساله برای ایستگاه‌های مختلف صورت گیرد (برای اطلاع از جزئیات به پرهمت، ۱۳۹۵ مراجعه شود).

۲-۱-۶- روش برآورد شدت و شاخص شدت سیل خیزی

دبی ویژه بیشینه لحظه‌ای، شاخص اصلی سیل خیزی بوده که در این دستورالعمل پیشنهاد شده است که مقدار آن با دوره بازگشت ۲۵ و ۵۰ ساله در واحد سطح حوضه به‌عنوان یک پارامتر نرمال شده انتخاب شود. برای محاسبه دبی بیشینه لحظه‌ای در سطح حوضه‌های بدون آمار از تحلیل همبستگی دبی بیشینه لحظه‌ای با دبی بیشینه روزانه استفاده شود. همچنین برای برآورد دبی ویژه بیشینه لحظه‌ای از روابط همبستگی و تحلیل منطقه‌ای رابطه دبی بیشینه روزانه با دبی متوسط دراز مدت و عامل اخیر با بارندگی و مساحت حوضه‌های منتهی به ایستگاه‌های هیدرومتری دارای آمار هم‌زمان استفاده شود (اقتباس از پرهمت، ۲۰۱۷). بدین‌منظور از بین ایستگاه‌های آب‌سنجی هر منطقه اقلیمی، مواردی که دارای شرایط تقریباً مشابه و سال آماری مشترک بودند، انتخاب شود. بعد از کنترل همگنی و بازسازی آمار، با استفاده از نرم‌افزار HYFA اقدام به تحلیل نقطه‌ای ایستگاه‌ها شود و توزیع‌های آماری برای تک‌تک ایستگاه‌ها با حداقل مقدار کای‌اسکور مشخص شود. برای این‌که بتوان به توزیع آماری مناسب در منطقه دست یافت، کمینه مقدار کای‌اسکور از

مجموع کای اسکورها های تمامی ایستگاه ها محاسبه و بر این اساس، توزیع آماری مناسب منطقه ای، تشخیص داده شود.

۲-۱-۷- تفکیک جریان پایه به روش فیلتر رقومی برگشتی لینیه و هالیک^۱

الگوریتم معرفی شده با رابطه ۲ به وسیله Lyne و Hollick (۱۹۷۹) معرفی شده و توسط کاظمی و قرمزچشمه (۱۳۹۵) به عنوان مناسب ترین روش توصیه شده است. این فیلتر قابلیت عبور سه باره از داده های جریان را دارد. چندبار عبور از داده های جریان باعث پایین آوردن جریان پایه می شود و به استفاده کننده، قابلیت انعطاف پذیری در جدایش دقیق تر دبی پایه را می دهد. در این روش بیشترین نتایج قابل قبول، زمانی است که پارامتر فیلتر در دامنه ۰/۹۵ - ۰/۹۰ باشد. پارامتر فیلتر بهینه مورد استفاده در این پژوهش برابر ۰/۹۲۵ تشخیص داده شد. الگوریتم فوق در اغلب نرم افزارهای هیدرولوژیکی برنامه نویسی شده است و مناسب ترین و ساده ترین نرم افزار، افزونه (BFI) در مدل هیدرولوژیکی (Hydro Office، ۲۰۱۵) است که به دلیل سادگی و تحت ویندوز بودن توصیه می شود، برای جزییات بیشتر به کاظمی و قرمزچشمه (۱۳۹۵) مراجعه شود. ورودی این مدل، سری زمانی داده های جریان روزانه در فرمت متن (Text) است.

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

که در آن: $q_{f(i)} \geq 0$

$q_{f(i)}$ رواناب مستقیم فیلتر شده در مرحله زمانی i ، $q_{f(i-1)}$ رواناب مستقیم فیلتر شده در مرحله زمانی $i-1$ ،

α پارامتر فیلتر مرتبط با حوزه، $q_{(i)}$ جریان کل در مرحله زمانی i ، $q_{(i-1)}$ جریان کل در مرحله زمانی $i-1$ است.

^۱ Bflow-Lynie & Holick

۲-۱-۸- ترسیم منحنی تداوم جریان و استخراج شاخص‌های آن

یکی از پارامترهای مهمی که در هیدرولوژی رودخانه‌ها مورد استفاده دارد، منحنی تداوم جریان دبی کلاسه^۱ است. این منحنی از رسم تجمعی دبی رودخانه نسبت به زمان به دست می‌آید. مثلاً اگر متوسط دبی در هر روز از سال در اختیار باشد و این دبی‌ها به صورت نزولی مرتب شوند، می‌توان تغییرات دبی و مدت تجمعی را در یک دستگاه محور مختصات ترسیم کرد. هر یک از نقاط منحنی نشان‌دهنده تعداد روزهایی است که دبی رودخانه مساوی یا بیشتر از مقدار دبی مربوط به آن روزهاست. با توجه به این منحنی می‌توان پارامترهای زیر شامل دبی نرمال، عادی و میانگین را به عنوان مشخصه رودخانه به دست آورد. دبی نرمال در حالت پربابی مقدار آبی است که در ۹۱ روز از سال دبی مساوی یا بالاتر از آن است. دبی نرمال در حالت کم آبی مقدار دبی است که در ۲۷۴ روز از سال دبی مساوی یا بالاتر از آن است. دبی عادی مقدار دبی است که ۱۸۲ روز یا نیمی از روزهای سال دبی مساوی یا بالاتر از آن است. دبی میانگین از حاصل جمع حجم آبی که از رودخانه عبور می‌کند، تقسیم بر زمان عبور به دست می‌آید. برای ترسیم منحنی و استخراج شاخص‌های آن می‌توان از برنامه‌نویسی در محیط اکسل استفاده کرد. البته در بسیاری از مدل‌های هیدرولوژیکی، افزونه مربوط به ترسیم منحنی تداوم جریان و استخراج شاخص‌های آن موجود است. مناسب‌ترین و ساده‌ترین نرم‌افزار، افزونه (FDC) در مدل هیدرولوژیکی (Hydro Office، ۲۰۱۵) است که به دلیلی سادگی و تحت ویندوز بودن توصیه می‌شود. ورودی این مدل، سری زمانی داده‌های جریان روزانه در فرمت متن (Text) است. و کلیه شاخص‌ها را در گام‌های زمانی مختلف می‌توان از آن استخراج کرد.

۲-۱-۹- شاخص‌های آستانه شروع رواناب و ضریب رواناب

تخمین مشخصه‌های جریان در حوضه‌ها به چند روش ممکن است (از روش‌های ساده ضریب رواناب تا تجزیه و تحلیل فراوانی جریان و تخمین احتمال وقوع یک جریان خاص). برآورد آستانه شروع یکی از مهم‌ترین عوامل در برآورد حجم و شدت سیل محسوب شده و در پروژه‌های عمرانی محاسبه دقیق آن می‌تواند منجر به

^۱Flow duration curve

صرفه جویی در هزینه اجرایی و بهینه کردن ابعاد سازه های فنی و همچنین منجر به حفاظت منابع آب و خاک شود. آستانه شروع رواناب مقدار حجم آبی است که پس از آن رواناب آغاز می شود. وقتی شدت بارش از ظرفیت نفوذ خاک بیشتر باشد، رواناب پدید می آید. از سوی دیگر، هر چه شدت نفوذ آب در خاک بیشتر باشد، مقدار رواناب تولید شده کمتر خواهد بود. رواناب پاسخ سامانه رودخانه ای حوضه به بارش است، جریان رواناب به عنوان بخش توسعه یافته سامانه رودخانه دائم در قسمت های با ظرفیت ذخیره پایین خاک که در اثر نفوذ به کناره های پست تر دره به سرعت اشباع می شود، در نظر گرفته می شود. این رواناب دیررس، کانال توسعه یافته را از زیر تغذیه کرده، در حالی که بارش آن را از بالا تغذیه می کند. با تداوم بارش، رواناب سطحی از نواحی اشباع توسعه یافته ایجاد می شود (پرهت و کاظمی، ۱۳۹۶).

۲-۱-۱۰- تعیین گرادیان درجه حرارت حوضه ها

آمار کلیه ایستگاه های دماسنجی پس از تکمیل و بازسازی آماری با یک دوره آماری هم ترازشده مورد استفاده قرار گیرد. سپس، گرادیان ماهانه دما با چهار پارامتر عرض جغرافیائی، طول جغرافیائی و ارتفاع از سطح دریا به عنوان پارامترهای برآوردکننده^۱ و عامل درجه حرارت (میانگین دمای ماهانه ۳۰ ساله) به عنوان پارامترهای برآورد شونده^۲ برای هر کدام از حوضه ها به صورت جداگانه استفاده شود. معادله عمومی آنها به صورت رابطه ۳ است.

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

که در آن T دما به سانتی گراد: X طول جغرافیائی، Y عرض جغرافیائی، Z ارتفاع از سطح دریا، A، B، C و D ضرایب معادله هستند، با توجه به این که هر حوضه اصلی دارای چندین زیرحوضه است، بنابراین برای کلیه واحدهای کاری و یا زیرحوضه های اصلی، گرادیان درجه حرارت همان حوضه اصلی به کاررفته و دمای ماهانه آنها استخراج شود.

¹ Predictor Variables

² Response Variable

۱۱-۱-۲- تعیین خط برف پتانسیل حوضه‌ها

برای تعیین خط برف پتانسیل، موارد ذیل توصیه می‌شود:

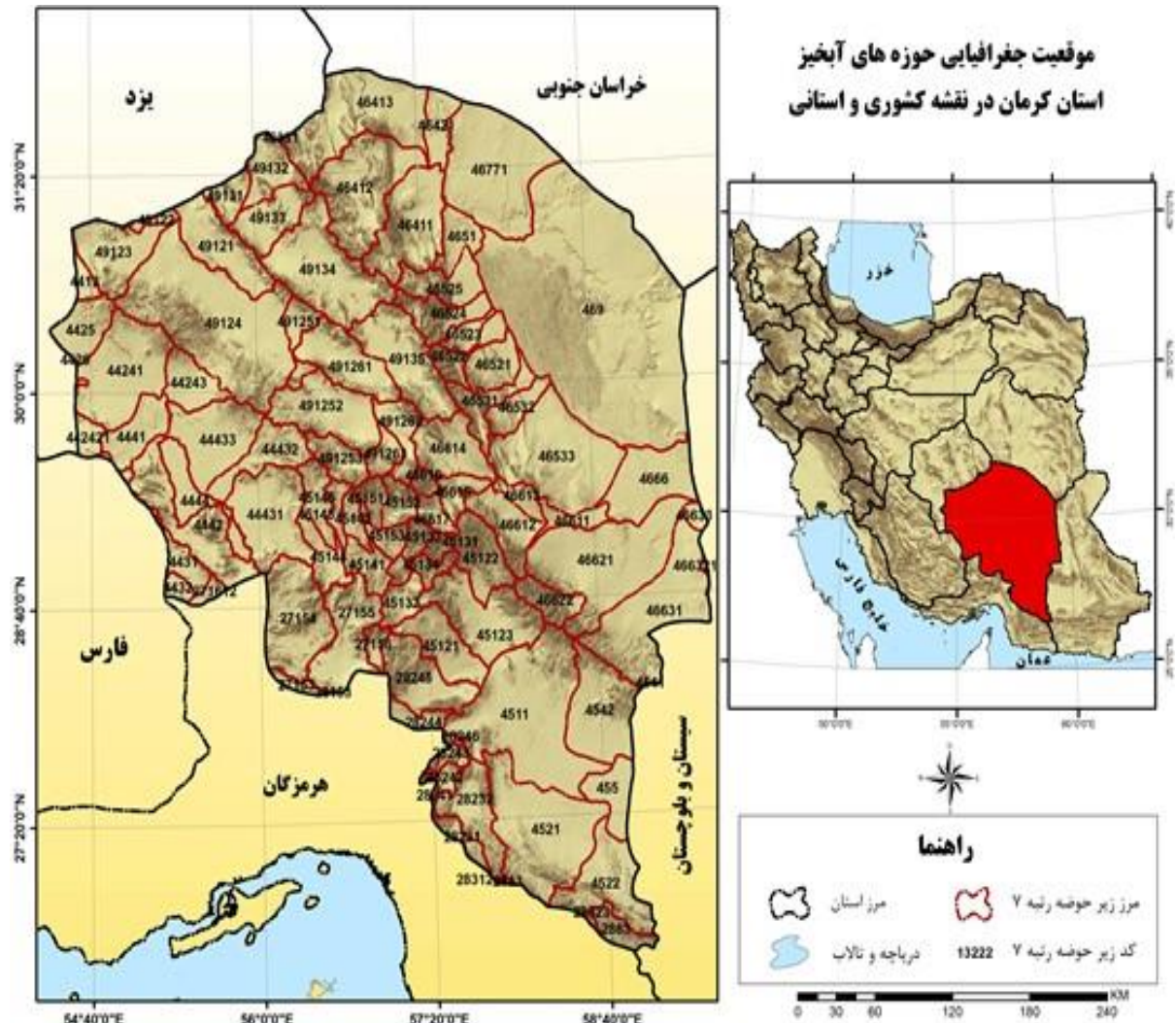
- ارتفاع معادل با دمای صفر درجه سانتی‌گراد با استفاده از گرادیان درجه حرارت برای هر کدام از زیرحوضه‌ها محاسبه شود. این ارتفاع به‌عنوان تفکیک ذوب برف (پائین دست خط و یا دمای بالای صفر) و نشست برف (بالادست خط و یا دمای زیر صفر) منظور می‌شود.
- سپس در محیط GIS، دو سطح یاد شده تعیین و میزان آن‌ها محاسبه شود. مختصات جغرافیایی هر حوضه به‌صورت یک نقطه به نرم‌افزار منتقل و سپس با عملیات کریجینگ محدوده‌های خط برف پتانسیل تعیین شود.
- با توجه به اقلیم منطقه، خط برف پتانسیل برای ماه‌هایی که احتمال نزول برف و نشست آن در سطح زمین وجود دارد محاسبه شود.

فصل سوم - نتایج (نمونه اجرا شده)

۱-۳- نمونه اجرا شده این دستورالعمل

برای اجرای توصیه‌های مندرج در این گزارش، استان کرمان که از یک طرف دارای کمبود آب و از طرف دیگر صنایع زیادی در آن توسعه یافته و یا در دست برنامه‌ریزی است، و موضوع حفاظت آب و خاک در آن اهمیت بالایی دارد، انتخاب شد. استان کرمان با مساحتی در حدود ۱۸۱۷۳۷ کیلومترمربع بین ۲۵ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۲ درجه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. حد شمالی استان کرمان به استان‌های خراسان، یزد و حد جنوبی به استان هرمزگان، حد شرقی به استان سیستان و بلوچستان و حد غربی آن به استان فارس محدود است. استان کرمان با دربرگرفتن حدود ۱۱ درصد از مساحت کشور بخش وسیعی از پیکر جنوب شرقی فلات مرکزی ایران را می‌پوشاند. اقلیم استان کرمان از نظر تقسیم‌بندی‌های اقلیمی، جزء اقلیم نیمه‌خشک بیابانی گرم محسوب می‌شود. میزان متوسط بارندگی سالیانه استان کرمان در ۱۴۵ میلی‌متر (کاظمی و شریفی، ۱۳۹۶) و میزان نزولات جوی وارده بر

پهنه استان نزدیک به ۲۷ میلیارد مترمکعب برآورد شده است. مشخصه های عمومی و فیزیوگرافی حوزه های مورد پژوهش در جدول ۱ و نقشه منطقه مورد پژوهش در شکل ۱ ارائه شده است (پرهمت، ۱۳۹۵).



شکل ۱- وضعیت عمومی حوزه های آبخیز مورد پژوهش

جدول ۱- مشخصات حوزه های آبخیز مورد مطالعه در استان کرمان

ردیف	کد حوزه	ارتفاع متوسط (m)	طول آبراهه (km)	شیب (%)	مساحت (km ²)	ردیف	کد حوزه	ارتفاع متوسط (m)	طول آبراهه (km)	شیب (%)	مساحت (km ²)
۱	۴۵۵	۱۴۸/۰۱	۴۸۰	۲۱/۸۳	۱۱۳۸/۰۰	۲۳	۴۵۱	۱۵۸/۱۸	۳۵۳	۳۵۳/۳۷	۳۰/۹۲
۲	۴۶۹	۱۸۱/۰۰	۸۱۷	۲۷/۵۹	۱۸۷۹/۲۴	۲۴	۴۵۱	۱۴۴/۰۸	۲۹۲	۲۹۲/۲۸	۳۰/۹۵
۳	۲۷۱۵	۲۲۶/۶۵	۶۶۶	۱۸/۰۴	۱۶۹۱/۱۶	۲۵	۴۵۱	۱۹۱/۳۷	۴۵۷	۴۵۷/۴۶	۴۰/۵۸
۴	۲۷۱۶	۲۲۰/۴۵	۶۸۱	۱۶/۲۶	۱۶۷۳/۸۸	۲۶	۴۵۱	۱۹۶/۵۸	۱۷۸	۱۷۷/۸۳	۴۲/۴۱
۵	۲۸۱۵	۱۲۸/۳۲	۱۲۰	۲۵/۹۳	۱۶۰/۱۲	۲۷	۴۵۲	۱۸۶/۰۰	۱۰۷	۱۰۷/۳۳	۳۳/۸۸
۶	۲۸۲۳	۴۸۲/۷۳	۳۶	۲۰/۰۳	۳۵/۲۴	۲۸	۴۵۲	۲۰۸/۷۴	۲۰۰	۱۹۹/۸۲	۴۲/۸۲
۷	۲۸۲۴	۱۴۴/۰۰	۵۱۰	۲۸/۴۱	۱۰۶۸/۰۴	۲۹	۴۵۴	۱۴۷/۴۰	۴۵۸	۴۵۷/۹۲	۲۰/۷۳
۸	۲۸۳۱	۳۸۴/۴۶	۴۰۸	۹/۹۰	۷۵۲/۷۶	۳۰	۴۵۴	۱۶۴/۸۱	۶۲۱	۶۲۱/۶۳	۳۹/۶۰

۳۰/۰۳	۲۶۴/۵۶	۴۸۲	۱۹۱/۹۹	۴۶۳۳	۳۱	۷۳۶/۸۰	۱۹/۸۶	۳۹۴	۱۰۰/۹۶	۲۸۴۳	۹
۲۵/۹۱	۴۸۱/۹۲	۲۳۷	۱۸۷/۱۲	۴۶۴۱	۳۲	۱۲۴۹/۷۲	۳۵/۴۰	۵۷۲	۱۵۶/۷۳	۲۸۵۲	۱
۳۵/۵۸	۲۳۷/۰۱	۱۷۶۳	۱۹۲/۲۵	۴۶۴۲	۳۳	۱۲۳۹/۰۸	۳۸/۰۲	۵۳۶	۱۸۸/۲۶	۲۸۶۳	۱
۱۹/۵۰	۱۷۶/۷۰	۶۹۱	۱۸۵/۸۲	۴۶۵۱	۳۴	۱۸۹۹/۱۶	۱۵/۴۱	۸۵۹	۱۰۵/۹۹	۴۴۱۳	۱
۱۸/۴۱	۶۹۱/۱۸	۶۸۷	۲۰۶/۰۸	۴۶۵۲	۳۵	۶۸۸/۶۸	۱۵/۳۹	۴۰۰	۹۴۷/۴۰	۴۴۲۴	۱
۱۰/۳۹	۶۸۷/۱۰	۲۰۱	۱۷۴/۹۲	۴۶۵۳	۳۶	۱۶۴/۲۴	۹/۸۴	۱۷۶	۲۱۶/۳۲	۴۴۲۵	۱
۹/۳۸	۲۰۱/۳۸	۳۱۰	۱۸۵/۴۸	۴۶۶۱	۳۷	۱۹۲۴/۳۲	۲۲/۳۵	۷۲۲	۷۴۸/۴۱	۴۴۲۶	۱
۱۲/۴۱	۳۱۰/۳۷	۲۵۸	۲۰۶/۱۸	۴۶۶۲	۳۸	۲۱۳۳/۴۸	۱۴/۰۶	۹۸۱	۵۸۱/۵۷	۴۴۳۱	۱
۱۱/۷۲	۲۵۸/۱۵	۱۵۵۷	۲۰۲/۲۱	۴۶۶۳	۳۹	۳۰۰۵/۳۲	۱۳/۳۶	۱۰۳۰	۱۱۹/۷۹	۴۴۳۲	۱
۲۰/۱۶	۱۵۵/۰۸	۲۳۸	۲۲۸/۳۸	۴۶۶۶	۴۰	۳۲۰۹/۲۴	۱۲/۹۵	۱۵۲۲	۴۸۹/۸۸	۴۴۴۱	۱
۳۶/۳۲	۲۳۸/۰۹	۳۵۳	۲۷۰/۰۴	۴۶۷۷	۴۱	۱۴۱۸/۵۲	۶/۶۳	۱۴۱۳	۱۳۹/۰۰	۴۴۴۲	۱
۲۱/۷۹	۷۱۱/۷۹	۲۹۲	۲۱۶/۵۵	۴۹۱	۴۲	۳۷۰/۲۰	۳۰/۳۴	۲۰۲	۱۶۷/۵۰	۴۴۴۳	۲
۱۳/۷۴	۲۹۵/۸۹	۴۵۷	۱۷۰/۴۳	۴۹۱	۴۳	۶۷۳/۴۹	۲۹/۹۷	۳۲۳	۱۸۴/۳۹	۴۴۴۴	۲
						۴۴۹/۳۴	۲۸/۰۷	۳۰۸	۱۶۹/۵۷	۴۵۱۱	۲

۳-۲-نتایج

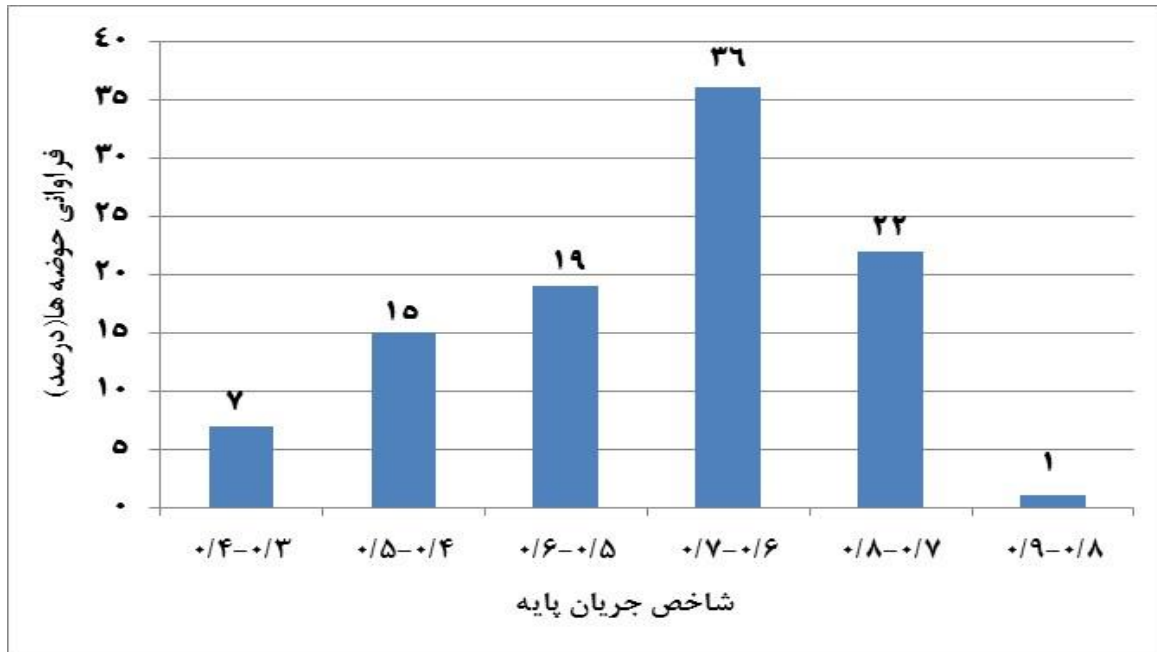
شناخت کامل و همزمان از مؤلفه‌های هیدرولوژیکی مؤثر بر حفاظت آب و خاک، می‌تواند به‌عنوان پیش‌نیاز سیاست‌گذاری آمایش و مدیریت جامع منابع آب و خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مورد استفاده قرار گیرد. لذا هدف از این پژوهش، بررسی شاخص‌های هیدرولوژیکی مؤثر بر حفاظت آب و خاک حوزه‌های آبخیز استان کرمان به‌عنوان نقشه راه و راهنمای بالادستی و پیش‌نیاز طرح‌های کشاورزی، صنعتی و حفاظتی آب و خاک است. که نتایج آن در ادامه ارائه شده است.

۳-۲-۱-نتایج تفکیک جریان پایه

نتایج بررسی ظرفیت‌های آب سطحی در حوزه‌های آبخیز استان، حاکی از آن است که دامنه شاخص جریان پایه در حوزه‌های استان کرمان در دوره مطالعاتی ۱۳۵۵-۱۳۹۰ در محدوده ۰/۳ تا ۰/۹ بود و بیش از ۷۸ درصد حوزه‌ها دارای شاخص جریان پایه، بالاتر از ۰/۵۰ هستند که سهم زیاد آب‌های زیرسطحی در حوزه‌های استان نمایان است. شاخص‌های منحنی تداوم جریان دارای ضریب تغییرات بین ۰/۰۹ تا ۰/۱۷ و متوسط ۰/۱۱ هستند. همچنین نتایج نشان داد که بیشینه شاخص جریان پایه در این منطقه برابر با ۰/۸۴ و کمینه آن نیز به میزان ۰/۳۳ است. توزیع مقادیر شاخص جریان پایه سالانه مستخرج از روش تفکیک استفاده شده در این پژوهش در حوزه‌های استان کرمان، در شکل ۲ نشان داده شده است، همان‌طور که از شکل قابل دریافت است، شاخص جریان پایه بیش از ۳۶ درصد حوزه‌ها در محدوده (۰/۷-۰/۶)؛ ۱۹ درصد در محدوده (۰/۵-۰/۶)؛ ۲۲ درصد در محدوده (۰/۸-۰/۷) و ۷ درصد در محدوده (۰/۳-۰/۴) و یک درصد نیز بالاتر از

۰/۸ واقع شده‌اند. در مجموع حدود ۷۸ درصد از حوضه‌ها دارای شاخص جریان پایه بیش از ۰/۵ هستند.

همچنین میانگین شاخص جریان پایه در این منطقه به میزان ۰/۶۱ است.



شکل ۲- توزیع فراوانی شاخص جریان پایه سالانه در حوضه‌های استان کرمان

۲-۲-۳- نتایج محاسبه شاخص های تداوم جریان

علاوه بر این نتایج شاخص‌های روزانه تداوم جریان $Q_2, Q_5, Q_{10}, Q_{15}, Q_{20}, Q_{50}, Q_{75}, Q_{90}$ در حوضه نشان داد که میانگین دبی با احتمال عدم تجاوز Q_{50}, Q_{75}, Q_{90} (محدوده دبی‌های نرمال و کم آبی) و همچنین دبی‌های پرآبی (Q_2 تا Q_{20}) بسیار نزدیک به هم و تقریباً برابر است (جدول ۲). و از سوی دیگر میانگین ضریب تغییرات کلیه شاخص‌های منحنی تداوم جریان در حوضه‌های مورد پژوهش نزدیک به هم و به میزان ۰/۱۱ است.

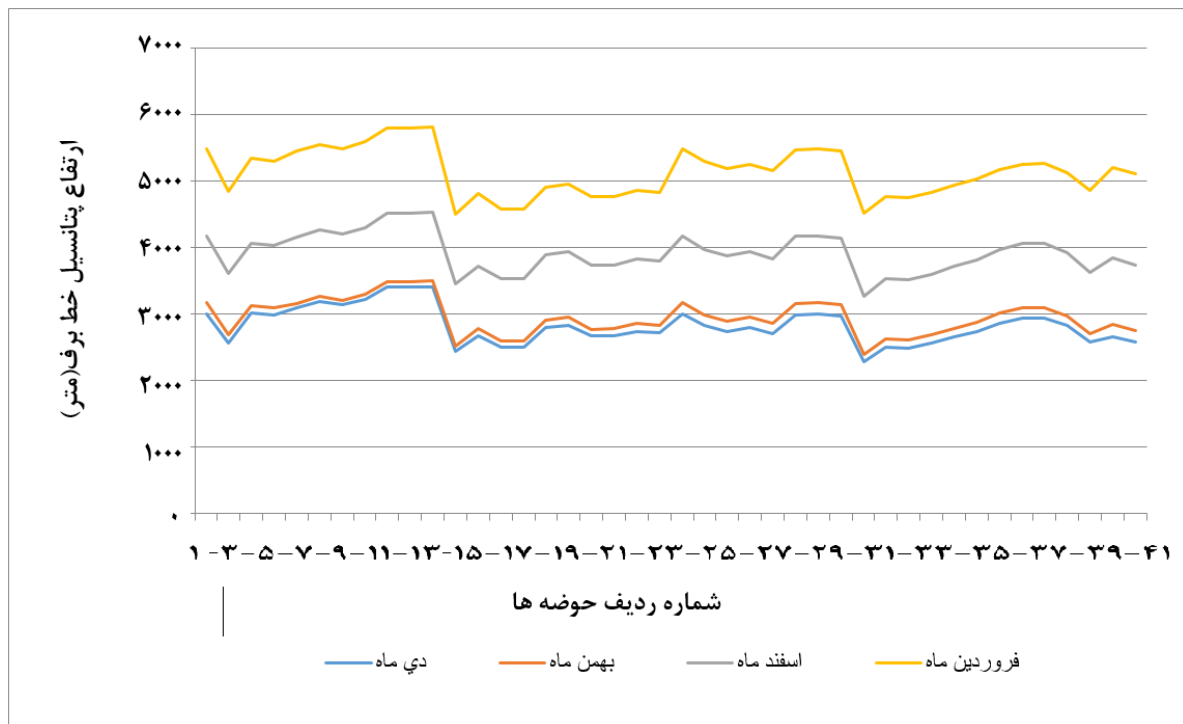
جدول ۲- نتایج آماری مقایسه درصد دبی‌های مختلف در منطقه خشک

صدم منحنی								معیار
Q ₉₀	Q ₇₅	Q ₅₀	Q ₂₀	Q ₁₅	Q ₁₀	Q ₅	Q ₂	
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

صدک منحنی (مترمکعب بر ثانیه)								معیار
Q ₉₀	Q ₇₅	Q ₅₀	Q ₂₀	Q ₁₅	Q ₁₀	Q ₅	Q ₂	
۰/۱۷	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹	ضریب تغییرات (درصد)

۳-۲-۳- نتایج بررسی خط برف پتانسیل

نتایج محاسبه ارتفاع خط برف پتانسیل ماهانه در حوزه‌های آبخیز استان کرمان در شکل ۳ ارائه شده است. نتایج بدست آمده، نشان می‌دهد که ماه‌های فروردین، اسفند، بهمن و دی به ترتیب کم‌ترین و بیشترین پتانسیل نشست برف را دارند (شریفی، ۱۴۰۱). در واقع هر چه از فروردین ماه به سمت دی‌ماه حرکت شود، پتانسیل نشست برف افزایش می‌یابد. کمینه ارتفاع خط برف پتانسیل در ماه‌های مختلف سال از آبان تا بهمن روند نزولی را طی می‌کند و رو به کاهش می‌گذارد. اما از اواخر بهمن به بعد در ماه‌های اسفند و فروردین روند صعودی دارد. همان‌طور که از نمودار مشخص می‌شود تغییرات خط برف پتانسیل در تمامی حوضه‌های منطقه از یک روند تبعیت می‌کند و فراز و فرود مشابهی را تجربه می‌کند. قابل توجه این‌که، ارتفاع خط برف پتانسیل، لزوماً اشاره به وجود ارتفاع معادل آن در طبیعت ندارد، بلکه نشان دهنده ارتباط گرادیان حرارتی به دست آمده از روابط دمای متوسط و ارتفاع است و توجه به پتانسیل وجود شرایط نشست برف در ارتفاعات حوضه‌های منطقه را نشان می‌دهد. آگاهی از این پتانسیل، به شناخت و آگاهی از شرایط تداوم جریان در منطقه کمک می‌کند و امکان برنامه‌ریزی برای آب پایدار را ایجاد می‌کند.

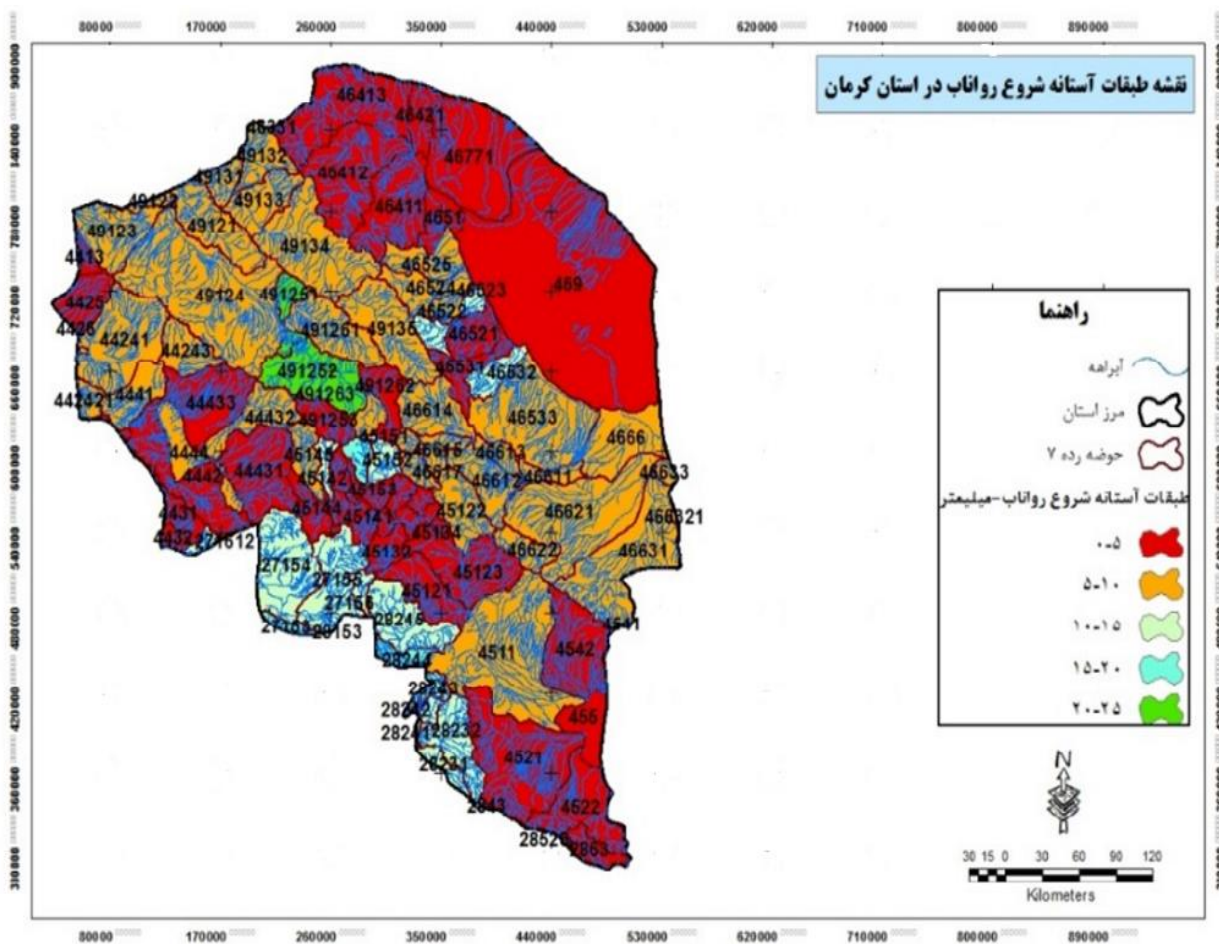


شکل ۳- روند تغییرات ارتفاع پتانسیل خط برف در حوزه های استان کرمان

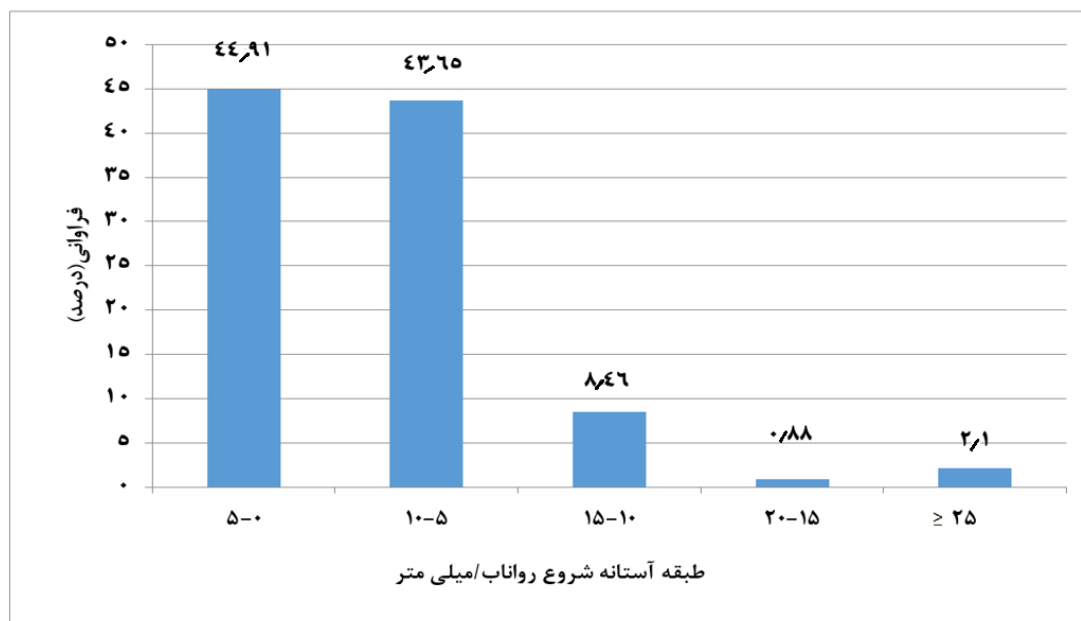
۳-۲-۴- نتایج محاسبه آستانه شروع رواناب

شناخت آستانه شروع رواناب در حوزه ها، اهمیت زیادی در حفاظت آب و خاک دارد. نتایج خروجی مدل شبیه ساز نشان داد که دامنه آستانه شروع رواناب به دست آمده برای حوزه های واقع در این استان از ۰-۲۵ میلی متر است که در پنج کلاس شامل ۰-۵، ۵-۱۰، ۱۰-۱۵، ۱۵-۲۰ و بیش از ۲۰ میلی متر تقسیم بندی و بر این اساس نقشه پهنه بندی آستانه رواناب استان به تفکیک در شکل ۴ و درصد پوشش سطحی طبقات آستانه رواناب در سطح استان در شکل ۵ ارائه شده است. همان طور که مشخص است، مقادیر آستانه رواناب این استان نیز در دامنه ۰ تا ۲۵ میلی متر است. همچنین، شکل ۴ نشان می دهد که آستانه رواناب پهنه استان، عمدتاً طبقه صفر تا پنج میلی متر با ۴۴/۹ درصد پوشش سطحی بوده که عمدتاً مناطق شمال و شمال شرق استان را تحت پوشش قرار داده است. طبقه پنج تا ۱۰ میلی متر با پوشش سطحی ۴۳/۶۵ درصد برآورد شده است. این طبقه مناطق مرکزی استان را پوشش می دهد. بعلاوه آستانه رواناب طبقه ۱۰ تا ۱۵ میلی متر با پوشش سطحی ۸/۴۶ درصد مشاهده شده است. این طبقه در بخش جنوب و جنوب غرب گسترده شده است.

آستانه رواناب طبقه ۱۵-۲۰ با پوشش سطحی ۰/۸ درصد و آستانه رواناب طبقه ۲۰-۲۵ و بالاتر با پوشش سطحی دو درصد در مرکز استان واقع شده است.



شکل ۴- نقشه پهنه‌بندی طبقات آستانه شروع رواناب در حوزه‌های آبخیز استان کرمان (کاظمی، ۱۳۹۸)



شکل ۵- نمودار درصد مساحت طبقات آستانه شروع رواناب در حوضه های استان کرمان

۳-۲-۵- نتایج بررسی شدت سیل خیزی

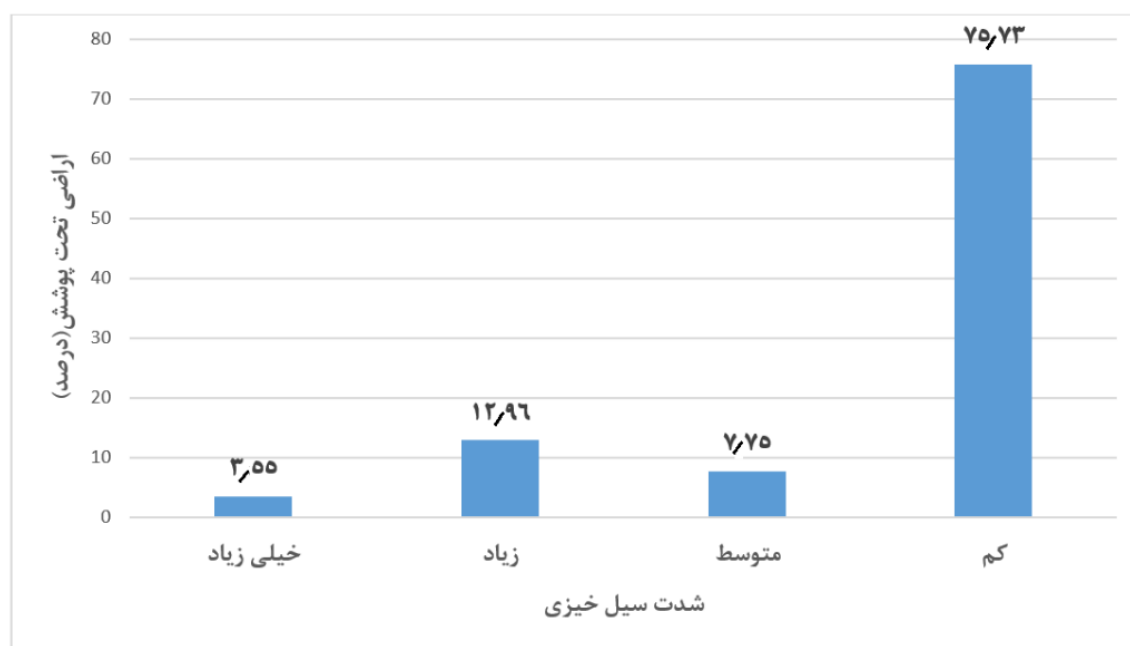
دبی بیشینه لحظه ای ویژه یکی از شاخص های مهم در هیدرولوژی است که بیانگر سیل خیزی حوضه است. به منظور تعیین شدت سیل خیزی از شاخص دبی اوج ویژه ایستگاه های آب سنجی استفاده شد. ابتدا در محل این ایستگاه ها، دبی بیشینه لحظه ای با دوره برگشت ۵۰ ساله برای حوضه های منطقه با استفاده از تحلیل منطقه ای محاسبه و با تقسیم آن بر مساحت حوضه، مقادیر دبی ویژه برای هر کدام از زیر حوضه های استان محاسبه شد. بر این اساس شاخص شدت سیل خیزی در نه طبقه به شرح جدول ۳ دسته بندی شد. این نه دسته شامل ناچیز، خیلی کم، کم، نسبتاً کم، متوسط، نسبتاً زیاد، زیاد، خیلی زیاد و طغیانی است (پرهمت، ۱۳۹۵). نتایج طبقه بندی حوزه های آبخیز استان کرمان از نظر شدت سیل خیزی در شکل ۶ ارائه شده است. همان طور که در شکل ۶ نشان داده شده است، از نظر مساحت تحت پوشش، بیش از ۷۵ درصد اراضی استان در کلاس شدت سیل خیزی کم واقع شده است. و کلاس های متوسط، زیاد و خیلی زیاد، در مجموع ۲۵ درصد از اراضی استان را به خود اختصاص داده اند. همچنین فراوانی حوضه های با پتانسیل سیل خیزی مختلف در شکل ۷ ارائه شده است.

جدول ۳- شاخص طبقه‌بندی شدت سیل خیزی حوزه‌های آبخیز کشور (پرهت، ۱۳۹۵)

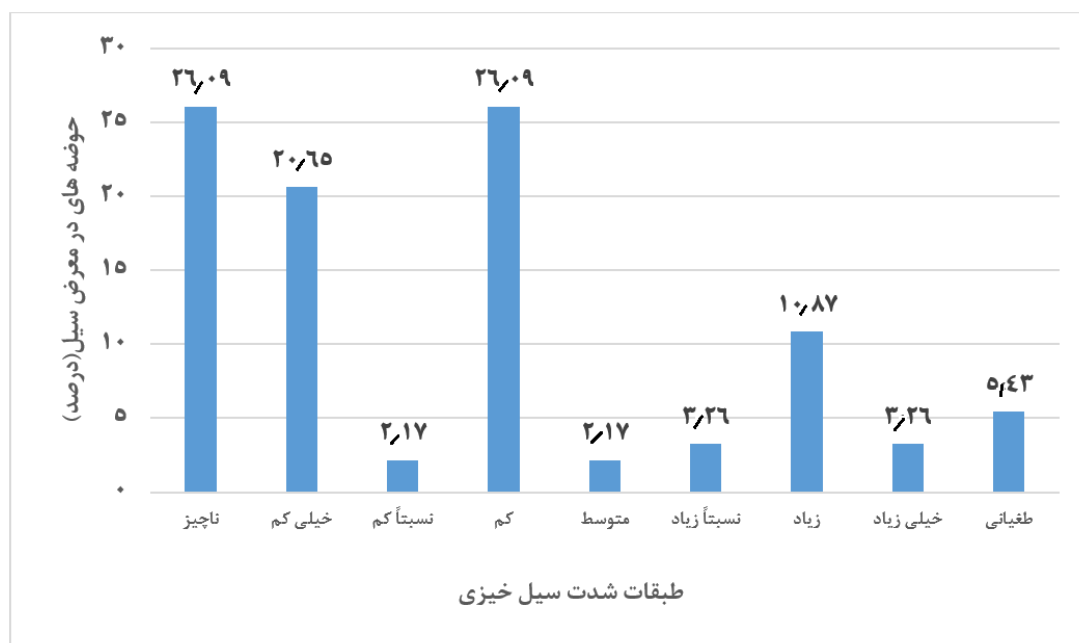
محدوده تغییرات شدت سیل - شدت سیل خیزی (متر مکعب در ثانیه در کیلومتر مربع)	محدوده تغییرات شدت سیل - شدت سیل خیزی (متر مکعب در ثانیه در کیلومتر مربع)	طبقات شدت سیل خیزی	طبقات شدت سیل خیزی
۰/۴۰۱ - ۰/۵۵	۰ - ۰/۰۸۸	نسبتاً زیاد	ناچیز
۰/۰ - ۵۵۱/۷	۰/۰۸۸ - ۰/۰۱۶	زیاد	خیلی کم
۰/۷۰۱ - ۱	۰/۰۱۶۱ - ۰/۲۴	خیلی زیاد	کم
> ۱	۰/۲۴۱ - ۰/۳۲	طغیانی	نسبتاً کم
	۰/۳۲۱ - ۰/۴		متوسط

همچنین از نظر تعداد حوزه‌های در معرض سیل خیزی با شدت متوسط، زیاد و خیلی زیاد حدود ۲۸ درصد

حوزه‌های مورد مطالعه است.



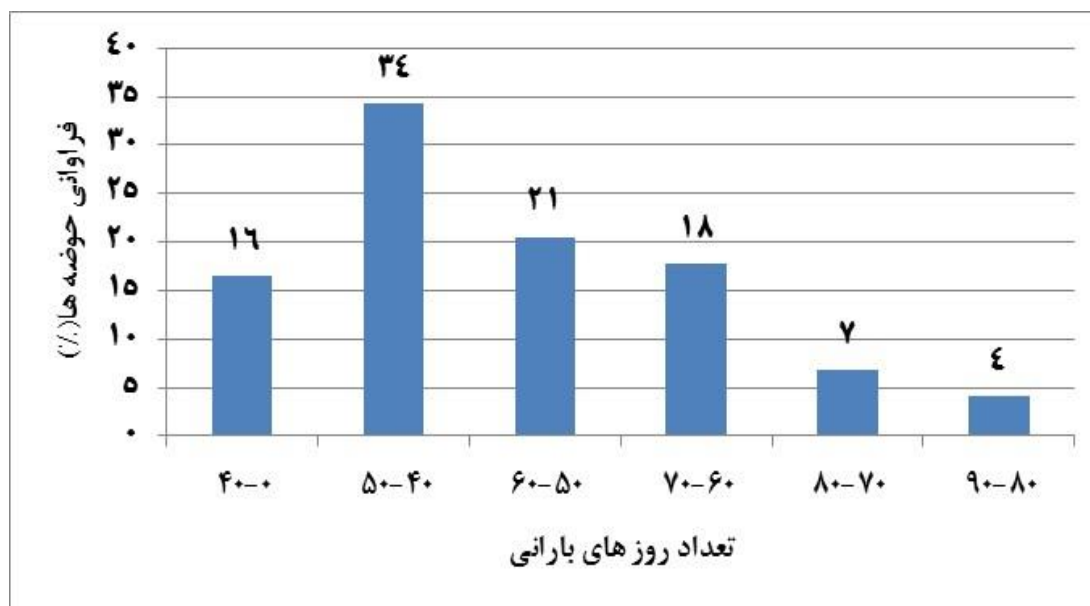
شکل ۶- درصد اراضی تحت پوشش طبقات شدت سیل خیزی.



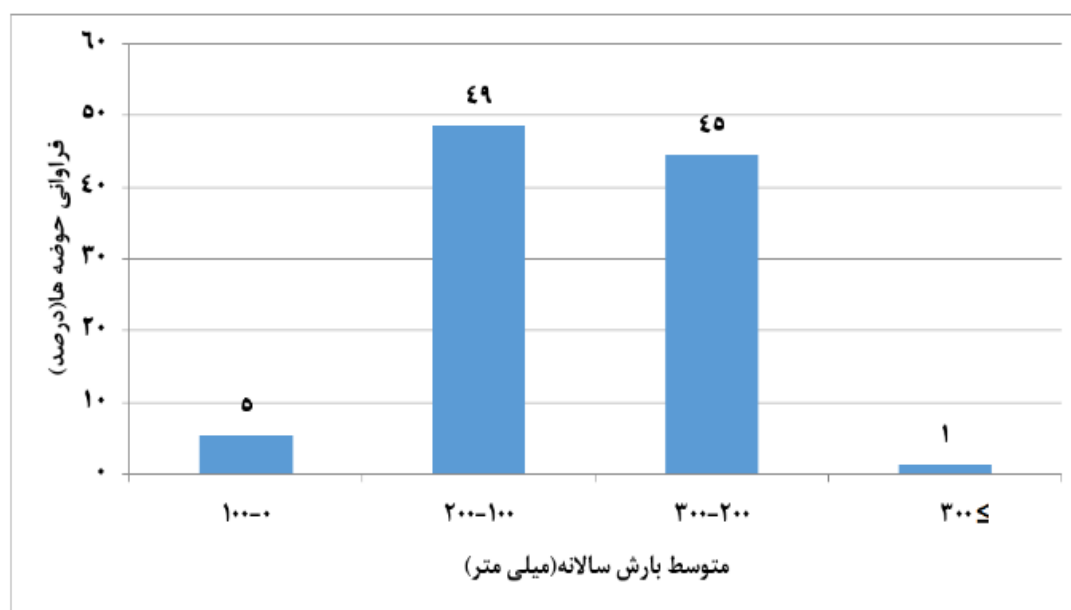
شکل ۷- فراوانی حوضه های با پتانسیل سیل خیزی.

۳-۲-۶- نتایج بررسی مؤلفه های بارش

نتایج مستخرج از نقشه های هم باران و داده های بارش در شکل های ۸ و ۹ ارائه شده است. همان طور که از شکل ۸ قابل دریافت است، تعداد روزهای بارانی حوضه های واقع در استان، در بازه صفر تا ۹۰ روز قرار دارد و کمینه فراوانی حوضه ها به میزان چهار درصد از کل حوضه ها دارای تعداد روزهای بارانی ۸۰ تا ۹۰ روز است و بیشینه نیز با فراوانی ۳۴ درصد در بازه ۴۰-۵۰ روز بارانی در سال است. حدود ۵۰ درصد حوضه های این منطقه دارای تعداد روزهای بارانی بیش از ۵۰ روز است که توجه به این مشخصه، می تواند به عنوان پیش نیاز طرح های کشاورزی، و مطالعات مرتبط با تعیین الگوی کشت، متناسب با میزان و تعداد روزهای بارانی استفاده شود. از دیدگاه توزیع بارش متوسط سالانه، همان طور که از شکل ۹ قابل دریافت است، بارش حوضه ها در بازه کمتر از ۱۰۰ میلی متر و تا بالاتر از ۳۰۰ میلی متر است که در این میان حدود چهار درصد حوضه ها دارای بارش متوسط سالانه کمتر از ۱۰۰ و یک درصد نیز دارای بارش بیش از ۳۰۰ میلی متر در سال هستند. حدود ۴۹ درصد حوضه ها در بازه ۱۰۰-۲۰۰ و ۴۵ درصد نیز در بازه ۲۰۰-۳۰۰ میلی متر است. میزان بارش سالانه در کنار آگاهی از تعداد روزهای بارانی در سال، پارامتر تعیین کننده در طرح های حفاظت آب و خاک و همچنین، مکان گزینی طرح های مرتبط با کشاورزی، و تعیین زمان و نوع و الگوی کشت است.



شکل ۸- فراوانی حوضه‌ها از منظر تعداد روزهای بارانی



شکل ۹- فراوانی حوضه‌ها از دیدگاه بارش متوسط سالانه

۳-۳- بحث و نتیجه‌گیری

برای تأمین شرایط و پیش نیازهای طرح‌های مدیریت و حفاظت آب و خاک، مهم‌ترین شاخص‌های مؤثر بر حفاظت آب و خاک مورد توجه قرار گرفته‌اند، شناخت وضعیت توزیع فراوانی مؤلفه‌های آب پایه، شاخص‌های تداوم جریان، دبی‌های سیلابی، آستانه شروع رواناب، شدت سیل‌خیزی، ارتفاع خط برف پتانسیل و توزیع

فراوانی مؤلفه های بارش، می تواند به عنوان پیش نیاز طرح های حفاظت آب و خاک، مکان گزینی طرح های کشاورزی، اعم از نوع کشاورزی دیم و آبی یا تعیین الگوی کشت، طرح های حوزه منابع طبیعی و آبخیزداری، استحصال آب باران، کنترل سیل و طرح های عمرانی، صنعتی و گردشگری مورد استفاده قرار گیرد.

توزیع مقادیر شاخص جریان پایه سالانه حوضه های استان کرمان، نشان دهنده سهم ۷۸ درصدی فراوانی حوضه های با شاخص جریان پایه بیش از ۵۰ درصد است. شاخص جریان پایه، نماینده مشارکت منابع آب زیرسطحی در جریان رودخانه ها است و لذا میانگین ۶۱ درصدی این شاخص در استان، بیانگر این است که در حوضه های واقع در این اقلیم خشک، آب های زیرسطحی نقش بیشتری در تأمین جریان های سطحی دارند. از این رو به منظور مدیریت و حفظ و صیانت از منابع آب زیرسطحی در مناطق خشک و نیمه خشک، توجه به این شاخص در آمایش سرزمین لازم و حیاتی است. همچنین شناخت توزیع مقادیر شاخص جریان پایه و آگاهی از فراوانی حوضه های با شاخص جریان پایه بالا، می تواند به عنوان پیش نیاز برای برنامه ریزی و تصمیم گیری در خصوص طرح های مبتنی بر آب پایدار استفاده شود. به منظور شناخت آب پایدار و در دسترس، شاخص های منحنی تداوم جریان نیز مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان دهنده این است که میانگین دبی با احتمال عدم تجاوز Q_{50} ، Q_{75} ، Q_{90} (محدوده دبی های نرمال و کم آبی) و همچنین دبی های پراپی Q_2 تا Q_{20} بسیار نزدیک به هم و تقریباً برابر است. این امر نشان دهنده این است که بازه احتمالاتی در اختیار بودن آب پایدار و سیلابی بالا است. از سوی دیگر میانگین ضریب تغییرات کلیه شاخص های منحنی تداوم جریان در حوضه های مورد پژوهش نزدیک به هم و به میزان ۰/۱۱ است که پایین بودن ضریب تغییرات شاخص ها در حوضه های استان و طولانی بودن بازه احتمالاتی در اختیار بودن آب پایدار و سیلابی، امکان و قابلیت برنامه ریزی را ایجاد می کند و توجه به شناخت و تحلیل وضعیت شاخص های تداوم جریان را در طراحی های حفاظت آب و خاک را نشان می دهد. با توجه به این که در این نوشتار از شاخص ها بحث شده است، لذا این شاخص های مطرح شده در بالا می تواند در سایر مناطق خشک و نیمه خشک نیز مورد توجه و تحلیل مشابه قرار گیرد. یکی دیگر از مؤلفه های مؤثر در توجه به منابع تأمین کننده آب پایدار حوضه ها، معطوف به بررسی خط برف پتانسیل است. قابل توجه این که فرسایش در مناطق پوشیده از برف، رابطه نزدیک با میزان پوشش برف دارد و آب های

ناشی از ذوب برف یکی از منابع فرساینده خاک است و همچنین از طرف دیگر، پوشش برف، یک منبع آب پایدار نیز است. لذا برای تأمین هدف این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته است. همان‌طور که مشخص است، تغییرات خط برف پتانسیل در تمامی حوضه‌های منطقه از یک روند تبعیت می‌کند و فراز و فرود مشابهی را تجربه می‌کند. آگاهی از این پتانسیل، به شناخت و آگاهی از شرایط تداوم جریان در منطقه کمک می‌کند و امکان برنامه‌ریزی برای آب پایدار را ایجاد می‌کند. همچنین شناخت روند خط برف پتانسیل در ماه‌های مختلف سال، می‌تواند به شناخت منابع تغذیه‌کننده جریان‌های پایدار و قابل برنامه‌ریزی در سطح حوضه‌ها منجر شود. این امر در تهیه برنامه‌های تامین آب و همچنین برنامه‌های الگوی کشت کمک می‌کند.

با توجه به نتایج طبقه‌بندی شدت سیل‌خیزی، قابل دریافت است که از نظر مساحت تحت پوشش، بیش از ۷۵ درصد اراضی استان در کلاس شدت سیل‌خیزی کم واقع شده است. و کلاس‌های متوسط، زیاد و خیلی زیاد، در مجموع ۲۵ درصد از اراضی استان را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین از نظر تعداد حوضه‌های در معرض سیل‌خیزی با شدت متوسط، زیاد و خیلی زیاد، حدود ۲۸ درصد حوضه‌های مورد تحقیق را به خود اختصاص داده است. از این رو با توجه به اینکه منطقه تحقیق در یک منطقه خشک قرار دارد، ولی به دلیل تعداد بالای حوضه‌های دارای پتانسیل سیل‌خیزی، دارای مزیت است، لذا لازم است از منظر طرح‌های کنترل و استحصال سیلاب و همچنین طرح‌های مرتبط با مکان‌گزینی طرح‌های کشاورزی، صنعتی و عمرانی و شهرسازی مورد توجه قرار گیرند.

تعیین آستانه شروع رواناب، پیش‌نیاز برآوردهای دقیق‌تر سیل طراحی و تخمین پتانسیل تولید سیل است و اطلاع از میزان آن می‌تواند منجر به مدیریت بهینه منابع آب و کاربرد آن به‌عنوان یک لایه اطلاعاتی مهم در آمایش سرزمین و مکان‌گزینی طرح‌های مختلف، اعم از کشاورزی، صنعتی و شهرسازی شود. همچنین شناخت شدت سیل‌خیزی حوضه‌ها از دیدگاه آمایش سرزمین و مدیریت حوزه آبخیز، اهمیت زیادی دارد. زیرا حوضه‌های با سیل‌خیزی بیشتر، از نظر اقدامات پیشگیرانه از خسارت سیل، اجرای طرح‌های حفاظت خاک و آب، استحصال آب و اولویت‌بندی مکان‌گزینی طرح‌های اجرایی، اهمیت بیشتری نسبت به حوضه‌های با سیل-خیزی کمتر دارا هستند. سیل‌خیزی حوضه به نوعی بیانگر قابلیت تولید رواناب در حوضه است که هر چه

ضریب تولید رواناب بیشتر باشد، نفوذپذیری و قدرت نگهداری آب در حوضه کمتر بوده و در نتیجه بارش به سرعت از حوضه خارج شده و به همراه آن خسارات زیادی وارد می شود.

شناخت مؤلفه های مختلف بارش، اعم از میزان، توزیع زمانی و مکانی، تعداد و فراوانی روزهای بارانی و سایر پارامترهای آن، می تواند به عنوان پیش نیاز طرح های مرتبط با جمع آوری آب باران، مطالعات مربوط به برآورد در حوضه های فاقد آمار، طرح های کشاورزی آبی و دیم، تعیین الگوی کشت و طرح های شیلاتی به کار آید. همان طور که از نتایج بررسی توزیع زمانی بارش قابل دریافت است، حدود ۵۰ درصد حوضه های این منطقه دارای تعداد روزهای بارانی بیش از ۵۰ روز است که توجه به این مشخصه، می تواند به عنوان پیش نیاز طرح های کشاورزی، و مطالعات مرتبط با تعیین الگوی کشت متناسب با میزان و تعداد روزهای بارانی استفاده شود. از دیدگاه توزیع بارش متوسط سالانه، همان طور که از نمودار مربوطه قابل دریافت است، بارش حوضه ها در بازه کمتر از ۱۰۰ میلی متر تا بالاتر از ۳۰۰ میلی متر است که در این میان حدود چهار درصد حوضه ها دارای بارش متوسط سالانه کمتر از ۱۰۰ و یک درصد نیز دارای بارش بیش از ۳۰۰ میلی متر در سال هستند. حدود ۴۹ درصد حوضه ها در بازه ۱۰۰-۲۰۰ و ۴۵ درصد نیز در بازه ۲۰۰-۳۰۰ میلی متر است. میزان بارش سالانه در کنار آگاهی از تعداد روزهای بارانی در سال، پارامتر تعیین کننده در مکان گزینی طرح های مرتبط با کشاورزی، و تعیین زمان و نوع و الگوی کشت است.

در مقایسه نتایج این پژوهش با سایر موارد انجام شده در ایران و جهان، قابل توجه این که اغلب تحقیقات از جمله، Hedayati Aghmashhadi و همکاران (۲۰۱۵)؛ امینی و همکاران (۱۳۹۵)؛ علیپور و همکاران (۱۳۹۵)، توجه به یک مؤلفه از منابع آب را در آمایش مورد توجه قرار داده اند. این در حالی است که در این پژوهش نگاه جامع تری به این مقوله شده است و هفت مؤلفه اصلی منابع آب سطحی که مؤثر در آمایش سرزمین هستند، از دیدگاه زمانی و مکانی مورد توجه بوده است. همچنین دو مؤلفه جریان پایه و شاخص های منحنی تدوم جریان، به ویژه شاخص های کم آبی مرتبط با بخش انتهایی منحنی تدوم جریان (Q₇₅, Q₉₀)، اطلاعاتی از وضعیت منابع آب زیرسطحی و میزان مشارکت آب های زیرسطحی در جریان رودخانه را به ما نشان می دهد که در واقع مؤلفه های اصلی و اولیه نگاه مدیریتی به بخش آب های زیرزمینی را نیز پوشش

می‌دهد. از منظر ملاحظات خطر منابع آب، ناشی از وقایع حدی سیل‌خیزی و خشکسالی هیدرولوژیک، نیز مؤلفه‌های سیل‌خیزی و نقشه‌های خروجی مربوط به پهنه‌بندی وضعیت سیل‌خیزی در مکان‌گزینی طرح‌های توسعه‌ای، کمک قابل‌توجهی به دقت و صحت امر آمایش می‌کند. همچنین تحلیل شاخص‌های کم‌آبی و شاخص جریان پایه به تحلیل وضعیت خشکسالی هیدرولوژیک کمک می‌کند. نتایج این پژوهش از این منظر که توزیع زمانی- مکانی برخی مؤلفه‌ها از جمله بارش را موردتوجه قرار داده است، با نتایج تحقیق عادل‌ی (۱۳۹۱) مبنی بر توزیع زمانی- مکانی بارش در آمایش سرزمین استان گلستان، مشابه است، نگاه همزمان به مؤلفه‌های اصلی منابع آب در این پژوهش، در راستای نتایج و توصیه‌های Rodríguez و همکاران (۲۰۱۵) و Tina و Christophe (۲۰۱۵) مبنی بر جامع‌نگری و تلفیق مدیریت منابع آب با آمایش سرزمین است. در جمع‌بندی کلی، قابل توجه این‌که، شناخت و آگاهی از وضعیت مؤلفه‌های هیدرولوژیکی مؤثر بر حفاظت آب و خاک، محدودیت‌ها و قابلیت‌های منابع را مشخص می‌کند و توجه به آن می‌تواند منجر به بهینه شدن طرح‌های مرتبط با حفاظت آب و خاک شود. لذا پیشنهاد می‌شود، این نوشتار به‌منظور نگاه جامع و همزمان به کلیه مؤلفه‌های هیدرولوژیکی مؤثر بر حفاظت آب و خاک به‌عنوان پیش‌نیاز طرح‌های حفاظت خاک و یکی از ابزارهای تدوین برنامه‌های منطبق با مدیریت جامع حوزه آبخیز در نظر گرفته شود.

سپاسگزاری

این نشریه مستخرج از بخشی از نتایج پروژه ملی پژوهشی با عنوان "تهیه و یکپارچه‌سازی نقشه‌ها و داده‌های رقومی حوضه‌های رده هفت کشور و توسعه پایگاه داده‌های مکانی، زمانی و موضوعی مرتبط با ظرفیت آبی، پژوهشکده حفاظت خاک و خاک، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، شماره فروست ۶۱۹۹۹ است که در پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری به انجام رسیده است. بدین‌وسیله از همراهی و مساعدت مسئولین محترم پژوهشکده تشکر می‌شود.

منابع:

- آروین، ا.، مفیدی خواجه، ا.م.، مازینی، ف. ۱۳۹۱. تعیین الگوی زمانی مکانی بارش استان گلستان با استفاده از تحلیل خوشه ای. مجله آمایش جغرافیایی فض، ۲(۶): ۱۱۷-۱۳۲.
- امینی، ع.، حیدری، ر.، حسینی، م.، جلالی، ن. ۱۳۹۵. نقش منابع آب در آمایش سرزمین حوضه تلوار در استان کردستان. مهندسی و مدیریت آبخیز، ۸(۳): ۳۲۲-۳۳۱.
- بزرگ‌زاده ع.، موسوی س.ج. ۱۳۹۶. مدیریت و توسعه برنامه‌ریزی منابع آب. مجله آب و توسعه پایدار، ۴(۲): ۱۷۹-۱۸۰.
- پرهمت، ج. ۱۳۹۵. تهیه و تدوین اطلس و داده‌های مکانی-زمانی سیلاب در حوزه‌های آبخیز درجه هفت ایران. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. وزارت جهاد کشاورزی، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی. انتشارات مؤسسه تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری. تهران. ۴۱۵ ص.
- پرهمت، ج. ۱۳۹۵. مدلی برای بررسی خطر سیل در سطح حوزه‌های آبخیز کشور. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری، ۱۰(۳۴): ۱-۱۴.
- پرهمت، ج.، کاظمی، ر. ۱۳۹۶. مدل‌سازی منطقه‌ای و ارزیابی ضریب جریان در حوزه کرخه پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز. ۸(۱۵): ۹۱-۸۲.
- شریفی، ف. ۱۴۰۱. تهیه و تلفیق نقشه‌ها و داده‌های رقومی حوضه‌های رودخانه‌ای رده هفت کشور و توسعه پایگاه‌های داده مکانی، زمانی و موضوعی مرتبط با ظرفیت آب. پژوهشکده حفاظت خاک و آب. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. ۱۴۷ صفحه.
- شعاعی، ض. ۱۳۹۸. توسعه محیط زیست با استفاده از سامانه های سطوح آبگیر، هفتمین کنفرانس سیستم‌های سطوح آبگیر باران. تهران، ایران. ۴۰-۶۰.
- شورای عالی آمایش سرزمین. ۱۳۹۶. جهت‌گیری‌های ملی آمایش سرزمین، مشتمل بر ۴ ماده و ۸۴ بند.
- عادل، م. ۱۳۹۱. ارزیابی کیفی منابع آب شهرستان گرگان با استفاده از GIS و زمین‌آمار. مجله آمایش جغرافیایی فض، ۲(۵): ۷۴-۵۷.
- عبدالله‌نژاد، ک. ۱۳۹۴. مدل‌های تصادفی سری زمانی در پیش‌بینی بارندگی ماهانه (مطالعه موردی: ایستگاه هاشم‌آباد گرگان). مجله آمایش جغرافیایی فض، ۵(۱۷): ۱۵-۲۵.
- علیپور، ع.، رحیمی، ج.، آذرنیوند، ع. ۱۳۹۶. بررسی کیفیت آب زیرزمینی جهت مصارف شرب و کشاورزی-پیش‌نیازی برای برنامه‌ریزی آمایش سرزمین در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران. نشریه علمی - پژوهشی مرتع و آبخیزداری، ۷۰(۲): ۴۲۳-۴۳۴.
- کاظمی، ر.، قرمز چشمه، ب. ۱۳۹۵. بررسی روش‌های مختلف استخراج جریان پایه با استفاده از شاخص منحنی تداوم جریان (مطالعه موردی: ناحیه خزری). مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۳(۲): ۱۴۶-۱۳۱.

- کاظمی، ر. ۱۳۹۸. ارزیابی پارامترهای هیدرولوژیکی در مناطق خشک، پژوهشکده حفاظت خاک و آب. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. ۱۱۵ صفحه.
- کاظمی، ر.، شریفی، ف. ۱۳۹۶. بررسی و ارائه روابط منطقه‌ای شاخص جریان پایه در حوضه‌های همگن استان کرمان. مهندسی و مدیریت آبخیز، ۹(۱): ۹۷-۱۰۷.
- منشی‌زاده، ر.، صالحیان، س. ۱۳۹۴. منابع آب و نقش آن در توسعه پایدار منطقه‌ای (مورد مطالعه منطقه بادرود اصفهان). مجله آمایش جغرافیایی فضا، ۵(۱۷): ۵۵-۶۶.
- نوری زمان‌آبادی، س.، صیدایی، س.، کیانی سلمی، ص.، سلطانی، ز.، نوروزی آورگانی، ا. ۱۳۸۹. ارزیابی توان اکولوژیک محیط برای تعیین مناطق مستعد کشاورزی با استفاده از GIS (بخش مرکزی شهرستان کیار). جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۱(۱): ۴۶-۳۳.
- Ahearn, D.S., Sheibley, R.W., Dahlgren, R.A., 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: 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.
- 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*, 9: 45–59.
- Davies, E.G., Simonovic, S.P. 2011. Global water resources modeling with an integrated model of the social– economic–environmental system. *Advances in Water Resource*, 34: 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 pages.
- 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 Bas. *Journal of Environmental Science and Technology*, 17(3): 66–86.
- Langat P.K, 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, A.M., Eakin, H.C., Tellman, E., Bausch, J.C., Aguilar, B.H. 2018. Governing the gaps in water governance and land-use planning in a megacity: The example of hydrological risk in Mexico City. *Cities*, 83: 61–70.
- Letcher, R.A., Croke, B.F.W., Jakeman, A.J., Merritt, W.S. 2006. An integrated modeling toolbox for water resources assessment and management in highland catchments: model description. *Agricultural Systems*, 4: 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*, 518:235–242.

- 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, 89-92.
- 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: 139-146.
- Palom, A.R, Pujol, D.S., Cantos, J.O. 2017. Sustainable land use planning in areas exposed to flooding: Some international experiences. Floods, 2: 103-117.
- Porto, M.F.A., Porto, R.L.L. 2008. Gestão de bacias hidrográficas. Estudos Avançados, 22(63): 43-60.
- Rodríguez, M.I, Grindlay, A.L, Cuevas, M.M, 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: 231-242.
- Safavi, H.R, Golmohammadi, M.H, Sandoval-Solis, S. 2015. Expert knowledge-based modeling for integrated water resources planning and management in the Zayandehrud River Basin. Journal of Hydrology, 528: 773-789.
- Tong, S, Chen, W. 2002. Modeling the relationship between land use and surface water quality. Journal of Environmental Management, 66: 377-393.
- Weng, S.Q. Huang, G.H, Li, Y.P. 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, 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), 1-15.

Abstract:

Understanding the hydrological parameters affecting water and soil conservation is a prerequisite for resource conservation plans in the watershed. For this purpose, the present publication, has been compiled. For the experimental study basins in Kerman province were selected. By examining the daily stream flow data, 43 hydrometric stations with a common statistical period of 1976-2011 were selected. The most important parameters of surface water resources, including: base flow, flow duration indices, flood parameter, runoff initiation threshold, flood intensity, potential snow line height, and precipitation, were calculated and analyzed. The results showed that the average base flow index in the basins of the province was 0.61 and about 78% of the basins have a base flow index of more than 0.50. The average coefficient of variation of flow duration indices was 0.11. Changes in the potential snow line in all basins of the region follow a trend. The range of runoff threshold was from 0-25 mm, with the highest frequency in classes 0-5 with 44.9% surface coverage. In terms of flood severity, more than 50% of the province's lands were in the low flood severity class. About 50% of the basins in this region had more than 50 rainy days, and in terms of average annual rainfall, 45% of the basins were in the range of 200-300 mm. The overall results of sustainable water access indicators, including: base flow index, coefficient of variation of flow duration indices, and potential snow line, showed the appropriate capability of Kerman province's basins for optimizing projects related to water and soil conservation and controlling pressure on groundwater resources in arid regions.

Keywords: Hydrological Parameters, Water and Soil Conservation, Water Resources Planning, Watershed.

Ministry of Agriculture-Jahad
Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO)
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute
(SCWMRI)

Title: Investigating effective hydrological indicators in water and soil conservation at the watershed scale

Authors: Rahim Kazemi, Foroud Sharifi

Editor: Saeed Nabipay Lashkarian

Document Formatting: Abbas Seddigh

Publisher: Soil Conservation and Watershed Management Institute

Circulation: 10 copies

Date of publication: Autumn 2025

This Scientific work registered with the registration number of **68232** at the date of **2025-10-29** in the Agriculture Information and Scientific Documents Center. All rights reserved. No part of this publication may reproduce or transmitted without the original reference.

**Ministry of Agriculture-Jahad
Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO)
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute
(SCWMRI)**

Technical Report:

Investigating effective hydrological indicators in water and soil conservation at
the watershed scale

Authors:

Rahim Kazemi, Foroud Sharifi

Series Number: 68232

2025



Ministry of Agriculture - Jihad
Agriculture Research, Education and Extension Organization
Soil Conservation and Watershed Management Research Institute



Technical Report

**Investigating effective hydrological
indicators in water and soil conservation at
the watershed scale**

Authors:
Rahim Kazemi, Foroud Sharifi

Series Number: 68232

2025