

اطلاعات تعداد ۲۸ ایستگاه هیدرومتری انجام شد.

## مواد و روش

در این پژوهش داده‌های مورد استفاده شامل میانگین دبی سالانه آب (Q) و مساحت حوضه و زیرحوضه‌ها (A) است. داده‌های مورد استفاده از سازمان مدیریت منابع آب دریافت شد. سپس به منظور انتخاب ایستگاه‌های مناسب ابتدا هرگونه اختلال در روند طبیعی فرایندهای حوضه بررسی شده و ایستگاه‌هایی که باعث تغییر در روند هستند شناسایی شد و حذف شدند. در نهایت ۲۸ ایستگاه دارای طول دوره آماری مناسب و همچنین فاقد اختلال در حوضه بالادست، انتخاب شدند.

همچنین به منظور محاسبه مساحت بالادست هر ایستگاه، ابتدا با استفاده از افزونه Archydro و مدل رقومی ارتفاع، بر اساس موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری موجود، حوضه کرخه به تعداد ۲۸ زیرحوضه تقسیم شد. علاوه بر این، با توجه به وضعیت توپوگرافی، ژئومورفولوژیکی و هیدرولوژیکی، حوضه کرخه به پنج ناحیه اصلی نیز منطقه‌بندی شد.

در ادامه با توجه به مقادیر مساحت (A) و دبی ویژه (Qs) در زیرحوضه‌های فرعی، روابط Qs-A تحت مختصات log-log رسم شد تا با محاسبه یک معادله رگرسیون خطی یا غیر خطی بین Q و A تأثیر مقیاس بر میزان دبی در زیرحوضه‌های اصلی مشخص شود.

در نهایت با استفاده از روش ارائه شده توسط چرچ و همکاران، مقادیر دبی ویژه تصحیح شده برای هر یک از زیرحوضه‌های اصلی محاسبه و از طریق درون‌یابی، نقشه دبی ویژه حوضه تولید شد.

## نتایج و بحث

نتایج بررسی اثر مقیاس بر دبی ویژه، حاکی از آن بود که برای کل حوضه کرخه به عنوان یک حوضه واحد، رابطه رگرسیونی مناسبی بین Qs و A وجود نداشته است ( $R^2=0.3$ ). هرچند که برای زیرحوضه‌ها روابط رگرسیونی با ضرایب تبیین بین ۰/۷ تا ۰/۹۸ به دست آمد. با توجه به نتایج، ارتباط بین مساحت و دبی ویژه در بیشتر زیرحوضه‌ها نشان‌دهنده کاهش دبی ویژه با افزایش مساحت است. اما درحوضه سیمره نتایج حاکی از آن بود که با افزایش مساحت دبی ویژه نیز افزایش می‌یابد. دلیل این افزایش می‌تواند ناشی از کاهش ارتفاع و بستر عرض رودخانه باشد. با توجه به نتایج، در حوضه قره‌سو برخلاف دیگر حوضه‌ها دبی ویژه در ابتدا کم سپس افزایش و مجدداً کاهش می‌یابد. این امر می‌تواند به دلیل واقع شدن این زیرحوضه در بالادست

## بررسی اثر مقیاس مکانی بر مقادیر دبی ویژه در حوضه کرخه

زینب حاجی‌زاده<sup>۱</sup>، ابراهیم امیدوار<sup>۲</sup> و سیامک دخانی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت ۱۴۰۲/۰۱/۲۹ تاریخ پذیرش ۱۴۰۲/۰۵/۲۹

<https://doi.org/10.22034/18.65.25>چکیده مبسوط  
مقدمه

اندازه‌گیری میزان رواناب و هدررفت خاک در واحد سطح به منظور ارزیابی وضعیت فرسایش در مناطق مختلف از اهمیت بالایی برخوردار است. رواناب ناشی از وضعیت حوزه‌های آبخیز بالادست است که در محدوده‌های مکانی و زمانی مختلف یک حوزه آبخیز پاسخ متفاوتی دارد. برخی پاسخ‌های هیدرولوژیکی ممکن است در مناطق بالادست یک حوضه قابل توجه باشند اما همین پاسخ‌ها در خروجی همان حوضه قابل شناسایی نیستند. این پاسخ‌های متفاوت بین مناطق مختلف، معمولاً اثر مقیاس نامیده می‌شود که شامل عدم تطابق بین پاسخ‌های رواناب در مقیاس‌های مختلف است. در این زمینه، نقش مقیاس مکانی، به عنوان عاملی که به طور مستقیم وقوع فرایندهای مختلف تولید رواناب را تحت تأثیر قرار می‌دهد، مورد توجه است. بنابراین یکنواخت فرض نمودن تغییرات دبی در مقیاس‌های مختلف، سبب اعمال برنامه‌ریزی و مدیریت واحد برای کل حوزه آبخیز و عدم تحقق اهداف می‌شود. از سوی دیگر، برآورد دقیق وضعیت دبی حوزه‌های آبخیز نیز درک صحیحی از فرایندهای هیدرولوژیکی را فراهم می‌سازد. همچنین درک صحیح اثر مقیاس مکانی بر رواناب، برای برآورد دقیق دبی در حوزه‌های آبخیز و پهنه‌بندی آن در سطوح مختلف مکانی ضروری است. این امر مبنای برنامه‌ریزی و مدیریت بهینه منابع آب و خاک، به ویژه در حوضه‌هایی که با چالش جدی فرسایش خاک مواجه هستند، خواهد بود. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر مقیاس مکانی بر دبی ویژه و پهنه‌بندی مقادیر دبی در سطح حوضه کرخه بر اساس

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران.

۲- نویسنده مسئول و دانشیار، علوم و مهندسی آبخیزداری، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران.  
ebrahimomidvar@gmail.com

۳- استادیار، علوم و مهندسی آبخیزداری، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان، ایران.

حوضه کرخه، شرایط توپوگرافیک و شیب بالای منطقه باشد.

نتایج کلی حاکی از این است که در زیرحوضه‌های با مساحت‌های متفاوت یا به عبارت دیگر مقیاس‌های مختلف مکانی، میزان دبی ویژه نیز متفاوت است و به صورت کلی بیشترین میزان دبی ویژه مربوط به ایستگاه‌های نزدیک به خروجی حوضه است. که می‌توان علت را به شیب و شدت بارندگی زیاد در حوضه‌های بالادست و تفاوت آب و هوایی در پایین‌دست و بالادست، همچنین پوشش گیاهی ضعیف در پایین‌دست نسبت داد.

### نتیجه‌گیری

درک جامع دبی رودخانه‌ها و اثر مقیاس مکانی بر آن، از اهمیت بسزایی در زمینه‌های مختلف برخوردار است. همچنین این امر، دیدگاهی عمیق نسبت به پیامدهای مرتبط با این پدیده را فراهم می‌کند. به‌طور خلاصه می‌توان بیان نمود که درک وضعیت دبی حوضه‌های آبخیز و تعیین اثر مقیاس مکانی بر تولید دبی از جنبه‌های مختلف از جمله مدیریت منابع آب، کاهش مخاطرات سیل، توسعه پایدار و حفاظت از محیط زیست دارای اهمیت است و درک صحیحی از پیامدهای ناشی از آن را فراهم می‌کند. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با افزایش مساحت میزان دبی ویژه کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج می‌توان بیان نمود که مقیاس مکانی و مساحت حوضه آبخیز بالادست می‌تواند روی دبی تأثیرگذار باشد. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که مقیاس مکانی و وسعت حوضه آبخیز در بالادست، نقش تعیین‌کننده در میزان دبی رودخانه ایفا می‌کنند. با این وجود می‌توان به اثر عوامل متعددی مانند پوشش گیاهی، اقلیم، توپوگرافی، شیب زمین، نفوذپذیری خاک و شدت بارش و ... بر دبی ویژه در حوضه‌های مختلف اشاره نمود. بنابراین در بررسی وضعیت هیدرولوژیکی حوضه‌های با مساحت بالا ضروریست اثر مقیاس مکانی را به عنوان یک عامل کلیدی، مورد توجه ویژه قرار داد. لازم به ذکر است که شناخت این پدیده نیازمند مطالعات عمیق‌تر و جامع‌تر در سطوح مختلف مقیاس‌های مکانی است.

**کلیدواژه‌ها:** مساحت حوضه، نقشه دبی ویژه، درون‌یابی، حوضه

آبخیز

### مقدمه

به‌طورکلی می‌توان بیان نمود که متغیرهای اقلیمی و همچنین عواملی از درون حوضه آبخیز مانند عوامل انسانی (کاربری‌اراضی و متریک‌های سیمای سرزمین)، ویژگی‌های فیزیوگرافی، خاک و ... [۸،۳] می‌توانند رواناب و رسوب‌دهی حوضه‌های آبخیز را تحت تأثیر قرار دهند. همچنین رواناب و رسوب معلق رودخانه‌ها ناشی از وضعیت حوضه‌های آبخیز بالادست است [۹،۱۶]. از سوی دیگر متغیر رواناب در محدوده‌های مکانی و زمانی مختلف یک حوضه آبخیز پاسخ متفاوتی دارد. برخی پاسخ‌های هیدرولوژیکی ممکن است در مناطق بالادست یک حوضه قابل توجه باشند اما همین پاسخ‌ها در خروجی همان حوضه قابل شناسایی نیستند. این پاسخ‌های متفاوت

بین مناطق مختلف، معمولاً اثر مقیاس نامیده می‌شود که شامل عدم تطابق بین پاسخ‌های رواناب و فرسایش در مقیاس‌های مختلف است [۵]. اثر مقیاس، از آنجا نشأت می‌گیرد که فرآیندها و پارامترهای مهم در یک مقیاس، ممکن است در مقیاس دیگری به همان اندازه مهم و ارزشمند نبوده و با مقیاس دیگری قابل پیش‌بینی نباشند [۱۹]. زیرا فرآیندها در سیستم‌های بوم‌شناختی با مقیاس مکانی و زمانی تغییر می‌کنند [۱۵] و یا ممکن است بر هم منطبق نباشند. بنابراین با تغییر مقیاس زمانی یا مکانی مورد مطالعه، متغیرهای تأثیرگذار بر فرایندهای هیدرولوژیک و فرسایش، رسوب و دبی حوضه‌های آبخیز نیز تغییر نمایند. در زمینه بررسی اثر مقیاس مکانی بر تغییرات دبی رودخانه مطالعات اندکی در سطح ملی و بین‌المللی انجام شده است که در زیر به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود. لو [۱۲] به تجزیه و تحلیل داده‌های دبی و رسوب جریان اندازه‌گیری شده در حوضه آبخیز لانگیوانجیانگ در چین پرداخت. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که رسوبات پایین‌دست این رودخانه رواناب کمتر ولی بار رسوب بیشتری نسبت به بالادست آن تولید کردند. ما و همکاران [۱۳] به بررسی تغییرات مکانی میزان و تداوم دبی مؤثر در دو منطقه تپه ماهوری لسی با تشکیلات زمین‌شناسی متفاوت یک حوضه آبخیز در چین پرداختند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که مدت متوسط دبی مؤثر در دو منطقه با رسوبات لسی بین ۰/۰۲۶ تا ۳/۱۶ تا و بین ۱۸/۷۵ تا ۹۱/۵۱ درصد متغیر بوده است. همچنین مدت متوسط دبی مؤثر به‌طور قابل‌توجهی متأثر از تعداد و فواصل طبقات دبی و همچنین خصوصیات رژیم آب و رسوب است. اورنگ و همکاران [۱۷] تولید مقدار دبی و رسوب حمل شده را در تعدادی از حوضه‌های آبخیز در جنوب غربی فرانسه را مورد ارزیابی قرار داده و نواحی با شرایط بحرانی را در حوضه مورد مطالعه شناسایی کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که قسمت‌های بالادست حوضه آبخیز به دلیل پوشش گیاهی کم، شیب و شدت بارندگی زیاد دارای شرایط بحرانی است. مایور و همکاران [۱۴] در بررسی تغییرات وابسته به مقیاس در رواناب و تولید رسوب، کاهش رواناب با افزایش مقیاس را گزارش نمودند. یان و همکاران [۲۲] با بررسی اثرات مقیاس رسوب ویژه در حوضه ژوجیانگ و چهار زیرحوضه آن بیان نمودند که هیچ رابطه‌ای بین  $Y_s$  (رسوب ویژه) و  $A_h$  (مساحت) برای ایستگاه‌هایی که  $A_h$  کمتر از ۱۰۰۰۰۰۰ کیلومتر مربع است وجود ندارد. درحالی‌که برای ایستگاه‌هایی که  $A_h$  بزرگتر از ۱۰۰۰۰۰۰ کیلومتر مربع است که عمدتاً در قسمت میانی و پایین‌دست قرار دارند، یک رابطه منفی بین  $Y_s$  با  $A_h$  وجود دارد. ژای و همکاران [۲۳] تغییرات مکانی و زمانی رواناب و بار رسوبی را در سه ایستگاه در رودخانه لانگانگ بررسی نمودند. آن‌ها دریافتند که ساخت و سازهای صورت گرفته در اطراف ایستگاه‌های مورد مطالعه، تغییر در کاربری اراضی و الگوهای بارش، در تغییرات مکانی و زمانی رواناب و بار رسوبی تأثیرگذار بوده است. لما و همکاران [۱۱] تأثیر مقیاس فضایی بر ضریب رواناب را در اراضی مرتفع اتیوپی با استفاده از داده‌های بلندمدت بارش-

جزئی از حوزه آبریز خلیج فارس به‌شمار می‌آید. این حوزه با مساحت ۵۱۳۴۱ کیلومترمربع در داخل چین‌خوردگی زاگرس قرار دارد و بخش عمده‌ای از مساحت آن را مناطق کوهستانی و مرتفع تشکیل می‌دهند. به‌گونه‌ای که حدود ۶۰ درصد مساحت آن را مناطق کوهستانی و ۴۰ درصد بقیه را دشت‌ها و کوهپایه‌ها تشکیل می‌دهد. مناطق کوهستانی این حوزه غالباً در بخش‌های شمالی و مرکزی قرار دارند. تمرکز ارتفاعات نیز در نواحی میانی آن و مناطق شمالی است و به دلیل گسترش تشکیلات زمین‌شناسی آهکی و وفور بارندگی، این ارتفاعات منبع اصلی آب‌های سطحی حوزه هستند [۱]. میانگین بارندگی در حوزه کرخه از حدود ۱۵۰ میلی‌متر در سال در مناطق جنوبی تا فراتر از ۱۰۰۰ میلی‌متر در سال در ارتفاعات شمالی و مناطق شرقی کرخه تغییر می‌نماید و رژیم بارش آن اغلب مدیترانه‌ای است شکل (۱).

### روش انجام پژوهش جمع‌آوری داده‌ها

داده‌های مورد استفاده شامل میانگین دبی سالانه آب (Q) و مساحت حوزه و زیرحوضه‌ها (A) است. داده‌های هیدرومتری مورد استفاده در این مطالعه در کل ایستگاه‌های حوزه آبخیز کرخه، از سازمان مدیریت منابع آب دریافت شد. بدین منظور از داده‌های سال‌های آماری ۱۳۸۳-۱۳۹۹ برای تجزیه و تحلیل استفاده شد.

### انتخاب ایستگاه‌های مناسب

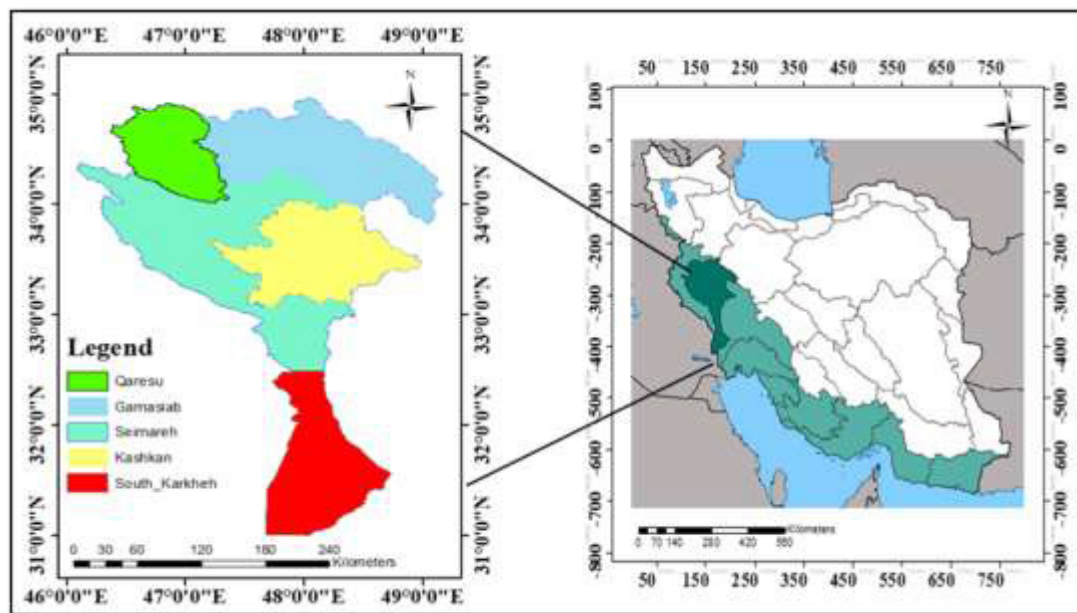
به‌منظور انتخاب ایستگاه‌های مناسب برای تحقیق حاضر ابتدا هرگونه اختلال در روند طبیعی فرایندهای حوزه (مانند وجود سدها، استخراج معادن، بندهای آبخیزداری و ...) بررسی شده و

رواناب در پلات‌های آزمایشی و سه حوزه آبخیز کوچک بررسی و به این نتیجه رسیدند که ضریب رواناب از کرت به حوزه آبخیز در دو حوزه انجنی و اندیت‌تید کاهش یافته، درحالی‌که در حوزه میبار برعکس بوده است. نتایج تحقیقات عسگری و همکاران [۲] نیز نشان داد که مقدار رواناب در بالادست حوزه زیاد (۷/۲۵-۶/۰۷ لیتر بر مترمربع) ولی در پایین‌دست حوزه مقدار رواناب تولیدی کم (۲/۲۰-۳/۵۰ لیتر بر مترمربع) بوده است. در یک نتیجه‌گیری کلی از تحقیقات انجام شده می‌توان بیان نمود که نتایج به‌دست آمده از یک مقیاس مشخص الزاماً در مقیاس دیگر کاربرد ندارد [۱۸]. بنابراین لازم است پاسخ میزان رواناب در مقیاس‌های مختلف مکانی بررسی و تأثیر عامل مقیاس به صورت کمی مشخص شود. حوزه آبخیز کرخه به‌عنوان یکی از حوزه‌های آبخیز اصلی ایران با مساحتی حدود پنج میلیون هکتار، بخش عمده‌ای از استان‌های خوزستان، ایلام، لرستان، کرمانشاه و همدان را پوشش می‌دهد. استفاده گسترده از آب رودخانه کرخه در امور مختلف نظیر کشاورزی و شرب و وقوع سیل‌های بزرگ همراه با رسوبات فراوان طی سالیان گذشته و همچنین وجود بزرگ‌ترین سد خاکی خاورمیانه در حوزه آبخیز کرخه، نشان از اهمیت ویژه این حوزه می‌دهد. بنابراین انجام مطالعات در مورد فرایندهای هیدرولوژیک حوزه آبخیز کرخه ضروری به نظر می‌رسد. بر این اساس هدف مطالعه حاضر بررسی اثر مقیاس مکانی و پهنه‌بندی مقادیر دبی در سطح حوزه کرخه برنامه‌ریزی و انجام شده است.

### مواد و روش

#### منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز کرخه از لحاظ تقسیم‌بندی کلی هیدرولوژی ایران



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز کرخه در حوزه آبریز خلیج فارس و زیرحوضه‌ها نسبت به کل کشور

Fig 1. Geographical location of Karkheh watershed in the Persian Gulf watershed and its sub-basins in relation to the whole country

ایستگاه‌هایی که باعث تغییر در روند هستند، شناسایی شد. در این راستا، تعدادی از ایستگاه‌ها به دلیل وجود اختلال در روند طبیعی و تعدادی دیگر به دلیل عدم وجود داده‌های کافی برای تجزیه و تحلیل حذف شدند. در نهایت از بین ۹۵ ایستگاه هیدرومتری، ۲۸ ایستگاه دارای طول دوره آماری مناسب و همچنین فاقد اختلال در حوضه بالادست، انتخاب شد (شکل ۲).

### زیرحوضه‌بندی حوضه اصلی

به منظور زیرحوضه‌بندی حوضه اصلی ابتدا موقعیت مکانی ایستگاه‌های مورد بررسی به عنوان خروجی هر زیرحوضه در نظر گرفته شد. در ادامه با استفاده از نرم‌افزار Arc Hydro و همچنین مدل رقومی ارتفاع (DEM)، حوضه اصلی کرخه به تعداد ۲۸ زیرحوضه فرعی تقسیم‌بندی شد. همان‌گونه که در بخش نتایج ارائه خواهد شد، با توجه به ناهمگنی حوضه کرخه، رابطه با ضریب تبیین قابل قبولی بین دبی ویژه و مساحت در زیرحوضه‌های ۲۸ گانه به دست نیامد. بنابراین مجدداً حوضه کرخه به پنج زیرحوضه فرعی نسبتاً همگن از نظر توپوگرافی، ژئومورفولوژیک، زمین‌شناسی و هیدرولوژیک شامل گاماسیاب، قره‌سو، سیمره، کشکان و کرخه جنوبی نیز زیرحوضه‌بندی شد.

غیرخطی بین  $Q_s$  و  $A_h$  تحت مختصات  $\log\text{-}\log$  رسم شد تا مشخص شود آیا اثر مقیاس وجود دارد یا خیر. در این مطالعه ابتدا بر پایه مقادیر  $Q_s$  و  $A_h$  در زیرحوضه‌های ۲۸ گانه، دو نوع رابطه رگرسیونی خطی و غیرخطی برای کل حوضه کرخه ایجاد شد. همان‌طور که در بخش نتایج نشان داده خواهد شد، از لحاظ آماری روابط مناسبی برای کل حوضه حاصل نشد. لذا روابط رگرسیونی خطی و غیرخطی مجدداً برای زیرحوضه‌های پنج‌گانه همگن نیز محاسبه شد. در ادامه مقیاس‌گذاری و تصحیح دبی ویژه در هر یک از این مناطق بر اساس روش ارائه شده توسط چرچ و همکاران [۴] و همچنین یان و ژو [۲۱] به شرح ذیل انجام شد:

الف) ترسیم داده‌های لگاریتمی  $Q_s$  و  $A_h$  که در آن  $X = \log(A_h)$ ,  $Y = \log(Q_s)$  بوده و بنابراین  $(X_1, Y_1)$  داده‌های لگاریتمی تبدیل شده  $(Q_s, A_h)$  یک ایستگاه معین خواهد بود (شکل ۳).

ب) محاسبه  $Q_s$  مقیاس شده با استفاده از  $Y_r$  (مقیاس  $Y_1$  تحت واحد استاندارد  $X_r$  بر مبنای  $\log\text{-}10$ ) بر اساس رابطه خطی یا غیرخطی به صورت زیر:

۱- محاسبه  $Q_s$  برای رابطه خطی (شکل ۳a)

با توجه به معادله رگرسیون خطی برازش شده  $Y_r$  با جابجایی نقطه  $(X_1, Y_1)$  به موقعیت جدید  $(X_r, Y_r)$  در امتداد خط به دست می‌آید.

$$Y = AX + B' \quad (1)$$

جایی که  $Y = AX + B'$  با معادله اصلی موازی است  $A$  برابر است با شیب و  $B, B'$  نقاط قطع هستند.

با استفاده از معادله ۱،  $B'$  به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$B' = Y_1 - AX_1 \quad (2)$$

که با جایگزینی معادله ۲ در معادله ۱، معادله زیر به دست می‌آید:

$$Y = AX + Y_1 - AX_1 \quad (3)$$

در نهایت،  $Q_s$  با استفاده از معادله ۳ به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Q_s = 10^{Y_r} = 10^{(AX_r + Y_1 - AX_1)} \quad (4)$$

۲- محاسبه  $Q_s$  برای رابطه غیر خطی (شکل ۳b)

با توجه به معادله درجه دوم برازش شده  $Y_r = AX^2 + BX + C$  با معادله محاسبه معادله  $Y_r$  به صورت زیر است:

$$Y = AX^2 + BX + C' \quad (5)$$

جایی که:  $Y = AX^2 + BX + C$  جایی که  $Y_r = AX^2 + BX + C$  موازی اصلی موازی است  $A, B, C$  و  $C'$  پارامتر هستند. با استفاده از معادله ۵  $C'$  به صورت زیر محاسبه می‌شود:

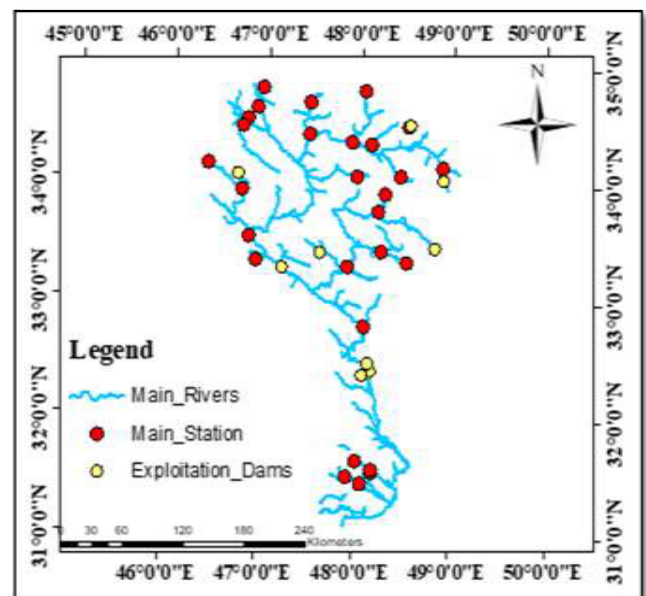
$$C' = Y_1 - (AX_1^2 + BX_1) \quad (6)$$

با جایگزینی معادله ۶ در معادله ۵ یک معادله به دست می‌آید:

$$Y = AX^2 + BX + Y_1 - (AX_1^2 + BX_1) \quad (7)$$

در نهایت  $Q_s$  با استفاده از معادله ۷ طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Q_s = 10^{Y_r} = 10^{AX^2 + BX + Y_1 - (AX_1^2 + BX_1)} \quad (8)$$

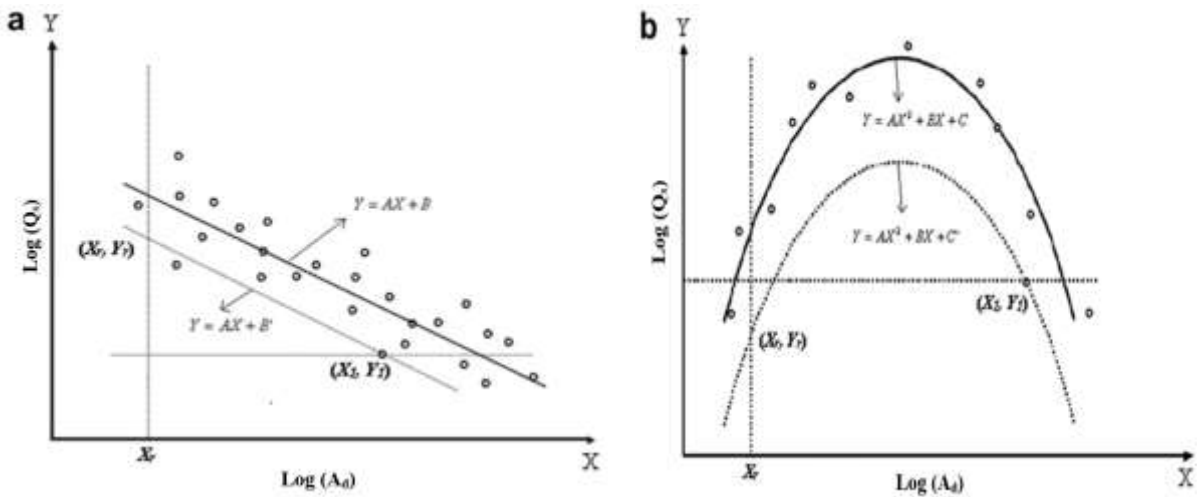


شکل ۲- موقعیت رودخانه اصلی، ایستگاه‌های هیدرومتری مهم و موقعیت سدهای در حال بهره‌برداری در حوضه کرخه

Fig 2. The location of the main river, important hydrometric stations and the location of exploitation dams in the Karkheh basin.

### مقیاس‌گذاری دبی ویژه

بدین منظور ابتدا دبی ویژه به صورت  $Q_s = Q/A$  محاسبه شد. بر اساس این داده‌ها برای هر حوضه، روابط رگرسیونی خطی یا



شکل ۳- تصویر اصلاح فرآیند a: رابطه خطی، b: رابطه غیرخطی  
 Fig 3. Illustration of the scaling process: (a): Linear equation; (b): Non-linear equation

برای هر دو معادله رگرسیون خطی و غیرخطی به ترتیب برابر با ۰/۳۵ و ۰/۳۷ به دست آمد. با توجه به پایین بودن این مقدار برای کل حوضه، لازم بود که حوضه کرخه به یک سری مناطق همگن تقسیم و بررسی‌های اثر مقیاس در آن مناطق انجام شود. با توجه به پیچیدگی‌های منطقه روند مناسبی از تغییرات برای کل منطقه مورد مطالعه وجود ندارد، بنابراین انجام تحقیق بر اساس هر زیرحوضه منطقی است.

#### تهیه نقشه دبی ویژه

برای ساختن نقشه  $Q_s$  مقیاس شده، باید واحدهای استاندارد انتخاب شوند. از آنجایی که مساحت بیشتر ایستگاه‌ها بیش از ۱۰۰ کیلومترمربع است و تنها شش ایستگاه دارای مساحت بیش از ۱۰۰۰ کیلومترمربع است. بنابراین هر دو واحد ۱۰۰ و ۱۰۰۰ کیلومترمربع به عنوان واحدهای استاندارد  $Q_s$  انتخاب می‌شوند. سپس با استفاده از معادله‌های یک الی هشت به واحدهای استاندارد مقیاس می‌شوند. در ادامه نقشه‌های مقیاس شده  $Q_s$  با روش IDW در بستر ArcGIS ترسیم شد. به منظور تهیه نقشه دبی ویژه در کل حوضه کرخه، بر اساس داده‌های  $Q_s$  تصحیح شده و با استفاده از روش درون‌یابی IDW در محیط نرم‌افزار Arc GIS نقشه مذکور تولید شد.

#### نتایج

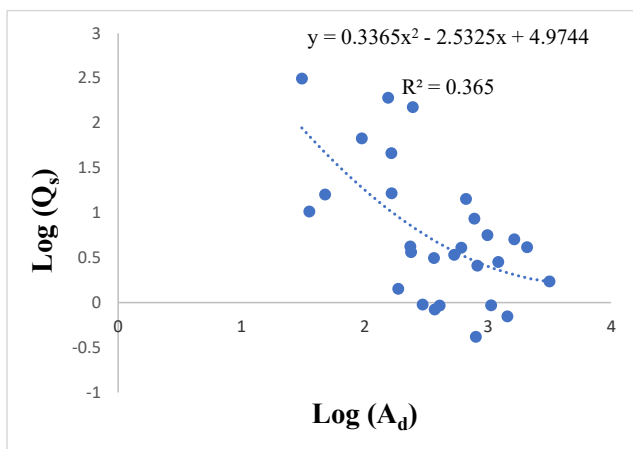
همان‌گونه که در روش انجام پژوهش ذکر شد، تجزیه و تحلیل اثر مقیاس ابتدا برای کل منطقه مورد مطالعه بر اساس داده‌های تمام ۲۸ ایستگاه انجام شد که نتایج آن در ذیل ارائه شده است.

#### اثر مقیاس بر دبی ویژه در کل حوضه کرخه

رابطه بین  $Q_s$  و  $A_d$  در فضای log-10 برای کل حوضه کرخه در شکل ۴ نشان داده شده است. نمودار نشان می‌دهد که دبی ویژه با افزایش مساحت حوزه آبخیز بالادست کاهش می‌یابد.

یافته‌ها نشان داد که برای ایستگاه‌های با وسعت کمتر از ۱۰۰ کیلومترمربع هیچ رابطه‌ای مشاهده نشد. همچنین بیشترین لگاریتم دبی ویژه برابر با ۲/۴۹۶ (معادل دبی واقعی ۳۱۳) لیتر بر ثانیه بر کیلومترمربع مربوط به ایستگاه سابل در زیرحوضه کرخه جنوبی هست که دارای کمترین مساحت است و کمترین میزان لگاریتمی دبی ویژه برابر با ۰/۳۸ (معادل دبی واقعی ۰/۴۲) لیتر بر ثانیه بر کیلومترمربع مربوط به ایستگاه فیروزان در زیرحوضه گاماسیاب است.

نتایج شکل ۴ نشان داد که رابطه مناسبی بین مساحت و دبی ویژه برای کل حوضه وجود ندارد. به طوری که مقدار ضریب تبیین



شکل ۴- رابطه دبی ویژه با مساحت در حوضه کرخه

Fig 4. The relationship between specific discharge and area in Karkheh basin

#### اثر مقیاس بر دبی ویژه در مناطق همگن (زیرحوضه‌های پنج‌گانه) حوضه کرخه

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۱ برای تمام زیرحوضه‌ها به جز حوضه قره‌سو یک رابطه غیرخطی مثبت مشاهده شد. همچنین بیشترین و کمترین دبی ویژه به ترتیب مربوط به حوضه کرخه جنوبی و گاماسیاب است. سایر نتایج نشان می‌دهد که ضریب تبیین نیز در



جدول ۱- رابطه بین  $Q_s$  و  $A_d$  در زیرحوضه‌هاTable 1. Relationship between  $Q_s$  and  $A_d$  in sub-basins

$R^2$	Regression equation	Average ( $Q_s$ )	Area range (km <sup>2</sup> )	Range ( $Q_s$ (lit/s/km <sup>2</sup> ))	حوضه (Basin)
0.75	$Y=0.8342x^2-4.522x+6.0414$	2.91	35-3100	0.41-10.33	گاماسیاب (Gamasiab)
0.91	$Y=2.5124x^2-14.047x+19.933$	7.40	234-1630	2.58-16.52	کشکان (Kashkan)
0.71	$Y=12.055x^2-61.727x+79.198$	4.49	238-1066	0.84-14.30	سیمره (Seimareh)
0.98	$Y=-3.5772x^2+16.427x-16.29$	6.30	47-1438	0.70-16.02	قره‌سو (Qarasu)
0.89	$Y=2.8071x^2-11.353+13.2$	153.60	31-246	46.16-313.41	کرخه جنوبی (South- Karkheh)

### ۵- حوضه کرخه جنوبی

نتایج حاصل از محاسبات در این زیرحوضه نیز یک رابطه غیرخطی مثبت بین  $Q_s$  و  $A_d$  در فضای  $\log-10$  را نشان می‌دهد شکل ۵. این نتایج نشان داد که در ابتدا با افزایش مساحت، میزان دبی ویژه کاهش می‌یابد سپس با میزان کمتری افزایش می‌یابد. در این حوضه نیز ایستگاه پل سابله با کمترین مساحت دارای بیشترین میزان دبی ویژه است و ایستگاه هویزه با مساحت ۱۶۵ کیلومتر مربع دارای کمترین مقدار دبی ویژه است.

### نقشه‌های مقیاس شده $Q_s$

نتایج حاصل از تهیه نقشه‌های  $Q_s$  مقیاس شده بر مبنای واحدهای استاندارد ۱۰۰ و ۱۰۰۰ کیلومتر مربعی بر اساس داده‌های مشاهده‌ای اولیه و داده‌های تصحیح شده در شکل ۶ ارائه شده است. بر اساس نتایج به دست آمده حدود ۴۳ درصد از حوضه دارای دبی ویژه بین ۵ تا ۱۶۴ لیتر بر ثانیه بر کیلومتر مربع است که عمدتاً در قسمت پایینی و شرقی حوضه است که شامل حوضه‌های کرخه جنوبی، گاماسیاب و بخش‌هایی از حوضه کشکان است. بخش بیشتری از حوضه گاماسیاب و بخش‌های میانی حوضه سیمره دارای دبی ویژه بین ۱۶۴ تا ۲۷۴ لیتر بر ثانیه بر کیلومتر مربع است که حدود ۴۰ درصد از حوضه را تشکیل می‌دهد. مناطق با دبی ویژه بین ۶۵۸ تا ۹۷۳ که حدود ۱۰ درصد از کل حوضه کرخه را تشکیل می‌دهد عمدتاً در حوضه قره‌سو در بالادست قرار دارد (شکل ۷). در بخش‌های بالادست استاندارد واحد ۱۰۰۰ کیلومتر مربع عمده دبی ویژه در قسمت‌های پایینی و میانه‌های حوضه اصلی قرار دارد. حدود ۲۰ درصد از کل حوضه دارای کمترین مقدار دبی ویژه در قسمت‌های غربی بالادست حوضه توزیع شده است و بیشترین میزان دبی تنها در ۱۰ درصد از کل حوضه توزیع قرار دارد. نقشه‌ای که میزان دبی ویژه را بر اساس داده‌های مشاهده شده و تصحیح نشده نشان می‌دهد نیز با استفاده از روش IDW ساخته شده است (شکل ۸ و ۹). سایر نتایج نیز نشان می‌دهد که بیشترین دبی در ایستگاه هوفل در حوضه کرخه جنوبی قرار دارد اما با استفاده از واحد استاندارد بیشترین دبی مربوط به

تمام زیرحوضه‌ها دارای مقدار بالا و قابل قبولی است به گونه‌ای که در حوضه قره‌سو نزدیک به یک است.

### ۱- حوضه گاماسیاب

نتایج یک رابطه غیرخطی مثبت بین  $Q_s$  و  $A_d$  در فضای  $\log-10$  در زیرحوضه گاماسیاب را در شکل ۵ نشان می‌دهد. با توجه به این نمودار مشخص شد که با افزایش مساحت میزان مقادیر دبی ویژه در اکثر ایستگاه‌های موجود در این زیرحوضه کاهش می‌یابد. به نحوی که دبی ویژه مربوط به ایستگاه علی‌آباد با کمترین مساحت دارای بیشترین دبی ویژه و ایستگاه فیروزان با ۸۰۰ کیلومتر مربع دارای کمترین دبی ویژه بوده است.

### ۲- حوضه کشکان

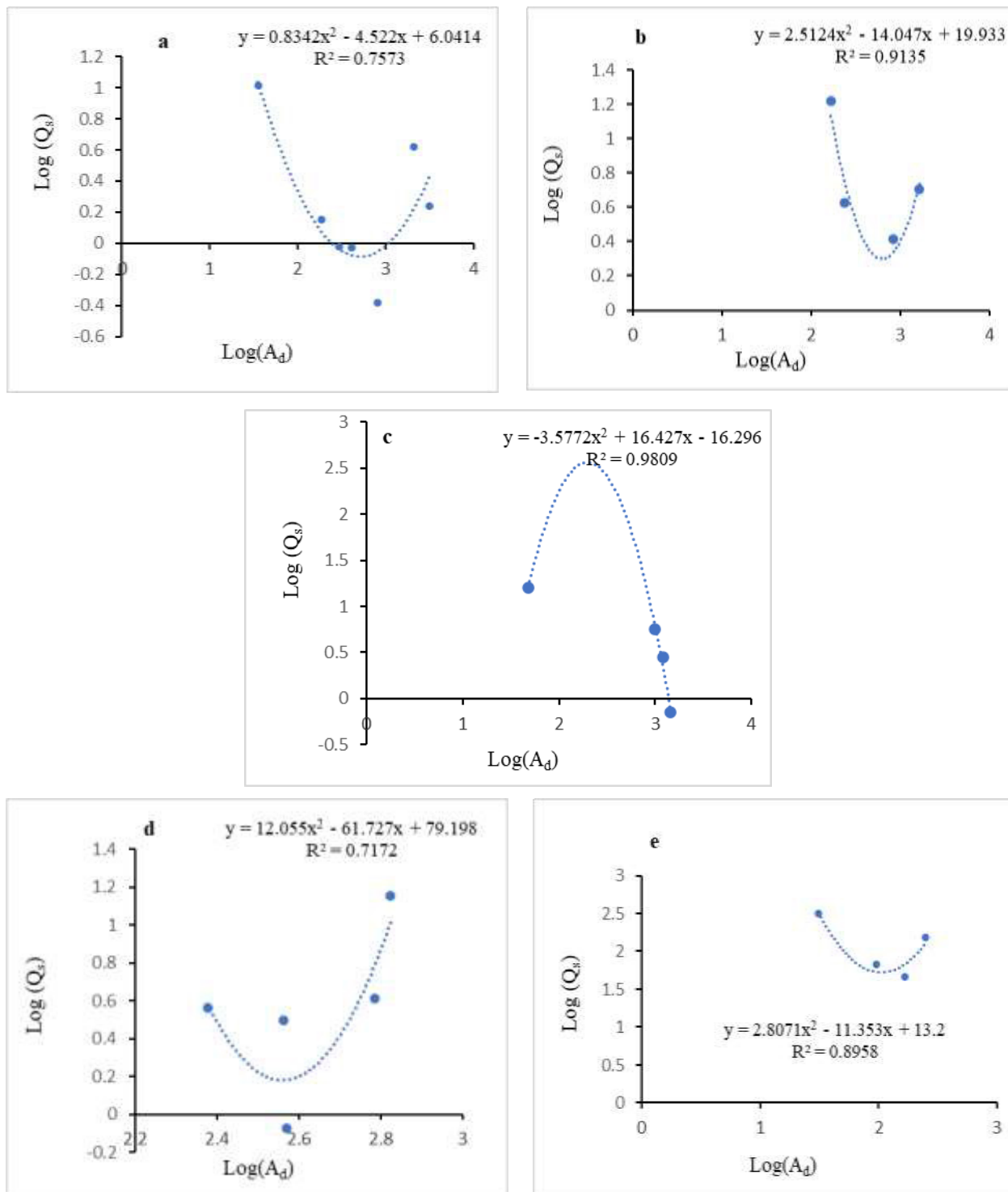
در زیرحوضه کشکان نیز نتایج حاصل بیانگر وجود رابطه غیرخطی مثبت بین  $Q_s$  و  $A_d$  در فضای  $\log-10$  است، که همانند حوضه گاماسیاب با افزایش مساحت میزان دبی ویژه کاهش یافته است شکل ۵. سایر نتایج نشان داد که کمترین دبی ویژه مربوط به ایستگاه افرینه با مساحت ۸۲۱ کیلومتر مربع و بیشترین دبی مربوط به ایستگاه دره تنگ با مساحت برابر ۱۶۵ کیلومتر مربع است.

### ۳- حوضه قره‌سو

یافته‌های حاصل محاسبات این زیرحوضه در شکل ۵ نشان داده شده است. به گونه‌ای که نتایج یک رابطه غیرخطی منفی بین  $Q_s$  و  $A_d$  در فضای  $\log-10$  را نشان می‌دهد که بر خلاف نتایج دیگر حوضه‌ها در ابتدا با افزایش مساحت میزان دبی ویژه افزایش یافته و سپس کاهش می‌یابد.

### ۴- حوضه سیمره

در این زیرحوضه نتایج یک رابطه خطی و غیرخطی مثبت بین  $Q_s$  و  $A_d$  در فضای  $\log-10$  را نشان می‌دهد شکل ۵. این رابطه بر خلاف دیگر حوضه‌ها نشان می‌دهد که با افزایش مساحت دبی افزایش می‌یابد. به گونه‌ای که ایستگاه پل زال با مساحت ۶۶۶ کیلومتر مربع دارای بیشترین مقدار دبی ویژه است و ایستگاه خسروآباد با مساحت ۳۷۰ کیلومتر مربع دارای کمترین میزان دبی ویژه است.



شکل ۵- رابطه دبی ویژه با مساحت در زیرحوضه‌ها a: گاماسیاب، b: کشکان، c: قره سو، d: سیمره، e: کرخه جنوبی

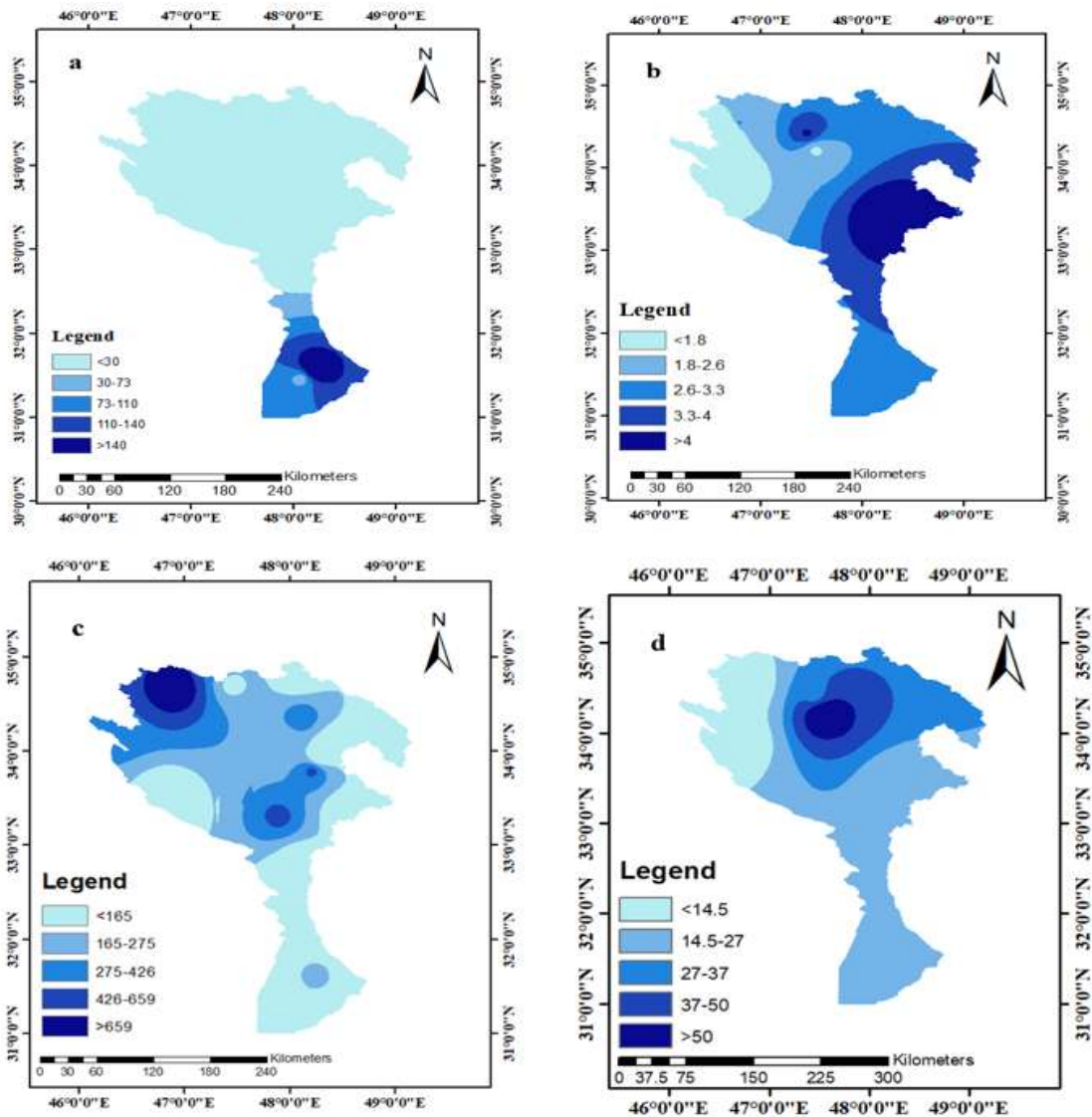
Fig 5. The relationship between specific discharge and area in the sub-basins a: Gamasiab, b: Kashkan, c: Qarasu, d: Simre, e: Southern Karkheh

ایستگاه سرآسیاب واقع در حوضه قره‌سو است.

اثر مقیاس و تهیه نقشه‌های پراکنش مکانی این متغیر در سطح حوزه‌های آبخیز ضروری است. به همین جهت اقدام به برآورد ارتباط بین میزان دبی و مساحت در حوضه‌های مختلف و تهیه نقشه تغییرات دبی ویژه در حوزه‌های آبخیز در نرم‌افزار ArcMap شد که

### بحث و نتیجه‌گیری

جهت درک بهتر تغییرات مکانی دبی در حوزه‌های آبخیز، بررسی



شکل ۶- نقشه دبی ویژه براساس داده‌های مشاهداتی اولیه در منطقه استاندارد مشترک ۱۰۰ (a) و ۱۰۰۰ کیلومترمربع (b)، نقشه دبی ویژه براساس داده‌های تصحیح شده در منطقه استاندارد مشترک ۱۰۰ (c) و ۱۰۰۰ کیلومترمربع (d)

Fig 6. Specific discharge map based on the original observed data in common standard area of 100 (a) and 1000 km<sup>2</sup> (b), Specific discharge map based on corrected data to a common standard area of 100(c) and 1000 km<sup>2</sup> (d)

شد. این تغییرات ناشی از تاثیر دیگر عوامل تأثیرگذار بر دبی ویژه است که با همگن کردن مناطق این تاثیرات کمتر شده است. با توجه به نتایج، در حوضه قره‌سو برخلاف دیگر حوضه‌ها دبی ویژه در ابتدا کم سپس افزایش و مجدداً کاهش می‌یابد. این امر می‌تواند به دلیل موقعیت این زیرحوضه در بالادست، شرایط توپوگرافیک و شیب بالای منطقه باشد. همچنین می‌توان بیان نمود که بخش‌هایی خارج از جریان رودخانه از سنگ و قله و سنگ پوشیده شده و در مسیرهای خود دارای مسیرهای پر از پیچ و خم هستند که دبی را به صورت ناگهانی به رودخانه تخلیه می‌کنند. در حوضه کشکان نیز که در بخش میانی حوضه کرخه قرار دارد عمدتاً کوهستانی بوده و دارای آب و هوای سردتر است. در اینجا نیز با افزایش مساحت دبی کاهش می‌یابد و سپس به میزان کمتری

نقشه‌های حاضر در این پژوهش به روش IDW درونیابی شده و ارائه شده است. همچنین با توجه به نتایج ارتباط بین مساحت و دبی ویژه در بیشتر زیر حوضه‌ها نشان‌دهنده کاهش دبی ویژه با افزایش مساحت است به گونه‌ای که در حوضه گاماسیاب که دربرگیرنده یکی از شاخه‌های اصلی و اولیه سیستم رودخانه‌ای کرخه است. بیشترین دبی مربوط به کمترین مساحت است که مطابق نتایج تحقیق مایور و همکاران [۱۴] و لما و همکاران [۱۱] مبنی بر کاهش رواناب با افزایش مساحت هست. دیگر نتایج نشان داد که با در نظر گرفتن کل ایستگاه‌ها حوضه کرخه در یک حالت کلی و همچنین تنها با در نظر گرفتن ایستگاه‌های درون مناطق همگن پنج‌گانه در حالاتی دیگر، تفاوت‌هایی در نوع رابطه بین دبی ویژه و مساحت و همچنین ضریب تبیین آن‌ها دیده



## تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

## دسترسی به داده‌ها

همه اطلاعات و نتایج در متن مقاله ارائه شده است.

## مشارکت نویسندگان

زینب حاجی‌زاده: مفهوم‌سازی، انجام تحلیل‌های نرم‌افزاری/آماري، نگارش نسخه اولیه مقاله

ابراهیم امیدوار: راهنمایی، ویرایش و بازبینی مقاله، کنترل نتایج سیامک دخانی: مشاوره، بازبینی متن مقاله

## منابع مورد استفاده

1. Alavi, M. 1994. Tectonics of the Zagros orogenic belt of Iran: new data and interpretations. *Tectonophysics*. 229(3-4):211-238.
2. Asgari, E. Esmali-Ouri, A. Mostafazadeh, R. and Ahmadzadeh, Gh. 2018. Spatial variations of runoff, sediment and runoff threshold of Gharehshiran watershed in Ardabil Province. *Journal of the Earth and Space Physics*. 4(3):15. (In Persian)
3. Bobrovitskaya, N. Kokorev, A.V. and Lemesko, N.A. 2003. Regional patterns in recent trends in sediment yields of Eurasian and Siberian rivers. *Global and Planetary Change*, 39(1-2):127-146.
4. Church, M. Ham, D. Hassan, M. and Slaymaker, O. 1999. Fluvial clastic sediment yield in Canada: scale analysis. *Canadian Journal of Earth Sciences* 36 (1): 1267-1280
5. Delmas, M. Pak, L.T. Cerdan, O. Souchère, V. Le Bissonnais, Y. Couturier, A. and Sorel, L. 2012. Erosion and sediment budget across scale: A case study in a catchment of the European loess belt. *Journal of Hydrology*. 420: 255-263.
6. farajzadeh, M. and ghare chorlo M. 2011. Analysis of the Spatial and Temporal Suspended sediment of Qarahu Drainage Basin. 1 (3) :61-84. (In Persian)
7. Fu, B. J. Zhao, W. W. Chen, L. D. Zhang, Q. J. Lu, Y. H. Gulink, H. and Poesen, J. 2005. Assessment of soil erosion at large watershed scale using RUSLE and GIS: A case study in the Loses Plateau of China, *Land Degradation and Development*, 16: 73-85.
8. Hayatzadeh, M. Amini, S. Fathzadeh, A. and Asadi, M. 2021. Estimation of Suspended Sediment Load based on Physiographic Parameters of the Watershed. *Hydrogeomorphology*. 8(26): 1-21. (In Persian)
9. Hicks, D.M. Gomez, B. and Trustrum, N.A. 2000. Erosion thresholds and suspended sediment yields, Waipaoa River basin,

افزایش می‌یابد. علت این‌که باوجود کوهستانی بودن منطقه دبی در ایستگاه‌های پایین‌دست کاهش می‌یابد شاید به بهره‌برداری زیاد از آب رودخانه‌ها در بالادست ایستگاه‌های هیدرومتری مذکور مربوط باشد که در این بین هدایت آب به کانال‌های آبیاری کشاورزی می‌تواند تأثیرگذار باشد. این یافته با نتایج فرج‌زاده و قره‌چورلو [6] مطابقت دارد.

نتایج حاکی از آن بود که درحوضه سیمره یک رابطه خطی مثبت همانند رابطه غیرخطی برقرار است که با افزایش مساحت دبی ویژه نیز افزایش می‌یابد. در این حوضه رودخانه‌ها دارای بستر عریض بوده و بخش‌های خارج از جریان رود از سنگ و قلوه سنگ پوشیده شده است. در حوضه کرخه‌جنوبی که دارای بیشترین میزان دبی ویژه است نیز با افزایش مساحت دبی کاهش می‌یابد. دلیل این افزایش می‌تواند ناشی از کاهش ارتفاع و بستر عریض رودخانه است. از سمت بالادست (گاماسیاب و قره‌سو) به طرف میانه‌های حوضه (کشکان و سیمره) و سپس به سمت پایین‌دست (کرخه‌جنوبی) میزان دبی ویژه افزایش می‌یابد که می‌توان علت را به شیب و شدت بارندگی زیاد در حوضه‌های بالادست و تفاوت آب و هوایی در پایین‌دست و بالادست، همچنین پوشش گیاهی ضعیف در پایین‌دست نسبت داد. وانگ و جیانو [۲۰] در حوضه فلات لوسان چین، هوندچا و باردوسی [۱۰] و فو و همکاران [۷] نیز در تحقیقات مشابه به بیشتر بودن میزان رواناب در بخش خروجی حوزه آبخیز نسبت به سایر مناطق حوضه اشاره داشته بودند.

در یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان بیان نمود که درک وضعیت دبی حوزه‌های آبخیز و تعیین اثرمقیاس مکانی بر تولید دبی از جنبه‌های مختلف دارای اهمیت است و درک صحیحی از پیامدهای ناشی از آن را فراهم می‌کند. در این راستا، تحقیق حاضر با هدف بررسی تغییرات مکانی و پهنه‌بندی مقادیر دبی در سطح حوضه کرخه انجام گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش مساحت میزان دبی ویژه کاهش می‌یابد. همچنین در زیرحوضه‌های با مساحت‌های متفاوت یا به عبارت دیگر مقیاس‌های مختلف مکانی، میزان دبی ویژه نیز متفاوت است و به صورت کلی بیشترین میزان دبی ویژه مربوط به ایستگاه‌های نزدیک به خروجی حوضه است.

با توجه به مباحث صورت گرفته، در یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان بیان نمود که مقیاس مکانی و اندازه حوزه آبخیز بالادست می‌تواند روی دبی تأثیرگذار باشد. هرچند که عوامل متعددی در میزان دبی ویژه در حوضه‌های مختلف تأثیر دارند، از جمله این عوامل می‌توان به میزان پوشش گیاهی، اقلیم، پستی و بلندی، شیب، نفوذپذیری خاک، شدت بارش و ... اشاره نمود. بنابراین در بررسی وضعیت هیدرولوژیکی حوضه‌های با مساحت بالا ضروریست اثر مقیاس مکانی را مورد توجه ویژه قرار داد.

## سپاسگزاری

از همکاری و مساعدت دانشگاه کاشان جهت حمایت و تأمین مالی پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

17. Oeurng, Ch. Sauvage, S. and Snchez-Pérez, J. M. 2011, Assessment of hydrology, sediment and particulate organic carbon yield in a large agricultural catchment using the SWAT model. *Journal of Hydrology*. 401: 145-153.
18. Richard J. Chorley Stanley A. and Schumm David E. Sugden. 2002. *Geomorphology, first volume (perspectives)*, translated by Ahmad Motamed and Ebrahim Moghimi, Tehran: Samit Publications. second edition.
19. Turner, M.G. O'Neill, R.V. Gardner, R.H. and Milne, B.T. 1989. Effects of changing spatial scale on the analysis of landscape pattern. *Landscape ecology*. 3(3): 153-162.
20. Wang, W. Z. and Jiao, J. Y. 1996. Rainfall and erosion sediment yield in the Loess Plateau and sediment transportation in the Yellow River Basin, Science Press, 145(142-144): 257-258.
21. Yan, Y. and Xu, J. 2007. A study of scale effect on specific sediment yield in the Loess Plateau, China. *Science in China Series D: Earth Sciences*. 50(1): 102-112.
22. Yan, Y. Wang, S. Yan, M. He, L. and Zhang, L. 2014. Spatial variation of scale effects of specific sediment yield in Zhujiang (Pearl River) basin. *Quaternary International*. (336): 117-126.
23. Zhai, H. J. Hub, B. Luo, X. Y. Qiu, L. Tang, W. J. and Jiang, M. 2016. Spatial and temporal changes in runoff and sediment loads of the Lancang River over the last 50 years, *Agricultural Water Management*. 174: 74-81.
- New Zealand. *Water Resources Research*. 36(4): 1129-1142.
10. Hundecha, Y. and Bárdossy, A. 2004. Modeling of the effect of land use changes on the runoff generation of a river basin through parameter regionalization of a watershed model, *Journal of Hydrology*, 292(1-4): 281-295.
11. Lemma, T.M. Gessesse, G.D. Kassa, A.K. and Edossa, D.C. 2018. Effect of spatial scale on runoff coefficient: Evidence from the Ethiopian highlands. *International Soil and Water Conservation Research* 6(4): 289-296.
12. Lu, X. X. 2005. Spatial variability and temporal change of water discharge and sediment flux in the Lower Jinsha tributary: Impact of environmental changes, *River Research and Applications*. 21(2-3): 229-243.
13. Ma, Y. Hung, H. G. Xu, J. Brierly, G. J. and Yao, Z. 2010. Variability of effective discharge for suspended sediment transport in a large semi-arid river basin, *Journal of Hydrology*. 388: 357-369.
14. Mayor, Á.G. Bautista, S. and Bellot, J. 2011. Scale-dependent variation in runoff and sediment yield in a semiarid Mediterranean catchment. *Journal of Hydrology*. 397(1-2): 128-135.
15. Nams, V.O. Mowat, G. and Panian, M.A. 2006. Determining the spatial scale for conservation purposes—an example with grizzly bears. *Biological Conservation*. 128(1): 109-119.
16. Nikolaidis, N.P. Demetropoulou, L. Froebrich, J. Jacobs, C. Gallart, F. Prat, N. Porto, A.L. Campana, C. Papadoulakis, V. Skoulikidis, N. and Davy, T. 2013. Towards sustainable management of Mediterranean river basins: policy recommendations on management aspects of temporary streams. *Water Policy*. 15(5): 830-849.

## Investigating the Effect of Spatial Scale on Specific Discharge Values in Karkheh Basin

Zeynab HJizadeh<sup>1</sup>, Ebrahim Omidvar<sup>2\*</sup> and Siamak Dokhani<sup>3</sup>

Received: 20-08-2023 Accepted: 18-04-2023

### Abstract

#### Introduction

Measuring the amount of runoff and soil loss per unit area is very important to evaluate the condition of erosion in different areas. The runoff is caused by the condition of the upstream watersheds, which has a different response in different time and space ranges of a watershed. Some hydrological responses may be considerable in the upstream areas of a basin, but the same responses cannot be identified in the downstream. These different responses among different regions are referred to as the scale effect, including the mismatch among runoff responses at different scales. In this context, the role of spatial scale is considered as a factor that directly affects the occurrence of various processes of runoff production. Therefore, assuming the uniformity of discharge changes on different scales leads to the application of a single plan and management strategy for the entire watershed area, which ultimately results in the failure to achieve the desired outcomes. On the other hand, an accurate estimation of the discharge status of watersheds provides a correct understanding of the underlying hydrological processes. Comprehending the accurate influence of spatial scale on runoff is essential for precise streamflow estimation in watersheds and their zoning across various spatial extents. This forms the foundation for optimal water and soil resources planning and management, particularly in basins facing serious soil erosion challenges. Therefore, the objective of the present study was to examine the effect of spatial scale on the specific discharge and zoning of discharge values within the Karkheh basin, based on data of 28 hydrometric stations.

#### Materials and methods

In this research, the data used includes the average annual water discharge ( $Q$ ) and the area of the basin and sub-basins ( $A$ ). The data used was received from the Iranian Water Resources Management Organization. Subsequently, in order to identify the most suitable stations, any disturbances in the natural process of the basin processes were initially investigated. This process involved the identification and removal of stations

1. Ph.D. Student Watershed Management Science and Engineering, Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran

2. Corresponding author and Associate Professor, Watershed Management Science and Engineering, Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran ([ebrahimomidvar@gmail.com](mailto:ebrahimomidvar@gmail.com))

3. Assistant Professor, Watershed Management Science and Engineering Department of Nature Engineering, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, University of Kashan, Kashan, Iran

that had the potential to alter the process. Finally, a total of 28 stations with an appropriate statistical period length and no upstream basin disturbances were selected. Also, in order to calculate the upstream area of each station, the Karkheh basin was divided into 28 sub-basins based on the location of existing hydrometric stations. This was achieved using the Arc Hydro extension and the digital elevation model. In addition, according to the topographical, Geomorphological and hydrological conditions, the Karkheh basin was divided into five main areas.

In the following, according to the values of area (A) and specific discharge (Qs) in the sub-basins, Qs-A relationships were drawn under log-log coordinates to calculate a linear or non-linear regression equation between Q and A, the effect of the scale on the amount the discharge in the main sub-basins should be specified. Finally, using the method provided by Church et al., the corrected specific discharge values were calculated for each of the main sub-basins and through interpolation, the specific discharge map of the basin was produced.

### Results and discussion

The results of investigating the effect of scale on specific discharge indicated that there was no proper regression relationship between Qs and A for the entire Karkheh basin as a single basin ( $R^2=0.3$ ). However, the regression relationships with a coefficient of determination ranging from 0.7 to 0.98 were obtained for the sub-basins.

Other results showed that in the majority of sub-basins, there is a negative relationship between area and specific discharge. That is, as area increases, specific discharge decreases. However, in the Seimareh basin, the increase in area leads to an increase in specific discharge. The observed increase in discharge can be attributed to the reduction in the basin elevation and the broadness of the riverbed. In contrast to other sub-basins, the discharge in the Qarasu sub-basin exhibits a low initial value, followed by an increase and subsequent decrease. This phenomenon can be attributed to the location of the Qarasu sub-basin in the upstream region of the Karkheh basin, the topographical conditions, and the high slope of the area. In general, the results indicated that the specific discharge varies across sub-basins with different areas and spatial scales. So that, the highest specific discharge was observed in the vicinity of the Karkheh basin outlet. This can be attributed to a number of factors, including the high slope and rainfall intensity in the upstream areas, as well as the difference in climate conditions and vegetation cover between the downstream and upstream areas.

### Conclusion

A comprehensive understanding of river discharge and the impact of spatial scale on it is of paramount importance in various fields. It provides a profound insight into the consequences associated with this phenomenon. To sum up, it is critical to understand river discharge patterns and how spatial scale affects them in a variety of contexts, including water resource management, flood risk reduction, sustainable

development, and environmental preservation. It gives us a thorough awareness of the resulting effects. The findings of this study indicate that as the area increases, the specific discharge tends to decrease. Based on these results, it can be inferred that spatial scale and the upstream watershed area can exert an influence on discharge. A substantial body of research has demonstrated that spatial scale and the upstream watershed area play a pivotal role in determining river discharge. However, it is crucial to acknowledge the influence of a multitude of factors, including vegetation cover, climate, topography, slope, soil infiltration, and precipitation intensity, on specific discharge across diverse watersheds. Therefore, when evaluating the hydrological conditions of large-scale watersheds, it is essential to pay particular attention to the impact of spatial scale as a crucial factor. It is noteworthy that recognition this phenomenon necessitates more in-depth and comprehensive investigations across various spatial scale levels.

**Keywords:** Area of basin, Special discharge map, Interpolation, Watershed

#### **Acknowledgement**

We would like to express our sincere gratitude to the University of Kashan for the financial and logistical supports who significantly contributed during the research project.

#### **Conflicts of interest**

The authors of this article declared no conflict of interest regarding the writing or publication of the contents and results of this research.

#### **Data Availability Statement:**

All information and results are presented in the text of the article.

#### **Authors' Contribution**

Zeynab Hajizadeh: conceptualizing, performing software/statistical analysis, writing the initial version of the article.

Ebrahim Omidvar: Guiding, editing and revising the article, controlling the results

Siamak Dokhani: consultation, revision of the text of the article.