

## اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌های آبخیز براساس پارامترهای مورفومتریک با استفاده از تکنیک GIS

حمید دارابی\*<sup>۱</sup>، کریم سلیمانی<sup>۲</sup>، کاکا شاهی<sup>۳</sup>، میرحسین میریعقوب‌زاده<sup>۴</sup>

۱ دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲ استاد مرکز RS و GIS دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳ استادیار گروه مرتع و آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۴ دانشجوی دکتری آبخیزداری دانشگاه مازندران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۹/۶؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۱/۲/۱۹)

### چکیده

از بین بلایای طبیعی، سیلاب بزرگترین و گسترده‌ترین آنهاست که سبب خسارات و نابودی زیادی می‌شود. از این‌رو اولویت‌بندی مناطق سیل‌خیز می‌تواند نقش مهمی در مدیریت منابع طبیعی، مخصوصاً در زمینه مدیریت حوضه‌های آبخیز داشته باشد. بنابراین هدف از تحقیق حاضر اولویت‌بندی سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها براساس پارامترهای مورفومتریک با استفاده از تکنیک GIS می‌باشد. برای این منظور حوضه آبخیز پل‌دوآب شازند براساس تأثیر عواملی از قبیل تغییر در شکل ظاهری، تغییر در میزان تراکم آبراهه‌ها، وسعت کل حوزه و خط‌الراس‌های تفکیک‌کننده به ۲۴ زیرحوضه تقسیم شد. سپس ۱۰ پارامتر مورفومتریک بنام‌های تراکم زهکشی، نسبت انشعاب، فراوانی آبره‌ها، طول جریان سطحی، ضریب فرم حوزه، شکل حوضه، ضریب کشیدگی، ضریب گردی، ضریب فشردگی و بافت زهکشی برای هر زیرحوضه به‌دست آمد. در این تحقیق پارامترهای مورفومتریک به دو دسته پارامترهای شکلی و خطی تقسیم شدند و رتبه‌بندی‌هایی براساس مقدار و ارتباطشان جهت محاسبه ارزش نهایی زیرحوضه‌ها فرض شد. بنابراین زیرحوضه‌ها در سه کلاس با اولویت زیاد، کم و متوسط به‌منظور اقدامات حفاظتی آب و خاک طبقه‌بندی شدند. نتایج نشان داد که ۱۴ زیرحوضه (زیرحوضه‌های ۵، ۷، ۸، ۱۱، ۱۰، ۱۲، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۹، ۲۰، ۲۲ و ۲۳) در اولویت زیاد و ۶ زیرحوضه (زیرحوضه‌های ۶، ۹، ۱۳، ۱۸، ۲۱ و ۲۴) در اولویت متوسط و ۴ زیرحوضه (زیرحوضه‌های ۱، ۲، ۳ و ۴) در اولویت کم قرار دارند.

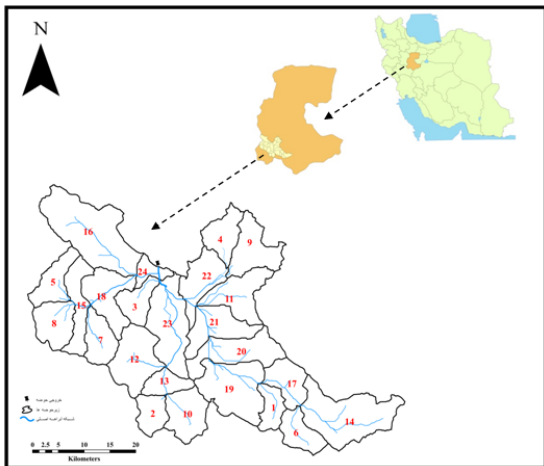
**کلید واژه‌ها:** اولویت‌بندی، سیل‌خیزی، پارامترهای مورفومتریک، GIS

## سرآغاز

کشور ایران به لحاظ موقعیت خاص جغرافیایی، در اکثر مناطق، از اقلیمی خشک و نیمه خشک برخوردار می‌باشد. نحوه بارش و توزیع آن در این گونه مناطق، ضمن تأثیرپذیری از ویژگی‌های متاثر از اقلیم یاد شده، با سیلاب‌های فصلی صدمات و خسارات جبران‌ناپذیر به‌بار می‌آورد. به‌دلیل وسعت زیاد حوضه‌های آبخیز و محدودیت‌های اقتصادی و اجرایی، احیاء آبخیزها از دیدگاه اقدامات آبخیزداری در یک پروژه واحد تنها عملی نیست. انتخاب اولویت‌ها برای اجرای این قبیل پروژه‌ها، یک تصمیم‌گیری مدیریتی است که باید به‌وسیله مطالعه شرایط فیزیکی، اجتماعی-اقتصادی منطقه و برآورد تأثیرات حاصل از انجام برنامه‌ها، انجام گردد (تقفیان و فرازجو، ۱۳۸۶). شرایط طبیعی حاکم بر حوضه، مسائل اقتصادی-اجتماعی و همچنین محدودیت‌های فنی و مالی ما را مجبور می‌کند که در هر حوضه آبخیز عملیات اجرایی در یک یا بخش کوچکی از حوضه انجام گیرد به همین جهت مهمترین دغدغه مهندسين مرتبط و کارشناسان اجرایی انتخاب زیرحوضه مناسب برای انجام و شروع کار و عملیات آبخیزداری است. اولویت‌بندی عموماً بر پایه معیارهای انتخابی و یا تنها براساس یک هدف مورد نظر در آبخیزداری مانند سیل‌خیزی، فرسایش خاک و نظایر آن صورت می‌گیرد. کمبود اعتبارات و محدودیت‌های اقتصادی و فنی در حوضه‌های آبخیز کشور ایجاب می‌کند که اقدامات آبخیزداری جهت کاهش سیل‌خیزی و خسارات ناشی از آن در بخشی از حوضه آبخیز انجام گیرد که دارای پتانسیل سیل‌خیزی بالایی می‌باشد بدین‌منظور حوضه مورد نظر به چند زیرحوضه تقسیم شده و سپس سهم هر کدام از زیرحوضه‌ها در سیل‌خیزی منطقه برآورد می‌گردد و سپس عملیات آبخیزداری مورد نظر از زیرحوضه‌ای که دارای خطر بیشتر می‌باشد شروع خواهد شد. بنابراین هدف از تحقیق حاضر، تلفیق عوامل مورفومتریک با کمک تکنیک GIS و عوامل هیدرولوژیک زیرحوضه‌های آبخیز جهت اولویت‌بندی آنها در حوضه آبخیز پل‌دوآب شازند در استان مرکزی می‌باشد. دستیابی به این هدف می‌تواند مبنای محکمی برای اولویت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز به‌منظور اجرای پروژه‌های مرتبط باشد و از صرف هزینه‌های زیاد در مناطق غیرضروری جلوگیری کند.

محققان زیادی به بررسی و مطالعه در زمینه ویژگی‌های هندسی حوضه آبخیز پرداخته‌اند: غیائی و همکاران (۱۳۸۳) به

بررسی تأثیر برخی از پارامترهای هندسی آبخیزها بر سیلاب‌های حداکثر لحظه‌ای پرداخت. برای این منظور آنها ۴۰ حوضه مختلف از منطقه آستارا تا نکاء را انتخاب و آنها را به ۴ حوضه همگن تقسیم کرد. نتایج نشان داد که ویژگی‌های هندسی این منطقه مانند مساحت، ارتفاع متوسط، شیب رودخانه و تراکم زهکشی نقش تعیین‌کننده‌ای در تعیین حوضه‌های همگن دارد. روحانی و همکاران (۱۳۸۳)، به تعیین مهمترین فاکتور اقلیمی و مورفومتری مؤثر بر دبی اوج و ارائه مدل رگرسیون در شرق و شمال شرق ایران پرداختند. بدین منظور آنها از داده‌های دبی اوج سیلاب و ۱۸ پارامتر مورفومتریک حوضه در ۱۶ حوضه شرق و شمال شرق ایران استفاده کردند. به‌منظور ارزیابی صحت و کارایی مدل‌های برآوردی، با استفاده از روش RMSE مقادیر دبی برآوردی با مقادیر مشاهداتی مقایسه گردید که نتایج نشان داد، مدل‌های ارائه شده در مناطق همگن دارای دقت بالاتری نسبت به مدل‌های ارائه شده برای کل منطقه می‌باشد. شامکوئیان و همکاران (۱۳۸۷) با استفاده از ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه آبریز استان‌های خراسان به تحلیل فراوانی سیلاب منطقه‌ای پرداختند. آنها با استفاده از ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه به مدلی لگاریتمی به‌منظور برآورد سیلاب نمایه در منطقه و مقیاس‌دار کردن مقادیر سیلاب بی بعد دست یافتند. (Suresh et al (2004) در تحقیقی، اولویت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز تارای<sup>(۱)</sup> را براساس میزان رسوب تولیدی انجام داده است. بنابراین اطلاعات هیدرولوژی پایه مانند میزان دبی رواناب و پتانسیل آب سطحی برای مطالعه زیرحوضه‌های آبخیز ارزیابی شد. ۱۰ زیرحوضه در منطقه برای مطالعه انتخاب شدند. عوامل مورفومتریک منطقه برای تخمین میزان رسوب تولیدی استفاده شد. در نهایت با استفاده از داده‌های سنجش از دور توانستند زیرحوضه‌های موجود را بر اساس میزان تولید رسوب اولویت‌بندی کنند. (Thakkar and Dhiman (2007) به اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها (۸ زیرحوضه) در حوضه آبخیز موهر<sup>(۲)</sup> در منطقه گاجرات<sup>(۳)</sup> (غرب هند) با استفاده از تجزیه و تحلیل مورفومتریک پرداختند. آنها از پارامترهای مورفومتریک نظیر طول آبراهه، نسبت انشعاب، تراکم زهکشی، شکل حوضه استفاده کردند. در نهایت مقادیر پارامترها با هم ترکیب شدند و اولویت‌بندی زیرحوضه براساس مقادیر نهایی انجام شد و زیرحوضه‌ای که دارای کمترین مقدار ترکیب مقادیر پارامترها بود در اولویت اول قرار گرفت. (Javed et al (2009) براساس



شکل (۱): موقعیت حوزه آبخیز پل دوآب در سطح استان و کشور

### روش کار

نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه از استانداری استان مرکزی تهیه شد، سپس منطقه مورد مطالعه براساس تأثیر عواملی از قبیل تغییر در شکل ظاهری و تغییر در میزان تراکم آبراهه‌ها و وسعت کل حوزه و خط‌الراس‌های تفکیک‌کننده به ۲۴ زیرحوضه تقسیم شد و خصوصیات مورفومتریک زیرحوضه‌ها در محیط GIS بر مبنای مدل رقومی ارتفاعی (DEM) تهیه شدند. نقشه شبکه آبراهه‌ها با کمک نرم‌افزار ILWIS 3.5 و با تکیه بر نقشه مدل رقومی ارتفاع تهیه شد. ۱۰ پارامتر مورفومتریک بنام‌های تراکم زهکشی، نسبت انشعاب، فراوانی آبره‌ها، طول جریان سطحی، ضریب فرم حوزه، شکل حوزه، ضریب کشیدگی، ضریب گردی، ضریب فشردگی و بافت زهکشی، براساس مطالعات (Ratnam et al., 2005; Biswas et al., 2002; Chorpa et al., 2005; Javed et al., 2009 Srinivasa and Kumar, 2011).

(Raju & Nagesh (2011 و 2009) به‌منظور اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها انتخاب شدند. فرمول‌های ریاضی برای استخراج هر کدام از این پارامترها به همراه مقادیر به‌دست آمده برای یکی از زیرحوضه (به‌عنوان مثال زیرحوضه شماره ۹) در جدول (۱) ارائه شده است. جدول (۲) مساحت هر کدام از زیرحوضه‌ها و ماتریس حاصل از ۲۴ زیرحوضه و ۱۰ پارامتر مورفومتریک را نشان می‌دهد.

به‌منظور بررسی زیرحوضه‌های آبخیز پل دوآب شازند پارامترهای مورفومتریک آن به دو دسته پارامترهای شکلی و خطی تقسیم

آنالیز مورفومتریک و کاربری اراضی و با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS از حوزه آبخیز کانرا<sup>(۴)</sup> اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها را انجام دادند. که براساس آن عوامل مورفومتری مختلفی مثل عوامل خطی و شکلی برای هر زیرحوضه تعیین شد و رتبه‌بندی‌هایی براساس مقدار و ارتباط آنها جهت محاسبه ارزش نهایی رتبه‌بندی زیر حوضه‌ها فرض شده است. ضمن این که این مطالعه تغییرات مهم کاربری اراضی را از سال ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۱ را اثبات کرده است. براساس تجزیه و تحلیل عوامل مورفومتریک و کاربری اراضی، زیرحوضه‌ها در سه کلاس زیاد، متوسط و کم بر حسب حفاظت و مدیریت منابع طبقه‌بندی شده است. (Srinivasa Raju and Nagesh Kumar (2011) به‌منظور طبقه‌بندی حوضه‌های آبخیز کوچک براساس خصوصیات مورفومتریک از سه تکنیک طبقه‌بندی، به نام تجزیه‌وتحلیل خوشه‌ای چند میانگینی (KCA)، تجزیه‌وتحلیل خوشه‌ای فازی (FCA)، و شبکه عصبی کوهنون (KNN) برای ۲۵ حوضه آبخیز کوچک در آبخیز خرتال در هند استفاده کردند. بدین‌منظور ۱۰ پارامتر مورفومتریک به نام‌های، تراکم زهکشی، نسبت انشعاب، فراوانی آبراهه‌ها، طول جریان سطحی، فاکتور فرم، فاکتور شکل حوزه، ضریب کشیدگی، ضریب گردی، ضریب فشردگی و نسبت بافت برای طبقه‌بندی استفاده شد. مقایسه تجزیه‌وتحلیل تکنیک‌های گروه‌بندی، نشان داد که ۱۳ زیرحوضه عموماً توسط KCA، FCA و KNN یعنی ۵۲٪ پیشنهاد شده‌اند، ۱۷ زیرحوضه یعنی ۶۸٪ عموماً توسط KCA و FCA پیشنهاد شده‌اند در حالی که ۱۶ زیرحوضه (۶۴٪) توسط FCA و KNN و ۱۵ زیرحوضه (۶۰٪) در KCA و KNN پیشنهاد شده‌اند.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز پل دوآب شازند با مختصات جغرافیایی ۴۹° ۴' ۱۵" تا ۴۹° ۱۲' ۱۲" شرقی و ۳۳° ۴۴' ۴۲" تا ۳۳° ۱۳' ۱۳" شمالی و مساحتی معادل ۱۷۴۰ کیلومترمربع، یکی از سرشاخه‌های مهم رودخانه قره‌چای است که پس از ادغام با سرشاخه‌های دیگر از استان همدان در نهایت به سد الغدیر ساوه می‌ریزند. شکل (۱) نشان‌دهنده موقعیت منطقه مورد مطالعه در سطح استان و کشور می‌باشد. اقلیم حوضه با استفاده از روش آمبرژه و براساس ایستگاه تبخیرسنجی قدمگاه که در داخل حوضه قرار دارد، در طبقه نیمه‌خشک معتدل تا نیمه‌خشک سرد قرار دارد.

جدول (۱): فرمول‌های لازم برای استخراج پارامترهای مورفومتریک

مقادیر استخراج شده برای زیرحوضه ۹	واحد	فرمول	پارامترها
۱۵/۱۸۱	Km	$L_b = 1.312A^{0.568}$	طول حوضه
۲/۰۸۵	$Km^{-1}$	$D_d = L/A$	تراکم زهکشی
۴/۶۵۱	-	$R_b = N_u/N_{u+1}$	نسبت انشعاب
۱/۶۷۸	$Km^{-2}$	$F_u = N/A$	فراوانی آبراهه‌ها
۰/۲۴۰	Km	$L_o = 0.5/D_d$	طول جریان سطحی
۰/۳۲۳	-	$R_f = A/L_b^2$	ضریب فرم حوضه
۳/۰۹۴	-	$B_s = L_b^2/A$	شکل حوضه
۰/۶۴۱	-	$R_e = 1.128A^{0.2}/L_b$	ضریب کشیدگی
۰/۳۶۰	-	$R_c = 12.57A/P^2$	ضریب گردی
۱/۶۶۸	-	$C_c = 0.2821P/A^{0.5}$	ضریب فشردگی
۲/۴۵۰	$Km^{-1}$	$T = N_u/P$	بافت زهکشی

برخی از پارامترهای استخراج شده برای زیرحوضه ۹:

{ مساحت (کیلومترمربع) : ۷۴/۴۹۵ }، { محیط (کیلومتر) : ۵۱/۰۲۱ }، { مجموع طول تمام آبراهه‌های تمام رتبه‌ها (کیلومتر) : ۱۵۵/۳۴۲ }، { تعداد کل آبراهه‌ها : ۱۲۵ }، { تعداد آبراهه‌های رتبه ۱ : ۹۸ }، { تعداد آبراهه‌ها هر یک از رتبه‌ها : ۱، ۴، ۲۲، ۹۸، ۴، ۱ }، { تعداد آبراهه‌های رتبه ۱ به بالاتر : ۱، ۴، ۲۲ }.

مأخذ: مؤلف

بنابراین زیرحوضه‌ها در سه کلاس اولویت زیاد، کم و متوسط به منظور اقدامات مدیریتی و حفاظتی آب و خاک طبقه‌بندی شدند (Javed et al., 2009; Mishra and Nagarajan, 2010)

#### یافته‌ها

پارامترهای خطی، شامل طول جریان سطحی (Lo)، نسبت انشعاب (Rb)، فراوانی آبراهه (Fs)، بافت زهکشی (Rt) و تراکم زهکشی (D) می‌باشند و پارامترهای شکلی شامل، ضریب گردی (Rc)، فاکتور شکل (Rf)، ضریب کشیدگی (Re)، ضریب فشردگی (Cc) و شکل حوزه (Bs) می‌باشند. جدول ۲ مساحت هر کدام از زیرحوضه‌ها و ماتریس حاصل از ۲۴ زیرحوضه و ۱۰ پارامتر فیزیوگرافی را نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال مقادیر حداکثر و حداقل برای تراکم زهکشی در بین زیرحوضه‌ها به‌ترتیب برابر (۳/۴۳۶، ۱/۱۲۹) مقدار می‌باشد و همین‌طور برای بقیه پارامترها به‌ترتیب، نسبت انشعاب (۷/۵۰۰، ۳/۰۷۹)، فراوانی آبراهه‌ها (۲/۱۵۴، ۱/۳۸۲)، طول جریان سطحی (۰/۲۸۷، ۰/۱۴۶)، ضریب فرم حوضه (۰/۳۸۳، ۰/۲۸۷)، شکل حوضه (۳/۴۸۱، ۲/۶۱۰)، ضریب کشیدگی (۰/۶۹۸، ۰/۶۰۵)، ضریب گردی (۰/۶۷۳، ۰/۲۵۱)، ضریب فشردگی (۱/۹۹۶، ۱/۲۱۹) و تراکم زهکشی (۵/۰۷۵، ۱/۴۷۲) می‌باشند.

شدند. پارامترهای خطی شامل طول جریان سطحی، نسبت انشعاب، فراوانی آبراهه‌ها، بافت زهکشی و تراکم زهکشی می‌باشند که به غیر از نسبت انشعاب که رابطه معکوس با دبی اوج دارد (مهدوی، ۱۳۸۸) بقیه پارامترها رابطه مستقیم با دبی اوج دارند، بنابراین کمترین مقدار این پارامترها در یک زیرحوضه بیشترین مقدار دبی اوج در بین زیرحوضه‌ها را دارا می‌باشد پس کمترین کد را (در اینجا ۱ تا ۲۴) در بین زیرحوضه‌ها به خود اختصاص می‌دهد و به این ترتیب بقیه زیرحوضه‌ها به همین شکل اولویت‌بندی می‌شوند (Javed et al., 2009; Mishra and Nagarajan, 2010). پارامترهای مورفومتریک شکلی یا سطحی شامل ضریب گردی، ضریب فشردگی، ضریب کشیدگی، ضریب فرم حوضه و شکل حوضه می‌باشند که به همراه نسبت انشعاب (پارامترخطی) رابطه معکوس با دبی اوج دارند بنابراین بیشترین مقدار این پارامترها در یک زیرحوضه کمترین مقدار دبی اوج در بین زیرحوضه‌ها را دارا می‌باشد پس بیشترین کد را (در اینجا ۱ تا ۲۴) در بین زیرحوضه‌ها به خود اختصاص می‌دهد و به این ترتیب دومین زیرحوضه عدد شماره ۲ را به خود اختصاص می‌دهد، به همین شکل تا آخرین زیرحوضه اولویت‌بندی انجام می‌شود. سپس رتبه‌بندی‌هایی براساس مقدار و ارتباطشان جهت محاسبه ارزش نهایی زیرحوضه‌ها فرض شد.

جدول (۲): پارامترهای مورفومتریک زیرحوضه‌های آبخیز پل دوآب سازند

زیرحوضه	مساحت (km <sup>2</sup> )	تراکم زهکشی	نسبت انشعاب	فراوانی آبره‌ها	سطحی طول جریان	ضریب فرم حوضه	شکل حوضه	ضریب کشیدگی	ضریب گردی	ضریب فشردگی	بافت زهکشی
۱	۳۵/۴۵۵	۱/۷۴۴	۶/۵۰۰	۱/۳۸۲	۰/۲۸۷	۰/۳۵۸	۲/۷۹۷	۰/۶۷۵	۰/۴۶۹	۱/۴۶۱	۱/۵۸۹
۲	۳۹/۰۸۴	۱/۱۲۹	۷/۵۰۰	۱/۵۶۱	۰/۲۳۵	۰/۳۵۳	۲/۸۳۴	۰/۶۷۰	۰/۶۳۶	۱/۲۵۴	۲/۱۹۴
۳	۴۳/۸۶۹	۱/۸۷۸	۴/۱۱۱	۱/۵۲۷	۰/۲۶۶	۰/۳۴۷	۲/۸۷۹	۰/۶۶۵	۰/۵۴۶	۱/۳۵۴	۲/۱۰۸
۴	۵۲/۷۲۰	۱/۸۶۲	۳/۸۷۵	۱/۴۹۸	۰/۲۶۹	۰/۳۳۹	۲/۹۵۲	۰/۶۵۷	۰/۴۶۱	۱/۴۷۳	۲/۰۸۳
۵	۵۱/۶۹۲	۳/۰۲۳	۳/۰۷۹	۲/۰۳۱	۰/۱۶۵	۰/۳۴۰	۲/۹۴۴	۰/۶۵۷	۰/۴۳۲	۱/۵۲۲	۲/۷۰۷
۶	۴۷/۵۹۳	۲/۵۲۳	۵/۰۰۰	۲/۰۸۰	۰/۱۹۸	۰/۳۴۴	۲/۹۱۱	۰/۶۶۱	۰/۵۵۴	۱/۳۴۳	۳/۰۱۴
۷	۵۱/۵۲۵	۲/۵۳۱	۳/۰۸۹	۲/۱۵۴	۰/۱۹۸	۰/۳۴۰	۲/۹۴۲	۰/۶۵۸	۰/۶۰۰	۱/۲۹۱	۳/۳۷۹
۸	۶۱/۲۲۷	۲/۵۰۴	۳/۱۷۵	۱/۸۴۶	۰/۲۰۰	۰/۳۳۲	۳/۰۱۲	۰/۶۵۰	۰/۶۷۳	۱/۲۱۹	۳/۳۴۲
۹	۷۴/۴۹۵	۲/۰۸۵	۴/۶۵۱	۱/۶۷۸	۰/۲۴۰	۰/۳۲۳	۳/۰۹۴	۰/۶۴۱	۰/۳۶۰	۱/۶۶۸	۲/۴۵۰
۱۰	۶۸/۲۳۳	۲/۸۳۲	۴/۸۷۷	۲/۱۴۰	۰/۱۷۷	۰/۳۲۷	۳/۰۵۷	۰/۶۴۵	۰/۶۳۵	۱/۲۵۵	۳/۹۷۳
۱۱	۷۸/۲۸۸	۲/۶۵۰	۳/۳۷۲	۱/۸۶۵	۰/۱۸۹	۰/۳۲۱	۳/۱۱۵	۰/۶۳۹	۰/۴۸۵	۱/۶۱۳	۲/۸۸۷
۱۲	۹۲/۷۹۵	۲/۵۳۸	۵/۲۹۳	۱/۹۰۷	۰/۱۹۷	۰/۳۱۴	۳/۱۸۸	۰/۶۳۲	۰/۵۶۷	۱/۳۲۸	۳/۹۰۲
۱۳	۳۴/۵۸۶	۲/۷۸۸	۳/۷۵۲	۱/۹۶۶	۰/۱۸۰	۰/۳۵۹	۲/۷۸۷	۰/۶۷۶	۰/۵۱۶	۱/۳۹۲	۲/۳۴۳
۱۴	۱۴۷/۷۶۳	۲/۴۶۲	۶/۱۷۸	۱/۸۷۵	۰/۲۰۳	۰/۲۹۴	۳/۳۹۶	۰/۶۱۲	۰/۴۲۱	۱/۵۴۲	۴/۱۷۰
۱۵	۵۹/۳۱۹	۲/۶۸۲	۳/۱۶۱	۱/۹۷۲	۰/۱۸۶	۰/۳۳۳	۲/۹۹۹	۰/۶۵۱	۰/۲۵۱	۱/۹۹۶	۲/۱۴۷
۱۶	۱۷۷/۴۵۸	۲/۴۳۷	۴/۴۹۳	۱/۹۳۳	۰/۲۰۵	۰/۲۸۷	۳/۴۸۱	۰/۶۰۵	۰/۴۸۸	۱/۴۳۱	۵/۰۷۵
۱۷	۵۴/۶۰۱	۲/۳۱۳	۳/۳۰۱	۱/۹۷۸	۰/۲۱۶	۰/۳۳۷	۲/۹۶۶	۰/۶۵۵	۰/۵۸۵	۱/۳۰۸	۳/۱۵۳
۱۸	۷۶/۹۴۴	۲/۵۷۸	۵/۴۸۶	۱/۸۸۴	۰/۱۹۴	۰/۳۲۲	۳/۱۰۷	۰/۶۴۰	۰/۴۸۶	۱/۶۱۰	۲/۸۹۷
۱۹	۱۲۰/۲۶۵	۲/۴۹۲	۳/۷۸۴	۱/۷۷۹	۰/۲۰۱	۰/۳۰۳	۳/۳۰۲	۰/۶۲۱	۰/۵۰۱	۱/۴۱۴	۳/۸۹۴
۲۰	۹۰/۰۳۷	۳/۴۳۶	۴/۱۷۰	۱/۹۵۵	۰/۱۴۶	۰/۳۱۵	۳/۱۷۴	۰/۶۳۳	۰/۳۲۶	۱/۷۵۱	۲/۹۸۸
۲۱	۷۴/۶۹۳	۳/۲۷۴	۳/۷۴۰	۱/۷۱۴	۰/۱۵۳	۰/۳۲۳	۳/۰۹۵	۰/۶۴۱	۰/۴۰۶	۱/۵۷۰	۲/۶۶۱
۲۲	۶۹/۴۳۲	۳/۲۴۳	۳/۰۹۵	۲/۰۳۱	۰/۱۵۴	۰/۳۲۶	۳/۰۶۴	۰/۶۴۴	۰/۴۶۱	۱/۶۶۴	۲/۱۶۸
۲۳	۱۱۵/۳۴۸	۲/۲۳۹	۳/۸۱۲	۱/۶۴۷	۰/۲۲۳	۰/۳۰۵	۳/۲۸۳	۰/۶۲۳	۰/۴۵۲	۱/۴۸۷	۳/۳۵۶
۲۴	۲۱/۳۱۱	۲/۶۴۲	۳/۰۹۷	۱/۵۲۴	۰/۱۹۸	۰/۳۸۳	۲/۶۱۰	۰/۶۹۸	۰/۳۴۵	۱/۷۰۲	۱/۴۷۲

مأخذ: مؤلف

۳ کلاس قرار می‌گیرند، به این ترتیب که زیرحوضه‌های ۵، ۷، ۸، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۹، ۲۰، ۲۲ و ۲۳ (۱۴ زیرحوضه) در کلاس ۱ با اولویت زیاد قرار دارند و زیرحوضه‌های ۶، ۹، ۱۳، ۱۸، ۲۱ و ۲۴ (۶ زیرحوضه) در کلاس ۲ با اولویت متوسط و زیرحوضه‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ (۴ زیرحوضه) در کلاس ۳ با اولویت کم قرار دارند (جدول ۳).

در نهایت زیرحوضه‌ای که در کلاس ۱ کمترین مقدار ارزش نهایی را دارا می‌باشد یعنی زیرحوضه شماره ۷ می‌تواند حداکثر اولویت را برای اقدامات آبخیزداری در بین تمام زیرحوضه‌ها دارا باشد و همچنین زیرحوضه‌ای که در کلاس ۳ بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است یعنی زیرحوضه شماره ۱ می‌تواند از

در نهایت مقادیر هر زیرحوضه (کدهای داخل پرانتز برای هر زیرحوضه) با هم جمع شده و به تعداد کل پارامترها (۱۰) تقسیم می‌شوند و رتبه‌بندی‌هایی براساس مقدار و ارتباطشان جهت محاسبه ارزش نهایی زیرحوضه‌ها فرض شد (جدول ۳). سپس زیرحوضه‌ها در ۳ کلاس طبقه‌بندی شدند که کلاس ۱ با بیشترین اولویت محدوده‌ای از ۱۰/۲ تا ۱۲/۳ را از مقادیر ارزش نهایی به خود اختصاص داده است و کلاس ۲ با اولویت متوسط محدوده ۱۲/۴ تا ۱۴/۵ و کلاس ۳ با کمترین اولویت محدوده بیش از ۱۴/۶ را از مقادیر ارزش نهایی به خود اختصاص می‌دهند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل مورفومتریک زیرحوضه‌ها نشان داد که هر کدام از زیرحوضه‌ها در یکی از این

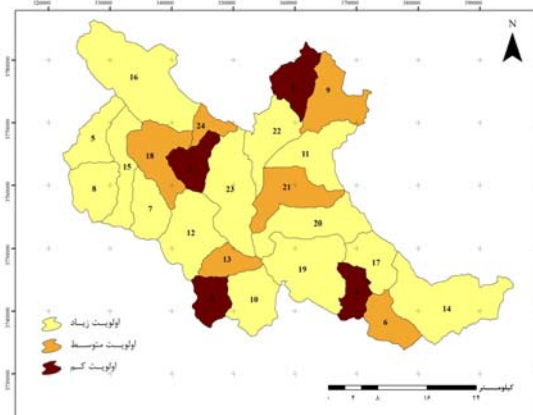
جدول (۳) اولویت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز پل‌دوآب سازند

اولویت‌بندی نهایی	ارزش نهایی	پارامترهای مورفومتریک										زیر حوضه
		شکلی					خطی					
		Cc	Bs	Rf	Re	Rc	Rt	Rb	Lo	Fs	Dd	
کم	۱۶/۷	۱/۴۶۱ (۱۲)	۲/۷۹۷ (۳)	-۰/۳۵۸ (۲۲)	-۰/۶۷۵ (۲۲)	-۰/۴۶۹ (۱۳)	۱/۵۸۹ (۲۳)	۶/۵۰۰ (۲۳)	-۰/۲۸۷ (۱)	۱/۳۸۲ (۲۴)	۱/۷۴۴ (۲۴)	۱
کم	۱۶	۱/۲۵۴ (۲)	۲/۸۳۴ (۴)	-۰/۳۵۳ (۲۱)	-۰/۶۷۰ (۲۱)	-۰/۶۳۶ (۲۳)	۲/۱۹۴ (۱۹)	۷/۵۰۰ (۲۴)	-۰/۲۳۵ (۵)	۱/۵۶۱ (۲۱)	۱/۱۲۹ (۲۰)	۲
کم	۱۵/۲	۱/۳۵۴ (۸)	۲/۸۷۹ (۵)	-۰/۳۴۷ (۲۰)	-۰/۶۶۵ (۲۰)	-۰/۵۴۶ (۱۷)	۲/۱۰۸ (۲۱)	۴/۱۱۱ (۱۴)	-۰/۲۶۶ (۳)	۱/۵۲۷ (۲۲)	۱/۸۷۸ (۲۲)	۳
کم	۱۴/۹	۱/۴۷۳ (۱۳)	۲/۹۵۲ (۹)	-۰/۳۳۹ (۱۶)	-۰/۶۵۷ (۱۶)	-۰/۴۶۱ (۱۲)	۲/۰۸۳ (۲۲)	۲/۸۷۵ (۱۳)	-۰/۲۶۹ (۲)	۱/۴۹۸ (۲۳)	۱/۸۶۲ (۲۳)	۴
زیاد	۱۲/۲	۱/۵۲۲ (۱۵)	۲/۹۴۴ (۸)	-۰/۳۳۰ (۱۷)	-۰/۶۵۷ (۱۷)	-۰/۳۳۲ (۱۰)	۲/۷۰۷ (۱۵)	۲/۰۷۹ (۱)	-۰/۱۶۵ (۲۱)	۲/۰۳۱ (۴)	۲/۰۲۳ (۴)	۵
متوسط	۱۲/۶	۱/۲۴۲ (۷)	۲/۹۱۱ (۶)	-۰/۳۴۴ (۱۹)	-۰/۶۶۱ (۱۹)	-۰/۵۵۴ (۱۸)	۲/۰۱۴ (۱۰)	۵/۰۰۰ (۱۹)	-۰/۱۹۸ (۱۳)	۲/۰۸۰ (۳)	۲/۵۲۳ (۱۳)	۶
زیاد	۱۰/۲	۱/۲۹۱ (۴)	۲/۹۴۲ (۷)	-۰/۳۳۰ (۱۸)	-۰/۶۵۸ (۱۸)	-۰/۵۰۰ (۲۱)	۲/۳۷۹ (۶)	۲/۰۸۹ (۲)	-۰/۱۹۸ (۱۳)	۲/۱۵۴ (۱)	۲/۵۲۱ (۱۲)	۷
زیاد	۱۱/۸	۱/۲۱۹ (۱)	۲/۰۱۲ (۱۲)	-۰/۳۳۲ (۱۳)	-۰/۶۵۰ (۱۳)	-۰/۶۷۳ (۲۴)	۲/۳۴۲ (۸)	۲/۱۷۵ (۶)	-۰/۲۰۰ (۱۱)	۱/۸۴۶ (۱۶)	۲/۵۰۴ (۱۴)	۸
متوسط	۱۳/۷	۱/۶۶۸ (۲۱)	۲/۰۹۴ (۱۵)	-۰/۳۳۳ (۹)	-۰/۶۴۱ (۹)	-۰/۳۶۰ (۴)	۲/۴۵۰ (۱۷)	۴/۶۵۱ (۱۷)	-۰/۲۴۰ (۴)	۱/۶۷۸ (۱۹)	۲/۰۸۵ (۲۱)	۹
زیاد	۱۱	۱/۲۵۵ (۳)	۲/۰۵۷ (۱۳)	-۰/۳۲۷ (۱۲)	-۰/۶۴۵ (۱۲)	-۰/۶۳۵ (۲۲)	۲/۹۷۳ (۳)	۴/۸۷۷ (۱۸)	-۰/۱۷۷ (۲۰)	۲/۱۰۰ (۲)	۲/۸۲۳ (۵)	۱۰
زیاد	۱۱/۷	۱/۶۱۳ (۱۹)	۲/۱۱۵ (۱۸)	-۰/۳۲۱ (۷)	-۰/۶۳۹ (۷)	-۰/۲۸۵ (۶)	۲/۸۱۷ (۱۳)	۲/۳۲۲ (۸)	-۰/۱۸۹ (۱۶)	۱/۸۶۵ (۱۵)	۲/۶۵۰ (۸)	۱۱
زیاد	۱۱/۶	۱/۳۲۸ (۶)	۲/۱۸۸ (۲۰)	-۰/۳۱۴ (۵)	-۰/۶۳۲ (۵)	-۰/۵۶۷ (۱۹)	۲/۹۰۲ (۴)	۵/۲۹۳ (۲۰)	-۰/۱۹۷ (۱۴)	۱/۹۰۷ (۱۲)	۲/۵۲۸ (۱۱)	۱۲
متوسط	۱۳/۴	۱/۲۹۲ (۹)	۲/۷۸۷ (۲)	-۰/۳۵۹ (۲۳)	-۰/۶۷۶ (۲۳)	-۰/۵۱۶ (۱۶)	۲/۳۴۳ (۱۸)	۲/۷۵۲ (۱۰)	-۰/۱۸۰ (۱۹)	۱/۹۶۶ (۸)	۲/۷۸۸ (۶)	۱۳
زیاد	۱۱/۵	۱/۵۴۲ (۱۶)	۲/۳۹۶ (۲۳)	-۰/۲۹۴ (۲)	-۰/۶۱۲ (۲)	-۰/۴۲۱ (۹)	۴/۱۷۰ (۲)	۶/۱۷۸ (۲۲)	-۰/۲۰۲ (۹)	۱/۸۷۵ (۱۴)	۲/۴۶۲ (۱۶)	۱۴
زیاد	۱۲/۱	۱/۹۹۶ (۲۴)	۲/۹۹۹ (۱۱)	-۰/۳۳۳ (۱۴)	-۰/۶۵۱ (۱۴)	-۰/۲۵۱ (۱)	۲/۱۴۷ (۲۰)	۲/۱۶۱ (۵)	-۰/۱۸۶ (۱۸)	۱/۹۷۲ (۷)	۲/۶۸۲ (۷)	۱۵
زیاد	۱۰/۳	۱/۴۳۱ (۱۱)	۲/۴۸۱ (۲۴)	-۰/۲۸۷ (۱)	-۰/۶۰۵ (۱)	-۰/۴۸۸ (۱۴)	۵/۰۷۵ (۱)	۴/۴۹۳ (۱۶)	-۰/۲۰۵ (۸)	۱/۹۳۳ (۱۰)	۲/۴۳۷ (۱۷)	۱۶
زیاد	۱۱/۲	۱/۳۰۸ (۵)	۲/۹۶۶ (۱۰)	-۰/۳۲۷ (۱۵)	-۰/۶۵۵ (۱۵)	-۰/۵۸۵ (۲۰)	۲/۱۵۲ (۹)	۲/۳۰۱ (۷)	-۰/۲۱۶ (۷)	۱/۹۷۸ (۶)	۲/۳۱۳ (۱۸)	۱۷
متوسط	۱۲/۹	۱/۶۱۰ (۱۸)	۲/۱۰۷ (۱۷)	-۰/۳۲۲ (۸)	-۰/۶۴۰ (۸)	-۰/۳۸۶ (۷)	۲/۸۹۷ (۱۲)	۵/۴۸۶ (۲۱)	-۰/۱۹۴ (۱۵)	۱/۸۸۴ (۱۳)	۲/۵۷۸ (۱۰)	۱۸
زیاد	۱۱/۱	۱/۴۱۴ (۱۰)	۲/۳۰۲ (۲۲)	-۰/۳۰۳ (۳)	-۰/۶۲۱ (۳)	-۰/۵۰۱ (۱۵)	۲/۸۹۴ (۵)	۲/۷۸۴ (۱۱)	-۰/۲۰۱ (۱۰)	۱/۷۷۹ (۱۷)	۲/۴۹۲ (۱۵)	۱۹
زیاد	۱۱/۶	۱/۷۵۱ (۲۳)	۲/۱۷۴ (۱۹)	-۰/۳۱۵ (۶)	-۰/۶۳۳ (۶)	-۰/۲۲۶ (۲)	۲/۹۸۸ (۱۱)	۴/۱۷۰ (۱۵)	-۰/۱۴۶ (۲۴)	۱/۹۵۵ (۹)	۲/۴۳۶ (۱)	۲۰
متوسط	۱۲/۸	۱/۵۷۰ (۱۷)	۲/۰۹۵ (۱۶)	-۰/۳۲۳ (۱۰)	-۰/۶۴۱ (۱۰)	-۰/۲۰۶ (۸)	۲/۶۶۱ (۱۶)	۲/۷۴۰ (۹)	-۰/۱۵۲ (۲۳)	۱/۷۱۴ (۱۸)	۲/۲۷۴ (۲)	۲۱
زیاد	۱۰/۸	۱/۶۶۴ (۲۰)	۲/۰۶۴ (۱۴)	-۰/۳۲۶ (۱۱)	-۰/۶۴۴ (۱۱)	-۰/۲۶۱ (۵)	۲/۸۶۸ (۱۴)	۲/۰۹۵ (۳)	-۰/۱۵۴ (۲۲)	۲/۰۳۱ (۵)	۲/۲۴۳ (۳)	۲۲
زیاد	۱۱/۸	۱/۴۸۷ (۱۴)	۲/۲۸۳ (۲۱)	-۰/۳۰۵ (۴)	-۰/۶۲۳ (۴)	-۰/۴۵۲ (۱۱)	۲/۳۵۶ (۷)	۲/۸۱۲ (۱۲)	-۰/۲۲۳ (۶)	۱/۶۴۷ (۲۰)	۲/۲۲۹ (۱۹)	۲۳
متوسط	۱۳/۹	۱/۷۰۲ (۲۲)	۲/۶۱۰ (۱)	-۰/۳۲۳ (۲۴)	-۰/۶۹۸ (۲۴)	-۰/۲۴۵ (۳)	۱/۴۷۲ (۲۴)	۲/۰۹۷ (۴)	-۰/۱۹۸ (۱۷)	۱/۵۲۴ (۱۱)	۲/۶۴۲ (۹)	۲۴

مأخذ: مولف

پل‌دوآب سازند با استفاده از تکنیک GIS در سه کلاس با اولویت‌های زیاد، کم و متوسط طبقه‌بندی شدند. بنابراین توجه فوری نسبت به انجام اقدامات مدیریتی و حفاظتی در زیرحوضه‌هایی که در اولویت بالا قرار دارند ضروری به نظر می‌رسد (جدول ۳). با توجه به جدول (۳) تعداد ۱۴ زیرحوضه در کلاس ۱، ۶ زیرحوضه در کلاس ۲ و ۴ زیرحوضه در کلاس ۳ قرار می‌گیرد. با توجه به مساحت هر کدام از زیرحوضه‌ها (جدول ۲) کلاس ۱ که در اولویت زیاد قرار دارد ۷۱/۲۰۰٪ کل مساحت حوضه آبخیز مورد مطالعه را تشکیل می‌دهد. همچنین کلاس ۲ و ۳ با اولویت‌های متوسط و کم هر کدام به ترتیب ۱۸/۹۵۷٪ و ۹/۸۴۲٪ مساحت کل حوضه آبخیز مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند. بنابراین مشاهده می‌شود که کلاس ۱ ضمن اینکه در اولویت زیاد قرار دارد همچنین بیشترین مساحت حوضه را به خود اختصاص داده است. از این‌رو منطقه مورد مطالعه نیازمند اجرای اقدامات مدیریتی و حفاظتی می‌باشد.

حداقل اولویت در بین تمام زیرحوضه‌ها برای انجام اقدامات آبخیزداری برخوردار برخوردار باشد. شکل (۲) نقشه زیرحوضه‌های اولویت‌بندی شده حوضه آبخیز پل‌دوآب سازند را نشان می‌دهد.



شکل (۲): نقشه زیرحوضه‌های اولویت‌بندی شده حوضه آبخیز پل‌دوآب سازند

### بحث و نتیجه‌گیری

اولویت‌بندی زیرحوضه‌ها یکی از مهمترین جنبه‌های برنامه‌ریزی برای کاربرد در توسعه و برنامه‌های مدیریتی است. رویکرد ارائه شده در این تحقیق در حقیقت کاربرد برخی پارامترهای مورفومتریک در یک منطقه نسبتاً وسیع جهت اولویت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز بوده است. بدین‌منظور ۲۴ زیرحوضه آبخیز

### یادداشت‌ها

۱. تارای Tarai
۲. موهر Mohr
۳. گاجرات Gujarat
۴. کانرا Kanera

### فهرست منابع

- ثقفیان، ب. و فرازجو، ج. ۱۳۸۶. تعیین مناطق مولد سیل و اولویت‌بندی سیل‌خیزی واحدهای هیدرولوژیک حوزه سد گلستان، مجله علوم و مهندسی آبخیزداری، شماره ۱، ص ۱۱ - ۱.
- روحانی، ح.؛ محسنی‌ساروی، م. و ملکیان، آ. ۱۳۸۳. تعیین مهمترین فاکتورهای اقلیمی و مورفومتری مؤثر بر دبی اوج و ارائه مدل رگرسیون در شرق و شمال شرق ایران، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ایران، شماره ۳، ص ۱ - ۱۰.
- شامکوئیان، ح.؛ قهرمان، ب.؛ داوری، ک. و سرمد، م. ۱۳۸۷. تحلیل فراوانی سیلاب منطقه‌ای با استفاده از تئوری گشتاورهای خطی و سیلاب نمایه در حوضه‌های آبریز استان گلستان. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، شماره ۱، ص ۴۳ - ۳۱.
- غیائی، ن.؛ عرب‌خدری، م.؛ غفاری، ع. و حاتمی، ج. ۱۳۸۳. بررسی تأثیر برخی از ویژگی‌های هندسی آبخیزها بر سیلاب‌های حداکثر لحظه‌ای با دوره برگشت‌های مختلف، مجله پژوهش و سازندگی، شماره ۶۲، ص ۱۰ - ۲.
- مهدوی، م. ۱۳۸۸. هیدرولوژی کاربردی، جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۴۳۷ ص.

- Chorpa, R.; Dhiman, R. D. & Sharma, P. K. 2005. Morphometric Analysis of sub-watershed in Gurdaspur district Punjab using remote sensing and GIS techniques, *Indian Society of Remote Sensing*, 33: 531-539.
- Thakkar, A. K & Dhiman S.D. 2007. Morphometric Analysis and Prioritization of Mini-watersheds in Mohr Watershed, Gujarat Using Remote Sensing and GIS Techniques. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 35: 313-321
- Javed, A.; Mohd Yousuf, K. & Rizwan, A. 2009. Prioritization of Sub-watersheds based on Morphometric and LandUse Analysis using Remote Sensing and GIS Techniques, *J. Indian Soc. Remote Sense*, 37: 261-274.
- Mishra, S. & Nagarajan, R. 2010. Morphometric analysis and prioritization of sub-watersheds using GIS and Remote sensing techniques: a case study of odisha, India, *International Journal of Geomatics and Geoscience*, 3: 501-510.
- Ratnam, K. N.; Srivastava, Y. K.; Rao, V. V.; Amminedu, E. & Murthy, K. S. R. 2005. Check dam positioning by prioritization of micro-watersheds using SYI model and morphometric analysis - remote sensing and GIS perspective, *Indian Society of Remote Sensing*, 33: 25-38
- Srinivasa Raju, K. & Nagesh Kumar, D. 2011. Classification of micro-watersheds based on morphological characteristics, *Hydro- environment Research*, 5: 101- 109.
- Suresh, M.; Sudhakar, S.; Tiwari, K. N. & Chowdary, V. M. 2004. Prioritization of watersheds using morphometric parameters and assessment of surface water potential using remote Sensing. *Journal of the indian Society of remote sensing*, 3: 249-259.