

## بهینه‌سازی مکانی بندهای آبخیزداری جهت کنترل ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصدی سیلاب (مطالعه موردی زیرحوزه‌ای از کشف رود)

بینا شیروی<sup>۱</sup>، علی گلکاریان<sup>۲\*</sup>، علی ابوطالبی پیرنعمی<sup>۳</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

۲. استادیار گروه آموزشی مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

۳. کارشناس ارشد زمین‌شناسی، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۵/۲۰ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۱/۲۱)

### چکیده

آمار سیل در ایران نشان‌دهنده وقوع فزاینده خسارت در طی دهه‌های اخیر بوده است. یکی از راهکارهای کنترل خسارت‌های سیل احداث بندهای آبخیزداری می‌باشد. از آنجایی که بندهای آبخیزداری با ذخیره کردن مقداری از حجم سیلاب باعث کاهش حجم و ارتفاع پیک سیل در پایین‌دست می‌گردند، این پژوهش باهدف بهینه‌سازی مکانی این بندها انجام گرفته است. بدین منظور اقدام به مکان‌یابی بندهای سنگی ملاتی مرتفع دریکی از زیرحوزه‌های کشف رود گردید. در ادامه با محاسبه حجم سیل و حجم مخازن سازه‌های مذکور، بهینه‌سازی تعداد و مکان بندها برای نیل به اهداف مختلف انجام گردید. با توجه به اینکه حوزه مذکور یک حوزه کوهستانی می‌باشد، بهترین حالت و توان حوزه در کنترل سیلاب زمانی در نظر گرفته شد که سازه‌های اولویت یک و دو احداث می‌شوند و اهدافی که مستلزم ساخت سازه‌هایی بیشتر از آن باشد، توصیه نمی‌گردد. بر این اساس و با انتخاب سازه‌هایی با اولویت یک و دو بندهای آبخیزداری پیشنهاد شده در منطقه مورد مطالعه توان کنترل ۵۰ درصدی سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ ساله و کنترل ۷۵ درصدی سیل در دوره بازگشت ۵۰ ساله را دارد.

واژه‌های کلیدی: بندهای سنگی ملاتی، حجم کنترلی، حوزه کشف رود، کنترل سیل، مکان‌یابی

### مقدمه

سیل یکی از پدیده‌های پیچیده و مخرب است که در اکثر مناطق کشور به وقوع می‌پیوندد و خسارات جانی و مالی به بار می‌آورد. به‌منظور پیشگیری خسارات ناشی از وقوع سیلاب، می‌بایست احتمال وقوع و بزرگی سیلاب‌های مهم را برآورد نمود و با به‌کارگیری روش‌های مناسب و تأسیسات خاص، اثرات آن را کنترل کرد (Mahdavi, 2011). احداث بندهای آبخیزداری یکی از اقداماتی است که در این راستا انجام می‌گیرد. بندهای آبخیزداری، سازه‌های کوتاهی هستند که در مسیر جریان آبراهه‌ها به‌منظور کاهش شیب، کاهش سرعت جریان، مهار کردن رسوب و سیلاب، ایجاد شرایط مناسب برای تثبیت بستر و شیب‌های جانبی مسیل‌ها استفاده می‌شوند (Dabiri, 2014). مخزن سازه با ذخیره کردن مقداری از حجم سیلاب باعث کاهش حجم و ارتفاع سیل در پایین‌دست می‌گردد. مطالعات متعددی به‌منظور بررسی اثر احداث سد بر کاهش حجم سیلاب

و دبی اوج انجام گرفته است. Lammersen *et al.* (2002)، تأثیر سازه‌های اصلاحی در مسیر رودخانه راین در هلند را بر دبی اوج سیلاب با دوره بازگشت‌های ۲۰۰، ۵۰۰، ۱۲۵۰ ساله با استفاده از آنالیز سیلاب منطقه‌ای شبیه‌سازی کردند. بر اساس پژوهش آن‌ها تأثیر سازه‌ها بر کاهش حجم سیلاب بیشتر از کاهش دبی اوج است. همچنین Roshani (2003) تأثیر بندهای آبخیزداری بر دبی اوج سیل در آبخیز کن را با استفاده از مدل HEC-HMS، ارزیابی کرد و دریافت که میزان تغییر شیب در آبراهه‌ها، بر میزان کاهش سیلاب مؤثر است. بر اساس نتایج وی، با افزایش زمان تمرکز به میزان یک ساعت با ۵۶۳ سازه اصلاحی کوتاه، دبی اوج ۳۱ درصد کاهش خواهد یافت. طی تحقیقی Shieh *et al.* (2008) از نرم‌افزارهای HEC-HMS و HECRAS به‌منظور شبیه‌سازی جریان و اثر احداث سدهای اصلاحی، در آبخیز تسنگون تایوان استفاده کردند. نتایج رویکرد دامنه تغییرات و آزمون t جفت شده نشان داد که تأثیر احداث سازه بر خصوصیات جریان، در سطح  $p < 0.05$  معنی‌دار بوده است. Bustami *et al.* (2009) در زیرحوزه ساراواک به‌منظور بررسی تأثیر مخازن بر کاهش حجم سیل از شبیه‌سازی جریان رودخانه

زاینده‌رود، از نتایج بررسی‌های صحرائی و ثبت مشخصات مکانی و فیزیکی سازه‌های احداث‌شده و تحلیل داده‌ها استفاده کرده است. در مرحله بعد با استفاده از مدل SCS و شبیه‌سازی سیلاب حوزه، اقدام به بررسی تأثیر سازه‌ها در کنترل سیلاب و رواناب حوزه مورد مطالعه گردیده است. نتایج بررسی‌ها نشان داد که سازه‌های احداث‌شده با حجمی در حدود ۱۳۰۶۷ مترمکعب، ضمن ذخیره رواناب و تأثیر بر نفوذ عمقی جریان، قادر به کنترل سیلابی با دوره بازگشت حدوداً ۱۰ ساله می‌باشد؛ بنابراین با توجه به تأثیر احداث این سازه‌ها بر حجم و دبی اوج سیل، در این تحقیق از دو پارامتر حجم سیل و حجم مخازن باهدف تعیین تعداد بهینه و همچنین مکان‌یابی مناسب سد‌های سنگی‌ملاتی دریکی از زیرحوزه‌های کشف رود استفاده شده است. در نهایت هدف این مطالعه، طراحی بهینه این بندها و همچنین مدیریت بهتر به منظور نیل به اهداف مختلف قبل از فاز اجرا می‌باشد. در واقع با تعیین تعداد بهینه سازه علاوه بر اینکه می‌توان در هزینه و زمان صرفه‌جویی کرد، می‌توان بهترین مدیریت در جهت رسیدن به اهداف مورد نظر را اعمال کرد.

## مواد و روش

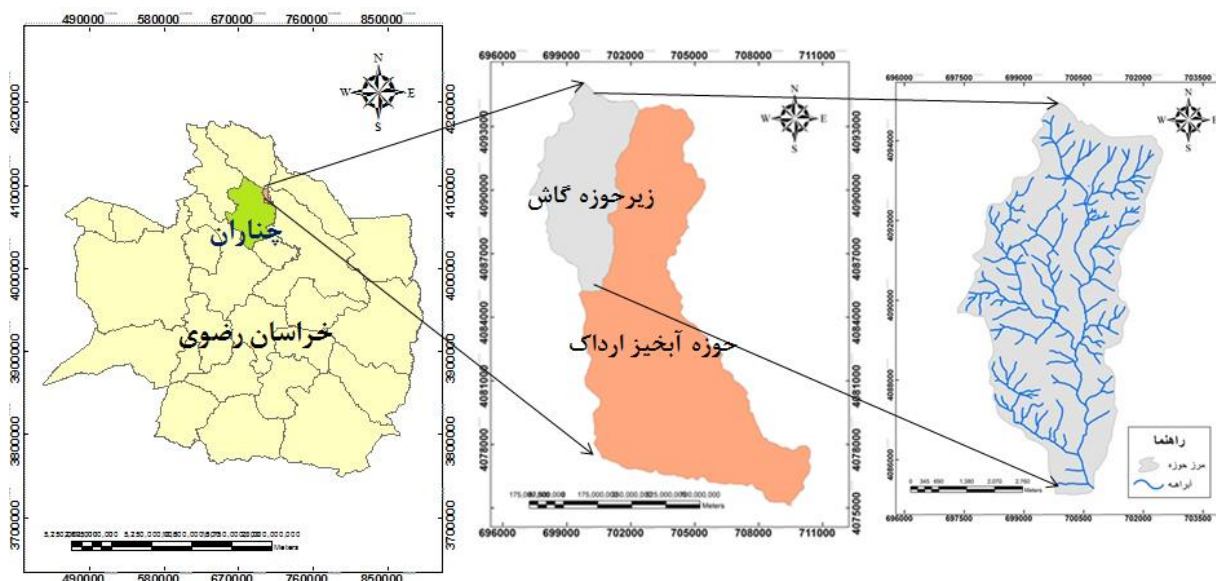
### مشخصات منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در شمال غربی چناران، با مساحتی در حدود ۲۶/۵ کیلومتر مربع در حوزه آبخیز کشف رود واقع شده است (شکل ۱). این منطقه بین طول‌های جغرافیایی  $59^{\circ}12'53''$  تا  $59^{\circ}21'28''$  شرقی و بین عرض‌های جغرافیایی  $36^{\circ}48'03''$  تا  $36^{\circ}58'51''$  شمالی واقع شده است. متوسط بارندگی سالانه حوزه ۲۵۵ میلی‌متر است و اقلیم منطقه در روش آمبرژه اقلیم کوهستانی مرتفع و در روش دومارتن مدیترانه‌ای می‌باشد.

### مکان‌یابی بندهای آبخیزداری قابل احداث در منطقه مورد مطالعه

در این مطالعه با استفاده از مطالعات پایه (نقشه‌های شبکه زهکشی (درجه آبراهه)، فیزیوگرافی (شیب آبراهه)، خاک (شدت فرسایش)، اقتصادی-اجتماعی (حریم جاده، روستا، منابع قرصه و مستثنیات)، ژئومورفولوژی (استحکام کناره‌ها)) (Jamali et al., 2011; Soory et al., 2012) ابتدا بازه‌های مناسب برای احداث سازه‌های اصلاحی تعیین و سپس از طریق بازدید میدانی اقدام به مکان‌یابی دقیق مناطق مناسب جهت احداث سازه‌های اصلاحی گردید (شکل ۲).

و سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده کردند. نتایج نشان داد که مخازن موجود در زیرحوزه‌ها کاهش ۱۸/۳۴ درصدی در میزان حجم سیل را موجب شده‌اند. Thomas and Richard (2010) تأثیر سد بر روی جریان سیل را با استفاده از مدل رگرسیون چندمتغیره بر اساس نسبت ذخیره‌سازی سد به رواناب سالانه در امریکا بررسی کردند. نتایج نشان‌دهنده کاهش ۲۵ درصدی حجم سیل می‌باشد. آکادمی علوم چین<sup>۱</sup> (2013) تأثیرات هیدرولوژیکی سد در فلات چین را با استفاده از مدل SAWT بررسی کرد. نتایج نشان داد که میزان حجم سیل در اثر احداث سد ۱۴/۳ درصد کاهش یافته است. Ghazimahalleh et Nourali (2008) جهت بررسی عملکرد سازه در مهار سیلاب و کاهش دبی اوج سیل در حوزه نوکنده استان گلستان، پارامترهای مورد نیاز برای اجرای مدل HEC-HMS در شرایط قبل و بعد از احداث مخازن مربوط به بارش یک‌ساعته به مدل معرفی کرده‌اند. نتایج حاصل از اجرای مدل نشان داد که مخازن احداث‌شده در کاهش دبی پیک سیلاب ورودی مؤثرند و از ۴۰ درصد تا ۸۳ درصد دبی اوج را در دوره‌های بازگشت مختلف کاهش می‌دهند. به علاوه در دوره بازگشت‌های مختلف با افزایش دبی اوج ورودی، نقش مخازن در کاهش دبی اوج سیلاب کم می‌شود. Karimizadeh (2009) به ارزیابی فنی اثرات عملیات اجرایی آبخیزداری بر رودخانه حوزه آبخیز سیرا-کلوان پرداخت و بدین منظور از مدل HEC-HMS استفاده کرد. نتایج نشان داد که احداث سازه ۶۵/۸۶ درصد متوسط دبی اوج سیل و ۴۸/۴۲ درصد متوسط حجم سیل را کاهش داده است. Soltani et al. (2011) به منظور بررسی اثر احداث بندهای آبخیزداری بر کاهش دبی اوج سیلاب در حوزه منشاد یزد، از مدل HEC-HMS برای مقایسه تغییرات دبی قبل و بعد از اقدامات استفاده کردند. جهت تعیین تأثیر سازه‌های اصلاحی، زمان تمرکز در شرایط بعد از اجرای اقدامات محاسبه و با اعمال تغییرات ایجادشده در ورودی‌های مدل اقدام به شبیه‌سازی رفتار سیلاب گردید. بر اساس نتایج شبیه‌سازی، تأثیر سازه‌ها بر کاهش دبی اوج به طور متوسط ۹/۸۲ درصد و بر حجم سیل ۷/۷۵ درصد بوده است. از طرفی با افزایش دوره بازگشت سیلاب، تأثیر سازه‌ها بر کاهش دبی اوج و حجم سیلاب کاهش یافته است، بطوریکه میزان تغییرات در دوره بازگشت‌های ۲ تا ۱۰۰ ساله از ۱۴/۱۴ تا ۶/۹۵ درصد بوده است. Roghani (2012) به منظور بررسی نقش عملیات مکانیکی آبخیزداری در کنترل رواناب حوزه آبخیز



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

### تعیین حجم سیل

به منظور تعیین حجم سیل حوزه مورد مطالعه، ابتدا هیدروگراف واحد حوزه به روش SCS تهیه گردید و در ادامه حجم سیلاب در سه دوره بازگشت ۲۵،۵۰ و ۱۰۰ سال محاسبه شد. سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) برای به دست آوردن دبی سیلاب روابط ذیل را ارائه کرده است (Alizadeh, 2010).

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (\text{رابطه ۲})$$

$$Q_p = \frac{2.083A}{T_p} \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$T_p = 0.6T_c + \sqrt{T_c} \quad (\text{رابطه ۴})$$

$$R = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (\text{رابطه ۵})$$

در این روابط S: مقدار تلفات مربوط به نفوذ آب در خاک و ذخیره سطحی برحسب CN، (mm)، شماره منحنی،  $T_p$ : زمان تا اوج واحد هیدرولوژیک (min)،  $T_c$ : زمان تمرکز واحد هیدرولوژیک (min)،  $Q_p$ : دبی حداکثر لحظه‌ای ( $m^3/s$ )، A: سطح حوزه ( $km^2$ )، R: ارتفاع رواناب (mm) و P: ارتفاع بارندگی (mm) می‌باشد.

### تعیین تعداد بهینه و مکان مناسب بندهای آبخیزداری

لازمه تعیین تعداد بهینه و مکان مناسب سازه‌های مذکور، در ابتدا تعیین هدف است، به عبارتی دیگر با احداث این سازه‌ها چه میزان از حجم سیل باید کنترل گردد که در این مطالعه اهداف

### اولویت‌بندی مکان‌های مناسب برای احداث بندهای آبخیزداری

با حضور در حوزه آبخیز مورد مطالعه، از مکان‌های مناسب برای احداث سازه سنگی‌ملاتی بازدید صورت گرفت. بر اساس شاخص‌هایی همچون وضعیت پی و تکیه‌گاه‌ها، شرایط مخزن شامل شیب آبراهه در بالادست مخزن، حجم مفید مخزن و بازشدگی دره، استحکام کف و کناره‌ها و راه‌های دسترسی، سازه‌های مذکور به چهار اولویت از ۱ تا ۴ (به ترتیب مکان‌های عالی، خوب، متوسط و قابل قبول) طبقه‌بندی شد. اولویت‌بندی سازه‌ها به صورت نسبی بین مکان‌های دارای پتانسیل انجام گرفت. بدین صورت که سازه‌های که در تمامی شاخص‌های موردبررسی وضعیت مناسبی داشته‌اند در اولویت یک قرار گرفته‌اند و در سایر موارد با کاهش تناسب برخی از شاخص‌های موردبررسی اولویت نیز کاهش یافته است. همچنین مشخصات هریک از سازه‌ها به منظور تعیین حجم مخزن برداشت شد. لازم به ذکر است که در این مطالعه بندهای سنگی‌ملاتی حداقل به ارتفاع شش متر موردبررسی قرار گرفت.

### تعیین حجم مخازن

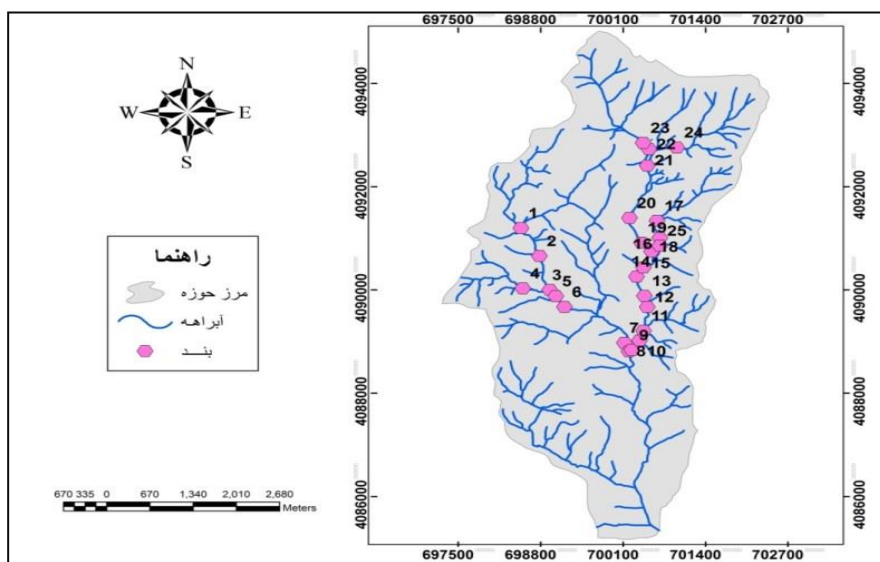
در این مطالعه به منظور تعیین حجم مخزن از رابطه ذیل استفاده شده است (Nakhjavani, 1979).

$$V = \frac{1}{6} \left( \frac{H}{P} \right) (S1 + S2 + S3) \quad (\text{رابطه ۱})$$

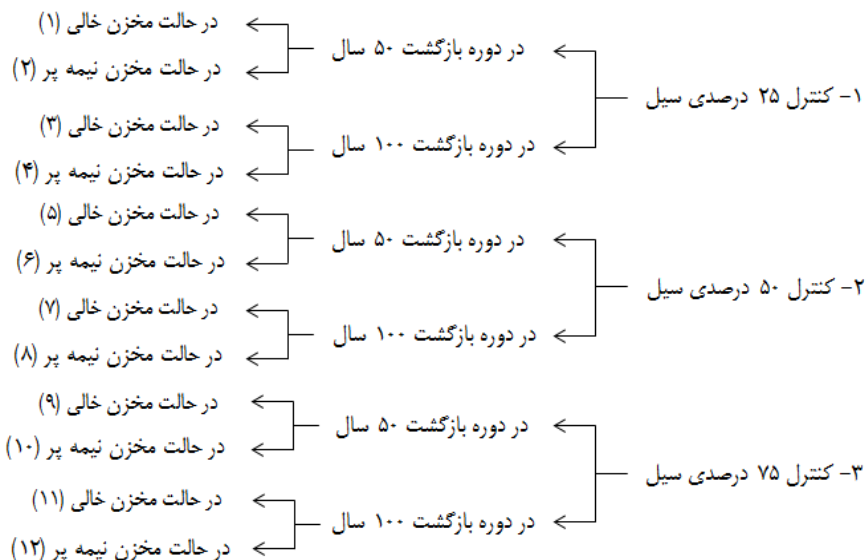
که در آن S1 سطح مقطع سد اصلاحی، S2 سطح مقطع آبراهه هنگامی که نیمی از ارتفاع سد اصلاحی مستهلک شده است، S3 سطح مقطع آبراهه در پای سد بالایی، H ارتفاع مفید سازه و P شیب آبراهه در مسیر سازه می‌باشد.

تعبیه می‌گردد یا با منفذ در بخش بالایی سازه به منظور تخلیه بخشی از حجم کنترل‌شده و ذخیره بخش دیگر برای فصول کم‌آبی می‌باشد، در این حالت مخزن نیمه‌پر در نظر گرفته شد. همچنین در تحقیق حاضر کنترل حجم سیل در دو دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ ساله مدنظر می‌باشد. بر این اساس جهت انجام مطالعه ۱۲ سناریوی مدنظر قرار گرفت (شکل ۳). در نهایت مکان و تعداد بهینه بندهای آبخیزداری بر اساس حجم سیل کنترلی در سناریوهای مختلف و حجم مخازن تعیین گردید. به این منظور گزینش سازه‌ها بر اساس اولویت‌های تعیین‌شده در بازدید میدانی صورت گرفت.

شامل کنترل ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصدی سیل می‌باشد. از سوی دیگر حجم کنترل سیل مخازن متأثر از نحوه بهره‌برداری از سد و درجه بزرگی هیدروگراف سیلاب (دوره بازگشت) می‌باشد (Hydari, 2008). در این مطالعه نحوه بهره‌برداری از مخازن سدهای سنگی‌ملاتی در دو حالت صرفاً کنترلی و کنترلی-ذخیره‌ای در نظر گرفته شده است. در حالت اول سازه‌های مذکور دارای منافذی می‌باشند که فقط جریان را به صورت موقتی ذخیره کرده و بعدازآنکه سیلاب فروکش نمود، آب ذخیره‌شده تخلیه می‌گردد، بر این اساس مخازن خالی در نظر گرفته شد. در حالت دوم مخازن یا بدون منفذ است که در این حالت شیرفلکه‌ای به منظور تخلیه مخزن به میزان موردنظر



شکل ۲- جانمایی بندهای آبخیزداری پیشنهادی



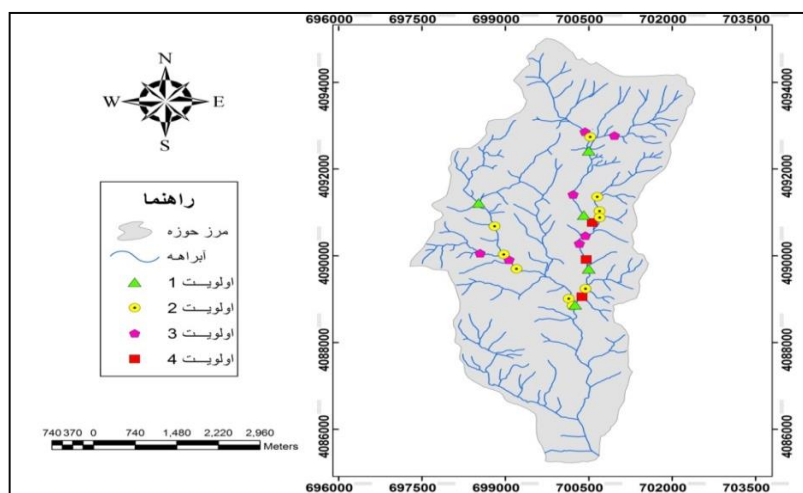
شکل ۳- سناریوهای موردبررسی در پژوهش حاضر

## نتایج و بحث

پس از بازدید میدانی، ۲۵ مکان پیشنهادی برای احداث بند سنگی ملاتی، به چهار اولویت طبقه‌بندی گردید. از ۲۵ مکان انتخاب‌شده، ۵ مورد در اولویت یک، ۱۰ مورد در اولویت دو، ۷ مورد در اولویت سه، ۳ مورد در اولویت چهار قرار گرفت. اولویت‌بندی مکان احداث بندهای سنگی ملاتی در شکل (۴) و جدول (۱) ارائه گردیده است. همچنین مشخصات سازه‌های مذکور و حجم مخزن در جدول (۱) ارائه شده است. حجم سیل در دوره بازگشت‌های مختلف و میزان کنترل سیل در سناریوهای مختلف در جدول (۲) ارائه شده است. در نهایت تعداد بهینه سازه‌ها با توجه به حجم سیلاب در سناریوهای مختلف و حجم مخازن سازه‌ها با ارجحیت سازه‌های دارای اولویت بالاتر انتخاب گردید (جدول ۳). لازم به ذکر است در مواردی که نیاز به‌گزینش تعدادی سازه از یک اولویت باشد، گزینش بر اساس مقایسه گزینه‌های موجود در یک اولویت و انتخاب بهترین مورد و همچنین رعایت پراکنش مناسب سازه‌ها در سطح منطقه مورد مطالعه انجام گرفت.

نتایج نشان‌دهنده این است که کمترین تعداد سازه مربوط به سناریو کنترل ۲۵ درصدی سیل در دوره بازگشت ۵۰ سال در حالت مخزن خالی و بیشترین تعداد سازه مربوط به دو سناریو کنترل ۷۵ درصدی سیل در دوره بازگشت‌های ۵۰ و ۱۰۰ سال در حالت مخزن نیمه‌پر می‌باشد، به عبارتی دیگر با افزایش حجم کنترلی سیل مدنظر و دوره بازگشت، تعداد سازه‌های موردنیاز برای تأمین هدف افزایش می‌یابد. این موضوع با *Soltani et al* (2011) که در مطالعات خود به کاهش تأثیر سازه‌ها بر حجم سیل در اثر افزایش دوره بازگشت اشاره کرده بودند، مطابقت دارد؛ بنابراین در حالتی که دوره بازگشت افزایش می‌یابد باید تعداد سازه‌ها را برای رسیدن به هدف مشابه افزایش داد. لازم به

ذکر است که در دو سناریو ۱۰ و ۱۲ با گزینش تمام سازه‌ها بازم نیل به هدف موردنظر میسر نمی‌باشد و در سناریو ۱۰، ۲۳۹۷۹ مترمکعب و در سناریو ۱۲، ۸۴۸۱۳ مترمکعب کمبود وجود دارد. با توجه به اینکه در حوزه‌های کوهستانی به دلیل شرایط توپوگرافی مکان‌های دارای پتانسیل جهت احداث سازه‌های آبخیزداری دارای فراوانی بیشتری می‌باشند و غالباً تعداد کافی سازه‌های دارای اولویت مناسب (یک و دو) در منطقه وجود دارد، بنابراین بهترین حالت و توان حوزه در کنترل سیلاب زمانی است که سازه‌های اولویت یک و دو احداث می‌شوند و اهدافی که مستلزم ساخت سازه‌هایی بیشتر از آن باشد، توصیه نمی‌شود، بنابراین در حوزه مذکور، سناریوهای ۶، ۸، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ نامناسب می‌باشد. علاوه بر این اگر در منطقه‌ای هدف کنترل سیلاب بر ذخیره ارجحیت دارد، بایستی از مخازنی با منافذ تخلیه استفاده کرد تا از احداث سازه در مکان‌هایی که پتانسیل مناسب ندارد، پرهیز شود زیرا در این حالت می‌توان از حجم بیشتری از مخزن برای نیل به هدف موردنظر بهره برد و در نتیجه اقدام به احداث تعداد سازه کمتر با اولویت بالاتر نمود. در تحقیق مذکور با توجه به چهار اولویت در نظر گرفته‌شده، سناریوی که در آن فقط سازه‌هایی با اولویت یک قرار بگیرند، ایده‌آل‌ترین حالت در نظر گرفته شده است که با احداث سازه‌های اولویت یک در حالت مخزن خالی، ۲۵ درصد حجم سیل در دوره بازگشت‌های مختلف کنترل می‌شود که این موضوع با نتایج *Bustami et al* (2009) و *Thomas and Richard* (2010) مطابقت دارد. بعلاوه احداث سازه‌های اولویت یک و دو به‌عنوان حالت مطلوب در نظر گرفته شده است که در این حالت کنترل ۵۰ درصدی حجم سیل در دوره بازگشت‌های ۵۰ و ۱۰۰ ساله و کنترل ۷۵ درصدی سیل در دوره بازگشت ۵۰ ساله میسر می‌باشد که این موضوع با تحقیق *Karimizadeh* (2009) مطابقت دارد.



شکل ۴- اولویت‌بندی مکان احداث بندهای سنگی ملاتی

جدول ۱- مشخصات و اولویت بندی بندهای سنگی ملاتی پیشنهادی

شماره بند	مختصات جغرافیایی		اولویت	عرض کف (m)	عرض بالا (m)	ارتفاع (m)	بازشدگی دره	حجم مخزن (m <sup>3</sup> )
	Y	X						
۱	۶۹۸۵۸۶	۴۰۹۱۱۴۷	۱	۴۲	۵۴	۶	۲	۲۴۶۸۵/۷۱
۲	۶۹۸۸۹۳	۴۰۹۰۶۴۰	۲	۳۰	۴۲	۶	۱	۱۲۹۶۰
۳	۶۹۹۰۴۶	۴۰۸۹۹۸۰	۲	۲۲	۳۴	۶	۱	۱۰۵۰۰
۴	۶۹۸۶۳۲	۴۰۹۰۰۱۱	۳	۴۳	۵۵	۶	۱	۱۵۴۷۳/۶۸
۵	۶۹۹۱۲۳	۴۰۸۹۸۵۷	۳	۱۶	۲۸	۶	۱	۸۲۵۰
۶	۶۹۹۲۷۶	۴۰۸۹۶۲۷	۲	۴۳	۵۵	۶	۱	۲۴۱۶۴/۳۸
۷	۷۰۰۱۸۲	۴۰۸۸۹۵۲	۲	۳۱	۴۳	۶	۱	۲۰۱۸۱/۸۲
۸	۷۰۰۲۵۳	۴۰۸۸۷۸۸	۲	۳۰	۴۲	۶	۱	۱۷۰۵۲/۶۳
۹	۷۰۰۳۰۳	۴۰۸۸۸۱۳	۱	۳۹	۵۱	۶	۱	۲۰۷۶۹/۲۳
۱۰	۷۰۰۴۲۴	۴۰۸۸۹۹۴	۴	۲۴	۳۶	۶	۱	۱۴۵۹۴/۵۹
۱۱	۷۰۰۴۹۴	۴۰۸۹۱۸۰	۲	۲۴	۳۶	۶	۱	۱۴۵۹۴/۵۹
۱۲	۷۰۰۵۵۰	۴۰۸۹۶۳۳	۱	۳۱	۴۳	۶	۱	۱۷۰۷۶/۹۲
۱۳	۷۰۰۴۸۹	۴۰۸۹۸۴۹	۴	۳۰	۴۲	۶	۱	۱۹۰۵۸/۸۲
۱۴	۷۰۰۳۷۹	۴۰۹۰۲۰۶	۳	۳۶	۴۸	۶	۱	۱۶۴۳۴/۷۸
۱۵	۷۰۰۴۷۹	۴۰۹۰۳۸۷	۳	۳۴	۴۶	۶	۱	۱۵۶۵۲/۱۷
۱۶	۷۰۰۷۳۱	۴۰۹۰۹۵۶	۲	۵۰	۶۲	۶	۱	۱۶۸۰۰
۱۷	۷۰۰۶۹۱	۴۰۹۱۲۶۷	۲	۳۶	۴۸	۶	۱	۹۹۴۷/۳۷
۱۸	۷۰۰۶۰۵	۴۰۹۰۶۹۴	۴	۵۷	۶۹	۶	۱	۱۶۹۲۵/۳۷
۱۹	۷۰۰۴۴۹	۴۰۹۰۸۷۰	۱	۳۸	۵۰	۶	۱	۹۱۰۳/۴۵
۲۰	۷۰۰۲۶۳	۴۰۹۱۳۲۳	۳	۳۹	۵۱	۶	۱	۱۶۵۳۰/۶۱
۲۱	۷۰۰۵۴۹	۴۰۹۲۳۰۰	۱	۵۸	۷۰	۶	۲	۴۶۰۸۰
۲۲	۷۰۰۵۷۳	۴۰۹۲۶۳۲	۲	۴۷	۵۹	۶	۱/۵	۲۸۶۲۰
۲۳	۷۰۰۴۸۷	۴۰۹۲۷۶۷	۳	۴۷	۵۹	۶	۱	۱۷۶۶۶/۶۷
۲۴	۷۰۱۰۲۸	۴۰۹۲۶۶۹	۳	۱۸	۳۰	۶	۱	۶۱۷۱/۴۳
۲۵	۷۰۰۷۳۶	۴۰۹۰۸۰۰	۲	۳۸	۵۰	۶	۱	۱۱۳۱۴/۲۹

جدول ۲- حجم سیل و حجم کنترل سیل در سناریوهای مختلف

دوره بازگشت	حجم سیل (m <sup>3</sup> )	کنترل ۲۵٪ سیل (m <sup>3</sup> )	کنترل ۵۰٪ سیل (m <sup>3</sup> )	کنترل ۷۵٪ سیل (m <sup>3</sup> )
۵۰ سال	۳۱۹۰۴۳/۷۷	۷۹۷۶۱	۱۵۹۵۲۲	۲۳۹۲۸۳
۱۰۰ سال	۴۰۰۱۵۶/۵۹	۱۰۰۰۳۹	۲۰۰۰۷۸	۳۰۰۱۱۷

جدول ۳- تعداد بهینه بندهای آبخیزداری و شماره بندها در سناریوهای مختلف

سناریو	تعداد بند	شماره بند
۱	۳	۲۱-۱۹-۱
۲	۸	۷-۳-۲-۲۱-۱۹-۱۲-۹-۱
۳	۴	۲۱-۱۹-۹-۱
۴	۱۰	۱۱-۷-۶-۳-۲-۲۱-۱۹-۱۲-۹-۱
۵	۱۰	۱۶-۷-۶-۳-۲-۲۱-۱۹-۱۲-۹-۱
۶	۱۷	۲۳-۱۴-۲۵-۲۲-۱۷-۱۶-۱۱-۸-۷-۶-۳-۲-۲۱-۱۹-۱۲-۹-۱
۷	۱۰	۱۱-۷-۶-۳-۲-۲۱-۱۹-۱۲-۹-۱
۸	۲۳	۱۳-۲۴-۲۳-۲۰-۱۵-۱۴-۵-۴-۲۵-۲۲-۱۷-۱۶-۱۱-۸-۷-۶-۳-۲-۲۱-۱۹-۱۲-۹-۱
۹	۱۲	۱۶-۱۱-۸-۷-۶-۳-۲-۲۱-۱۹-۱۲-۹-۱
۱۰	۲۵	۱۸-۱۳-۱۰-۲۴-۲۳-۲۰-۱۵-۱۴-۵-۴-۲۵-۲۲-۱۷-۱۶-۱۱-۸-۷-۶-۳-۲-۲۱-۱۹-۱۲-۹-۱
۱۱	۱۶	۱۴-۲۵-۲۲-۱۷-۱۶-۱۱-۸-۷-۶-۳-۲-۲۱-۱۹-۱۲-۹-۱
۱۲	۲۵	۱۸-۱۳-۱۰-۲۴-۲۳-۲۰-۱۵-۱۴-۵-۴-۲۵-۲۲-۱۷-۱۶-۱۱-۸-۷-۶-۳-۲-۲۱-۱۹-۱۲-۹-۱

به اینکه حوزه مذکور یک حوزه کوهستانی می‌باشد، بهترین حالت و توان حوزه در کنترل سیلاب زمانی در نظر گرفته شد که سازه‌های اولویت یک و دو احداث می‌شوند و اهدافی که مستلزم ساخت سازه‌هایی بیشتر از آن باشد، توصیه نمی‌گردد. بر این اساس و با انتخاب سازه‌هایی با اولویت یک و دو بندهای آبخیزداری پیشنهاد شده در منطقه مورد مطالعه توان کنترل ۵۰ درصدی سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ و ۱۰۰ ساله و کنترل ۷۵ درصدی سیل در دوره بازگشت ۵۰ ساله را دارد.

## نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان‌دهنده این است که با افزایش حجم کنترلی و دوره بازگشت سیل، تعداد سازه مورد نیاز افزایش می‌یابد. بدیهی است در صورت عدم امکان افزایش سازه‌ها و در صورت فراهم بودن شرایط فیزیکی و توپوگرافی منطقه جهت نیل به اهداف تعیین شده می‌توان ارتفاع سازه‌ها را افزایش داد به‌عنوان مثال در سناریو ۱۰ و ۱۲ می‌توان جهت تأمین حجم مخزن مورد نیاز، ارتفاع سازه‌های ۱، ۷، ۱۷، ۲۱ را افزایش داد. در نهایت با توجه

## REFERENCES

- Alizadeh, a. (2010). *Principles Applied Hydrology*. (30th ed). University of Mashhad. In Farsi.
- Bustami, R., Bong, C., Mah, D., Hamzah, A and Patrick, M. (2009). Modeling of flood mitigation structures for Sarawak river sub-basin using info works river simulation (RS). *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 30(24), 14-18.
- Dabiri, S.S., Sofi, M. and Talbedokhti, N. (2014). Effects of watershed check dams in sediment control (case study: Eghlid, Marvdasht and Mamsani Watersheds). *Journal of water Resources Engineering*, 6, 1-21. In Farsi.
- Fairuz Nakhijevan, F. (1972). *combat erosion and watersheds reform*. (1 th ed). Tehran University, Tehran. In Farsi.
- Hydari, A. n.d. (2008). Reservoirs flood control management in Dez and Karun river. *Technical workshop of non-structural flood management*, 1-27. In Farsi.
- Jamali, a, A. A., Ghoddousi, J. and Farahpour, M. (2011). Spatial multi criteria analysis and decision techniques in order to watershed prioritizing for gabion check dams building. *Watershed Management research (Pajouhesh & sazandegi)*, 90, 1-9.
- Karimizadeh, K. (2009). Technical assessment of watershed management measures effects on flood (case study: Sira- Kalvan watershed). MSc. Thesis. Tehran university, 104 pages. In Farsi.
- Lammersen, R., Engel, H., Langemheen, V. and Buiteveld, H. (2002). Impacts of river training and retention measures on flood peaks along the Rhine. *Journal of Hydrology*, 267, 115-124.
- Mahdavi, M. (2011). *Applied Hydrology* (8th ed.). University of Tehran press, 437 pages. In Farsi.
- Nourali Ghazimahalleh, M., Najafinejad, A. and Noura, N. (2008). The study of performance of Nowkandeh multipurpose dam in province of Golestan for flood control by using HEC-HMS model. *J. Agric. Sci. Natur. Resour*, 15(1). 1-13. (In Farsi)
- Roghani, M. (2012). Survening the Mecanical implementation roles in runoff controlling on the watershed (case study in Hydaric catchment). *Watershed managment research (pajouhesh&sazandegi)*, 96, 36-44. In Farsi.
- Roshani, R. (2003). Evaluating the effect of check dams on flood peaks to optimize the flood control measures (Kan case study in Iran). *International institute for geo information science and earth observation enschede, the Netherlands*, 43pp.
- Shieh, Ch.L., Guh, Y.R. and Wang, Sh.O. (2008). The application of range of variability approach to the assessment of a check dam on riverine habitat alteration. *Journal of Environmental Geology*, 52, 427-435.
- Soltani, M., Ekhtesasi, M., Talebi, A., Poraghnai, M. and A. sarsangi. (2011). Effect of check dams on reduction of flood peak (case study: Manshad Watershed). *Watershed management research (pajouhesh&sazandegi)*, 93, 46-54. In Farsi.
- Souri, M., Jafari, M., Azarnivand, H., Ghodousi, J. and Farahpour, M. (2012). Determining suitable locations for small dams using analytical herarchy process and geographical information systems (case study: Kermanshah province). *Watershed Management research (Pajouhesh & sazandegi)*, 97, 83-91.
- State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, P.O. Box 2871, Beijing 100085, China. (2013). Assessing the hydrological effect of the check dams in the Loess Plateau, China, by model simulations. *Hydrol. Earth Syst. Sci*, 17, 2185-2193.
- Thomas, W. and Richard, M. (2010). The impact of dams on flood flows in the United states. *River research and applications*, 1-24.